

OCORRÊNCIA E FORMA DE FÓSFORO EM SOLOS DA AMAZÔNIA, BRASIL

Por

Lúcio Salgado Vieira

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

Centro de Enseñanza e Investigación

Turrialba, Costa Rica

Dezembro de 1966

OCORRÊNCIA E FORMA DE FÓSFORO EM SOLOS DA AMAZÔNIA, BRASIL

Tése

Apresentada ao Conselho da Escola para Graduados  
como requisito parcial para optar ao grau

de

Magister Scientiae

no

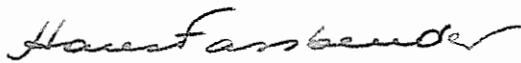
Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA

APROVADA



E. Bornemisza Ph.D.

Conselheiro



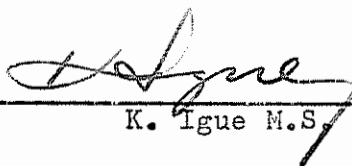
H.W. Fassbender Ph.D.

Comité



C.V. Plath Ph.D.

Comité



K. Igue M.S.

Comité

Dezembro de 1966

À meus pais que me guiaram no  
caminho da vida, dando-me a  
luz do saber;

À minha esposa, companheira  
inseparável de meus dias,  
alegria de minhas horas de  
tristeza e incentivo de meus  
momentos de incerteza;

À meus filhos

Dedico esta pequena parce-  
la de meu esforço.

## AGRADECIMENTOS

O autor deseja expressar o seu mais sincero agradecimento ao seu Conselheiro Principal Dr. Elemer Bornemisza pela facilidade, ajuda, incentivo e confiança que proporcionaram a execução do presente trabalho. Agradece também aos membros de seu comitê conselheiro Dr. H. W. Fassbender, Dr. C. V. Plath e principalmente ao Eng. Kosen Igue por seus valiosos conselhos e ajuda pessoal, facilitando a execução das análises.

Deseja agradecer mais, ao Programa de Energia Nuclear, através de seu chefe que lhe outorgou a bolsa de estudos, ao Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte na pessoa de seu Diretor Dr. José Maria Conduru e do Eng. Ítalo Claudio Falesi que possibilitaram ser o estudo feito com solos brasileiros, ao Diretor da Escola de Agronomia da Amazônia, a Reitoria da Universidade do Pará, ao Ministério de Relações Exteriores do Brasil e a Coordenação do Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES) por haverem proporcionado a oportunidade de poder realizar a presente investigação.

## BIOGRAFIA

O autor nasceu na cidade de Juruti, Estado do Pará, Brasil no ano de 1930.

Realizou seus estudos universitários na Escola de Agronomia da Amazônia, Belém, Pará, graduando-se Engenheiro Agrônomo no ano de 1954.

De 1954 a 1960 trabalhou no Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte, Ministério da Agricultura.

Em 1960 ingressou como professor na Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras da Universidade do Pará, onde permanece até a presente data.

A partir de 1955 passou a exercer o cargo de professor da Escola de Agronomia da Amazônia, da qual é atualmente Professor Catedrático.

De março de 1955 a dezembro de 1955, fez o curso de solos do Centro Panamericano para Pesquisas de Recursos Naturais, Rio de Janeiro.

De janeiro a março de 1960, fez curso de solos na Escola de Agronomia de Viçosa da Universidade de Minas Gerais.

Realizou estudos posgraduados no Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, Turrialba, de novembro de 1965 a novembro de 1966, mediante uma bolsa do Programa de Energia Nuclear do IICA.

## INDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. CONDIÇÕES ECOLÓGICAS GENERALIZADAS DA ÁREA .....	3
2.1. Clima .....	3
2.2. Geologia .....	8
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	13
3.1. A fração do fósforo .....	14
3.2. O P orgânico e sua contribuição a nutrição das plantas .....	15
3.3. Métodos analíticos empregados para a determinação do fósforo e suas frações no solo .....	16
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	19
4.1. Solos utilizados .....	19
4.2. Métodos analíticos .....	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	47
5.1. Caracterização das unidades .....	47
5.1.1. Latosol Amarelo .....	47
5.1.2. Latosol Concrecionário .....	53
5.1.3. Latosol Amarelo Húmico .....	59
5.1.4. Latosol Roxo .....	64
5.1.5. Terra Roxa Estruturada .....	68
5.1.6. Glei Pouco Húmico .....	73
5.1.7. Podzol Hidromórfico .....	77
5.2. O conteúdo de fósforo nos solos .....	78
5.2.1. O fósforo total nos solos .....	80
5.2.2. O fósforo inorgânico nos solos .....	83
5.2.3. O conteúdo de fósforo orgânico e algumas de suas relações nos solos .....	86
5.2.4. Relações C/P, N/P, $Al_2O_3/Al-P$ e $Fe_2O_3/Fe-P$ .....	88
5.2.5. As frações do fósforo inorgânico encontradas nos solos .....	89
6. CONCLUSÕES .....	97
RESUMO .....	99
SUMMARY .....	101
BIBLIOGRAFIA .....	103

## 1. INTRODUÇÃO

É grande, atualmente, o interesse pelo conhecimento dos solos tropicais do mundo, de suas propriedades físicas, químicas e das múltiplas relações que mantêm com o meio ambiente e com os cultivos. Dos estudos feitos até hoje sobre as propriedades químicas dos solos, poucos foram os dedicados a solos tropicais e muito menos ainda, aos solos brasileiros.

Partindo dessa necessidade de conhecimentos e procurando tirar alguma conclusão do comportamento dos solos dessa grande região do mundo, foi que nos lançamos a estudar uma série de Grandes Grupos de solos localizados entre os paralelo 4º de latitude norte e 16º de latitude sul e os meridianos 44º e 72º WGr, área esta que compreende aproximadamente 5,8 milhões de quilômetros quadrados ou sejam 67% do território brasileiro (Fig. 1). Sendo esta uma das maiores regiões equatoriais do mundo, de cujo futuro agrícola depende o desenvolvimento da área mais despovoada do Brasil, tornou-se uma necessidade o conhecimento de seus solos, a fim de que se possa planejar empreendimentos agropastoris bem sucedidos. Apesar dos dados químicos, morfológicos e genéticos obtidos até hoje, pouco se tem feito no sentido do aproveitamento dos solos amazônicos e muito se tem que fazer (34, 35, 70, 77, 78, 81, 82, 83).

Partindo dessa premissa e tendo alguns dados de caracterização da região, foi que nos lançamos a investigar as diversas formas de fosfatos do solo, bem como a proporção das frações de fósforo total, inorgânico e orgânico, pois pensamos que o conhecimento do conteúdo de carbono, nitrogênio e fósforo orgânico em solos tropicais, poderá ser de grande valia no estudo da gênese e potencialidade dos solos dessa parte do mundo.

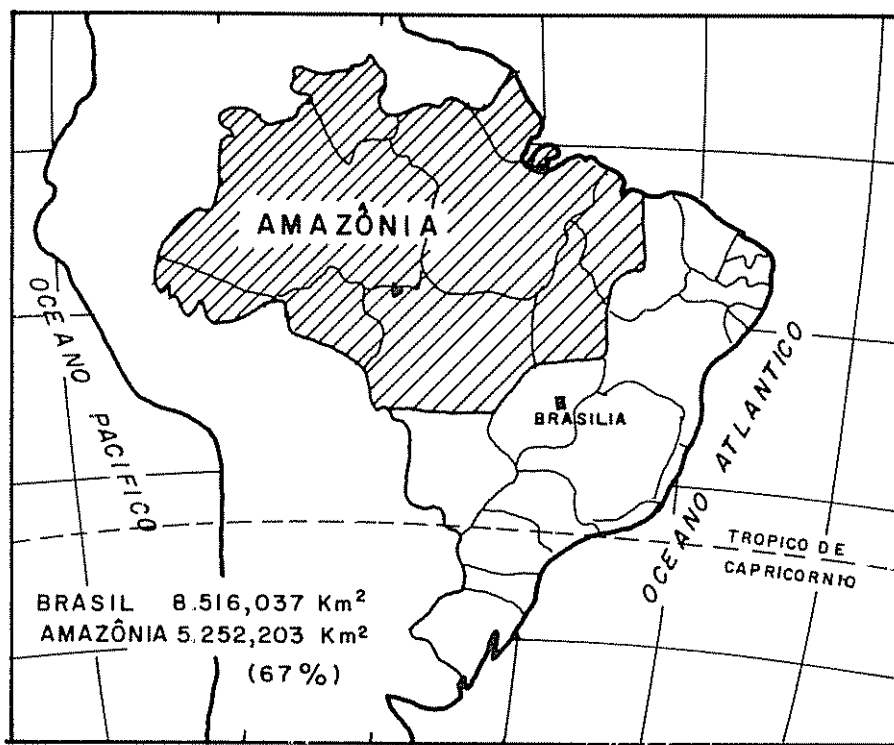


FIG. Nº 1 - MAPA DO BRASIL LOCALIZANDO A AREA AMAZÔNICA



## 2. CONDIÇÕES ECOLÓGICAS GENERALIZADAS DA ÁREA

### 2.1. Clima

O clima da Amazônia é quente e úmido. As temperaturas se mantêm constantemente altas sem ser muito elevadas, notando-se mais as variações diurnas que as estacionais. As chuvas são abundantes, acentuando-se mais para o interior onde a imensa extensão de floresta e a bacia fluvial produzem uma evaporação tão intensa como a do mar; daí o regime de chuvas ser quase permanente, produzindo em certas áreas precipitações diárias que se descarregam pela parte da tarde.

A Amazônia, área localizada em plena região equatorial, é uma imensa planície que se mantêm quase ao nível do mar, onde somente muito além aparece a Cordilheira Andina e o Maciço das Guianas, que servem de anteparo aos ventos que vêm do mar, formando verdadeira barreira climática (72). Devido à constante umidade do ambiente e à presença dos ventos alíseos, o calor torna-se suportável, até mesmo e o céu mantêm-se quase que constantemente coberto de nuvens.

Para o estudo climático da Amazônia empregaremos a classificação de Köppen (72), que divide os diversos tipos de clima em cinco grupos, correspondentes às cinco das mais importantes associações vegetais. Desta classificação que abrange 11 tipos de climas estudaremos somente o grupo A.

Grupo	Tipos de climas	Latitude
A (clima úmido tropical)	1. Florestas tropicais <span style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;">{ Af constante- úmido Am chuvas do ti- po monção</span> 2. Savanas tropicais <span style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;">{ Aw verão úmido inverno sêco</span>	baixa

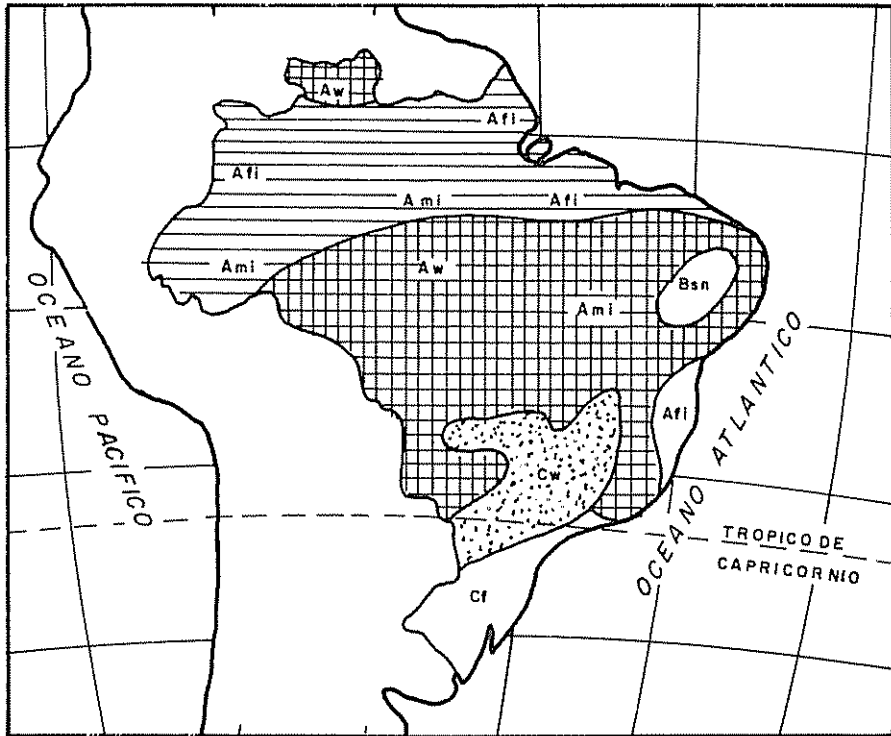


FIG Nº 2 - DISTRIBUIÇÃO DOS CLIMAS SEGUNDO KÖPPEN.

Na Amazônia o clima dominante é do tipo Af, caracterizado por chuvas relativamente abundantes, com distribuição durante tôdas as épocas do ano e onde tanto a temperatura como a precipitação sofrem um mínimo de variação anual, mantendo-se em um nível bem elevado (72, 81). Como demonstra a Fig. 2, os tipos de clima Af e Am localizam-se nas regiões mais baixas e da maior precipitação pluviométrica da bacia amazônica, constituindo a região das florestas.

Para se ter uma ideia de como estão distribuídas, tanto a temperatura como a precipitação na bacia amazônica, vejamos os dados fornecidos por algumas das estações meteorológicas distribuídas na área (72, 74, 80). Nas Figs. 3 e 4 e no Quadro 1, verificamos que a precipitação pluviométrica varia na área Amazônica desde 1250 mm, no Estado de Mato Grosso, por conseguinte na parte sul, onde estão as savanas tropicais (campos cerrados) e a leste do Estado de Goiás, até 3500 mm em uma faixa entre os paralelos 09 e 59 lat. sul, no Estado do Amazonas. Como poderá ser observado na Fig. 3, na bacia amazônica não há uma distribuição uniforme da precipitação e os valores anuais parece se incrementar ligeiramente de leste a oeste.

Quanto à temperatura, podemos deduzir pelas isotermais da área (74) Fig. 4, que a variação é mínima desde o Estado do Acre até o Estado do Maranhão. Assim, a média anual é de 25°C, com uma variação dentro da área de 23°C ou mesmo 21°C em Conceição do Araguaia, na parte sul, e 27°C na região do estuário.

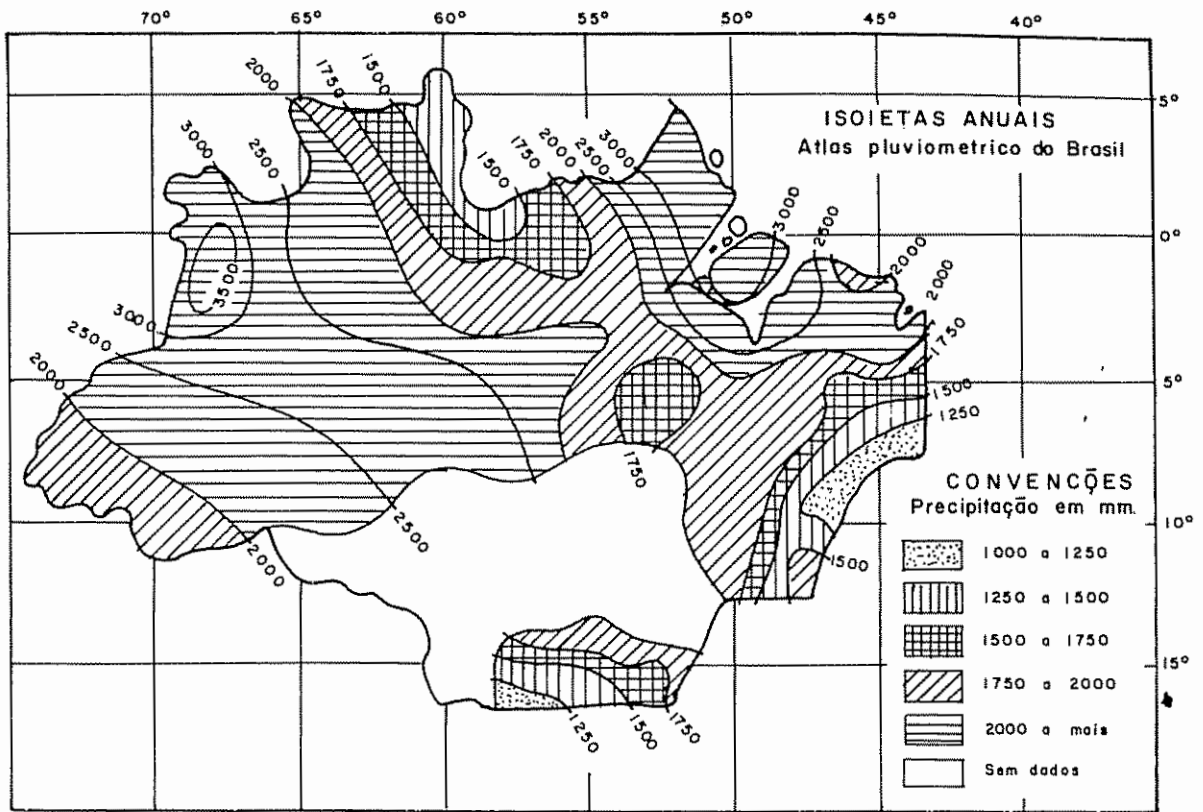


FIG Nº 3 - ISOIETAS ANUAIS DA REGIAO AMAZONICA

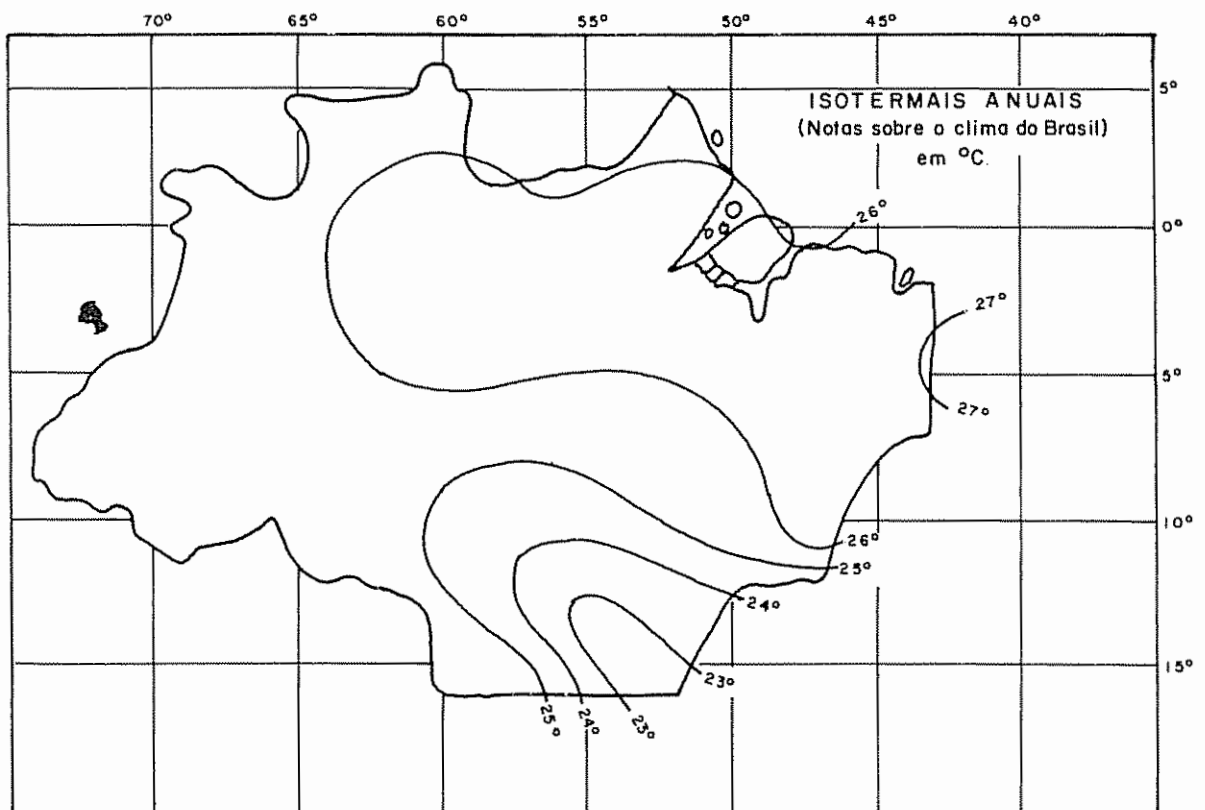


FIG Nº 4 - ISOTERMAIS ANUAIS DA REGIAO AMAZONICA

Quadro 1. Normais mensais e anuais das chuvas e temperatura média anual do período 1914-1938  
(Atlas pluviométrico do Brasil, 1948)

Postos Meteorológicos	Jan	Fev	Mar	Avr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Annual	Temp	Tipo clima
														med. anual °C	
Estado do Acre															
1. Sena Madureira	315	301	257	225	111	62	32	42	101	195	197	294	2136	25	Ami
Estado do Amazonas															
2. Manaus	277	254	281	277	198	102	65	41	59	128	162	213	2063	26	Ami
3. Uaupés	298	241	281	283	343	238	229	181	169	164	190	270	2892	25	Afi
Estado do Pará															
4. Belém	337	398	420	344	273	165	146	125	118	91	87	178	2685	25	Afi
5. Conção do Araguaia	278	287	303	180	59	6	2	16	70	157	189	233	1785	21	Cwa
6. Taperinha	177	267	331	330	289	176	99	44	35	47	62	108	1971	25	Ami
Estado de Goiás															
7. Luziania	299	240	261	115	28	15	5	10	35	160	253	336	1762	25	Ami
8. Porto Nacional	294	297	286	154	41	0	3	10	53	144	242	287	1795	25	AWI
9. Tocantinópolis	269	297	310	227	132	22	9	18	35	92	144	210	1770	25	AWI
Estado de Mato Grosso															
10. Cuiabá	210	183	223	104	43	13	9	22	45	128	155	211	1350	23	AWI
Território de Roraima															
11. Boa Vista	28	33	36	84	283	329	323	173	78	64	48	39	1523	25	AWI

## 2.2. Geologia

A Amazônia, apesar de ser uma bacia sedimentar, apresenta em diversas áreas afloramentos que podem pertencer ao Precambriano (49, 64).

### 2.2.1. Precambriano

O Precambriano, representado pela série Minas ou suas correlatas Gurupi e Cuiabá, se espalha em pequenas áreas por toda a Amazônia. Na parte norte aflora no Território de Roraima nas confluências com a Venezuela e também em Vila Nova, no Território do Amapá, onde importantes massas de hematita estão intercaladas ao itabirito.

Na parte sul do Rio Amazonas ocorre em Aripuanã, Canumã, no baixo Tocantins, no Rio Fresco um tributário do Xingu e na parte Atlântica, nos limites do Pará e Maranhão, onde aparece com o nome de série Gurupi.

Em Goiás, na série Minas, que cobre extensa área das serras Verdes, Pirineus e Dourada, geralmente predominam filitos e sericitos xistos.

Em Mato Grosso temos a série Cuiabá que está representada por lages de filitos e quartzitos conglomerados, de textura xistosa, algumas vezes incluindo lâminas de grafite. A sua ocorrência se dá em áreas ao norte, centro e sul do Estado.

### 2.2.2. Paleozóico

A sedimentação Paleozóica no Brasil inclui grandes áreas da bacia amazônica. No Cambriano temos a série Uatumã aflorando em grandes e estreitas faixas ao norte e ao sul do Rio Amazonas em uma

sequência de rochas metamorfoseadas que foram a base do sinclinal amazônico. A série consiste de ardósia arenosa colorida, de grãos finos, que ocorre nos vales dos rios Uatumã, Trombeta, Erepecuru, Tapajós e Tocantins.

O sistema Siluriano representado pela série Trombetas, está constituído por arenitos argilosos, micáceos e coloridos. Ocorre nos rios Trombetas, Curuá de Alenquer e Urubu, todos tributários do Amazonas pela parte norte.

Nos Estados do Amazonas e Pará, o sistema Devoniano aparece nas partes norte e sul do geosinclinal. Nele predominam formações litorrâneas e incluem o Devoniano inferior, médio e superior, correspondendo respectivamente aos grupos Meacuru, Curuá e Ererê.

O grupo Meacuru que consiste de arenitos quartzíticos duros ou friáveis com crostas endurecidas silicico-ferruginosas, ocorre nos vales do Meacuru e Tapajós no Pará e no Urubu, Uatuma, Jatapu, Parauari, Amaná e Urupadi no Amazonas.

O grupo Curuá, pertencente ao Meso-Devoniano, caracteriza-se por espessa sequência de folhelho argilo-silicoso, calcáreos e arenitos laminares. Ocorre nos rios Curuá de Alemquer, Pará e nas chapadas de Monte Alegre na parte norte da serra de Ererê. Também como formação Barreirinha aparece nos rios Tapajós, ao sul de Itaituba, Xingu, Maecuru, Curuá de Alemquer e Trombetas no Estado do Pará e Uatumã, Urubu e Parauari, no Amazonas.

No Devoniano superior temos o grupo Ererê indentificado pela fauna encontrada em material do norte da serra de Ererê, na chapada de Monte Alegre.

Ao Carbonífero do Baixo Amazonas, descoberto em 1863 por J. da Silva Coutinho (49) perto de Itaituba, Estado do Pará, pertence a série Itaituba que consiste de uma sequência de camadas de calcáreo fossilífero, folhelho cinza, arenito e gesso. Ocorre no vale do Tapajós, em Paredão, Bom Jardim, Itaituba e Monte Cristo, no rio Trombetas no Pará e nos rios Parauari, Urupadi, Uatumã e Baixo Madeira no Estado do Amazonas. Na bacia do rio Tocantins em Marabá aparece como folhelhos variegados sobre espessa camada de calcáreo que se extende até o Rio Fresco, no limite do Maranhão com Goiás e no Araguaia superior nos limites do Goiás com Mato Grosso, ao longo dos rios das Garças, Diamantino e Caiapó.

### 2.2.3. Mesozóico

Enquanto o Paleozóico consiste de massas continentais, o Mesozóico distingue-se por grandes mudanças no hemisfério sul.

Em geral, o material deste período encontrado na região amazônica, consiste de arenitos com intrusão de diabásio. Ocorre principalmente no Monte Roraima, entre Brasil, Venezuela e Guianas e também no Plateau de Monte Alegre como remanescente da formação Itauajuri do Baixo Amazonas, presumivelmente do Cretácico.

Ao sistema Triássico pertence a série Roraima, que foi afetada por intrusões de diabásio e que em muitas localidades suas rochas revelam incipiente metamorfismo. Estas consistem predominantemente de arenitos duros, amarelo pálidos ou róseos, com conglomerados, ardósia e folhelhos. A série Roraima se estende em uma longa faixa até a Venezuela e Guianas, servindo de divisor de águas entre o Rio Negro e o Orenoco, aparecendo também em Alemquer, médio Rio



Trombetas e médio Jari ao norte e na parte sul em uma grande faixa que se estende a partir do rio Xingu.

Na bacia do rio Parnaíba, na faixa amazônica, ocorre ao sul do Maranhão, no Rio Mearim, como formação Enxu, formação esta que consiste de arenitos coloridos intercalados de diabásio.

Do Cretáceo temos a série Acre e as formações Codó e Grajaú.

A série Acre que aparece no Purus, Juruá e Javari, no Amazonas e no Ererê, Aroxi, Paituna, Maxira, Santa Helena e Itauajuaí, no Pará, é constituída por compacto arenito de granulação fina, claramente extratificado.

As formações Codó e Grajaú se estendem desde o Rio Parnaíba até o oeste do rio Araguaia. Esta formação consiste de folhelhos betuminosos e calcáreos contendo nódulos fossilíferos.

#### 2.2.4. Cenozóico

Após a submersão do Cretáceo, uma grande parte do Brasil foi levantada durante o Terciário.

As ocorrências do Cenozóico se estendem desde a foz do Amazonas, por mais de 2200 km prolongando-se pela Colômbia, Perú e Bolívia até as proximidades dos Andes. Assim é que surgiram as Terras Firmes durante o Terciário, pela cobertura das partes planas por massas sedimentares, o que parece ter ocorrido com o levantamento dos Andes no Mioceno médio.

No Plioceno foram depositadas argilas e lignita com variada fauna marinha (formação Pebas), expostas no Solimões, Içá, Javari e Juruá no Brasil, e em Pebas, Nauta, Iquitos e Tres Unidos, no Perú.

As ocorrências Terciárias na Amazônia têm sido descritas como

séries Barreiras e localizadas sob o nome de formações Rio Branco, Manaus e Pebas.

As séries Barreiras são constituídas por arenitos coloridos, argilitos vermelhos com lentes de mica e arenitos calcáreos como aparece na formação Pebas (Mioceno) ou na formação Pirabas (Mioceno inferior) que afloram ao longo da costa dos Estados do Pará, Maranhão e Piauí.

As séries Barreiras constituem um dos maiores depósitos Terciários do mundo. A maior seção que pode ser observada desde o Baixo Amazonas ao Solimões e seus tributários pertencem a estas séries.

No Quaternário os sedimentos estão divididos em Terras Firmes e Várzeas, estas temporariamente alagadas. As Terras Firmes, como as que ocorrem em partes da ilha do Marajó e vizinhança de Belém são geralmente consideradas com Pleistoceno e as Várzeas como Recente ou Atual.

No Pleistoceno encontramos uma formação denominada formação Pará que compreende arenitos onde ocorrem nódulos cimentados com cimento hematítico de coloração variando do vermelho claro ao violeta escuro.

Os depósitos Quaternários no Pará e Maranhão consistem de um lodo argiloso coberto com mangues e muitas partes elevadas da Terra Firme.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

Apesar da importância primordial do fósforo em muitos solos tropicais, não existe ainda um grande número de trabalhos sobre o assunto, como acontece em regiões temperadas.

Nos trópicos, a agricultura se caracteriza pelo aproveitamento da fertilidade natural, cujo esgotamento é frequentemente rápido, exigindo assim novas áreas. Um conhecimento mais profundo sob o ponto de vista pedológico, químico ou de fertilidade é necessário, com a finalidade de indicar os limites adequados de nutrientes para essas áreas.

Muitos investigadores têm voltado sua atenção para o estudo do fósforo disponível, ou seja, àquela fração que se considera como sendo absorvida pela planta e, através de testes químicos, associados a vários experimentos de campo, têm procurado estudar a correlação existente entre êles. Em solos da Escócia SAUNDER e WILLIAMS (71) determinaram uma boa correlação entre o P extraído com NaOH 0,1 N e a resposta do fósforo no campo (isto para uma grande variedade de solos), demonstrando mais ser superior a extração feita com NH<sub>4</sub>OH 0,5 N. FRIEND e BIRCH (39) na África, correlacionando vários métodos, observaram que somente o fósforo total e o inorgânico extraídos com NaOH 0,1 N a quente eram significativamente relacionados às respostas a cultivos. Quando a quantidade de P era considerada ao mesmo tempo que a capacidade do solo de fixar êste elemento, a correlação era ainda muito maior para o P orgânico. Isto parece ter uma razão muito importante, considerando que os solos lateríticos, predominantes nos trópicos, tendo alto teor de óxido de Fe e Al, favorecem a

formação de compostos de fósforo que não poderiam ser totalmente extraídos por métodos químicos convencionais utilizados. NYE e BERTHEAUX (61, 62) na Africa Ocidental, efetuaram também um completo estudo sobre a distribuição e disponibilidade do fósforo. Encontraram que o P total é bem maior na superfície dos solos de florestas e que nos de savana, não apresenta mudança consistente com a profundidade, verificando mais que as áreas florestadas possuem, em relação às de savanas, mais P inorgânico que P orgânico.

### 3.1. A fração do fósforo

É conhecido hoje em dia que os fosfatos encontram-se no solo formando compostos de Al, Fe, Ca, etc., variando o conteúdo de acordo com a quantidade de óxidos de Fe e Al ou mesmo Ca para áreas de pH altos. Nos solos tropicais, cujo teor de sexquióxidos livres é relativamente alto, estas frações são muito importantes. Nestas áreas, quando os fosfatos são aplicados aos solos, a porcentagem de fixação é bastante alta (7, 11, 12, 15, 20, 26, 28, 36, 37, 38, 57), mas poucos trabalhos foram efetuados até hoje, sobre a predominância destas diferentes formas de fosfatos. CHANG e JACKSON (21) descreveram uma metodologia de fracionamento do fósforo, hoje de uso geral, que permite determinar as formas  $H_2O$ -P, Al-P, Fe-P, Ca-P e os fosfatos ocluídos e solúveis em redutores. O emprego deste procedimento tem permitido estudar as diversas formas de P nos solos, mas, apesar disso, para zonas tropicais pouco se tem feito. CHAVERRI (23), e mais recentemente FASSBENDER (36), utilizando esse método puderam verificar as formas de P e a sua distribuição em vários solos

vulcânicos, aluviais e latossólicos de Costa Rica e encontraram uma predominância de Fe-P. Para os fosfatos ocluídos CHAVERRI (23) encontrou teores que podem ir de 10,5 ppm nos latossólicos a 39,5 nos vulcânicos. BENAVIDES e REED (12) na Colombia observaram que o Fe-P foi o dominante, vindo a seguir o Al-P e traços de Ca-P. Estimaram que dos fosfatos adicionados ao solo, uma alta porcentagem foi convertida, após um mês, em fosfatos de Al e obtiveram alta correlação entre o teste Bray nº 1 e as frações de P no solo. Pelos resultados analíticos verificaram que a capacidade de sorção de fosfato foi alta para os solos de terraços e baixa para os aluviais, o que foi atribuído às suas propriedades químicas devidas à drenagem.

### 3.2. O P orgânico e sua contribuição à nutrição das plantas

Pela disponibilidade parcial às plantas, pela sua resistência à lixiviação e sua gradual mineralização, a fração orgânica do P possui grande importância prática. Não é de estranhar encontrarmos resultados que demonstrem estar a resposta à adubação fosfatada diretamente relacionada com o P orgânico (39) ou que as colheitas de cacau, por exemplo, tenham alta correlação com este elemento no solo (79). No trabalho apresentado por SMITH e ACQUAYE (79) sobre adubação em cacauais em Ghana, é possível verificar que após a aplicação do adubo há um incremento de produção durante quatro anos, e que há uma alta correlação ( $r=0,73$ ) do P orgânico com a produção, estudo este semelhante ao executado no leste da África anteriormente (39).

EID et al (33) trabalhando a temperaturas de 20 a 35°C, à semelhança do que ocorre em solos tropicais, puderam comprovar que o

fósforo absorvido pela cultura do milho do experimento, mentinha sig nificante correlação com a quantidade de P orgânico quando a tempera tura chega a 35°C. Não há dúvida, portanto, que o fósforo orgânico exerce um papel sobressalente no desenvolvimento dos cultivos.

### 3.3. Métodos analíticos empregados na determinação do fósforo e suas frações no solo.

A preocupação pelo conteúdo de P nos solos data de muitos anos, daí ter surgido grande variedade de metodologia para a sua determina ção. CHANG e JACKSON (21) fizeram uma extração fracionada de H<sub>2</sub>O-P, Al-P, Fe-P, Ca-P, respectivamente com NH<sub>4</sub>F 0,5 N, NH<sub>4</sub>Cl N, NaOH 2 N, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 N e as frações solúveis em redutores e ocluidos com citra to de sódio 0,3 M e Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> e NH<sub>4</sub>F-NaOH 0,1 N respectivamente. Este método parece superar os métodos de fracionamento usados por DEAN (27), GHANI (40), BRAY e KURTZ (18) e CATANI, NASCIMENTO e GALLO (20).

Para o P orgânico temos entre outros o método de MEHTA et al (56) em que usam como extratores o HCl concentrado a quente e NaOH 0,5 N, bem como na digestão o HClO<sub>4</sub> para a determinação do P total, fazendo as leituras colorimètricamente em fotocolorímetro a 660 mμ. Do interêsse despertado pela investigação do P orgânico, recentemen te surgiram vários trabalhos que procuram estabelecer correlação desse método com vários outros. Assim foi que apareceram os estudos de VAN DIEST e BLACK (29, 30, 31), de DORMAAR e WEBSTER (32), de PRATT (66), de HARRAP (46), de BORNEMISZA e IGUE (17), de HANCE (44), além de vários outros (41, 42, 89) que usando diferentes métodos

procuraram obter uma caracterização do P orgânico do solo.

A determinação do P orgânico, se pratica deste 75 anos atrás (16); entretanto segue como um problema a considerar, porque sendo as suas determinações feitas de modo indireto, aparece como diferença entre o P total e o P inorgânico. Isto trás o inconveniente de que a qualquer erro cometido na obtenção do P inorgânico, corresponderá um valor irreal ao P orgânico. Segundo BORNEMISZA (16) os métodos para a sua determinação podem ser classificados em quatro grupos principais a saber: 1) métodos de ignição; 2) métodos de extrações; 3) métodos que empregam a agua oxigenada; e 4) métodos diretos de determinação.

No uso do método de ignição a amostra do solo é submetida a uma temperatura bastante elevada, que segundo vários autores poderá variar de 500°C a 550°C (20, 26, 71, 87), o suficiente para a destruição de toda a matéria orgânica. No trabalho de DANKE et al (26), por exemplo, cuja ignição se da a 500°C usando  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  os resultados variaram de 0,04 a 0,11% do P total. Já para a determinação de SAUNDER e WILLIAMS (71) a ignição foi feita a 550°C e para a extração foi usado  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,2 N. Enquanto os autores acima citados usaram para o aquecimento ou ignição uma temperatura que vai de 500°C a 550°C, LEGG e BLACK (53) só elevaram a 240°C, posto que temperaturas maiores ou menores causariam, segundo eles, erros devidos à solubilização de fosfatos inorgânicos ou mesmo à ignição incompleta da matéria orgânica, opinião esta com a qual muitos autores nao concordam (1, 25, 39, 71, 90).

A grande aceitação do método da ignição se deve a simplicidade

e rapidez de como se maneja e obtem os resultados, lógico está, se a temperatura não é tão elevada que possa afetar, no transcurso da extração do P mineral, a hidrólise do P orgânico. BARROW (10) afirma haver uma semelhança entre os métodos que empregam a ignição, entretanto não fez referência ao método de Legg e Black que emprega temperatura de 240°C.

Para a extração temos métodos como o de MEHTA et al (56), cujos resultados têm sido comparados por BLACK e GORING (15), HARRAP (46) e LEGG e BLACK (53), principalmente. Recentemente, ANDERSON (6) sugeriu uma pequena modificação ao método para evitar a hidrólise de alguns fosfatos orgânicos presentes e obteve resultados que foram ligeiramente superiores aos frequentemente encontrados. Já SAUNDER e WILLIAMS (71), por exemplo, usaram ignição e extração com  $H_2SO_4$  0,2 N. Outros trabalhos foram o de DORMAAR e WEBSTER (32) e o do MAC LEAN (55), que emprega  $NaHCO_3$  como extrator.

Finalmente, temos os métodos que usam  $H_2O_2$  (18, 73) e aqueles chamados de "determinação direta" como o de GORING (43), no qual o P orgânico ao ser absorvido pelo carvão é determinado por ignição; o de ANDERSON e BLACK (5); e o de ANDERSON (4) usando cromatografia de coluna.



#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

##### 4.1. Solos utilizados

Como material para estudo foram tomados diversos Grandes Grupos de Solo (9) da Amazônia (Fig. 6) em que se tinha horizontes A e B (o lugar de amostragem encontra-se marcado no mapa). O material após secado, foi passado por um tamiz de malha 60 (0,25 mm), com a finalidade de dar maior uniformidade as partículas do solo, uma vez que se desejava usar nos experimentos somente 0,5 g.

Os solos, cujos nomes correspondentes em ingles aparecem entre parentesis, foram os seguintes:

- a) Latosol Amarelo (Yellow Latosol)
- b) Latosol Concrecionário (Concrecionary Latosol)
- c) Latosol Amarelo Húmico (Humic Yellow Latosol)
- d) Latosol Roxo
- e) Terra Roxa Estruturada (Reddish Brown Lateritic)
- f) Glei Pouco Húmico (Low Humic Gley)
- g) Podzol Hidromórfico (Groundwater Podzol)

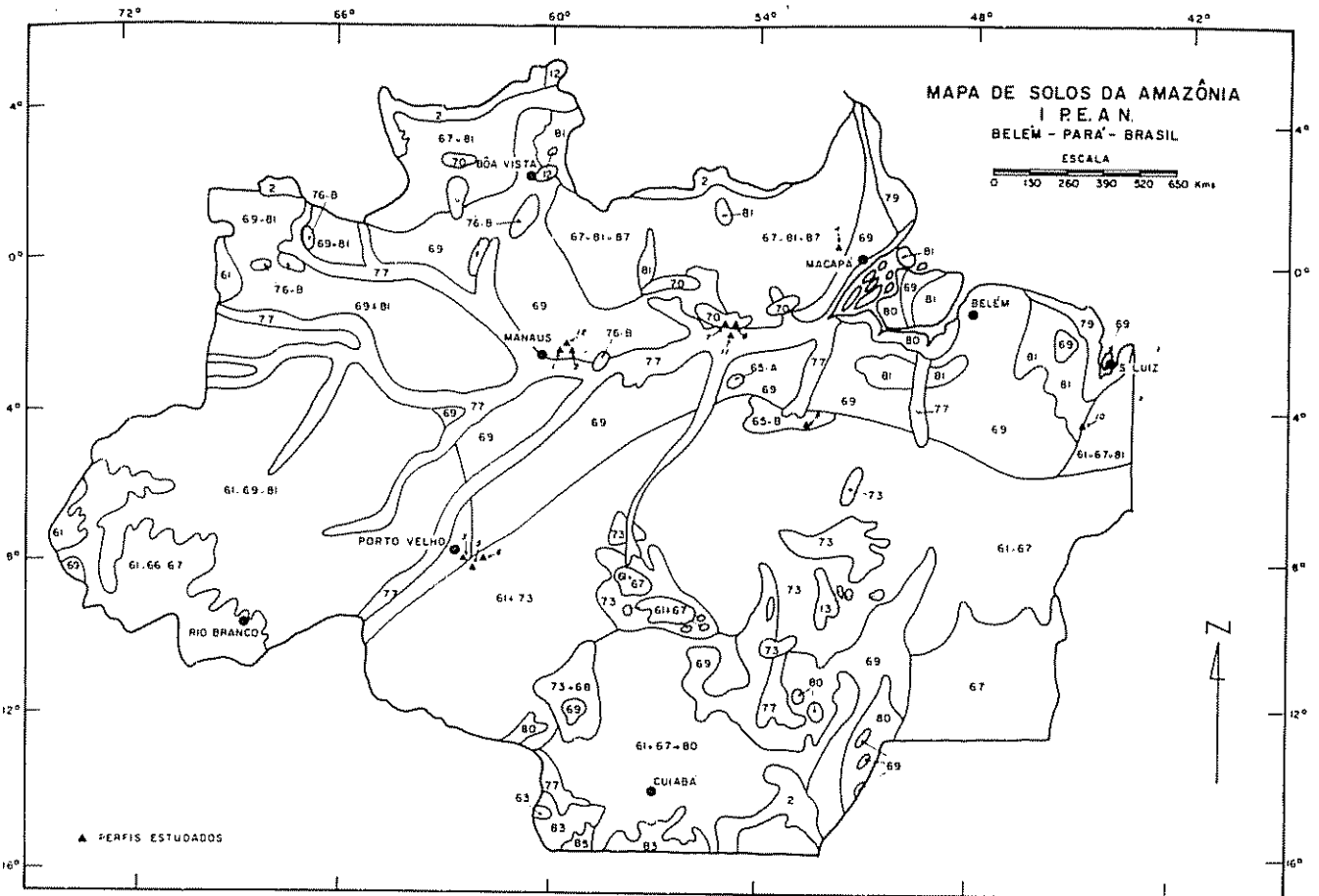
As descrições morfológicas dos perfís estão a seguir:

Latosol Amarelo, textura muito pesada - Perfil 1

Local: Km 37 da rodovia Itacoatiara-Manaus, lado direito, Estado do Amazonas.

Relêvo: plano de chapada.

Altitude: aproximadamente 45 a 50 metros acima do nível dos igarapés próximos.



### CONVENÇÕES

- 2      LITOSOL (LITHOSOL)
- 12     LITOSOL COM PODZOL VERMELHO AMARELO, LATOSOL AMARELO E/OU TERRA ROXA ESTRUTURADA (LITHOSOL WITH RED/YELLOW PODZOLIC SOILS, YELLOW LATOSOL AND/OR REDDISH BROWN LATERITIC SOIL)
- 61     PODZOL VERMELHO AMARELO (RED YELLOW PODZOLIC SOIL)
- 63     LATOSOL AMARELO E INTERGRADES ENTRE LATOSOL BRUNADO E LATOSOL VERMELHO AMARELO (YELLOW LATOSOL AND INTERGRADES BETWEEN BROWN LATOSOL AND RED YELLOW LATOSOL)
- 65. A   TERRA ROXA ESTRUTURADA DISTROFICA (DISTROPHIC REDDISH BROWN LATERITIC SOIL)
- 65. B   TERRA ROXA ESTRUTURADA EUTROFICA (EUTROPHIC REDDISH BROWN LATERITIC SOIL)
- 67     LATOSOL VERMELHO AMARELO (RED YELLOW LATOSOL)
- 69     LATOSOL AMARELO PÁLIDO (PALE YELLOW LATOSOL)
- 70     LATOSOL ROXO
- 73     REGOSOL LITORANEO (COASTAL REGOSOL)
- 76. B   REGOSOL E PODZOL HIDROMORFICO (REGOSOL AND GROUNDWATER PODZOLIC SOIL)
- 77     SOLOS ALUVIAIS RECENTES E GLEI POUCO HÚMICO (RECENT ALUVIAL SOILS AND LOW HUMIC GLEY SOIL)
- 79     SOLOS HIDROMORFICOS DE ALUVIOS MARINHOS E FLUVIAIS, COM SOLOS SALINOS (HYDROMORPHIC SOILS FROM MARINE AND ESTUARINE ALLUVIUM, WITH SALINE SOILS)
- 80     GLEI POUCO HÚMICO E GREY HIDROMORFICO (LOW HUMIC GLEY AND GREY HYDROMORPHIC SOIL)
- 81     LATERITA HIDROMORFICA E SOLOS HIDROMORFICOS AFINS (GROUNDWATER LATERITES AND RELATED HYDROMORPHIC SOILS)
- 83     GLE, HÚMICO E SOLOS ASSOCIADOS (HUMIC GLEY AND ASSOCIATED SOILS)
- 85     PLANOSOL (PSEUDOGLEY)
- 87     LATOSOL CONCRECIONARIO (CONCRETIONARY LATOSOL)
- 61. 67   PODZOL VERMELHO AMARELO-LATOSOL VERMELHO AMARELO
- 67. 81   LATOSOL VERMELHO AMARELO-LATERITA HIDROMORFICA E SOLOS HIDROMORFICOS AFINS
- 68. 73   LATOSOL ARENOSO (SANDY LATOSOL) - REGOSOL
- 69. 81   LATOSOL AMARELO PÁLIDO, LATERITA HIDROMORFICA E SOLOS HIDROMORFICOS AFINS
- 61. 67. 70   PODZOL VERMELHO AMARELO - LATOSOL VERMELHO AMARELO - LATOSOL ROXO
- 61. 67. 81   PODZOL VERMELHO AMARELO - LATOSOL VERMELHO AMARELO - LATERITA HIDROMORFICA E SOLOS HIDROMORFICOS AFINS
- 61. 66. 67   PODZOL VERMELHO AMARELO - LATOSOL VERMELHO ESCURO (DARK RED LATOSOL) - LATOSOL VERMELHO AMARELO
- 61. 81. 87   PODZOL VERMELHO AMARELO - LATERITA HIDROMORFICA E SOLOS HIDROMORFICOS AFINS - LATOSOL CONCRECIONARIO
- 61. 69. 81   PODZOL VERMELHO AMARELO - LATOSOL AMARELO PÁLIDO - LATERITA HIDROMORFICA E SOLOS HIDROMORFICOS AFINS

Fig 6 - Mapa de solos da Amazônia com localização dos perfis estudados.

Vegetação: mata primitiva com árvores de grande porte, sub-bosque desenvolvido, muitas palmeiras, manta muito fina, quase ausente.

Drenagem: bem drenado.

Material original: Série Barreiras.

Horizonte	Prof. cm	Descrições
O <sub>1</sub>	1 - 0	Folhas e galhos em decomposição.
A <sub>1</sub>	0 - 10	Bruno (10YR 5/3)(60); argilosa; moderada pequena a média subangular; friável, plástica e pegajosa; plana e gradual; poros muitos; raízes finas muitas.
A <sub>3</sub>	10 - 44	Bruno amarelado (10YR 5/4); argilosa; moderada pequena granular e moderada pequena subangular; muito friável, plástica e pegajosa; plana e difusa; poros pequenos muitos, raízes finas comuns.
B <sub>21</sub>	44 - 90	Amarelo brunado (10YR 6/6); argilosa; fraca média subangular e fraca pequena granular; muito friável, plástica e pegajosa; plana e difusa; poros pequenos comuns.
B <sub>22</sub>	90 - 125	Amarelo (10YR 7/6); argilosa; fraca, média subangular e granular; muito friável, plástica e pegajosa; plana e difusa; muitos poros.
B <sub>23</sub>	125 - 160	Amarelo (10YR 7/6); argilosa; fraca, média subangular; friável, plástica e pegajosa.

Latosol Amarelo, textura média - Perfil 2

Local: Km 7 rodovia Manaus-Itacoatiara (setor Manaus), lado esquerdo, Estado do Amazonas.

Relêvo: ligeiramente ondulado.

Vegetação: vegetação primitiva floresta tropical; vegetação atual: cultivos de cacau (*Theobroma* sp), Cumaru (*Coumarouna* sp).

Drenagem: bem drenado.

Material originário: Série Barreiras.

Horizonte	Prof. cm	Descrições
A <sub>p</sub>	0 - 35	Bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/3); areia barrenta; fraca, pequena granular que se rompe em grãos simples; friável, não plástica e não pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raizes finas comuns a muitas.
A <sub>3</sub>	35 - 58	Bruno amarelada escuro (10YR 4/4); barro arenosa; fraca, pequena granular e subangular que se rompe em grãos simples; ligeiramente duro, friável, não plástica e não pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raizes finas, comuns.
B <sub>1</sub>	58 - 87	Bruno amarelado escura (10YR 4/4); barro arenosa; fraca, pequena subangular que se rompe em grãos simples; ligeiramente duro, friável, não plástica e não pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raizes finas poucas.

B <sub>21</sub>	87 - 120	Amarelo brunado (10YR 6/8); barro argilo arenosa; fraca, pequena subangular que se rompe em grãos simples; ligeiramente duro, firme, não plástica e não pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raizes finas muito poucas.
B <sub>22</sub>	120 - 150	Amarelo avermelhado (7,5YR 6/8); barro argilo arenosa; fraca pequena subangular que se desfaz em grãos simples; ligeiramente duro, friável, não plástica e não pegajosa; poros e canais muitos; raizes finas raras.

Latosol Concrecionário - Perfil 3

Local: Território Federal do Amapá, estrada de ferro Macapá-Serra do Navio, Km 151.

Relêvo: ondulado; perfil no alto da elevação.

Vegetação: floresta úmida equatorial amazônica.

Drenagem: bem drenado.

Material originário: formação Pará.

Horizonte	Prof. cm	Descrições
A <sub>1</sub>	0 - 15	Bruno amarelado escuro (10YR 4/4); barro argilo arenosa; fraca pequena a média subangular e granular; friável a firme, ligeiramente plástica, não pegajosa; plana e gradual; poros comuns; raizes finas muitas.
A <sub>3</sub>	15 - 40	Bruno (10YR 5/3); argilo arenosa; fraca a moderada, média subangular e pequena granular;

friável a firme, plástica, ligeiramente pegajosa; plana e difusa; poros comuns; raizes finas comuns.

- B<sub>1cn</sub> 40 - 70 Bruno amarelado (10YR 5/6); argilo arenosa; moderada, pequena a média subangular; firme, plástica, ligeiramente pegajosa; plana e difusa; poros poucos; raizes finas poucas; concreções lateríticas finas e médias, achatadas aproximadamente 20%.
- B<sub>21cn</sub> 70 - 110 Bruno forte (7,5YR 5/6); argilo arenosa; moderada, pequena a média subangular; friável a firme, plástica, ligeiramente pegajosa; plana e difusa; poros poucos; raizes finas poucas; concreções lateríticas finas.
- B<sub>22cn</sub> 110 - 150 Bruno forte (7,5YR 5/8), concreções vermelhas (2,5YR 5/8); argilosa; raizes finas poucas; concreções lateríticas pequenas e médias (de 0,5 a 3 cm abundantes).

Latosol Vermelho Amarelo Concrecionário - Perfil 4

Local: Território Federal de Rondonia, estrada para o rio das Garças, próximo ao limite da Estação Experimental de Porto Velho.

Relêvo: plano e ligeiramente ondulado.

Vegetação: floresta úmida equatorial amazônica.

Drenagem: bem drenado.

Material originário: sedimentos do Terciário.

Horizonte	Prof. cm	Descrições
O <sub>1</sub>	3 - 0	Raizes, galhos e folhas não decompostos e em decomposição.
A <sub>1</sub>	0 - 12	Vermelho amarelado (5 YR 4/6); argilosa; fraca pequena granular que se rompe em grãos simples; friável, ligeiramente plástica, não pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raizes finas muitas; concreções muito pequenas 5%.
A <sub>3</sub>	12 - 40	Vermelho amarelado (5YR 5/8); argilosa; fraca, pequena a média subangular, mascarada pelas concreções de 5 mm a 4 cm de diâmetro; friável, plástica e ligeiramente pegajosa; plana e difusa; raizes finas muitas.
B <sub>1cn</sub>	40 - 80	Vermelho amarelado (5YR 4/6); argilosa; friável, plástica e pegajosa; difusa e plana; raizes finas comuns; concreções lateríticas de 5 mm a 8 cm de diâmetro, 80%.
B <sub>2cn</sub>	80 - 150	Vermelho amarelado (5YR 5/8); argilosa; friável, plástica e pegajosa; raizes muito poucas; concreções lateríticas arredondadas de 5 mm a 10 cm e aparecimento de blocos de 40 cm de diâmetro.

Observações: No perfil a maioria das concreções são transportadas, o que se deduz do aspecto arredondado que possuem. Entretanto, os blocos maiores parecem ser de formação local, parecendo cimentação

do plinthite. É também de registrar o aparecimento de uma tonalidade mais escura no B<sub>1</sub>, a semelhança do Latosol Amarelo de B escuro, encontrado em outras partes da Amazônia.

Latosol Amarelo Húmico - Perfil 5

Local: Estação Experimental do Porto Velho, Território Federal de Rondonia.

Relêvo: Plano.

Vegetação: secundária fina (capoeira fina).

Drenagem: bem drenado.

Material originário: sedimentos do Terciário (série Barreiras).

Horizontes	Prof. cm	Descrições
Ap	0 - 15	Bruno escuro (10YR 3/3); barro argilosa; fraca a moderada, pequena subangular e granular; muito friável, não plástica e não pegajosa; plana e difusa; poros e canais comuns, atividades de organismos comuns; raizes finas muitas.
A <sub>12</sub>	15 - 35	Bruno amarelado escuro (10YR 3/4); argilo limosa; fraca pequena subangular que se rompe em grãos simples; muito friável, não plástica e não pegajosa; plana e difusa; poros e canais comuns; raizes finas muitas.
A <sub>3</sub>	35 - 78	Bruno amarelado escuro (10YR 4/4); argilosa; fraca pequena subangular que se rompe em grãos simples; muito friável, ligeiramente plástica,



não pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raízes finas comuns.

- B<sub>1</sub>        78 - 90        Bruno amarelado (10YR 5/6); argilosa; maciça porosa que se rompe em fraca, pequena subangular e grãos simples; muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; difusa e plana; poros e canais muitos; raízes finas poucas.
- B<sub>21</sub>        90 - 110        Bruno amarelado (10YR 5/8); argilosa; maciça porosa que se desfaz em fraca, pequena a média subangular; friável, plástica e pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raízes finas poucas.
- B<sub>22</sub>        110 - 150        Amarelo brunado (10YR 6/8); argilosa; maciça porosa que se rompe em fraca, média subangular friável, plástica e pegajosa; poros e canais muitos; raízes finas muito poucas.

Latosol Amarelo Húmico, de B concrecionário - Perfil 6

Local:      Estação Experimental de Porto Velho, Território Federal de Rondonia.

Relêvo:     plano com ligeira inclinação para a estrada BR-29.

Vegetação:  arbustos secundários (capoeira) e palmeiras.

Drenagem:   bem drenado.

Material originário: sedimentos do Terciário.

Horizonte	Prof. cm	Descrições
Ap	0 - 15	Bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2); barro argilosa; fraca, pequena subangular que se rompe em graos simples; muito friável, não plástica, não pegajosa; plana e difusa; poros e canais comuns; raizes finas muitas.
A <sub>3</sub>	15 - 60	Bruno escuro (10YR 3/3); barro argilosa; fraca, pequena subangular que se rompe em grãos simples; muito friável, não plástica, não pegajosa; ondulada e clara; poros e canais muitos; raizes finas muitas.
B <sub>1cn</sub>	60 - 110	Bruno forte (7,5YR 5/6); argilosa; firme devido as concreções, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raizes finas comuns; concreções lateríticas de 5 mm a 10 cm de diâmetro.
B <sub>2cn</sub>	110 - 150	Bruno forte (7,5YR 5/8); argilosa; firme devido as concreções, plástica e pegajosa; poros e canais muitos.

Latosol Roxo - Perfil 7

Local: Estrada Lauro Sodre, Km 32, Município de Alemquer, Pará.

Relêvo: levemente ondulado ou ligeiramente inclinado.

Vegetação: arbustos e gramíneas (capoeira com gramíneas).

Drenagem: bem drenado.

Material originário: diabasio (Triássico).

Horizonte	Prof. cm	Descrições
Ap	0 - 20	Bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4); barro argiloso; moderada pequena, média subangular e moderada pequena granular e chumbinhos de caça (pea-iron) pequeninos; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raizes finas muitas.
A <sub>3</sub>	20 - 50	Bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4); barro argilosa; moderada, pequena a média subangular e moderada pequena granular; presença de chumbinho de caça (pea-iron) e concreções de Mn; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raizes finas comuns.
B <sub>1</sub>	50 - 80	Bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4); argilosa; fraca, pequena granular e subangular; presença de chumbinho de caça; ligeiramente duro, muito friável, plástica e pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raizes finas comuns.
B <sub>21</sub>	80 - 100	Bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4); barro argilosa; fraca, pequena a média subangular e fraca, pequena granular. Os chumbinhos de caça confundem-se com as pequenas estruturas; ligeiramente duro, muito friável, plástica e pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raizes finas raras.

B<sub>22</sub> 110 - 170 Bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4); barro argilosa; fraca, pequena a média subangular que se desfaz em grão simples; muito friável, plástica e pegajosa.

Terra Roxa Estruturada - Perfil 8

Local: Estrada Lauro Sodre, km 14, local João Camelo, Município de Alenquer, Pará.

Relêvo: plano a ligeiramente inclinado.

Vegetação: atualmente cultura de cacau e vegetação secundária (capoeira); antigamente floresta equatorial.

Material originário: diabásio (Triássico).

Horizonte	Prof. cm	Descrições
Ap	0 - 13	Bruno avermelhado escuro (5YR 3/2); textura barrenta; fraca; pequena e média subangular e fraca, pequena granular; friável, plástica e pegajosa; ondulada e gradual; poros comuns, canais muitos; raizes finas comuns.
A <sub>3</sub>	13 - 41	Bruno avermelhado (2,5YR 4/4); barro arenosa; moderada, média a grande subangular e pequena granular; friável, plástica e pegajosa; presença de chumbinhos de caça (pea-iron) pequenos e comuns (10%); plana e difusa; poros e canais muitos; raizes finas poucas.
B <sub>1</sub>	41 - 72	Vermelho amarelado (5YR 4/8); barro argilo arenosa; estrutura de difícil diferenciação

pela abundância de chumbinhos de caça, apesar de que pode ser fraca, pequena granular; firme, plástica e pegajosa; plana e difusa; presença de concreções lateríticas até com 1 cm de diâmetro.

- B<sub>2</sub>            72 - 100    Vermelho (2,5YR 5/6); barro argilosa; fraca a moderada, pequena a média subangular e pequena granular; entre os elementos de estrutura cerosidade de fraca a moderada e comuns; chumbinhos de caça muito poucos (2%); firme plástica e pegajosa; plana e difusa; poros e canais comuns; raizes finas raras.
- B<sub>3</sub>            100 - 130    Vermelho (2,5YR 5/6); argilosa; presença de mineral primário; moderada, pequena a média subangular e granular; cerosidade de fraca a moderada; firme, plástica e pegajosa; plana e gradual; poros comuns e canais poucos; raizes finas raras.
- C              130 - 150    Vermelho fraco (10YR 5/2); argilosa; massiva que se rompe em fraca, pequena a média subangular; cerosidade moderada comum; firme plástica e pegajosa; além da cor roxa (ausente na Munsell Soil Charts), aparecem vermelho escuro (10R 3/6) e branco rosado (7,5YR 8/2); textura micácea; abundância de minerais primários; poros e canais quase ausentes.

Terra Roxa Estruturada - Perfil 9

Local: Estrada Altamira-Moça Bonita, km 6,7, Município de Altamira, Estado do Pará.

Relêvo: ondulado.

Vegetação: mata secundária (capoeira).

Drenagem: bem drenado.

Material originário: diabásio (Triássico).

Horizonte	Prof. cm	Descrições
Ap	0 - 11	Vermelho amarelado (5YR 4/6); argilosa; fraca, pequena a média subangular que se rompe em granular; friável a firme, plástica e pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raizes finas muitas; muita atividade de organismos.
A <sub>3</sub>	11 - 28	Vermelho amarelado (5YR 4/8); argilosa; moderada, média subangular que se rompe em grãos simples; friável, plástica e pegajosa; cerosidade comum, distinta; chumbinho de caça muito pequeno, pouco e pequenas concreções de Fe e Mn; plana e difusa; poros e canais muitos e atividades de organismos; raizes finas comuns.
B <sub>21</sub>	28 - 60	Vermelho amarelada (5YR 5/6); argilosa; moderada, pequena a média subangular que se rompe em grãos simples; cerosidade comum e distinta; presença de chumbinhos de caça muito pequenos;

friável plástica e pegajosa; plana e difusa; poros e canais muitos; raízes finas comuns; presença de concreções de Fe e Mn e grãos de quartzo.

- B<sub>22</sub>            60 - 110    Vermelho amarelada (5YR 4/6, 4/8); argilosa; moderada, pequena a média subangular que se rompe em pequena granular; cerosidade comum e distinta; friável, plástica e pegajosa; plana e difusa; raízes finas comuns; ocorrência de concreções de Mn com diâmetro de 1 a 4 cm e seixos de quartzo de 3 a 4 cm de diâmetro distribuídos irregularmente no perfil.
- B<sub>23</sub>            110 - 160    Vermelho amarelada (5YR 4/6, 4/8); argilosa; a mais        fraca a moderada, pequena a média subangular que se rompe em grãos simples; muito friável, plástica e pegajosa; poros e canais muitos, raízes finas poucas.

Observações: Perfil profundo e de difícil diferenciação dos horizontes. Presença de Ilmenita, tanto na capa superficial como dentro do horizonte B. Ocorrência de concreções de Mn, possivelmente Pirolusita.

Glei Pouco Húmico - Perfil 10

Local: Campos de arroz da Estação Experimental de Pedreiras, margem do rio Mearim, Estado do Maranhão.

Relêvo: plano.

Vegetação: mata de Várzea, pasto herbáceo e gramíneas.

Drenagem: imperfeitamente drenado.

Material originário: sedimentos de Quaternário (Atual).

Horizonte	Prof. cm	Descrições
A <sub>1</sub>	0 - 10	Bruno acinzentado (10YR 5/2), com mosqueados comuns, pequenos e distintos amarelo avermelhado (7,5YR 6/8); argilosa; forte, grande subangular; muito duro, muito firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; gradual e difusa.
A <sub>3g</sub>	10 - 30	Cinza (10YR 5/1), com mosqueados comuns, pequenos e distintos amarelo avermelhados (7,5YR 6/8); argilosa, forte, pequena a média subangular e granular; muito duro, muito firme, plástica e ligeiramente pegajosa; plana e difusa.
G <sub>1</sub>	30 - 60	Cinza (10YR 6/1), com mosqueados comuns, médios e distintos, cinza (7,5YR 6/6); argilosa; forte, pequena a média subangular; muito firme, plástica e ligeiramente pegajosa; plana e difusa.
G <sub>2</sub>	62 - 91	Cinza (10YR 6/1), com mosqueados comuns médios e distintos, bruno acinzentados (10YR 5/8); fraca pequena a média subangular; firme, plástica e pegajosa.

Observações: O perfil quando sêco apresenta-se com rachaduras.

Quando molhado apresenta-se maciço. Por ocasião das enchentes do rio Mearim o perfil fica sob as águas.



Glei Pouco Húmico - Perfil 11

Local: Estrada Lauro Sodre, km 6, Município de Alenquer, Estado do Pará.

Relêvo: plano de baixada.

Vegetação: gramíneas, palmeiras e em partes arbustos de crescimento secundário.

Drenagem: imperfeitamente drenado.

Material originário: sedimentos do Quartenário (Atual).

Horizonte	Prof. cm	Descrições
Ap	0 - 16	Bruno escuero (10YR 3/3), com mosqueados comuns, pequenos e distintos vermelho amarelados (5YR 4/8); barro limosa; forte, grande subangular e quando no perfil apresenta-se maciça; dura, firme, ligeiramente plástica e não pegajosa; plana e clara; poros e canais comuns; raizes finas comuns. Horizonte bastante alterado pelo pisoteio do gado.
B <sub>1g</sub>	16 - 65	Bruno amarelado escuro (10YR 3/4), com mosqueados comuns, pequenos e fracos vermelho amarelados (5YR 5/8); argilo limosa; forte, grande prismática que se rompe em forte, grande subangular; duro, muito firme, plástica e pegajosa; plana e difusa; poros e canais poucos; raizes finas raras.

- B<sub>2g</sub>            65 - 86    Bruno escuro (10YR 3/3), com mosqueado fraco, pequeno e comum vermelho amarelado (5YR 4/8); barro argilo limosa; forte, grande subangular; duro friável, plástica e pegajosa; plana e difusa; poros e canais poucos; raízes finas raras; aparecimento de pontuações brancas que parecem cristais provenientes da precipitação de sais no solo.
- G                86 - 126    Bruno escuro (10YR 3/3), com mosqueados, fracos, comuns, médios, vermelho amarelados (5YR 4/8); barro argilo limosa; maciça; friável, plástica e pegajosa; poros e canais ausentes; raízes finas ausentes; presença de sais e fragmentos de rochas trazidas por transporte.

Podzol Hidromórfico - Perfil 12

Local:    Km 17 da estrada Manaus-Itacoatiara, setor Manaus, Estado do Amazonas.

Relêvo: ligeiramente ondulado.

Vegetação: mata primária.

Drenagem: bem drenado.

Material originário: sedimentação do Pleistoceno.

Horizonte	Prof. cm	Descrições
A <sub>1</sub>	0 - 20	Bruno muito escuro (10YR 2/2), com pontuações de areia branca; arenosa; sem estrutura ou de grãos simples; solto; plana e difusa; raízes

finas e médias muitas.

A <sub>21</sub>	20 - 60	Branca (N 8/0), com pontuações de matéria orgânica; arenosa; grãos simples; solto; plana e difusa; raizes finas e médias muitas.
A <sub>22</sub>	60 - 100	Branca (N 8/0), com pequena acumulação de matéria orgânica; arenosa; grãos simples; solto; plana e abrupta.
Bh	100 - 130 a mais	Ortstein. Vermelho fosco escuro (2,5YR 2/2); muito duro.

#### 4.2. Métodos analíticos

Feitas as descrições dos solos, as amostras foram coletadas e levadas a laboratório, onde após secadas ao ar e tamizadas a 2 mm foram submetidas as análises como seguem.

Análise granulométrica - Foi determinada pela sedimentação em frascos de Kimble de 1000 ml, com a NaOH 1 N como agente dispersante.

Complexo de laterização - Ataque sulfúrico: Duas gramas de Terra Fina Sêca ao Ar (TFSA) foram fervidas com  $H_2SO_4$  d=1,47 em refluxo durante uma hora, resfriadas e filtradas. No resíduo foram determinadas  $SiO_2$  e no filtrado  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$ .

A  $SiO_2$  foi solubilizada com  $Na_2CO_3$  a 5% e desidratada com  $H_2SO_4$  a quente, calcinada e pesada.

O  $Al_2O_3$  foi determinado tomando 50 ml de filtrado, e tratando-os com NaOH a 30% para separar os metais pesados e depois titulado com o sal di-sódico do ácido etilendiaminotetracético (EDTA) e ditiozona.

O  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  foi determinado por dicromatometria empregando difenilamina como indicador.

$\text{P}_2\text{O}_5$  assimilável - Usou-se a solução extratora de Bray e Kurtz (18, 65). No filtrado fez-se a determinação do P usando-se como reductor o ácido ascórbico a frio.

Cálcio e Magnésio trocáveis (45) - A soma dos dois foi determinada em extrato clorídrico empregando EDTA como agente titulante e o Eriochrome Black T como indicador. Para os metais que interferem na titulação foram usadas soluções de cianeto de potássio e trietenolamina como formadores de complexos. O cálcio foi determinado isoladamente com os mesmos reagentes com exceção do indicador que foi substituído pela murexida. O Mg calculou-se por diferença.

Sódio e Potássio permutáveis - Foram determinados no extrato clorídrico do solo por fotometria de chama.

Hidrogênio e Alumínio permutáveis (47) - A soma H+Al foi determinada por assidimetria, empregando-se  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  N pH 7,0, como solução extratora. O agente titulante foi o NaOH 0,1 N e fenolftaleína como indicador. Na determinação do Al feita por extração com HCl N pH 7,0 e titulação com NaOH 0,1 N, empregou-se bromotimol azul como indicador. O H foi calculado por diferença.

Carbono total (2) - Determinado pela oxidação com dicromato de potássio a quente e titulação com sulfato ferroso 0,1 N.

Nitrogênio total - Determinado pelo método de Kjeldahl modificado no qual é empregado para a digestão mistura sulfofênica e na destilação, para receber o destilado, ácido bórico a 4%.

pH em água e em KCl normal - Foram determinados potenciometri-

camente na relação aproximada solo: líquido de 1:1 e 1:5 respectivamente em  $H_2O$  e  $KCl$ .

Ki e Kr - As relações  $K_i$  e  $K_r$ , isto é,  $SiO_2/Al_2O_3$  e  $SiO_2/R_2O_3$  foram calculadas sob forma molecular baseadas nas determinações de  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$  e  $Al_2O_3$ .

Matéria Orgânica - O cálculo da matéria orgânica foi feito multiplicando o teor de carbono por 1,72.

Bases trocáveis - Calculado pela soma das bases.

Para o fracionamento do P, as amostras de solos foram passadas por tamiz nº 60. Selecionaram-se os métodos de Chang e Jackson (21) para fracionamento e de Mehta et al (56) para o P orgânico, sendo este último modificado, devido ao solo com que trabalhamos ter alto conteúdo de Fe livre, muito acima do valor máximo tido como não interferindo na determinação colorimétrica.

Fracionamento do P inorgânico (21) - O procedimento, o sistema de extração e a determinação das várias formas de fósforo inorgânico do solo, encontram-se descritos como seguem:

Fosfato de Alumínio, extração e determinação - 0,5 grama de solo foi colocada em um tubo de centrífuga de 50 ml, com 25 ml de  $NH_4Cl$  1N e agitado por 30 minutos, para remover o fosfato solúvel em água. A suspensão foi centrifugada e no sobrenadante determinado o fosfato solúvel em  $H_2O$ , usando o ácido sulfomolibdico a semelhança da determinação dos Fe-P e Ca-P que serão descritos oportunamente.

Ao  $NH_4$  - solo que ficou no tubo de centrífuga foi adicionado 25 ml de  $NH_4F$  0,5 N e agitado por uma hora. A suspensão foi centrifugada e a solução sobrenadante decantada para a determinação do P.

A amostra no tubo reservou-se para a extração do fosfato de ferro.

Para a determinação do Al-P, tomou-se uma alíquota de 10 ml do sobrenadante e levou-se a volumétrico de 50 ml, adicionando mais 10 ml de água destilada e 15 ml de ácido bórico 0,8 M. Acrescentou-se a seguir uma gota de p-nitrofenol a 0,5% e ajustou-se o pH a 3,0 com HCl 2N ou NH<sub>4</sub>OH 1:1. Feito isto adicionou-se 10 ml de ácido cloro-molibdico, agitou-se e acrescentou-se 5 gotas de SnCl<sub>2</sub> para desenvolver a côr. Completou-se o volume com água destilada, agitou-se e mediu-se a absorção da solução em um fotocolorímetro a 660 mμ, dentro de um espaço de tempo entre 5 a 20 minutos.

Fosfato de Ferro, extração e determinação - A amostra de solo guardada após a extração do fosfato de alumínio foi lavada duas vezes com 25 ml de uma solução saturada de NaCl. Feito isto, adicionou-se 25 ml de NaOH 0,1 N e agitou-se por 17 horas. A solução do solo foi centrifugada e o sobrenadante decantado para a determinação do Ca-P.

Nas extrações escuras, que continham alto conteúdo de matéria orgânica, usou-se H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado para fazer flocular os coloides orgânicos. Centrifugou-se a seguir o extrato contendo os coloides floculados e coletou-se a solução agora clara. Da solução tomou-se uma alíquota de 10 ml e colocou-se em balão aferido de 50 ml. Foi adicionado água até mais ou menos 20 ml e ajustado o pH usando uma gota de p-nitrofenol a 0,5%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 N e NH<sub>4</sub>OH 2 N. Após este procedimento foi acrescentado 2 ml de ácido sulfomolibdico e 3 gotas de cloreto estanhoso para desenvolver a côr. A leitura em fotocolorímetro a 660 mμ foi entre 5 a 10 minutos.

Fosfato de cálcio, extração e determinação - A amostra de solo guardada após a extração do Fe-P foi lavada duas vezes com 25 ml de NaCl saturado. Em seguida foi feita a extração com 25 ml de  $H_2SO_4$  0,5 N, agitando-a por uma hora. A suspensão foi centrifugada e do sobrenadante tomou-se uma alíquota para a determinação do P. Pipetada a alíquota de 10 ml o procedimento para a determinação do Ca-P foi o mesmo usado para a determinação do Fe-P, isto é, usando ácido sulfomolibdico e fazendo a leitura a 660 m $\mu$ .

Para cada determinação foi feito uma curva de calibração com um padrão de  $KH_2PO_4$  contendo de 0 a 0,8 ppm de P.

Outros fosfatos do solo - Os fosfatos solúveis em redutores e os ocluidos não foram determinados pelo método de Chang e Jackson (21) mas sim calculados pela diferença entre o P inorgânico extraído pelo Mehta et al (56) modificado, e a soma dos  $H_2O$ -P, Al-P, Fe-P e Ca-P. Isto apesar de não ter um significado exato, por tratar de métodos diferentes de extração, servirá no entanto, para nos dar uma ideia da quantidade aproximada dos outros fosfatos existentes na fração inorgânica.

Determinação do Fósforo orgânico no solo pelo método de extração de Mehta et al (56) modificado.

Na determinação do P orgânico elegemos o método de Mehta et al (56) por nos parecer que extrairia as quantidades mais representativas de P orgânico (17) para as nossas condições. Entretanto, um imprevisto apareceu, pois não contávamos que teores tão altos de Fe livre, na ordem de 10% em média para os nossos solos, pudessem inter

ferir tão marcadamente nos resultados. A coloração desenvolvida era bastante instável devido a presença do ferro, decrescendo rapidamente, conforme se observa no Quadro 2. Para resolver tal problema pensamos que eliminando a fonte de interferência os resultados seriam os esperados. Assim, usou-se uma coluna de 9 x 2 cm de resina cambiadora de cation Dowex 50W-X12 e dessa maneira foi possível continuar as determinações. A metodologia empregada está descrita a seguir e poderá ser vista esquematicamente na Fig. 5.

Método - Tomou-se 0,5 g de solo passado em peneira de Malha 60 (0,25 mm) em um tubo de centrifuga de vidro de 50 ml e adicionou-se 5 ml de HCl concentrado. Após aquecido por 10 minutos em banho-maria (a temperatura final da solução deve estar cerca de 70°C), adicionou-se mais 5 ml de HCl concentrado e deixou-se em repouso por uma hora. Após a hora estipulada foi adicionado 25 ml de água destilada, agitado e centrifugado. O sobrenadante foi passado para um balão aferido de 100 ml. Em seguida à amostra de solo adicionou-se 15 ml de NaOH 0,5 N e deixou-se, após agitação, em repouso por uma hora, depois de que foi centrifugado e o sobrenadante colocado no mesmo frasco de 100 ml onde foi colocada a primeira extração. Feito isto, adicionou-se agora 30 ml de NaOH 0,5 N ao tubo de centrifuga contendo o solo, cobrido-o com um copo de 50 ml, e levou-se a estufa a 90°C por 8 horas. Esfriado o tubo, centrifugada a solução, o sobrenadante foi adicionado ao frasco de 100 ml contendo os extratos. A solução foi diluída a volume, para então serem retiradas as alíquotas para as determinações do P total e da fração inorgânica. O P orgânico é dado por diferença.



Quadro 2. Variação na densidade ótica em função do tempo, devido a interferência do ferro extraído por Mehta et al.

Tempo em minutos	1	2	3	4	5	6	8	10	13	15
Amostras										
3046	-	-	0,060	-	0,042	-	0,038	0,030	0,026	0,020
3047	-	-	0,120	-	0,103	-	-	0,083	-	-
3049	-	-	-	0,055	-	0,044	-	0,033	-	-
2828	-	-	-	0,043	-	0,028	-	0,025	-	-
2829	-	-	0,059	-	0,050	-	0,045	0,036	0,032	0,026
2831	-	-	0,100	-	0,080	-	0,047	0,060	0,050	0,042
3318	0,141	0,130	0,120	0,118	0,105	-	-	0,090	-	-

Determinação do P total - Do frasco de 100 ml contendo os extra-  
tos, após agitado, foi retirada uma alíquota de 25 ml e passada para  
um copo de 100 ml. A seguir adicionou-se 2 ml de  $\text{HClO}_4$  a 72% e eva-  
porou-se a resíduo de  $\text{HClO}_4$  (a temperatura abaixo de  $100^\circ\text{C}$  é ordinà-  
riamente mais conveniente). O copo foi coberto com vidro de relógio  
para reduzir a perda do ácido e continuar a digestão até que o mate-  
rial tivesse uma côr clara permanente. Não se deve aquecer a secura.  
Quando o copo estava frio foi adicionado 15 ml de ácido acético a 1%  
e usando um polícia de borracha o material foi passado para uma colu-  
na de 9 cm de comprimento por 2 cm de diâmetro contendo resina cam-  
biadora de cation Dowex 50W-X12 e submetida a uma sucção de -10  
 $\text{lb/pul}^2$ , o que dá uma percolação total em aproximadamente 15 minutos.  
O copo que continha a amostra digerida foi lavado duas vezes com 5ml  
cada de ácido acético a 1% e a solução passada pela coluna cambiada  
ra. Após esta operação a coluna foi lavada também duas vezes, agora  
com 5 ml de agua destilada, com a finalidade de levar o restante do  
ion fosfato que possa estar entre as partículas de resina. Foi tes-  
tado que, para este caso, duas lavagens com agua destilada era o su-  
ficiente e que qualquer lavado após êstes não continham P detetável  
pelo fotocolorímetro. Empregou-se ácido acético a 1% para extrair  
o P que estava adsorvido nas partículas de sílica que ficavam na  
parte superior da coluna.

Após êste procedimento, completou-se o volume do percolado a  
50 ml, do qual foi tirada uma alíquota de 25 ml para a determinação  
do P total. Tomada a alíquota de 25 ml para um balão de 50 ml, adi-  
cionou-se uma gota de p-nitrofenol a 0,5% e ajustou-se o pH a 3,0

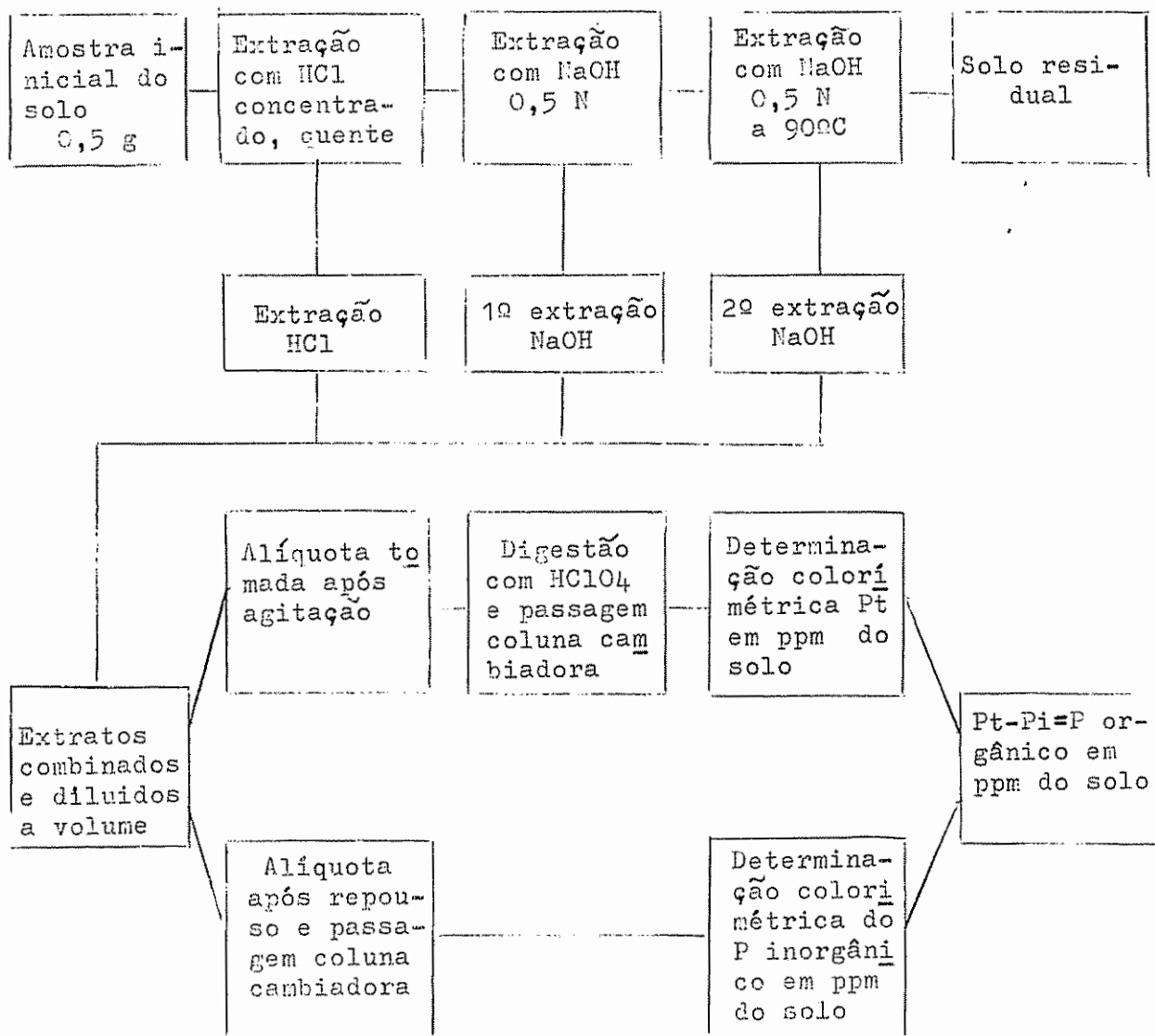


Fig. 5. Esquema para a determinação do P orgânico no solo pelo método de Mehta et al modificado.

usando-se  $\text{NH}_4\text{OH}$  1:1 ou  $\text{HCl}$  2N gota a gota até a descoloração do indicador. A seguir adicionou-se 5 ml de ácido cloromolibdico, agitou-se e acrescentou-se 3 gotas de  $\text{SnCl}_2$  a 4% para desenvolver a cor. A leitura foi feita em fotocolorímetro a 660  $\text{m}\mu$  de 5 a 15 minutos após a adição do cloreto estanhoso. Foi feito também uma curva de calibração com padrões empregando-se uma solução de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , contendo de 0 a 0,8 ppm de P.

Determinação do P inorgânico - Após ser tomada uma alíquota para a determinação do P total, o extrato permaneceu em repouso a fim de flocular a matéria orgânica em suspensão. Foi pipetada uma alíquota de 25 ml, fazendo-a passar através de coluna cambiadora de cations. Tendo-se percolado a solução e lavada a resina tres vezes com 5 ml de água destilada, completou-se o volume a 50 ml de onde foram tomados 25 ml para proceder-se a determinação do P inorgânico. Nesta determinação, adicionou-se uma gota de p-nitrofenol a 0,5% para ajustar o pH a 3,0 com  $\text{HCl}$  2N e  $\text{NH}_4\text{OH}$  1:1, 5 ml de ácido cloromolibdico, 3 gotas de cloreto estanhoso a 4% e fez-se a leitura a 660  $\text{m}\mu$ . Nesta determinação empregou-se também uma curva de calibração com padrão contendo de 0 a 0,8 ppm de P.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSOES

### 5.1. Caracterização das unidades

Os solos estudados apresentam-se dispersos na área Amazônica em regiões de matas ou savanas e em áreas de terra firme ou várzea. Na sua maioria são de origem aluvial formados através dos tempos pela sedimentação da bacia amazônica, aparecendo também àqueles de formação "in situ", como acontece com o Latosol Roxo e a Terra Roxa Estruturada.

As unidades estudadas em número de sete: Latosol Amarelo, Latosol Concrecionário, Latosol Amarelo Húmico, Latosol Roxo, Terra Roxa Estruturada, Glei Pouco Húmico e Podzol Hidromórfico, apresentam ligeira descrição morfológica e considerações químicas, visando assim proporcionar maior compreensão das unidades genéticas.

#### 5.1.1. Latosol Amarelo

Esta unidade genética, representada por solos de grande importância agrícola pela extensão de suas áreas, caracteriza-se por apresentar perfil de aproximadamente 1,50 m de profundidade (34, 35) assentado sobre arenitos e argilitos coloridos que constituem a série Barreiras. Trata-se de solos bastantes envelhecidos, extremamente ácidos e de boa drenagem, muito embora frequentemente apresentem-se bastante argilosos.

Os perfis estudados são, um de textura muito pesada, com o teor de argila no horizonte B em torno de 71% em média (Quadros 3 e 4) e de cor variando de bruno (10YR 5/3) (60) a amarelo (10YR 7/6), estes nos horizontes inferiores; e o outro de textura média, com o

conteúdo de argila em volta de 21% no horizonte B (barro argilo arenoso) e de coloração variando no perfil de bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/3) a amarelo avermelhado (7,5YR 6/8).

Tratam-se de solos com o horizonte A de 44 a 58 cm de profundidade, porosos, com estrutura variando de fraca, pequena granular a moderada, pequena subangular, e com um horizonte B de 100 cm de profundidade em média, com estrutura fraca, pequena a média subangular. Apresentam sequencia de horizontes de Ap, A<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>21</sub> e B<sub>22</sub> para o de textura média e de A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, B<sub>21</sub>, B<sub>22</sub> e B<sub>23</sub> para o de textura muito pesada.

São solos ácidos, pobres em matéria orgânica e possuem baixa capacidade de troca de cations e de saturação de bases.

#### 5.1.1.1. Considerações sobre a composição granulométrica

O conteúdo de argila está em média de 39% para o horizonte A e de 49% para o B. Os valores entretanto, podem variar de 10 a 75% para o A e de 19 a 74% para o B.

A fração limo, varia no A de 6 a 19% e no horizonte B de 2 a 20%.

A areia grossa apresenta-se bem elevada no solo de textura média, onde os valores máximos encontrados para os horizontes A e B são respectivamente 73 a 66%, Já para a areia fina, nos solos estudados os valores variam de 3 a 12% no perfil.

Quadro 3. D A D O S A N A L I T Í C O S

Pe r f i l 1

Local: Km 37 da estrada Manaus-Itacoatiara  
setor Itacoatiara, margem direita.

Classificação: Latosol Amarelo, textura muito pesada.

Nº	Prof. cm	Hori- zonte	pH em H <sub>2</sub> O	pH em KCl	me/100 g de Terra Fina Sêca ao Ar										V % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> * mg/100g
					Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Al	T	S		
2591	0 - 10	A <sub>1</sub>	4,2	3,8	0,20	0,05	0,29	0,16	-	10,12	2,52	13,34	0,70	5	1,83
2592	10 - 44	A <sub>3</sub>	4,8	4,2	0,30	0,02	0,22	0,20	-	3,51	0,97	5,23	0,75	14	0,58
2593	44 - 90	B <sub>21</sub>	5,0	4,7	0,10	0,02	0,13	0,06	-	2,48	0,48	3,29	0,33	10	0,58
2594	90 - 125	B <sub>22</sub>	5,2	4,3	0,10	0,01	0,23	0,35	-	2,20	0,68	3,58	0,70	19	0,58
2595	125 - 160	B <sub>23</sub>	4,8	4,0	0,10	0,01	0,13	0,11	-	2,25	0,87	3,47	0,35	10	0,58

Nº	g/100 g de TFSA							C/N			Granulometria %		
	C	N	MO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr	Areia gros.	Areia fina	Limo	Argilla
2591	2,87	0,19	4,95	24,18	5,12	21,76	14	1,88	1,64	16	5	19	60
2592	0,95	0,07	1,64	21,32	6,80	24,48	12	1,47	1,27	10	4	11	75
2593	0,56	0,06	0,97	23,24	5,76	27,20	8	1,45	1,30	8	3	15	74
2594	0,35	0,04	0,60	20,22	4,80	20,40	8	1,68	1,46	8	3	17	72
2595	0,32	0,04	0,55	26,54	5,76	24,48	7	1,83	1,59	8	4	20	68
Relação textural B/A=1,05													

\* Extração pelo método de Bray e Kurtz (18).

∟ = menor que

Quadro 4. D A D O S A N A L I T I C O S

Local: Km 7 da estrada Manaus Itacoatiãra,  
setor Mamanus, margem esquerda

P e r f i l 2

Classificação: Latosol Amarelo, textura média.

No	Prof. cm	Hori- zonte	pH em H <sub>2</sub> O	pH em KCl	me/100 g de Terra Fina Sêca ao Ar										V %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g
					Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Al	T	S			
2945	0 - 35	Ap	4,1	4,2	0,35	0,30	0,09	0,16	tra	4,83	1,31	7,04	0,90	13	0,81	
2946	35 - 58	A <sub>3</sub>	4,7	4,5	0,30	0,25	0,06	0,14	tra	3,90	0,91	5,50	0,75	13	0,55	
2947	58 - 87	B <sub>1</sub>	4,6	4,5	0,33	0,25	0,05	0,13	tra	3,84	0,81	5,41	0,76	14	0,55	
2948	87 - 120	B <sub>21</sub>	4,8	4,6	0,30	0,25	0,07	0,20	tra	1,33	0,50	2,65	0,82	31	tra	
2949	120 - 150	B <sub>22</sub>	4,5	4,5	0,40	0,35	0,05	0,12	tra	0,02	0,30	3,24	0,92	28	tra	

tra = traços

No	g/100 g de TFSA							granulometria %				
	C	N	MO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C/N	Ki	Kr	Areia GROS.	Limo fina	Argila
2945	0,90	0,07	1,55	5,60	1,40	3,82	13	2,51	2,07	73	11	6
2946	0,55	0,03	0,95	7,00	1,60	4,84	18	2,47	2,03	72	10	6
2947	0,41	0,03	0,70	9,40	1,80	6,12	14	2,60	2,20	66	12	3
2948	0,25	0,01	0,43	8,80	1,80	6,88	25	2,18	1,87	65	11	2
2949	0,13	0,01	0,22	15,00	2,00	7,39	13	3,47	2,98	63	12	2

Relação textural B/A=1,90

\* Extração pelo método de Bray e Kurtz (18)

∠ = menor que



### 5.1.1.2. Considerações sôbre a análise da matéria orgânica.

O carbono orgânico apresenta-se no horizonte A<sub>1</sub> variando de 0,90 a 2,87 g/100 g de terra fina sêca ao ar (TFSA), valores êstes que a partir do A<sub>3</sub> decrescem sensivelmente com a profundidade, variando de 0,56 a 0,13 g/100 g, que sãõ valores muito baixos.

O nitrogênio, como o carbono, sòmente no horizonte superficial possui em média melhores teores, variando de 0,19 a 0,07 g/100 g, a partir do qual os valores decrescem até alcansar 0,01 g/100 g no B<sub>21</sub> do Latosol Amarelo, textura média.

A relação C/N apresenta-se no perfil com valores em média de 14 para o horizonte A e de 12 para o horizonte B, com uma variação de 12 a 18 para o primeiro e de 7 a 25 para o segundo.

### 5.1.1.3. Considerações sôbre as análises dos complexos de troca e de laterização.

A capacidade de permuta de cations (T) varia de 5,23 a 13,34 me/100 g no horizonte A, com uma média de 7,77 me/100 g e de 2,65 a 5,41 me/100 g no horizonte B, com uma média de 3,60 me/100 g, sendo por conseguinte, nestes solos os valores mais elevados no horizonte A devido provavelmente ao conteúdo de matéria orgânica.

A soma de bases permutáveis (S) apresenta-se no A de 0,70 a 0,90 me/100 g e de 0,33 a 0,92 me/100 g no B, valores considerados muito baixos.

O índice de saturação (V%) muito baixo no perfil, está constituído por valores que vão de 5 a 14% no A e de 10 a 31% no B.

As bases trocáveis possuem teores que decrescem com a profundi-

dade do solo de textura muito pesada e valores equivalentes entre o A e B ao de textura média. No solo de textura muito pesada, o conteúdo de Ca está em média de 0,25 me/100 g no A e de 0,10 me/100 g no B, enquanto que no de textura média são respectivamente 0,32 me/100 g e 0,34 me/100 g. O mesmo ocorre para o Mg, K e Na, que no solo de textura pesada apresentam-se em média de 0,02, 0,27, 0,18 me/100 g e no solo de textura média de 0,27, 0,07 e 0,15 me/100 g no horizonte A. Assim sendo, o Mg pode variar nos perfis de 0,02 a 0,30 me/100 g no horizonte A e de 0,01 a 0,35 me/100 g no horizonte B; o K de 0,06 a 0,29 me/100 g no A e de 0,05 a 0,23 me/100 g no B, bem como o Na de 0,14 a 0,20 me/100 g no A e de 0,06 a 0,35 me/100 g no B.

O Al assim como o H apresentam teores decrescentes com a profundidade. O Al varia no perfil de 0,30 a 2,52 me/100 g e o H de 1,33 a 13,34 me/100 g no horizonte A do Latosol Amarelo, textura muito pesada. Este alto valor de H apresentado para o horizonte superficial deste solo, nos leva a deduzir estar a vegetação retirando daí maior quantidade de nutrientes que necessita. Sendo a textura muito pesada haverá maior dificuldade de penetração das raízes capilares em profundidade, trazendo como consequência um maior adensamento superficial de raízes. Assim ocorrendo, haverá uma maior demanda dos ions pela planta nessa camada, trazendo como resultado um aumento no conteúdo de H do complexo de troca e por conseguinte acidez ao solo.

O pH nos perfis estudados demonstrou serem os solos muito fortemente ácidos (85), variando de 4,1 a 4,8 no A e de 4,5 a 5,2 no B. De uma maneira geral o pH aumenta com a profundidade.

Os índices Ki e Kr apresentam valores relativamente altos que

são, para o  $K_i$ , de 1,47 a 2,51 no A e de 1,45 a 2,60 no B, o que indica, segundo BENNEMA e VETTORI (13), uma influência do aumento de cargas negativas no complexo coloidal.

#### 5.1.2. Latosol Concrecionário

Esta unidade genética ocorre na região amazônica, em áreas condicionadas a drenagem, quando o solo está em formação e principalmente em lugares de cotas mais altas quando proveniente de transportes anteriores ao ser formada a bacia sedimentar local. De uma maneira geral são solos de profundidade normal, formados por uma mistura de partículas mineralógicas finas e concreções de um arenito ferruginoso de vários diâmetros (formação Pará) que em alguns casos preenchem completamente o perfil, daí a menor importância agrícola atribuída a eles.

O horizonte A, cuja espessura está em torno de 40 cm, encontra-se escurecido pela matéria orgânica, possui uma coloração que vai do bruno amarelado escuro (10YR 4/4) ao vermelho amarelado (5YR 4/6).

Os perfis são de uma textura que varia de meio pesada ou argilo arenosa, a pesada ou argilosa, como acontece no Latosol Vermelho Amarelo Concrecionário de área florestada encontrado em Porto Velho.

Tratam-se de solos com perfil  $A_1$ ,  $A_3$ ,  $B_1$ ,  $B_{21}$ ,  $B_{22}$ ,  $B_{23}$ ,  $B_3$  e C, com uma profundidade com poros comuns e estrutura subangular mascarada pelas concreções, e o horizonte B de aproximadamente 110 cm com grande quantidade de concreções lateríticas (aproximadamente 80%). A presença dessas concreções lateríticas limita-os para certas práticas agrícolas e dificulta a expansão do sistema radicular das

plantas, muito embora a área florestada apresente a exuberância típica da floresta amazônica. São geralmente de textura pesada, muito fortemente ácidos, pobres em bases e com capacidade de troca e saturação baixas.

#### 5.1.2.1. Considerações sobre a composição granulométrica

Pela apreciação dos resultados analíticos dos perfis estudados (Quadros 5 e 6) se pode ter uma ideia da amplitude de variação das características do Latosol Concrecionário na Amazônia.

O teor de argila nestes solos varia no horizonte A de 30 a 45% com média de 44% e no horizonte B de 37 a 69% com média de 52%, valores que apresentam um aumento em profundidade no Latosol Vermelho Amarelo Concrecionário e uma diminuição no Latosol Concrecionário do Território Federal do Amapá.

A fração limo oscila, no horizonte A entre 7 a 21%, sendo este último valor bastante alto para os Latosol e no B entre 1 e 16%, variação esta devido talvez as condições topográficas do perfil, pois frequentemente esta unidade genética aparece associada a um relêvo ondulado.

A areia grossa apresenta valores equivalentes aos da areia fina e os teores encontrados em média para os horizontes A e B são de 20 e 19% respectivamente.

A relação textural B/A é de 1,5 em média, o que indica possuem os solos um B latossólico e não estar processando-se com intensidade a migração das partículas finas, isto talvez devido as condições de textura e dos óxidos de ferro hidratados. floculados que

Quadro 5. D A D O S A N A L I T I C O S

Perfil 3 Local: Estação Experimental de Porto Velho, estrada para o rio das Garças

Classificação: Latosol Vermelho Amarelo Concrecionário.

Nº	Prof. cm	Horizonte	pH em		me/100 g de Terra Fina Sêca ao Ar										V %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g
			H <sub>2</sub> O	KCl	Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Al	T	S			
3046	0 - 12	A <sub>1</sub>	4,0	4,4	0,33	0,40	0,18	0,20	0,02	16,21	3,63	20,97	1,13	5	0,73	
3047	12 - 40	A <sub>3cn</sub>	4,8	5,0	0,40	0,20	0,10	0,02	8,57	1,35	10,75	0,83	8	0,55		
3048	40 - 80	B <sub>1cn</sub>	4,9	5,1	0,35	0,28	0,18	0,02	7,34	1,04	9,30	0,92	10	0,55		
3049	80 - 150	B <sub>2cn</sub>	5,0	5,1	0,30	0,30	0,10	0,02	5,84	0,83	7,55	0,88	12	tra		

tra = traços

Nº	g/100 g de TFSA						C/N			granulometria %		
	C	N	MO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr	Areia gros.	Areia fina	Limo	Argila
3046	3,75	0,25	6,45	10,00	31,54	15,81	1,50	0,66	26	8	21	45
3047	2,01	0,16	3,45	15,80	18,16	22,18	1,21	0,80	9	9	20	62
3048	1,39	0,08	2,39	15,80	21,16	25,24	1,06	0,69	11	10	16	63
3049	1,15	0,05	1,97	16,60	23,95	27,03	1,04	0,66	16	8	7	69

Relação textural B/A=1,2

\* Extração pelo método de Bray e Kurtz (18)

Quadro 6. D A D O S A N A L I T I C O S

Local: Km 151 da Estrada de Ferro do Amapá,  
Território Federal do Amapá

P e r f i l 4

Classificação: Latosol Concrecionário.

Nº	Prof. cm	Hórizonte	pH em H <sub>2</sub> O	pH em KCl	me/100 g de Terra Fina Sêca ao Ar										V %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> * mg/100 g
					Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Al	T	S			
2828	0 - 15	A <sub>1</sub>	4,4	-	0,40	0,18	0,19	0,22	0,01	4,96	1,38	7,34	1,00	12	0,58	
2829	15 - 40	A <sub>3</sub>	4,5	-	0,30	0,20	0,15	0,12	0,01	3,43	1,06	5,27	0,78	14	0,47	
2830	40 - 70	B <sub>1cn</sub>	4,8	-	0,20	0,15	0,15	0,13	0,01	2,41	0,85	3,90	0,64	16	0,47	
2831	70 - 110	B <sub>21cn</sub>	4,8	-	0,15	0,15	0,16	0,20	0,01	2,26	0,64	3,56	0,66	18	0,47	
2832	110 - 150	B <sub>22cn</sub>	5,1	-	0,20	0,13	0,18	0,09	0,01	2,39	0,43	3,43	0,61	17	0,47	

Nº	g/100 g de TFSA						C/N			granulometria %			
	C	N	MO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C/N	Ki	Kr	Areia gros.	Areia fina	Limo	Argila
2828	1,20	0,12	2,06	-	-	-	9	-	-	26	30	14	30
2829	0,70	0,07	1,20	-	-	-	9	-	-	25	27	7	41
2830	0,40	0,05	0,76	-	-	-	6	-	-	21	35	8	37
2831	0,33	0,03	0,57	-	-	-	8	-	-	22	26	15	37
2832	0,46	0,03	0,80	-	-	-	11	-	-	18	26	1	55

Relação textural B/A=1,8

\* Extração pelo método de Bray e Kurtz (18)

entravam o processo de iluviaçã~o do solo, uma vez que apresenta em média 23,70 me/100 g de  $F_2O_3$ .

#### 5.1.2.2. Consideraçõ~es sôbre análise da matéria orgânica

Os teores de carbono orgânico que se apresentam no horizonte A de 0,70 a 3,75 g/100 g, decrescem com a profundidade até alcançar o valor mínimo de 0,33 g/100 g no horizonte  $B_{21cn}$  do Latosol Concrecio nário do Amapá. Quanto ao teor de matéria orgânica, o conteúdo máxi mo para o horizonte A foi de 6,45 g/100 g, valôr um pouco inferior ao encontrado para solos semelhantes em Tomé Açú por FALESI et al (35).

O nitrogênio, como o carbono, sômente no horizonte superficial apresenta valores que podem ser considerados como altos, baixando em profundidade até alcançar 0,03 g/100 g teor tido como muito baixo.

A relação C/N apresenta-se em média de 12 para o horizonte A e de 11 para o horizonte B, apesar de que há uma variaçã~o de 9 a 15 no A e de 6 a 22 no B, valores que além de indicarem um desequilíbrio na atividade biológica, nos deixa pensar na fixaçã~o do N em forma de ion  $NH_4$  pelo complexo coloidal do solo (67).

#### 5.1.2.3. Consideraçõ~es sôbre as análises dos complexos de troca e de laterizaçã~o.

O valôr T, geralmente baixo nesta unidade genética, apresenta-se em média de 11,08 me/100 g no A e de 5,54 me/100 g no horizonte B.

A soma de bases trocáveis (S), como o total, apresenta-se baixa, com média de 0,69 me/100 g e variando no perfil de 0,61 a

1,13 me/100 g, valores estes um pouco maiores do que os conteúdos encontrados para solos semelhantes no Amapá (34).

O índice de saturação (V%) apresenta-se extremamente baixo, sendo o complexo de troca saturado em sua maioria com H e Al, daí o pH muito fortemente ácido (85) encontrado.

As bases trocáveis, de uma maneira geral, decrescem com a profundidade, muito embora, devido a solubilização e lixiviação constante das bases pela alta precipitação plúviométrica da área, haja um ligeiro incremento dos valores no horizonte B. Variando a textura do solo, há uma predominância de calcio ou magnésio sôbre as demais bases no horizonte A<sub>1</sub>. No Latosol Concrecionário do Amapá a sequência das bases é Ca-K-Mg-Na, enquanto que para o Latosol Vermelho Amarelo Concrecionário do Porto Velho é de Mg-Ca-Na-K, isto para o primeiro horizonte. Para o Ca, no horizonte A encontramos valores que vão de 0,30 a 0,40 me/100 g; para o Mg de 0,18 a 0,40 me/100 g; para o K 0,10 a 0,19 me/100 g; e para o Na de 0,12 a 0,22 me/100 g.

O Al trocável apresenta teores que oscilam no horizonte A entre 1,06 e 3,63 e no B entre 0,43 e 1,04 me/100 g. Já o H no horizonte A apresenta teores que podem alcançar até 16,21 me/100 g isto talvez devido ao conteúdo de matéria orgânica encontrada no solo, que neste caso alcança 6,45 g/100 g.

Quanto ao pH são considerados muito fortemente ácidos, com valores variando de 4,0 a 5,1 para o pH em água e de 4,4 a 5,1 para o em KCl, estes bem superiores a àqueles, semelhança do que encontraram MIKAMI e KIMURA (58) para solos com argila do grupo hidróxi-



do hidratado, no Hawaii, e do que diz RUSSEL (69). Isto já era de se esperar, pois sendo o Latosol Concrecionário em solo bastante velho e intemperizado, onde predominam provavelmente argilas do grupo hidróxido (84) com cargas positivas livres, forçosamente o pH em KCl deveria ser maior pela liberação do K e adsorção do Cl.

O índice Ki para um dos perfis é em média 1,2 o que caracteriza o processo de laterização do perfil.

### 5.1.3. Latosol Amarelo Húmico

Esta unidade apresenta como característica diferenciativa um horizonte superficial humoso de coloração que vai do bruno amarelado escuro (10YR 4/4) ao bruno escuro (10YR 3/3) e de profundidade média de aproximadamente 70 cm.

Tratam-se de solos muito fortemente ácidos, bem drenados, profundos, formados a partir de sedimentos do Terciário, que apresentam pequena importância agrícola devido ocorrer em pequenas áreas.

Os perfis estudados são de textura pesada no horizonte B, onde o conteúdo de argila pode variar de 59 a 76%. A diferença entre o horizonte A e o horizonte B é bem evidente devido principalmente ao contraste de coloração apresentado em virtude do conteúdo de matéria orgânica do horizonte A. Apresentam-se friáveis, porosos, com uma estrutura fraca a pequena subangular e com uma sequência de horizontes de A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>21</sub>, B<sub>22</sub>, B<sub>3</sub> e C. Têm capacidade de troca relativamente alta devida principalmente ao conteúdo de H, possuindo mais, baixa soma de bases permutáveis e baixíssima saturação.

### 5.1.3.1. Considerações sôbre a composição granulométrica

Nestes solos a argila, que no horizonte A, varia de 30 a 39% e no B de 59 a 76%, com média de 71%, apresenta-se aumentado em profundidade como poderá ser visto nos Quadros 7 e 8.

Os teores de limo são bastante altos e podem alcançar até 43% no A<sub>12</sub>, o mesmo acontecendo para a areia fina que encontra os seus valores máximos no horizonte A.

A relação textural  $\phi$  em média de 1,8, um pouco mais elevada que a do Latosol Concrecionário ou mesmo do Latosol Amarelo, indica tratar-se de um solo com B latosólico, bem mais intemperizado que as unidades acima referidas.

### 5.1.3.2. Considerações sôbre a análise da matéria orgânica

O conteúdo de carbono no horizonte A é em média de 5,32 g/100g e varia nos solos estudados de 2,41 a 7,24 g/100 g, valores estes muito superiores aos encontrados no Estado de São Paulo para solos semelhantes (54). Os valores de nitrogênio variam no perfil de 0,05 a 0,38 g/100 g, teor considerado bastante alto.

A relação C/N é em média 20, valor que pode ser devido a deficiência de N apresentada por estes solos.

Com respeito a relação textural B/A verificamos que os dois perfis possuem valores de 1,63 e 2,00, o que indica, principalmente para o último maior migração coloidal inorgânica.

Quadro 7. D A D O S A N A L I T I C O S

Local: Estação Experimental de Porto Velho

P e r f i l 5

Classificação: Latosol Amarelo Húmico.

Nº	Prof. cm	Hori- zonte	pH em		me/100 g de Terra Fina Sêca ao Ar										V P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	
			H <sub>2</sub> O	KCl	Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Al	T	S	%	mg/100 g	
3023	0 - 15	Ap	4,9	4,5	0,20	0,10	0,20	0,22	0,02	14,87	3,22	18,81	0,72	4	0,55	
3024	15 - 35	A <sub>12</sub>	4,9	4,6	0,15	0,15	0,16	0,21	0,02	13,95	2,82	17,44	0,67	4	0,55	
3025	35 - 78	A <sub>3</sub>	5,1	4,6	0,33	0,02	0,16	0,13	0,02	10,26	2,52	13,42	0,64	5	tra	
3026	78 - 90	B <sub>1</sub>	5,1	4,4	0,30	0,10	0,14	0,10	0,02	8,04	2,42	11,10	0,64	6	tra	
3027	90 - 110	B <sub>21</sub>	5,0	4,3	0,20	0,23	0,15	0,11	0,02	5,75	2,22	8,78	0,81	9	tra	
3028	110 - 150	B <sub>22</sub>	5,4	4,4	0,15	0,30	0,09	0,08	0,02	4,40	1,40	6,42	0,62	10	tra	

tra = traços

Nº	g/100 g de TFSA					C/N			Granulometria %			
	C	N	MO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr	Areia gros.	Areia fina	Limo	Argila
3023	4,00	0,21	6,98	21,80	9,80	22,40	1,65	1,31	1	19	41	39
3024	3,78	0,19	6,50	21,00	8,60	24,00	1,49	1,21	1	15	43	41
3025	2,41	0,09	4,19	20,80	9,00	25,00	1,41	1,15	4	8	29	59
3026	1,39	0,06	2,38	21,80	9,40	24,20	1,48	1,18	3	7	19	71
3027	0,99	0,06	1,70	21,80	9,60	25,20	1,47	1,18	3	7	16	74
3028	0,54	0,05	0,93	22,00	9,60	25,20	1,48	1,19	2	6	16	76

Relação textural B/A=1,63

Quadro 8. D A D O S A N A L I T I C O S

P e r f i l 6

Local: Estação Experimental de Porto Velho,  
Território Federal de Rondonia.

Classificação: Latosol Amarelo Húmico, com B  
Concrecionário.

Nº	Prof. cm	Horizonte	me/100 g de Terra Fina Seca ao Ar										V P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *		
			pH em H <sub>2</sub> O	pH em	KCl	Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Al		T	S
3029	0 - 15	Ap	5,0	4,6	0,25	0,25	0,26	0,15	0,02	23,27	2,52	26,80	0,91	3	0,55
3030	15 - 60	A <sub>3</sub>	5,3	4,9	0,25	0,25	0,15	0,24	0,02	16,65	1,11	18,65	0,89	5	tra
3031	60 - 110	B <sub>1cn</sub>	5,3	4,9	0,30	0,10	0,11	0,15	0,02	7,82	0,81	9,29	0,66	7	tra
3032	110 - 150	B <sub>2cn</sub>	5,6	5,3	0,37	0,12	0,11	0,13	tra	4,28	0,20	5,21	0,73	14	tra

tra = traços

Nº	E/100 g de TFSA										Granulometria %		
	C	N	MO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C/N	Ki	Kr	Areia gros.	Areia fina	Limo	Argila
3029	7,24	0,38	12,46	11,60	20,00	18,60	19	1,06	0,63	22	18	30	30
3030	6,28	0,20	10,82	9,60	16,40	22,20	31	0,73	0,50	19	18	29	34
3031	1,53	0,08	2,64	13,00	23,10	24,20	18	0,91	0,56	8	8	18	66
3032	0,90	0,05	1,53	13,00	22,50	29,80	19	0,74	0,50	9	6	13	72

Relação textural B/A=2,0

\* Extração pelo método de Bray e Kurtz (18)

### 5.1.3.3. Considerações sôbre as análises dos complexos de troca e de laterização

A capacidade de permuta de cations (T) é muito mais elevada no horizonte A que no B, indicando assim estar bastante relacionada com o conteúdo de matéria orgânica do solo. No horizonte A os valores variam de 13,42 a 26,80 me/100 g, sendo a diferença deste horizonte para o seguinte de aproximadamente 16,00 me/100 g, quantidade bastante grande. Estes dados nos levam a pensar na presença da caolinita e se os valores da capacidade de troca são um pouco maiores que os apresentados por este tipo de argila, isto se deve provavelmente ao conteúdo de matéria orgânica. As argilas destes solos possuem baixa capacidade de troca de ions, demonstrada pelos resultados analíticos e pela verificação de que apesar do aumento da textura com a profundidade há uma sensível redução do conteúdo dos ions de troca.

A soma das bases permutáveis (S) no horizonte A varia de 0,64 a 0,91 me/100 g e no horizonte B de 0,62 a 0,81 me/100 g, valores considerados bastante baixos.

A saturação de bases nos perfis é muito baixa, com valores inferiores a 6% no A e inferiores a 15% no B, teores estes muito aproximados dos determinados para o Latosol Vermelho Amarelo Húmico do Estado de Sao Paulo (54).

A unidade aqui descrita apresenta valores muito baixos de Ca, Mg, K, Na todos eles inferiores a 1 me/100 g. Observa-se para o Ca no horizonte A teores que vão de 0,15 a 0,33 me/100 g; para o Mg 0,02 a 0,25 me/100 g; para o K de 0,15 a 0,26 me/100 g; e para o Na de 0,15 a 0,24 me/100 g.

O teor de Al varia no perfil, de 0,20 a 3,22 me/100 g e o H apresenta valores da ordem de 16,00 me/100 g em média para o horizonte A e 6,00 me/100 g para o B.

Os solos são fortemente ácidos em todo o perfil variando de 4,9 a 5,6 o pH em água e de 4,3 a 5,3 em KCl.

Pelos índices Ki e Kr apresentados verificamos trataram-se de solos bastante laterizados, pois os valores em média, tanto para um como para outro, estão abaixo de 1,0.

#### 5.1.4. Latosol Roxo

O Latosol Roxo, um dos mais importantes solos, do ponto de vista agrícola pela fertilidade natural que apresenta, formado pela decomposição de rochas eruptivas básicas, cujo derrame se deu na planície amazônica durante o Triássico (49, 64). Caracteriza-se por apresentar coloração bruno avermelhada escura (2,5YR 3/4) que, quando úmida parece tornar-se arroxeadada. Desde longa data este solo é cultivado na parte sul do Brasil, o mesmo não acontecendo com o amazônico cujo conhecimento é bem recente.

Morfologicamente o Latosol Roxo se assemelha ao Latosol Amarelo, apesar da diferença de coloração existente entre os dois e também por este apresentar-se, por vezes, bem mais profundo. Esta diferença de cor se deve não somente porque o Latosol Roxo é formado a partir de intemperização "in situ" da rocha mãe e o Latosol Amarelo a partir de sedimentos, muitos vezes bastante arenosos, mas também ao conteúdo de Fe hidratado encontrado nos solos. Enquanto o Latosol Amarelo possui no perfil em média 3,51 g/100 g de  $Fe_2O_3$  o Latosol

Roxo apresenta 32,44 g/100 g, que corresponde a aproximadamente a um valôr dez vezes maior de sexquióxido de Fe.

O Latosol Roxo trata-se de solo cuja textura vai de média a pesada, bem drenado, friável, com estrutura subangular pouco desenvolvida e que apresenta uma sequencia de horizontes do tipo A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>21</sub>, B<sub>22</sub>, B<sub>3</sub> e C.

A pequena variação das características morfológicas no perfil faz com que os vários horizontes se apresentam pouco individualizados e com transição difusa.

De uma maneira geral, apresenta como características principais pequena variação de côr entre os horizontes, distribuição mais ou menos uniforme da textura no perfil, grande dificuldade de diferenciação dos horizontes, grande estabilidade dos agregados no horizonte A superficial, presença abundante de poros e abundância de minerais pesados muitos dos quais atraídos pelo imã (magnetita).

O presente solo assemelha-se muito aos Humic Ferruginous Latosol descritos por Cline no Hawaii (24) no que concerne a pobreza de sílica alumínio e bases, bem como aos "Sols Brun-Rouge et Rouge formé sur les Basaltes Anciens" descritos por BACHELIER (8) no Cameron ou mesmo alguns solos descritos na Austrália com o nome de Krasnozems e em Porto Rico como "Nipe Clay" (14, 19).

#### 5.1.4.1. Considerações sôbre a composição granulométrica

O conteúdo de argila no Latosol Roxo varia de 20 a 30% no horizonte A e de 28 a 40% no horizonte B, e como poderá ser visto no Quadro 9 é sensivelmente menor que os valores encontrados no Estado

Quadro 9. D A D O S A N A L I T I C O S

Local: Km 32 da estrada Lauro Sodré, Município de Alenquer, Pará.

P e r f i l 7

Classificação: Latosol Rox

NO	Prof. cm	Horizonte	pH em H <sub>2</sub> O	pH em KCl	me/100 g de Terra Fina Sêca ao Ar								V P O <sub>5</sub> *		
					Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Al	T	S	%	mg/100g
3318	0 - 20	Ap	6,8	5,8	11,23	1,65	0,35	0,27	tra	2,05	0,66	16,21	13,50	83	0,55
3319	20 - 50	A <sub>3</sub>	6,8	6,0	4,00	0,82	0,15	0,14	0,12	1,11	0,01	6,22	5,11	82	0,55
3320	50 - 80	B <sub>1</sub>	6,9	6,1	2,66	0,61	0,20	0,20	0,10	1,30	0,01	5,07	3,77	74	0,55
3321	80 - 110	B <sub>21</sub>	6,7	6,1	1,74	0,46	0,22	0,26	0,08	0,55	0,01	3,23	2,68	83	0,55
3322	110 - 170	B <sub>22</sub>	6,9	6,3	2,05	0,51	0,13	0,20	0,06	0,55	0,01	3,44	2,89	84	0,55
3323	170 - 270	B <sub>3</sub>	6,9	6,1	2,37	1,34	0,07	0,28	0,02	0,18	0,01	4,24	4,06	96	0,55

tra = traços

∠ = menor que

NO	g/100 g de TFSA				C/N	Ki	Kr	Granulometria %				
	C	N	SiO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Areia gros.	Areia fina	Limo	Argila
3318	1,75	0,19	3,01	11,12	27,54	9,71	1,96	0,96	20	20	31	29
3319	0,55	0,07	0,95	13,13	28,87	10,46	2,13	0,77	22	22	26	30
3320	0,45	0,05	0,78	11,27	34,37	11,23	1,71	0,58	24	19	27	30
3321	0,28	0,03	0,49	11,50	35,87	12,81	1,52	0,55	26	18	22	34
3322	0,16	0,02	0,27	13,95	36,66	14,13	1,67	0,63	21	15	25	28
3323	0,10	0,02	0,16	20,39	31,45	17,06	2,04	0,93	9	14	37	40

Relação textural B/A=1,13

\* Extração pelo método de Bray e Kurtz (18)



de São Paulo para os solos descritos com o nome de Terra Roxa Legítima (54).

A fração limo equivale a quantidade de argila e os conteúdos de areia grossa e areia fina distribuem-se no perfil respectivamente de 9 a 22% de 14 a 22%.

A relação textural é de 1,13, demonstrando a pouca migração de partículas do A para o B.

#### 5.1.4.2. Considerações sobre análises da matéria orgânica

O carbono orgânico apresenta-se no horizonte A com um valor máximo de 1,75 g/100g, uma média de 1,15 g/100g e um mínimo de 0,55 g/100g o que corresponde respectivamente a 3,01, 1,98 e 0,95 g/100 g de matéria orgânica; e o horizonte B varia de 0,10 a 0,45 g/100 g.

O nitrogênio oscila no horizonte A entre 0,07 e 0,19 com média de 0,13 g/100 g, valores considerados como bons e no horizonte B entre 0,02 e 0,05 com média de 0,03 g/100 g.

No horizonte A a relação C/N está em volta de 9 e no B em torno de 7, valores baixos, talvez devido a fixação do N pelo complexo coloidal, a semelhança do que observou RODRIGUES (67) em solos de Trinidad.

#### 5.1.4.3. Considerações sobre as análises dos complexos de troca e de laterização.

Os valores da capacidade de permuta de cations, a soma das bases trocáveis e a saturação, apresentam-se bastante elevados no Latosol Roxo, a semelhança do que ocorre com o Latosol Roxo encontrado no Estado de São Paulo e no norte do Estado do Paraná.

O valor T apresenta no horizonte A um mínimo de 6,22, uma média de 11,60 e um máximo de 16,21 me/100 g; o valor S um mínimo de 5,11, uma média de 9,59 e um máximo de 13,50 me/100 g; e a saturação uma média de 82%. Para a capacidade de permuta de cations e soma de bases permutáveis os valores decrescem com a profundidade, o mesmo não acontecendo com a saturação que aumenta até alcançar 96% no B<sub>3</sub>, devido talvez ao tipo de material parental do solo.

Entre as bases de troca o cálcio apresenta maiores valores, com 11,23 me/100 g no Ap vindo a seguir o Mg com 1.65 me/100 g, o K com 0,35 me/100 g e o Na com 0,27 me/100 g.

O H e o Al apresentam teores bastante baixos o que já era de se esperar pela condição de pH quase neutro, do solo.

As relações moleculares K<sub>i</sub> e K<sub>r</sub> variam no perfil, a primeira de 1,52 a 2,13 e a segunda de 0,55 a 0,93, e indicam estar havendo intemperização no perfil.

#### 5.1.5. Terra Roxa Estruturada

A Terra Roxa Estruturada, solo que pela coloração assemelha-se ao Latosol Roxo e é tão importante agricolamente como este, possui perfil do tipo A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>21</sub>, B<sub>22</sub>, B<sub>23</sub>, B<sub>3</sub> e C, com uma espessura em média de 1,50 m, e foi originado a partir de rochas eruptivas básicas do Triássico.

A palavra "Estruturada" se deve a estrutura subangular bem desenvolvida quando o solo está seco, encontrada no horizonte B, daí então uma das principais características morfológicas diferenciativas entre este grupo e o Latosol Roxo.

As principais características desta unidade são as de possuir: B textural, cerosidade no horizonte B revestindo os agregados estruturais, relativa dificuldade de diferenciação de horizontes, grande estabilidade dos micro-agregados, efervescência com  $H_2O_2$  devido a concreções de manganês e abundância de minerais magnéticos.

Os presentes solos, similares aos encontrados no sul do Brasil (54), muito se assemelham ao Low Humic Latosol descrito por SHERMAN e ALEXANDER (76) em seu trabalho sobre as suas características e gênese e por CLINE (24) no Hawaii. São semelhantes também aos Red Loam da Austrália, bem como aos solos provenientes de cinzas vulcânicas descritos no Chile com o nome de "Laterita Pardo e Rojiza" (54, 68), e os "Reddish Brown Lateritic soils" encontrados no sul dos Estados Unidos (63).

#### 5.1.5.1. Considerações sobre a composição granulométrica

O conteúdo de argila nas Terra Roxa Estruturada estudadas alcança no horizonte A 50% com um mínimo de 9% e uma média de 29% e no horizonte B varia de 23 a 54% com uma média de 45% como poderá ser visto nos Quadros 10 e 11. Já a fração limo alcança valores bem elevados, variando no A de 20 a 44% e no B de 20 a 30%.

A fração areia grossa oscila no perfil entre 4 a 16% e a areia fina entre 11 e 54%.

A relação textural nos dois solos varia muito, pois encontramos 1,1 na Terra Roxa Estruturada de Altamira e 2,9 na de Alemquer, demonstrando assim o grau de intemperização nos perfis estudados.

Quadro 10. D A D O S A N A L I T I C O S

Local: Km 14 da Estrada Lauro Sodré, Município de Alenquer, Pará

P e r f i l 8

Classificação: Terra Roxa Estruturada

Nº	Prof. cm	Horizonte	pH em H <sub>2</sub> O	pH em KCl	me/100 g de Terra Fina Sêca ao Ar							V %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> * mg/100G		
					Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Al			T	S
3351	0 - 13	Ap	6,5	5,7	17,09	3,31	0,46	0,34	-	3,59	0,11	24,90	21,20	85	1,82
3352	13 - 41	A <sub>3</sub>	7,1	5,9	3,76	0,71	0,35	0,07	-	0,01	0,01	4,89	4,89	100	0,55
3353	41 - 72	B <sub>1</sub>	6,4	5,5	2,45	0,71	0,28	0,05	-	0,91	0,01	4,40	3,49	79	0,55
3354	72 - 100	B <sub>2</sub>	6,4	5,6	2,53	0,51	0,36	0,05	-	0,73	0,01	4,18	3,45	82	0,55
3355	100 - 130	B <sub>3</sub>	5,9	5,3	4,14	0,41	0,43	0,34	-	1,29	0,01	6,61	5,32	80	0,55
3356	130 - 150	C	5,7	4,9	4,74	0,63	0,29	0,37	-	1,88	0,01	7,91	6,03	76	0,55

∠ = menor que

Nº	g/100 g de TFSA						Granulometria %					
	C	N	MO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C/N	Ki	Kr	Areia gros. fina	Limo	Argila
3351	3,50	0,29	6,02	9,53	4,64	6,07	12	2,68	1,80	4	43	44
3352	0,44	0,05	0,76	9,36	6,15	7,27	9	2,18	1,42	5	54	25
3353	0,35	0,03	0,61	10,81	4,57	9,10	12	2,02	1,21	13	44	20
3354	0,29	0,02	0,51	15,40	9,28	13,68	14	1,92	1,34	5	30	29
3355	0,28	0,02	0,48	23,64	8,48	20,62	14	1,95	1,54	4	20	30
3356	0,23	0,02	0,40	30,11	11,70	20,94	12	2,44	1,80	8	12	28

Relação textural B/A=2,9

\* Extração pelo método de Bray e Kurtz (18)

Quadro 11. D A D O S A N A L I T I C O S

P e r f i l 9

Local: Km 6,7 da estrada Altamira-Moça Bonita, Município de Altamira, Pará

Classificação: Terra Roxa Estruturada

No	Prof. cm	Horizonte	pH em H <sub>2</sub> O	pH em KCl	me/100 g de Terra Fina Sêca ao Ar								V P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %		
					Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Al	T		S	
3587	0 - 11	Ap	5,8	5,2	5,80	1,55	0,11	0,42	0,06	2,59	0,01	10,47	7,88	75	0,55
3588	11 - 28	A <sub>3</sub>	6,0	5,4	3,34	0,65	0,07	0,34	0,15	2,04	0,01	6,44	4,40	68	0,55
3589	28 - 60	B <sub>21</sub>	6,0	5,5	1,82	0,54	0,05	0,32	0,05	1,48	0,01	4,21	2,73	65	0,55
3590	60 - 110	B <sub>22</sub>	6,3	5,8	1,62	0,86	0,05	0,27	0,02	1,11	0,01	3,91	2,80	72	0,55
3591	110 - 160	B <sub>23</sub>	6,4	5,6	1,49	0,59	0,07	0,32	0,02	0,92	0,01	3,39	2,47	73	0,55

g/100 g de TFSA

No	C/N			C/N	Ki	Kr	Granulometria %			
	C	N	MO				Areia gross.	Areia fina	Limo	Argila
3587	1,47	0,14	2,53	11	2,09	1,17	17	15	27	41
3588	0,71	0,09	1,12	8	2,18	1,25	16	14	20	50
3589	0,32	0,05	0,55	6	1,92	1,16	14	11	22	53
3590	0,27	0,03	0,47	9	2,02	1,19	15	11	20	54
3591	0,19	0,03	0,34	6	2,05	1,22	16	11	20	53

Relação textural B/A=1,1

\* Extração pelo método de Bray e Kurtz (18)

### 5.1.5.2. Considerações sôbre a análise da matéria orgânica

O conteúdo de carbono varia no A de 0,44 a 3,50, com média de 1,50 g/100 g e o nitrogênio de 0,05 a 0,29, com média de 0,13 g/100g.

A relação C/N no horizonte A está em torno de 10, sendo normalmente menor no B, em outros solos.

### 5.1.5.3. Considerações sôbre as análises dos complexos de troca e de laterização.

A capacidade de permuta de cations (T) nos dois solos é bem maior no horizonte A que no B isto devido ao conteúdo em matéria orgânica aí encontrado. Assim apresenta-se variando no perfil de 3,39 a 24,90 me/100 g com uma tendencia a aumentar no horizonte B, devido ao conteúdo de argila e a proximidade do material parental em decomposição.

A soma das bases permutáveis é bem mais elevada que nos outros solos já estudados. Varia no horizonte A de 4,40 a 21,20 me/100 g e no B de 2,47 a 6,03 me/100 g, valores considerados bastante altos.

Entre as bases de troca o cálcio é o que contribui com maior quantidade, tendo no horizonte A valores que vão de 3,34 a 17,09 com média de 7,49 me/100 g, e no B 1,62 a 4,74 com média de 2,34 me/100g.

O magnésio varia no horizonte A de 0,35 a 3,31 com média de 1,55 me/100 g, o K e o Na 0,07 a 0,46 com média de 0,24 me/100 g e de 0,07 a 0,43 com média de 0,19 me/100 g respectivamente.

Os valores de H e Al são bastante baixos nos perfis, isto devido a saturação das cargas negativas pelas bases o que corresponde a uma elevação do pH do solo.

As relações moleculares  $K_i$  e  $K_r$  apresentam-se variando respectivamente de 1,92 a 2,68 e de 1,16 a 1,80, valores que muito se assemelham aos encontrados no Estado de S. Paulo por LEMOS et al (54), e que indicam estarem os solos com o mesmo grau de intemperização apesar de possuírem idades diferentes. Isto se explica por possuir a região Amazônica condições climáticas mais favoráveis a intemperização que os encontradas no sul do Brasil.

#### 5.1.6. Glei Pouco Húmico

Esta unidade é representada por solos de deposição recente, mal drenados, muito fortemente ácidos, pouco profundos e de textura pesada.

Caracteriza-se por apresentar condições de hidromorfismo, o que ocasiona fenômenos de oxidação-redução no perfil. Os compostos férricos se reduzem a ferrosos ou se oxidam de ferrosos a férricos conforme a oscilação do lençol freático (82), provocando o aparecimento de mosquados amarelo avermelhado (7,5YR 6/8) ou vermelho amarelados (5YR 4/8). Possuem perfil do tipo de  $A_1$ ,  $A_{3g}$ ,  $B_g$  e G com profundidade em torno de 90 cm. São solos com baixo teor de matéria orgânica, em média 2,5 g/100 g no horizonte A, com estruturas subangular ou angular bem desenvolvidas quando secos e massivos quando molhados, e são encontrados principalmente marginando os rios e a faixa litorânea. Por sofrerem frequentemente fertilização natural, pela colmatagem de partículas em suspensão na água dos rios, apresentam um grande futuro na produção de cultivos de subsistência.

#### 5.1.6.1. Considerações sôbre a composição granulométrica

Os Gleis Pouco Húmicos são solos argilosos ou argilo limosos, onde o conteúdo de areia é extremamente baixo. A argila pode variar no horizonte A de 23 a 62 g/100 g e no horizonte G de 52 a 53 g/100 g; (Quadros 12 e 13). Já o limo, por vezes, pode alcançar valores bem maiores, variando no horizonte A de 14 a 71 g/100 g e no horizonte G de 41 a 50 g/100 g.

A relação textural está entre 0,9 e 1,4.

#### 5.1.6.2. Considerações sôbre a análise da matéria orgânica

Os conteúdos de carbono e de nitrogênio apresentam-se de médio a baixo no perfil e a relação C/N mantém-se em torno de 10. O carbono varia de 0,53 a 2,20 g/100 g e o nitrogênio de 0,09 a 0,17 g/100 g, valores estes para o horizonte A.

#### 5.1.6.3. Considerações sôbre as análises dos complexos de troca e de laterização

O valor T nestes solos varia no horizonte A de 16,98 a 19,81 com média de 18,34 me/100 g e no horizonte G de 16,56 a 44,06 com média de 27,39 me/100 g.

As somas de bases trocáveis perfazem valores que variam no A de 8,44 a 14,42 com média de 10,31 me/100 g e no G de 5,98 a 48,87 com média de 20,36 me/100 g e o índice de saturação está variando no perfil entre 36 e 100% com média de 63%.

Entre as bases, os teores dominantes pertencem ao Ca que varia no horizonte A de 4,31 a 7,96 me/100 g vindo a seguir o Mg com



Quadro 12. D A D O S A N A L I T I C O S

P e r f i l 10

Local: Estação Experimental de Pedreira,  
margem do rio Mearim, Maranhão

Classificação: Glei Pouco Húmido

Nº	Prof. cm	Hori- zonte	pH em		me/100 g de Terra Fina Séca ao Ar										V P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	
			H <sub>2</sub> O	KCl	Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Al	T	S	%	mg/100 g	
2743	0 - 10	A <sub>1</sub>	4,8	-	4,90	2,90	0,39	0,25	0,31	5,85	2,69	16,98	8,44	49	1,57	
2744	10 - 30	A <sub>3g</sub>	4,6	-	4,31	3,20	0,20	0,27	0,10	4,01	6,14	18,23	8,08	44	∠ 0,55	
2745	30 - 62	G <sub>1</sub>	4,7	-	2,73	2,76	0,17	0,32	0,03	3,69	6,90	16,57	5,98	36	∠ 0,55	
2746	62 - 91	G <sub>2</sub>	4,8	-	2,58	3,01	0,17	0,48	0,02	7,03	3,29	16,56	6,24	37	∠ 0,55	

∠ = menor que

Nº	g/100 g de TFSA						C/N			C/N			Granulometria %		
	C	N	NO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C/N	Ki	Kr	Areia gros.	Areia fina	Limo	Argila	Relação textural B/A=0,9	
2743	1,36	0,15	2,34	6,90	3,79	14,02	8	0,83	0,70	0	30	24	46		
2744	0,53	0,09	0,91	6,80	4,59	16,57	5	0,69	0,58	0	24	14	62		
2745	0,35	0,05	0,60	7,10	5,79	13,00	7	0,92	0,72	0	42	8	50		
2746	0,32	0,04	0,56	5,60	6,19	12,75	6	0,74	0,57	0	42	6	52		

\* Extração pelo método de Bray e Kurtz (18)

Quadro 13. D A D O S A N A L I T I C O S

P e r f i l 11

Local: Km 6 da estrada Lauro Sodré, Município de Alenquer, Pará

Classificação: Gleí Pouco Húmico

No	Prof. cm	Hori- zonte	pH em H <sub>2</sub> O	pH em KCl	me/100 g de Terra Fina Sêca ao Ar										V %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g
					Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Al	T	S			
3371	0 - 16	A <sub>p</sub>	5,6	4,1	7,90	4,47	0,83	1,22	0,10	5,28	0,11	19,81	14,42	73	1,07	
3372	10 - 65	B <sub>1g</sub>	4,6	3,7	7,13	6,92	0,43	2,18	0,06	4,75	0,46	21,87	16,66	76	0,55	
3373	65 - 86	B <sub>2g</sub>	5,8	4,8	5,89	7,00	0,32	2,80	0,02	1,40	0,11	17,52	16,01	91	0,55	
3374	86 - 126	G	6,0	5,6	31,39	13,97	0,43	3,08	tra	0,19	0,01	49,06	48,87	100	0,78	

tra = traços

g/100 g de TFSA

No	C/N			C/N			Ki		Kr		Granulometria %			
	C	N	MO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Areia Gros.	Areia fina	Limo	Argila	Areia Gros.	Argila		
3371	2,20	0,17	3,79	-	-	-	13	-	-	-	1	5	71	23
3372	0,56	0,05	0,96	-	-	-	11	-	-	-	1	5	41	53
3373	0,21	0,02	0,35	-	-	-	11	-	-	-	2	13	50	35
3374	0,20	0,02	0,35	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-

\* Extração pelo método de Bray e Kurtz (18)

valores de 2,90 a 4,47 me/100 g, o Na de 0,25 a 1,22 me/100 g e o K de 0,20 a 0,83 me/100 g.

O H e o Al trocáveis apresentam-se baixos e o Al trocável apresenta-se baixo e o pH varia de 4,6 a 5,6.

Os valores Ki e Kr encontram-se no perfil todos abaixo de 1,0 indicando a pouca intemperização que está sofrendo o perfil.

#### 5.1.7. Podzol Hidromórfico

A presença do Podzol Hidromórfico nos trópicos e subtropicos tem sido constatada por muitos autores. Uma das indicações da ocorrência destes solos nestas áreas se deve a Joachim citado no Tropical Soil de Mohr e van Baren (59) em que diz encontrarem-se em áreas baixas ao nível do mar. No Brasil foi pela primeira vez descrita por SETZER (75) no seu trabalho sobre os solos do Estado de São Paulo, em que ele denominou "Solos do grupo 19". Além da Amazônia, os Podzols Hidromórficos ocorrem nos Estados de Pernambuco, Rio Grande do Norte, Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo (54).

Esta unidade sem importância agrícola presente, caracteriza-se por possuir textura arenosa em todo o perfil, presença de horizonte A<sub>2</sub> de coloração branca ou cinza claro (N 8/0) e um horizonte B de acumulação de humos e sesquióxidos, normalmente dividido em B<sub>2h</sub> e B<sub>2ir</sub>, acidez elevada e baixo conteúdo de bases cambiadoras.

##### 5.1.7.1. Considerações sobre a composição granulométrica

O conteúdo de argila é muito baixo nestes solos, sobressaindo mais o conteúdo de areia grossa que chega a alcançar até 92 g/100 g no

horizonte A<sub>21</sub>.

A relação textural é de 2,4 e está dentro dos valores encontrados para este grupo de solos.

#### 5.1.7.2. Considerações sôbre a análise da matéria orgânica

O conteúdo de carbono varia de 0,53 a 2,20 g/100 g no horizonte A e 1,48 g/100 g no Bh. O nitrogênio apresenta valores de 0,02 a 0,19 g/100 g no A e o valor médio da relação C/N está no perfil em torno de 18.

#### 5.1.7.3. Considerações sôbre as análises do complexo de troca

Como poderá ser verificado no Quadro 14, os valores de T, S e V são muito baixos e devem a sua presença no solo principalmente ao conteúdo de matéria orgânica.

O cálcio varia no horizonte A de 0,18 a 0,75 me/100 g; o Mg de 0,10 a 0,40 me/100 g; o K de 0,03 a 0,12 me/100 g; e o Na de 0,10 a 0,15 me/100 g, valores considerados como muito baixos.

O H e Al variam no horizonte A, respectivamente de 1,56 a 7,42 me/100 g e de 0,60 a 1,25 me/100 g e o pH em água vai de 3,9 no Bh a 4,5 no A<sub>21</sub>.

#### 5.2. O conteúdo de fósforo nos solos

Os resultados das análises de P e suas várias frações, encontram-se dispostos nos Quadros 15 e 16 e serão discutidos conforme a predominância e importância que tomam nos diferentes solos estudados.

Quadro 14. D A D O S A N A L I T I C O S

P e r f i l 12

Local: Km 17 da estrada Manaus Itacoatiara, setor Manaus, Estado do Amazonas

Classificação: Podzol Hidromórfico

Nº	Prof: cm	Hori- zonte	pH em H <sub>2</sub> O	pH em KCl	me/100 g de Terra Fina Sêca ao Ar										V %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g
					Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Al	T	S			
2950	0 - 20	A <sub>1</sub>	4,0	3,6	0,75	0,40	0,12	0,15	0,15	0,75	7,42	1,21	10,05	1,42	14	3,85
2957	20 - 60	A <sub>21</sub>	4,5	3,9	0,18	0,15	0,03	0,11	tra	1,76	0,40	2,63	0,47	18	0,89	
2958	60 - 100	A <sub>22</sub>	4,4	3,8	0,20	0,10	0,03	0,10	tra	1,56	0,60	2,59	0,43	17	0,55	
2959	100 - 130	Bh	3,9	3,8	0,25	0,25	0,07	0,16	tra	25,46	0,25	32,44	0,73	23	1,26	

tra = traços

Nº	g/100 g de TFSA						C/N			Granulometria %			
	C	N	MO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Areia gros.	Areia fina	Limo	Argila	Areia gros.	Limo	Argila
2956	3,84	0,19	6,61	-	-	-	76	12	8	4	76	12	8
2957	0,30	0,02	0,52	-	-	-	92	6	1	1	92	6	1
2958	0,32	0,02	0,55	-	-	-	7	12	1	x	7	12	1
2959	1,48	0,10	2,55	-	-	-	80	3	5	4	80	3	5

Relação textural B/A=2,4

\* Extração pelo método de Bray e Kurtz (18)

x = menor que 1%

### 5.2.1. O fósforo total nos solos

Na maioria dos solos os teores de P total não se encontram muito elevados, sendo os maiores valores devido a Terra Roxa Estruturada, ao Latosol Amarelo Húmico e al Latosol Roxo.

Para a Terra Roxa Estruturada os conteúdos variam de 221 a 1521 ppm no horizonte A e de 129 a 1293 ppm no horizonte B e no Latosol Roxo vão de 312 a 522 ppm, valores relativamente baixos com relação aos determinados por FASSBENDER (36) em Costa Rica e por CATANI et al (20) e VERDADE (86) para a Terra Roxa no Estado de Sao Paulo. Com respeito aos valores achados por CHAVERRI (23) para alguns Latosol de Costa Rica, podemos dizer que a Terra Roxa Estruturada apresenta teores bem maiores que aos do Latosol de La Suiza (1070 ppm) (23) e estes maiores que o Latosol Roxo, apesar de que em Puriscal o P total alcança 728 ppm (23). Já o Latosol Amarelo Húmico apresenta teores que vão de 282 a 594 ppm no horizonte A e de 271 ppm no horizonte B, valores estes também comparáveis aos de Chaverri, de Catani et al e de Verdade.

Levando-se em consideração o Latosol Amarelo, o Latosol Concrecionário, o Latosol Amarelo Húmico e o Latosol Roxo, verifica-se que o P total varia no horizonte A de 120 a 594 ppm e no horizonte B de 96 a 383 ppm, valores estes em média menores do que os encontrados na India por KENWAR e GRENWAL (51) e por FASSBENDER (36) em Costa Rica. Os menores valores foram apresentados pelo Podzol Hidromórfico no qual grande parte do fósforo se deve a matéria orgânica, principalmente no B e pelo Latosol Amarelo, solos estes onde os teores oscilam no perfil, respectivamente de 40 a 137 ppm no A e em torno de 352 ppm

Quadro 15 - Distribuição do fósforo total, inorgânico e orgânico determinados pelo método de Mehra et al(56) modificado e algumas relações do fósforo orgânico nos perfis estudados.

Solos e amostras	Horiz.	ppm de P no solo				E/100 S de solo				C/N	C/Po	N/Po	Pi/Po	Pi:Po % do Pt	pH H <sub>2</sub> O
		Pt	Pi	Po	Argila	Argila	C	N							
		E/100 S de solo													
Latosol Amarelo, textura muito pesada - Perfil 1 2591 2592 2593 2594 2595	Ap	198	171	27	19	60	2,87	0,19	14	1091	72	6,5	80:14	4,2	
	A5	120	105	15	11	75	0,95	0,07	12	629	46	6,9	87:13	4,8	
	B21	135	122	13	15	74	0,56	0,06	8	421	45	9,1	90:10	5,0	
	B22	96	82	14	17	72	0,35	0,04	8	246	28	5,7	84:16	5,2	
	B23	107	96	11	20	68	0,32	0,04	7	304	37	9,1	90:10	4,8	
Latosol Amarelo, textura média - Perfil 2 2945 2946 2948 2949	A1	176	137	39	6	10	0,90	0,07	13	229	178	3,4	78:22	4,1	
	A5	158	125	33	6	12	0,55	0,03	18	164	89	3,7	78:22	4,7	
	B21	166	100	67	2	22	0,25	0,01	25	37	14	1,4	59:41	4,8	
	B22	132	138	45	2	23	0,13	0,01	15	29	22	3,0	75:25	4,5	
	B21cn	168	93	73	15	36	0,33	0,03	8	45	4	1,3	56:44	4,8	
Latosol Concrecionário - Perfil 3 2828 2829 2831	A1	290	113	177	14	29	1,20	0,12	9	67	6	0,6	39:61	4,4	
	A5	193	97	96	6	41	0,70	0,07	9	73	7	1,0	50:50	4,5	
	B21cn	168	93	73	15	36	0,33	0,03	8	45	4	1,3	56:44	4,8	
	B21cn	168	93	73	15	36	0,33	0,03	8	45	4	1,3	56:44	4,8	
	B21cn	168	93	73	15	36	0,33	0,03	8	45	4	1,3	56:44	4,8	
Vermelho Amarelo Concrecionário - Perfil 4 3046 3047 3049	A1	475	255	220	21	45	3,75	0,25	15	168	113	1,1	53:47	4,0	
	A5	443	230	213	20	62	2,01	0,16	12	94	74	1,0	51:49	4,8	
	B2cn	370	202	168	7	69	1,15	0,05	22	56	29	1,1	54:46	5,0	
	B2cn	370	202	168	7	69	1,15	0,05	22	56	29	1,1	54:46	5,0	
	B2cn	370	202	168	7	69	1,15	0,05	22	56	29	1,1	54:46	5,0	
Latosol Amarelo Húmido - Perfil 5 3023 3024 3025 3027 3028	Ap	327	211	116	41	39	4,00	0,21	19	343	18	1,8	64:36	4,9	
	A12	333	235	98	43	41	3,78	0,19	20	398	19	2,4	70:30	4,9	
	A5	282	209	73	29	59	2,41	0,09	17	320	12	2,8	74:26	5,1	
	B21	271	205	66	16	74	0,99	0,06	17	150	9	2,1	75:25	5,0	
	B22	274	198	76	16	76	0,54	0,05	12	70	6	2,6	72:28	5,4	
Latosol Amarelo Húmido - Perfil 6 3029 3030 3032	Ap	594	349	245	30	30	7,24	0,38	19	295	15	1,4	58:42	5,0	
	A5	457	281	176	29	34	6,28	0,20	31	357	11	1,6	61:39	5,3	
	B2cn	383	301	82	13	72	0,90	0,05	19	109	6	3,6	78:22	5,6	
	B2cn	383	301	82	13	72	0,90	0,05	19	109	6	3,6	78:22	5,6	
	B2cn	383	301	82	13	72	0,90	0,05	19	109	6	3,6	78:22	5,6	
Latosol Roxo - Perfil 7 3318 3319 3321 3322	Ap	522	202	320	31	29	1,75	0,19	9	54	69	0,6	42:58	6,8	
	A5	353	182	171	26	30	0,55	0,07	8	32	40	1,0	51:49	6,8	
	B21	312	202	110	22	34	0,28	0,03	10	25	27	1,8	64:36	6,7	
	B22	280	280	86	25	28	0,16	0,02	6	18	23	3,2	76:24	6,9	
	B22	280	280	86	25	28	0,16	0,02	6	18	23	3,2	76:24	6,9	

Solos e amostras	Horiz.	ppm de P no solo			g/100 E de solo			C/N	C/Po	N/Po	PI/Po	PI:Po % do Pt	pH H <sub>2</sub> O
		Pt	Pl	Po	Limão	Argilla	C						
Terra Roxa Estruturada - Perfil 8	Ap A3 B2	467 221 129	296 111 106	171 110 23	44 25 29	9 16 36	3,50 0,44 0,29	0,29 0,05 0,02	204 39 122	16 4 8	1,7 1,0 1,2	53:37 50:50 81:19	6,1 7,1 6,4
Terra Roxa Estruturada - Perfil 9	Ap B21 B22 B23	1521 1505 1293 1293	823 999 988 981	698 306 305 312	27 22 20 20	41 33 54 53	1,47 0,32 0,27 0,19	0,14 0,05 0,03 0,03	210 104 88 60	20 16 16 9	1,1 2,2 2,2 3,1	54:46 76:24 76:24 75:25	5,8 6,0 6,3 6,4
Gleci Pouco Húmido - Perfil 10	A1 A2S G1 G2	349 156 145 140	231 111 116 118	118 45 20 22	24 14 8 6	46 62 50 52	1,36 0,53 0,35 0,02	0,15 0,09 0,05 0,04	203 82 94 206	22 14 13 25	1,9 2,4 2,9 3,2	66:34 71:29 79:21 84:16	4,8 4,6 4,7 4,8
Gleci Pouco Húmido - Perfil 11	Ap B1S B2S G	305 202 286 298	239 138 249 243	66 64 37 15	71 41 50 -	23 53 35 -	2,20 0,56 0,21 0,20	0,17 0,05 0,02 0,02	329 87 56 129	25 7 5 12	2,5 2,1 6,7 15,6	78:22 68:32 87:13 93:7	5,6 4,6 5,8 6,0
Podzol Hidromórfico - Perfil 12	A1 A2L A22 Bh	137 46 40 352	108 43 28 129	29 3 12 223	8 1 1 5	4 1 0 4	3,84 0,30 0,82 1,48	0,19 0,02 0,02 0,01	1284 882 250 66	63 58 15 0,4	3,5 1,2 2,1 0,5	78:22 92:8 68:32 36:64	4,0 4,5 4,4 3,9

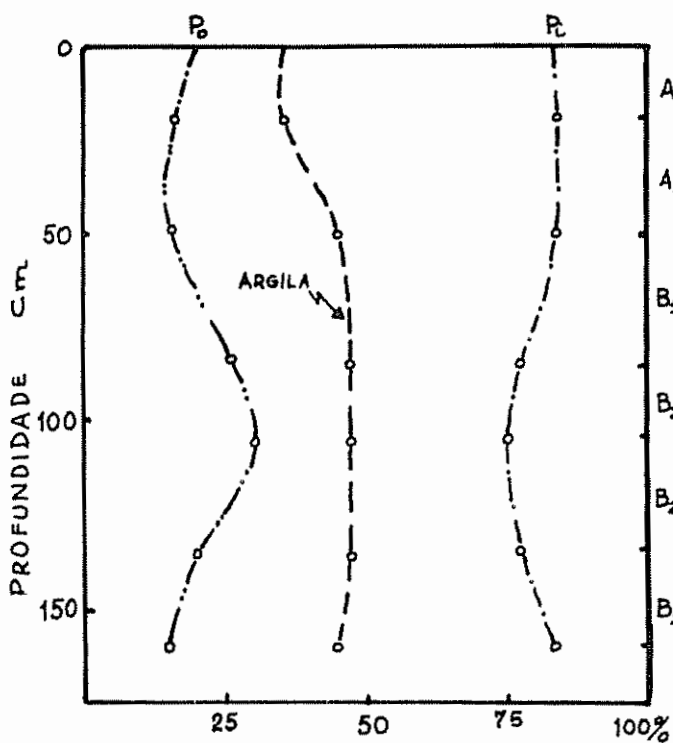
Pt= fósforo total; Pl= fósforo inorgânico; Po= fósforo orgânico



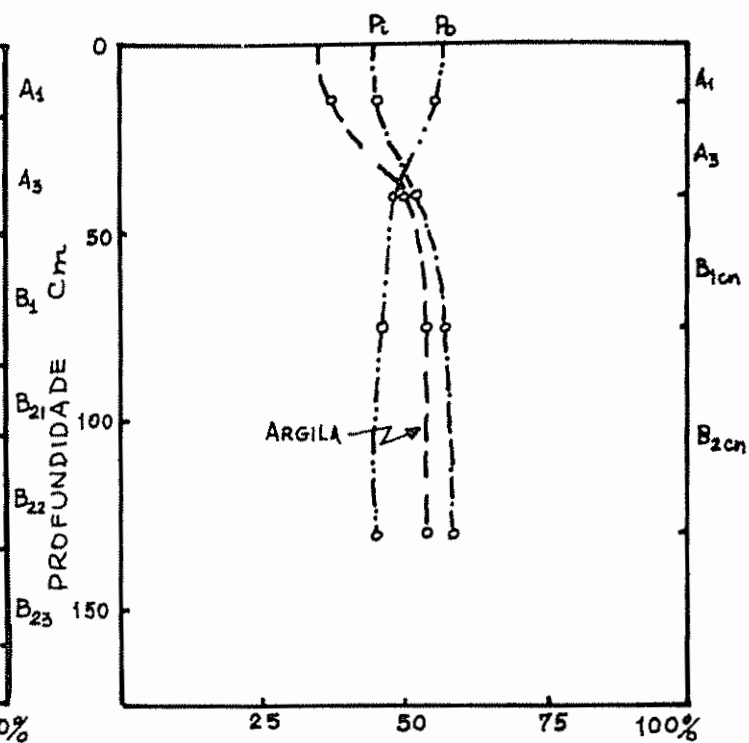
no B, para um e de 120 a 198 ppm no A e de 96 a 182 ppm no horizonte B, para o outro.

### 5.2.2. O fósforo inorgânico nos solos

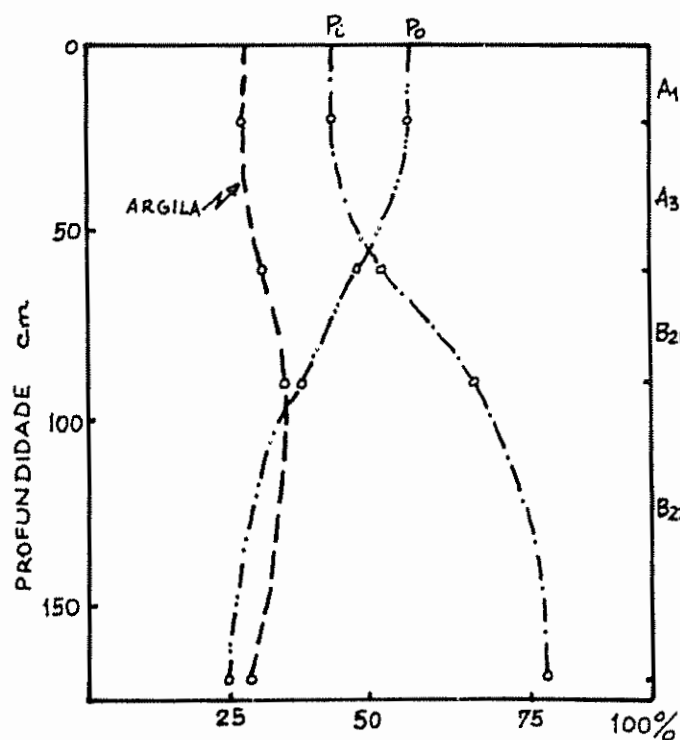
Para o P inorgânico os maiores teores são os encontrados na Terra Roxa Estruturada, (Altamira), vindo a seguir os do Gleí Pouco Húmico, do Latosol Concrecionário e do Latosol Amarelo Húmico. Na Terra Roxa Estruturada varia no horizonte A de 111 ppm em solo continuamente cultivado com cacau durante aproximadamente 50 anos, a 823 ppm em solo de floresta e de 106 a 999 ppm no horizonte B. De um modo geral, em valores absolutos obtidos, o P inorgânico decresce em profundidade, apesar de que, com relação ao P total há um acréscimo. Isto quer dizer que muito embora os valores obtidos sejam maiores para o horizonte A que para o B, levando-se em consideração que o P inorgânico é uma fração do P total, verificamos que em relação a este há um incremento percentual de P inorgânico com a profundidade do perfil, como poderá ser visto na Fig. 7 e 8. Observando os dados analíticos notamos que, dos solos estudados somente a Terra Roxa Estruturada apresenta valores obtidos crescentes com a profundidade e se compararmos os resultados das análises dos solos com os dos trabalhos feitos por GOEL e AGARWALL (41, 42) na Índia, poderíamos dizer que a Terra Roxa Estruturada de Altamira tratar-se-ia de um solo jovem quando na realidade, a diferença existente nos dados desta e nos de Alenquer se deve a diferença de manejo e proteção do solo. Submetendo-se mais intensamente o solo a ação do intemperismo houve perda por lixiviação do P total e como consequência remoção do P inorgânico e P orgânico (88).



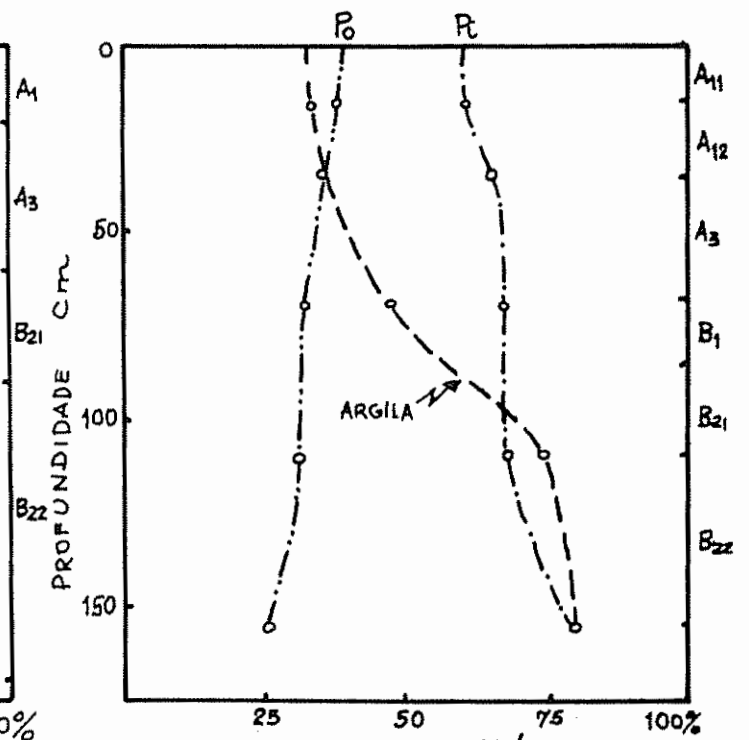
LATOSOL AMARELO



LATOSOL CONCRECIONÁRIO

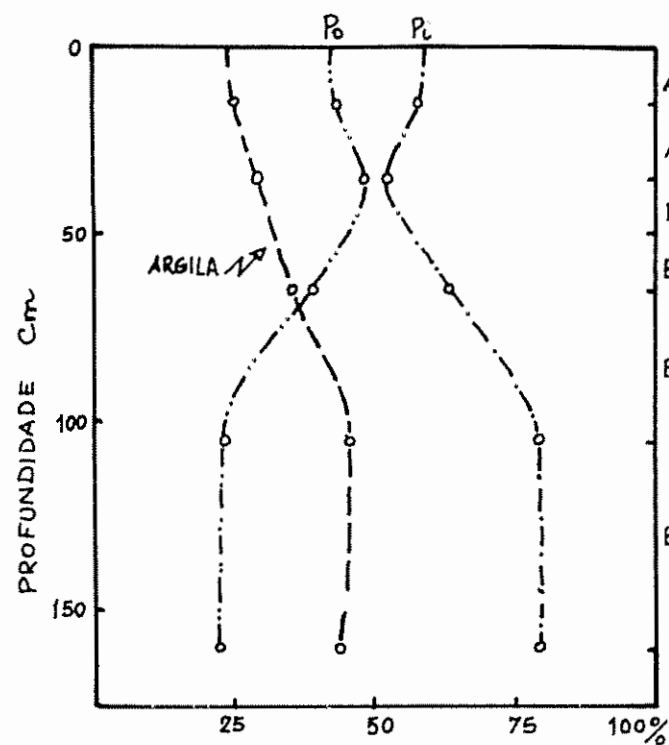


LATOSOL ROXO

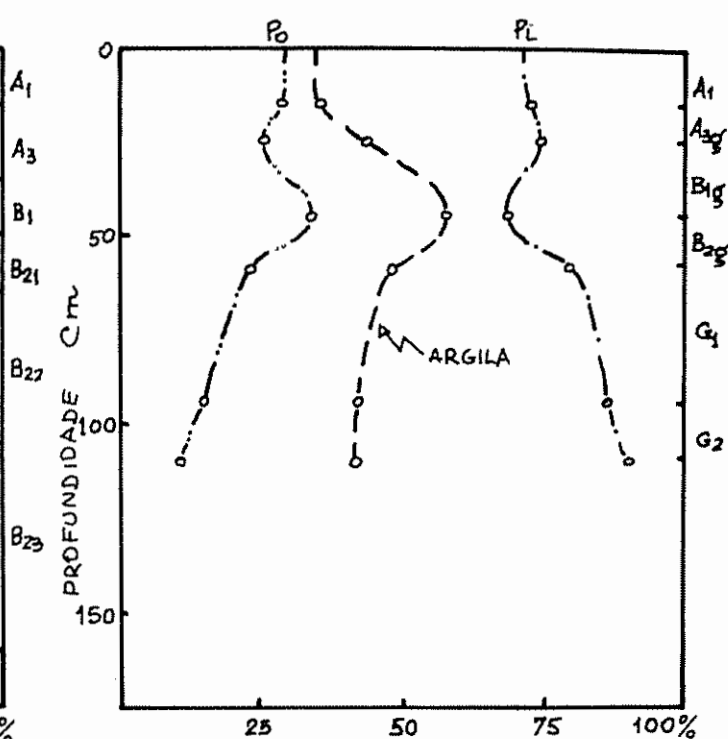


LATOSOL AMARELO HÚMICO

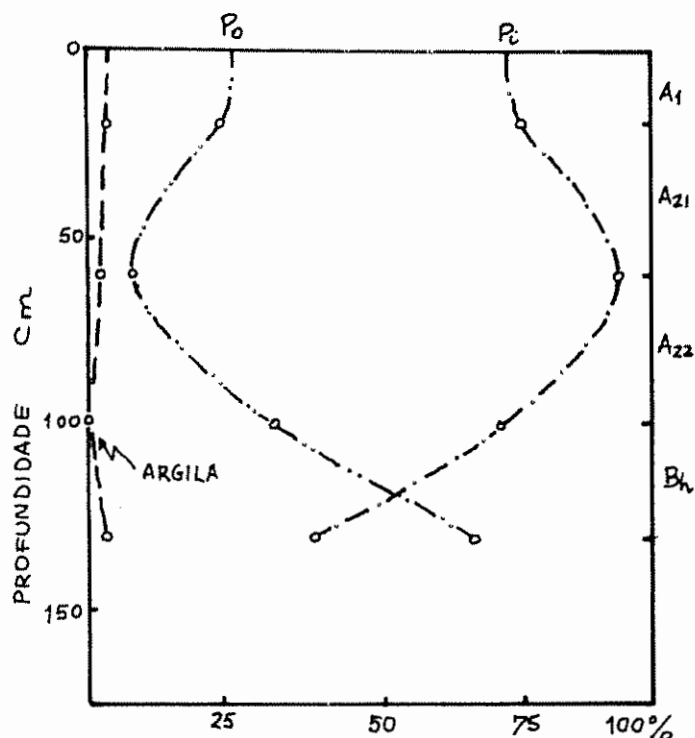
Fig 7 - Variação do conteúdo de argila, fósforo inorgânico e orgânico com relação a profundidade dos Latosol, dados como % do total.



TERRA ROXA ESTRUTURADA



GLEÍ POUCO HÚMICO



PODZOL HIDROMÓRFICO

Fig 8 - Variação do conteúdo de argila, fósforo inorgânico e orgânico com relação a profundidade da Terra Roxa Estruturada, Gleí Pouco Húmico e Podzol Hidromórfico, dados como % do total.

As unidades que apresentaram menores conteúdos de P inorgânico foram o Latosol Concrecionário do Território Federal do Amapá e o Podzol Hidromórfico, talvez devido ao tipo de argila desses solos que deve ser predominantemente do grupo hidróxido.

Assim sendo se deduz que, dos solos estudados, os latosólicos, os hidromórficos e os podzolizados, apresentam valores médios de P inorgânico de 61% do P total para o horizonte A e de 71% para o B nos primeiros; de 77% para o A e de 71% para o B nos hidromórficos; e de 55% para o A e 73% para o B nos podzolizados. Estes dados discordam um pouco dos encontrados por FASSBENDER (36) para os Latosole Aluviais de Costa Rica. Entretanto, deve-se considerar que os materiais genéticos dos solos trabalhados por ele são bastante diferentes dos materiais parentais dos solos aqui estudados. Tendo em vista isto, o valor comparativo deverá trazer dados para estabelecer uma faixa de variação do conteúdo de P inorgânico com relação ao tipo de material parental.

### 5.2.3. O conteúdo de fósforo orgânico e algumas de suas relações no solo

Os teores de fósforo orgânico calculados pela diferença entre o P inorgânico e o P total, apresentados no Quadro 15 juntamente com o P total e fração inorgânica, encontram-se variando muito dos perfis estudados. Os solos que apresentam maiores valores são Terra Roxa Estruturada, o Latosol Amarelo Húmico, o Latosol Roxo e o Latosol Concrecionário praticamente os mesmos que apresentaram maior conteúdo de P total e P inorgânico.

Na Terra Roxa Estruturada varia de 111 a 698, com média de 326 ppm no horizonte A e de 23 a 312, com média de 236 ppm no horizonte B; No Latosol Amarelo Húmico de 73 a 245, com média de 141 ppm no A e de 66 a 83, com média de 79 no B; no Latosol Roxo de 171 a 320, com média de 245 ppm no A e de 85 a 110, com média de 97 ppm no B; no Latosol Concrecionário de 96 a 220, com média de 175 no A e de 73 a 169 com média de 120 ppm no B. Pelos dados acima apresentados e os encontrados no Quadro 15, com relação ao P total, o P orgânico nos latosólicos varia de 29 a 51% no horizonte A e de 25 a 52% no horizonte B. Nos hidromórficos de 85% no horizonte A<sub>21</sub> do Podzol Hidromórfico a 28% no horizonte A do Gleí Pouco Húmico, e de 12 a 64% no horizonte B ou G; e nos podzolizados de 42 a 48% no A e de 22 a 37% no B, teores extremamente inferiores aos encontrados por BATES e BAKER (11) na Nigéria e muito aproximados dos determinados por GOEL e AGAWALL (42) em Kampur na Índia, por KAILA (50), por ACQUAYE (1) em Ghana e por JACKMAN (48) na Nova Zelândia. Com referência aos trabalhos de FASSBENDER (36) e BORNEMISZA e IGUE (17) vemos que o P orgânico determinado pelos Métodos de Ulrich e Mehta respectivamente, apresenta-se bastante superior em valores absolutos aos aqui determinados, muito embora porcentualmente exista muita semelhança.

Tomando-se em conta o conteúdo de argila e os teores de P orgânico e inorgânico nos solos estudados, como poderão ser visto nas Fig. 7 e 8, pode-se verificar que à um aumento de teor de argila corresponde um aumento porcentual do P inorgânico no perfil e consequentemente uma diminuição do P orgânico com a profundidade. No caso do Latosol Amarelo, por exemplo, notamos uma relação entre o P

orgânico e a argila, o que nos deixa pensar que esta relação só se torna possível quando o conteúdo de argila no solo é bastante alto. Nos solos de textura média ou mesmo leve a correlação apresenta-se inversa, isto é, o P inorgânico aumenta com a profundidade pelo menos nos perfis estudados neste trabalho. Isto nos leva a deduzir que para as nossas condições há maior retenção de P inorgânico no solo pelo complexo coloidal, constituído principalmente por argilas do grupo da caolinita e hidróxidos, daí os resultados bastante baixos para o P na maioria dos solos estudados.

#### 5.2.4. Relações C/P, N/P, $Al_2O_3/Al-P$ e $Fe_2O_3/Fe-P$

Os valores C/P orgânico e N/P orgânico que decrescem com a profundidade do perfil, não apresentam correlação a semelhança do que encontrou BORNEMISZA e IGUE (17) para os solos de Costa Rica e WILLIAMS (91) na Escócia. Nos solos latosólicos o C/P varia no horizonte A de 32 a 1091, com média de 278 e de 18 a 421, com média de 125 no horizonte B, valores extremamente superiores aos de BORNEMISZA e IGUE (17) e de FASSBENDER (36) e para o Latosol Amarelo (média para o horizonte A 528 e média para o perfil 350) bastante superior aos valores de 233 para solos de florestas e de 242 para solos de savanas encontrados por NYE e BERTHEAUX (62) na Costa do Ouro, o que pode ser atribuído a baixo teor de P nos solos aqui estudados.

A relação N/P aparece no perfil com valores de 4 a 171 com uma amplitude de variação bastante grande entre os solos estudados.

Para os solos hidromórficos a relação C/P varia de 66 no Bh a 1284 no A<sub>1</sub> do Podzol Hidromórfico, com valores para o Gleis Pouco

Húmico que vão de 56 a 329 dentro do perfil, bastante superiores aos encontrados por NYE e BERTHEAUX (62) e por BORNEMISZA e IGUE (17).

Os solos podzolizados apresentam valores C/P que variam no perfil de 60 a 210 e relação C/N bastante baixa, com variação no perfil de 4 a 20.

Assim é que, nos latosólicos que incluem o Latosol Amarelo, Latosol Amarelo Húmico, Latosol Concrecionário e Latosol Roxo, as relações C:N:Po são da ordem de 215:27:1, possuindo tres vezes mais P inorgânico que P orgânico ( $P_i/P_o=3$ ); nos podzolizados (Terra Roxa Estruturada) os valores C:N:Po são 118:12:1 com uma relação  $P_i/P_o=2$ ; e para os hidromórficos (Glei Pouco Húmico e Podzol Hidromórfico) a relação sobe um pouco mais, alcançando 305:21:1 com uma relação  $P_i/P_o=4$ , resultados estes alguns aproximados outros maiores aos encontrados por BLACK e GORING (15) em que dão uma relação C:N:P de 110:9:1 e por WALKER e ADAMS (87) para a Nova Zelândia. Esta alta relação pode indicar, de certo modo, possível resposta ao uso de fos fatos (87) nesses solos.

As relações  $Al_2O_3/Al-P$  não apresentaram correlação estatística talvez devido a heterogenidade dos dados tomados.

#### 5.2.5. As frações do fósforo inorgânico encontrado nos solos

No estudo da fração inorgânica do fósforo feito o fracionamento em  $H_2O-P$ ,  $Al-P$ ,  $Fe-P$  e  $Ca-P$ , obtendo os fosfatos ocluidos e os solúveis em redutores, aqui denominados de "outros fosfatos", por diferença entre a soma das frações obtidas pelo método de CHANG e JACKSON (21) e do P total de MEHTA et al (56) modificado. A pred-

minancia de cada fração de fosfato inorgânico depende do solo estudado, apesar de que os "outros fosfatos", nos quais subentende-se os ocluídos e solúveis em redutores sempre encontram-se em maior proporção tanto no horizonte A como no B, conforme se vê nos Quadros 16 e 17.

Com relação aos fosfatos de Al, Fe e Ca (Quadro 17), vemos que, para o grupo dos latosólicos, há predominância do fosfato de alumínio, com valor médio de 35,7 ppm ou 18,4% no horizonte A, enquanto que no horizonte B predomina o Fe-P com 17,0 ppm ou 10,1% do P inorgânico, valores que não estão concordando com os apresentados no trabalho de CHAVERRI (23) mas que concordam com os de FASSBENDER (36), trabalho este, no qual diz serem os fosfatos de alumínio os mais importantes da fração inorgânica dando para os latosólicos valores de 44 ppm de P, bem superiores aos encontrados aqui.

Para os podzolizados representados aqui por perfis de Terra Roxa Estruturada, a fração de Fe-P é a que apresenta-se sobressaindo sobre os dois outros fosfatos, com valores de 91,0 ppm ou 22,2% no horizonte A e 223,5 ppm ou 29,5% do P orgânico no horizonte B. Nestes solos os "outros fosfatos" encontram-se mais ou menos equilibrados, com uma porcentagem de 68,1% no A e 65,7% no B, o que não acontece nos latosólicos cujos teores alcançam 57,5% no A e 70,6% no B.

Para os solos hidromórficos verificamos que nos Gleis Pouco Húmidos há predominância de Fe-P tanto no A como no G com valores médios respectivos de 59,5 ppm ou 30,7% e 27,7 ppm ou 17,5%. No Podzol Hidromórfico, no entanto, a fração que predomina é a de Al-P talvez devido a condição de intemperização do perfil e ao conteúdo de





Solos e amostras	Prof. cm	Horiz	ppm de P no solo				Outros P ppm	Pi ppm	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Al-P.1000	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe-P.1000
			H <sub>2</sub> O-P	Al-P	Fe-P	Cu-P				
Terra Roxa Estruturada - Perfil 8	0 - 13 13 - 41 72 - 100	Ap A3 B2	1,6 tra tra	36,6 6,9 6,4	144,8 32,4 23,9	21,1 12,8 3,2	121,5 48,7 72,4	295,6 110,8 105,9	1,6 10,5 21,3	0,4 1,8 3,8
Terra Roxa Estruturada - Perfil 9	0 - 11 28 - 60 60 - 110 110-160	Ap B21 B22 B23	1,4 2,2 3,4 3,1	13,9 23,8 32,6 28,4	125,8 274,6 296,8 299,0	14,4 17,8 17,4 18,1	668,1 680,7 637,9 632,2	823,4 999,1 988,1 980,8	10,8 8,1 5,7 6,6	1,4 0,7 0,6 0,6
Glei Pouco Húmico - Perfil 10	0 - 10 10 - 30 30 - 62 62 - 91	A1 A3E G1 G2	1,6 3,6 1,2 1,4	24,2 12,6 9,1 7,7	44,0 20,0 19,7 23,9	5,6 4,9 6,9 6,9	155,1 69,5 78,9 77,9	230,5 111,3 115,8 117,8	5,5 18,6 16,8 8,7	0,3 1,5 2,1 1,5
Glei Pouco Húmico - Perfil 11	0 - 16 16 - 65 65 - 86 86 - 126	Ap B1E B2E G	tra 0,9 1,1 2,0	25,4 8,9 7,7 14,5	113,9 29,4 26,9 38,8	15,2 4,0 7,9 10,4	84,0 94,5 206,0 176,8	238,5 137,7 248,6 242,5	- - - -	- - - -
Podzol Hidromórfico - Perfil 12	0 - 20 20 - 50 60 - 100 100-130	A1 A21 A22 Bh	11,8 4,3 4,2 4,0	39,8 8,5 10,4 52,0	13,3 10,2 8,2 7,5	1,8 4,3 5,0 2,7	48,8 15,2 0,0 62,6	107,5 42,5 27,6 128,8	- - - -	- - - -

\* Calculados por diferença entre as somas dos valores obtidos pelo método de Chang e Jackson e do P total pelo método de Mehta et al. modificação.  
 \*\* Pi = fosforo inorgânico de acordo com Mehta et al modificado.  
 tra = traços.

Quadro 17 - Teores máximos, médios e mínimos de fósforo inorgânico em solos latossólicos, podzolicizados e hidromórficos.

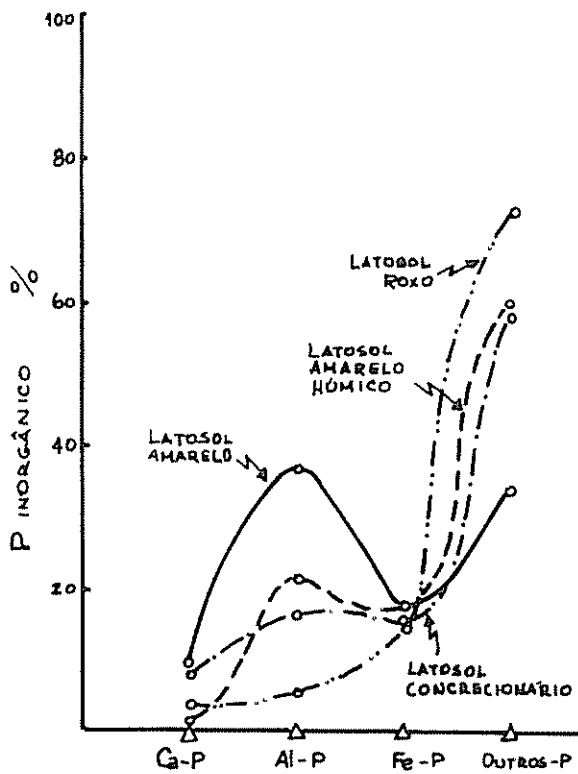
Solos	Horiz.	Al-P			Fe-P			Ca-P			Outros-P			Pi			
		máx.	méd.	mín.	máx.	méd.	mín.	máx.	méd.	mín.	máx.	méd.	mín.	máx.	méd.	mín.	
Latossólicos	A	ppm	85,4	35,7	5,8	59,8	32,2	12,5	25,3	9,1	1,2	200,9	111,3	14,4	349,4	193,5	81,9
		%	24,4	18,4	7,0	14,2	16,6	15,2	7,2	4,7	1,4	57,4	57,5	17,5	100	100	100
Podzolicizados	B	ppm	44,0	14,1	5,4	43,4	17,0	7,0	19,2	5,5	3,3	256,7	128,9	32,7	300,5	168,2	94,9
		%	14,6	8,3	5,6	14,4	10,1	7,1	6,3	3,2	3,4	85,4	70,6	34,4	100	100	100
Podzolicizados	A	ppm	36,6	19,1	6,9	125,8	91,0	32,4	21,1	16,1	12,8	668,1	279,4	48,7	823,4	409,9	110,8
		%	4,4	4,6	6,1	15,2	22,2	29,2	1,3	3,9	11,5	81,1	68,1	43,9	100	100	100
Podzolicizados	B	ppm	32,6	22,6	6,4	299,0	223,5	23,9	18,1	14,1	3,2	680,7	505,8	72,4	299,1	768,4	105,9
		%	3,2	2,9	6,0	29,8	29,0	22,5	1,8	1,8	3,0	68,1	65,7	68,3	100	100	100
Hidromórficos: Glei Pouco Húmico	A	ppm	25,4	20,7	12,6	113,9	59,5	20,0	15,2	8,5	4,9	155,1	102,8	69,5	238,5	193,4	111,3
		%	10,6	13,0	11,3	47,7	30,7	17,9	6,3	4,3	4,4	65,0	53,1	62,4	100	100	100
Podzol Hidromórfico	G	ppm	14,5	11,9	7,7	38,8	27,7	19,7	10,4	7,0	6,9	206,0	126,8	77,9	242,5	158,1	115,8
		%	5,9	7,5	6,6	16,0	17,5	17,0	4,2	4,4	5,9	84,5	80,2	67,2	100	100	100
Podzol Hidromórfico	A	ppm	39,8	15,5	8,5	13,3	10,5	10,2	5,0	3,7	1,8	48,8	18,6	0,0	107,5	59,2	28,0
		%	37,0	26,1	30,7	12,3	17,7	36,9	4,6	6,2	6,5	44,6	31,4	0,0	100	100	100
Podzol Hidromórfico	B	ppm	-	52,3	-	-	7,5	-	-	2,7	-	-	62,6	-	-	128,8	-
		%	-	40,3	-	-	5,8	-	-	2,0	-	-	48,4	-	-	100	-

matéria orgânica e sua mineralização. No horizonte A aparece um valor médio de 15,5 ppm ou 26,1% e no horizonte Bh 52,3 ppm ou 40,3%.

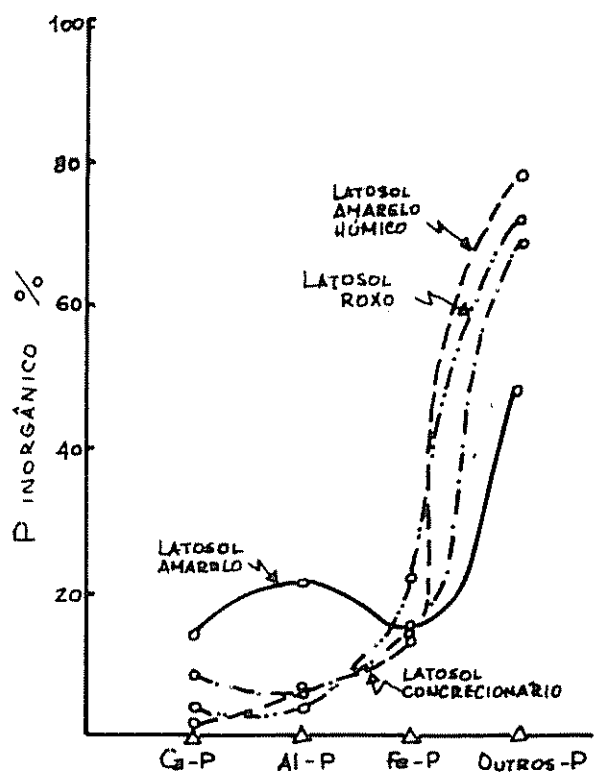
Para os "outros fosfatos" verificamos que, no Glei Pouco Húmico, alcançam valores que vão de 53,1 a 80,2% e no Podzol Hidromórfico de 31,4 a 48,8%, que são os valores mais baixos entre os solos estudados.

Estudando agora a Fig. 9 vemos pelo gráfico da medida química de intemperização segundo CHANG e JAKSON (22) que os solos estudados seriam extremamente intemperizados com exceção do Latosol Amarelo e do Podzol Hidromórfico que estariam em estágio intermediário. Pelos dados químicos analíticos obtidos e levando-se em consideração o material originário dos solos aqui estudados, diríamos que a relação de intemperização estabelecida pelos autores não poderá ser empregada para a maioria de nossos solos, tendo em vista que o Latosol Amarelo é tão ou mais velho e desgastado quanto o Latosol Concrecionário ou outros e que o Glei Pouco Húmico é tão recente que os seus resultados no gráfico deveriam ocupar, com valores crescentes, o lado esquerdo o que não acontece. É possível que para os Estados Unidos e especialmente para as condições dos solos estudados por eles, isto seja verdadeiro tendo-se em vista apresentarem horizonte C calcáreo.

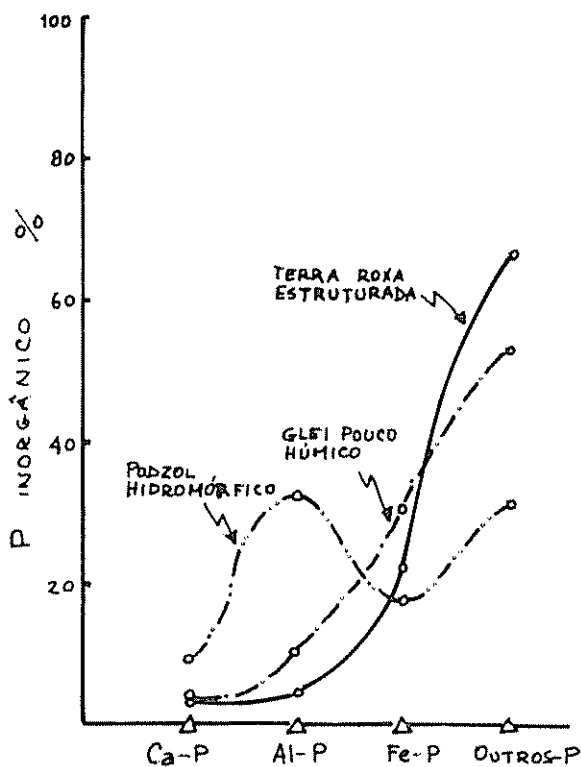
Verificando finalmente o Quadro 17, poderemos deduzir, das frações de P quimicamente bem definida que o fosfato de alumínio predomina nos solos latosólicos, o fosfato de ferro nos podzolizados e indistintamente as duas formas nos solos hidromórficos, dependendo do Grande Grupo considerado. As frações de Ca-P nesses solos são bastante baixas, quase sempre menores que as das outras formas



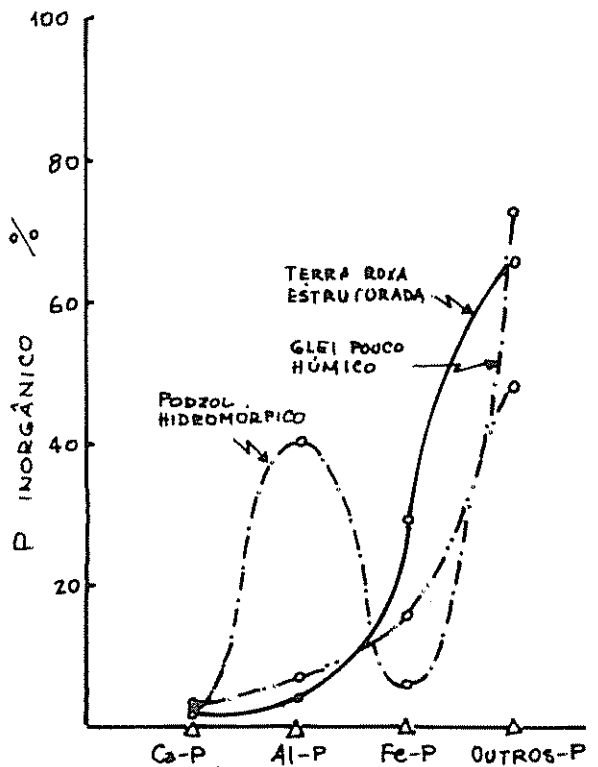
HORIZONTE A



HORIZONTE B



HORIZONTE A



HORIZONTE B

Fig 9 - Porcentagem das diversas formas de fosfatos inorgânicos nos horizontes A e B, relacionados como uma seqüência química de intemperização, de acordo com Chang e Jackson (22).

anteriores, apesar de que no Latosol Concrecionário de Porto Velho aparece com teores bem superiores aos do Al-P.

O Ca-P pode variar nos solos latosólicos de 1,2 a 25,3 ppm no horizonte A e de 3 a 19,2 ppm no B. Para os podzolizados aparecem valores que vão de 12,8 a 21,1 ppm no horizonte A e de 3,2 a 18,2 ppm no B e para os hidromórficos 1,8 a 10,4 ppm no perfil.

Pela observação dos dados é possível deduzir que uma fertilização com P será de grande valia para os cultivos feitos nestes solos.

## 6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nesta investigação, pode-se concluir que:

- a) O fósforo total está diretamente relacionado com o material parental do solo, possuindo também maiores conteúdos os solos de formação "in situ" que os aluviais, e é em geral baixo.
- b) A argila mantém relação porcentual com o fósforo inorgânico nos solos de textura média ou leve e com o fósforo orgânico nos de textura pesada.
- c) O fósforo orgânico não mantém relação com a matéria orgânica do solo, nos perfis estudados.
- d) A relação C:N:P é maior do que a encontrada normalmente.
- e) Há uma correlação entre a relação textural B/A e o conteúdo de fósforo nos solos estudados. Nos solos latossólicos a um aumento da relação textural corresponde um aumento dos fósforos total, inorgânico e orgânico. Nos solos podzolizados aumentando a relação textural há uma diminuição dos P total, P inorgânico e P orgânico. Nos solos hidromórficos varia, pois no Glei Pouco Húmico corresponde um aumento de P total, P inorgânico e uma diminuição do P orgânico.
- f) Na Terra Roxa Estruturada a uma maior ação do intemperismo corresponde menor conteúdo de P total no solo.
- g) Nos perfis de solos latossólicos predomina o Al-P; nos podzolizados o Fe-P e nos hidromórficos predomina indistintamente um e outro.

- h) O Ca-P mantém-se bastante baixo, sempre menor que as outras formas de fosfatos nos perfis estudados.
- i) A um aumento do teor de sexquióxidos totais não corresponde a uma elevação na quantidade de Al-P e Fe-P.
- j) O método de Mehta et al convencional para a determinação do P orgânico não foi satisfatório para os solos estudados, devido a quantidades elevadas de Fe livre que interfere na determinação colorimétrica.
- k) A coluna de resina cambiadora de cation resultou eficiente na eliminação do Fe, possibilitando boa determinação colorimétrica do P, usando a técnica de Mehta com esta modificação.
- l) O gráfico de intemperização levando-se em consideração as diversas formas de fosfatos não se emprega para os solos desta região.



## RESUMO

O presente estudo foi efetuado com solos da parte norte do Brasil de uma área de 5,8 milhões de quilômetros quadrados, que corresponde a Região Amazônica.

O clima da região é quente e úmido correspondendo aos tipos Af e Am da classificação de Köppen e a geologia inclui faixas que vão do Precambriano até o Atual, mas na maioria correspondentes a sedimentos do Terciário.

Como material para estudo foram tomados diversos Grandes Grupos de solos dispersos na Amazônia, os quais encontram-se relacionados a seguir: Latosol Amarelo, Latosol Concrecionário, Latosol Amarelo Húmico, Latosol Roxo, Terra Roxa Estruturada, Glei Pouco Húmico e Podzol Hidromórfico.

Cada unidade apresenta uma descrição morfológica generalizada bem como caracterização analítica onde se discute as variações dos conteúdos químicos encontrados.

A obtenção das várias frações do fósforo foi feita usando-se os métodos de Chang e Jackson para o fracionamento do P inorgânico e de Mehta et al para a determinação do P orgânico, este último modificado devido a quantidade elevada de Fe livre encontrada no solo que interferia na determinação colorimétrica. Por esse motivo usou-se passar a alíquota de fósforo tanto inorgânico como total por uma coluna de resina cambiadora de cation (Dowex 50W-X12). A fração para a determinação do P total, depois de digerida com  $\text{HClO}_4$ , foi dissolvida com ácido acético a 1%, passando em seguida pela coluna de resina.

Os resultados obtidos demonstraram que os solos estudados apresentam baixo conteúdo de P total, inorgânico e orgânico, com exceção da Terra Roxa Estruturada que chegou a 1521 ppm de P total no horizonte Ap.

Nos solos estudados há em média maior quantidade de P inorgânico que P orgânico em uma proporção que varia de 3:1 para os latosólicos; de 2:1 para os podzólicos; e de 4:1 para os hidromórficos. Quanto a relação C:N:P foram encontrados para os latosólicos 215:27:1; para os podzolizados 118:12:1; e para os hidromórficos 305:21:1.

No fracionamento do P inorgânico obteve-se a predominância do Al-P para os latosólicos com um valor médio de 24,9 ppm, Fe-P para os podzolizados com 157,2 ppm e indistintamente as duas frações para os hidromórficos. Os fosfatos ocluídos e solúveis em redutores foram dados por diferença entre os resultados obtidos pelos dois métodos usados e são para os tres grupos respectivamente 120,1; 392,6; e 80,1 ppm.

Do estudo feito foi possível concluir que há uma relação entre os conteúdos de P e o material parental dos solos; que o P inorgânico está relacionado com o conteúdo de argila, que o P orgânico não possui em geral relação com a matéria orgânica do solo e que a relação textural B/A para cada unidade genética mantém correlação com o P total, inorgânico e orgânico no solo.

## SUMMARY

Soils of Northern Brazil were studied. This area which includes some 5,8 million sq.km is generally known as the Amazon Basin and an effort was made to select the most important soils groups for the study.

The prevalent climate is hot and humid corresponding to the Af and Am types of Köppen classification of climates. The area has a very complex geology including formations from Precambrian to Recent one. Tertiary sediment are predominant.

For this thesis samples from the following Great Soil Groups were taken and studied: Yellow Latosol, Concretionary Latosol, Yellow Humic Latosol, "Latosol Roxo" (no English name), Reddish Brown Lateritic (Terra Roxa Estruturada), Low Humic Gley and Hydromorphic Podzol. For each soil its pedological description and several chemical and physical characteristics are given.

To study the P relationships in these soils, their inorganic P was fractionated by Chang and Jackson technique. Organic P was determined by modification of the Mehta et al procedure. This modification consisted in elimination of Fe from the extracts by passing them through a cation exchange resin (Dowex 50W-X12) to eliminate Fe which if present interfere with the colorimetric P determination.

The results obtained showed that the soils studied are generally low in total, inorganic and organic P. Exceptions are the Reddish Brown Lateritic soils derived from basic rocks which contained up to 1521 ppm of total P in this Ap horizon. The soils generally contain

ed more inorganic than organic P with ratios of  $P_{inorg}/P_{org}$  of 3:1 for latosols; of 2:1 for podzolized soils and 4:1 for the hydromorphic soils studied. The C:N:P ratio for latosols was on the average of 215:27:1, for the podzolized soils of 118:12:1 and for the hydromorphic soils of 305:21:1.

For the latosol Al phosphates was the main inorganic P fraction, with on average content of 25 ppm. In podzolized soils Fe phosphates dominated with on average content of 157 ppm. No clear tendency could be noted for the hydromorphic soils.

As the occluded and reductant soluble fractions of inorganic P were not determined directly, they were calculated approximately as the difference between the total P determined in accordance to Mehta et al and the summed fractions of Ca, Al and Fe phosphates. These fractions amounted to 120 ppm for the latosol, 393 ppm for the podzolized soils and 80 ppm for the hydromorphic soils, respectively.

A relationship between the P content of parent materials and soils was noted. Relationships were also observed between inorganic P and soil clay content and the textural index B/A for each unit and the total inorganic and organic P present. No relationships could be observed between organic P and organic matter of samples involved.

BIBLIOGRAFIA

1. ACQUATE, D. K. Some significance of soil organic phosphorus mineralization in the phosphorus nutrition of cocoa in Ghana. *Plant and Soil* 19(1):65-80. 1963.
2. ALLISON, L. E. Organic Carbon. In Black, C. A. ed. *Methods of Soil Analysis*. Evans, D. D. and others associate editors. Madison, Wis. American Society of Agronomy, 1965. v. II. pp. 1367-1400.
3. AMER, F., BOULDIN, D. R., BLACK, C. A. e DUKE, F. R. Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin adsorption and  $^{32}\text{P}$ . *Plant and Soil* 6(4):391-408. 1955.
4. ANDERSON, C. A. Quantitative Chromatographic separation of total organic phosphorus from soil extracts. Ph.D. Dissertation. Ames, Iowa. Iowa State University, 1962. 116 p.
5. \_\_\_\_\_ e BLACK, C. A. Separation of organic and inorganic phosphorus in soil extracts by mechanical and chromatographic filtration. *Soil Science Society of America, Proceeding* 29(3):255-259. 1965.
6. ANDERSON, G. Factors affecting the estimation of phosphate esters in soils. *Journal of Science Food and Agriculture* 11(9):497-503. 1960.
7. AWAN, A. B. Effect of lime on availability of phosphorus in Zamorano soils. *Soil Science Society of American, Proceedings* 28(5):672-673. 1964.
8. BACHELIER, G. Étude pédologique de la zone du vulcanisme récent au sudest de Ngaoundéré (Cameroun). *Agronomie Tropicale* 12(5):551-575. 1957.
9. BALDWIN, M., KELLOGG, C. E. e THORP, J. *Soil Classification*. U.S. Department of Agriculture. Yearbook of Agriculture, 1938:979-1001. 1938.
10. BARROW, N. J. Phosphorus in soil organic matter. *Soil and Fertilizers* 24(3):169-173. 1961.
11. BATES, J. A. R. e BAKER, T. C. N. Studies on a Nigerian forest soil. II. Distribution of phosphorus in the profile and in various soil fractions. *Journal of Soil Science* 11(2): 257-265. 1960.

12. BENAVIDES, S. T. e REED, L. W. Distribution and phosphorus sorption capacity of some tropical soil of Colombia, South America. *Agronomy Abstracts*, 1963. p. 19.
13. BENNEMA, J. e VETTORI, L. The influence of the carbon/clay and silica/sesquioxides ratios on pH of Latosols. In *International Society of Soil Science. Transaction of Joint Meeting Commission IV and V*. Edited by Neal, G. L. New Zealand, International Soil Conference, 1962. pp. 244-250.
14. BENNETT, H. H. e ALLISON, R. V. The soils of Cuba. Washington. Tropical Plant Research Foundation, 1928. pp. 238-241.
15. BLACK, C. A. e GORING, C. A. I. Organic phosphorus in soils. In Pierre, W. H. and Norman, G. A. ed. *Soil and Fertilizer phosphorus in crop nutrition*. Contributor: Altschuter and others. New York. Academic Press, 1955. pp. 123-152.
16. BORNEMISZA, E. El fósforo orgánico en suelo tropicales. *Turrialba (Costa Rica)* 16(1):33-38. 1966.
17. \_\_\_\_\_ e IGUE, K. Comparison of free methods for determining organic phosphorus in Costa Rican Soils. *Soil Science*. (em imprensa)
18. BRAY, R. H. e KURTZ, L. T. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science* 59(1):39-45. 1945.
19. BYERS, H. G. U.S. Department of Agriculture. *Yearbook of Agriculture*, 1938:948-978. 1938.
20. CATANI, R. A., NASCIMENTO, A. C. e GALLO, J. R. Formas de ocorrência de fósforo nos solos do Estado de São Paulo. *Revista de Agricultura (Piracicaba)* 32(3):147-163. 1957.
21. CHANG, S. C. e JACKSON, M. L. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science* 84(2):133-144. 1957.
22. \_\_\_\_\_ e JACKSON, M. L. Soil phosphorus fractions in some representative soils. *Journal of Soil Science* 9(1):109-119. 1958.
23. COSTA RICA. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. *Resumen de la labor realizada em 1958*. s.n.t. 19 p.
24. CLINE, M. G. et al. Soil Survey of Territory of Hawaii, Islands of Hawaii, Kauai, Lanai, Maui, Molokai and Oahu. U.S. Department of Agriculture. *Soil Survey Series* 1939 No 25, 1955. pp. 3-635.

25. CUNNINGHAM, C. R. The effect of clearing a tropical forest soil. *Journal of Soil Science* 14(2):334-345. 1963.
26. DAHNKE, W. C., MALCOLM, J. L. e MENENDES, M. E. Phosphorus fractions in selected soil profiles of El Salvador as related to their development. *Soil Science* 98(1):33-38. 1964.
27. DEAN, L. A. An attempted fractionation of soil phosphorus. *Journal of Agriculture Science* 28(2):234-246. 1938.
28. \_\_\_\_\_ Fixation of soil phosphorus. *Advances in Agronomy* 1:391-411. 1949.
29. VAN DIEST, A. e CLACK, C. A. Determination of organic phosphorus in soil. III. Comparison of methods. *Soil Science Society American, Proceedings* 22(4):286-287. 1958.
30. \_\_\_\_\_ e BLACK, C. A. Soil organic phosphorus in plant growth. I. Organic phosphorus hydrolyzed by alkali and hypobromite treatments. *Soil Science* 87(2):100-104. 1959.
31. \_\_\_\_\_ e BLACK, C. A. Soil organic phosphorus and plant growth. II. Organic phosphorus mineralized during incubation. *Soil Science* 87(5):145-154. 1959.
32. DORMAAR, J. F. e WEBSTER, G. R. Determination of total organic phosphorus in soils by extraction method. *Canadian Journal of Soil Science* 43(1):35-43. 1963.
33. EID, M. T., BLACK, C. A. e KEMPTHORNE, O. Importance of soil organic and inorganic phosphorus to plant growth at low and high soil temperature. *Soil Science* 71(5):361-370. 1951.
34. FALESI, I. C. Levantamento de Reconhecimento Detalhado dos solos da Estrada de Ferro do Amapá. Belém, Pará. Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte, *Boletim Técnico* 45:5-54. 1964.
35. \_\_\_\_\_, SANTOS, W. H. e VIEIRA, L. S. Os solos da Colônia Agrícola de Tomé Açu. Belém, Pará. Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte, *Boletim Técnico* 44:1-93. 1964.
36. FASSBENDER, H. W. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona oriental de la Meseta Central y de las llanuras atlánticas de Costa Rica. *Fitotecnia Latinoamericana (Costa Rica)* 3(1): Em impressao.

37. FOX, R. L., DE DATTA, S. K. e SHERMAN, G. D. Phosphorus solubility and availability to plant and the aluminium status of Hawaiian soils and influenced by liming. In International Society of Soils Science. Transation of Join Meeting Commission IV and V. Edited by Neal, G. L. New Zealand International Soil Conference, 1962. pp. 574-580.
38. FREITAS, L. N. M. DE, et al. Efeitos da calagem e adubação na produção de algodao, milho e soja em três solos de campo cerrado. In Simpósio sobre o Cerrado, Universidade de São Paulo. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, Brasil, 1963. pp. 325-355.
39. FRIEND, M. T. e BIRCH, H. F. Phosphorus responses in relation to soil tests and organic phosphorus. Journal of Agricultural Science 54(3):341-347. 1960.
40. GHANI, M. O. Fractionation of soil phosphorus. Indian Journal of Agriculture Science 13:29-45. 1945.
41. GOEL, K. N. e AGARWALL, R. R. Forms of phosphate in genetically related soil of Kampur on Indian gangetic alluvium. Journal of Indian Society of Soil Science 7:155-161. 1959.
42. \_\_\_\_\_ e AGARWALL, R. R. Total and inorganic phosphorus in genetically related soil of Kampur in the Indian gangetic alluvium. Journal of Indian Society of Soil Science 8: 17-22. 1960.
43. GORING, C. A. Biological transformation of phosphorus in soil. I. Theory and method. Plant and Soil 6(1):17-25. 1925.
44. HANCE, R. S. e ANDERSON, G. A comparative study of methods estimating soil organic phosphorus. Journal of Soil Science 13(2):225-230. 1962.
45. HEALD, W. R. Calcium and Magnesium. In Black, C. A. ed. Methods of Soil Analysis. Evans, D. D. and other associated editors. Madison, Wis. American Society of Agronomy, 1965. v. II. pp. 863-937.
46. HARRAP, F. E. G. Use of Na<sub>2</sub>-EDTA in the determination of soil organic phosphorus. Plant and Soil 14(1):82-87. 1963.
47. JACKSON, M. L. Cation Exchange Determination for soils. In Soil Chemical Analysis. Englewood Cliff, N. J., Prentice Hall, 1958. pp. 57-81.
48. JACKMAN, R. H. Organic phosphorus in New Zealand soils under pasture. II. Relation between organic phosphorus content and some soil characteristics. Soil Science 79(4): 293-299. 1955.



49. JENKS, W. F. Handebook of South American Geology; an explanation of Geology map of South America, containing paper by Oliveira, A. I. and others. New York, Geological Society of America, 1956. 378 p.
50. KAILA, A. Organic phosphorus in Finnish soils. Soil Science 95(1):38-44. 1963.
51. KENWAR, J. S. e GREWAL, J. S. Forms of phosphorus in Punjab soils. Journal of Indian Society of Soil Science 7:135-142. 1959.
52. KRETSCHMER, A. E., Jr. Resumen complementario del trabajo del proyecto 30, STICA y Ministerio de Agricultura e Industria. San José, Costa Rica. Ministerio de Agricultura e Industria, 1960. 26 p.
53. LEGG, J. O. e BLACK, C. A. Determination of organic phosphorus in soils. II. Ignition method. Soil Science Society of America, Proceedings 19(2):139-143. 1955.
54. LEMOS, R. C. et al. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Brasil. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, Comissão de Solos, Boletim 12:2-634. 1960.
55. MAC LEAN, A. A. Extraction of organic phosphorus from soils with sodium bicarbonato. Journal os Soil Science 45(2): 165-170. 1965.
56. MEHTA, N. C. et al. Determination of organic phosphorus in soil. I. Extraction method. Soil Science Society of America. Proceedings 18(4):443-449. 1954.
57. MENARD, L. N. e MALAVOLTA, E. Estudos com adubos fosfatados "marcados" com fósforo-32. In Inter-American Symposium on the Peacefull Application of nuclear energy, 4th. Mexico City, April 1962. Washington, D. C., Pan American Union, 1962. v. II. pp. 212-223.
58. MIKAMI, D. T. e KIMURA, H. S. Special features of lime-deficient tropical soil. Hawaii Farm Science 13(3):10-11. 1964.
59. MOHR, E. C. J. e VAN BAREN, F. A. Tropical Soils; a critical study of soil genesis as related to climate, rock and vegetation. Under the auspices of Royal Tropical Institute, Amesterdam. The Hague, W. van Hoeve; New York, Interscience Publisher, 1954. pp. 389-410.
60. MUNSELL COLOR Company Inc. Munsell Soil Color Charts. Baltimore 2, Maryland, 1954. 17 p.

61. NYE, P. H. Studies on the fertility of Gold Coast Soli. III. The phosphate status of soils. *Emperial Journal Experimental Agriculture* 20(77):47-55. 1952.
62. \_\_\_\_\_ e BERTHEAUX, M. H. The distribution of phosphorus in forest and savannah soils of the Gold Coast and its Agricultural significance. *Journal of Agricultural Science* 49(2): 141-159. 1957.
63. NYUN, M. A. e Mc CALEB, S. B. The Reddish Brown Lateritic soils of the North Carolina peedmont region: Davidson and Hiwassee series. *Soil Science* 80(1):27-41. 1957.
64. OLIVEIRA, A. I. DE, e LEONARDOS, O. H. *Geologia do Brasil*. 2ª ed. Ministério de Agricultura, Série Didática 22, 1943. 813 p.
65. OLSEN, S. R. e DEAN, L. A. Phosphorus. In Black, C. A. ed. *Methods of Soil Analysis*. Evans, D. D. and other associated editors. Madison, Wis. American Society of Agronomy, 1965. v. II. pp. 1035-1049.
66. PRATT, P. F. Organic phosphorus in some lacustrine and alluvial soils of California. *Soils Science* 96(5):289-291. 1963.
67. RODRIGUES, G. Fixed ammonia in tropical soils. *Journal of Soil Science* 5(2):264-275. 1954.
68. RODRIGUEZ, M. Soil classification and its application in Chile. In *International Society of Soil Science. Transaction Joint Meeting Commission IV and V*. Neal, G. L. ed. New Zealand International Soil Conference, 1962. pp. 332-337.
69. RUSSEL, E. S. *Soil condition and plant growth*. London, 8th ed. Longmans, 1950. pp. 98-103.
70. SANTOS, W. H. e FALESI, I. C. Contribuição ao estudo dos solos da Ilha do Marajó. Belém, Pará. Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte, *Boletim Técnico* 45: 57-162. 1964.
71. SAUDER, W. N. H. e WILLIAMS, E. G. Observation on determination of total organic phosphorus in soil. *Journal of Soil Science* 6(2):254-267. 1955.
72. SCHIMIDT, J. C. F. O Clima da Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia* 3(4):3-38. 1942.

73. SEN GRUPTA, M. B. e CORNFIELD, A. H. Phosphorus in calcareous soils. II. Determination of organic phosphorus content of calcareous soils and its relation to soil calcium carbonate content. *Journal of Science, Food and Agriculture* 13(12): 115-123. 1963.
74. SEREBRENICK, S. Notas sobre o clima do Brasil. Rio de Janeiro. Ministério de Agricultura, Serviço de Documentação, 1945. 38 p.
75. SETZER, J. Os solos do Estado de São Paulo. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Série A 6:3-387. 1949.
76. SHERMAN, G. M. e ALEXANDER, L. T. Characteristics and genesis of Low Humic Latosol. *Soil Science Society of America, Proceedings* 23(2):169-170. 1959.
77. SOILI, H. Estudos preliminares das relações entre a geologia e a liminologia da Zona Bragantina. Belém, Pará. Instituto Agronômico do Norte, *Boletim Técnico* 24:58-74. 1951.
78. \_\_\_\_\_ e KLINGE, H. Solos, tipos de vegetação e água na Amazônia. Museu Paraense Emílio Goeldi, *Boletim (Brasil)* 1:27-41. 1962.
79. SMITH, R. W. e ACQUAYE, D. K. Fertilizer responses on peasant cocoa farms in Ghana. A factorial experiment. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 31(122):115-123. 1963.
80. TORRES, F. E. M. e MORTERA, A. Atlas pluviométrico do Brasil. Seção de Hidrologia do Ministério de Agricultura. Brasil, Departamento Nacional de Produção Mineral, *Boletim* 5:5-25. 1948.
81. VIEIRA, L. S. e OLIVEIRA FILHO, J. P. S. As Caatingas do Rio Negro: solos. Belém, Pará. Instituto Agronômico do Norte, *Boletim Técnico* 47:7-32. 1962.
82. \_\_\_\_\_ e SANTOS, W. H. Contribuição ao conhecimento dos solos de Breves. Belém, Pará. Instituto Agronômico do Norte, *Boletim Técnico* 42:33-55. 1962.
83. \_\_\_\_\_, SANTOS, W. H. e FALESI, I. C. Levantamento de Reconhecimento dos solos da Zona Bragantina. Belém, Pará. Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte, *Boletim Técnico*. (Em impressão)
84. U.S. SOIL Conservation Service; soil survey staff. Soil Classification; A comprehensive system. Washington, D. C., U.S. Government Printing Office, 1960. 265 p.

85. U.S. BUREAU of Plant, Soil and Agriculture Engineering. Soil Survey Manual by Soil Survey Staff, Washington, U.S. Government Printing Office, 1951. v. II. 503 p.
86. VERDADE, F. C. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. *Bragantia (Brasil)* 19(35):567-577. 1960.
87. WALKER, T. W. e ADAMS, A. F. R. Studies on soil organic matter. I. Influence of phosphorus content of parent material on an accumulation of carbon, nitrogen, sulfur and organic phosphorus in grassland soils. *Soil Science* 85(6):307-318. 1958.
88. \_\_\_\_\_ The significance of phosphorus in pedogenesis. In Hallsworth, E. G. and Crawford, D. V. ed. *Experimental Pedology. Proceeding of the Eleventh Easter School in Agricultural Science.* University of Nottingham, London, Butterworths, 1965. pp. 295-315.
89. WEIR, C. C. Evaluation of chemical soil tests for measuring available phosphorus in some Jamaican soils. *Tropical Agriculture* 39(1):67-72. 1962.
90. WILLIAMS, C. J. e SAUNDER, W. M. H. Distribution of phosphorus in profile and particle size fractions on some Scottish soils. *Journal of Soil Science* 7(1):90-108. 1956.
91. WILLIAMS, E. G. Some aspects of phosphate retention and availability in soils. In *International Congress of Soil Science. Transaction of 7th, Madison, Wisconsin, 1960.* Amsterdam, Elsevier, 1961. v. III. pp. 604-611.