

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO 01

PEDOGÊNESE E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

POR

JEAN BOYER

DIRETOR DE PESQUISAS DA O R S T O M

- 1971 -

CAPÍTULO I

Os fatores da pedogênese

Segundo a definição de DOKUCHAEV, o solo é o resultante de um certo número de fatores que condicionam sua formação e seu desenvolvimento. São eles:

- o clima
- a rocha-mãe
- a topografia
- a vegetação e a matéria orgânica
- a flora e a fauna dos solos
- o homem

Nêste capítulo, vamos ver um depois do outro, êstes diversos fatores, insistindo mais particularmente sobre o que está acontecendo nas regiões tropicais.

1.1 - O CLIMA

Pode-se definir o clima como o resultante, em um determinado ponto do globo, do calor recebido nêste ponto, da umidade da atmosfera e de sua agitação; em resumo: da temperatura, da chuva e do vento.

1.1.1- Principais tipos de clima

- O clima equatorial, ou tropical úmido.

Amazônia, África Central e Ocidental, sul da Índia, Ceilão, Ásia do sueste, Indonésia, a maior parte das ilhas do Pacífico, etc...

Êle forma uma faixa ao longo do Equador. Suas principais características são:

uma umidade constante, vizinha da saturação

um calor constante, sem variações importantes entre o dia e a noite, com temperaturas médias anuais de 26° (por ex. Abidjan, na Costa do Marfim). Pode-se notar que as temperaturas máximas absolutas nunca são muito elevadas: 33 a 35° , no máximo, mas que as temperaturas mínimas absolutas permanecem elevadas: 20 a 24° (raramente abaixo de 20°).

As chuvas são constantes durante o ano todo, mas sem atingir entretanto a regularidade de Java onde chove todos os dias a 4 horas da tarde: na África distingue-se uma pequena estação seca e uma grande estação seca, durante as quais chove menos. À medida que se afasta do Equador, estas/estações secas crescem sem ultrapassar, juntas, uma duração de 4 meses (durante os quais cai sempre alguma chuva).

A pluviosidade do clima equatorial é sempre superior a 1500 mm por ano.

A vegetação é tipicamente a floresta densa: esta é degradada e deixa lugar, na maioria das vezes, à savana herbácea ou arbustiva sobre / seus limites norte e sul.

Estas condições climáticas, umidade, calor, densidade da vegetação, provocam uma pedogênese extremamente ativa.

- o clima tropical

Ele ocupa duas faixas mais ou menos paralelas à zona equatorial, sobre toda a superfície do globo terrestre.

Ele é caracterizado por duas estações bem nítidas: uma estação chuvosa e uma estação seca.

À medida que se afasta do Equador, a duração da estação chuvosa, 7 a 8 meses no máximo, se reduz progressivamente até 3 a 4 meses (na África). As pluviosidades anuais se escalam entre 1500 mm (raramente mais) e 300 a 400 mm.

As temperaturas são em média mais elevadas que na zona equatorial: a média anual é frequentemente de 28 a 29°.

Mas, as variações de temperaturas são importantes de uma época do ano à outra: por exemplo, a Fort-Lamy (Tchad) os máximos ultrapassam / frequentemente 50° em abril e maio, enquanto que em dezembro e janeiro as mínimas noturnas podem chegar à 10°.

Outra característica: os ventos sopram na maioria do tempo / na mesma direção e são secos.

A vegetação na parte mais úmida da zona intertropical: savana com grandes ervas misturadas de arbustos ou floresta seca.

na parte mais seca: (menos de 800 mm de chuva): a caatinga / ou a savana, com ervas relativamente pequenas (menos de 80 cm de altura) , às vezes cactus (América do Sul e América Central).

Na zona semi-árida, a vida do solo e das plantas e portanto, a pedogênese, são completamente parados durante a estação seca, ou pelo menos, durante os meses mais secos.

- O clima desértico ou árido

Ele ocorre ao norte e ao sul das regiões afetadas pelo clima tropical.

As regiões desérticas e áridas são:

ao norte: o Saara, a Arábia, o Sul do Irã e do Paquistão, o norte do México, algumas partes dos Estados Unidos ao longo da fronteira / com o México.

ao sul: o Kalahari, a maior parte da Austrália, o norte do Chile e o deserto do Chaco.

A notar que as margens orientais dos continentes não têm desertos (exceto no litoral do Mar Vermelho, onde as influências oceânicas / não se fazem sentir).

A pluviosidade é inferior a 300-400 mm, distribuídos sobre / uma curta estação chuvosa de menos de 3 meses.

As temperaturas variam muito entre os meses mais quentes e os meses mais frios (+ 50° até temperaturas às vezes inferiores a 0°) e, / mesmo entre o dia e a noite; se bem que é uma lenda dizer que faz + 40° o dia e que gela à noite seguinte, as diferenças entre o dia e a noite podem facilmente ultrapassar 20°.

A vegetação é a de estepes, com ervas curtas e arbustos espinhosos e, às vezes cactus (México).

Por causa da secura da atmosfera e da ausência da estação durante a maior parte do ano, os fenômenos da pedogênese são muito reduzidos: ação mecânica do clima nas zonas mais secas, ação das chuvas excepcionais nas outras partes.

- o clima mediterrâneo

Sua maior extensão geográfica se observa em torno do Mar Mediterrâneo.

Acréscenta-se os países vizinhos com fachada oceânica, Portugal e Marrocos.

Em outras partes do mundo, as seguintes regiões possuem variantes do clima mediterrâneo: Califórnia, Centro-norte do Chile, extremidade da África do Sul, Austrália do Sul.

Não se encontra clima mediterrâneo nas partes orientais dos continentes.

O clima mediterrâneo é caracterizado por:

chuvas de outono e de início de primavera

invernos frescos, luminosos, frequentemente secos

verões longos, quentes e secos (e mesmo muito secos).

A vegetação, assim como as bactérias do solo têm vida reduzida, tanto durante o inverno (frescura da temperatura assim como secura nas zonas com fraca pluviosidade) que durante o verão (por causa da secura grande demais desta vez).

A pluviosidade varia segundo as regiões: ela é frequentemente compreendida entre 200 mm (centro-sul da Tunísia) e 800 mm (sul da França); mas as chuvas caem em trovoadas violentas de curta duração.

As temperaturas são elevadas no verão (entre 20 e 40°) e, / frescas no inverno, em torno de 10° durante os meses mais frios.

A vegetação original é difícil a definir, pelo menos em torno do Mar Mediterrâneo, onde as culturas se sucedem praticamente sem interrupções desde 4000 anos: parece que é a floresta de carvalho-verde, acima / de 400 mm de chuva, a estepe à arbustos, quando a pluviometria está incluída entre 200 e 400 mm.

No clima mediterrâneo, os períodos durante os quais a pedogênese é ativa, são sobretudo o outono e a primavera, períodos durante os quais o solo é úmido e a temperatura ainda elevada.

Ela é praticamente nula no inverno (temperatura fresca demais $\ll 10^{\circ}$) e no verão (solos completamente dessecados).

- O clima temperado oceânico

É o clima das regiões temperadas margeadas por mares. Por causa da presença de correntes frias sobre os litorais orientais dos continentes do hemisfério norte, este tipo de clima é sobretudo desenvolvido na Europa do oeste, na América do norte ocidental (estados do Oregon e de Washington nos Estados Unidos, Colúmbia Britânica) mas se encontra também na Nova Zelândia, no Chile, na Argentina, no Uruguai, no Brasil (Rio Grande do Sul).

Ele se caracteriza por:

invernos mais frescos que frios, porque o número de dias durante os quais a temperatura fica abaixo de zero é relativamente reduzido / (uma quinzena de dias por ano, em Paris, em média).

primaveras e outonos longos

verões com pouco sol e não muito quentes (em Paris, os dias / onde a temperatura ultrapassa 30° são raros, em média 8 a 10 dias por anos)

chuvas distribuídas durante o ano todo, com um máximo no inverno.

No conjunto, não chove muito: 400 a 1000 mm (500 mm a Paris), mas muito frequentemente: algumas regiões, tais como a Irlanda ou a Bretanha (na França), tem mais de 200 dias de chuva por anos.

O fator limitativo da vegetação não é a umidade, mas a temperatura: baixa demais durante 5 meses por ano. A vegetação típica é a floresta com folhas caducas e a pradaria.

A pedogênese é completamente parada no inverno, no início da primavera e no fim do outono (temperatura fresca demais).

- O clima temperado continental

É um clima que só tem de temperado o nome, porque os invernos são longos e frios, com temperaturas frequentemente muito abaixo de zero durante vários meses do ano (Moscou, Berlim, Chicago, Pequim) e os verões são

muito quentes e relativamente secos. No inverno, a terra gela até vários / metros de profundidade.

É um clima extremamente alaistrado nas grandes massas continentais: Europa Central, Rússia do centro e do sul, Sibéria Meridional, / China do norte, Estados Unidos do centro e do norte, sul do Canadá, sul da Argentina.

A pluviometria é do mesmo tipo que precedentemente, muitas / vezes mais irregular.

A vegetação é tipicamente a floresta folhudas ou de pinheiros, às vezes a pradaria nas zonas mais secas (Canadá central, Middle West americano, Pampa argentina).

Graças à passagem de correntes frias ao longo das margens / orientais da América d. Norte e da Ásia, este tipo de clima se estende até o litoral, no Canadá, nos Estados Unidos, na Coreia, na China do norte, assim como nas partes sententrionais e centrais do Japão.

O clima Boreal

Existe sobretudo no hemisfério norte: norte do Canadá, Alasca, Norte da Suécia e da Noruega, da Finlândia, da Rússia e da Sibéria.

O inverno é longo, (8 a 10 meses) e muito frio (as temperaturas da ordem de 40 ° são frequentes).

O verão, outono e primavera, são tão curtos e frios que a / terra degela somente na superfície, e o solo permanece gelado em profundidade.

A vegetação é escassa, musgos, líquens, ervas durante 2 meses, algumas árvores raquíticas no sul.

Entre estes tipos principais, existem outros tipos de climas intermediários devido, seja à altitude (que provoca temperaturas mais / baixas em latitude igual), seja à influência das cadeias de montanhas (maior pluviosidade, ou ao contrário secura), a insalubridade (a Islândia e as Ilhas Kerguelen por exemplo) etc...

1.12 - Influência do clima sobre a pedogênese

DOKUCHAEV foi o primeiro que notou a influência do clima sobre a formação dos solos: com efeito, ele foi impressionado pelo fato que / os diversos tipos de solos da Rússia se ordenavam em faixas paralelas segundo as zonas climáticas desde o clima boreal até a margem do clima / mediterrâneo do sul do país. É verdade que, nas imensas planícies russas, a ação de um clima fortemente individualizado é determinante.

Porém, quando os pedólogos russos exilados da Rússia depois de 1917, tentaram aplicar estes conceitos na Europa ocidental e na África /

do norte, eles se defrontaram com grandes dificuldades nêstes países onde as influências climáticas, muito mais variadas e diferenciadas, se entrelaçam estreitamente com outros fatores, tais como a rocha-mãe e a topografia, por exemplo.

O clima age sobre as rochas que darão nascimento ao solo / pelos mecanismos seguintes:

- o gelo e o degelo

As alternâncias de gelo e de degelo provocam a fragmentação e a desagregação das rochas nos países frios e mesmo, numa medida menor, nos climas temperados e mediterrâneos. A água penetra nas fendas das rochas, aumenta de volume quando gela e, as faz estourar.

Este processo não funciona, evidentemente, nos países inter tropicais, exceto nas regiões de montanhas elevadas (cordilheira dos Andes).

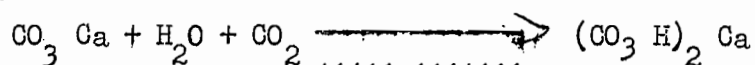
As variações de temperaturas

As variações de temperatura podem ser consideráveis entre o dia e a noite, entre a exposição ao sol e uma caída de chuva: resultam disto, tensões importantes entre a superfície e as partes mais internas das / rochas cuja condutibilidade térmica é fraca; resulta fragmentação por lascas.

Isto acontece sobretudo nos desertos (climas áridos), mas / também nas zonas tropicais mediterrâneas e temperadas.

A dissolução das rochas solúveis pela chuva

Esta dissolução concerne sobretudo aos carbonatos: calcáreos e dolomia. Ela é principalmente provocada pela ação do gás carbônico, contido na água de chuva, transformando assim os carbonatos em bi-carbonatos solúveis:



Normalmente, a quantidade de CO_2 contida na água fria (entre 0 e 10°) é muito maior que nas chuvas quentes (20 e 30°) das regiões inter tropicais.

Com efeito, estudos recentes mostraram que na Tunísia, as / dissoluções maiores dos calcáreos ocorreram durante os períodos glaciais / (formação do kartz em particular). Por outro lado, nas regiões tropicais / úmidas, as chuvas são muito abundantes e lá, a quantidade compensa uma carga menor em CO_2 : assim, a dissolução dos calcáreos é muito intensa.

Não se deve esquecer também que, além dos carbonatos, a / maioria dos minerais das rochas são solúveis, se bem que em muito pequenas proporções, (mais fina é a fragmentação, mais ativa é a dissolução, / sem nunca ser muito forte entretanto).

Assim, o quartzo SiO_2 tem a reputação de ser insolúvel; mas a 25° ele tem uma solubilidade de 7 a 14 ppm na água. Isto é fraco, porém não negligenciável: um cálculo rápido mostra que, sob um clima equatorial com mais de 2000 mm de chuva, um quartzo de 1cm^3 lavado por 200 cm^3 de água / por ano, pode perder por dissolução 0,002 g por ano: teoricamente, este / grão de quartzo deveria desaparecer em alguns milhares de anos. Na realidade, observa-se sobre os grãos de / quartzo sulcos de corrosão que terminam provocando uma fragmentação suplementar; daí uma pulverização dos / quartzos.

Como os solos das regiões quentes e úmidas são frequentemente muito velhos (sua idade é avaliada em dezenas de milhares de anos, mesmo em centenas de milhares de / anos), pensa-se que houve um verdadeiro "derrame " de silício no solo no decorrer da evolução pedológica.

A hidrólise dos minerais das rochas

Sob a ação da água, dos anions e dos cations que podem estar em solução nesta água, do pH também, os minerais das rochas sofrem transformações que terminam por dar nascimento aos constituintes do solo, argila em particular.

Mais a rocha é fragmentada, mais a hidrólise é facilitada / (o mineral é exposto em lugar de ser protegido por seus vizinhos contra as agressões exteriores).

A temperatura intervém também: todas as vezes que ela aumenta de 10° , a velocidade das reações químicas é multiplicada por 2. Uma hidrólise será 4 vezes mais ativa a 26° , do que a 6° .

A substituição rápida das soluções que envolvem os cristais, a acidez destas soluções, aumentam ainda mais a intensidade da hidrólise . De tal forma que, nos países quentes e chuvosos, onde os pH são baixos, as velocidades de reação de hidrólise podem (em teoria) ser multiplicadas por 200, em relação com os países de clima temperado e fresco (segundo MILLOT).

Em todos os climas úmidos, concebe-se muito bem que os fenômenos de hidrólise podem atuar, com intensidades variáveis evidentemente, segundo a temperatura e segundo o número de meses onde as reações químicas de hidrólise são possíveis. Mas, mesmo nos climas semi-áridos, a hidrólise é ativa, não somente durante a estação chuvosa, mas ela continua ainda de 1 até 3 meses depois do início da estação seca, porque os solos permanecem úmidos em profundidade durante um certo tempo.

É mais difícil admitir que a alteração dos minerais das rochas pode se fazer sob os climas desérticos onde caem somente 100 a 300 mm de chuva por ano: com efeito, nêstes climas, a chuva é raramente suficiente para molhar o solo sobre toda sua profundidade e não chega a entrar em contacto com a rocha-mãe. Além do mais, a terra tem o tempo de secar/entre 2 chuvas.

Mas precisa-se contar com 3 fenômenos:

- as fendas, que abertas no início de cada chuva, conduzem a água diretamente à vizinhança da rocha-mãe.

- o micro-relêvo que, formando pequenas depressões apenas /visíveis, concentra em certos pontos a água que escoia durante a chuva. Esta cai, geralmente, sob a forma de trovoadas curtas e violentas.

- as chuvas excepcionais que podem cair apenas cada 3, 4, 5 ou mesmo 7 anos.

Nêstes anos excepcionalmente úmidos, o solo é molhado em /profundidade por chuvas, sempre quentes, e a alteração das rochas se faz /com intensidade. Estas chuvas excepcionais têm certamente um papel importante na pedogênese.

A temperatura

Basta lembrar a ação da temperatura sobre:

- a fragmentação das rochas
- a dissolução dos carbonatos e dos minerais
- a velocidade das reações de hidrólise

1-2 - A ROCHA-MÃE

É um fator muito importante na formação dos solos. Ele tem mesma influência determinante nos climas temperados oceânicos, influencia menor à medida que o clima se torna mais típico: clima temperado continental, clima boreal, clima equatorial e mesmo clima tropical.

1.21. - A permeabilidade da rocha-mãe

Mais uma rocha é permeável com a água, mais a alteração terá possibilidade de progredir rapidamente em profundidade.

É assim que, sob todos os climas, os solos formados sobre areias e arenitos moles, serão em idade idêntica, muito mais profundos que os solos formados sobre uma rocha impermeável, tais como uma argila geológica ou um granito.

O mergulho das camadas geológicas influe sobre a permeabilidade:

assim, observou-se na França que solos formados sobre xistos horizontais eram / pouco profundos (10 cm) enquanto que eles atingiam 30 a 50 cm quando estes mesmos xistos / eram oblíquos ou mesmo retos até a vertical. No primeiro caso, a alteração só atinge uma fina / película de rocha, enquanto que no segundo caso, a água penetra no interior da rocha pelas / diaclases, provocando a alteração do xisto, simultaneamente sobre uma grande espessura.

Nas regiões inter-tropicais úmidas, onde as alterações são muito mais rápidas que nas zonas temperadas, estes fenômenos são menos visíveis, mas provocam diferenças de profundidade do solo.

1.22 - A natureza da rocha-mãe:

Caso das rochas ígneas e metamórficas

Trata-se aqui das rochas ígneas seguintes, assim como de certas rochas metamórficas de profundidade que têm a mesma composição mineralógica que as rochas ígneas.

Rochas ditas ácidas, ricas em quartzo, em K e Na (ortosa microclina e albita), pobres em Ca, Fe e Mg:

- série plutônica: granito, sienita
- série das lavas: riolito e fanolito (que é sem Si O_2)
- série metamórfica: gneiss a 2 micas, leptinita, granulita, migmatita e anatexita ácida.

Rochas alcalinas, ricas em Ca, Fe e Mg (plagioclasio, anfíbola, peridoto, piroxênio, alguns feldspatos a Ca, micas) pobres em quartzo / e potássio.

- série plutônica: granodiorita (com Si O_2) e granito alcalino-terroso (Si O_2), diorita, gabros, piroxenita, peridotitos.
- série das lavas: traquita, andesita, basalto, ankaramitas
- série metamórfica: anfibolito, piroxenita, certos migmatitos alcalinos.

Alteração diferencial dos minerais das rochas

Os minerais das rochas não se alteram com a mesma velocidade
Tabela de GOLDICH (1938):

Peridotos (olivina)	Plagioclasio Ca (anortita)
Piroxênio (augita)	Plagioclasio Ca Na bitownita labrador
Anfibólio (Hornblende)	Plagioclasio Na Ca andesina oligoclasio
Mica biotita	Plagioclasio Na (albita)
Feldspato (ortosa, anortosa, microclina)	
Mica muscovita	
Quartzo	

Velocidade de alteração crescente ↑

As velocidades de alteração diminuem de cima para baixo da /
tabela.

Uma simples olhada nesta tabela permite constatar que as rochas alcalinas ricas em anfibólio, piroxênio e plagioclásio fortemente cálcicos, se alteram muito mais rapidamente que as rochas ácidas cujos principais constituintes são o quartzo, os feldspatos potássicos, a albita e os micas (muscovita e biotita).

Alteração dos feldspatos (feldspatos alcalinos e oligoclásios).

O mecanismo da alteração dos feldspatos é essencialmente a hidrólise pela água, destes minerais.

Pode-se considerar os feldspatos como alumino-silicatos ligados a Na, K ou Ca, portanto como sais de ácidos fracos e de bases fortes.

Do ponto de vista mineralógico, os feldspatos são constituídos de tetraedros cuja parte principal da armação cristalina é constituída por ligações Si-O-Si e Si-O-Al.

As ligações Si-O-Al, mais numerosas nos plagioclásios que nos feldspatos alcalinos, são as mais fracas.

Fórmula do ortosa: $6 \text{ Si O}_2, \text{ Al}_2 \text{ O}_3, \text{ K}_2$

" de anarthosa $2 \text{ Si O}_2, \text{ Al}_2 \text{ O}_3, \text{ Ca O}$

O que explicam que os plagioclásios são mais rapidamente alterados que os feldspatos alcalinos. Isto é válido tanto num clima temperado, quanto num clima tropical úmido.

A hidrólise é essencialmente provocada pelos ions H^+ presentes na água que percola através da rocha: estes ions H^+ , pequenos e extremamente ativos, se combinam com o oxigênio das ligações Si-O-Si e Si-O-Al, arrancam os ions oxigênio ao cristal para formar H_2O , quebrando assim a estrutura do cristal e liberando Si, Al e cations alcalinos ou alcalino-terrosos (Na, K ou Ca segundo o caso).

Na realidade constata-se que nas soluções que atacam os feldspatos têm: mais alumina que silício em meio ácido

mais silício que alumínio em meio alcalino

tanto alumínio quanto silício em meio neutro

Quanto aos cations liberados, K, Na, Ca, a maior parte é eliminada fora do perfil.

A velocidade da hidrólise é condicionada:

pela quantidade de água que percola através do solo

pela temperatura, porque a velocidade das reações químicas se duplica cada vez que a temperatura cresce de 10° (lei de VAN HOFF).

pelo pH: quanto mais ácido fôr o pH maior será a quantidade / de ions H^+ .

Os produtos liberados pela hidrólise dos feldspatos são geralmente levados na sua maioria pelas águas de drenagem.

Existe neoformação de argila (segundo MILLOT) apenas em condições particulares:

Na zona temperada os feldspatos se alteram lentamente e a rocha forma uma arena que é uma mistura de cristais mais ou menos alterados.

As argilas de neoformação (sempre em pequenas quantidades) são a illita e a clorita, esta última se formando somente em meios ricos em Fe e Mg.

Na zona intertropical úmida, forma-se montmorilonita na parte em via de alteração da rocha: esta montmorilonita desaparece muito rapidamente em direção à parte superior do perfil. Por outro lado, parece que no perfil forma-se caolinita por recombinação entre silício e alumínio, provenientes tanto dos feldspatos alterados, quanto da gibbsita e do quartzo ou ainda dos produtos de decomposição da montmorilonita ou de outras argilas.

Em zonas relativamente secas (clima tropical semi-árido, clima mediterrâneo) a fraca intensidade das chuvas não permite sempre uma boa / drenagem do solo; as soluções se evaporam no local, se concentram e se tornam cada vez mais alcalinas.

Há então formação de montmorilonita, sobretudo quando as soluções são ricas em Ca e Mg, portanto quando a rocha-mãe contém plagioclásio (Ca) e minerais ferro-magnesianos ricos em cálcio, tais como o piroxênio, o anfibóleo ou a olivina.

Mas a formação da montmorilonita pode acontecer sobre granitos contendo somente pequenas quantidades de Ca (plagioclásio) e de Mg (mica) na condição de que a topografia seja perfeitamente plana, portanto que se tenha uma drenagem muito má em profundidade e em superfície (norte do Cameroun, segundo Sieffermann).

Em clima desértico muito árido (Saara) os plagioclásios permanecem quase intactos enquanto os feldspatos se alteram facilmente.

Não parece ter sido dada uma explicação satisfatória desse / fenômeno.

Naturalmente sob tal clima não há praticamente produtos de neoformação.

Alteração dos minerais ferro-magnesianos: anfibólio, piroxênio, peridoto, essencialmente.

O ferro se encontra nestes minerais normalmente sob forma reduzida Fe^{++} .

A alteração se produz essencialmente por oxidação do ferro / na presença do oxigênio do ar (sempre presentes nos solos); o ferro torna-se então trivalente Fe^{+++} , sob forma de óxidos ou hidróxidos, o que desloca / as rédes cristalinas.

O ferro $^{+++}$ é normalmente insolúvel nos solos, mas a matéria orgânica pode-se combinar com ele (depois de o ter reduzido em Fe^{++}) para dar complexos ferro-húmicos relativamente solúveis.

A sílica coloidal em pseudo-soluções (gels) no solo pode ter o mesmo papel (complexo ferro silícico).

O ferro pode então migrar no solo e ser evacuado no exterior do mesmo, pelas águas de drenagem. Este transporte do ferro sob forma ferro-húmica ou ferro-sílica tem certamente um papel capital na dinâmica do ferro nos solos das zonas intertropicais-úmidas; é provável que não se mediu ainda toda sua importância.

Alteração das micas.

(biotita, muscovita, flogopita)

As micas se apresentam como cristais formados de um empilhamento de folhetos que se pode separar uns dos outros com a ponta de uma faca ou até mesmo com a unha. A alteração das micas se faz / essencialmente por disjunção dos folhetos, arrancamento dos ions potássio e oxidação do ferro.

Por motivos de geometria cristalina, os fenômenos se desenvolvem com muito mais facilidade para a biotita (que é trioctaédrica) que / para a muscovita (que é dioctaédrica).

Por isto, a biotita, rapidamente alterada, desaparece depressa nos solos, mesmo temperados, enquanto que a muscovita subsiste muito mais tempo sob a forma de palhetas brilhantes, mais ou menos manchadas pelo / ferro das alterações.

Solos jovens da zona intertropical (mesmo úmida) podem ser às vezes, muito ricos em muscovita em via de alteração.

Os produtos de alteração são variados: em flogopitas de Madagascar observou-se (CILLIERE e HENIN):

flogopita dioctaédrica	→	montmorilonita
flogopita trioctaédrica	→	vermiculita

A biotita pode dar, segundo os casos, cloritas, sericita, vermiculita ou illita.

Alteração do quartzo

Ela se faz essencialmente por dissolução

(Ver parágrafo sobre a dissolução)

Caso das rochas sedimentares e das rochas fracamente metamórficas.

As rochas sedimentares são principalmente: argilitas, margos, calcáreos, arenitos diversos / dolomias.

As rochas fracamente metamórficas são sobretudo: xistos a ardósia, xistos a sericita, xistos a clorita, xistos argilosos.

Para facilitar a exposição, acrescentar-se-á aqui os mármorees que são calcáreos fortemente metamorfisados, mas que em pedogênese, desempenham o mesmo papel que os calcáreos moles / (sua dissolução é entretanto mais lenta).

Estas rochas contêm do ponto de vista que nos interessa:

- seja argilas, que dão ao solo (argilas herdadas). Isto é evidente para os argilitos, margas e xistos argilosos e ardósia.

No caso dos calcáreos e das dolomitas a dissolução dos carbonatos deixa no lugar as impurezas da rocha que são / constituídas de argilas, de quartzo e de mica muscovita.

- seja minerais que dão nascimento, facilmente ou bastante facilmente, à argilas de neoformação, quando as condições de formação são favoráveis.

Estes minerais são geralmente micas: muscovita, / sericita, clorita; mas podem também ter feldspatos (caso das / arkosas que são arenitos a feldspatos).

1.23 - As argilas do solo reoforradas cu herdadas, não ficam forçosamente intactas

- Nos climas temperados, considera-se frequentemente que a maior parte das argilas dos solos atuais formados sobre rochas sedimentares, provêm da herança da rocha, e isto sem / grande transformação. É o caso dos solos sobre siltes eólicos do centro e do norte da França que contêm em proporção quase iguais,

caolinita, illita e montmorilonita.

- Nos climas mediterrâneos e tropicais semi-áridos, as neoformações e transformações terminam geralmente por formar / illita, clorita e montmorilonita se as condições são favoráveis / (por exemplo um meio rico em Ca e Mg para a montmorilonita). A caolinita sob estes climas permanece praticamente intacta: pouca ou / nenhuma caolinita se forma, mas quando ela já existe no solo por / herança ela não se transforma de maneira apreciável, salvo nos meios / fortemente alcalinos (transformação em illita).

- Em clima equatorial (ou tropical úmido), tôdas as argilas herdadas ou neoformadas são destruídas no decorrer da pedogênese.

Somente a caolinita escapa desta destruição maciça: com efeito, é um mineral muito estável.

Porém nos perfis de solos ferralíticos fortemente / drenados e enérgicamente lessivados, a caolinita tende a perder / sua silícia e a se transformar em gibsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$): esta transformação parece sobretudo se produzir na parte superior do perfil / (horizonte A); ela é lenta, mas prolongada durante centenas de milênios ela pode provocar uma verdadeira transformação do horizonte A e da parte superior do B que se enriquece em gibsita.

Este fenômeno se produz com intensidade nos solos / formados sobre rochas básicas, mas muito mais fracamente nos solos formados sobre rochas ácidas (contendo quartzo).

A sua explicação é a seguinte e resulta de trabalhos recentes (SEGALIN, HUANG, SIEFFERMAN).

Os feldspatos, quer sejam alcalinos ou da família / dos plagioclásios, dão sempre nascimento, depois alteração, à argilas caoliníticas, cristalográficamente um pouco diferentes umas / das outras segundo a natureza da rocha:

Natureza da rocha	argila neoformada	solubilidade em SiO_2 destas argilas.
rochas básicas	haloisita sobretudo	30 ppm
" " s/quartzo	metaloisita	15 ppm
" básicas ou pouco quartzo	caolinita desordenada. (um pouco)	15 ppm
Rochas ácidas	caolinita sensu stricto	3 ppm
com quartzo	caolinita desordenada (um pouco)	15 ppm

À solubilidade da silícia sendo de 7 a 10 ppm em geral concebe-se facilmente que:

nos solos onde há quartzo, a caolinita desordenada se solubiliza primeiro; em seguida, quando ela é completamente destruída (o que é rápido porque ela foi formada em pequena quantidade) é a silícia do quartzo que se tura em SiO_2 a solução do solo e não a caolinita sensu-stricto que, nitidamente menos solúvel, não é destruída e permanece intacta.

nos solos formados sobre rochas básicas, os produtos da caolinita, halosita, metalosita, caolinita desordenada têm solubilidades em silícia nitidamente maiores que o quartzo.

Enquanto que o quartzo permanece intacto ou quase, os minerais caoliniticos perdem progressivamente sua silícia (evacuada pela água de drenagem) e se destroem deixando no local a alumina (gibbsite $\text{Al}(\text{OH})_3$).

As consequências são evidentes:

os solos sobre rochas ácidas perdem o quartzo e guardam a caolinita.

Os solos sobre rochas básicas guardam seu quartzo intacto, eliminam a silícia das argilas e se enriquecem deste fato em alumina. Daí a formação de verdadeiras bauxitas terrosas, nos solos sobre basalto em particular.

Ao contrário, nos solos ferralíticos, encontra-se geralmente / muito pequena quantidade de ilita, apenas alguns "percentos" do teor em argila. Em geral, se bem que isto não esteja inteiramente comprovado, considera-se esta ilita como um material herdado. Mas porque a ilita, argila frágil em condições de pedogênese tão agressiva, escapou à destruição que atinge inelutavelmente as montmorilonitas? Não se sabe responder a esta pergunta.

Em climas intertropicais (úmidos e semi-áridos), o ferro marca / muita vezes fortemente os solos e lhes dá uma cor vermelha bastante acentuada, sem que isto contudo, signifique forçosamente teores elevados em ferro.

Atualmente, considera-se, segundo SEGALIN, que nos solos:

as cores vermelhas fortemente pronunciadas, são provocadas pela predominâncias das formas amorfas do ferro.

As cores mais claras (amarelo ou ocre claro) são a consequência / da presença quase exclusiva das formas cristalizadas do ferro.

Ao contrário de uma opinião muito difundida em geologia, os materiais fortemente coloridos em vermelho não aparecem nos desertos, mas nas zonas intertropicais relativamente úmidas (mais de 1200 mm de chuva) que tem uma estação seca bastante longa (mais de 3-4 meses) e muito nítida. Em zona equatorial, úmida o ano todo, são sobretudo os solos amarelos ou ocre claro quem são frequentes.

Esta distinção, um pouco simplista, é sobretudo válida para a / África.

A dinâmica do ferro nos solos intertropicais (úmidos principalmente) é sobretudo caracterizada pelas combinações possíveis do ferro com a matéria orgânica, formando assim complexos relativamente solúveis: o ferro, assim complexado pode, ser evacuado fora do perfil, ou se concentrar no horizonte B, onde as acumulações podem, com o tempo, dar nascimento à corações (ainda não / consolidadas) ou a couraças (consolidadas).

1.24 - Os paleosolos como rocha-mãe dos solos atuais

A pedogênese não é somente um fenômeno contemporâneo; ela existiu, sob climas outros que o clima atual no decorrer de todos os períodos geológicos, criando solos.

Estes velhos solos foram frequentemente levados pela erosão, deixando a nu a rocha-mãe, que deu nascimento em seguida aos solos que vemos atualmente.

Mas, às vezes, os materiais antigos provenientes dos paleosolos são suficientemente abundantes para servir de rocha-mãe a um novo solo que será de natureza diferente se, entre tempo, o clima mudou, mais ainda marcados pelos velhos materiais pedológicos:

assim, na França, formou-se solos marrons ácidos (com somente / caolinita em lugar da mistura habitual de caolinita, ilita e montmorilonita), sobre materiais ferralíticos provavelmente terciários, ao mesmo tempo sob clima mediterrâneo (Languedoc) e sob clima temperado atlântico (Normandia): neste último caso, aliás, o material ferralítico parece ter sido fortemente retrabalhado / pelas glaciações do Quaternário.

Ainda na França, pensa-se que a cor das Rendzinas Vermelhas do Centro Oeste do país, provém das alterações ferralíticas que penetraram profundamente nas fissuras do calcário cretácico; o solo ferralítico que dataria, seja do fim do Cretácico, seja do início do Terciário, praticamente desapareceu, mas o que subsistiu dele foi suficiente para dar um aspecto particular aos rendzinas atuais (cor vermelha).

Nas regiões intertropicais estes paleosolos têm certamente uma / importância capital para explicar as características dos solos atuais: o problema é complicado devido ao fato de que as condições climáticas mudaram relativamente pouco desde o terciário, pelo menos no que diz respeito aos climas equatoriais; os solos antigos não são, pois, muito diferentes dos solos atuais.

De outra parte, trata-se muito frequentemente de solos formados sobre as plataformas continentais muito velhas, emersas desde o início do secundário, onde as pedogêneses se sucederam, cada uma deixando materiais à disposição da seguinte. Durante estes milhões e milhões de anos, os fenômenos de dissolução, de transporte, de concrecionamento, de erosão, de superfície, tiveram tempo de se produzir e, se produziram efetivamente.

Alguns exemplos ajudarão a compreender a importância destes velhos solos sobre a pedogênese e a morfologia dos solos atuais.

- na África tropical semi árida do centro e do oeste: os solos / exclusivamente à caolinita são numerosos; atualmente tende-se a pensar que esta caolinita é herdada de uma antiga pedogênese ferralítica, assim como a cor vermelha viva de alguns destes solos.

- no Congo-Kinshasa: os pedólogos belgas consideravam que somente a parte superior do solo (aproximadamente 2 m) era influenciada pela pedogênese atual; esta pedogênese se desenvolvia sobre um velho solo ferralítico, não muito diferente do atual, mas cuja espessura podia ser considerável: 20, 30, 40 m.

- atualmente, os pedólogos franceses estão cada vez mais inclinados a constatar que o horizonte A dos solos ferralíticos da zona equatorial é transportado, isto quer dizer que ele provém de outro lugar, não muito longe / na maioria das vezes, enquanto que o horizonte A primitivo saiu para recobrir / um solo um pouco mais adiante.

Estes fenômenos de transporte parecem desempenhar um papel muito importante na região de Salvador.

1.3 - A TOPOGRAFIA

A topografia tem um papel sobretudo na pedogênese através da água; certamente a água da chuva que cai sobre uma paisagem perfeitamente planatema todas as chances de estagnar um certo tempo à superfície, salvo se os solos têm uma permeabilidade importante, como é o caso dos solos ferralíticos. Mas mesmo neste caso a água estagna ao nível da rocha mãe sob forma de lençol freático/favorecendo assim a alteração da rocha.

Ao contrário, sobre uma encosta, a água da chuva, em parte escoar à superfície, em parte se infiltra até a rocha, mas / visto o declive, a rocha se enxugará mais ou menos rapidamente e os fenômenos de alteração serão um pouco diferentes; o solo situado acima desta rocha secará mais rapidamente (salvo evidentemente se ele está atravessado pelo lençol freático do planalto situado em cima).

A topografia é assim um elemento importante porque / é um fator entre outros fatores do que se denomina Pedoclima, isto é, o clima do solo que varia muito sob um mesmo "clima meteorológico".

1.31. - Ação sobre a profundidade do solo

Na Encosta, a água que escoar à superfície pelo menos em parte, arrasta sob a vegetação natural uma fina película de solo, insuficiente para esterelizar o solo, mas suficiente para impedir o solo de se tornar espesso.

De outro lado, como a maioria das vezes a rocha-mãe não fica longo tempo molhada, a alteração não será muito intensa.

Portanto, sobre pendente não haverá solos pouco espessos. É assim que nos vales do Niari no Congo-Brazzaville onde os solos são formados sobre um estrato geológico xisto-calcário, os solos sobre pendentes constantemente rejuvenescidos pela erosão são próximos da rocha mãe; eles são nitidamente melhor saturados em Ca que os solos dos planaltos fortemente desaturados em Ca; eles não são infelizmente, fáceis a cultivar porque todo desnateamento pouco importante provoca uma erosão catastrófica.

Sobre planalto e em geral sobre toda zona plana: a água da chuva fica à superfície, depois se infiltra em profundidade até a rocha mãe que se encontra longamente banhada por um lençol freático, donde uma alteração ativa e um espessamento dos solos tanto mais importante que a erosão à superfície é fraca.

Nas depressões, nos vales e nas zonas deprimidas em geral: as águas de escoamento se juntam à chuva?

Haverá aqui igualmente solos profundos pela alteração da rocha-mãe nas, sobretudo pela acumulação dos materiais retirados das encostas.

1.32 - Ação sobre a natureza do solo

A água da chuva não tem somente uma ação mecânica pela erosão e uma ação de alteração sobre a rocha-mãe, ela é também/um fator importante da evolução dos solos: Em efeito, a percolação da água leva as bases em profundidade, desatura as argilas, portanto dispersa-as.

Ora uma argila dispersada tende a seguir a corrente da água e migra em profundidade se refloculando e se imobilizando / se ela encontra bases ao seu alcance; acumulando ela forma o horizonte B.

Nas regiões secas onde a evaporação é intensa isto não pôde se produzir, / porque ao contrário, as bases seguem o movimento da água que remonta no perfil para se evaporar à superfície: há concentração de bases na parte superior / do perfil, saturação da argila e nos casos extremos formação de crostas calcáreas e o mesmo eflorescência salinas (solos halomórficos)

Nas zonas deprimidas de climas úmidos temperados ou / tropicais: a água tem tendência a se estagnar longamente à superfície ou à pequena profundidade, permitindo uma "anaerobiose" portanto condições redutoras (em particular Fe^{+++} trivalente, oxidado e de cor vermelha, se transforma em Fe^{++} bivalente, reduzido e de / cor verde-cinza ou azulado no solo).

A água estagna à superfície praticamente todo o ano.

As matérias orgânicas se decompõem muito mal dando / turbas.

O solo se impregna de ferro reduzido e torna cores cinza-esverdeada a cinza azulado pelas manchas; Fe^{++} mais móvel que Fe^{+++} tendo tendência a se juntar em módulos ou em faixas: isto é o, "gley".

A água estagna a superfície somente alguns meses, mais praticamente todo o ano à pequena profundidade

A matéria orgânica se decompõe à superfície, mas o solo apresenta um horizonte de gley.

. A água se estagna somente uma parte do ano em profundidade: durante o período onde o solo é enbebido o Fe se reduz, se junta em módulos; depois o solo seca e o Fe se oxida novamente, mas fica / in situ em módulos ou em faixas (bandas) que são então de cor vermelha: é o horizonte de "pseudo-gley".

. Se o lençol muda de nível no decorrer do ano, haverá um horizonte de "pseudo-gley" na zona de oscilação do lençol freático; um horizonte de "gley" abaixo onde lençol freático é permanente: é o / "amphi-gley".

Chama-se hidromorfia o conjunto de fenômenos engendrados nos solos pela presença de um lençol permanente ou semi-permanente; a classificação francesa faz dos solos fortemente marcados pela hidromorfia, uma classe especial.

Os solos hidromorfos (a classificação americana não / retém como solos hidromorfos senão os solos à turba chamados Histo solos pelos americanos).

Alguns exemplos farão compreender a importância da topografia na gênese dos solos

Clima temperado: . caso das encostas calcárias da Costa Atlântica da França.

pluvionetria 700

Verões relativamente quentes e secos

Invernos frescos e chuvosos

. Sobre os planaltos, se encontra solos profundos do tipo solos / "bruns" lavados, desaturados em bases à superfície (horizonte A) e

apresentando um horizonte B com uma importante acumulação de argila : são os solos relativamente impermeáveis porque o B é rico em argila e têm uma má estrutura em A porque a argila que nêlo permanece é mais ou menos fortemente desaturada em bases portanto mal / floculadas.

Sobre as partes mais elevadas a desaturação é tal que o horizonte A não tem quase mais argila e se tem sólos ácidos com / humus particular, o "moder", solos chamados podzólicos.

. Sobre as encostas, a erosão não permite o espessamento do solo ; a rocha-mãe está próxima da superfície e os seus fragmentos se dispersam no solo; a argila bem saturada em Ca e Mg se aglomera energicamente ao humus dando aglomerados finos e bem formados (estrutura / granular). Estes aglomerados se molham mais ou menos facilmente e a água os atravessa (como uma peneira) donde um pedo-clima seco.

São solos fêteis, fáceis a cultivar (a erosão é fraca / sob este clima onde a chuva cai na maioria das vezes sem violência) mas relativamente secos.

. Sobre os degraus sob a encosta, a chegada das soluções carregadas em Ca e Mg provoca a neo-síntese da montmorilonita, donde a formação de solos "vertiques", (não verdadeiramente vertisolos).

Aquiá neo-síntese de argilas e nos outros casos a argila é provavelmente exclusivamente herdada da rocha-mãe.

. Nas partes elevadas dos vales, se encontra solos jovens pouco evoluídos formados a partir dos aluviões do rio, ou dos coluviões / arrancados às encostas e aos planaltos.

. Nas partes baixas dos vales se encontram solos hidromorfos à "gley" e a pseudo-gley" e localmente tuba.

Clima tropical semi-árido: caso de solos sobre basalto do Norte de Cameroun.

Se bem que a pluviometria seja aproximadamente de 800 mm, a longa estação seca (8 meses sem chuva) dá ao clima um nítido caráter de aridez.

. Nos vales, os solos são hidromorfos à "pseudo- gley", portanto a estação seca muito rude, não permite aos lençóis freáticos de permanecer todo ano à proximidade da superfície.

. Sobre as encostas, se encontram solos "bruns" eutrofos. O basalto, sendo uma rocha rica em Ca. e Mg, há neo-síntese da montmorilonita / mas em pequena quantidade, porque as soluções ricas em Ca e Mg são rapidamente evacuadas para o vale em razão do declive.

. Sobre os planaltos, a ausência de declive deixa a água da chuva / no local; ela se impregna de Ca e Mg; a evaporação sempre intensa / mesmo na estação das chuvas, concentra estas soluções, donde uma ati

va síntese de montmorilonita e formação de vertisolos.

. A notar que nestas regiões onde a topografia é particularmente horizontal, granitos alcalinos contendo menos de 1% de Ca e Mg, podem às vezes dar origem a vertisolos; em efeito a drenagem seja vertical ou oblíqua (para os vales) é evidentemente muito fraca, mas suficiente a transportar os elementos os mais solúveis, isto é K e Na, deixando in situ Ca e Mg; quando a concentração destes elementos é suficiente, se produz uma síntese de montmorilonita, donde a formação de vertisolos. Para isto é necessário condições particulares:

- clima seco onde a evaporação é intensa
- drenagem fraca, mas não nula, porque as depressões fechadas (portanto drenagem nula) se forma solos à carbonatos de Na sob estes climas; se a drenagem é importante, Ca e Mg não podem se concentrar.

Clima tropical úmido - caso de sequência ferralítica da República Centro - Africana.

Naõ se trata aqui de um verdadeiro clima equatorial/ mas de um intermediário com os climas semi-áridos chamados guineano-sudanez ("soudano-guinéen").

A pluviometria é de aproximadamente 1500 mm, a estação seca dura de 4 a 5 meses donde a 3 a 4 meses absolutamente sem chuvas.

A vegetação é a savana ou a floresta-parque com a floresta galeria ao longo dos cursos d'água.

. Sobre os planaltos se encontra solos ferralíticos de cor vermelha-escuro ricos em óxidos de Fe amorfos.

. Sobre as encostas, a medida que se descer o declive a cor vermelha se aclara progressivamente: vermelha-clara, ocre, bege, amarelo muito claro (o que não quer dizer que o solo seja menos carregado em Fe ; mas que ele contém somente óxidos de Fe cristalizados e não mais amorfos.

. Nos "baixios" e nos vales, os solos são cinza ferralíticos, muitas vezes fortemente marcados pela hidromorfia onde a ação do lençol aquífero age mais ou menos longamente.

Pode-se mesmo ter solos hidromórficos a turba (lençol permanente à superfície).

Estes solos cinzentos são geralmente arenosos, muito mais arenosos que os solos de encosta e sobretudo de planalto.

Em efeito, em clima tropical úmido, o Fe está com o humus, o principal estabilizador da argila: é ele que é (com o humus) o agente que condiciona a estrutura e não mais o Ca como nos climas temperados ou tropicais semi-áridos.

Em presença de muita água, o Fe se combina preferencialmente ao humus e abandona a argila que dispersada, não tarda a ser transportada pela água em direção aos riachos e rios.

Paralelamente à mudança de cor, se produz nesta sequência um importante fenômeno de migração do Fe: Em efeito os solos de planalto são, na República Centro-Africana, muito ricos em Fe; não somente há Fe amorfo em todo o perfil mas o horizonte B contém muitas vezes grânulos ferruginosos, uma carapaça ou mesmo uma couraça ferruginosa.

O Fe solubilizado pelo humus segue os movimentos do lençol freático e vem se acumular em uma lupa para baixo do declive e em uma carapaça no fundo do vale, a condição todavia que esta não seja permanentemente enbebida pela água.

É o que se denomina couraças de pé de encosta e de baixios.

Para que a destruição dos complexos ferro-húmicos se produza e libere o Fe, é preciso que a estação seca seja bem marcada.

Se não é o caso como nos climas equatoriais, os complexos ferro-húmicos partem nos riachos e nos rios dando à água uma cor marron (brun) característica. (Água cor de chá).

1.4 - MATÉRIA ORGÂNICA

A matéria orgânica provém dos fragmentos vegetais de toda sorte que as plantas deixam nos solos: - folhas, hastes e galhos que caem à superfície do solo a cada ano.

- raízes que apodrecem no solos após a morte da planta. As raízes das gramíneas têm muito mais importância que aquelas das plantas lenhosas porque as gramíneas morrem e rebrotam anualmente.

Os fragmentos vegetais sofrem dois tipos de transformação:

- uma mineralização direta: esta concerne ao mesmo tempo os hidratos de carbono (açúcar, celulose, linhina) que se transformam em gás carbônico e em metano e as proteínas que são decompostas em NH_3 , depois em nitritos e enfim em nitratos.
- uma humificação: que corresponde à formação de complexos coloidais relativamente estáveis do humus: são eles:
 - os compostos hidrosolúveis ou ácidos crénicos.
 - os ácidos fúlvicos, formados sobretudo em meio ácido
 - os ácidos húmicos marrons formados em meio rico em Ca e combinados fortemente com o Ca.
 - a humina, composto mal conhecido, mas abundante (40 a 60% de humus).

Um solo "normal" contém em proporções variáveis estas 5 variedades de humus: todavia os ácidos "créniques" não têm senão uma vida efêmera e se transformam rapidamente em ácidos fúlvicos os quais por polimerização podem dar origem segundo o caso, aos ácidos húmicos marrons (pouco polimerizados) e aos ácidos húmicos / cinzentos. Nos solos carregados em Ca o estado ácido fúlvico passa / desaparecido porque parece que os ácidos húmicos (marrons e sobretudo cinzentos) se formam rapidamente.

Somente a humificação tem importância para fornecer aos solos matéria orgânica evoluída (humus).

Somente 5 a 10% das matérias vegetais brutas são transformadas em humus nas condições naturais (segundo DABIN).

Todavia, após a fossilização dos resíduos (palhas) pelo cultivo, o humus pode representar até 30% das matérias vegetais segundo HEWIN e TURC, 15 % para as raízes, ramos e palhas, mais 0 % para os adubos verdes segundo MONNIER, isto pelo menos sob clima temperado porque se conhece ainda insuficientemente este problema sob os climas tropicais.

As bactérias do solo são os agentes essenciais da transformação das matérias vegetais em humus na maior parte dos solos; para que estas bactérias, que são aeróbias, possam viver e trabalhar, elas necessitam do ar do azoto, (fornecido pelos vegetais frescos ou presentes no solo), fósforo e bases; elas suportam mal / pH inferiores a 5,5.

Os cogumelos: substituem as bactérias nos solos muito ácidos pH $\leq$ 5,5; eles são pouco exigentes em N, P e bases diver-

sas, mas sua ação é menos enérgica e menos completa que aquela das bactérias.

Os animais do solo (artropodes) poderiam em certos casos completar esta humificação (JONGERIUS) se bem que isto seja fortemente discutido por outros autores (BACHELIER).

Mas é necessário o ar aos cogumelos ("aerobiose").

As bactérias anaeróbias: são as únicas a decompor as matérias vegetais quando o solo está perpétuamente recoberto pela água; elas não formam humus; elas decompõem os açúcares e celulosos assim que as proteínas, mas deixam intactas a linhina que se acumula sob forma de turba.

1-5 - A VEGETAÇÃO

As matérias vegetais sobretudo quando são transformadas em humus têm uma grande importância sobre a evolução dos solos; elas agem pela:

- quantidade das matérias vegetais
- qualidade das matérias vegetais
- o modo de humificação e a matéria dos produtos obtidos.

1.51 - Quantidade de matérias vegetais

A quantidade de matérias vegetais que caem sobre o solo são mais ou menos variáveis, segundo o clima e a vegetação.

Eis algumas cifras:

- 10 a 14 toneladas de matérias vegetais secas por ha e por ano sob floresta em clima equatorial úmido no Congo-Kinshassa segundo LAUDELOUT a Yangaubi.
- 8 a 10 toneladas de matérias secas vegetais por ha e por ano sob floresta em clima equatorial úmido na Colômbia (a floresta equatorial americana é menos alta mas, mais densa que a floresta equatorial africana).
- 5 toneladas de matérias vegetais secas por ha e por ano em savana africana a "penisetum purpureum" sob clima tropical guineano-sudanês (1400 mm de chuva, 4 meses de estação seca) da Rep. Centro-Africana segundo FORESTIER.
- 2 a 3 toneladas de matérias vegetais secas por hectare e por ano sob o reflorestamento de eucalipto em Madagascar segundo DOMERGUES, cifra que parece surpreendente pela sua importância, porque o tapete de folhas mortas nunca é importante sob eucalipto.

Quanto à quantidade de raízes deixadas no solo a cada ano pelas raízes de gramíneas, as estimativas variam fortemente/ segundo os autores.

Considera-se geralmente que ela seria da ordem de 2 a 3 ton/ha pelo menos sob savana tropical, cifras que deveriam sem dúvida, ser reduzidas de metade nas estepes sub-desérticas.

1.52 - Qualidade das matérias vegetais:

A qualidade varia muito segundo as espécies vegetais, pode-se caracterizá-la pelos:

- teores em azoto e em "lignine"

O azoto dado pelas matérias vegetais frêscas serve / em grande parte à nutrição das bactérias donde sua importância em relação aos teores em "lignine". Exprime-se frequentemente pela relação C/N.

- teores em "termíns" das plantas: (o papel dos "termíns", / "catechiques" e "galliques" parecem diferentes); em geral os "termíns" atrapalham muito a atividade dos micro-organismos.

- teores em cinzas; portanto os teores em bases.

Os resíduos vegetais ricos em bases (Ca, Mg, K, Na) e em fósforo favorecem a vida microbiana nos solos pobres nêstes / elementos.

- o pH do material orgânico em decomposição: se o pH é muito baixo como sob floresta de coníferas, as bactérias são pouco ativas; a humificação, lenta e incompleta, se faz principalmente sob a ação dos cogumelos. Igualmente sob certas florestas equatoriais (Congo / Brazzaville, Gabon, Amazônia).

Assim, as plantas das "landes" em clima temperado / úmido como as samambaias (fetus) e as "bruyères" dão materiais ricos em linhina e "termíns", pobres em celulose, em azoto e em bases; donde humus ácidos, ricos em ácidos fúlvicos. As "feuillus" dos climas temperados são mais ricas em celulose, em azoto e em bases: o humus formado será menos ácido (Ácidos húmicos marrons e cinzentos) sobretudo se a planta é pobre em "termíns" (orme, charne).

Para as plantas das regiões tropicais: se conhece / pouco; todavia, sabe-se que a incineração de uma floresta equatorial no Congo-Kinshassa fornece ao solo 3 toneladas de cinzas das / quais metade em sílica e a outra metade em bases e em fósforo.

1.53 - O modo de humificação e a natureza dos compostos obtidos:

Em meio anaeróbio, isto é, inerso todo o ano sob a água, não existe praticamente que fermentações anaeróbicas que se realizam decompondo as celuloses; as transformações são pouco ativas e, fora do CO_2 e CH_4 não dão nascimento senão à pequenas quantidades de produtos húmicos pouco polimerizados, ácidos "creniques" e fúlvicos. A linhina não é praticamente atacada e acumula-se sobre o solo formando turbas.

Em meio aeróbio mais desfavorável à vida microbiana porque muito ácido, a decomposição da matéria orgânica é lenta e incompleta; ela dá nascimento a ácidos "creniques" e fúlvicos e a ácidos húmicos marrons em seguida por polimerização.

Os ácidos "creniques" muito solúveis e os ácidos fúlvicos que o são menos, migram no solo e vão parar no horizonte B dos podzóis onde as sêcas ocasionais os polimerizam em ácidos húmicos marrons. Estas 3 sortes de ácidos do humus se ligam muito mal à matéria mineral (argila principalmente).

A decomposição lenta e incompleta das matérias vegetais provoca a formação superficial de um tipo de matérias orgânicas quase brutas acumuladas em um horizonte A, (e Aoc) que se denomina Moor ou Mor. O Moor é característico dos podzóis: este tipo de solo se encontra em abundância nos climas temperados frêscos ou frios e úmidos e principalmente sob vegetações de resinosas - (pinhos e "sapins") e de "landes" (bruyère e fougères). Encontra-se uma variedade de podzóis, ditos tropicais, nas regiões tropicais úmidas sobre rochas-mãe permeáveis e ricas em quartzo (arenito e areia).

Os podzóis temperados ou equatoriais, se desenvolvem quase que exclusivamente sobre solos arenosos.

Em meio desfavorável à vida microbiana porque muito úmida, uma grande parte do ano (solos hidromórficos que são liberados da água durante alguns meses por ano), a humificação é lenta e incompleta em período de cheias, mas desde que a água se retira, a vida microbiana se instala rapidamente e forma o humus. Como o período favorável é curto ficam matérias vegetais mal decompostas.

Em definitivo obtém-se:

- nos solos ácidos um hidro-Mor onde os ácidos fúlvicos são os mais abundantes.

- nos solos menos ácidos (pH entre 6 e 7) um hidro-Mull onde existe predominância de ácidos húmicos marrons.

Nêstes solos a mineralização do humus é relativamente lenta; há portanto acumulação;

Em meio favorável à vida microbiana = portanto em meio à aeração relativamente bem aprovionada em bases e portanto a pH superior a 5,5, as matérias vegetais são decompostas facilmente e rapidamente dando origem aos diversos compostos de humus. Esta matéria orgânica se incorpora bem (salvo um caso particular assinalado em algumas linhas abaixo), à argila e forma com ela, complexos argilo-húmicos relativamente estáveis.

Se o solo é ácido (pH vizinho de 5,5 ou pouco superior a 5,5) e mal aprovionado em bases, só uma parte da matéria vegetal se decompõe, a outra se acumula sobre o solo em "litière"; o humus formado, contém mais ácidos fúlvicos que ácidos húmicos e nêstes últimos, os marrons dominam largamente os cinzentos quase / inexistentes.

Êste tipo de humus, metade matéria orgânica bruta, metade humus incorporado ao solo, se denomina Moder. Não existe / nas regiões tropicais, mas nas regiões temperadas frêscas e frias e ainda quase exclusivamente sob vegetação de resinosas (pinhos e "sapins"); quando um moder se forma sob "feuillus", as espécies / vegetais são ricas em "termis" (chêne, chataigners) e o clima é / frio e úmido (Norte da França, Holanda, Alemanha do Norte). A mineralização dos "moders" é lenta (acumulação).

Se o solo é pouco ácido (pH nitidamente superior a 5,5 e medianamente aprovionado em bases, a "litière" se reduz a alguns / centímetros ou mais, de matérias vegetais em decomposição rápida.

Os ácidos fúlvicos são pouco abundantes em relação aos ácidos húmicos.

Carbono ácidos fúlvicos

Carbono dos ácidos húmicos < 1

Na fração "ácidos húmicos", existe predominância / dos ácidos húmicos marrons em relação aos ácidos húmicos cinzentos mas êstes últimos são mais ou menos abundantes para formar agregados estáveis com a argila (estrutura nuciforme e poliédrica). A matéria orgânica é bem incorporada à argila e ao solo em geral; todavia, quando a saturação em bases não é mais ou menos forte para impedir uma migração da argila seja por lessivagem (transporte / vertical) seja por empobrecimento (transporte oblíquo).

O humus formado é chamado Mull ou humus doce (alcalino), (contrariamente ao Mor ou humus ácido); êste humus alcali-

no se mineraliza depressa e facilmente; também ele não tem nunca /
acumulação de humus.

O Mull é extremamente frequente nos solos tempera-
dos mediterrâneos e tropicais de pH inferior a 7.

Se o solo é neutro ou ligeiramente alcalino, portan-
to bem provido em bases e em particular em Ca, a abundância/
do Ca leva a uma polimerização intensa dos ácidos húmicos, portan-
to uma ativa formação de ácidos húmicos não somente C fúlvico ^{C húmico} 1.

Mas os ácidos húmicos cinzentos são nitidamente ma-
is abundantes que os ácidos húmicos marrons.

Como os primeiros têm a propriedade de se misturar/
à argila e de formar com elas complexos argilo-húmicos estáveis o
como, de outra parte, os ions Ca abundantes nêstes solos, floculan
enêrgicamente êstes complexos, o solo terá uma estrutura muito es-
tável e bem agregada (estrutura granulosa e granulosa).

Enfim o humus bem misturado ao solo e formado em /
maior parte de ácidos húmicos cinzentos, resiste bem ao ataque das
bactérias nitrificantes e "amonificantes". Ele é somente decompôsi-
to lentamente e progressivamente assegurado um aprovisionamento /
regular de azôto às plantas, tanto que as outras formas de humus /
(sobretudo se se trata do moor) se decompõem rapidamente desde que
a vida bacteriana prolifera (logo em seguida de um "apport" de Ca/
ao solo, por exemplo).

Êste tipo de humus, a predominância de ácidos húmi-
cos cinza, bem saturados pelo Ca é chamado Mull cálcico. São encon-
trados sob os climas temperados, mediterrâneos e semi-áridos, à
condições que o solo contém calcário ou que ôle seja saturado a
80% pelos menos em Ca.

Caso dos solos ricos em Sódio

A ação do Na se torna preponderante desde que, êste/
cation representa 15 a 20% da capacidade de troca.

Quando um teor em Na de um solo aumenta até atingir
e ultrapassar estas cifras, observa-se ao mesmo tempo, que uma de-
gradação da estrutura do solo, uma aceleração da velocidade de hu-
mificação das matérias vegetais e sobretudo da velocidade de mine-
ralização do humus formado; de tal sorte que não em definitivo se-
não pouca matéria orgânica no solo.

Como estas são dispersadas pelo Na (em lugar de ser
floculada pelo Ca), tem-se a impressão falsa que existe muito hu -

mus; além disso quando os solos a Na são hidromorfos, seu horizonte superficial contém muitas vezes muitos sulfures de cor preta / que não deve confundir com a matéria orgânica.

1.54 - A Rocha-Mãe

A rocha age sobre as matérias vegetais pela sua natureza e pelo tipo de alteração que ela sofre.

Influência sobre a quantidade de oxigênio do meio

Se a rocha-mãe possui ou dá origem a elementos argilosos em quantidade importante, o solo arrisca ser compacto e pouco permeável; a água da chuva se infiltra mal, estagna à superfície ou em profundidade criando uma anaerobiose.

Isto se produz frequentemente nos solos de climas / temperados mediterrâneos e tropicais semi-áridos, mais raramente / nos solos de climas tropicais úmidos ou equatoriais; em efeito a caolinita, mesmo se ela é muito abundante (solos a 80% de argila) nos solos ferralíticos é geralmente bem agregada pelo ferro sempre / presente nos solos, donde uma permeabilidade suficiente para evitar o embebedimento pela água.

Ao contrário, se a rocha-mãe é rica em quartzo, a permeabilidade é geralmente boa e a aeração é suficiente (aerobiose).

Aprovisionamento de elementos minerais necessários aos micro-organismos

O assunto foi tratado em grande parte no parágrafo / precedente.

Com uma rocha-mãe pobre em elementos minerais

O solo será pobre em bases e ácido; a vegetação será composta de espécies pouco exigentes e cujos resíduos vegetais terão fraca quantidade de bases.

Donde uma vida microbiana pouco ativa deixando os / cogumelos agirem.

A humificação é lenta e incompleta (Mor) com C/N elevados.

Com uma rocha-mãe rica em elementos minerais, o solo, se ele não é muito fortemente lessiviado, os guardará suficientemente para permitir a ação das bactérias ($\text{pH} > 5,5$), donde / formação do Mull.

O teor em fósforo da rocha influe de maneira considerável sobre a humificação: o fósforo da rocha-mãe é pouco lessivado no curso da pedogênese e se encontra em grande parte no solo.

Um bom teor do solo em fósforo favorece a humificação mais que a mineralização do humus, de tal sorte que os solos / ricos em $P_2 O_5$ são ricos em matérias orgânicas (Humus).

Nos solos pobres em $P_2 O_5$, a humificação se torna / menos rápida mais que a mineralização, donde solos pouco aprovisio / nados em matéria orgânica (Humus).

A influência da rocha-mãe não deve ser separada / da influência do clima e da vegetação.

Por exemplo um arenito rico em quartzo poderá dar tipos de humus e solos segundo (em topografia mais ou menos plana).

Clima	Vegetação	Tipo de Humus	Solos
Clima temperado frio	Resinosas	Moor	Podzols
	"Feuillus"	Moor e Moder	Podzols
	Gramíneas		
Clima Temp. ameno	Resinosas (pinho)	Moor	Podzols
	Resinosas (sápins)	Moder	Podzols
	"Feuillus" Gramíneas	Mull	Brunç lessivés
Clima Mediterrâneo	Resinosas (pinho)	Moder	Solos Podzols
	Outras resinosas	Mull	Brunç lessivés
	"feuillus" e gramíneas	Mull	Brunç non / lessives
Clima árido	estepe	Mull	solo iso-húmico
Clima tropical semi-árido	savana	Mull	Ferrugino - sos Tropica is lessiva - dos
Clima tropical semi-úmido	savana ou / floresta	Mull	Ferralíticos desaturados
Clima equatorial umido	floresta	Mull ácido	Ferralítico muito desa - turado
	savana	Moor Tropical	Podzols tro - pica is
	savana	Mull ácido	Ferralíti - cos muito / desaturado

(Pode-se multiplicar os exemplos dêste gênero)

1.6 - FLORA E FAUNA DO SOLO

A importância da flora e da fauna do solo é tão grande nos solos que ela é objeto de duas especialidades particulares da pedologia.

- a microbiologia do solo
- a fauna do solo

Sublinharemos aqui somente de maneira sumária como a flora e fauna do solo intervêm na gênese dos solos.

1.61 - As bactérias e os cogumelos (Flora do solo)

As bactérias vivem habitualmente em pH superiores a 5,5 portanto em solos relativamente ricos em bases.

São elas as principais responsáveis não somente da formação do humus, mas igualmente da sua degradação progressiva com fornecimento às plantas do azoto e dos elementos minerais presentes no humus. Quando as bactérias são ativas durante a maior parte do ano, não há acumulação de humus nos solos mas o teor que reflete um equilíbrio entre a formação do humus e sua degradação (seja entre 0,80% e 2% do C orgânico em muitos solos tropicais).

As bactérias formam sobretudo Mull, com predominância seja de ácidos húmicos marrons (Mull eutrófico) seja de ácidos húmicos cinza (Mull cálcicos); os primeiros permitem uma certa lixiviação da argila portanto favorecem a gênese de solos lessivados, o que não é absolutamente o caso para os segundo.

Quando a atividade das bactérias pára durante uma grande parte do ano, pode-se ter acumulação do humus, isto se produz pelas razões seguintes:

. Invernos longos e muito frios, verões quentes e secos: é o caso dos "chernozems"; as bactérias não trabalham ativamente senão alguns meses por ano, a formação do humus é aliás, mais intensa que a sua degradação (mineralização), donde uma acumulação de humus em A₁; este humus é rico em ácidos húmicos cinzentos/ porque o solo é então bem aprovisionado em elementos minerais e em particular em Ca; donde um tipo particular de solo: o chernozem. A humificação se faz bem rápido, a mineralização é mais lenta. O humus atinge de 30 a 50 centímetros de profundidade.

. clima árido de estepe: as bactérias não podem ser ativas senão em certo número de dias após cada chuva. O humus formado é um humus cálcico, porque os solos dessas regiões são normalmente ricos em Ca; este humus cálcico é pouco sensível à minerali-

zação que se faz lentamente. Mas a acumulação do humus é fraca / porque a vegetação à superfície é pouco abundante e muitas vezes / devorada pelos rebanhos; também a humificação se refere essencialmente às raízes das gramíneas que vão até uma grande profundidade à procura de unidade. Se existe pouco humus, este se reparte sobre uma profundidade considerável no solo (solo-iso-húmicos).

. Acidez do solo muito forte

Os cogumelos substituem então as bactérias. A humificação é lenta e incompleta, com acumulação sobre o solo de matéria orgânica mal decomposta (Mor, Moder); há formação de grandes / quantidades de ácidos "creníques" e fúlvicos (que se denomina em / grosso ácido fúlvico por falta de melhor diferenciação) mais solúveis que os ácidos húmicos e que se combinam ao ferro; donde a migração nêstos solos do humus e do ferro (caso dos podzois, dos solos tropicais a unidade forte).

Em definitivo não se pode dissociar a ação das bactérias do pH e da riqueza do solo em Ca o que faz intervir o clima, vegetação, a rocha mãe.

Todos os fenômenos se interrelacionam em pedologia.

1.62 - Os artropodes

A ação dos artropodes tem sido sobretudo estudada / nos solos temperados; não se conhece senão pouco, sobre o seu papel nos solos tropicais.

Sua importância é grande nos solos ácidos de tipos podzois ou solos podzólicos: a humificação começa pelo ataque das matérias vegetais frescas pelos cogumelos; os artrópodes devoram / êstes produtos orgânicos apenas decompostos e os restituem ao solo sob forma de excrementos minúsculos (boulettes fécales, em francês, pellets em inglês).

Segundo certos autores, a passagem pelo tubo digestivo dos artropodes permitiria uma humificação nitidamente mais evoluída que aquela resultante da ação dos cogumelos (Jongnerius) , tanto que para outros (Bachelier) não se trataria simplesmente que de uma melhor homogeneização no solo destas matérias orgânicas mas sem humificação suplementar.

Os produtos obtidos são pouco polimerizados: ácidos fúlvicos, em maioria, ácidos húmicos marrons, praticamente sem ácidos húmicos cinzentos.

1.63 - Os vermes

Trata-se sobretudo dos vermes da família dos lombricóides (os vermes da família dos vermes planos como os nenatóides, portanto abundantes em zona equatorial, parecem ter um papel/pouco importante na evolução das matérias orgânicas).

Os Lombricóides que vivem nos solos temperados em / pH entre 6 e 8 (não existe a pH 5 ou 5,5) têm sobretudo um papel / de homogeneização das matérias orgânicas: são eles que fabricam os horizontes superficiais húmiferos espessos de 20 a 30 cm em climas temperados; sua ação durante 3 a 4 anos equivale a uma preparação / da terra. Não parece ter um papel ativo na humificação salvo pelo / calcário que eles removem à superfície após ter tomado em profundidade.

Por vezes, pode-se ver ao microscópio concreções / de calcita sobre as galerias dos vermes.

Sobre certos solos tropicais muito ácidos (pH 6 a 6,5) pode-se ver em superfície, pequenos montículos de terra (turritules em francês, porque eles têm grosseiramente a forma de uma / torre); estes montículos podem, de tão numerosos, dificultar a marcha sobretudo se sua altura ultrapassa 5 cm.

A importância destes vermes de terra é mal conhecida do ponto de vista de seu papel nos solos tropicais.

1.64 - As termitas

As termitas existem praticamente em todos os solos / tropicais; na África em particular, elas abundam ao ponto de devorar em pouco tempo todas as matérias lenhosas e celulosas mortas, igualmente as madeiras de construção, os móveis, os tecidos, os livros. Sua ação sobre os solos é tripla.

Praticamente todos os fragmentos vegetais passam pelo seu tubo digestivo. Dêste ponto de vista, elas têm certamente / um papel extremamente importante sobre a humificação, papel ainda / bem mal conhecido.

Eles revolvem a terra fina para a superfície, para / construir as termiteiras; estas acabam por se destruir e a terra / se espalha à superfície aumentando a espessura do horizonte superficial.

Por vezes, quando a termiteira é reconstituída sempre no mesmo lugar, chega-se à verdadeiras colinas grosseiramente hemisféricas de 7 a 10 m de alto e de 30 metros de diâmetro na base.

Se estas colinas são numerosas a paisagem toma um aspecto lunar mais ou menos estranho (África central em certas savanas e sob floresta ao Norte do Equador somente).

Mesmos quando se trata de edifícios muito mais modestos como as termiteiras em forma de cogumelo ou as termiteiras/cilíndricas ou simplesmente condutos de terra que servem às termitas a aproximar os fragmentos vegetais dispersos à superfície do solo, a quantidade de terra fina trazida do sub-solo sobre o horizonte superficial é enorme e tem certamente um grande papel na formação dos solos, papel ainda mal conhecido.

A importância destas contribuições levou certos autores (LEVEQUE no Togo) a interpretar como uma contribuição feita pelas termitas todo o horizonte superficial dos solos ferralíticos acima da linha de seixos e cascalhos (stone-line) que se encontra, muitas vezes, nos solos entre os horizontes A e B.

Atualmente a maior parte dos pedólogos interpretam diferentemente este "stone-line" como isto será descrito a propósito dos solos ferralíticos, mas o único fato que se pode pensar a uma ação das termitas, indica a que ponto sua atividade é importante.

Infelizmente parece que poucos trabalhos foram elaborados para medir com exatidão, sobretudo se se eliminar isto cujo ponto de partida parece errado (falsa interpretação da "stone-line").

1.7 - AÇÃO DO HOMEM

O homem representa um fator não negligenciável na evolução dos solos.

1.71 - Os desflorestamentos e as modificações do clima no solo

A fim de realizar suas culturas (ou de criar caminhos para os rebanhos) o homem destrói a vegetação natural.

As regiões situadas ao redor do mediterrâneo começaram a ser devastadas muito milhares de anos antes da era cristã, donde o desaparecimento quase total da floresta nesta região.

Em França, como na Europa Ocidental, os desflorestamentos não parecem ter sido intensos senão depois da era cristã. In

dependentemente das mudanças climáticas que o desaparecimento da floresta pode ter contribuído (os meteorólogos não estão de acordo sobre a importância destas mudanças), o pedo-clima florestal para/ um pedo-clima de prados ou de campos cultivados, tipo de humus um pouco diferente, ação do vento mais forte, dessecamento mais intenso no verão, etc.

Em regiões intertropicais úmidas e semi-úmidas, a floresta não repousa facilmente senão nas zonas as mais regadas / (mais de 1500 a 1800 mm de chuvas) e sem estação seca pronunciada.

Fora disto, desde que a estação seca atinge alguns / meses sem chuva, a floresta é substituída pela savana que queima / todos os anos, ao menos na África, para as razões diversas: facilidade de circulação, caça, necessita de novos desflorestamentos ou de pastagens formados de rebrotamentos tenros.

A intensidade e a repetição destes fogos (cada ano / a África queima intensamente de Leste à Oeste, não permite que o rebrotamento das ervas, árvores e arbustos de espécies resistentes ao fogo ao ponto que se falou de um "pyro-climax" (climax originado pela queima).

Em tais condições é bem evidente que as únicas matérias vegetais que podem dar origem ao humus são as raízes das gramíneas.

Em zona de estepe, onde a vegetação de gramíneas / queima mal porque não é densa, são os rebanhos que absorvem a vegetação superficial e os brotos dos arbustos e árvores que acabam / por morrer.

1.72 - As culturas e o empobrecimento do solo

É incontestável que a cultura empobrece o solo em bases. Este empobrecimento é dado às 3 causas seguintes:

- exportações pelas colheitas

estas exportações estão longe de serem / pouco importantes: uma colheita de amendoins de 2 ton/ha (em casca) contém (aproximadamente) de 105 a 130 Kg de CaO (Centro do Senegal).

- Lixiviação de bases (perdas)

O desflorestamento rompe o equilíbrio biológico : lixiviação das bases - ascendência biológica através das raízes.

Assim no Senegal, constata-se uma lixiviação de 60 Kg/ha de CaO sob cultura de amendoim.

. A erosão

Sobretudo em zona intertropical, a erosão se produz ao mesmo tempo que as culturas.

Considera-se que está neste fato o principal agente de empobrecimento dos solos.

Não somente existe uma perda de terra, mas esta terra é a parte do solo que contém mais bases e matérias orgânicas. Assim no Togo, uma perda em terra de 30 ton/ha, infelizmente habitual nos campos cultivados, provoca a partida de 200 Kg/ha de K_2O em lugar de uma quantidade negligenciável (7 Kg/ha) sob vegetação natural.

Naturalmente de tais perdas em terra, se elas se renovam mais ou menos muitas vezes, acabam por provocar a aparição de perfis truncados (isto é privados de seu horizonte superior).

1.73 - Modificação do horizonte A₁ - Formação de um horizonte

Ap.

Mesmo sem erosão, a cultura provoca modificações sobretudo o mais ou menos unicamente se se empregar o arado.

- Desaparecimento da "litière" (camada de matéria orgânica à superfície)

- Homogeneização da espessura trabalhada de 15 a 25 cm que pode englobar.

A₂, A₃ (se êles existem) e mesmo o topo de B.

É isto que se chama o horizonte Ap- ("plough- / charrue").

1.8 - O TEMPO

O tempo é um importante fator na pedogênese. A alteração das rochas que permite a um solo de se formar, não se faz em um dia. Naturalmente em um clima agressivo como o clima equatorial quente e úmido, um solo se formará mais rapidamente que em clima temperado frio a invernos longos e rudes e sobretudo que em clima árido.

Eis alguns exemplos:

Um solo de uns 20 cms de espessura com um início de podzolização se formou no Norte da Rússia sobre as muralhas de uma fortaleza abandonada após 3 séculos.

No Cameroun, sobre as corridas basálticas, datando de uma cinquentena de anos, a vegetação florestal se instalou, mas o solo é somente formado de um fino horizonte A₀ e de um hori-

zonte C, isto é, do basalto desagregado e penetrado pelas raízes. Não existe nem horizonte A, nem horizonte B. Portanto, trata-se de um basalto vesiculoso, permeável, situado sob um clima muito úmido (3 a 4 metros de chuva).

Em princípio, a alteração deveria ser rápida.

Os Vertisolos parecem exigir 1 a 2000 anos para se formar: é possível mesmo que sobre rochas pouco resistentes alguns séculos sejam suficientes: em efeito, no Marroco pode-se obter em caixas lisinétricas um escurecimento importante em alguns anos, por tanto formação de montmorilonita e absorção de matéria orgânica / por essa montmorilonita.

Naturalmente, sob um mesmo clima, a formação de um vertisolo será mais lenta sobre rocha dura (diorito, gabro, basalto) que sobre xisto argiloso contendo já argilas que expandem (vermiculitas, montmorilonitas).

Habitualmente considera-se que um solo normalmente desenvolvido exige pelo menos vários milênios para se formar e adquirir os caracteres de um solo maduro.

É dizer da gravidade que representa a erosão que em alguns anos pode carrear o que durou mais de 1000 anos para se reformar.

O caso dos solos ferralíticos deve ser colocado à parte: sua espessura importante sugere que eles sofreram uma evolução pedológica extremamente longa. As avaliações vão de várias centenas de milhares de anos à várias dezenas de milhões de anos.

No curso destes períodos que se ^{mais} aparentam à geologia a que à pedologia, os climas puderam mudar, os períodos pedogenéticos se sucederam sobre o mesmo material, o qual pode ser profundamente misturado e transportado para outros lugares onde ele foi retomado por uma nova pedogênese.

Donde a atitude dos belgas no Congo Kinshassa que não consideram como evoluindo atualmente, senão a parte do solo / compreendida entre 0 e 2 m de profundidade. É sem dúvida exagerada, mas existe uma parte de realismo nesta atitude.

Capítulo II

Critérios da classificação dos solos

e

Caracteres gerais das classificações utilizadas

Não deveria haver senão uma classificação de solos, como não existe senão uma classificação de plantas, uma classifica

ção das formações geológicas etc...

Isto tem em parte ao fato que a pedologia é uma ciência jovem, ela não tem 100 anos.

É preciso lembrar-se a este propósito que a classificação das plantas não foi baseada definitivamente sobre os órgãos reprodutores senão depois dos últimos 150 anos, aproximativamente: antes houve numerosas classificações baseadas sobre o caráter lenhososo ou não das plantas ou ainda sobre a forma das folhas ou das hastes; etc.

É possível que a diversidade das classificações pedológicas atuais tem conta do fato que se procura sempre critérios válidos de classificação admitido por todo o mundo sem discussões. É verdade que isto não será fácil pelo fato que um solo tem características bem particulares que torna este problema extremamente complexo.

2.1 - CARACTERES PARTICULARES DOS SOLOS

2.1.1 - A complexidade dos fatores de formação dos solos

Nós vimos no capítulo precedente que o clima, a rocha-mãe, a vegetação, a natureza do humus, etc... influenciam diretamente sobre a formação do solo.

Não somente estes fatores não são independentes, mas eles se inter-relacionam estreitamente uns aos outros

Ignora-se ainda muitas vezes, a importância relativa destes fatores, importância que varia segundo as regiões: assim na Rússia o clima parece influenciar a formação dos solos de uma maneira mais notável que na Europa Ocidental.

Na Oceânia, nas Antilhas, a rocha mãe tem uma importância muito grande sobre a formação dos solos da zona equatorial; ao contrário, esta importância da rocha-mãe parece nitidamente mais fraca sob o Equador nos blocos continentais da África, da Ásia, do SE, ou da América do Sul.

O solo tem muitas vezes uma história: os períodos / quentes do fim do Terciário, as glaciações do início do Quaternário marcaram fortemente certos solos temperados que devem a esta história passada alguns caracteres particulares; de mesmo para os solos intertropicais à medida que se conhece mais ou menos mal, a maior parte do tempo.

2.1.2 - Não há separação nítida entre duas categorias de solos

Entre 2 solos bem diferentes, existe todos os termos de passagem sobre o terreno. Por exemplo, sob 600 a 1000 mm de chuva, encontra-se todos os termos de passagem entre um solo "Brun" / eutrófico e um vertisol: à grande escala, uma cartografia pedológica evidenciará de 4 a 5 intermediários, talvez mais. A pequena escala é necessário reagrupar estes solos intermediários em 2 categorias principais.

2.13 - O solo tem três dimensões: extensão em superfície, portanto 2 dimensões e extensão em profundidade (1 dimensão). Ora não é fácil de se levar em conta as 2 primeiras dimensões na prática, porque estuda-se um corte vertical, o perfil sem poder ver sempre / a extensão no espaço.

Isto não é particular à pedologia, porque a estratigrafia geológica, que uma formação tenha 50 cm ou 100 m de espessura / ela é indicada da mesma maneira.

Em pedologia fala-se de solos esqueléticos para indicar que sua profundidade é muito pequena para uma utilização agrícola / conveniente. Mas é difícil de se ir mais longe.

2.2 - CRITÉRIOS DE UMA CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

2.21 - Os critérios devem ser válidos no mundo inteiro

Não é fácil porque os fatores de formação dos solos não são nunca exatamente os mesmos.

Assim, os climas continentais temperados, Rússia, Sibe-
riano, chinês (do Norte), americano (Norte dos USA e Sul do Canadá)
diferem ligeiramente uns dos outros, não muito para que os solos se
jam totalmente diferentes, mas suficientemente para que eles não se
jam absolutamente idênticos, os outros fatores de formação (rocha -
mãe, topografia, etc...) sendo os mesmos. É uma dificuldade.

Mas é importante de reagrupar sob um mesmo nome geral /
estes solos semelhantes e de evitar as classificações muito regio-
nais.

2.22 - Os critérios devem ser aplicáveis, não importa qual se- ja a escala

É preciso que as categorias de solo e os limites defini-
dos sobre as cartas correspondem a qualquer coisa sobre o terreno,
em particular do ponto de vista do tipo de perfil, das propriedades
mineralógicas (tipo de argila por exemplo), sem esquecer as propri-
edades agronômicas.

2.3 - DIFERENTES TIPOS DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS

2.31 - Classificação geológica

O único critério de classificação utilizado é a rocha mãe. Mas é necessário ir mais longe que a carta geológica e utilizar a noção de fácies, porque um mesmo nível do Cretáceo pode ser calcário em um lugar, argiloso um pouco mais longe, silicoso / em outros lugares.

Estas cartas que foram utilizadas na França até / 1920 e na Argélia até 1935, podem ser muito interessantes sobre o plano local; mas é absolutamente impossível de comparar 2 cartas / deste tipo representando solos sob 2 climas diferentes, mesmo se as rochas-mãe são as mesmas (não se leva em consideração o clima).

2.32 - Classificações agrológicas

Utiliza-se unicamente os caracteres de textura dos / horizontes superiores: argiloso, arenoso, argilo-arenoso etc...

A classificação se interessa unicamente ao solo com preendido entre 0 e 140 cm, profundidade máxima atingida pelo arado. Uma primeira dificuldade: como as raízes das plantas vão sempre / além de 140 cm, ou bem não se leva em conta o que se encontra abaixo ou bem chega-se a uma complicação extrema da carta.

Tais cartas podem ser muito úteis para a agricultura à condição de figurar o mesmo tipo de solo; em efeito, o horizonte superior arenoso de um podzol é geralmente muito pouco fértil e o horizonte superior de aluviões arenosos vizinhos, ele é sempre / muito favorável às culturas. Tais cartas não são concebidas que à uma grande escala 1/10.000 ou 1/50.000. Uma síntese de 1/200.000 / ou 1/500.000 de várias dessas cartas é praticamente impossível. A última carta agrológica feita na França foi terminada perto de / 1966: é provável que não se fará mais. Portanto ela tinha em consideração, em uma grande medida, dados da pedologia.

2.33 - Classificações Pedológicas

2.331 - Classificações genéticas ou extrínsecas

Os solos estão reunidos em grandes categorias pelos fatores de formação: clima, rocha-mãe, etc...

De fato, observa-se os efeitos destes fatores sobre o solo, o desenvolvimento do seu perfil, seus caracteres particulares como a hidromorfia, a riqueza em bases, o teor em argila, etc. Por raciocínio deduz-se o efeito dos fatores de formação. Onde um certo grau de incerteza sobre o efeito real dos fatores de forma -

ção; incerteza que conduz à revisões periódicas desde que se conhece melhor os solos.

A classificação Russa (Dokuchaef e Sibirchef),

Utilizava quase unicamente o fator clima. Atualmente os pedólogos russos a revisam (Kovda, Guerassinoff).

A classificação americana até em 1960

(Marbut 1935, Kellog 1950.)

Ela sofreu um certo número de modificações nas versões sucessivas chamadas "aproximações". Houve seis aproximações / até 1960.

A classificação de solos utilizada no Brasil parece largamente inspirar-se da 5ª e 6ª "aproximações".

A classificação alemã (Kubiena e Muckenhausen)

Divide os solos em 3 categorias: terrestres, semi-terrestres e aquáticos.

Parece que este tipo foi retomado por certos pedólogos russos.

A classificação belga no Congo (Sys) e na Bélgica

Têm enormemente em conta, para os solos tropicais, a idade dos solos: assim os solos jovens-recentes têm pouca caolinita; os solos antigos têm muita caolinita.

A classificação francesa (Aubert, Duchauffour, Segalen), os princípios serão expostos abaixo.

2-332 - Classificação morfológica ou intrínseca

É essencialmente a classificação americana da 7ª e 8ª aproximações.

Ela não procura definir os processos da evolução pedológica, partindo do princípio que nós os conhecemos mal.

O pedólogo descreve o solo, o classifica e oficialmente não deve procurar o compreender. Ele deixa aos cuidados dos seus chefes que no final de alguns anos, publicam uma nova aproximação.

A classificação americana atual é baseada sobre o desenvolvimento do perfil e o reconhecimento dos horizontes diagnósticos: ela tem grandes qualidades de lógica e os horizontes diagnósticos são remarcavelmente escolhidos (êles são utilizados, sob outras denominações, às vezes pelas classificações genéticas / francesa em particular).

Fora de um vocabulário muito estranho (Fragiudalf, Cryaquept, Thermaquod, etc...), os principais defeitos desta clas-

sificação são segundo Duchaufour:

- uma primazia excessiva dada ao caracter rocha-mãe: por exemplo todos os solos arenosos, mesmo evoluídos, são agrupados na sub-ordem dos Psammentes da ordem dos solos pouco evoluídos (Fluvisolos), o que parece excessivo.

- a importância exagerada dada a certos caracteres de microclimax quando eles não aparecem nem na morfologia do perfil nem nas propriedades dos solos: assim, a classificação de um regosol ou litosol em Ustents ou em Udents é unicamente baseado sobre os anais meteorológicos e não sobre os caracteres do perfil e as propriedades do solo.

- a supressão dos solos hidromorfos (salvo no que diz respeito às turfas) e aquelas dos solos salinos no nível da ordem:

portanto a hidromorfia como o sal pode marcar fortemente os perfis e lhes dar caracteres muito distintos que eles parecem suficientes para agrupar estes solos à parte.

2.4 - AS UNIDADES DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

As unidades descritas aqui são aquelas da classificação francesa com sua correspondente na classificação americana se bem que os critérios escolhidos não são exatamente os mesmos nas 2 classificações.

2.4.1 - A Classe : (order da classif. americana)

É o nível mais elevado da classificação. A classe agrupa os solos que têm em comum uma ou várias das propriedades seguintes:

- um certo grau de desenvolvimento do perfil, portanto de diferenciação dos horizontes A,B,C, por exemplo, um solo de perfil A,C, será colocado numa classe, um solo de perfil A,B,C numa outra, um solo de perfil A₁, A₂,B,C, numa 3ª classe.

- um modo de alteração dos minerais em relação com as condições físico-químicas da parte superior do solo.

Por exemplo, se a alteração completa dos minerais da rocha-mãe se realiza ao mesmo tempo que a liberação dos sesquióxidos de ferro e de alumina no perfil, o solo será colocado na classe dos solos ferralíticos.

Se há formação de montmorilonita e que ela dá seus caracteres essenciais ao perfil, o solo pertencerá à classe dos vertisolos.

O conjunto destes 2 caracteres pode se exprimir pelas côres, das propriedades físicas (estrutura), das propriedades

químicas (como a saturação do complexo absorvente).

- uma composição e uma repartição típica da matéria orgânica nos horizontes:

por exemplo, um solo a Mor com uma acumulação de humus em B será um podzol.

- certos fatores como a hidromorfia ou a halomorfia (presença de sais solúveis de sódio, cloretos, carbonatos ou sulfatos) quando eles são predominantes e caracterizam uma evolução especializada.

Assim, um solo onde a argila é constantemente dispersada pelo Na é um solo halomorfo (ou salino); se este solo não contém senão pequenas quantidades de sal insuficientes para dispersar a argila, ele será agrupado noutra classe, mesmo se este sal é nocivo a certas culturas (agrumes).

2.42 - A sub-classe (Sub-order da classificação americana)

A definição de sub-classe repousa sobre as diferenciações dadas ao clima do solo (pedo-clima), portanto uma certa medida ao clima da região tal qual ele é definido pela meteorologia. Por exemplo: a acumulação de matérias orgânicas pode se produzir nos climas frios e amenos ou ainda nos climas quentes a longa estação seca, mas ela não será de mesma natureza nos 2 casos: assim os chernozems (clima temperado continental) e os solos marrons estépicos (clima árido) são 2 sub-classes de solos iso-húmicos.

Por vezes é a ausência da influência do clima que é tomada em consideração como para a sub-classe dos solos minerais brutos não climáticos ou as sub-classes dos solos halomorfos ou hidromorfos.

2.43 - O grupo (great-group da classificação americana)

A definição do grupo se baseia sobre os caracteres morfológicos do perfil correspondendo a processos de evolução do solo: diferenciação de certos horizontes (A e B), lixiviação do calcário, transporte dos coloides em B ou fora do perfil, etc...

Cada grupo corresponde a um perfil distinto.

2.44 - O sub-grupo (Sub-group da classif. americana).

No interior de um grupo, os caracteres essenciais da morfologia do perfil são os mesmos para cada um dos sub-grupos; mas estes se diferenciam entre eles pela intensidade variável da evolução do perfil ou pela aparição de caracteres secundários no perfil: concrecionamento do Fe ou do calcário, endurecimento de um horizonte (induração), manchas de gley ou de pseudo-gley, estrutura mais

grosseira ou mais fina.

2.45 - A família (Family da classif. americana)

No interior de um mesmo sub-grupo, tôdas as séries / de solos formados sôbre o mesmo material petrográfico constituem / uma família.

Reciprocamente pode-se dividir os solos de um mesmo sub-grupo considerando o material original. A família está, portanto, em ligação estreita com a rocha-mãe.

2.46 - A Série -(Série da classif. americana)

Os caracteres dos diversos perfis que se englobam / numa mesma série são suficientemente homogêneos para que as varia - ções não tenham influência notável sôbre o crescimento das plantas cultivadas.

Na ausência de estudos estatísticos precisos, consi - dera-se que os solos de uma mesma série têm o mesmo tipo de perfil / (com diferenças de espessura de horizonte ou de ligeiras diferenças de côr) e são formados sôbre uma mesma rocha-mãe e nas posições com - paráveis de paisagem (exemplo série sôbre declive, série sôbre pla - nalto, etc).

2.47 - O tipo

No interior de uma série pode-se diferenciar os ti - pos, baseando-se sôbre a textura do horizonte superficial:

- tipo argiloso
- tipo argilo-arenoso
- tipo areno-argiloso
- tipo arenoso

Na prática se as séries foram suficientemente deta - lhadas, elas englobam muitas vêzes o tipo.

2.48 - A fase

A fase faz intervir fenômenos naturais (erosão, colu - vionamento, ação de vegetais ou dos animais do solo) ou ainda devi - dos ao homem (cultivo, pastagens, irrigação) que modificam, mesmo / passageiramente, a natureza, a organização ou a dinâmica dos hori - zontes superiores.

Ex: fase cultivada, fase erodida em lençol, etc.

2.49 - As Unidades complexas

Quando a escala da carta é muito pequena para permi - tir considerar tôdas as unidades de solo porque o detalhe é impos -

sível a colocar sobre uma carta, cria-se unidades complexas onde / reagrupa-se os solos.

A justaposição de solos: é um conjunto de unidades / de solo onde cada uma não ocupa senão uma superfície muito pequena para ser representada sobre a carta; a coexistência destas unidades não parece depender de nenhuma regra precisa.

A sequência de solos: é um conjunto de solos cuja / sucessão se encontra constantemente na mesma ordem através duma / paisagem geográfica.

A razão de sua justaposição regular é a influência / preponderante e regularmente repetida de um dos fatores de formação.
Ex: a justaposição dos solos sobre basalto no Norte do Cameroun.

Vertisol sobre os planaltos mal drenados.

Solos marrons eutróficos sobre as encostas (sempre / pouco pronunciadas).

Solos hidromorfos nos vales

Aqui, o fator preponderante é a drenagem.

A cadeia de solos ou catena: é um conjunto de solos / ligados geneticamente, cada um deles tendo recebido outros, ou cedido aos outros, alguns de seus elementos constituintes.

Ex: a cadeia de solos ferralíticos da Rep. Centro-Africana.

Solos vermelhos ferralíticos sobre planalto

Solos ceros e amarelos ferralíticos sobre encosta

Solos cinzentos ferralíticos dos baixios.

O elemento móvel destes solos é o Fe e, às vezes, a argila.

2.5 - CARTOGRAFIA DOS SOLOS

Não se pode figurar sobre um mapa de solo senão / aquilo que é possível de se desenhar em função da escala: os detalhes inferiores à 2 mm na sua menor dimensão, são impossíveis de cartografar.

A cartografia à pequena escala: 1/500.000 a 1/5.000.000.

Não se pode incluir senão as classes, às vezes as sub-classes e os grupos fazendo muitas vezes unidades complexas.

A cartografia à média escala: 1/80.000 a 1/400.000.

A escala mais utilizada é a do 1/200.000. Esta cartografia contém sempre os grupos e muitas vezes os sub-grupos; chega-se a incluir as famílias quando a geologia é mais ou menos uni-

forme; se bem que muitas vezes sejamos obrigados de criar unidades complexas.

A cartografia na escala 1/50.000 é muito utilizada/
na África do Norte: representa-se sempre as famílias e a maioria /
das vezes as séries, às vezes o tipo. Na medida do possível evita-
se de se fazer figurar as unidades complexas.

A cartografia à grande escala 1/25000, 1/20.000 ,
1/10.000, 1/5000, 1/2000:

Utiliza toda gama da classificação.

Muitas vezes não é possível de incluir a fase na es-
cala de 1/25.000 ou 1/20.000, mas ela deve sempre figurar sobre as
cartas em 1/10.000 ou em escala maior.

Não deve figurar unidades complexas sobre as cartas
a grande escala.

As cartas de utilização dos solos São as cartas de-
rivadas da carta pedológica que indicam com um vocabulário simpli-
ficado as aptidões culturais dos solos, as principais culturas que
se pode tentar, os adubos minerais ou orgânicos indispensáveis, /
etc.

As grandes e médias escalas estas cartas não dão /
nunca senão de informações gerais dificilmente aplicáveis à escala
do campo cultivado: também os pedólogos repugnam muitas vezes a for-
necer tais cartas; é por vezes um erro vis-à-vis dos utilizadores /
(em particular no nível dos planificadores).

A 1/50.000 e nas escalas maiores, a carta de utili-
zação dos solos deve necessariamente acompanhar a carta pedológica
afim de informar exatamente os utilizadores (agronômos, agrivulto-
res).

Nas regiões onde a irrigação está prevista ou possí-
vel, é necessário fazer 2 cartas.

- uma carta de utilização dos solos em cultura seca
(sem irrigação)
- uma carta de utilização dos solos em culturas ir-
rigadas que leve em conta, em particular, as possibilidades de dre-
nagem natural ou artificial.

2.6 - AS DOZE CLASSES DA CLASSIFICAÇÃO FRANCESA E SUA SIGNIFICAÇÃO PEDOGENÉTICAS.

Classe I - Os solos minerais brutos

Nenhuma evolução pedológica salvo uma fragmentação /
da rocha.

Não existe ou existe muito pouco de matéria orgânica (de 1 a 1,5% nos 3 cm superiores).

O perfil é do tipo (A)C, (A)R ou simplesmente CR. Os americanos não reconhecem esta classe de solo na sua classificação (7ª e 8ª aproximações).

Classe II - Os solos pouco evoluídos

O problema principal é sempre a fragmentação da rocha mas sem hidrólise dos minerais. Portanto existe uma fraca evolução pedogenética sob a influência da matéria orgânica nitidamente / mais abundante que a precedente: donde formação de um verdadeiro / horizonte A.

O perfil é do tipo AC.

Correspondência na classificação americana

Entisols

Certos Inceptisols (umbrepts, andepts)

Classe III - Os vertisolos

A evolução pedológica é dominada pela presença de argilas montmoriloníticas sintetizadas no solo ou herdadas da rocha-mãe.

Não existe verdadeiro horizonte B

O perfil é do tipo A (B) C ou A(B) g C ou A(B)Cg.

Correspondência na classificação americana:

vertisols

Classe IV - Os Andosolos

Trata-se de solos formados sobre materiais vulcânicos recentes: cinzas, lapili, basaltos. Sua evolução pedológica é ainda pouco marcada, donde perfis do tipo A(B)C ou mais raramente / AC. Estes solos são caracterizados pela presença de alofane.

Correspondência na classificação americana:

Andepts (sub-ordem dos Inceptisolos)

Classe V - Os solos calco-magnesimorfos

Estes solos se encontram sob clima temperado e mediterrâneo, sobretudo, formados sobre rocha calcárea ou rica em Ca / (ou Mg).

A evolução pedológica existe: em particular fenômenos de dissolução da rocha, síntese de argila provavelmente, forma-

ção de humus evoluído bem integrado ao solo, do tipo Mull.

Mas os outros processos como a lixiviação da argila são freados ou anulados pelo fato que o Ca satura o complexo absorvente (o Mg pode também desempenhar este papel). Se o horizonte B existe, é um B estrutural ou (B). O perfil é do tipo A(B)C ou A(B)R para os mais evoluídos, AC (ou raramente AR) para os menos evoluídos.

Correspondência na classificação americana:

Mollisols (ou solos a Mull)

Inceptisols por vezes se o (B) está em evolução rápida para um B (ochrepts = solos "Bruns" cálcicos não calcários).

Classe VI - Os solos iso-húmicos

São ainda solos cuja evolução pedológica está freada não somente pelo Ca que satura o complexo absorvente, mas ainda pelo clima seja com inverno frio com verões quentes e secos, seja quente e seco todo o ano.

A matéria orgânica é de um tipo particular: um Mull muito rico em ácidos húmicos cinza que dá aos solos uma estrutura muito estável.

Outra característica importante: esta matéria orgânica diminui regularmente de alto a baixo do perfil até 50 cm de profundidade (pelo menos) (ou sobre a metade do perfil, pelo menos se este não tem 1 metro de espessura).

O perfil é do tipo A(B)C, por vezes ABC se o clima se torna mais úmido (passagem para solos "Bruns" ("brunifiés").

Correspondência na classificação americana:

Mollisols nos climas temperados continentais secos/ e climas mediterrâneos (Udolls, Ustolls, Albolls).

Aridisols nos climas áridos

Classe VII - Os solos "Brunifiés"

São sobretudo solos de climas temperados e mediterrâneos por vezes, mas existe uma sub-classe tropical: os solos Bruns eutróficos.

A saturação do complexo absorvente é sempre incompleta: existe portanto, tendência à formação de um B ou formação nítida de um B por migração de argila: o B é então um B argílico; neste último caso um horizonte A_2 pode começar a se formar por perda de argila, mas não se torna jamais esbranquiçada. A matéria orgânica é um Mull, por vezes um Moder no limite da classe (Térmo de passagem com os solos podzolizados).

O perfil é do tipo A(B)C e sobretudo ABC, às vezes, com um A_2 não esbranquiçado.

Correspondência na classificação americana:

perfil A(B)C	Inceptisols (Euchrepts, Eutrochrepts)
perfil ABC	Alfisoils

Classe VIII - Os solos podzolizados

São solos de climas temperados amenos e úmidos sobretudo, mas existe podzois Tropicais (zona úmida). A evolução pedológica é intensa e se caracteriza por uma forte migração da argila, do húmus, do Fe e do Al.

A argila pode mesmo ser alterada e destruída em parte. O complexo absorvente é fortemente dessaturado ($V < 40\%$). A matéria orgânica é do tipo Mor ou Moder.

O perfil é do tipo A_0, A_1, A_2, B, C .

Correspondência na classificação americana:

Classe IX - Os solos a sesquióxidos de Ferro

São solos dos climas mediterrâneos (solos vermelhos e marrons, solos vermelhos mediterrâneos) e Tropicais semi-áridos / (solos ferruginosos Tropicais). A evolução pedológica é caracterizada por uma forte alteração dos minerais e uma liberação dos óxidos de ferro e manganês que migram no perfil assim que a argila. Há portanto tendência à formação de um B ou bem à formação nítida de um B argílico que engloba também os óxidos de Ferro e de Manganês; donde cores características (vermelho, ocre, amarelo). O complexo absorvente é medianamente dessaturado $V = 50$ a 70% .

O perfil é do tipo A(B)C ou ABC.

Correspondência na classificação americana:

É difícil de ser estabelecida

Certos solos do tipo A(B)C seriam inceptisolos se eles são muito arenosos (psamments).

Certos solos de tipo ABC seriam Alfisols enfim é cer

to que outros solos correspondem aos Ultisols como muitos dos solos ferruginosos Tropicais.

Classe X - Os Solos Ferralíticos

Solos das regiões intertropicais úmidas.

A alteração dos minerais é avançada à extrema: tôdas as argilas desaparecem salvo a kaolinita e ainda esta, pode se degradar em certas condições.

O horizonte A se empobrece em argila pela eluviação/oblíqua. Os sesquióxidos de Fe são fortemente individualizados: o Fe e o Mn migram em B e o Al (gibbsite), permanece geralmente in situ, isto é, no horizonte A.

O horizonte C é fortemente alterado e muitas vezes, muito espesso. Os horizontes A e B são dessaturados em bases. A matéria orgânica tem evolução rápida. O perfil é do tipo ABC num só grupo uma subdivisão de A em A₁ e A₂.

Correspondência na classificação americana:

São essencialmente os Acrisols mas é possível que os solos ferralíticos, os menos evoluídos possam ser Ultisols.

Classe XI - Os solos hidromórficos

A evolução pedológica é dada pelo efeito de um excesso d'água no solo: encharcamento temporário ou permanente da maior parte ou da totalidade do perfil. A hidromorfia cria, segundo condições de anaerobiose, uma acumulação de matéria orgânica de tipo particular (anmoor, hidromor, hidromoder, hidromull) ou bem formações de gley e de pseudogley ou ainda os dois fenômenos de uma vez. Pode haver ainda concrecionamento calcário de gipsa ou de Fe.

Correspondência na classificação americana:

Histosols que correspondem aos solos hidromórficos / orgânicos (a turfa).

Os outros solos hidromórficos da classificação francesa estão repartidos nas outras ordens da classificação americana.

Classe XII - Os solos Halomórficos ou Sódicos

São solos cuja evolução pedológica está caracterizada:

- seja pela presença de sais solúveis (cloretos, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos de Na e Mg às vezes) cujos teores elevados os tornam facilmente reconhecíveis a olho nú e provocam uma mudança importante de vegetação.

A condutividade é superior a 7 millimhos à 25° sobre

o conjunto do perfil durante pelo menos uma parte do ano.

- seja pela presença do Na trocável (e/ou do Mg) em quantidade suficiente (mais de 10% de T) para provocar a aparição uma estrutura massiva, difusa e de forte compactidade (graças à dispersão da argila).

Correspondência na classificação americana:

Os solos salinos não têm individualidade própria e são repartidos nas diferentes ordens no nível do grande grupo juntando o prefixo "natr" (horizonte nátrico).

Exemplo: Natrustoll, isto é, ordem Mollisol sub-ordem de clima seco ou Ust, natr, com horizonte nátrico que corresponde ao Solonetz da classificação francesa e também da classificação russa.

CAPÍTULO III

Os solos à fraca evolução pedológica

Regrupou-se neste capítulo de maneira talvez arbitrária, os solos seguintes:

- classe dos solos minerais brutos
- classe dos solos pouco evoluídos
- classe dos andosolos
- classe dos vertisolos

Estes solos têm a particularidade de existir sob uma larga diversidade de climas: todos os climas do mundo para as 2 primeiras classes, uma zona indo dos climas temperados aos climas tropicais úmidos para os 2 últimos.

Por outro lado, a evolução pedológica não se manifesta senão pela aparição de caracteres simples em número reduzido a menos levando-se em conta os principais caracteres:

- fragmentação da rocha-mãe para os solos minerais brutos
- fragmentação da rocha e matéria orgânica para os solos pouco evoluídos
- presença de alofane para os andosolos
- presença de montmorilonita para os vertisolos

3-1 - OS SOLOS MINERAIS BRUTOS

3.11 - Caracteres gerais

Classificação Francêsa: classe 1- os solos minerais
Classificação Americana: sem equivalente.

São os solos cujo perfil é muito simples (A)C ou (A)R ou ainda R. Eles não contêm senão traços de matérias orgânicas / na sua parte superior. São essencialmente formados pela desagregação e fragmentação da rocha-mãe sob efeito do vento da chuva, da geada, das alternâncias de frio e calor. Bactérias podem às vezes, contribuir à esta fragmentação, mas sua ação permanece aparentemente muito fraca, do mesmo que aquela vegetação sempre rarefeita.

A alteração química (pela hidrólise, por ex), permanece sempre muito fraca; no entanto pode ocorrer a evacuação fora / do perfil dos sais solúveis liberados (cloretos, carbonatos, sulfatos) ou redistribuição no interior do perfil destes sais que, por exemplo, podem se concentrar na superfície, evaporando-se no local.

Os solos minerais brutos se formam essencialmente / nos desertos muito frios ou quentes e muito secos ou ainda sobre / as rochas mas dos outros climas, rocha in situ ou sedimentos careados.

3.12- Classificação

Classe dos solos minerais brutos

A subdivisão em sub-classes é baseada sobre as diferenciações dadas pelo clima (desertos quentes ou frios) ou ainda / sobre a ausência da influência do clima sobre a evolução do solo.

3.12.1 - Sub-classe 1 - Solos minerais brutos dos desertos / frios - Cryosolos

Pedo-clima muito frio todo o ano impedindo assim a evolução do solo.

Grupo 11 - Litosolos dos desertos frios (rocha-mãe dura)

Grupo 12 - Cryosolos brutos não organizados ("inorganisés")
(rocha-mãe menos resistente, areia, argila, xistos).

Grupo 13 - Cryosolos brutos organizados: observa-se uma distribuição mais ou menos geométrica dos elementos / do solo.

Sub-Grupo - A rede de fendas (fente en coin)

- a polígonos de terra

- a pústulas de lama

- "à striures" (ranhuras produzidas pelo deslizamento de uma rocha ou gelo sobre rocha menos resistente).

3.122 - Sub-classe 2 - Solos minerais brutos dos desertos /
quentes ou xéricos

O pedo-clima é muito seco durante todo o ano: é o caso do Saara ou dos desertos da Arábia e do Irã que são nitidamente mais secos que os desertos da América do Norte, da África do Sul ou da Austrália.

Grupo 21 - litosolos dos desertos quentes (rocha-mãe dura)

Grupo 22 - Solos brutos xéricos não organizados ("inorgânicos").

Grupo 23 - Solos brutos xéricos organizados de ablação

Grupo 24 - Solos brutos xéricos não organizados carregados (dunas dos desertos)

Grupo 25 - Solos brutos xéricos organizados carregados, é o caso de Takyrz formados pelos finos depósitos argilosos pouco espessos (alguns centímetros) nas depressões. A argila é finamente folheada (estratificada).

3.123 - Sub-classe 3 - Solos minerais brutos não climáticos

São solos não evoluídos sobre material mineral recentemente erodido ou acumulado recentemente.

Grupo 31 - Solos minerais brutos de erosão (rocha-mãe aflorando pela ação da erosão)

Sub-Grupo - litosolos - solos brutos de erosão sobre rocha dura.

Regossolos - solos brutos de erosão sobre material não coerente (areia, argila...)

Grupo 32 - Solos minerais brutos "origem alluvial" (Transporte pelos rios, o mar)

Grupo 33 - Solos minerais brutos "origem colluvial" (partes baixas da encosta)

Grupo 34 - Solos minerais brutos de origem vulcânica: (cinzas e lavas de vulcão).

Grupo 35 - Solos minerais brutos de origem eólica (dunas das praias)

Grupo 36 - Solos minerais brutos antrópicos (originados pela ação do homem)

Para os sub-grupos 32, 33, 34 e 35 distingue-se:

Sub-Grupo - Modal

Sub-grupo a lençol (lençol freático a menos de 1 m de profundidade durante certos períodos).

3.2 - SOLOS POUCO EVOLUIDOS

3.21 - Caracteres gerais

Classificação francesa- solos pouco evoluídos

Classificação americana- Eutisols, porém os americanos consideram igualmente como Eutisols muito dos solos arenosos cujo grau de evolução parece suficiente aos classificadores franceses para agrupá-los em outros grupos.

O perfil é do tipo A₂C - Não existe nunca horizonte B ou mesmo (B). O principal critério que separa os solos pouco evoluídos dos solos minerais brutos, é a presença de matéria orgânica em A: esta matéria orgânica representa mais de 1 a 1,5% do solo nos 3 cms superiores ou ainda uma quantidade nitidamente superior a traços nos 20 cm superiores.

Esta matéria orgânica pode ser humificada totalmente ou em parte, por vezes como na montanha, ela é abundante.

A rocha-mãe é mais ou menos fragmentada para que se possa considerar a parte superior como um horizonte C, mais a alteração química permanece fraca, seja pelo clima (muito seco ou muito frio) seja ainda porque o material original foi acumulado muito recentemente para ter tido tempo de sofrer uma evolução pedológica.

3.22 - Classificação

Classe dos solos pouco evoluídos

A subdivisão em sub-classe é baseada seja sobre o clima ou muito frio ou muito seco (mais ou menos que nos solos precedentes) seja pelo fato que o clima não teve o tempo de agir.

3.221 - Sub-classe 1 Solos pouco evoluídos a "pernagel"

São os solos que não degelam no verão senão numa fraca espessura. Sobre 2 m (máximo), na maioria das vezes 10 a 50 cm; don de uma consistência de lama e uma ausência de drenagem; existe a vegetação, "mousses", líquens, gramíneas, porém as raízes não podem penetrar bem longe.

Observa-se por vezes, fenômenos de redução do ferro e do manganês, dados pela hidromorfia: é portanto pela existência de micro-organismos vivos e ativos (durante os 2 meses do verão somente).

Por outro lado, as deformações mecânicas provocadas //

pelas alternâncias do gelo e degelo, depois o gelo considerável do solo durante 10 meses do ano levando a formação de pústulas de lama, de corôas de lama e sobretudo de uma rede de polígonos ou ainda de estrias.

Grupo 11 - Solos a forte segregação de gelo não ordenado

Grupo 12 - Solos à forte segregação de gelo ordenado em rede.

Sub-grupos- Cryosolo a rede poligonal com depressão no centro. São os solos poligonais árticos. (Ártico)

Sub-grupos- Cryosolo a colina com núcleo de gelo.

Grupo 13 - Solos sem segregação de gelo

O "pernagel" encontra-se à uma profundidade inferior a 1,20m.

Sub-grupo - Cryosolo a colinas

" " - " " pustula

" " - " " rêsdes poligonais

" " - " " " paralelas

Grupo 14 - Solos marrons árticos

O "pernagel" está situado à mais de 1,20 m de profundidade.

3.222 - Sub-classe 2 dos solos pouco evoluídos humíferos

São os solos de perfil AC, por vezes mesmo AR; o horizonte A é sempre bem desenvolvido e rico em matéria orgânica mais ou menos mal ligada à matéria mineral. Este solo evolui mal apesar da abundância de matéria orgânica seja porque o clima é úmido e muito / frêso (montanha), seja porque ele é muito seco; seja ainda porque a rocha é dura, compacta, lisa e que ela não retém a água (caso dos solos em clima tropical úmido a pedo-clima seco). O f i o e a seca climática ou pedo-climática sendo os fatores limitantes, as sub-divisões

são baseadas sobre a rocha-mãe.

Grupo 2-1 - Os "Rankers" (nome alemão de Kubierna e Muckenhausen).

Umbrepts dos americanos

A matéria orgânica produz um tapete à superfície do solo misturando-se a alguns elementos minerais; passa-se à rocha - mãe intacta praticamente sem transição.

Trata-se portanto de um perfil AR.

Por vezes a transição existe sobre 3 a 10 cm (horizonte C) mas há então traços de hidromorfia.

Sub-grupo - Ranker com Mor (clima temperado ameno / ou de montanha)

Ranker com Moder (clima temperado ameno muito úmido)

Ranker com Moder anti-alpino (montanha / da Europa).

Ranker com Moder Tropical (Leneuf na / Costa do Marfim).

Ranker com Mull Tropical (Leneuf na Costa do Marfim).

Exemplo: Ranker Tropical da Costa do Marfim

Observado por Leneuf sobre um domo granítico.

0-8 cm - Horizonte poeirento rico em matéria orgânica; 25 a 30% C/N = 19 (elevado) pH = 5,6.

8 cm + - granito mais ou menos inalterado

Outros rankers foram observados sobre o quartzito / horizontal e sobre couraças ferruginosas na Guiné. Trata-se de zonas planas um pouco deprimidas sob clima mais ou menos seco; cada chuva forma um lençol d'água que se evapora muito rapidamente, passa-se assim da inundação ao deserto. A matéria orgânica não tem tempo de evoluir completamente; ela toma o aspecto de um Mor ácido ou de um Moder.

Grupo 2-2 - Os solos humíferos litocálcicos (de Kubierna)

A rocha-mãe é calcário duro e muito puro. O horizonte A é uma mistura de pequenos seixos calcários e de matéria orgânica e ele repousa diretamente sobre a rocha-mãe (não tem horizonte C).

O pH é geralmente inferior a 6,8.

Encontra-se estes solos na montanha e sobre os calcários coralígenos.

Grupo 2-3 - Os solos pouco evoluídos com "alofana"

Êstes solos formados sôbre materiais vulcânicos, seja móveis, seja facilmente alteráveis (cinzas, vidros, basaltos) ; são solos ricos em bases e já bem aprovizionados em alofana, muitas vezes muito férteis. Trata-se de solos do tipo A,C,R.

3.223 - Sub-classe 3 - Os solos pouco evoluídos xéricos

A evolução dêstes tipos de solos é fraca em razão / da aridez do clima (climas semi-desérticos); êles são pobres em matéria orgânica à superfície pela mesma razão e a estrutura é mal desenvolvida.

Grupo 3-1 - Solos cinzentos sub-desérticos

São solos pouco evoluídos dos desertos ou semi-desertos quentes. O horizonte A contém pouco de matéria orgânica (menos de 1%) mas pode ter uma espessura indo de alguns centímetros à 50 cm.

Sub-grupo - Modal

fracamente salino

solisado (modificado pela ação do vento).

Grupo 3-2 - Xero-Rankers

São solos rão calcários, muitas vezes argilosos, o horizonte A pode ter até 50 cm de profundidade e êle contém um pouco mais de matéria orgânica que o sub-grupo precedente (1 a 2% de matéria orgânica).

3.224 - Sub-classe 4 - Os solos pouco evoluídos de origem não climática

Êstes solos são pouco evoluídos seja porque a continuação dos materiais é recente seja porque a erosão carrea continuamente o solo e colocar periodicamente a nú a rocha-mãe.

Grupo 4-1 - Os solos de erosão (rocha-mãe erodida recentemente)

Sub-grupo - Regosólico - rocha-mãe iriável ou móvel

Sub-grupo - lítico - rocha mãe dura

Grupo 4-2 - Os solos de origem aluvial

Grupo 4-3 - Os solos de origem coluvial

Grupo 4-4 - Os solos de origem eólica

Grupo 4-5 - Os solos de origem vulcânica

Grupo 4-6 - Os solos de origem antrópica

Sub-grupos comuns aos 42, 43, 44, 45, 46:

Modal

Hidromorfo

Humífero

Os solos regossólicos como os solos de acumulação podem ter propriedades agrícolas remarcáveis.

As planícies as mais férteis da África do Norte são muitas vezes formadas de solos transportados coluviais ou aluviais.

Reconhece-se estes solos que são habitualmente profundos pelo fato que eles não têm verdadeiros horizontes, mas estratos que correspondem aos diferentes materiais transportados que são muitas vezes de natureza diferente.

3-3 - ANDOLOS

Classificação francesa - Andosolos

"

"

- Andept (sub-ordens dos Inceptisols).

3.31 - Caracteres gerais

Os andosolos são solos mais ou menos pouco evoluídos seja pelo seu aspecto morfológico e os produtos deixados no solo pela pedogênese.

3-311- O perfil é do tipo A(B)C ou A(B)R.

O horizonte A é de espessura variável, 15 a 30 cm, de cor escura graças à riqueza em matéria orgânica; os compostos húmicos são bem misturados à matéria mineral e resistindo à degradação biológica.

O horizonte dá uma sensação suave ao tacto.

O horizonte (B) de 30 a 100 cm de espessura, é de cor marron amarelada; a textura parece limonosa (silte) ao tacto; a estrutura é bombeada ("soufflée" ou "fluffy" em inglês), pouco agregada.

No estado úmido este horizonte é escorregadio como um sabão ao tacto. Seco, ele é lentamente desfeito.

A rocha-mãe é geralmente de cinzas e vidros vulcânicos por vezes basaltos (não é senão no último caso que se distingue / bem os horizontes C e R).

De tais características do perfil pareceria mais se aproximar os andosolos dos solos pouco evoluídos (perfil pouco desenvolvido).

3-312 - Os alofanos - Constituem a principal originalidade /
dos andosolos:

Trata-se de silicatos de alumina amorfos transformados pela pedogênese; eles têm a propriedade de fixar muito a água e de formar complexos estáveis com a matéria orgânica.

Se a evolução pedológica continua, eles dão nascimento à haloisita.

Muito dos pedólogos (os americanos, alguns franceses) consideram os alofanos como produtos de alteração pouco evoluídos e têm tendência a agrupar os andosolos nos solos pouco evoluídos, o que fazem os americanos.

A maioria dos pedólogos franceses pensam que se trata de uma evolução de um tipo particular mas já elaborada donde a criação de uma classe de solo especial.

3-313 - As propriedades particulares dos Andosolos parecem /
também justificar a criação de uma nova classe; são:

- os fortes teores em humus e a formação de complexos humu-silícicos e aluminicos muito estáveis.
- uma enorme capacidade para reter a água, até 200% , na amostra fresca- ao contrário secamos a amostra / até pF 4,2 (ponto de murchamento), o solo não absorve mais senão fraca quantidade de água e mesmo se / umidece dificilmente.
- a densidade dos andosolos é fraca, geralmente inferior a 0,8 em lugar de 1,5 para a maioria dos solos.
- a análise granulométrica é impossível a efetuar pelos métodos habituais, é necessário utilizar os ultrasons.
- o pH é ácido: 5 a 6 se há pouco alofano; 4 a 5 se / existe muito, apesar da riqueza destes solos em bases.
- a capacidade de troca é difícil a medir (25 m.eq/ 100 g, aproximadamente).
- a fixação de anions, sobretudo PO_4^{--} é fácil e total.
- os andosolos são solos muito férteis.

Classificação

3-32 - Classe dos Andosolos

sub-classe 1 - Andosolos das regiões temperadas e frias

Graças ao clima ameno, a matéria orgânica se acumula facilmente e pode atingir 30% do solo. Ela é sempre muito bem evoluída.

Grupo 11 - Andosolos húmiferos dessaturados perfil A (B) C
às vezes A;C, muito húmifero.

sub-classe 2 - Andosolos de regiões tropicais ou bem a taxa de matéria orgânica não ultrapassa 10% ou bem o horizonte húmifero é pouco espesso. O perfil é A(B)C.

Grupo 21 - Andosolos tropicais saturados
pH vizinho de 6

sub-grupo - Mocal A₁ inferior a 25 cm
Húmico A₂ superior a 25 cm
Pouco evoluído - perfil pouco espesso

Grupo 22 - Andosolos Tropicais dessaturados

pH ácido. A dessaturação é importante; há presença de haloisita e de gibsite.

sub-grupos - os mesmos que precedentemente.

3-4 - VERTISOLOS

Classificação francesa - Vertisolos

" americana- "

A palavra "vertisol" vem do Latim (verbo *vertere*, *re* tornar, revolver); foi adotada pelos americanos e designa agora os solos já conhecidos sob o nome de "regur" (Índia), Tirs (Marroco), "melanosols" (Congo), "blacksoils" (África do Sul), "Berberé" / (Tchad) etc.

Os vertisolos são solos relativamente pouco evoluídos pelo seu perfil que pertence aos tipos seguintes: A(B)C, A(B)_gC, ou A (B)C_g (g indica um pseudo gley), o perfil A(B)C é o mais frequente. Jamais encontramos horizonte B enriquecidos em argila / ou de horizonte A₂ eluvial.

A principal originalidade dos vertisolos é a presença de montmorilonita como argila dominante. É o tipo de argila / que dá aos vertisolos caracteres particulares.

A montmorilonita é uma argila expansiva ("gonflante") cujos estratos podem se abrir (10 a 17 Å) e deixar entrar a água, cations e mesmo a matéria orgânica, donde a cor escura ou / marrom dos vertisolos pelo menos na sua parte superior. Este incha

mento que existe somente no estado úmido produz movimentos de revolvimento ("brassage") no interior do solo e fendas de retração / no estado seco.

3.41 - Caracteres gerais dos vertisolos

3.411 - A estrutura

A estrutura do conjunto do perfil é ("grossière") / grosseira, muito resistente, do tipo prismática ou poliédrica com faces de deslizamento a maioria das vezes oblíquas que se recortam formando um ângulo agudo. As faces planas dos poliedros / têm geralmente estrias. Parece, segundo certos autores, que mais o solo é rico em magnésio, mais a compactidade dos elementos é grande (às vezes, há Na o que aumenta ainda a compactidade) e mais a estrutura é "grosseira". Ao contrário se o teor em Ca é forte, a estrutura se torna mais fina nos níveis superiores / do solo: seja mais/menos fina, seja mesmo grumosa, donde o nome / grumosolos, dado aos vertisolos: as qualidades agrícolas são então melhores. As fendas em período seco são um elemento característico dos vertisolos.

Elas são profundas e bem formadas.

3.412 - O micro-relevo "Gilgai" se forma na maior parte dos / vertisolos. Trata-se de pequenas colinas (micro colinas) que têm / alguns centímetros de altura até 1,50 m a 2 m no máximo. Quando / chove a água entra nas fendas, faz dilatar a argila nos bordos destas fendas que se fecham.

A umidificação progredindo para o interior dos polígonos provoca uma dilatação da argila cuja expansão não pode se fazer senão para a superfície porque as fendas estão já fechadas.

3.413 - A textura é sempre argilosa com os teores em argila / granulométrica de 30 a 40% (às vezes); a argila dominante é a montmorilonita, mas pode ter uma certa proporção de outras argilas e mesmo a caolinita. O que importa é que o solo guarda suas propriedades de dilatação ou expansão. A montmorilonita não se forma (e não se conserva bem no caso de ser herdada) se o meio é rico em Ca e Mg.

De fato o complexo absorvente é em geral muito bem / saturado por estes 2 elementos e o Mg somente pode representar 40 / a 50% do complexo absorvente.

3.414 - A matéria orgânica - Pelo menos certos elementos desta matéria orgânica, penetra no interior das rédes argilosas dando aos vertisolos sua cor negra, escura. A humificação dos resíduos / vegetais começa durante as chuvas quando os vertisolos são muito / úmidos; ela seria então do anmoor.

Depois durante os períodos secos (ou no início dos períodos secos nos climas secos) ela se polimeriza em ácidos húmicos cinzentos em razão da abundância do Ca (e do Mg). Ela é então / do tipo Mull.

Esta matéria orgânica impregna fortemente o horizonte A, mas às vezes também o horizonte B (Tirs no Marroco, vertisolos do Togo); o horizonte B pode igualmente ser vermelho (Portugal) ou verde oliva (Tchad) ou mesmo verde amarelado (Recôncavo).

3.415 - A hidromorfia - a abundância da argila, a compactação da estrutura perturba a circulação da água que pode estagnar mais ou menos longamente no solo, sobretudo nas regiões onde a topografia é plana.

Donde uma certa hidromorfia que pode-se traduzir / pelas manchas de ferrugem ou de nódulos calcários.

Dois fenômenos são sobretudo importantes para caracterizar um vertisolo:

- uma estrutura muito particular sobre um perfil / relativamente homogêneo (fendas de retração, deslizamento, faces / planas, estrutura grosseira, etc).

- um escurecimento dos horizontes superiores, sempre A, às vezes também B (Tirs do Marroco) o que não quer dizer / que tenha grandes quantidades de matéria orgânica nestes horizontes.

3.42 - Fatores de formação dos vertisolos

3.421 - O clima - A quase totalidade dos vertisolos se desenvolve sob climas tropicais semi-áridos, mediterrâneos e temperados mais ou menos quentes; é necessário que ocorra um período seco mais ou menos importante.

A pluviosidade é habitualmente compreendida entre / 600 e 1500 mm e geralmente os vertisolos são raros entre 1300 e 1500 mm.

Os massapês do Recôncavo como certos vertisolos da Nova Caledônia, fazem exceção pois ocorrem sob pluviosidades de 2000 e mais (Nova Caledônia).

3.422 - A vegetação: é sobretudo uma vegetação de ervas (savana ou prado) sempre com as mesmas espécies.

Os vertisolos são mais ou menos pouco favoráveis às/ árvores sobretudo nas zonas secas onde profundas fendas de retração (contração) quebram as raízes; todavia certas espécies aí se adaptam (*Terminalia Macroptera* no Togo).

Nas zonas mais úmidas, o número de espécies arbustivas e arbóreas adaptadas aos vertisolos aumenta (fendas de retração menos profunda e menos largamente aberta).

3.423 - A rocha-mãe - as rochas que dão nascimento aos vertisolos podem ser muito diversas; aluviões, rochas básicas gneiss-alcalino-terroso, gabros, dicrito, basalto.

Tôdas estas rochas têm em comum uma certa riqueza em Ca e em Mg, porque a síntese da montmorilonita não pode ter lugar/ senão quando as soluções que se encontram no solo bem aprovisionados destes 2 elementos.

Às vezes casos dos aluviões ou de certas rochas sedimentares argilosas, a rocha-mãe contém já a montmorilonita ou argilas que se transformam facilmente em montmorilonita com a vermiculita.

3.424 - A topografia e a drenagem - Para que as soluções do solo permaneçam suficientemente concentradas em Ca e Mg, é necessário que a drenagem seja fraca e em todo caso insuficiente para evacuar: isto significa habitualmente que a topografia deve ser plana.

De fato a maioria dos vertisolos se desenvolve sobre as encostas de 0 a 3% e 4%; os vertisolos sobre encosta de 4 a 8 % são raros. Mais a encosta é forte, mais é necessário que a rocha-mãe seja rica em Ca e Mg. Sobre relêvo muito plano, vertisolos podem se formar sobre granitos contendo pouco Ca e Mg.

3.43 - Exemplos de Vertisolos

3.431 - Vertisolo do Togo (vale do Mono).

- Savana com povoamento arbustivo de *Terminalia Macroptera*.

- Encosta 2%. A rocha-mãe é um gneiss rico em elemento ferro-magnesianos (piroxeno-anfibólio).

0-10 cm - A₁ - horizonte de cor negra revolvido pelas inundações do Mono que carrega areias, seixos; textura areno-limonosa (silte) (25% de argila); estrutura polilédrica fina, pH vizinho de 7, mat. orgânica 1,9%.

10-30 cm - A₁₂ ou A₃ - Horizonte marron escuro, textura areno-argilosa a argilo-arenosa, super estrutura prismática que dá nascimento à / fendas de dessiccação que vão / de alto à baixo do horizonte; estrutura poliédrica mais / grosseira que precedentemente e forte compacidade (estado / sêco).

30-55 cm (B) - Horizonte cinza-amarronzado; textura argilo-arenosa à argilosa (44% de argila); super estrutura prismática com fendas em cantos e superfícies estriadas; estrutura poliédrica grosseira : forte compacidade (estado sêco).

55-70 cm - Horizonte cinzento-beige, argiloso massivo, muito rico em concreções de ferro (B)_g.

+ 70 cm C- Horizonte de cor amarelada, estrutura massiva, textura argilo-arenosa; presença / de nódulos calcários.

A 90 cm passa-se à rocha-mãe.

3.432 - Vertisolo de Santo Amaro - 2 Km aproximadamente de Santo Amaro estrada de Cachoeira).

Vegetação herbácea em torno do perfil; um pouco mais longe tubo arbustivo que recobre bem o solo; trata-se de vegetação / secundária porque o perfil contém pedaços de telhas e tijolos.

Encosta mais ou menos fraca no local do perfil (2%), mas trata-se de um planalto estreito, cuja drenagem é fácil relativamente.

Micro-relêvo gilgai pouco acentuado; fendas de dessiccação que desenham grandes polígonos na superfície do solo.

0-17 cm - Horizonte A₁ escuro (10 yR 4/2), húmifero; muito úmido argiloso; estrutura poliédrica muito bem desenvolvida (poliedros de 1 a 2 cm de diâmetro) fecha apesar da umidade; enormes fendas de retração que atravessam / o horizonte de uma parte à outra e desenhavam uma superestrutura prismática; forte / porosidade (macroporosidade) sem efervescência.

cência ao HCl 1/2; numerosas raízes.

17-33 cm - Horizonte AB ou A₃, marron (10 YR, 4/5) misturado a elementos amarelados proveniente (B); Textura argilosa; estrutura/poliédrica grosseira bem desenvolvida e compacta (estado seco; super estrutura / em grandes blocos de 5 a 7 cm de largura sobre 5 de altura; as fendas de retração de A, continuam neste horizonte às vezes curvando-se. A espessura deste horizonte é irregular; abaixo, seguindo a fenda de retração, ele é substituído por uma argila mais amarela misturada com humus, isto sendo dado pela fácil penetração / das águas superficiais através das fendas que levam a argila e o humus. Sem efervescência aos ácidos (ClH 1/2).

33-90 cm - Horizonte (B), amarelo (2,5 YR 5/4), marrom-oliva claro, textura argilosa; super estrutura poliédrica muito grosseira com fendas em canto, superfícies de deslizamento, estrias, faces planas brilhantes; estrutura do mesmo tipo em poliedros a ângulos muito vivos, quase em escamas; o conjunto do horizonte não faz efervescência a ClH 1/2, mas existe subida de elementos calcários vindos do horizonte C / (em razão dos movimentos internos de / "brassage", (revolvimento) que eles fazem efervescência.

>90 cm - Horizonte C - amarelo, mal observado areno argiloso, calcário.

Rocha-mãe: cretáceo, cisto calcário.

Classificação dos Vertisolos

A classe se caracteriza pelos horizontes pouco diferenciados entre eles, fenômeno dado pelos movimentos de "brassage" internos provocados pela presença de argilas que dilatam e que se contraem alternativamente em períodos úmidos e secos.

As condições fazem faltar a drenagem, porque

esta condiciona a nova síntese da montmorilonita.

Ao nível dos grupos têm-se conta da estrutura do horizonte de superfície e ao nível dos sub-grupos, da intensidade do processo fundamental (maior ou menor estruturação) ou dos fenômenos secundários (hidromorfia, salinidade).

Sub-classe 1 - Vertisolos a drenagem externa nula ou /
reduzida

Zonas planas ou depressões

Grupo 1-1 - Vertisolos à drenagem externa nula ou redu-
zida a estrutura arredondada

A estrutura do horizonte superficial (pelo menos 15 cm de espessura) é granulosa, grumosa ou nuciforme.

Estes solos "foisonnent" (aumentam de volume ligeiramente) muitas vezes se ôles se umidificam.

sub-grupos - Modal

"Vertique" (caracteres de vertisolos moderadamente marcados)

Hidromorfos (manchas e concreções dadas / pela hidromorfia).

Halomorfos (presença de sel de Na).

Grupo 1-2 - Vertisolos a drenagem externa nula ou redu-
zida e a estrutura angulosa sobre pelos me-
nos 15 cm superiores.

A estrutura do horizonte de superfície é fina e aplainada no estado seco (ela é poliédrica, grosseira no estado úmido).

sub-grupo - Modal

Vértico

Hidromorfos

Halomorfos

sub-classe 2 - Vertisolos a drenagem externa possível

Solos sobre encosta: sempre formados sobre materiais muito ricos em Ca e Mg (Marnes, rochas básicas e ultrabásicas)

Grupo 2-1 - Vertisolos a drenagem externa possível e a
estrutura arredondada sobre pelo menos 15
cm.

Sub-grupo - Modal

Vértico

Hidromorfos

Halomorfos.

Grupo 2-2 - Vertisolos à drenagem externa possível e a estrutura angulosa pelo menos sobre os 15 cm superiores.

Sub-grupo - Modal

Vértico

Hidromórficos

Halomorfos

a auto-divisão pelo menos sobre os 20 cm superiores

(a estrutura se torna muito fina em período /
seco quase pulverulento).

SOLOS FERRALITICOS

Os solos ferraliticos são solos com evolução pedológica muito forte que se formam nas partes húmidas da zona intertropical, sob a influência de uma chuva quente (em medida mais de 1100-1200 mm anuais) / caindo sobre qualquer tipo de rochas, a condição que elas não estejam unicamente constituídas de quartzo. A vegetação típica é a floresta, que pode ser localmente substituída pela savana ou uma estepe arbustiva (brousse arbustiva).

7. GENERALIDADES.

O conjunto dos solos ferraliticos pode ser definido pela características seguintes:

1.2. Uma alteração completa dos minerais da rocha-mãe tais como os peridotites, piroxeneos, grenas, anfíbolos feldespatoideos, micas.

Alguns minerais subsistem às vezes em pequenas quantidades: ilmenitas, magnetitas, zircon, ilita.

O quartzo sofre corrosões e fragmentações, mas continua de ser abundante nos solos em relação com os teores da rocha-mãe.

As bases (Ca, Mg, K, Na) assim como o silício são eliminados em grande parte por drenagem no decorrer da alteração.

1.3. Os produtos de neossíntese são abundantes no perfil: são eles sobretudo argilas caoliniticas (caolinita sensu-stricto, caolinita desordenada, aloisita, metahalosita).

- hidroxidos de alumínio: gibbsita sobretudo, raramente produtos amorfos e boehmita.

- hidroxidos e oxidos de ferro: goetita, hematita, produtos amorfos.

- outros minerais, como oxidos de manganese e de titânio.

A presença de hidroxidos de alumínio livre em quantidade variável no solo é um aspecto extremamente frequente dos solos ferraliticos; por isto a relação

$$K_i = \frac{\text{silício combinado}}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ combinado} + \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ livre}} \text{ é geralmente inferior}$$

a 2 para as frações argilosas do solo ($K_i = 2$ para a caolinita pura); entretanto, a estimação do grau de ferralitização a partir dos valores da relação K_i não é mais praticada atualmente.

1.4. O perfil é do tipo A B C Ele é constituído por:

- um horizonte A onde a matéria orgânica é normalmente bem evoluída.

-um horizonte B, frequentemente espesso, onde os minerais da rocha-mãe são raros ou ausentes e onde os minerais secundários (de / neoformação) são abundantes, sobretudo a caolinita.

-um horizonte C cuja espessura é variável: de alguns centímetros sobre basalto até algumas dezenas de metros, as vezes, sobre / rochas ácidas (granitos por exemplo). Os materiais provenientes da rocha mãe são completamente alterados e se esmagam facilmente sobre a pressão dos dedos, com exceção do quartzo.

O perfil é portanto caracterizado por uma alteração rápida dos materiais da rocha-mãe, alteração completa desde a base do horizonte C, e a presença de caolinita como única fração argilosa cristalizada.

1.5. As características físico-químicas são:

- uma fraca capacidade de troca, tanto para a argila como para o solo. Ela é sempre inferior a 13 m.e./100g para a fração mineral, mas um pouco mais elevada no horizonte A por causa da matéria orgânica / Esta capacidade de troca é ligada a presença quase exclusiva de caolinita e de hidroxidos de ferro e de alumínio na fração 0 - 2 micros

- uma pequena quantidade de bases trocáveis por causa da muita forte lixiviação das bases no decorrer da pedogênese.

- um grau de saturação variável, mas geralmente fraco: ele é geralmente inferior a 60% e pode descer em muitos solos até menos de 10 - 15 %.

- o pH é sempre ácido: os pH mais frequentes são incluídos entre 5 e 6, mas alguns solos tem pH da ordem de 4,5 e 4, as vezes 3,5. Os pH superior a 6, 5 são excepcionais.

1-6. A relação Ki

Quando se estabelece a relação molecular do silício e do alumínio na caolinita, que é a única argila que se encontra nos solos ferralíticos (existe com bastante frequência um pouco de ilita também, mas nunca mais do que 2 a 3% da argila cristalizada) a relação é:

$$Ki = \frac{\text{silício combinado}}{\text{alumínio combinado}} = \frac{SiO_2}{Al_2O_3} = 2$$

Quando o solo contém também hidroxidos de Al livres a relação é:

$$Ki = \frac{\text{silício combinado}}{Al_2O_3 \text{ combinado} + Al_2O_3 \text{ livre}} \quad \swarrow \quad 2$$

Tentou-se caracterizar a intensidade da ferralitização pelos valores desta relação:

Ki vizinho de 2: solos fracamente ferralíticos

Ki entre 1,2 e 1,8: solos mediantemente ferralíticos

Ki inferior a 1,2: solos fortemente ferralíticos

Porém foi constatada a impossibilidade de utilizar cifras precisas: com efeito, Al_2O_3 não migra nos solos com o $pH < 7$, o que é o pH da maior parte dos solos ferralíticos.

Entretanto, quando da decomposição de certos minerais / ferro-magnesianos ricos em bases (peridotitos, piroxênitos, anfíbolos, etc) pode-se ter localmente (no lugar onde estes minerais se alteram) pH nitidamente básicos pelos quais o alumínio é móvel. Uma certa lixiviação do alumínio poderia assim se fazer neste estágio e por consequente a relação $Ki = \frac{\text{silício combinado}}{Al_2O_3 \text{ total}}$ não traduz totalmente a intensidade da ferralitização. Por isto ela foi abandonada.

2. HISTÓRICO,

Os solos ferralíticos são conhecidos desde o início do século XIX, mas os nomes utilizados para designar-los variaram muito. Assim, para entender a literatura a seu respeito é necessário fazer o histórico de sua descoberta e dos estudos a eles consagrados.

2-1- Buchanan, nas Índias em 1807, constatou que os habitantes recortavam em pedaços do tamanho de um tijolo, um material vermelho extraído do solo que deixavam secar ao Sol após a dissecação ao ar, este material tornava-se duro como uma pedra e servia para a construção das casas; daí o nome de laterita dado por Buchanan do latim "later" tijolo.

A descoberta de Buchanan foi esquecida até perto do fim do século XIX. Neste momento Oldham, Holland e Fox, também nas Índias, notaram que a laterita dura de Buchanan podia também se encontrar assim / mesmo no solo associado a uma terra móvel de cor vermelha. Daí o nome de solo laterítico que foi dado uniformemente a todos os solos tropicais vermelhos.

Alguns anos depois, no início do século XX Holland e Campbell deram uma explicação da gênese destes solos que ainda se pode ler com interesse apesar de sua idade uma vez que certos pontos de vista ainda hoje são atuais.

2-2- Os primeiros estudos sistemáticos foram feitos por mineralogistas e estes eram ao mesmo tempo excelente químicos.

2-21 Bauer, 1898, nas ilhas Seychelles, descobriu que os solos ferralíticos continham elevadas quantidades de alumínio livre / (hidróxidos de alumínio) de hidróxidos de ferro e quartzo.

2-22 Harrison na Guiana logo no início do século XX, constatou como Bauer que o solo laterítico provinha da alteração das rochas. estas se alteram por oxidação e hidratação e deixam como resíduo silicato de alumínio e ferro hidratados e hidróxidos de ferro e alumínio.

Para ele, existem dois tipos de solos lateríticos:

- a laterita primária - formada sobre rochas básicas.
- o silício e as bases são eliminadas quase completamente.
- a gibbusita ($Al(OH)_3$), limonita (óxidos de ferro, / um pouco de feldspato e quartzo subsistem.

--a laterita secundária formada sobre rochas ácidas.

- a gibbusita se ressilifica e dá então a caolinita.

Os pontos de vistas de Harrison estão portanto relativamente próximos das ideias atuais sobre a gênese destes solos, com exceção do fato de que Harrison admita que todas as terras lateríticas podiam se dessilificar para dar alumina (bauxita).

2-23 Lacroix na Guiné e Madagascar, faz um balanço mineralógico, particularmente meticoloso das transformações que dão nascimento ao solo a partir da rocha-mãe; ele constatou que a gibbusita e os hidróxidos de ferro estão sempre abundantes seja sobre rochas ácidas (granito, sienitas) seja, sobre rochas básicas (basalto).

2-24 Fermer é um pouco mais ponderado depois de ter estudado muitos solos vermelhos tropicais ele constatou que estes solos contêm quantidades variadas de hidróxidos de ferro, de alumínio, titano e manganês, que ele chama de elementos lateríticos; ele distingue pois:

- laterita verdadeira com 90 a 100% de elementos lateríticos.

laterita ferruginosa que é o mineral de ferro.

laterita aluminosa que é bauxita.

- laterita argilosa com 50 a 90% de elementos lateríticos.

- argila laterítica com 25 a 50% de elementos-lateríticos.

- argila com menos de 25% de elementos lateríticos

Dá o conceito muito importante de grau de lateritização. Mas para defini-la num determinado solo é necessário fazer um trabalho considerável de análises mineralógicas.

2-3 A utilização da relação Ki

Os pesquisadores seguintes ainda mineralogistas tentaram simplificar os métodos de caracterização dos solos lateríticos escolhendo pontos de referência simples.

2-31 Harrassowitz pensou que o ferro e o alumínio eram / essenciais neste tipo de solo e o primeiro utilizou a relação Ki

$$K_i = \frac{\text{silício combinado}}{\text{alumínio combinada} + \text{óxido livre}} = \frac{\text{Si O}_2 \text{ e combinada}}{\text{Al}_2 \text{ O}_3 \text{ total}}$$

Como para a caolinita pura

$$K_i = \frac{\text{silício combinado}}{\text{Al combinado}} = 2$$

uma relação Ki inferior a 2

$$K_i = \frac{\text{Si O}_2 \text{ e combinada}}{\text{Al}_2 \text{ O}_3 \text{ total}} < 2$$

indica pois a presença de alumínio livre (gibbsita) portanto um solo laterítico.

2-32 Martin e DoVane na serra Leone, utilizaram a classificação seguinte:

$$\begin{array}{ll} \frac{\text{Si O}_2 \text{ combinada}}{\text{Al}_2 \text{ O}_3 \text{ total}} \geq 2 & \text{solos não lateríticos} \\ \text{"} & 2 \text{ à } 1,33 \text{ argilas lateríticas} \\ \text{"} & < 1,33 \text{ lateritas} \end{array}$$

2-33 Têm-se igualmente estendido esta relação a todos os hidróxidos.

$$\frac{\text{Si O}_2 \text{ combinado}}{\text{Al}_2 \text{ O}_3 + \text{Fe}_2 \text{ O}_3} = \frac{\text{Si O}_2}{\text{R}_2 \text{ O}_3}$$

Procurou-se também classificar os solos a partir do teor do Al livre, dosado pela alizarina (Hardy e Rodriguez), mas finalmente é a relação Ki que foi sobretudo utilizada até uma época relativamente recente.

(uma dezena de anos) Atualmente a tendencia é abandoná-la porque constatou-se que solos que tinham por outro lado todas as características de solos ferralíticos podiam apresentar relação Ki iguais ou ligeiramente superiores a 2.

NB . a relação Ki é uma relação molecular (n^o de moléculas Si O₂ é dividido pelo n^o de moléculas de Al₂O₃) e não uma relação / ponderável.

2.4 Os estudos de pedologia

Todos os pesquisadores precedentes são mineralogistas e quimicos: graças a seus estudos se pode chegar a classificar os solos "lateríticos" mas ao preço de análise longas, complicadas e minuciosas, portanto / muito caras. Para eles a morfologia do perfil passa ao 2º plano.

2.41 - Com o desenvolvimento dos estudos de pedologia na Europa Ocidental entre as 2 guerras os pedólogos reagem contra esta tendencia.

Scaëtta, Lherntz, Erhart na África.

Erhart em Madagascar (estudo detalhado de perfis)

Mohr na Indonésia (perfis de alterações sobre diversas rochas mãe.)

Depois da 2a. guerra mundial o estudo dos solos "lateritos" e desenvolvidas muito ativamente em todas as partes do mundo.

2.42 - Mas observa-se logo uma reação contra o termo de "laterites" que é utilizado ao mesmo tempo pelos pedólogos , prospectores minerais e os engenheiros de obras publicas com sentidos diferentes.

Por isso Pendleton propôs voltar as origens e dar a palavra laterita o sentido exato de "uchman isto é um horizonte rico em oxidos de ferro ferro e aluminio que endurece ao ar .

2.43 Assiste-se então a uma multiplicação de denominações.

Kellog - utiliza a palavra de latossolos (do latim "latus" largo grande)

Aubert, Duchaufour, os franceses continuam utilizar a palavra laterita no sentido de lacroix.

Sys e os belgas criam os termos ferralisols e em seguida caolisolos. (Kaolisols)

Charter e os ingleses sobretudo no Gana utilizam a palavra ochrosols.

2-44. Diante desta confusão Aubert e Tuchaufour em 1956 / propõem o termo de solos ferralíticos que tinha sido criado outro-- na por G.W. Robinson. Ele é utilizado atualmente pelos francês e português da África e as vezes também, mas irregularmente, por / alguns pedólogos anglofones da África Oriental e Meridional.

Entretanto em 1960 os americanos inventaram a pala- vna " Oxisolo" na 7ª aproximação.

Notar que a classificação utilizada no Brasil que é derivada em grande parte da classificação americana de 1950 continua a utilizar a palavra Latosolo devido à Kellog.

3- CARACTEROS MORFOLOGICOS DOS SOLOS TERRALITICOS

Segundo G. Aubert, "Os solos ferralíticos são solos sexquioscidos e á húmus com evolução rápida". Esta é uma definição muito geral; como por outro lado, estes solos se encontram sob con- dições climáticas bastante variáveis e que eles se formam sobre / rochas-mãe muito diferentes, não se deve esperar encontrar somente um tipo de perfil mas uma quantidade relativamente elevada de perfis que podem ser considerados como tópicos:

3.1- Os principais tipos de perfis dos solos ferraliti- cos-

3.1- 1º Perfil da floresta da Vapo (Costa do Marfim) (G. Aubert)

1600mm de chuva, distribuídos em 2 cotação desi- guais, com um máximo anual em julho, 2 estações secas, mas sempre / com algumas chuvas.

Vegetação: mata degradada (a *Torretia utilis* / ou *Mampasia*)
Rocha-mãe: Xisto;

Inclinação fraca.

A	0-90: Horizonte A, um pouco húmifero, soltado sobre os 23m superiores: cinza (0-23) e em seguida / beige claro a cinza-Gumoso e depois polidômico mal definido, presença de conchões ferruginosas e de quartzo em seixos mais ou menos usados.
	- 90-285m: Horizonte B ₂ (acumulação do ferro e argila): ver
B ₂	melho- cor de tijolo-
	90-120-terra fina 120-200 elementos vermelhos endurecidos .

200-285 alguns elementos de xisto bem alterados e de /
quartzito- manchas violetas.

285-550cm

B3g

e-

Horizonte B_{3g} com manchas amarelas, brancas violetas
fundo marrom ocre, elementos de xisto bem reconhecíveis
Horizonte manchado 550 a 800 e mais: Horizonte B: xis-
tos cinzas subverticais; alteração mais por decomposi-
ção química do que por desagregação.

As características essenciais deste perfil são:

- .grande profundidade do solo
- .individualização do ferro em B com endurecimentos.
- .Horizonte A1: mistura de material mineral e orgânica
- .Horizonte B2: acumulação de hidróxidos e de argila
- .Horizonte B3g: na base de B2 presença de pseudo Gley
(Hidromorfia)
- .Horizonte C. Xisto alterado.

3-1-29

Perfil de Dakpado, Costa do Marfim (G. Aubert)

O clima é do mesmo tipo que a Vape, mas com 1.700mm.

Vegetação: floresta densa (a Terminália)

Relêvo: pequeno planalto nas proximidades de um vale
que favorece a drenagem.

Rocha-mãe: Gnaiss ácido

0.35cm Horizonte A1, cinza marrom, húmifero bastante
arenoso, concreções ferruginosas duras.

35-110

Horizonte A2, bege claro, com um pouco de lessivagem
(lixiviação) concreções ferruginosas duras abundantes
principalmente até aproximadamente 50cm. A partir de
80 cm, o horizonte torna-se mais compacto mais verme-
lho, com concreções mais duras (este seria um A3)

110-650-

Horizonte B

110-175 cm: a 110 uma passagem brusca a um horizonte
endurecido (carapaça que se quebra com a mão) forma-
do de faixas largas vermelhas e entre elas espaços /
preenchidos de terra bege.

175-650cm: passa-se progressivamente a um horizonte /
não endurecido, vermelho-briquete com numerosas manchas
beiges, ocre, violetas, algumas concreções endureci-
das principalmente em direção ao topo (Hidromorfia)

Os grãos de quartzito são bem visíveis (mais acima pa-
recem ter sido pulverizados).

650-840cm-

Horizonte B3g, parecido com o precedente, porém com manchas mais difusas e cor geral mais clara (beije ou cinza) indicando uma hidromorfia maior-Feldspatos alterados em pequena quantidade na base.

840-1150cm-

Horizonte C- cor geral ocre.- marron porém rico em quartzo, em feldspato alterado, bem reconhecíveis e piroxênios melhor decompostos.

A 9 metros e mais, arena pulverulenta não arenosa.

A características principais deste perfil são:

Grande profundidade do solo: certamente mais de 12m

A: Horizonte fortemente orgânico

A2: Horizonte ligeiramente lessivado: que não existia em Vapo.

B2: Horizonte de acumulação dos hidróxidos e de argila, com início de endurecimento)

B2g B3g: Horizontes à pseudo Gley (hidromorfia) / com manchas vermelhas, marron e beiges.

C: Horizonte de alteração, provavelmente muito espessos.

NVE, na Nigéria, descrevem perfis parecidos, porém ele assinala que, em certos casos, encontra-se a baixo do horizonte B2g um horizonte uniformemente cinza, sem manchas que ele chama B2 G. (à gley)

3-1-39/

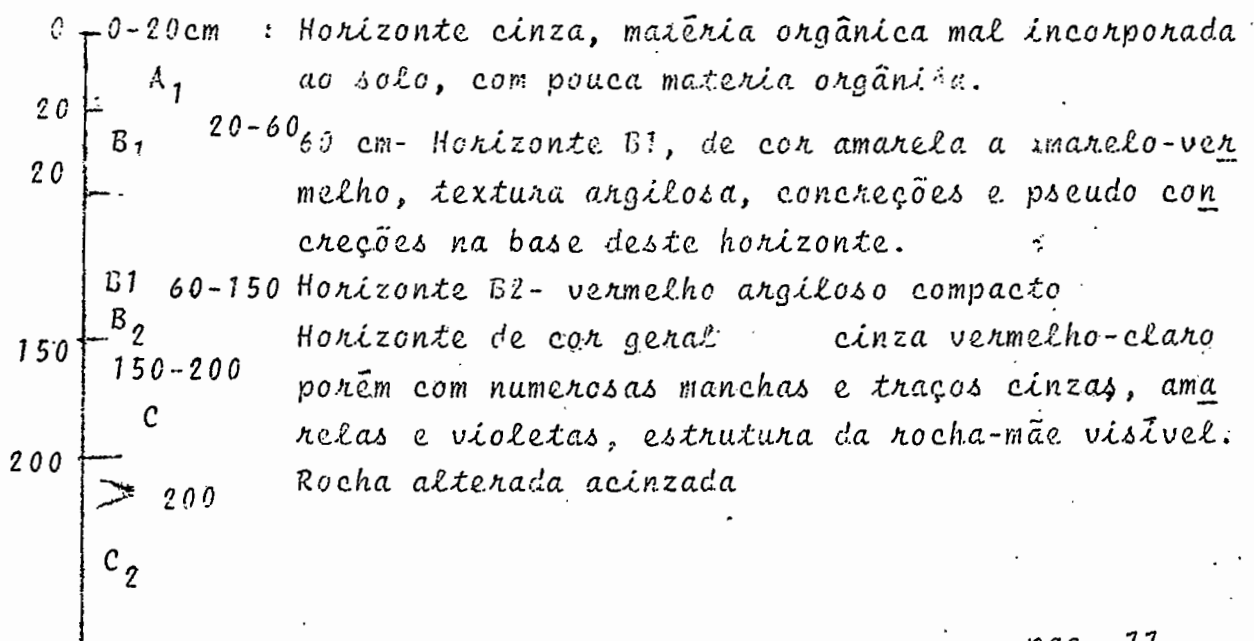
Perfil da Costa Este de Madagascar (P. Segalen)

Pluviometria 1800a 2.000mm, sem estação seca.

Vegetação: floresta primária

Altitude. 1.600m; temperatura média 18º

Rocha-mãe: gnaiss.



Este perfil é caracterizado por:

- A1 : Horizonte pouco orgânico, onde a matéria orgânica é mal misturada à matéria mineral.
- B : Horizonte de acumulação dividido em B1 e B2 por uma mudança de cor; porém não há nenhuma diferença entre os teores de ferro e de argila de B1 e B2.
- C : Horizonte de alteração dividido em 2.
Neste perfil B2g e B2G (ou B3g ou B3G) não existe. Erhart, no seu tratado de pedologia, descreveu um perfil deste tipo, mas onde o B1 é substituído por um horizonte A2 ligeiramente lessivo (lixiviado) / de cor rosa-pálido.
Van der Merwe, na África do Sul, descreveu um perfil parecido igualmente desprovido de B2g nas montanhas de Drakensberg, região onde chove continuamente.

3-1-49/

Perfil de Kautuba Sudoeste do Camerum

(P. Legolen) Na região Bamoun.

Pluviometria 2.080 mm, temperatura média de 21°C.
Uma única estação chuvosa de 9 meses e 2 meses / sem chuva.

Vegetação: savana sem árvores.

Rocha-mãe: basalto

0	0-25cm	Horizonte marron vermelho escuro; textura limonosa
25	A	estrutura grumosa fina, pouco coarente, porosa.
	B ₂ 25-350cm-	Horizonte vermelho escuro argilo-limonoso; estrutura n. uniforme à grumosa bastante bem desenvolvido; poroso
350	C	350-360cm-Rocha-mãe podre, fraca espessura de C
360	R	
	> 360	-Rocha-mãe sã (basalto)

As características essenciais deste perfil são:

- A1- Horizonte pobre em matéria orgânica
- B₂- Horizonte de acumulação bem desenvolvido
- C- Horizonte de alteração muito fino - 10cm-
Aqui o horizonte B é uniforme de cima para baixo, sem B2g ou B2G.
O horizonte C tem apenas 10 cm de espessura (caso frequente sobre os basaltos), enquanto que ele / atinge vários metros nos outros de perfil sobre as rochas ácidas.

3-1-59/

Perfil do Planalto de Arivonimania (P. Segalen)
madagascar - oeste de Tananarive

Pluviometria 1.200 mm, 4 a 5 meses de estação chuvosa, longa estação seca sem chuva 7 (mês)

Temperatura média 16° Altitude 900 a 1000m Rocha-mãe do tipo básica (composição do gabbro).

0	0-25cm-	Horizonte vermelho escuro, sujando os dedos, textura argilosa, algumas fendas de retração. Forte teor em matéria orgânica (vizinho de 5%).
25	B ₂ 25-120-	Horizonte vermelho argiloso, algumas fendas, estrutura na firme grosseira.
120	B _{3g} 120-160.	Horizonte de cor uniforme cinza (cinza claro quando seco, cinza escuro quando úmido) argiloso.
C	160-	Rocha-mãe alterada.

Características deste perfil:

Profundidade relativamente fraca para um solo ferralítico.

A1- Horizonte mineral rico em matéria orgânica.

B2- Horizonte vermelho de acumulação (ferro e argila)

B3g- Horizonte cinza de acumulação de argila (sem ferro)

C - Horizonte pouco espesso não há B2g.

3-1-6-

Perfil de Sabrio - Drakensberg, África do Sul
(Van der Merwe)

0cm		Rocha-mãe: Dolomie
A1	0-20cm	Horizonte marron, argiloso, bem estruturado, forte teor em matéria orgânica
20cm	B1	20-60cm- Horizonte marron avermelhado, argiloso, não uniforme
60cm	B2	60cm-10m- Horizonte vermelho- amarronzado, argiloso, grumeloso.
10m	R	>10m Dolomie praticamente intacta.

Neste perfil a sucessão é do tipo ABR.

Em Madagascar na região de Majunga (costa oeste) encontrou-se perfis ABR sobre calcário; Ao contrário do perfil de Sabrio eles são pouco espessos, 80cm, e o horizonte B é muito rico em concreções ferruginosas.

Este horizonte B repousa diretamente sobre a rocha mãe / calcária sem transição.

3-1-79/

Perfil CEPEC de Itabuna

Pluviometria: 2900mm aproximadamente, sem estação seca / nítida.

Vegetação: cacaueiros e *Erythrina glauca* para sombra.

Rocha-mãe: Migmatita de composição vizinha ao gabro ou à diorita. Inclinação de 7 a 10°

0 - 10cm Horizonte A1 marrom escuro, muito húmifero argiloso-arenoso, estrutura cúbica, quebrando-se facilmente em agregados meio grumelosos, meio poliédricos arredondados, numerosas raízes.

10-21cm: Horizonte A3, amarelo um pouco amarronzado pelo húmus, bastante argiloso, estrutura / poliédrica angulosa.

21-37cm: Horizonte B₁, muito pouco húmifero, amarelo poliédrico, estrutura coarente, plástico, / finos revestimentos argilosos (clay-skin)

37-80cm: Horizonte B2 amarelo ocre, argiloso; estrutura parecendo maciça, na realidade poliédrica com faces planas; finos revestimentos argilosos; algumas palhetas de mica brilhante amarelo ouro e de minerais pretos.

80-123 - Horizonte B₃: Horizonte mais compacto que o B₂, mais rico em mica: cor amarelo ocre.

Transição ondulada e progressiva.

123-146- Horizonte C₁ amarelo, muito levemente avermelhado, numerosos minerais (micas piroxênios, feldspatos) bem decompostos. Algumas pequenas manchas cor de ferrugem difusas-. Estrutura contínua, friável.

146-240cm e mais Horizonte C₂, mais escuro (ocre) com / numerosas manchas cor de ferrugem.

Muitos minerais alterados da rocha mãe; piroxênios e feldspatos.

Pode-se reconhecer a estrutura da rocha mãe.

Características deste perfil.

Horizonte A e B relativamente pouco espessos, porém C bem desenvolvido (forte alteração)

Horizonte B contendo ainda minerais da rocha mãe ou resultando do primeiro estágio de alteração desses minerais (micas)

Boa saturação em bases do horizonte A.

Não há horizonte lessivado (lexivado) A₂ nem horizonte a gley ou o pseudo-gley.

Trata-se pois aqui de um solo jovem, porque continuamente rejuvenescido pela erosão; daí um B contendo micas (que não existem nos solos ferralíticos mais velhos).

1- 89_ /

Perfil de Terra Roxa Legítima - Campinas no bordo da estrada, próximo de Sta. Eliza (fazenda experimental do Instituto Agronômico de São Paulo).

Pluviometria 1200-1300mm.

Vegetação: *Panicum* (capim gordura) *Melinis minutiflora* pradaria

Inclinação 4%

Rocha mãe: o solo é formado sobre "sills" basálticos e sobre um material evoluído proveniente de um solo já ferralitizado a partir desta, mesma rocha mãe.

Como não há nenhuma linha de cascalhos (nappe de gravays" ou "stone--line") no solo, é impossível fazer a distinção entre o solo formado in situ e o solo formado a partir de materiais oriundo de um antigo solo.

0-20cm-

Horizonte A1 Vermelho escuro 2,5 VR 3/3 húmifero argiloso (60% de argila); estrutura, quando seco, parecendo contínua, mas se quebrando facilmente em grumos ou em poliedros arredondados, / coerência fraca desta estrutura que é menor pressão dá muito pequenos grumos arredondados, Muito porosa, grande quantidade de raízes, estado seco.

20-40cm-

Horizonte A₂ Vermelho escuro menos húmifero (entre 2,5 VR 3/3 e 2,5 VR 3/4 argiloso, estrutura poliédrica arredondada que entre os dedos dá uma fina estrutura poliédrica e pó. Quando seco, / vê-se uma estrutura em grandes prismas; consistência média, raízes.

40 cm- 2 m

2 m Horizonte B- vermelho escuro 2,5 VR 3/4; / Argiloso (60 a 80 % de argila); estrutura poliédrica um pouco arredondada quebrando facilmente a /

pressão dos dedos em pó de café (pequenos agregados de 2/10 do mm) salvo uma pequena fração que não se esmaga facilmente. No estado seco superestruturas em grandes prismas. Acumulação de argila- não há acumulação de ferro.

> 2 m O horizonte C não foi visto; ele é pouco espesso (10 a 30 cm) sobre a rocha básica no lugar; espesso porém diferente de B quando o solo é formado sobre material antigo e não se sabe muito bem onde ele começa.

Características deste perfil

Horizontes relativamente pouco diferenciados.

Acumulação de argila e não de ferro em B; não há endurecimento. não há Bg ou BG.

A Ferralitização é um processo de evolução pedológico, um solo ferralítico é um solo cujo sentido de evolução é a ferralitização e, de acordo com o grau de evolução, / pode-se obter perfis bastante diferentes uns dos outros.

O parágrafo seguinte vai permitir classificar esses diferentes perfis em função da evolução.

3-2- Influência dos fatores de formação do solo sobre o desenvolvimento dos perfis ferralíticos.

3-2-1- A topografia - A cadeia de Solo, catena de Nye na Nigéria.

Nye observou a sucessão seguinte de perfis ferralíticos / ao longo de uma encosta de 22% e sobre um comprimento de 800m aproximadamente.

Figura 13cm

A medida que se desce a encosta, a hidromorfia se manifesta cada vez mais no perfil a base de B. Um horizonte B_{2g} à pseudo-gley (mottey-horizon de Nye) aparece e depois um horizonte $B_2 G$ a gley (pallid horizon de Nye). Este último torna-se cada vez mais importante em direção a parte inferior da encosta assim como B_{2g} , enquanto que o horizonte B_2 se reduz progressivamente.

Bem no fundo do vale, B_{2g} e $B_2 G$, substituem todo o B_2 quando vale é pantanoso e o Gley ou o pseudo gley podem mesmo existir em A: tem-se então um solo hidromorfo / (no sentido francês do nome) e não mais um solo ferralítico.

Nye no seu exemplo de sequencia de solos, notou a presença de uma "stone-line" no topo de B em posição. II.

II.

3-2-2-

O Clima

Os solos ferralíticos se formam essencialmente e unicamente seja em clima tropical úmido de monção ou com / estações alternantes seja em clima do tipo equatorial com uma ou duas estações secas curtas e pouco acentuadas.

A pluviometria é sempre abundante; é difícil dar um / limite inferior preciso; Entretanto, o acordo se faz sobre a cifra de 1.000 a 1.200 mm anuais.

Quando as rochas são facilmente alteráveis, como as rochas básicas, este limite inferior é de 1.000mm às vezes um pouco menos (basaltos de Madagascar); ela é de 1.200 a 1.400mm anuais se as rochas se decompõem lentamente como as rochas ~~ácidas~~ (granitos e gnaiss ácidos).

A temperatura média para a formação dos solos ferralíticos deveria ser superior à 18-20° (Harrasovich, Aubert, Henin), se bem que a cifra 12° já foi citada e Madagascar (Segalen). Na realidade o fator mais importante deve ser a temperatura média do solo no momento das mais fortes chuvas dado ainda mal conhecido.

As condições climáticas têm sobretudo um papel importante sobre a intensidade dos fenômenos de ferralitização. Quando o clima está no limite indicado acima o carreamento das bases é relativamente fraco, a decomposição das rochas se faz lentamente e os solos formados estão relativamente próximo dos solos ferrugíneos tropicais e dos solos brunos com melhor saturação

em bases, presença de alguns minerais herdados da rocha mãe menor profundidade do solo etc...

Ao contrário, se a pluviometria é forte (mais de 1.800 a 2.000 mm de chuva) a rocha se altera rápido e facilmente a decomposição dos minerais é completa, os horizontes B₂ e C são espessos, o carreamento das bases pela lixiviação é importante.

No caso dos solos muito permeáveis, há lessivagem da argila e formação de um A₂ mais claro (os latossolos "pedzolizados" da classificação brasileira); nos casos extremos, pluviosidade superior a 2.000mm solos arenosos, o horizonte A₂, torna-se branco e passa-se a um solo que é um verdadeiro podzol tropical - (Sul da Costa do Marfim, Congo Brazzaville Gabão, Ambrônia, São Roque do Paraguaçu etc...)

3-2-3- Vegetação

Os solos ferralíticos se formam essencialmente sob a grande floresta úmida. Mas eles encontram também sob savana arbórea ou arbustiva (Rep. Centroafricana, Norte da Costa do Marfim, etc...), sob savana unicamente herbácea (Congo Brazzaville) e mesmo sob charreca a samambaia "brousse à fougères" (Tchad, Gabão etc...), neste caso, o horizonte húmifero é muitas vezes profundo, 20 a 25 cm o húmus é mais colorido e mais abundante.

O papel da vegetação é duplo.

- A cobertura vegetal impede a dessecação dos horizontes superficiais, seja pela sombra seja pelo tapete de detritos vegetais caídos à superfície.

- A natureza do húmus formado intervem também: um particular os húmus ácidos, ricos em ácidos glúvicos favorecem a lixiviação do ferro, logo a formação de um horizonte A₂, menos coloridos que A₁ e B₂, empobrecido em ferro e em argila.

3-2-4- Rocha mãe

De acordo com os pedólogos ingleses, Hardy (Trinidad) Chatter (Gana) Russel (Kênia) os solos ferralíticos só se formariam sobre rochas básicas (basalto, diorita, gabro, etc) Na realidade constatou-se desde muito tempo que os solos ferralíticos podem também se formar sobre rochas ácidas (granito, gnaiss...)

Mas observa-se diferenças nos perfis segundo a natureza da rocha mãe.

- 3-2-4-1 Sobre rochas básicas. (Basalto, gabro, diorita, calcário dolomítico) a rocha mãe se altera rápido e completamente; os horizontes B2 são frequentemente muito espessos, enquanto que os C têm pouca espessura (em particular sobre basalto) ou mesmo são reduzidos a uma película pouco visível (calcário dolomítico).
- 3-2-4-2- Sobre rochas ácidas, (granitos, gnaiss, arenito micáceo (psamito) arenito ferruginoso, arenito à feldspato / (arkose) arenito argiloso) a alteração é mais lenta e observa-se horizonte C de vários metros de espessura, às vezes 10 a 30 metros.
- 3-2-4-3- Sobre rochas unicamente quartzo. Areia quartzítica pura arenito com cimento silicoso, ~~quartzo~~ não se conhece / solos ferralíticos; a evolução pedológica se faz principalmente em direção à podzolização quando o clima é úmido, em direção aos solos ferruginosos tropicais se o clima é relativamente seco.
- 3-2-5- Idade dos solos ferralíticos. A idade influe diretamente sobre a profundidade do solo e sobre o desenvolvimento dos horizontes.
De acordo com Leneuf na Costa do Marfim, para que 1m de granito calco-alcalino seja completamente ferralitizado isto é para que o silício seja carregado pela drenagem é preciso.
20.000 a 30.000 anos com 2m anuais de chuva
55.000 a 200.000 anos com 1.800 a 1.700mm anuais de Chuva.
Estas cifras são naturalmente ordem de grandeza, mas pode-se concluir que é preciso vários centenas de milhares de anos, talvez milhões de anos para que um / solo ferralítico de mais de 10m de espessura possa / se formar.
Outra conclusão um solo ferralítico "jovem" será / pouco profundo (1m a 3m 4m) pouco dessaturado em bases e às vezes com o B contendo materiais da rocha mãe in completamente decompostos (micas)
- 3-2-6 Erosão
- 3-2-61 A erosão superficial pode carrear pouco a pouco o horizonte A; este se reforma constantemente à partir / do horizonte B; o solo é assim impedido de se aprofundar e as raízes das plantas atingem muito facilmente o horizonte C e a rocha mãe.

As subidas bióticas das bases são importantes e A é sempre bem saturado em bases.

As vezes, mesmo B, contém materiais da rocha mãe mal decompostos (mícas, feldspato).

A erosão superficial impede o solo de "envelhecer"; é provavelmente este fenômeno que ocorreu no caso dos solos de CEPEC em Itabuna.

Tais solos, chamados ferralíticos penevolúidos ---na classificação francesa, são muito férteis, porém difíceis a cultivar se se quer, evitar que a erosão não os destrua completamente (caso das culturas anuais que cobrem mal o solo; a melhor utilização é a cultura arbustiva: cacauzeiros, caféeiros, bananaeiras.... que dá um clima para estas tais culturas.

3-2-62

A erosão pode agir Na escala Geológica

seja desolando o horizonte A do horizonte B e o fazendo escorregar ao longo da encosta, seja pelo transporte, a uma maior ou menor distância, de materiais dos solos ferralíticos.

Naturalmente no decorrer do transporte, os elementos grosseiros (calhaus) se depositam primeiro e os elementos mais finos (argilas síltes, areias finas) se depositam por cima.

É a estes fenômenos que se pode atribuir o aspecto atual de muitos solos ferralíticos: a leito de cascalhos (stone-line) como por exemplo os Barreiros.

As Terras Roxas Legítimas de São Paulo são frequentemente solos transportados, porém como o material original (formado sobre basalto) não continha calhaus, não há "stone-line" e diferenciam-se mal, sobre o perfil, os solos no lugar dos solos transportados.

Nos perfis de Vapo e de Dakpadou os horizontes A e B contêm concreções ferruginosa que se formam normalmente em B; e pois provável que os A se formaram a partir de um material proveniente tanto de horizonte A quanto de horizontes B que se empobreciam em argila seja no decorrer de um transporte superficial a curta distância, seja no lugar por empobrecimento em argila (carreamento lateral).

4- OS HORIZONTES DOS SOLOS FERRALÍTICOS

Nos parágrafos procedentes definiu-se p^a e os solos ferralíticos.

Um horizonte A, geralmente subdividido em A1 e A3 mas às vezes com um A2 lessivado.

Um horizonte B, com bastante frequentemente, pelo menos / na África:

Um Bg ou um BG, às vezes os dois.

Um horizonte C, rocha mãe alterada: a estrutura desta / sendo bem visível.

Um horizonte R que é a rocha mãe muito pouco alterada.

Vamos estudar estes diversos horizontes de maneira mais / detalhada, tentando-se destacar os principais processos da pedogênese e o sentido de sua evolução.

mas é preciso ter em conta que estes solos só se formam / sob uma pluviosidade relativamente abundante (mais de 1.1000 mm / anuais) e uma temperatura elevada durante a maior parte do ano.

4-1- HORIZONTE A

Chamado horizonte superior por G Aubert

"É essencialmente o horizonte onde a matéria orgânica se acumula e se decompõe e produzem certas migrações, de partículas / de ferro e de argila.

4-11 MATÉRIAS ORGÂNICAS

Laudelout assinala que no Congo Kinskassa a grande floresta equatorial deixa cair sobre o solo entre 12 e 15 ton de matérias vegetais secas por hectare. Em zona de savana ou de recolonização / pela floresta, as quantidades são menos importantes, mas sempre consideráveis.

4-111 Entretanto os horizontes ricos em matérias orgânicas são de pouca importância:

A0 é praticamente inexistente e se reduz a 0,5 ou 1 cm de material vegetal em via de decomposição; às vezes alguns milímetros.

A1 tem uma profundidade média de 5 a 15 cm, raramente mais de 25 cm (salvo em certos solos cobertos de gramíneas).

A3 "é um pouco carregado em matéria orgânica ("impregnação de húmus" de certos pedólogos).

4-112 Isto é devido a 2 fenômenos:

as matérias orgânicas são muito rapidamente destruídas / ou humificadas pela microfiora do solo, bactérias e cogumelos assir/ como pelas térmitas; uma parte é incorporada ao solo sob forma de / humus (os vermes de terra desempenham um certo papel só quando o / do solo é superior a 6)

Graças às temperaturas elevadas, à umidade constante e / boa aeração do solo (um solo ferralítico não tem água estagnada na superfície) esta decomposição é extremamente rápida.

Bates assinala que, na Nigéria as folhas só subsistem sobre o solo 14 a 20 dias e que uma árvore morta é completamente desagregada pelas térmitas e cogumelos.

- as raízes das árvores da floresta têm uma repartição / muito superficial; entre 0 e 15 cm (até 20 cm) encontra-se 80% da massa das raízes, acontece o mesmo para as gramineas.

Naturalmente desde que um solo é cultivado mesmo se ele é plantado com árvore (dendê) ou arbustos (cacaueiros; cafeeiros), o horizonte A1 pode ser mais profunda.

4-113 os teores em matéria orgânica humificada ultrapassam / 3% em A1, mesmo sob grande floresta equatorial e são muitas vezes / inferiores a esta cifra,

Há portanto 2 exceções :

- Em altitude, Segalen assinala sobre os altos planaltos de Madagascar entre 1 000 e 1 500 m de altitude teores de matéria orgânica de 3 a 6 %. Os belgas observaram o mesmo fenómeno / no Kivu e no Rivanda-Burundi e os francôses no Camerão. Isto é devido à baixa temperatura causada pela altitude que reduz a atividade / microbiana.

- solos ricos em cálcio (solos formados sobre rochas ricas em plagioclásio cálcico como as doleritas e os basaltos) a presença do cálcio favorece a formação de humus cálcio (Full cálcio) mais resistente à decomposição pelas bactérias que o Full ácido normal; os teores de matéria orgânica podem então ultrapassar 3%.

- Porém no caso mais geral, o humus dos solos ferralíticos é um humus ácido, com evolução muito rápida, que não se acumula / no solo onde seus teores são fracos; - menos de 3% de matéria orgânica.

4-114 Composição do humus.

A relação C/N é geralmente vizinha de 10, ela é geralmente incluída entre 10 e 12 na superfície.

Segundo Segalon as cifras médias estabelecidas para o sul do Camerum são as seguintes:

Superfície	C/N	=	11
30 cm	C/N	=	7 a 9
60 cm	C/N	=	5 a 7

A relação C/N diminui muito rapidamente desde que se deixa o horizonte A.

A relação ácidas flúvias sobre ácidas húmicas é vizinho de 1 em superfície, no caso geral.

Mas quando o solo é muito rico em cálcio, os ácidos húmicos se tornam preponderantes com uma proporção elevada de ácidos húmicos cinza.

Ao contrário, nos solos ferralíticos ácidos, os ácidos húmicos o que constitui um elemento favorável à lixiviação do ferro.

Excessão importante: os solos ferralíticos, humus bruto.

Geralmente os solos ferralíticos não tem horizonte A0 / ou um horizonte A0 reduzido a alguns cm de falhas em via de decomposição.

Entretanto, Aubert, no sul do Gabão, Gras e Boussezen no Congo Brazzaville Garcinier na Nova, descreveram solos ferralíticos com um A0 bem desenvolvido com vários cm a algumas dezenas de cm.

Ilos semelhantes foram assinalados na Amazônia. Estes solos tem por características a serem formados sobre rochas ricas em / quartzo e sobretudo de serem muito ácidas, pH da ordem de 3,5 a 4,5. / por causa desta acidez, somente os cogumelos podem-se desenvolver / e como eles são bons transformadores de matéria orgânica esta se acumula sobre o solo sob forma de humus bruto.

Neste caso as relações C/N são altas (da ordem de 15 a 25) e os ácidos fúlvicos são nitidamente mais abundantes que os ácidos / humus daí uma tendência à lessivagem da argila.

4-12 Lessivagem e empobrecimento Textura

Nos solos ferralíticos a lessivagem da argila e do ferro é geralmente fraca e é muito raro observar-se uma cumulação de um ou outro destes elementos em B.

4.121. Entretanto o horizonte A é geralmente mais pobre em argila que o horizonte B.

Por exemplo o perfil de Bamero na Costa do Marfim (G. Aubert).

0 - 25 cm	15,5% de argila	A1
25 - 50 cm	33% " "	A2 - B1
50 - 70 cm	55% " "	B
100 cm	40% " "	C

Ter-se-ia pois incontestavelmente, saída de argila em A.

4-122. Para explicar este fenômeno invocam-se as seguintes hipóteses

- a erosão superficial, que existe mesmo sob floresta e que desloca os elementos mais finos do solo; sua ação é muito lenta sob vegetação natural mas torna-se rápida sob a cultura.

- o empobrecimento em argila no horizonte A por carreamento olítico.

Ele seria provocado pela má penetração das águas das fortes chuvas no horizonte B. Isto parece curioso, porque quando se observa um perfil de solo ferralítico parece que a porosidade dos horizontes B, se bem que mais fracas que a do A, ainda é importante.

Entretanto observa-se em certos solos, como os solos Cepec de Itabuna, finas grânulas de manganês que se formam sobre a linha de contacto entre A e B e que parece provar que a água estagna neste nível e penetra relativamente em B pode-se pois conceber que exista uma inclinação esta circula lateralmente A e B.

Segundo Fauch, este empobrecimento lateral seria responsável pela textura arenosa dos horizontes B dos solos de Casamance (sul do Senegal).

Foi invocado a mesma teoria para as terras do "Borre" do Togo e do Baomé.

- a destruição da caolinita no horizonte A

Segundo Segalen, Huang e Irofferman, esta se faz no caso dos solos ricos em caolinitas desordenadas, metahalosita e bahosita, isto é formados sobre rochas básicas; o quartzo permanece praticamente intacto; o mecanismo é essencialmente uma dissolução pela água.

Segundo alguns autores, a caolinita SS poderia também ser destruída lentamente e em proporção menor seja pela ação do humus (G. Aubert, Pias) seja pela ação da flora do solo mas isto ainda é mal explicado.

- os fenômenos de transporte. quando o horizonte A foi transportado para cima do horizonte B, pode-se conceber que decorrente deste deslocamento, provavelmente efetuado sob forma de massa lamenta, uma parte da argila teve sido carregada até os riachos e os rios.

Segundo os solos encontrados pode-se invocar uma ou outra explicação. Em todo caso observa-se sempre nos solos ferralíticos teor crescentes em argilas quando se passa do horizonte A1 para o horizonte A2 e sobretudo o horizonte B.

4-123. O ferro sofre o mesmo fenômeno que a argila :

Segundo Duchaufour o ferro do solo pode se combinar com os ácidos fúlvicos do humus e se torna então solúvel, portanto fácil de ser deslocado pela água.

Em certos solos muito humíferos (Nova Caledônia Cong Brazza mille), o empobrecimento em ferro do horizonte A é tão intenso que / a formação de um verdadeiro horizonte A₂ mais claro que A₁ e B.

Os pedólogos da Cepec também observaram um horizonte a A₂ / na verdade pouco intensa nos solos ferralíticos da série Nazaré / (latossolos "podzolizados"). Mas na maioria dos casos, observa-se apenas uma intensidade de coloração vermelha, ou amarela que cresce / quando se passa de A₁ e para B (caso da série Cepec de Itabuna, de / terras roxas legítima de Campinas, dos perfis de Dakpadou, Yapo etc)

Estrutura: O horizonte A dos solos ferralíticos é um horizonte formado da caolinita, contendo relativamente poucas bases e relativamente pouco húmicos, isto no caso geral.

Assim as estruturas são habitualmente do tipo poliédrico / arredondado ou do tipo nuciforme em A₁, de um tipo poliédrico mais argiloso A₃.

Estrutura grumulosa, arredondadas só se encontram nos solos mais húmicos e melhores saturados em bases, sobretudo em cálcio (presença de ácidos húmicos cinza em pequena quantidade, entretanto).

Como a argila dominante é a caolinita há poucas fendas / de retração: quando estas existem elas são geralmente atribuídas à presença de haloasitas.

4.14- A linha de cascalho (Stone-line ou nappe de gravats)

Bastante frequentemente observa-se à base do horizonte A uma linha de cascalho que é chamada "Stone-line" ou "nappe de gravats", ela pode ser uma simples linha ou um verdadeiro nível ou subhorizonte em A₃ (perfil de Yapo); o stone-line pode também penetrar / dentro do B (sequência de Nye-perfil II). Esta linha de cascalho intrigou muito aos pedólogos: foram invocadas as seguintes explicações.

4-141- Um verdadeiro "derrame" do horizonte

A₃ seguindo um empobrecimento em argila; encontra-se então na base de A um sub horizonte mais ou menos espesso / de seixos de quartzo ou de concreções ferruginosas, frequentemente as duas do mesmo tempo que são os resíduos / não móveis de um horizonte muito mais espesso onde eles eram esparsos no solo.

4-142- Um movimento do solo que transportou o horizonte A: naturalmente os materiais mais grosseiros se depositaram primeiro e os / mais finos depois. Movimentos a grande distância existiram em certos casos (Barreiras de Salvador), mas na maioria dos casos pode-se / pensar em simples movimentos de reptação ao longo das encostas.

Nye na Nigéria distingue;

Cr horizonte de creeping soil

S " sedentário

Radwanski propôs o esquema seguinte em Buganda.

-Este esquema tem a vantagem de explicar porque em certos casos o stone-line pode-se encontrar no B.

N.B- Quando o solo original não contém seixos não se / pode ter formação de stone-line. É o caso de muitas terras roxas legítimas do estado de S.Paulo formadas sobre basalto, portanto / sem seixos. Elas sofreram sem dúvidas um processo de transporte / (Jose Queiroz) mas é evidentemente impossível ver um stone-line.

4-143- As subidas das terras finas, pelas térmitas.

Como embaixo dos stone-lines se encontram às vezes terra fina de composição muito vizinha daquela que está em cima, alguns autores como Ollier, Leneque (Fogo) pensaram a uma subida de terra fina, sobre tudo pelas térmitas, as minhocas e talvez as formigas. Daí o esquema de Ollier.

Rocha alterada com veios de quartzo.

Fraca erosão que espalha os seixos na superfície.

Terra fina trazida de baixo pela / fauna do solo e espalhada em cima dos seixos.

A camada trazida espessa-se; horizontes A e B diferenciam-se por / evolução pedológica.

Esta subida de terra fina pode-se fazer ao mesmo tempo que os movimentos dos solos por reptação segundo NYE; êste tinha distinguido em cima dos stone-line:

Cr W horizonte constituído por dejeções de minhocas

Cr T " " por dejeções de termitas

Cr G " " de acumulação de grânulos, em bai

xo se encontra o horizonte sedentário.

4-15- O complexo absorvente e o pH

4-151- O complexo absorvente é normalmente melhor saturado e o pH mais elevado em A do que em B.

Os animais do solo, termitas, minhocas enriquecem a parte superior do solo graças as suas dejeções (ricas em cálcio e em magnésio)

-os detritos vegetais provenientes das árvores (ou das ervas no caos das savanas) enriquecem provisoriamente o horizonte húmifero em bases, esperando que a mineralização do humus e a derena - gem os leve em profundidade. Mas na passagem estas bases são frequentemente retornadas pelas raízes das plantas daí um certo equilíbrio em subida biótica e lessivagem.

4-152- A quantidade de bases trocáveis é bastante fraca:

Entre 3 a 5 me por 100g (e as vezes um pouco menos de 3 m . e.) nos solos derivados de rochas ácidas.

Um pouco mais de 5 me e nos solos derivados de rochas / básicas quando estes não são muito espessos; mas nos solos com 10 m. e. por 100g e mais da bases trocáveis são raros.

4-153. O pH na maioria das vezes está incluído entre 5 e 6.

Nas regiões úmidas sobretudo se os solos são muito permeáveis (solos arenosos) ele pode descer entre 3,5 e 4,5,.

Nas regiões mais secas se se trata de solos pouco / espessos formados sobre rochas básicas, o pH pode alcançar 6,5 e / muito excepcionalmente valores próximos de 7.

4-2 Horizonte B ou horizonte de acumulação.

A espessura deste horizonte é extremamente variável. / Segundo os solos, o horizonte B pode ter 60cm-1m de espessura, até 10m e as vezes mais.

4-21- Passagem do horizonte A para o horizonte B.

A passagem entre estes dois horizontes é geralmente muito progressiva; o limite entre A₃ e B₁ é pouco nítido no campo e / difícil a ser determinado com precisão: é uma das características / mais constantes dos solos ferralíticos.

Existem duas exceções a esta regra:

-quando a linha de cascalho ('stone-line') marca o limite entre A e B.

-quando o horizonte B apresenta na parte superior uma endurecimento por acumulação e endurecimento dos sesquióxidos de ferro e de alumínio ("carapace ou cuirasse" em francês "fragipan" ou / "duripan" da 7ª aproximação).

4-22.

Côr do horizonte B.

Pensava-se inicialmente que todos os solos "lateríticos" eram vermelhos; mas constatou-se depois que a gama de côr podia ser muito grande:

vermelho aroxidado	terras roxas
vermelho marron	parfil de Dakpadou, solos sôbre basalto.
vermelho vivo	República Centro-Afri- cana
ocre e côr de laranja	Estado da Bahia
amarelo	bacia central do Con- go Gabão.

A côr é normalmente uniforme de cima para baixo do /
horizonte B.

Entretanto, existem duas exceções a esta regra:

-uma superposição de duas cores foi observada na par-
te oriental de Madagascar: B_1 é amarelo ou amarelo-alaranjado, B_2 é
francamente vermelho; como não há diferença nos teores em ferro e/
em argila entre B_1 e B_2 , a diferença de côr é devido à presença de
óxidos de ferro amorfos para o vermelho e de goetita cristalizada /
para o amarelo (Ségalen).

-o aparecimento de um sub-horizonte Bg ou BG provoca
evidentemente modificações de cores.

Este problema será tratado mais adiante.

4-23-

Textura.

4-231- A textura depende essencialmente da rocha mãe-
As rochas sem quartzo ou pobres em quartzo (xistos, /
basaltos, andesita, diorita, gabbro, rochas ultra-básicas) dão nas-
cimento à solos argilosos.

Bonset assinala solos com 85% de argila sôbre andesi-
ta em Porto Rico: entretanto, isto constitui um caso extremo.

As rochas quartzíticas (granitos, gnaiss, etc.....) /
geral solos com 30,40,50,70 até 80% de areias.

Frequentemente, é difícil avaliar a textura, porque
argila e ferro formam finos agregados muito difíceis a dispensar, /
chamados "pseudo-areias". Os dispersantes utilizados para a análi-
ses mecânica (soda, pirofosfatos ...) não conseguem os destruir. É
necessário utilizar os ultra-sons.

4-232-

A fraqueza dos teores em silte (limo: 2 a 20 micros), é
uma característica essencial da textura deste horizonte; em valor absoluta, os teores em silte vão de 2 a 7% e ultrapassam excepcionalmente 8 a 10%.

A relação silte /argila é quase sempre fraca, da ordem de 0,1 a 0,2 (a presença de "pseudo areias" do tamanho do silte pode entretanto fazer aparecer artificialmente relações mais altas).

O horizonte B é portanto essencialmente formado de /
e de areia.

4-24.

O enriquecimento do horizonte B em argila.

O horizonte B é sempre mais argiloso que o horizonte A.

Não se trata de uma iluviação da argila que, saída de A, ^{teria depositado} se em B. B não é um horizonte iluvial e se ele é mais argiloso / que A é porque A se empobreceu em argila.

4-241.

Com efeito, B não possui nenhuma das características
de um horizonte iluvial:

-os teores em argila continuam crescendo de cima para baixo de B ou permanecem constantes, em lugar de mostrar um máximo / no topo (ponto de chegada da argila migrante de A.)

-não existem revestimentos argilosos nítidos, espessos e brilhantes ("cutanes") como num B iluvial. Alguns B muito argilosos podem apresentar finas pelliculas argilosas (serosidades, "clay-skin") quem não podem ser consideradas com "cutares".

4-242.

O enriquecimento do horizonte B em argila é portanto
um enriquecimento relativo em relação a A.

Segundo alguns autores, seria possível em certo enriquecimento absoluto por neosíntese da caolinita: o silício solubilizado a partir do quartzo (ou da destruição de certas argilas de A) poderia se combinar com o hidróxido de alumínio presente no solo / para dar nascimento a caolinita.

Esta neosíntese existe naturalmente nos horizontes B dos solos ferralíticos jovens, quando eles contem ainda elementos da rocha-mãe, como feldspatos e micas, elementos a partir dos quais a caolinita pode se formar.

N.B- Entre os solos ferralíticos muito pobres em bases onde a argila é fortemente dessaturada, portanto fácil a dispensar, / existem certos solos quem mostram no B uma acumulação de argila na / parte superior. A classificação francesa ~~...~~ destes solos um grupo de "solos ferralíticos lessivados".

Entretanto, não se sabe se esta lessivagem é vertical ou oblíqua pelo menos parcialmente. Com efeito, um lençol oblíquo, / transportando uma argila dispersada, pode impregnar a parte superior do B e aí depositar sua argila.

Não há também revestimentos argilosos sobre os agregados (cutanes), mas um depósito de argila orientado pelos canalzinhos e os poros.

4-25- A acumulação dos hidróxidos de ferro em B e os fenômenos de concrecionamento e de endurecimento.

O horizonte B é geralmente mais rico em ferro, óxidos / e hidróxidos de ferro que o horizonte A. Isto provoca uma coloração / mais forte do horizonte B.

Frequentemente este fenômeno é pouco intenso (terra roxa) e as diferenças dos teores entre A e B são fracas,

Entretanto, existem casos onde a acumulação do ferro em B é tão forte que ela dá ao horizonte B características muito especiais, como na África tropical (ao norte do Equador sobretudo), em / Madagascar, nas Índias, no Vietnam, etc.....

4-251. Migração e depósito do ferro: os ácidos fúlvicos tem a propriedade de se combinar com o ferro do solo depois de o ter reduzido; os compostos fulvo-ferrícos assim formados são solúveis e sofrem um carreamento oblíquo pelas soluções quem atravessam o solo.

Reencontra-se uma parte destes complexos nos riachos e rios, cuja água tem uma cor característica (água "côr de chá" das zonas ferralíticas).

Mas, como os ácidos fúlvicos têm uma vida relativamente curta no solo, o ferro se acumula frequentemente sob forma / de hidróxidos nas partes inferiores das encostas em lentes alongadas ou nos fundos dos vales. Naturalmente, se existem depressões fechadas, a água estagna e impregna o horizonte B que se enriquece em / ferro.

Nos casos mais extremos, é toda a parte superior do B que se enriquece em ferro, quando os movimentos oblíquos das soluções são suficientemente lentas para deixar-lhes o tempo de penetrar em B.

4-253. Concrecionamento e endurecimento.

Sob os climas onde a estação seca é suficientemente longa e intensa para que o solo se destaque parcialmente, os hidróxidos $\text{Fe}(\text{OH})_3$ e $\text{Fe}(\text{C}-\text{OH})$ se transformam em óxidos de maneira irreversível.

Sob floresta, e em geral sob vegetação natural, esta transformação nunca é completa.

Quando a acumulação de ferro na parte superior do B é intensa, forma-se um horizonte (ou sub-horizonte) contínuo de óxidos e hidróxidos de ferro (e de alumínio também) ainda friáveis é a "carapace" dos pedólogos francêss, o "frangipan" dos americanos.

Se um pedaço desta carapaça é exposto ao ar e ao sol, ele endurece muito rapidamente por transformação dos hidróxidos é a laterita descrita por Buchanan.

Este fenômeno ocorre naturalmente quando a erosão elimina o horizonte A: o B de óxidos de ferro se transformam numa couraça ("cuiresse" dos francêss "duripan" dos americanos) perfeitamente estéril. Em certos países como no leste da república Centroafricana, no nordeste do Congo-Kinshasa, Guinéa central, esta couraça se estende sobre centenas de quilômetros. Pensa-se que na maioria dos casos trata-se de solos ferralíticos muito velhos que datam do fim do Território ou do início do Quaternário.

A maior parte das jazidas de ferro da zona inter-tropical são couraças ferralíticas mais ou menos idosas.

Quando a acumulação do ferro é menos intensa, ou quando o solo é mais jovem, a individualização do ferro em óxidos dá nascimento à pequenas concreções ferruginosas de 1 a 3 cm de diâmetro: o amálgamo destas concreções por um cimento ferruginoso pode gerar uma carapaça e em seguida uma couraça.

Inversamente, a destruição de uma velha couraça pela erosão pode terminar com a formação de tais concreções.

Estes fenômenos de acumulação do ferro e de encrostamento parecem ter tido uma intensidade muito forte no Secundário, no início do Quaternário; atualmente, eles parecem se produzir com menor intensidade nos locais onde existem.

Nas zonas equatoriais úmidas o ano, todo, como na bacia central do Congo, não parece válida para a margem costeira tropical úmida do Brasil.

Entretanto, ^{quando} se trata de vestígios do passado ou de uma evolução atual, os traços deixados nos solos de alguns países são tão importante que não se pode deixar ~~da~~ falar deles.

4-26. A evolução do manganês e do alumínio em B.

4-261. O manganês provem evidentemente dos minerais / da rocha mãe, mas também da destruição de certas argilas mangânicas.

Sua evolução é muito parecida com a do ferro, ao qual ele se mistura na maioria dos casos.

Mas, quando o solo é muito rico em manganês. este / elemento pode formar uma verdadeira couraça manganesífera (jazidas de manganês de Alta Volta de Franceville no Gabão....)

4-262. O clima provem essencialmente da destruição de certas argilas caoliníticas formadas sobre rochas básicas (caolinita / desordenada, haloisita metahaloisita. Os hidroxidos de alumínio, seja amorfos, seja cristalizados são pouco móvel no solo: eles permanecem em A, mas pode também invadir a parte superior do B, formando uma verdadeira bauxita terrosa (ilha de Los na Guinéa, Cameroun, Guianas, São Paulo, etc...) Frequentemente, tal como na Guiana ou no Cameroun, uma carapaça ferruginosa se encontra em baixo da jazida de alumínio.

Uma parte do alumínio provem também da destruição / dos feldspatos e de outros minerais da rocha mãe, como o piroxênio ou o amfibólio neste último caso não seja certo que o alumínio seja imóvel no solo. Ele pode provavelmente migrar parcialmente quando do estado da decomposição da rocha.

4-27. Modificações introduzidas dentro do horizonte B pela acumulação de óxidos de ferro.

Normalmente, o horizonte B é uniforme em toda sua espessura, e um pouco mais colorido que A.

Nos casos de forte acumulação de ferro, pode-se / ter as seguintes modificações, segundo a intensidade desta acumulação:

Côr mais forte

no topo de B
que na base; sobre-
tudo sob forma de
manchas difusas.

seixinhos ferruginosos

no topo de B, menos a-
bundantes em direção à
base

formação de uma coura-
ça. ou de uma crosta
sobre um sub-horizon-
te de seixinhos.

N.B. Quando seixinhos ferruginosos ou pedaços de couraça se encontram em A, pode-se frequentemente interpretar-los como resíduos da destruição, e as vezes do transporte, de um velho solo encouraçado.

4-28. Os horizontes Bg e BG Horizonte de argila manchada de G.Aubert.

Estes horizontes podem não existir, como na maioria dos solos ferralíticos de Madagascar e em geral em todos os solos ferralíticos onde se tem uma boa drenagem.

Sua presença é quase constante na Africa Ocidental e central (G.Aubert, Nye na Nigéria). Com efeito, o relêvo africano é formado de numerosas colinas e morros baixos, separados por vales pouco encaixados e frequentemente pantanosos.

Os lençóis são relativamente próximos da superfície e impregna a base dos perfis.

4-281. No caso de um lençol intermitente, que desaparece durante a estação seca, há redução do ferro e migração deste elemento em manchas, concreções ou traços durante os períodos úmidos. O ferro se reoxida quando o lençol desaparece.

Disto resulta a formação de um horizonte com manchas de pseudo-gley Bg ("argila manchada" de G.Aubert, "mottled zone" de Nye)

Estes horizontes Bg pode alcançar espessuras consideráveis (de algumas dezenas de cm até várias dezenas de metros). Posto em afloramento pela erosão ele endurece sob forma de couraça. No Níger na região de Birmine-Koni, morros testemunhas de 15 a 20 metros de alturas são vestígios de uma antigo horizonte Bg transformado em couraça de tipo escoriado.

4-282. No caso de um lençol permanente, as reduções e migrações do ferro não são seguidas de reoxidação e o ferro, que é móvel, acaba por partir com a água do lençol. Há formação de uma zona branca descolorida ("pallid zone" de Nye) de gley, BG, em baixo do Bg. Se este lençol varia pouco durante o ano, BG existe.

4-283. Os minerais de Bg e BG são principalmente: caolinita, gibbsitita, com goetita nas manchas. Nye assinala na Nigéria vermiculita que conteria ferro ferroso em BG, enquanto que em cima, em Bg, o ferro ferroso seria liberado por oxidação sob forma de goetita.

4.29. Propriedades do horizonte B.

4-291. Conteúdo mineral do horizonte B.

Os principais minerais são as argilas, os hidróxidos e os ácidos.

4-2911. As argilas: são eles sobretudo argilas caoliniticas, cuja mais importante é a caolinita sensu stricto. As "fire-clay" (caolinita desordenada), a metahalosita e a halosita são as vezes abundantes, sobretudo nos solos formados sobre rochas básicas.

Algumas vezes, um pouco de illita chegou a ser identificada (alguns por cento da fração argilosa), mais isto corresponderia a um estado jovem (ferris olos).

Nos solos formados sobre cinzas vulcânicas e basaltos, / foram reconhecidos alofanes, vestígios dos andosolos que precederam os solos ferralíticos atuais; desde que a ferralitização se torna completa os alofanes se transformam em haloisita.

4-2912. Os hidróxidos: são sobretudo:

gibbsita	Al (OH) ₃	muito frequente
boemita	Al O.OH	raro, com exceção de alguns atolls da Oceania
geotita	Fe O-OH	muito frequente
lepidocrocita	Fe O-OH	bastante rara.

4-2913. Os óxidos. São principalmente:

hematita	Fe ₂ O ₃	muito frequente
maghemita	Fe ₂ O ₃	

produtos aluminosos amorfos.
produtos ferruginosos amorfos.

leucoxeno	Ti O ₂ , 2H ₂ O
Anastas	Ti O ₂
bioxido de manganês	Mn O ₂

4-2914. O quartzo.

O horizonte B contém sempre uma proporção bastante elevada de grão de quartzo (que é naturalmente função do teor em quartzo da rocha-mãe).

Nos solos formados sobre rochas ácidas (ricas em quartzo) e contendo por este fato muita caolinita sensu -stricto, o silício dos grãos de quartzo se dissolve lentamente. "Golfos" de corrosão se desenvolvam e no fim chega-se a uma pulverização dos grãos de quartzo, que é sobretudo intenso em A mas começa em B.

Nos solos formados sobre rochas básicas, contendo pouco quartzo mas muita metahaloisita e caolinitas desordenadas, são estas argilas que perdem seu silício que os grãos de quartzo se corrodem relativamente pouco; o silício permanece praticamente intacto nestes solos.

4-292. Propriedades do complexo absorvente de B.

4-2921. A capacidade de troca de bases é fraca : ma realidade T nunca é superior a 10 m.e. para 100g de terra fina.

O horizonte B sendo desprovido de materia organica esta capacidade de troca corresponde praticamente à da caolinita, que

varia segundo os casos de 7 para 10 m.e. para 100g de argila a média sendo 10 (a cifra sendo um pouco maior para a halioisita (média: 20 m.e. / 100 g)).

Um horizonte B com 25% de argila granulométrica terá pois uma capacidade de troca de 2,5 m.e./100 g de sol aproximadamente; com 50% de argila: 5 m.e./100g mais ou menos.

4-2922. A soma das bases trocáveis é em média de 1 a 2 m.e. para 100g de solo, raramente mais, frequentemente menos, sobretudo nas regiões muito úmidas onde ela pode ser nitidamente inferior a 1 (Congo-Brazzaville). A soma das bases trocáveis depende evidentemente do teor em argila do solo, mas também e sobretudo do grau de saturação em bases do complexo absorvente.

4-2923. O grau de saturação em bases o V ($V=S/T\%$) -

É a quantidade de bases trocáveis fixadas sobre o complexo absorvente expresso em percentual da capacidade de troca ou T (que é a quantidade máxima de bases que pode ser fixada sobre o / solo).

O grau de saturação é variável segundo as diferentes categorias de solos ferralíticos, a tal ponto que ele está utilizado com termo de referência pela classificação francesa (e parcialmente / pela 7ª aproximação americana) para classificar os solos ferralíticos.

A classificação francesa distingue 3 sub-classes:

-solos ferralíticos fracamente dessaturados:

$V=40$ a $70+$ pode-se ter excepcionalmente um V próximo de 80%.

-solos ferralíticos mediantemente dessaturados.

$V= 20$ a 40%

- solos ferralíticos fortemente dessaturados.

$V < 20\%$

Os graus de saturação inferiores a 10% são frequentes nas regiões úmidas, quando os solos são profundos e permeáveis.

N.B. A 7ª aproximação utiliza a cifra de $V= 35\%$ em lugar de $V= 40\%$ dos franceses.

4-2924. O pH

O pH dos solos ferralíticos está geralmente entre 5 e 6,5 em B. Os pH superiores a 6,5 são muito excepcionais. Ao contrário, os pH de 4,5 e 4 mesmo menos de 4 se encontram com bastante frequência nas zonas mais úmidas e mais quentes (Gabão, Congo-Brazzaville, Amazonia, etc...).

4-3- Horizonte C ou material original de G. Aubert.

É a rocha-mãe alterada e frequentemente, profundamente alterada. mas pode-se também ser um material de coluvionamento ou de aprate já ferralíticos, e neste caso não há nenhuma relação / real entre o solo e a rocha geológica que se encontra sob o aprate.

4-31. Passagem do horizonte B ao horizonte C.

O horizonte C se diferencia do horizonte B pelo fato de que em C a estrutura da rocha mãe ainda é visível e que uma grande quantidade de materiais provenientes desta rocha, ainda reconhecíveis quanto a natureza, aí são encontradas.

Porém, frequentemente a passagem de B para C é muito progressiva. Na Costa de Marfim, sobre granitos calco-alcalinos, Noel Leneuf descreveu um sub-horizonte de passagem entre Bg e C onde dos elementos minerais e a estrutura da rocha são mal reconhecíveis.

Este sub-horizonte poderia ser chamada B₃, porém N. Leneuf interpretou-o como um C₁ porque não há nenhuma acumulação de hidróxido de ferro, enquanto que esta existe em Bg (horizonte de argila manchada).

Mesmo quando a passagem de B para C é nitida, ele é geralmente ondulado, com muitas prolongamentos de C entrando em B.

A espessura do horizonte C varia em função da natureza da rocha-mãe.

4-321. Sobre rochas básicas, o horizonte C é pouco espesso:

Sobre calcário e dolomie, C se reduz a uma película de alteração apenas visível por causa da espessura (alguns milímetros).

Sobre basaltos, o horizonte C tem uma espessura da ordem de uma dezena de centímetros (Cameroun).

4-322. Sobre rochas ácidas, como os granitos, o horizonte C pode alcançar espessuras até de vários metros ou mesmo várias dezenas de metros: assim, sobre cloritaxisto na República Centro-africana, C tem uma espessura da ordem de 10 a 15 metros, às vezes 20 metros sobre granitos alcalino, ou sobre arenitos moles, ela atinge muitas vezes 30 metros.

4-33. A cor do horizonte C é frequentemente ocre, marrom marrom avermelhado ou cor de ferrugem; ela lembra muitas vezes a cor do pão de mel ("pain d'épices"), daí o nome de "material pão de mel" que às vezes é usado.

Na maioria das vezes, esta cor não é uniforme existem linhas ou manchas de coloração variada, brancas cinzas, verdes, rosas, mais ou menos desenvolvidas.

Estas diferenças provêm dos materiais da rocha, assim, feldspatos em via de alteração darão manchas ou faixas brancas e cinzas, pirôxenos ou amfibóios darão faixas marrons, etc...

Estas faixas e estas manchas do horizonte C são muito diferente das manchas do horizonte Dg (argila manchada) que são regulares e não lembram de jeito nenhum a estrutura da rocha mãe. É muitas vezes por causa do aspecto diferente das manchas que se percebe na passagem do horizonte Bg para o horizonte C.

O limite exato é às vezes difícil de indicar com precisão / entretanto às vezes ele pode ser muito rápido e nítido.

4-34. A composição do horizonte C.

O horizonte C contém principalmente minerais herdados da / rocha-mãe e produtos de neoformação.

4-341. O quartzo é pouco alterável e se reencontra em C / na sua totalidade; entretanto, ele sofre um forte corrosão por dissolução e um início de fragmentação.

4-342. Os feldespatos são sempre alterados qualquer que seja sua cor original (branco, cinza, cor de rosa) eles sofrem um esbranquecimento antes de se tornar poeira.

4-343. Os minerais ferro-magnesianos (piroxênos, anfíboles peridotos) se alteram muito rapidamente, seu ferro é liberado e percorre o perfil, frequentemente observa-se um estágio intermediário / transitório de decomposição que é uma mica ou uma hidro-mica; em seguida, forma-se uma gila.

4-344. As micas se alteram por disjunção dos folhetos e oxidação do ferro; a biotita é rapidamente decomposta, a muscovita / resiste muito mais tempo mas termina por dar um hidromica e por fim uma caolinita.

4-345. A argila cristalizada é essencialmente uma argila / caolinitica ela se forma por neossíntese, após a hidrólise dos feldespatos.

Os minerais ferro-magnesianos podem também gerar caolinita mas provavelmente depois de passar por um período muito curto sob / forma de montmorilonita.

As pequenas quantidades de illita (1 a 3% da fração argilosa) que se encontram muitas vezes nos solos ferralíticos são em geral / considerados como provenientes das micas.

4-346. A gibbsita é depois da caolinita o segundo constituinte de neoformação em importância da fração 0-2 microns.

Ela se forma depois da alteração dos minerais da rocha-mãe (feldespatos, Piroxênos, anfíboles, micas) Ela é pouco móvel, ao / contrário do silício dos silicatos de alumínio que é em grande parte eliminado por drenagem, e mesmo às vezes totalmente (bauxita das Ilhas de Los, na Guinéa).

Com efeito, o silício é móvel em pH ácidas e não o alumínio, enquanto que o alumínio é móvel aos pH básicas e não o silício.

Os teores em alumínio aumentam à partir da rocha-mãe até a base do horizonte B.

Quando a rocha-mãe é muito rica em minerais ricos em cálcio e magnésio a decomposição destes minerais localmente pode gerar, / micro-sítios, pH alcalinos daí uma certa mobilidade do alumínio, localmente. Entretanto, conhece-se muito pouco a importância desta mobilidade.

4-347. Os Óxidos e hidróxidos de ferro: eles provem da decomposição dos minerais ferro-magnesianos e das micas. Geralmente, / eles existem em quantidade suficiente para tingir fortemente o horizonte C.

4-348. As bases alcalinas e alcalinas-terrosas, K, Na; Mg; Ca, são em grande parte eliminadas pelas águas de drenagem. Por isto, os teores em bases são variáveis em C. eles podem ser elevados nas zonas onde a alteração começa (base de C) assim como em torno dos / minerais (feldespatos, ferro-magnesianos) que podem permanecer no perfil.

Entretanto, muito rapidamente, a ação da drenagem faz baixar este teor e topo de C apresenta um teor em bases próximo do de B.

4-349. O volume do horizonte C: o horizonte C conserva o / aspecto a estrutura da rocha-mãe apesar das perdas de elementos, o horizonte C conserva o mesmo volume que a rocha-mãe, é a alteração / iso-volume, que implica uma porosidade crescente à medida que a alteração progride.

Entretanto, desabamentos, compactações, acabam por se produzir provocando uma diminuição do volume isto acontece na parte inferior de C; a estrutura da rocha é ainda reconhecível desaparece / progressivamente.

5- DEFINIÇÃO DOS SOLOS FERRALÍTICOS;

Depois ter estudado as propriedades gerais dos solos ferralíticos, seus horizontes e vários perfis, pode-se tentar definir as características deste tipo de solo.

5-1- A evolução pedológica é sempre muito forte: ela acaba por provocar desaparecimento de quase totalidade dos minerais da rocha-mãe, desde a base do horizonte B (com exceção às vezes de alguns particularmente resistentes como a ilmenita, a magnetita, / zircon, a ilita e naturalmente o quartzo) O silício combinado e as bases são eliminados em grande parte por drenagens.

5-2- Os produtos de síntese são abundantes. São eles; -argilas da família da caolinita, único tipo de argila / que subsiste em quantidade notáveis nestes solos.

-óxidos de ferro e hidróxidos de ferro, (goetite, hematita, sobretudo).

A presença de argilas caoliniticas de oxidos e de hidroxidos de ferro é um aspecto constante dos solos ferralíticos.

-hidróxidos de alumínio do tipo gibbsita, ou sob forma amorfa, a presença de gibbsita é frequente, quase habitual, mas não é essencial para a definição dos solos ferralíticos, se bem que alguns entre eles podem conter quantidades elevadas de gibbsita.

-óxidos de titano e de manganês: a presença de titano é relativamente constante (até 3 e 4% de TiO_2 no solo) é mal aplicada.

5.3.0 perfil é do tipo A B C.

-As espessuras dos perfis, como as dos diferentes horizontes, são muito variáveis.

-Os teores em argila, crescem regularmente a partir da superfície até a base de B (elas são relativamente constantes em B).

As transições entre os horizontes se fazem progressivamente, tanto para os teores em argila como para a cor.

-As cores são nas variedades de ocre, amarelo, cor de laranja, vermelho, vermelho amarronzado até vermelho arroxiado: uma mesma cor tinge o perfil inteiro (com exceção de C e Bg ou BG).

-O horizonte A é geralmente, o mais rico em elementos grosseiros: Areias, cascalhos, concreções: A_1 contém uma matéria orgânica com evolução rápida.

-O horizonte B apresenta uma acumulação de ferro e de argila (ou simplesmente de argila) quando o ferro é abundante, pode ter ^{endurecimento}, concrecionamento e formação de carapaça; os teores em argila, superiores em B em relação a A, são considerados como um enriquecimento relativo B seguindo ^{um} empobrecimento de A por lixiviação obliqua (isto segundo os franceses, porque os americanos negam a realidade da lixiviação oblíqua).

-O horizonte C tem uma espessura muito variável segundo a rocha-mãe, os elementos da rocha-mãe são forte e rapidamente atacados.

5.4.Os teores em elementos minerais outros que a argila:

-Os teores em SiO_2 total diminuem progressivamente de C até B e aumenta depois em A.

G.Aubert descreve um exemplo onde SiO_2 total representa 72% do solo na base de C. 50% em A. Por sua vez, o quartzo sofre uma corrosão intensa, seguida por uma fragmentação de C até A, que termina em A por uma pulverização dos quartzos (com exceção das rochas básicas).

Os teores em Al_2O_3 livre evoluem em sentido inverso dos teores em silício. Ele aumentam da base de C até a parte inferior de B, e em seguida mostram uma tendência a aumentar um pouco de B até A.

-Os teores em ferro são essencialmente variáveis segundo os solos. Se há acumulação, ela se produz em B.

-Os teores em bases diminuem fortemente quando se passa da base de C até a superfície: Segundo em exemplo citado por G.Aubert:

	Base de C.	A
Ca 0 total	1,75%	0,3% do solo
K 0 total	1,9 %	0,3% do solo
Na ² 0 total	3,1 %	0,05%do solo.

-Os teores em água aumentam também de C até A:

0,3% na base de C à 12 % em A, com um máximo em Bg, que / existe no exemplo citado por G. Aubert.

5.5. A matéria orgânica sofre uma evolução rápida, para um humus sempre com uma proporção elevada de ácidos fúlvicos. O humus / também evolue rapidamente no solo (mineralização) As matérias orgânicas so solo são bem decompostas, bem evoluídas, bem misturadas com a matéria mineral (com exceção dos velhos solos ferralíticos / muito ácidos, onde o humus é frequentemente grosseiro

6- AS ETAPAS DA FERRALITIZAÇÃO

segundo G.Aubert

Um solo ferralítico somente pode se formar sob um / clima quente e úmido; além ^{disto} é necessário que o meio seja bem provido em oxigênio, portanto que não existe um lençol frêático em superfície ou à proximidade da superfície.

G. Aubert definiu os estadios seguintes na evolução / dos solos ferralíticos. Estes estadios permitem entender melhor as / morfologias e as propriedades diferentes destes solos.

6.1- O "pre-solo" ferralítico

Uma rocha começa a se decompor ao ar livre, muito rapidamente, nos climas quentes e úmidos, uma vegetação abundante cresce e deixa cair sobre o solo uma grande quantidade de folhas mortas, de hastes, de galhos, de madeira morta.

Com a água, o ar, os elementos minerais (estes provem da decomposição da rocha) se encontram em abundância, uma vida / microbiana intensa se instala e produz o humus, um humus rico em / calcio (porque estas presolos contem em grande quantidade).

Sob a ação do oxigênio do ar, de água, do humus e das bactérias, a rocha se altera rapidamente; um solo muito jovem / acaba por se formar, sem horizontes muito nítidos, contendo em todo seu perfil elementos provenientes da rocha-mãe. Sua espessura não / ultrapassa 60 a 80 cm. Ele será:

-Um presolo ferralítico jovem sobre rochas ácidas poré m relativamente bem provida em Ca (granitos calcio-alcalinos, / grano-dicrita, etc...).

· Um solo mais parecido com os solos brunos eutro- fes^{do} que com os solos ferralíticos, sobre rochas básicas (basaltos, dioritas, gabbros, etc...).

-Um solo preto andice, muito parecido como os ando solos, incluindo certa proporção de alofanos, sobre cinzas e lapilis vulcânicos, as vezes sobre basalto (altitude).

Todos êstes solos são sempre ricos em humus, porque o calcio proveniente da rocha-mãe favorece de um humus ^{porque o} cálcio (ácidos húmidos cinzas) mais resistente a mineralização pelas bactérias que o humus ácidos.

6.2. Solos ferralíticos jovens

Depois de varios séculos, ou alguns milenarios / o solo se aprofundou até 1,50 - 1,80 metros ou mesmo 2 metros (um pouquinho mais quando a rocha é básica).

Os horizontes ABC começam a bem se difenciar uns dos outros. B contém muito menos elementos da rocha-mãe, Porém, enquanto que no estágio precedente a subida das bases equilibrava a lixiviação, agora cada aprofundamento do solo provoca uma rutura deste equilíbrio acompanhado por perdas de bases e realização de um novo equilíbrio provisório a um nível um pouco mais baixo que o precedente (B contém poucos elementos da rocha-mãe e a maioria das raízes não alcançam mais).

Há inicio de desaturação do complexo absorvente, sobretudo em B, proque as subidas de elementos pelas plantas são ainda suficientemente fortes para praticamente saturar o horizonte A em bases.

Entretanto, o humus é menos bem provido em cálcio e contem sobretudo ácidos, mas também (com exceção dos primeiros centímetros) ácidos fulvicos.

O solo torna-se um pouco ácido (pH de 6 a 7), / os coloides electro-positivos (hidróxidos de ferro e de magnénio) / tem portanto tendência a migrar sob a influência dos ácidos fúlvicos: entretanto, esta migração ainda é muito fraca neste estado.

O quartzo, que tinha começado a se corroer fortemente na fase precedente, se quebra agora em grande quantidade. A gibbsita aparece em quantidade notável no perfil.

O solo torna-se um verdadeiro solo ferralítico jovem um pouco ácido, francamente desaturado em bases, chamado "solo ferralítico fracamente dessaturado" nas classificações francesa.

O sentido da evolução pedogenética é o mesmo que quando / se trata de uma rocha ácida (granitos calco-alcalinos por exemplo) / ou de uma rocha básica. Entretanto, sobre as rochas muito básicas a riqueza em elementos e sobretudo alcalino terrosos (cálcio), provoca um certo atraso na evolução ferralítica em igualdade de profundidade (acidificação menor, lixiviação mais fraca das bases). O humus permanece cálcico durante muito mais tempo, gibbsita aparece porém em / quantidades muito maiores do que sobre rochas ácidas.

N.B. Quando a drenagem em profundidade é ruim, um horizonte Bg ou BG se desenvolve muito rapidamente a C se torna mais espesso. O lençol freático favorece os movimentos do ferro (argila / manchada).

6.3-Solo ferralítico adulto

Milênarios, e provavelmente dezenas de milênários, passaram. A evolução progrediu e o solo tem agora 5 a 8 metros de espessura, mais ou menos.

A medida do aprofundamento o equilíbrio entre lixiviação das bases e subida biótica (pelas raízes das plantas) se estabelece a níveis cada vez mais baixos no solo. Há lixiviação das bases do solo. O PH diminui (pH de 4,5 a 6 em B, segundo os solos), o grau de saturação diminui (V é inferior a 40% mais ou menos) A decomposição das matérias orgânicas gera cada vez mais ácidos fulvicos (relação C fulvico/C humico é agora vizinho de 1, ou um pouco superior a 1).

Sob a ação dos ácidos fúlvicos as migrações de ferro e de argila se tornam cada vez mais importantes; entretanto parece / que ao mesmo tempo se faz uma importante neo-síntese de caolinita / no horizonte B.

Enquanto que no estágio anterior notava-se um atraso na evolução dos solos sobre rochas básicas (basalto, gabbros), este / atraso parece agora compensado, o solo se acidifica muito, perde suas bases e se aprofunda rapidamente.

Entretanto, existem duas diferenças: os teores em gibbsita são muito mais elevados nos solos formados sobre rochas básicas, que nos solos formados sobre rochas ácidas (isto sendo devido / a destruição das argilas caoliníticas outras que a caolinita sensu stricto); o humus permanece relativamente estável e a quantidade de ácidos fúlvicos é menor que no caso precedente, daí um carreamento / menor dos hidróxidos de ferro e de argila.

Nos dois casos, se produzem lentos deslizamentos dos horizontes superiores (A) sobre os horizontes situados em baixo (B;C) Estes deslizamentos são provavelmente responsáveis pelos transportes e as linhas de seixos (stone line) que se começa a observar neste / estágio de evolução.

Qual é a causa destes deslizamentos? a instabilidade da argila e dos hidróxidos de ferro os favorecem provavelmente. Mas se / deve também tomar em consideração o fato que estes solos tem agora / 40 000, 60 000, 100 000 anos e talvez mais e que não esta certo que o clima sempre foi o mesmo durante toda a evolução.

Não se sabe, evidentemente, quais foram as consequências dos climas passados sobre os solos.

N.B. Quando a drenagem não é boa em profundidade, há / formação de horizontes Bg (argila manchada) BG e mesmo Cg ou CG.

6.4- Solo ferralítico idoso ou fortemente evoluído.

Este estágio de evolução existe sobretudo nos climas úmidos (2000 mm e mais de chuva).

Os solos^{são} agora muito espesso (mais de 10 metros, frequentemente 15 a 20 metros, as vezes mais de 30 a 40 m). A espessura depende essencialmente da facilidade de alteração da rocha-mãe; sobre rochas ácidas C se torna enorme.

-A lixiviação das bases é quase total e o pH é muito / baixo em B (inferior a 5) e ainda mais fraco em A. a saturação em / bases é inferior a 20%.

-A matéria orgânica mostra agora uma forte maioria de / ácidos fulvicos (C fúlvico/C húmico 1).

-O ferro e a argila se combinam com os ácidos fúlvicos e se tornam móveis, resulta disso uma lessivagem destes dois elementos por um processo que lembra o da podsolização.

-Os transportes se intensificam e quando os solos contem seixos as linhas de cascalhos (stone-line) se generaliza.

A rocha-mãe está agora tão profunda que sua natureza / praticamente não influe mais na evolução dos solos.

No estágio idoso, os solos são fortemente dessaturados, lixiviados, com um empobrecimento notável de argila em A.

6.5- o solo ferralítico senil

A acidificação do solo é tão forte (pH de A inferior a 4,0-4,5) que a vida microbiana para. Somente os cogumelos ácidos vivem e como eles são mal transformadores de matéria orgânica, o humus grosso, mal decomposto, que permanece sobre o solo em camada espessa, formando frequentemente uma "litière".

A decomposição incompleta dos minerais gera quase que / exclusivamente ácidos fúlvicos.

Dai, importantes migrações de ferro e sobretudo de argila neste fase há não somente um movimento oblíquo, mas também um movimento vertical com depósito no topo de B da argila oriunda de A.

-Os transportes superficiais se exageram, sobretudo por / causa das más estruturas ligadas aos baixos pH e à presença quase / exclusiva de ácidos fúlvicos no humus; os ácidos fúlvicos se misturam muito mal com a Argila do solo e a deixam dispersada em lugar de for-
mar complexos argilo-húmicos (como os ácidos húmicos) que tendem a formar agregados estáveis.

6.6. Conclusão.

A classificação francesa, como as classificações genéticas, considera o sentido da evolução pedológica, e, como a idade dos solos é difícil de se conhecer, ela se apoia sobre o grau de saturação do complexo absorvente.

Distingue-se pois:

-solos ferralíticos fracamente dessaturados em B que correspondem aos solos ferralíticos jovens.

-solos ferralíticos mediante dessaturados em B que correspondem aos solos ferralíticos adultos.

-solos ferralíticos fortemente dessaturados em B que correspondem aos solos ferralíticos idosos e senis, constituindo estes últimos um grupo particular, de solos ferralíticos lixiviados.

"Os presolos" são difíceis de catalogar: sua geografia / que os coloca sob um clima agressivo dá-lhes evolução de tendência ferralítica que é difícil distinguir sobre o perfil por causa de / sua juventude.

Esta dificuldade não é particular aos solos ferralíticos mas se observa para todos as categorias de solos das classificações genéticas: a observação do perfil deveria permitir reconhecer a / evolução pedológica do solo. É frequentemente difícil quando esta evolução é pouco nítida porque o solo é jovem.

Além disto, conhecer-se imperfeitamente os processos de pedogênese.

São as duas principais dificuldades das classificações genéticas.

Entretanto, estas dificuldades tem a vantagem de provocar um intenso trabalho de reflexão e de pesquisas que só pode melhorar muito nossos conhecimentos sobre os solos.

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS FERRALÍTICOS.

Equivalência:

Classificação americana: "oxysolos" e provavelmente alguns "ultisols"

Classificação F.A.O.:

Classificação brasileira: latosolos.

Os solos ferralíticos constituem décima classe de classificação francesa: eles representam solos com forte evolução pedológica sob clima tropical úmido.

Eles são subdivididos em 3 sub-classes em fração do / grau de saturação em bases do horizonte B; o teor de saturação em / bases, que se liga relativamente bem com os valores de pH, dá com / efeito uma representação, imperfeita porém válida, do grau de evolu / ção do solo por causa da ferralitização.

O horizonte B foi escolhido porque ele é pouco sensível à ação das culturas ou dos fogos, que podem modificar consideravelmente os teo / res em bases de A.

X-1. Sub-classe dos solos ferralíticos fracamente / dessaturados em B.

Teor em bases trocáveis: 2 a 8 m.e. para 100g do solo
Grau de saturação : 40 a 70% as vezes até 80%
pH : 5,5 a 6,5.

Grupo X-11 Solos ferralíticos fracamente dessaturados em B, típicos.

Sucessão de horizontes com textura relativamente / constante.

Teor bastante fraco em matéria orgânica evoluida.

Sub-grupos 111 Modal

112 endurecido (carapaça ou couraça em B)

113 Hidromorfo: gley ou pseudo gley na ba / se de A e no topo de B.

114 Fracamente rejuvenescido ou penevolui / do e relativamente rico em materiais alteráveis

115 Húmico: mais de 3% de matéria orgâni / ca.

Grupo X-12: Solos ferralíticos fracamente dessatura / dos empobrecidos.

Horizonte A mais pobre em argila que B, mas sem ver / dadeira acumulação em B. Índice de empobrecimento é igual ou inferi / or a 1/1,4.

Sob-grupos 121 Modal

122 Endurecido

123 Hidromorfo.

124 Fracamente transportado: o horizonte A, mais pobre em argila, contém teo / res em areias relativamente diferen / tes das de B para cada categorias de areia.

Grupo X-13 Solos ferralíticos fracamente dessaturados transportados.

O horizonte A tem categorias texturais relativamente / pouco diferente das de B; presença frequente de um leito de seixos e cascalhos não rolados na base de A e as vezes dentro do B.

- Sub-grupo 131 Modal
132 Endurecido
133 Hidromorfo
134 Fracamente rejuvenescido ou penevoluido
135 Eluviado: solos apresentando no limite de A e B um horizonte muito rico, em / relação com A e B, em elementos grosseiros (areias, cascalhos, concreções) / provenientes de uma verdadeira "derrame" da base de A e do topo de B; sem - solo muito velho.

Grupo X-1,4 : solos ferralíticos fracamente dessaturados rejuvenescidos. ou penevoluidos.

Solos apresentando as características dos solos ferralíticos fracamente dessaturados, mas nitidamente mais ricos (que os solos dos grupos precedentes) em minerais alteráveis oriundos da rocha-mãe; isto sendo devido a erosão e a uma nova evolução do solo assim truncado, ou a um aporte exterior de materiais fino fresco.

- Sub-grupos 141 com aportes eólicos (por ex. cinzas vulcânicas)
142 Hidromorfo.
143 com erosão e transportes.

X-2 Sub-classe dos solos ferralíticos mediante dessaturados em B.

Tecr em bases trocáveis 1 a 3 m.e/100g de solo (emB)
Grau de saturação 20 a 40 %
pH 4,5 a 6

Grupo X-21. Solos ferralíticos mediante dessaturados em B típicos.

- Sub-grupos 211 Modal
212 Amarelo (frequentemente em baixo da encosta)
213 Endurecido
214 Hidromorfo
215 Fracamente rejuvenescido ou penevoluido
216 Fracamente empobrecido
217 Húmico (teor em matérias orgânica superior a 3%)

Grupo X-22 Solos ferralíticos mediante dessaturados em B Humíferos.

Solos ricos em matérias orgânica bem evoluídas: pelo menos 7% até 20 cm e mais, ou menos de 1%, até pelo menos 1m de profundidade; estes solos são pobres em alofanos, mesmo quando formados sobre rochas vulcânicas.

Estruturas grumosa em todo o horizonte humífero.

Sub-grupos 221 Com horizontes humífero muito contrastado.

O horizonte humífero é de cor preta ou marrom escuro em cima de horizontes B vermelhos, marrom-avermelhados.

222 Com horizonte humífero muito espesso

O horizonte A de cor marrom, ocupa a maior parte do perfil e passa progressivamente / aos horizontes sub-jacentes de cor diferente.

223 Rejuvenescido, em particular por uma aporte de cinzas vulcânicas.

Grupo X-23 Solos ferralíticos mediante dessaturados em B, empobrecidos.

Sub-grupos

231 Modal

232 Amarelo

233 Endurecido (carapaça ou crosta)

234 Hidromorfo

235 Fracamente transportado.

Grupo X-24: Solos ferralíticos mediante dessaturados em B, transportados:

Sub-grupos 241 Modal

242 Amarelo

243 Endurecido

244 Hidromorfo

245 Fracamente rejuvenescido ou penevoluido

246 Eluviado

Grupo X-25 Solos ferralíticos mediante dessaturados em B rejuvenescido. ou penevoluidos.

Solos nitidamente mais ricos que os precedentes em material, alterável seja por causa da erosão, seja por causa de aportes / eólicos.

Sub-grupos 251 Com aporte eólico.

252 Hidromorfo

253 Com erosão e transporte.

X=3- Sub-classes dos solos ferralíticos fortemente dessaturados em B.

Solos geralmente muito espessos.

Teores em bases trocáveis inferiores a 1 m.e./100 g (em B)

Graú sw saturação (V) inferior a 20%

pH de B inferior ou vizinho de 5,5, (pH de A é inferior ao de B, exceto sob culturas).

Grupo X-31 Solos ferralíticos fortemente dessaturados em B, típicos

Sub-grupos 311 Modal

312 Amarelo (em B) tanto sobre planalto que sôbre encosta.

313 Endurecido

314 Hidromorfo

315 Fracamente rejuvenescido ou penevoluido

316 Fracamente empobrecido

317 Húmico

Grupo X-32 Solos ferralíticos fortemente dessaturados em B, húmifero

O horizonte orgânico tem as mesmas características que para as sub-classes precedentes.

Sub-grupos 321 Modal

322 Solos marrons escuro, muito ácido, gibbsíticos.

Grupo X-33 Solos ferralíticos fortemente dessaturados em B, empobrecidos.

sub-grupos 331 Modal

332 Amarelo

333 Endurecido

334 Hidromorfo

335 Fracamente transportado

Grupo X-34 Solos ferralíticos fortemente dessaturados em B, transportado.

Sub-grupos 341 Modal

342 Amarelo

343 Hidromorfo

344 Fracamente rejuvenescido ou penevoluido.

Grupo X-35 Solos ferralíticos fortemente dessaturados em B rejuvenescidos ou penevoluidos.

Sub-grupos 351 com aproto eólico

352 Hidromorfo

353 com erosão e transporte

Grupo X-36 Solos ferralíticos lixiviados.

Materia orgânica, ~~mediante~~ ou pouco decompostos, consti-
tuindo frequentemente complexos com os óxidos metálicos.

/?/ Hidromorfo .

(e de mangânês.)

seja um clima mediterrâneo, muito quente e muito sêco durante o /
verão ^{fresco e seco no inverno} chuvoso no outono e na primavera para os solos fersialíticos,
chamados anteriormente "solos vermelhos e brunos mediterrâneos".

1.4. A argila mais abundante nos solos ferruginosos tropicais ainda é a caolinita, mas misturada com quantidades notáveis de ilita e as vezes mesmo de montmorilonita

A mistura se faz em proporções muito mais variável nos solos fersialíticos onde a caolinita é herdada (em lugar de ser pelo menos em parte, neoformada) éle inclui também vermiculitas.

1.5. O teor de saturação em bases é sempre superior / a 50%. Éle pode se aproximar de 90 a 100% em certos solos mediterrâneos (fersialíticos).

1.6. A matéria orgânica é de evolução rápida e os teores são geralmente fracos; o humus inclui sobretudo ácidos húmicos / e pouco de ácidos fúlvicos.

1.7. As espessuras são muito menores que para os solos ferralíticos (alteração menor das rochas).

2. OS SOLOS FERRUGINOSOS TROPICAIS

São solos que se desenvolvem sob climas tropicais semi-áridos, sob pluviosidade de 400 a 1000 mm. A chuva cai / em poucos meses (3 a 5 meses na África), enquanto que o resto do ano é praticamente sem chuva importante, e na África é de uma secura quase total.

Os solos ferruginosos tropicais foram descritos pela primeira vez por G. Aubert no Senegal em 1946. Eles foram observados em seguida em toda Africa semi-árida. (Ocidental, central e oriental), em Madagascar, no Viet Nam e mesmo no Brasil e no México).

2.1. O perfil dos solos ferruginosos tropicais

2.11. Características gerais

O perfil dos solos ferruginosos tropicais é / caracterizado por um horizonte A₁, de cor cinza no estado seco, / cinza escuro e preto no estado húmido, onde a matéria orgânica é bem misturada com a matéria mineral.

Um horizonte B que, em totalidade ou parcialmente, é colorido em ocre, vermelho ou marrom pelo ferro. Este horizonte, frequentemente bastante compacto, é muitas vezes afetado pela hidromorfia, provocando manchas e concreções.

Entretanto, existem muitas variações : citaremos em exemplos dois aspectos um pouco extremos, entre os quais existem uma série de perfis intermediários.

2.12. Perfil de Mata (perto do vale do Senegal) G. Aubert.

Pluviometria: 600mm; topografia, planalto (o Ferlo)
Savana arbustiva a Combretum e a acácia.
Rocha mãe: areia um pouco limonosa.

0-22cm. A_{1.1} horizonte húmífero, cinza arenoso, estrutura grumelosa muito mal desenvolvida e muito pouco coerente.

22-35cm A₁₂ horizonte cinza claro, pouco húmífero arenoso, estrutura pouco desenvolvida com tendência grumelosa.

22-42cm A₃B₁ passagem progressiva de cor marrom-ocre arenosa, estrutura contínua.

42-70cm B₂ horizonte ocre, arenoso um pouco silteoso, estrutura contínua massiça, coerente no estado seco, mas que se recorta em lascas angulosas.

70cm e mais C passagem progressiva a uma areia bege um pouco limonosa que é a rocha-mãe deste solos.

observa-se neste perfil que:

- O óxido de ferro liberado tingiu o horizonte B; o solo sendo arenoso, portanto permeável, não há hidromorfia e a coloração é uniforme.

- A matéria orgânica, bem evoluída e relativamente abundante em A, contudo ela não favorece a formação de uma estrutura bem desenvolvida (isto é, frequente nos solos ferruginosos tropicais).

- Não há lessivagem da argila, porque os solos não contêm, ou quase, argilas, mas também porque a pluviometria é muito fraca (600mm).

N.B. Desde que a pluviometria se torna maior, 700-800mm, o horizonte A₁₋₂ dos solos deste tipo se transforma num horizonte A₂ de cor clara lixiviado.

2-13.0 perfil de Baka, no sul do Senegal G.Aubert.

Pluviometria: 950-1000mm

Relêvo: planaltos fracamente ondulados.

Vegetação: savana arbórea a Cordila.

Rocha-mãe: arenito com cimento argilo-ferruginoso.

0-30cm. A₁ horizonte marrom escuro, húmífero, arenoso, fracamente argiloso; estrutura mal desenvolvida com tendência lamelar em superfície grumelosa em seguida.

Argila 8% pH 6,6

30-60cm A₂ horizonte bege, arenoso, um pouco mais argiloso que o precedente, estrutura contínua massiça, se quebrando em lascas poliédricas fracamente usadas; muito coerente quando seco massiço.

Argila 15% pH 6,5

60-105cm A₃ horizonte bege-claro, areno-argiloso; estrutura contínua, massiça, produzindo lascas poliédricas muito forte no estado seco.

Argila 29%

pH 5,2

105-145cm B₁ horizonte relativamente em branquecido, muito claro, mas apresentando muitas manchas e concreções / ferruginosas de cor ocre-enferrujada. A estrutura é muito massiça; coesão muito forte no estado seco; / porosidade fraca.

Argila 28%

pH 5,5

145-165cm B₂ horizonte apresentando as mesmas características que o precedente, mas completamente invadido pelas concreções ferruginosas e de manganês, assim como por manchas difusas.
Porosidade muito fraca.

Argila 28%

pH 5,8

165 C horizonte C, fazendo a transição com a rocha mãe; / com numerosas manchas e linhas de cores diferentes (coloração variegada). Não há estrutura visível.

Argila 26%

pH 6,1

observa-se neste perfil:

-ferro (e o manganês) são liberados sob forma de óxidos, mas a dessecação do solo durante a estação seca transforma os hidróxidos em óxidos. A relação ferro livre/ ferro total é de / 60 a 80, nitidamente mais elevado que na rocha mãe, há portanto / redistribuição do ferro no perfil, com enriquecimento do horizonte B.

-Os horizontes A se empobrecem em ferro, daí a / formação de um A₂ mais claro.

-A argila é lixiviada na parte superior do perfil (horizonte A₁ e A₂); aqui, trata-se provavelmente de um ~~correamento~~ correamento oblíquo, sem aportes em B porque os dois horizontes B apresentam / exatamente o mesmo teor em argila que C (2%).

-A hidromorfia periódica que se desenvolve em B durante a estação úmida é favorecida pela estrutura massiça e compacta (com fraca porosidade) deste horizonte . Ela é responsável pela redistribuição do ferro em manchas e concreções,. Não há / gibbsita.

Para alguns autores (Segalen), a hidromorfia é uma característica essencial dos solos ferruginosos tropicais.

-A matéria orgânica é do mesmo tipo que no exemplo / precedente e sua influência sobre a estrutura de A₁ também é muito fraca.

2-14. Em conclusão, o que diferencia este solo, de um solo ferralítico é sobretudo:

a natureza e a o da matéria orgânica

a presença exclusiva de óxidos de ferro e de / manganês em lugar de uma mistura de óxidos e hidróxidos. Além disto, não há alumínio livre.

2-2- Propriedades dos solos ferruginosos tropicais.

2-21. A ferruginização consiste numa liberação do ferro (assim como do manganês) que se acumula em B sob forma de óxidos exclusivamente.

Num solo ferruginoso tropical do Dahomey:

em B₁ $\frac{\text{Ferro livre}}{\text{Ferro total}} = 64\%$

em B₂ $\frac{\text{Ferro livre}}{\text{ferro total}} = 73 \text{ a } 75\%$ (muito rico em concreções)

em B₃ $\frac{\text{Ferro livre}}{\text{ferro total}} = 65\%$

em C $\frac{\text{Ferro}}{\text{livre/ferro total}} = 40\%$

2-22 A hidromorfia temporária da estação favorece a acumulação do ferro sob forma de manchas e de / concreções. Praticamente, é um pseudo-gley.

2-23 A alteração dos minerais da rocha-mãe ou que / são contidos no solo é muito menos intenso que para a ferralitização.

Assim, o quartzo é pouco atacado e o silício combinado não é vacuado fora do perfil. Não há (ou muito raramente e apenas nas zonas mais úmidas) gibbsita neste solos. De uma maneira / geral os solos são nitidamente menos profundos que os solos ferralíticos.

2-24 A matéria orgânica é sempre bem evoluída e muito bem ligada à matéria mineral, apesar de relações C/N geralmente superiores a 10 (C/N é habitualmente incluído entre 14 a 17, exceto sob culturas).

Os teores são relativamente baixos, apesar de uma cor escura do horizonte superior: medida 1% de matéria orgânica, máximo: 2,5% em A₁. Estes valores são um pouco mais altos nas zonas úmidas que nas zonas secas. Os ácidos húmicos são mais abundantes que os ácidos fúlvicos.

$$\frac{C \text{ húmicos } \%}{C \text{ fúlvicos } \%} > 1$$

e na fração dos ácidos húmicos há sempre uma certa proporção que aumenta com a aridez do clima.

2-25

A argila ainda é essencialmente a caolinita: ela pode ser herdada da rocha-mãe ou se formar por neossíntese. Mas encontra-se também uma certa quantidade de illita e mesmo de montmorilonita.

Se a montmorilonita tende a se destruir (ela só em C e na base de B), a illita é relativamente estável; a caolinita, por sua vez não se destrói, mesmo se tratando de outros tipos que não seja a caolinita sensu-stricto.

2-26

A lessivagem da argila é um fenômeno muito frequente, / quase normal, nos solos ferruginosos tropicais. Pode-se se tratar de uma lessivagem oblíqua, ou de uma lessivagem vertical ou ainda, provavelmente na maioria dos casos; de uma combinação destes dois tipos de lessivagem. Os revestimentos argilosos dos agregados e as cutanes/ existem nos solos ferruginosos tropicais (I.D.Hill na Gambie).

As migrações de argila são reduzidas nas regiões com 200 a 400 mm de chuva.

2-27

O pH e a saturação do complexo absorvente.

O PH dos vários horizontes está incluído entre 5,5 e 7 com a maior parte dos valores entre 5,5 e 6,5: ele é / normalmente um pouco mais elevado em A do que em B (exceto nos solos intensamente cultivados onde o pH de A pode baixar até 4,5).

A saturação em bases de A é elevada: 70 a 80% (salvo nos solos cultivados muito tempo); o horizonte B apresenta teores de saturação de 50 a 60%.

Quando existe um horizonte A₂, é ele que possui V mais fraco.

A capacidade de troca nunca é muito elevada em média 20 a 25 m.e. para 100 g de solo), porque a caolinita é a argila mais abundante.

2.30- A textura e a estrutura

Os solos ferruginosos tropicais são; na maioria das vezes solos arenosos ou areno-argilosos com areias finas; este caráter favorece o aparecimento de estrutura mal desenvolvida em A e massiça em B; quando a montmorilonita sobe até B, há aparecimento de uma estrutura prismática bastante grosseira.

A coesão é sempre forte no estado seco, sobretudo em B.

2.29- A porosidade relativamente boa em A se torna fraca em B onde os poros, pouco numerosos, tem tendência a ser vacuolares e a não comunicar entre eles.

Disto resulta uma permeabilidade normal em A, mas fraca / em B: daí uma tendência ao congestionante do horizonte B pela água; o que é desfavorável para as culturas.

2-3 A pedogênese dos solos ferruginosos tropicais.

Como para as outras categorias de solos, os fatores da / pedogênese são clima, a rocha-mãe, a topografia, etc... mas / aqui nota-se uma influência particular dos fatores climáticos.

2-31.0 clima.

O clima sob o qual se formam os solos ferruginosos tropicais é do tipo tropical semi-árido, com pluviometrias incluídas entre 500 e 1000/1100 mm; as temperaturas médias são elevadas, da ordem de 25-27°. O limite inferior de temperatura é difícil de indicar, talvez 18 a 20° (México); mas, na realidade, ela tem provavelmente pouca importância porque os meses / mais frescos correspondem geralmente com uma dessiccação extrema do solo durante a qual a pedogênese é completamente parada.

Mas, um fator é muito importante: a repartição da chuva / durante o ano.

A chuva cai durante uma curta estação chuvosa, seguida por uma estação seca muito prolongada e muito dura, sem nenhuma chuva e sob um sol. ardente.

Na Africa P= 500 mm; estação chuvosa: 3 meses; estação seca: 9 meses

P=1 100mm; estação chuvosa: 5 meses seca: 7 meses.

Durante a estação seca, o solo é completamente dissecado não há nenhuma pedogênese.

Durante a estação chuvosa, a umidade do solo é forte e os fenômenos de alteração dos minerais, de neossíntese da caolinita e de evacuação dos produtos de decomposição se assemelham então aos da ferralitização.

Porém a estação chuvosa é curta, daí uma intensidade / menor desta alteração.

Além disto, mesmo durante a estação chuvosa, existem períodos de secura (estiagem) durante os quais o solo se desseca, parcialmente, com concentração de bases, sobretudo / Ca e Mg; a pedogênese muda então de sentido e se as concentrações em Ca e Mg são suficientes, há neoformação de ilita e as vezes também de montmorilonita. O mesmo fenômeno pode também acontecer no início da estação seca quando o solo é seco em superfície mas ainda úmido em profundidade.

Outra consequência desta "ferralitização", curta demais e incompleta: o silício combinado praticamente não é / evacuado fora do perfil e se recombina ativamente com a gibb-sita (proveniente da alteração dos minerais) para gerar argila. Por isto, praticamente não se encontra alumínio livre no perfil.

Em resumo, pode-se dizer que:

se o solo é úmido o ano todo, há ferralitização.

se o solo se desseca completamente durante uma parte do ano, há ferruginização.

2-32- A rocha-mãe

Os solos ferruginosos tropicais se desenvolvem sobre / rocha-mãe variadas: areias, arenitos varios tipos de granitos gneiss, mas sempre com uma proporção relativamente elevada de quartzo. Quanto mais rica em quartzo é a rocha, tanto maior será a lessivagem da argila e do ferro.

Quando a rocha é relativamente rica em minerais ferromagnesianos, portanto ricos em Ca, Fe, Mg, a montmorilonita / tende a se formar preferencialmente.

Praticamente, nunca se encontra solos ferruginosos tropicais sobre rochas muito alcalinas, como os basaltos, os / gabbros, os caláreos, e as dolomias. Sobre estas rochas a pedogênese tende mais formar solos brunos eutróficos e solos vermelhos tropicais, parecidos com os solos mediterrâneos.

Se o clima é relativamente úmido (1000/1100 mm de chuva por ano) os solos formados sobre rochas básicas são de tipo ferralítico.

Os solos ferruginosos tropicais se formam frequentemente a partir de materiais que sofreram parcialmente ou totalmente uma outra evolução pedológica muitas vezes de tipo / ferralítico: neste caso é difícil falar de verdadeira rocha-mãe mas de preferencia de "material original".

2-33- A topografia

Os solos ferruginosos tropicais mais típicos foram observados sobre zonas de planalto sem relevo e sobre os extensos / glaciais pouco inclinados das regiões semi-áridas.

Para alguns pedólogos (P. Segalen), os solos ferruginosos tropicais só podem desenvolver nestas posições topográficas bem determinadas.

Para G. Aubert, eles se formam também sobre encosta, mas eles são então frágeis e facilmente truncados pela erosão, a / tal ponto que eles são dificilmente reconhecíveis.

2-34- A hidromorfia.

A ausência de relevo, as estruturas compactas do horizonte B as violentas chuvas tropicais que afogam o solo em algumas horas, tudo isto concorre para fazer da hidromorfia um caráter / muito frequente dos solos ferruginosos tropicais, que alguns / pedólogos acham mesmo ser essencial.

Seja qual for, a hidromorfia favorece a formação de manchas e de concreções de ferro e de manganês em B; a dessecação do solo sendo forte e prolongada, ele não contém hidróxidos / mas somente óxidos.

2-35. A vegetação

Na África: savana arbustiva nas zonas mais secas, arbórea nas regiões mais úmidas (900 a 1100mm) a vida desta vegetação é diminuída na estação seca durante a qual ervas e folhas queimam. As raízes das gramíneas são portanto os únicos abastecedores do solo em humus.

No Brasil, onde a vegetação não é sistematicamente queimada todos os anos, as folhas dos arbustos e árvores assim como as partes aéreas das gramíneas, contribuem também para a formação do humus.

De toda maneira, a evolução da matéria orgânica, só pode se fazer durante a estação úmida; ela é então rápida e completa, e fornece sobretudo ácidos húmicos brunos. Se formam / ácidos húmicos cinza durante os dias e os períodos secos da / estação chuvosa, assim como no início da estação seca, quando o solo começa apenas a se dessecar. Quanto mais seco e irregular é o clima, maior é a proporção de ácidos húmicos cinzas.

Naturalmente, toda a evolução da matéria orgânica para durante a estação seca, como todo o conjunto dos fenômenos de pedogênese.

3-SOLOS FERRUGINÍFICOS

ou SOLOS VERMELHOS E BRUNOS MEDITERRÂNEOS

Os solos chamados "mediterrâneos" foram descritos pela primeira vez nas margens do Mediterrâneo, portanto em condições climáticas mais frescas que os solos ferruginosos tropicais, se bem que os verões sejam muito quente e muito seco. Solos deste tipo foram encontrados no México etc...

Além disto, liga-se também aos solos mediterrâneos solos tropicais como os solos vermelhos tropicais do norte do Cameroun ou ainda os "rubrozems" do norte da Argentina. Os solos vermelhos / tropicais do Nordeste do Brasil são muito vizinhos também dos / solos mediterrâneos.

3-1- O perfil dos solos vermelhos e brunos mediterrâneos.

3-12- Características gerais

Os óxidos de ferro acompanham a argila e se distribuem no perfil da mesma maneira que esta; o solo apresenta cores vermelho vivo no mínimo em (B) ou B, salvo naturalmente nos solos brunos cuja cor é marrom.

Os horizontes A e B são desprovidos de carbonatos, apesar do material original ser calcário na maioria dos casos. Esta decarbonatação não se acompanha de desaturação em bases porque o grau de saturação é sempre superior a 70%. A argila é formada de uma mistura de illita, de caolinita, de montmorilonita e de vermiculita, com predominância de illita em muitos casos.

3-13- Perfil de um solo vermelho mediterrâneo não lixiviado.

El Elnaca, perto de Tlemcen (ARGELIA)

Clima de tipo mediterrâneo, com 700mm de chuva

Vegetação: estepe a *Chamerops humilis* (palmeira Doum) que substituiu recentemente uma floresta.

Rocha-mãe: Calcário dolomítico muito resistente que se altera lentamente. O solo é portanto velho / e deve ter evoluído desde o Quaternário médio.

Inclinação : média

0-30cm: horizonte A₁ marrom escuro, bem fornecido em húmus (7% de matéria orgânica) graças às raízes da palmeira anã / que fornece muito húmus; bastante argiloso (38,8%); estrutura grumelosa friável em superfície (A₁₁), mais / compacta em profundidade (A₁₋₂) sobre 10-15cm; pH=7, mas o horizonte não contém calcário.

30-85 cm: horizonte (B₂) vermelho com acumulação de ferro e de argila; argiloso: 46,1%, estrutura poliédrica fina a média bastante achatada e muito angulosa: o horizonte é friável; os agregados têm sempre fatôres brilhantes (clay-skin mas verdadeiros revestimentos).

pH= 7 Não há calcáreo (effervescença nula ao ClH)

85-115cm horizonte (B₃) marron amarelado; muito argiloso; estrutura poliédrica, menos nítida porém achatada; algumas concreções ferruginosas.

Não há calcáreo.

115-150cm horizonte C amarelado; argiloso (33,7%). Mais maciço e menos bem estruturado que os horizontes anteriores; A estrutura é com tendência poliédrica; o horizonte contém grandes quantidades de calcáreo secundário de cor embranquecida, sempre friável (21,9% de CO₃ Ca).

pH= 7,8.

150cm e mais: a 150 cm, passa-se sem transição ao calcáreo dolomítico, recoberto por uma película de calcáreo secundário.

Características deste perfil:

O solo é fortemente avermelhado, praticamente não lixiviado. Ele é descarbonatado em A e B, mas não descalcificado porque o complexo absorbente permanece em cálcio.

A estrutura é bem desenvolvida, porém o perfil sempre / friável.

Estes caracteres são típicos dos solos mediterrâneos, fora a ausência de lessivagem porque, podem existir solos vermelhos mediterrâneos lixiviados. se bem que o pH permanece vizinho de 7 ou superior a 7.

Assim, sobre um perfil de Meknos:

	A ₁	A ₃	B ₁	B ₂	C
argila %:	11,8	23	34	51	48%

portanto, é um solo lixiviado com B argílico, mas sem A₂

3-14- Perfil de um solo bruno mediterrâneo.

Perfil de Baadat. Libano (Lamoureux)

Clima mediterrâneo, com aproximadamente 600mm de chuva / Vegetação florestal de pinho e de carvalho.

Rocha-mãe: calcáreo cinza resistente.

Inclinação geral forte, mas o perfil estudado é situado num patamar onde a inclinação é menor.

- 0-17cm : horizonte A₁ húmfero, marron (7,5 YR) argiloso; estrutura grumelosa a núciforme; horizonte poroso e friável.
- 17-62cm : horizonte (B) marron (7,5YR) argiloso, estrutura poliédrica fina, achatada, com angulos agudos mas bem desenvolvida; horizonte friável.
- 62-86cm : horizonte C, bege-marron; argilosos; estrutura poliédrica fina para média, menos achatada que no horizonte precedente; nodulos e "bonecas" calcáreos bastante numerosas.
- 86 cm e mais C₂R formado de blocos grossos de calcáreo, cinza, recobertos de uma película calcárea, numa matriz de argila marron, fazendo efervescência com os ácidos.

As características deste tipo de perfil e dos perfis do mesmo gênero são:

- uma côr geral marron para A e B (em lugar de vermelho)
 - uma estrutura um pouco menos achatada, um pouco menos desenvolvida que para solos vermelhos.
 - uma coloração bege na base do perfil, que tende / frequentemente para uma côr ocre (em lugar de pequenas concreções ferruginosas em B₃ no caso precedente).
- Isto indica uma humificação mais demorada e mais regular deste horizonte durante o ano que para os / solos vermelhos: esta melhor hidratação favorece / uma melhor repartição do ferro.
- frequentemente, existe uma hidromorfia, com aparecimento de manchas de gley em C.

3-15 Variação dos perfis dos solos mediterrâneos.

- A lixiviação da argila em A, pode provocar o aparecimento de um verdadeiro horizonte B argílico em lugar de um (B) estrutural (sem A₂ entretanto, o que indica uma lixiviação fraca ou pelo menos moderada). A lixiviação se produz naturalmente nas regiões mais úmidas, 700-800mm de chuva.
- Para os americanos um solo mediterrâneo não lixiviado A (B) C é um "inceptisol" e um solo mediterrâneo lixiviado é um "alfisol".

- a montmorilonita, quando existe em quantidade importante no perfil (em geral mais de 30% de argila) pode dar características verticais ao solo fenda argilas, planas e lustrosas, etc..No limite passa-se a um outro tipo de solo, o vertisolo.

- a hidromorfia pode existir, principalmente em C, provocando o aparecimento de um pseudo-gley e acumulações calcáreas (em C somente) chegando as Vêzes a formar crostas.

O desmatamento da floresta e sua substituição por culturas (cevada, trigo) ou a estepe provoca o desaparecimento da concentração da matéria orgânica em superfície e sua substituição por uma matéria orgânica proveniente das raízes das gramíneas (gramíneas espontâneas ou cereais) que descem fundo no solo à procura da unidade; tende-se então a um perfil de tipo isohumico, onde a matéria orgânica diminui progressivamente da superfície até mais ou menos 50cm. Isto se produz sobretudo nos climas mais secos.

3-2 Propriedades dos solos mediterrâneos (ou fersialíticos)

Os solos mediterrâneos são solos saturados em bases (sobretudo Ca mas também Mg) ou quase saturado em A e B; O grau de saturação de B é sempre superior a 70% e alcança frequentemente 90 a 100% (observa-se as vezes uma certa dessaturação em A, no caso da lixiviação).

Esta saturação em bases provoca um certo "atrazo" nos fenômenos da pedogênese porque a argila e o ferro são pouco móveis com pH de 7 ou vizinhos de 7;

Dai decorrem várias propriedades:

3-21. A matéria orgânica é do tipo Mull cálcico bem evoluído, bem misturado com a matéria mineral.

Ela contém pouco ácidos fúlvicos e na fração ácidos húmicos há uma nítida predominância de ácidos húmicos cinza sobre os ácidos húmicos marrons.

Portanto, é um humus estável, que deveria gerar entre outras coisas uma boa estrutura em A.

3-22. A estrutura geral do solo nunca é maciça; ela é sempre friável e porosa.

A estrutura de A deveria ser grumelosa ou nuciforme por causa da matéria orgânica: na realidade, ela é frequentemente destruída pela cultura praticada as vezes desde 2000 ou 3000 anos).

A estrutura de B é constituída de elementos poliédricos fortemente angulosos e geralmente achatados. Ela é sempre bem formada, ao contrario dos solos ferralíticos e dos solos ferruginosos tropicais.

3-23- A argila é geralmante constituída por uma mistura de cao linita, de ilita sendo estas duas argilas herdadas) de montmorilona e de vermiculita (formadas por neo-síntese) em proporções / variáveis. A clorita só existe em quantidade muito pequena, e parece se manter difficilmente neste solos.

Estas argilas são sempre bem floculadas pelo cálcio e / deveriam ser pouco móveis.

3-24- A lessivagem da argila.

Apesar de sua boa flocluação observa-se entretanto uma lessivagem de argila em certos solos mediterrâneos, com formação de um B argílico, se bem que a intensidade desta lessivagem seja fraca. Para Aubert, trata-se sobretudo de uma lessivagem obliqua e não somente vertical, porque observa-se poucos revestimentos / argilosos em B. Entretanto, em certos casos, Aubert admite uma / lessivagem mista, obliqua e vertical.

Para a antiga "escola" belga (Dudal), trata-se-ia de / uma "translocação", isto é de uma caída de agregados argilosos finos até B, através das fendas do solo, abertas durante as longas secas. Para a "escola" americana e a escola belga atual, somente a lessivagem vertical vale.

Como é que uma argila floculada pode migrar obliquamente ou verticalmente? Experiências de laboratório mostraram / que se pode conservar em estado de disperção uma montmorilonita praticamente saturada, por outro lado, a dessaturação de A (nunca muito forte) pode favorecer a mobilidade da argila.

Entretanto, tudo isto não parece suficiente para explicar a lessivagem da argila, quando esta se produz.

3-25- O calcáreo é esta ausente dos horizontes A e B, se bem que a rocha-mãe seja quase sempre calcárea.

Houve, pois, uma descarbonatação dos materiais que geraram A e B (trata-se de uma descarbonatação ($\text{CO}_3 \text{ Ca}$) e não / de uma descalcificação, porque o complexo absorvente permanece / saturado ou quase em cálcio, no caso geral).

O Calcáreo migra para C, onde êle se concentra sob / forma de crostas calcáreas (é um caso de formação de crostas calcáreas).

3-26- O ferro se encontra sob duas formas nos solos mediterrâneos, sob forma amorfa (côr vermelha) nos solos vermelhos e sob forma de goetita (côr amarela-marron) nos solos brunos.

O ferro livre pode representar até 70 e 80% nos solos vermelhos; ele é muito menos abundante nos solos brunos. O ferro /tinge fortemente o horizonte B, assim como o horizonte A, quando não há lessivagem.

3-27. O complexo absorvente e o pH

-A capacidade de troca é sempre elevada, estes solos contêm sempre uma proporção relativamente elevada de argila 2/1 / (T.O.T.), isto é montmorilonita e vermiculita.

-O grau de saturação é sempre elevado em B: nunca menos / de 70% e geralmente entre 90 e 100%.

Ele é mais variável em A, onde pode ir da saturação completa até uma dessaturação relativamente forte.

Os principais cations são Ca e Mg.

-O pH é normalmente vizinho de 7, ou pouco superior a 7 sobretudo em C.)

3-3. Os fatores da pedogênese dos solos vermelhos e brunos mediterrâneos (solos fersialíticos).

3-31. O clima

É quente, no mínimo durante a maior parte do ano, com / chuvas concentradas em duas curtas estações chuvosas. Com esta pluviometria relativamente abundante (700-800 mm) a lessivagem da argila e mesmo do ferro, é favorecida assim como a dessaturação em bases; no limite, passa-se aos solos brunificados e / aos solos lessivados.

A abaixamento da temperatura provoca o mesmo fenômeno assim, no sul da França (pluviometria: 700-800 mm, mas temperatura medida mais baixa), considera-se que os solos mediterrâneos aí encontrados são provenientes de uma pedogênese antiga mais quente, e que eles evoluem atualmente para solos brunos / ou brunos lessivados.

Em clima seco, quase árido (400-500mm de chuva), não há lessivagem e como a vegetação é essencialmente de gramíneas (esteppa) o solo mediterrâneo tende para um tipo de solo que se assemelha com os solos isohúmicos.

3-22. A vegetação

Normalmente é a pequena floresta de carvalho-verde / e óleo-lentisca, que produz uma matéria orgânica concentrada em superfície e relativamente abundante (2,5 a 3% de matérias orgânicas). Entretanto, muito destes solos foram desmatados há muito tempo e a vegetação é a da rotação das culturas, cereais-pousio com gramíneas. Daí uma matéria orgânica melhor distribuída em profundidade porém muito menos abundante e de natureza bastante próxima da dos solos isohúmicos (solos de steppe com gramíneas).

A cultura provoca também a degradação da estrutura do horizonte superior: ela se torna poliédrica, em lugar de grumelosa.

3-33. A rocha mãe

É principalmente uma rocha à base de calcáreo: calcáreo, dolomia, margos, arenitos calcáreos, etc...

Entretanto a natureza da rocha-mãe parece poder ser bastante variada, na condição de conter muito cálcio (um basalto por exemplo.)

A dureza da rocha influe também numa mesma região como / o centro-norte do Marrocos, os solos mediterrâneos se formam / sobre calcáreos duros, enquanto que os calcáreos moles geram rendzinas e solos brunos.

No caso de uma rocha relativamente permeável à água (arenito calcáreo por exemplo), a lessivagem da argila é favorecida.

No caso da rocha reter bem a água (molasse, calcáreo margoso), sua umidade se transmite ao solo durante o período seco esta umidificação favorece a formação de um solo de tipo bruno (com goetita).

3-34. A topografia.

A topografia condiciona em primeiro lugar a drenagem: se esta é ruim, características verticais se desenvolvem: no limite, com uma drenagem muito ruim, passa-se aos solos hidromorfos onde o ferro pode se concentrar num determinado nível e mesmo formar verdadeiras couraças.

Os solos mediterrâneos vermelhos e brunos se encontram também frequentemente em regiões acidentadas: a inclinação favorece a lessivagem oblíqua: ela favorece também o empobrecimento dos horizontes superficiais pela erosão em lençol, que carrega de preferência os elementos finos (argila-limo); daí um empobrecimento do horizonte A em argila e um enriquecimento relativo de B em argila em relação com A.

Talvez, este empobrecimento de A pela erosão pode fazer pensar a uma lessivagem (oblíqua ou vertical) muito maior que a existe realmente, por carregamento de argila dentro do solo.

3-35. A idade dos solos mediterrâneos.

Os solos mediterrâneos sobretudo os solos vermelhos intrigaram muitos, geólogos mineralogistas, agrônomos e pedólogos. Pensou-se que eles eram formados à partir de elementos / arracados pela erosão e concentrados em certos pontos: é a teoria dos bolsos de Kartzo, parcialmente válida em certos casos.

Outros, pensaram que eles provinham de uma antiga / pedogênese ferralítica sob clima úmido o ano todo.

Na realidade se os solos mediterrâneos são sempre solos / velhos, estudos recentes realizados no Líbano mostraram que eles se formam ainda atualmente (Lamoureux).

Segundo Lamoureux, o mecanismo de formação é o seguinte:

-uma descarbonatação da superfície da rocha-mãe, com formação de uma fina película de argila calcárea.

-uma excoriação desta película, que se libera da rocha durante o verão (muito seco) e se mistura com a massa ainda muito calcárea do horizonte C.

-uma descarbonatação mais completa se produz em seguida para gerar B.

Qualquer que seja, é um processo muito lento, porque esta descarbonatação da rocha, com liberação das impurezas do calcário é pouco intensa (fina película de alteração). Admite-se que um solo vermelho de 50, 60 até 80 cm de espessura necessita para se formar da dissolução de 20 a 30 metros de calcário, na maioria das vezes muito resistente. Como o clima, bastante seco, é um fator de atraso, precisa-se de um tempo considerável para a formação de um solo mediterrâneo.

Fenômenos de coluvionamento puderam portanto se produzir para aumentar artificialmente a espessura em alguns setores.

3-4. Os solos ligados aos solos mediterrâneos.

3-41- Os solos vermelhos tropicais.

Eles foram descritos no norte do Cameroun, no Brasil, (vale do Jaguaripe) e a Madagascar.

Neste caso o clima, é tropical, com longa estação seca / e com 800-950mm de chuva, portanto com algumas analogias com o clima mediterrâneo, (apesar de uma pluviometria um pouco maior e de uma temperatura média nitidamente mais alta).

Perfil de Maroua (Norte Cameroun)

Pluviometria: 900mm aproximadamente, longa estação seca de 8 meses, muita forte insolação, evaporação potencial muito elevada. Portanto clima muito seco, apesar dos 900mm de chuva.

Vegetação: savana arbustiva muito degradada com *Boywellia*

Relêvo: colinas com inclinações de 30 a 40%-

Rocha-mãe: gneises metamórfico à amfibólito.

0-7cm: horizonte A₁₁ marron avermelhado (3,75YR 4/4) no estado úmido. vermelho (3,75 YR 4/6) no estado seco; argilo-arenoso com muitos cascalhos estrutura poliédrica fina bem desenvolvida; /

bastante resistente, quando seco; mas friável / quando úmido boa micro-porosidade; algumas raízes de arbustos.

15-40 cm:

horizonte B₂ vermelho escuro (1,25 YR 3,5/6) no estado seco ou úmido; argilosos, localmente com cascalhos e seixos; esboço de uma estrutura / poliédrica fina muito bem desenvolvida; bastante duro, mas friável no estado úmido; boa porosidade, com poros de 0,5 a 1mm; poucas raízes.

40-60 cm:

horizonte BC vermelho (2,5 YR 4/6) no estado / seco e úmido, com manchas amarelas (6,25 YR) de rochas alterada; cada vez mais numerosas com a profundidade; argilo-arenoso a argilosos; estrutura poliédrica fina bem desenvolvida; boa micro-porosidade; duro, mas friável no estado úmido.

60 cm e mais:

horizonte C de rocha alterada de cor amarela-vermelha (6,25 YR 6/6 a 7/6), mas todas as superfícies de separação são vermelhas. areno-argiloso e siltoso; sem estrutura salva as superfícies estruturais vermelhas da rocha; moel no topo, e cada vez mais duro com a profundidade.

A características destes solos são:

Uma forte capacidade de troca, com um teor de saturação de 60 a 70%.

Uma forte proporção de ferro livre (75 a 80%) em relação com o ferro total.

Uma relação K_i vizinha de 2,5 a 3.

Uma estrutura poliédrica bem desenvolvida, muito diferente da dos solos ferruginosos tropicais (estrutura maciça) vizinhos e da dos solos ferralíticos, que é sempre friável e pouco desenvolvida.

Estas diferentes características assemelham os solos vermelhos tropicais aos solos vermelhos mediterrâneos.

3-42.

Os rubrozems.

São solos que foram sobretudo descritos na Argentina, sob pluviometria de 1500mm, com uma estação seca um pouco mais curta que a do clima mediterrâneo e temperatura médias da ordem de 16 - 18°.

O rubrozem é mais rico em matéria orgânica que o solo mediterrâneo (8 a 10% de matéria orgânica sobre 30cm). Sua cor geral é vermelha, com teores em ferro livre tão elevados quanto os dos solos mediterrâneos.

O horizonte B é um horizonte textural (horizonte argílico), com a acumulação de argila, e uma estrutura poliédrica média bem desenvolvida parecida com a dos solos mediterrâneos.

Por outro lado, o pH é baixo e o solo é dessaturado.

Para G. Aubert, o rubrozem seria um tipo particular de solo vermelho mediterrâneo lessivado, com uma desaturação em bases, a mais.

4. CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS A SESQUIÓXIDOS DE FERRO. e a MANGANÊS)

Classe IX da classificação francesa

O conjunto da classe é caracterizado por:

-uma forte individualização dos sesquióxidos de ferro, ou de manganês que tintam fortemente o horizonte B, e as vezes o A, em vermelho, ocre, cor de ferrugem, as vezes em preto se o manganês é abundante.

-uma alteração importante dos minerais da rocha-mãe, porém menor que nos solos ferralíticos.

-uma relação $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ Superior a 2

-um teor de saturação V superior a 50-60%

-teores baixos em matéria orgânica.

-o perfil é do tipo A (B) C ou ABC.

As equivalências com a classificação americana são difíceis de estabelecer porque, as bases de classificação são diferentes: os americanos tendem a colocar os perfis A (B) C nos "inceptisols" enquanto que os ABC seriam "alfisols" ou "ultisols" (este último caso sobretudo para os solos ferruginosos tropicais).

Sob-classe IX -1 Os solos ferruginosos tropicais .

Grupo IX -11 Solos ferruginosos tropicais pouco lessivados.

O grau de lessivagem é normalmente superior a 1/1,4: porém o solo pode ainda ser colocado neste grupo, mesmo se as variações dos teores em argila é maior quando a espessura de A é inferior a 15cm ou ao terço da espessura total do perfil (na condição entretanto que não haja revestimentos argilosos visíveis em B).

Sob-grupos 111 Modal

112 Com pseudo-gley

133 Vértico (estrutura grosseira em profundidade)

114 Com complexo absorvente quase saturado, pobre em matéria orgânica formado sobre areia (menos de 7-8% de argila).

Grupos IX-12 Solos ferruginosos tropicais lessivados.

O horizonte A é lessivado ou empobrecido em argila e se subdivide frequentemente em A1 e A2, tendo este último uma cor mais clara que em A e B.

O horizonte A tem mais de 15 cm de espessura, ou representante pelo menos 1/3 do perfil; sua estrutura é maciça ou compacta.

O horizonte B é enriquecido em argila em ferro e apresenta na maioria das vezes revestimentos argilosos.

O índice de lessivagem é inferior a 1/1,4.

Sob-grupos 121 Modal

122 com concreções (Fe e/ou Mn)

123 endurecido

124 hidromorfo à pseudo-gley

125 transportado sobre toda a espessura de A

Grupo IX-13 Solos ferruginosos tropicais empobrecidos.

Estes solos apresentam a mesma taxa da variação dos teores de argila entre A e B que no grupo precedente, mas o teor de argila em B é aproximadamente o mesmo que em C.

Não há revestimentos argilosos em B.

Sob-Grupos 131 Modal

132 hidromorfo à pseudo-gley

Sob-classe IX-2 Os solos fersialíticos ou solos mediterrâneos

Grupo IX-21 Solos fersialíticos com reserva cálcica, e na maioria das vezes pouco lessivados ("inceptisolos para os americanos")

O perfil é A (B) C; ele contém uma reserva de Ca (e/ou de Mg) sob forma de carbonato ou de silicatos (às vezes sob forma de seixos ou de horizonte C_{Ca} a fraca profundidade) susceptíveis de compensar as perdas por drenagem.

Taxa de saturação em (B): 100%; pH de 7 para 7,5 em (B); Índice de lessivagem: sempre superior a 1/1,4.

Sob-Grupos 211 Modal, frequentemente com horizonte C_{Ca}

212 bruno

213 com características de hidromorfia, com (ou / sem) horizonte C_{Ca}; algumas manchas de óxido-redução em (B).

214 com caráter vérticos

215 solos recalificados

Grupo IX-22 Solos fersialíticos sem reservas cálcicas e lessivados ("alfisolos" para os americanos)

O perfil é ABC; mas não há reservas em cations alcalino-terrosos (Ca e Mg) suficientemente para compensar as perdas por lessivagem.

O complexo absorvente não é completamente saturado mas o teor de saturação V é raramente inferior a 60%.

O índice de lessivagem é inferior a 1/1,4 e o horizonte A₂ é bem desenvolvido (mas não completamente embranquecido).

- | | | |
|------------|-----|---|
| Sob-Grupos | 221 | <u>Modal</u> (sem acumulação cálcica em C ou / com uma acumulação descontínua) |
| | 222 | <u>Um pouco hidromorfo</u> |
| | 223 | <u>com caráter vérticos</u> |
| | 224 | <u>muito lessivado</u> |
| | 225 | <u>muito lessivado e hidromorfo</u> (limite com os solos ferruginosos tropicais). |

CAPÍTULO VI

OS SOLOS PODZOLISADOS

Os solos podzolizados são os que sofreram uma evolução pedológica muito forte e especial; a podzolização. Eles são subdivididos em podzóis, que sofreram uma podzolização intensa, e em solos podzólicos cuja evolução foi menor. O conjunto das 2 sub-classes corresponde aos "spodosols" da 7ª aproximação americana, exceto alguns podzolos classificados pelos americanos nos "Alfisols" ("glossa / qualf") e alguns solos podzolizados são típicos.

Os solos podzolizados se desenvolvem sobretudo sob clima temperado fresco, mais raramente sob os climas temperados mais quentes os climas mediterrâneos e os climas equatoriais e tropicais úmidos.

Sob clima temperado fresco, os solos podzolizados ocupam extensões enormes.

1. O FENÔMENO DA PODZOLISAÇÃO

A podzolização consiste essencialmente numa destruição do complexo absorvente sob a influência de um húmus grosseiro ácido de tipo Mor (podzolo) ou de tipo Moder (solos podzólicos). O papel do húmus grosseiro é fundamental, de tal que, quando a agricultura provoca a transformação do Mor ou do Moder em Mull, mesmo ácido, o solo podzolizado evoluc para um solo bruno lessivado; alguns séculos são suficientes para que a transformação seja completa (Bretanha a oeste da França).

1.1 - O humus grosseiro, Mor ou Moder (frequentemente acompanhado de humus bruto) gera os fenômenos seguintes;

1.12 - Uma grande mobilidade dos compostos evoluídos do humus. Eles são essencialmente formados de ácidos fúlvicos móveis no solo (sobretudo nos primeiros) que deixam o horizonte A para se polimerizar e se acumular em B.

1.13 - Uma movimentação do ferro, após destruição dos ácidos de ferro e formação de complexos húmicos - férricos móveis que deixam A e vão se acumular em B, seja de maneira uniforme nos solos pedzólicos por exemplo) seja sob forma de faixas de resistência variável às vezes misturadas de humus quando a zona de parada corresponde com a do humus.

1.14 - O manganês e o alumínio (numa certa medida) sofrem a mesma migração, se bem que o ferro seja o elemento mais variável.

1.15 - Uma destruição do exemplo absorvente por destruição das redes argilosas, com liberação de alumínio e do silício; este último é completamente eliminado para fora do perfil.

As bases trocáveis são também carregadas pelas águas de drenagem, provocando uma acidificação considerável do solo.

N.B. Todos estes fenômenos (com exceção da acumulação de humus em B) lembram muito os que se produzem na ferralitização.

1.2 - Uma fraca lessivagem da argila, existe ao mesmo tempo. A argila-deixa o horizonte A e se acumula em B:

Esta lessivagem é pouco intensa, sobretudo porque os solos contêm muito pouco de argila, por 4 motivos:

- o complexo absorvente é em grande parte destruído pela podzolização.

- rocha-mãe (granito, arenito, areia, rochas ácidas em geral) contêm normalmente pouca argila. As argilas herdadas existem portanto em pequena quantidade no solo.

- As condições climáticas nas quais se produz normalmente a podzolização (climas temperados frescos e úmidos) são pouco favoráveis à argilificação. Se bem que haja hidrólise dos feldspatos não há, ou muito pouco, neossíntese da argila.

Para Millot, segundo estudos realizados a Leste da França, haveria sobretudo uma neossíntese de argila inter-estratificada: vermiculita-ilita; a ilita sozinha (herdada) e a clorita (neossintetizada) desaparecem progressivamente quando se passa do horizonte C ou R para o horizonte A. As argilas inter-estratificadas parecem se manter e passam a ser argila dominante.

A forte acidez do meio (pH da ordem de 4 para 5) e o humus grosseiro são menos favoráveis à dispersão da argila que pH de 5 para 6 e a presença de Mull, a migração é portanto menor que nos solos lessivados.

Os americanos pensam que não há nenhuma lessivagem de argila nos "spodosols", ou que parece ser exagerado, pelo menos no que diz respeito aos solos podzólicos.

1-3- A formação de um horizonte B muito enriquecido em humus e de ferro, (também com manganês, alumínio e as vezes um pouco de argila), seja separadamente, seja juntos, é portanto uma característica essencial dos solos podzolizados (os americanos chamam este B "horizonte spodique").

1.31- O enriquecimento do B pode existir

sob forma de humus somente
sob forma de ferro somente
sob forma de uma mistura humus-ferro

Este enriquecimento pode se repartir uniformemente sobre o horizonte todo ou constituir concentrações locais, geralmente distribuídas em faixas horizontais-

Se o humus e/ou o ferro formam películas em torno dos grãos de areia, os uns aos outros, e dão ao horizonte B uma maior consistência, que pode tornar difícil a quebra, a não ser com o martel, tem-se então um alios.

O teor em matéria orgânica do horizonte B é sempre elevado, sempre superior a 0,5% de matéria orgânica, geralmente 5 a 12%.

A relação C/N é sempre superior a 14-

A notar que o humus é sobretudo formado de ácidos fulvícos, cuja coloração marrom menos intensa que a dos ácidos húmicos, não consegue marcar a cor ferrugem do ferro.

1-32- Os alios:

Praticamente, ele existe somente nos podzolos, se bem que haja podzolos sem alios. Ele vem da imitação dos grãos de areia pelo humus e/ou o ferro, com um endurecimento, tão forte em certos casos que as raízes das plantas não podem atravessá-lo e que instrumentos agrícolas comuns são capazes de quebrá-lo:

Distingue-se:

-o alios ferruginoso, sempre misturado com humus, mas onde o ferro desempenha o papel principal na cimentação-É o alios dos podzolos humo-ferruginosos-

-o alios húmicos que se forma exatamente em cima de um lençol freático permanente; o cimento é sobretudo constituído de humus, o ferro é carregado pelo lençol.

É o alios dos podzolos húmicos-

1-33 O horizonte A2... a lessivagem do humus do ferro assim como de um pouco de argila, a destruição do complexo absorvente em A, prevoca a formação de um horizonte A2 muito enbranquecido, com estrutura particular especial, a estrutura cendrosa à presença quase exclusiva de finas partículas de quartzo.

1-4 Conclusão: a podzolização é um fenômeno essencialmente químico, porque os processos físicos (lessivagem) são de fraca intensi-dade e os processos biológicos se limitam à ação dos cogumelos, por-que o pH é baixo demais para permitir o desenvolvimento da vida bacte-riana.

2- PERFIS DOS SOLOS PADZOLISADOS

2-1. Os podzolos

2-11. Perfil da "Croix Cassee" perto de "St Michel de Braspart, Eisistere" França (G. Aubert)

Clima: temperatura fresco, 8 00mm de chuva aproximadamen-te maus distribuidas sobre mais de 200 dias por ano.

Inclinação: 5 a 10%

Vegetação: charneca à samambaia, ajancos, urze (sobretudo Erica; pouco de calluna); algumas gramineas (no linia)

Rocha-mãe: Xisto arenoso e quartzo-

0-12cm: Ao horizonte preto, muito húmifero, rico em hú-mus bruto grosseiro.

12-30cm: A1 horizonte preto; húmifero; linoso com areias finas, muito seixos, estrutura muito má formada muito friável, o humus é bem separado dos ele-mentos minerais; ele é do tipo Mor.

30-60cm: A2 horizonte cinza cendroso; com cascalhos; sil-toso com areias finas, estrutura particular cen-drosa; muito friável e muito poroso.

60-67cm: B2 h: horizonte preto. com cascalhos; siltoso; bastante compacto; é um horizonte com forte acumulações de humus.

67-75cm: B2; horizonte ocre-cor de ferrugem de acumula-ção ferruginosa; com cascalhos; siltoso local-mente um pouco compacto. O ferro produz linhas de forte acumulação sobretudo perto do contacto B2 h B2 Fe- Estas linhas chegam a formar verda-deiras "solos" ferruginosos paralelos com a inclinação.

75-90 - B₃ - Horizonte ocre-beije, correspondente com uma fra-
ca acumulação de ferro, com cascalhos; siltoso /
com areias finas, muito pouco estruturado; friá-
vel.

90 cm e mais C: rocha-mãe alterada. Mistura de seixos de arenito
de xisto arenoso e de quartzo com uma areia limo-
nosa. Este solo é um podzol humo-ferruginoso com
acumulação de ferro e de humus em níveis separados
(B₂ Fe e B₂h)- Ele contém os elementos típicos do
podzolo: húmus grosseiro (Mor) em A₀l húmus mal
misturado com a matéria mineral em A₁ e horizonte
B de acumulação humo-ferruginoso em 2 níveis sepa-
rados B₂ Fe e B₂ h- Além disto, ele mostra um /
A₂ esbranquecido cendroso muito frequente nos /
podzolos (mas que não é indispensável para a defi-
nição do podzolo)- O horizonte B é um pouco endu-
recido (compacidade) mas não suficientemente pa-
ra formar um alios.

2-12: Variações dos perfis dos podzolos

2-121: O podzolo jovem (campire belga De Conincle)

A₀ e A₁ são bem desenvolvidos

A₂ é pouco expesso

O horizonte B é formado

de faiscas fiavel de humus

isoladas no meio do C.

2-122: O podzolo húmico A₀ A₁ A₂ B₂h C

O horizonte B é essencialmente um Bh (não há B Fe

A₂ é bem desenvolvido-É o caso de alguns podzolos
tropicais.

2-123: O podzolo ferruginoso A₀ A₁ A₂ B Fe C

O horizonte B é um B Fe- A₂ é bem desenvolvido-

2-124: O podzolo humo-ferruginoso: A₀ A₁ A₂ Bh BFe C.

É o caso do podzolo de Saint Michel de Braspart-

2-125: O podzolo com hidromorfia profunda A₀ A₁ A₂ B G.

Em baixo de B (que é normalmente um Bh) encontra-se
um horizonte Gley

A₂ é bem desenvolvido.

2-126: O podzolo velho

(Belgica De Coninc) ou nas Lardes na França)

O horizonte A_1 se torna tão espesso que $\hat{e}$ invade progressivamente todo o horizonte A_2 que termina por desaparecer por completo. A_0A_1 /

BC.

2-127: O podzolo humo cendroso de G. Aubert

Trata-se de um solo de encosta onde a lesivagem oblíqua é tão forte que os elementos que deveriam ter forma do B são carreados no vale-

O perfil é $A_0 A_1 A_2 C$ - A_2 é muito bem desenvolvido, esbranquecido e cendroso. Não há B-

N.B. Como B_2 não existe, os americanos colocam este solo nos "inceptisolos" (umbret); os franceses levando em consideração a evolução pedológica atestada pelo humus bruto e A_2 cendroso esbranquecido, conservam-nos podzolos

2-2 Os solos podzólicos

O humus bruto é sobretudo um Moder-

221 Perfil de Kohne (Nova Caledônia-G. Tarunier)

0-2cm: A_0 Horizonte de humus bruto, do tipo Moder, preto, compacto, lamclares.

2-21 A_1 Horizonte cinza; arenoso com cascalhos de ftanitos. / estrutura particular com fraca tendência cendrosa, friável. Os grãos de quartzo ficam visíveis e brilhantes.

21-48cm: A_2 horizonte cinza claro se tornando cinza-beije na / parte inferior (A_3); arenoso com cascalhos, estrutura particular fracamente cendrosa, porosa, mas boa coesão quando seco.

48-80cm: B_1 Horizonte ocre-claro, arenoso com areias finas e cascalhos, um pouco mais argiloso que o horizonte precedente; estrutura particular, bastante compacta, forte coesão quando seco.

80-140cm: B_2 horizonte vermelho com manchas, argilas-arenoso / estrutura poliedrica, é um horizonte B Fe de acumulações do ferro, compacto.

140 cm e mais: C material bastante com fragmentos de ftanito / e de pelitos misturados com argila e areia.

Trata-se aqui de um solo podzólico tropical, a pluviometria é mal conhecida (provavelmente superior a 2000mm).

Trata-se aqui de um solo podzólico tropical; a pluviometria é mal conhecida (provavelmente superior a 200 mm). A vegetação é uma floresta degradada; a inclinação é relativamente elevada; a rocha-mãe é uma ftanita com pílita.

Em relação com os podzolos, pode-se observar que:

-o horizonte A₁ contém um humus do tipo Moder (e não Mor) melhor misturado com a matéria mineral, se bem que os grãos da areia aparecem como pontos brancos.

-o horizonte A₂ é bem desenvolvido, mas a estrutura cendrosa é menos nítida; o esbranquecimento é menor;

-o horizonte de acumulação é um B Fe-Isto é um caso frequente nos solos podzólicos onde Bh, quando existe é geralmente / fino (quando ele é espesso, o que pode ocorrer) a coloração é mais fraca que nos podzolos, cores cinzas para cinza escuro e não pretas)

-o horizonte de acumulação nunca endurece em forma de / alios; ele é simplesmente mais compacto que A₁ e A₂.

222-Principais variações do perfil dos solos podzólicos.

Como para os podzolos, , o perfil típico é A₀ A₁ A₂ B C.

2 221-0 solo ocre podzólico

Trata-se de um solo jovem onde A₂ não teve tempo para se desenvolver. Quando existe, A₂ se encontra acima de B (ou dentro de B) sob forma de manchas descontínuas, marrons, de acumulação de humus.

O B é um B Fe (nunca um Bh, apesar da presença de 2 a 3% de matéria orgânica dentro do B Fe). Sua coloração é vermelho / vivo.

2 222-0 solo micro podzólico

É um solo onde a evolução podzólica é recente ou / pouco intensa; o conjunto dos horizontes A₀ A₁ A₂ não tem mais de 10 cm de espessura. Ele só pode existir sob floresta porque ele desaparece logo após a primeira utilização pela agricultura. Por este motivo, tende-se a tirá-lo da classificação.

2 223-0 solo cripto-podzólico

É um solo velho onde A₂ foi invadido pelo humus de A₁ e não é mais reconhecível.

A podzolização se manifesta por uma acumulação de ferro e de matéria orgânica em B que mostra uma coloração marron / avermelhado

2 224-0 solo podzólico antropomorfo

A lavoura mistura A₀ A₁ e A₂ num único horizonte Ap de cor ferrugem clara à cinza-

O humus pode ser um Mull, mas o horizonte B de acumulação permanece nítido-

2 225-0 solo podzólico hidromorfo

Um horizonte ^{de} gley ou ^{de} pseudo-gley se forma sob o B sob / a influência de um lençol freático-

3- OS FATORES DA PODZOLISAÇÃO

3-1-0 clima

3-11 Os climas temperados frescos e úmidos

São mais favoráveis a podzolização - Uma pluviosidade elevada não é necessária (600 a 1200mm em geral) mas precisa que a chuva caia devagar muitos dias por ano (mais de 200 dias/anos na Bretanha oeste da França) com uma fraca insolação devida às nuvens e às brumas (nevoeiras).

3-12 Nos climas temperados mais quentes

(sul da França, Norte-Oeste da Espanha, etc...) como nos / climas mediterrâneos os solos podzolizados se formam somente em condições especiais (rocha-mãe muito silicosa e vegetação particular / favorecendo

3-13 Nos climas equatoriais e tropicais úmidos, podzolos e solos podzólicos podem se formar sob pluviometrias de 1700 a 2000 mm e mais-

3-2 A rocha-mãe

A podzolização se produz apenas sobre solos ácidos, bem dessaturados em bases. Pode-se conceber pois que a rocha-mãe precisa ser fortemente silicosa e na provi. a em bases (sobretudo Ca) a fim / que uma drenagem fácil favoreça uma forte lixiviação das poucas bases, portanto a acidificação do solo; Mas esta regra sofre modificação em função do clima-

Sob os climas do tipo de 311, a rocha-mãe pode-se bastante variada: arenito, granito, granodiorita, gneiss ácido, Xisto / arenoso. A podzolização aparece sobre rochas básicas somente sob os climas mais frios (Europa do Norte; Canada), e mesmo neste caso ela é rara, senão excepcional, sobre clacáreo e dolomítico-

Sob os climas do tipo 312, a rocha-mãe precisa ser muito quartzosa (arenito, areia, granito muito ácido) e sua influência não parece ser determinante, sendo necessário o reforço da vegetação

Sob os climas do tipo 313 a rocha-mãe precisa não somente ser muito silicosa mas também mole e permeável (em geral areia ou arenito mole) para favorecer ao máximo a lixiviação das bases e o aprofundamento do solo (que limita ao máximo as subidas bióticas), provocando uma acidificação intensa dos horizontes superiores (A e / B), com pH entre 3,2 e 4,5-

Esta acidez favorece a formação de humus grosseiro, qualquer que seja o tipo de vegetação-

3-3 A vegetação

O seu papel principal é de ampliar a ação do clima e da rocha-mãe, fornecendo ao solo um humus bruto e ácido-

Por ordem decrescente desta ação favorável à podzolização pode-se citar:

- o pinho Kouri de Nova Zelandia
- os pinheiros^{em} geral e mais particularmente pinus marítimus e pinus silvestres.
- as charnecas e urzes, cricáceadas sobretudo
- os pinheiro (Abies e Picea)
- a bétula (bouleau)
- o carvalho
- o castanheiro
- vários outros folhudos

Assim sobre uma mesma rocha-mãe (granito ácido, areia ou arenito mole) a forma mais intensa de podzolização, portanto o podzol, poderá se desenvolver:

- sob folhudos variados e pinheiros na Europa do Norte / (clima temperado se assemelhando ao clima boreal ártico)
- sob bétula, carvalho, pinheiro na Hollanda, clima temperado muito fresco, úmido o ano todo)
- sob charneca a oeste da França (clima temperado fresco, / úmido o ano todo)
- sob pinhos e charneca sudoeste França (clima temperado, já quente com verão seco).
- sob pinhos exclusivamente, no Portugal e no Marroco (climas mediterrâneos)
- sob pinhos Kouri exclusivamente, ao Norte da Nova Zelandia (clima sub-tropical).

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS PODZOLISADOS

Os solos podzolizados formam a classe VIII da classificação francesa: eles correspondem aos "Spodosolos" da classificação americana, salvo os cryptos podzólicos (umbrepts) e certos podzolos a gley.

A divisão em sub classes está baseada no clima e o pedoclima; aquela dos grupos sobre a ausência, a presença ou o grau de evolução de A₂ e a morfologia do perfil e dos grupos sobre os detalhes morfológicos do perfil.

Sub-Classe VIII- 1 Solos podzolizados de clima temperado

Grupo 1-1

Os podzolos, Hurus tipo Mor, perfil A₀, A₁, A₂, B, C, A₂, completamente descolorido, com uma estrutura de cinza. B é um horizonte de acumulação de hurus, Bh ou de ferro B Fe ou os dois ao mesmo tempo Bh Fe. Ele desaparece nos podzolos hurus-cendrosos (de cinza) por consequência da lessivagem oblíqua.

Sub-grupo 1-11- Podzolos húnicos (Humods 7ª aproximação)

B é um Bh-Perfil A₀, A₁, A₂, BhC.

1-12- Podzolos ferruginosos (ferrods 7ª aproximação)

B é um B Fe-Perfil A₀, A₁, A₂, B Fe C

1-13- Podzolos Humo-Ferruginoso (Orthods)

B é um BhFe-Perfil A₀, A₁, A₂, Bh Fe C

1-14- Podzolos Humo-cendroso (Um brepts 7ª aproximação)

B desaparece por lessivagem oblíqua-Perfil / A₀, A₁, A₂, C

1-15- Podzolos à hidromorfia profunda (Aquods)

C é um CG (à gley)

Perfil A₀, A₁, A₂, B, CG

Grupo 1-2- Os solos podzólicos

O hurus é um Moder (às vezes um mor). O perfil é do tipo A₀, A₁, A₂, B, C.

A₂ é bem desenvolvido esbranquecido, mas com uma estrutura incompletamente "cendrosa"-B é um B Fe mas contém sempre mais de 1% de matéria orgânica (G/N, S 14), taxa nitidamente superior à de A₂

Sub-grupos - 1-21 Podzolos Modal (orthod 7ª aproximação)

12 2 Podzólico à hidromorfia profunda

C contém gley (C G) e B pode conter pseudo-gley (B g)

123- Podzólico a ~~stagnogley~~

(Unbraquept se A₂ é pouco) espesso

A₀, A₁, G, Bg, C

124 Podzólico antropomorfos

O cultivo misturou A₀, A₁, e A₂ formando um só horizonte Ap.

Grupo 1-3 Os solos ocres podzólicos

Perfil A B C com A₂ descontínuo ou ausente. O horizonte B é um B Fe de cores vivas (vermelho ou ocre) e é bastante rico em matéria orgânica (2 a 3%), nunca endurecido; um embrião de Bh (2 a 3 cm / de espessura) aparece às vezes sobre o B Fe.

Sub-Grupo 13-1 Ocre podzólico nodal

132- Ocre podzólico com hidromorfia profunda, perfil A₀, A₁, G, B Fe, C ou A₀, A₁, Bg, BFe C.

Grupo 1-4 Os solos crypto-podzólicos

Perfil A₀, A₁, A₂, B, C porém a espessura total de A₀, A₁, A₂, não ultrapassa 10cm. B é narrow vermelho ou cinza preto.

Sub-grupos 141 Crypto-podzólicos húmiferos

A₁ muito espesso (30-40cm) Solos de montanhas pouco elevadas ou de baixadas úmidas.

142 Crypto-podzólicos brunos

Sub-classe VIII-2

Podzols dos climas frios

Mesma morfologia do perfil ^{que a} dos podzolos dos climas mais temperados porém A₂ é menos espesso (10 à 15cm ao máximo) e a saturação em bases é nitidamente melhor.

Grupos 2-1 Podzolos Boreais- clima frio

2-2 Podzolos Alpinos (montanhas elevadas dos climas / temperados)

Sub-classe VIII-3 Solos podzolizados hidromorfos

A podogenese clássica do tipo podzólico -destruição do complexo absorvente, migração do ferro e do húmus, acumulação em B) vem se juntar a hidromorfia que ^{quase} interessa todo o perfil e não mais o horizonte profundo.

Grupo 3-1 Podzolos à zley - Aquodas (da 7ª aproximação)

Sub-grupos 311 Podzolos húmicos à zley

perfil A₀, A₁, A₂, G, Bh C o lençol está muito / próximo da superfície.

A₂ está muitas vezes "contaminando" pelo humus que vem de A₁; é escuro, irregular, frequentemente pouco visível.

31 2 Podzolos ferruginosos hidromorfos perfil A₀, A₁, A₂, BFe, C. BFe está ao nível do lençol.

Grupo /3-2 Os Molkem-Podzolos

O lençol estagna na superfície: o humus é um hidromor.

Perfil A₀, A_{1g} ou g ou G, B, C-
Solos de Montanha

Grupo 3-3 Os podzolos tropicais de lençol

Estes podzolos se formam na maioria das vezes à partir dos solos ferralíticos profundos, arenosos, muito permeáveis / onde a lessivagem das bases e a acidificação são intensas. Quando o pH torna-se inferior à 5, a vida microbiana para as matérias vegetal se acumulam em superfície e dão uma / grande quantidade de ácidos fúlvicos: estes migram em profundidade, param a em um certo nível que torna-se um B à alios impermeável, à baixo do qual um lençol freático estagna longamente.

O perfil é o seguinte:

A₀- Mor ou moder aqui chamado Humus tropical bruto.

A₁- Muito preto com matéria orgânica decomposta.

A₂- Esbranquiçado com tendência a uma estrutura cendrosa; é muitas vezes um A_{2g} à pseudo-gley.

B - Que é um Bh (às vezes um BhFe), impermeável.

C - Que parece muito com A₂, pois o solo podzolizado se desenvolve frequentemente no A de um solo ferralítico.

Como A₂ não tem o humus que caracteriza A₀, A₁ e B e que não tinha mais grande coisa, a ser lessivado durante a formação do podzolo, ele parece muito com C.

Durante as fortes chuvas, o lençol que estagna ao nível de B sob A₁ e A₀, coloca o humus em suspensão e quando desce deposita este humus em B.

Estes podzolos só se desenvolvem sobre rochas-mãe quartzozas não muito duras (areias-arenitos moles) e sob climas quentes e úmidos (2.000mm e mais de chuva) todo o ano-(Congo Brazzaville-Gabão-Amazônia-São Roque de Paraguaçu).

Nas regiões planas, com solos arenosos estes podzolos formam manchas pantanosas, às vezes poças d'água, cuja água escura é muitas vezes o único recurso em água dos habitantes (planaltos Batekês no Congo-Brazzaville).

Capítulo VII

OS SOLOS

A EVOLUÇÃO PEDOLÓGICA RETARDADA

1 GENERALIDADES

Estes capítulo trata de duas classes da classificação / francêsa.

- Os solos calco-magnésimofos classe V
- Os solos isohúmicos classe VI

São solos relativamente evoluídos onde a desagregação e a dissolução das rochas-mãe, a presença de uma matéria orgânica bem / incorporada à matéria mineral, geram perfis bem caracterizados, as vezes mesmo bastante espessos (até 1,50m- 2m). Porém, a evolução pedológica nunca vai até as migrações de argila e sobretudo de ferro e de humus, como nos solos lessivados, os solos ferruginosos tropicais, os solos ferralíticos e os podzolos; é, naturalmente, não pode haver destruição de argila (solos podzolizados, solos ferralíticos) porque isto representa um grau particularmente elevado na evolução pedológica.

A razão deste "atrazo na evolução" é que o COMPLEXO ABSORVENTE ESTÁ SEMPRE BEM SATURADO EM BASES E PARTICULARMENTE EM CÁLCIO..

A rocha-mãe é um calcário, ou pelo menos uma rocha rica em cálcio (basalto por ex).

Nas regiões onde se desenvolvem estes solos, o clima seco ou pelo menos um pedo-clima seco (regiões mais úmidas) e a vegetação que é a estepe ou a pradaria, são fatores pouco favoráveis à dessaturação do complexo absorvente (quando a floresta se instala observa-se geralmente uma evolução para os solos lessivados, isto pelo / menos em climas temperados ou continentais relativamente úmidos-segundo Duchaufour)

Esta boa saturação do complexo absorvente traz um certo número de consequências

O humus é um mull cálcico, onde a humificação se faz completamente; os ácidos húmicos são nitidamente mais abundantes que os ácidos fúlvicos.

C dos ácidos húmicos = 1,5 à 5

C dos ácidos fúlvicos

Na fração ácidos húmicos os ácidos húmicos cinzas são nitidamente mais frequentes que os ácidos húmicos marrons.

Daí um humus bem incorporado à matéria mineral e relativamente resistente à mineralização pelas bactérias. Sob vegetação natural, a rapidez de humificação é superior à rapidez de mineralização daí uma tendência à acumulação de humus no solo e à formação de solos bem providos em matérias orgânicas (salvo no caso dos climas áridos de estepes onde a vegetação só cresce durante 1 a 3 meses no ano e fornece pois pouca matéria vegetal fresca e naturalmente também nos solos cultivados).

A argila está sempre bem flocculada pelo cálcio; ela se combina em A com o humus cálcico (sobretudo com os ácidos húmicos cinza) formando complexos argilo-húmicos estáveis, difíceis à dispersar a argila não migra. Além do mais, os ácidos húmicos marrons e os ácidos fúlvicos que poderiam favorecer a lessivagem da argila estão em proporções fracas de mais para desempenhar este papel.

As estruturas dos horizontes superficiais são sempre bem formadas (salvo, evidentemente nos solos muito arenosos); elas são do tipo arredondados o gramulosas, grumosas, niciforme, poliédrica arredondadas. Com efeito, os complexos argilo-húmicos bem saturados em cálcio favorecem estes tipos de estrutura.

Além disto, são estruturas "sólidas", que se impregnam / dificilmente de humidade: o comportamento com a água é um pouco parecido com o das areias: o pedo clima resultante é um pedo-clima relativamente seco, mesmo sob clima temperado oceânico (úmido) - É o caso das rendzinas do oeste e do sueste da França.

O pH graças a esta boa saturação em bases e também, / frequentemente graças à presença do calcário, é normalmente de 7 ou superior a 7 (até 7,8 e 8); ele nunca é inferior a 6,8; raramente ele ultrapassa 8 (presença de sódio).

O ferro é estável, por causa dos pH alcalinos e do ferro teor em ácidos fulvicos do humus.

As vezes, ele pode dar uma cor avermelhada ao perfil / ou a alguns horizontes, mas nunca ele se individualiza fortemente.

O carbonato de cálcio pode migrar de cima para baixo do perfil e constituir, em B ou C, filamentos, massas pulverulentas, nodulos, às vezes mesmo crostas.

Mas ele nunca sai do perfil.

Os solos cálcio-magnesimorfos e os solos isohúmicos / ocupam extensões importantes nas zonas climáticas temperadas, continentais (mais secas) e mediterrâneas. G. Aubert liga a estas 2 classes alguns dos climas tropicais semi-áridos.

Estes solos são sempre solos ricos e quando o clima o permite são excelentes terras para lavoura, em particular para as / cereais, trigo, cevada, milho (irrigado) o vinhedo.

Equivalência na classificação americana (7º aprox)

A 7) aproximação leva sobretudo em consideração a presença de um horizonte de humus de tipo Mull.

Estes solos serão pois "mollisolos" Mas quando a aridez do clima impede a formação de um horizonte nítido de Mull, / eles serão "Aridsolos" .

2- OS SOLOS CALCO MAGNESIMORFOS

O perfil é do tipo AC, A (B) R ou A (B) C-Nuca há horizonte B textural (illivial).

Este perfil se distingue dos perfis de vertisolos e de solos iso-húmicos pelos caracteres de sua parte inferior (nenhum ou poucos caracteres) verticos, matérias orgânicas em superfície).

2-1- Fatores de formação

Q clima climas temperados oceânicos e semi-continentais, climas mediterrâneos; G. Aubert¹ coloca nesta classe alguns solos de zona tropical árida ou semi-árida (Senegal)

-A rocha-mãe: é sempre uma rocha calcárea ou rica em cálcio-É este cálcio que satura o complexo absorvente do solo

-A vegetação é difícil dizer qual é a vegetação original, porque estes solos foram desmatados há muito tempo e são intensamente cultivados; quando eles estão no pausio; eles são primeiramente colorizados por ervas e em seguida por brejos misturados de ervas- No fim, a floresta acaba por se instalar mas ela se desenvolve bem somente sobre os solos mas espeçosos, e pelo menos nas zonas climáticas mais úmidas, determina então uma evolução para os solos lessivados (brunificados).

- A matéria orgânica , sempre do tipo Mull cálcio, / desempenha um papel importante, em particulas para a formação das es_{tr}uturas.

O estudo dos principais tipos de solos calco-magne^{sio}simorfos permite seguir a evolução destes solos.

2-2- As rendzinas ("Rendolls" da 7º aprox).

2-21 Caracteres e formação

As redzinhas são solos de perfil A C R (as vezes A R).

com complexo saturado e possuindo a mais calcáreo, fazendo efervescência com os ácidos. Estes calcáreo se encontra difuso na massa do solo ou sob forma de seixos, ou sob as duas formas. A rocha-mãe é sempre um calcáreo que se decompõe facilmente sob a ação de água da chuva sob a forma de massa mais ou menos esponjosas que terminam por se dissolver no solo; as partes mais resistentes permanecem sob forma de seixos. (Portanto é uma alteração bem diferente da alteração pelicular dos calcáreos resistentes que geram aos solos mediterrâneos).

A matéria orgânica deve ser intimamente misturada com a matéria mineral para dar a estrutura características das redzinas: grumosa ou finamente grumelosa. Um fraco coluvionamento pode contribuir para esta mistura (Duchaufour).

A argila é na maioria das vezes herdada (caolinita, mas neossíntese de montmorilonita e provavelmente de vermiculita ocorrem também) -

2-22

O perfil tipo: Rendzina de Orignon (40Km) ao oeste de Paris)

0-25cm

Horizonte A preto, húmifero; silte-argiloso; estrutura grumosa, presença de calcáreo difuso sobre toda a espessura (efervescência com os ácidos); presença de areias de seixos calcáreos; muito friável, muito poroso -
CO₃ Ca: 41%; Matéria orgânica: 5,25%

25-35cm:

Horizonte C formado de uma massa de consistência arenosa de calcáreo alterado; presença de pequenas placas de calcáreo mais ou menos alterado.

35cm e mais:

Rocha-mãe R: calcáreo arenoso em placas do Lutétien -
O solo é formado sobre uma encosta (4 a 5%), sob a vegetação esfraca; sua espessura é fraca (35cm) o que é característico de muitas rendzinas.

2-23

Variações dos perfis das rendzinas

2-231

Rendzinas vermelhas: elas são formadas sobre calcáreo relativamente duro e misturado de seixos calcáreos - O ferro tinge bastante fortemente o horizonte húmifero - Para alguns autores esta coloração seria devido a uma antiga alteração ferralítica (terciária), ainda presente nas fendas da rocha; para outros, ela seria devida à alteração atual.

2-232-

rendzina lancas: elas são formadas sobre calcário / muito mole; a matéria orgânica, portanto abundante (5%) não consegue tingir o perfil que permanece cinza-branco. A espessura do solo pode alcançar 40 a 45 cm em alguns casos (sobre gesso em particular)

2-233-

rendzinas magnesianas- Elas são raras.

Foram observadas no Marroço, perto de Maknes.

Elas são formadas sobre dolomia, $\text{CO}_3 \text{Ca}$, $\text{CO}_3 \text{Mg}$; não / fazem efervescência com HCl a frio.

É necessário utilizar HCl quente para ver a efervescência.

2-234-

Rendzinas com crosta calcárea: Exemplo tomado a Zaghouan (Tunísia) A rendzina, com 15 a 40 cm de espessura repousa sobre uma crosta calcárea que constitui o horizonte R.

2-235-

Xêro-rendzinas: elas se formam sob climas mediterrâneo bastante seco pouco favorável a uma cobertura densa de erva. Elas são pobres em matérias orgânicas (1 a 2%)

2-24

Conclusão

O perfil das rendzinas contém sempre carbonatos livres em abundância. Este perfil é pouco desenvolvido AC; a espessura do solo permanece fraca; o principal carácter de evolução é dado pela matéria orgânica, abundante, / muito bem transformada em húmus e bem misturada com a matéria mineral.

São excelentes solos de lavoura, se bem que um pouco / secos, que se encontram frequentemente na Europa (meta-de sul sobretudo) e na África do Norte.

2-3

Os solos brunos calcários

(Rendolls na 7ª aproximação)

2-31.

São também solos com muito calcário no perfil (mas com menos seixos que as rendzinas); eles são geralmente mais espessos que as rendzinas.

A evolução pedológica, um pouco mais forte do que para as rendzinas, provoca a formação de um (B) estrutural (sem iluviação de argila) sob o A húmifero.

O perfil é portanto A (B) C R (e não A C R como no caso das rendzinas). A estrutura de A é grumelosa ou nuciiforme e a de (B) nuciiforme ou poliédrica arredondada.

O pH é superior a 7

As argilas são de mesmo tipo que nas rendzinas, mas com um pouco mais de montmorillonita às vezes.

A rocha-mãe é de um calcáreo ou uma rocha rica em cálcio. Geralmente trata-se de um calcáreo mole (margo, gesso, etc).

A floresta se instala sobre este tipo de solos um pouco / mais facilmente que sobre as rendzinas.

São excelentes terras de culturas que se encontram sob os climas temperados, mediterrâneos e mesmo tropicais semi-áridos. (Senegal, segundo G. Aubert)

2-32- Perfil tipo: Brissac (França)

Zona de planalto com fracas ondulações.

Inclinação : 2-3%-Pluviometria: 700mm

Muito multivado.

Rocha-mãe: margos com Ostrea.

0-15cm: Horizonte A, marron escuro, argilo calcáreo, estrutura nuciforme bastante fina se tronando poliédrica arredondado na base, boa porosidade, numerosas raízes.

Calcáreo: 16,5%; Matéria orgânica: 3,5%

15-45cm: Horizonte (B) marron, argiloso, calcáreo com alguns detri_tos de ostras e alguns seixos calcáreos, estrutura poliédrica, porosidade apenas média mas suficiente para permitir a passagem das raízes.

Calcáreo: 16,5% Matéria orgânica: 1,2%.

45 cm e mais Horizontes C de margos em massas pulverulentas esbranquecidas; a marga não é consolidada e a passagem com R é / pouco nítida.

É portanto um solo bem húmifero em superfície (um pouco / menos que as rendzinas), rico em calcáreo, com um (B) textural.

2-33 Variações dos perfis dos solos brunos calcáreos.

2-331 Solo bruno calcáreo com crosta calcárea

O calcáreo migra até a base de B ou C e constitui aí massas mais ou menos consistentes. Às vezes, é mesmo uma verdadeira crosta calcárea, muito dura, que se forma sobre uma espessura de 10 a 30cm.

2-332 Solos brunos calcáreos a pseudo-Gley

Um lençol freático gera um pseudo gley, às vezes na base de B, geralmente em C.

2-333 Solos brunos calcáreos véricos

Um teor de argilas montmoriloníticas mais elevado que no solo modal provoca a aparecimento de caracteres véricos em B. G. Aubert descreveu no Senegal um solo deste tipo formado sobre margos calcáreos.

0-60cm: Horizontes A, preto, muito húmifero argilosos, um pouco calcáreo; nuciforme.

60-140cm: Horizontes (B); cinza escuro; argiloso; muito calcáreo, / poliédrico um pouco vérico.

140 e mais Margo muito calcáreo em via de decomposição.

2-34 Conclusão

Os solos brunos calcáreos se diferenciam das rendzinas pela existência de um (B) estrutural, uma espessura maior e frequentemente uma quantidade menor de clacáreo em B.

São, pois solos um pouco mais evoluídos que as rendzinas. Mas todos os intermediários existem entre os solos brunos calcáreos e as rendzinas.

2-4- Os solos com complexos absorvente saturado sem carbonatos, ou solos brunos saturados.

2-41 São solos com perfil A (B) C, portanto sem lessivagem de argila; mas não há carbonatos livres no perfil (sem efervescência com Cl H. 1/2); o complexo absorvente é bem saturado em bases graças a uma rocha-mãe sempre rica em cálcio.

Elas são pois, intermediários entre os solos com carbonatos de cálcio (dos quais eles se aproximam pela saturação do complexo absorvente) e os solos lessivados; por este motivo a 7ª aproximação americana as coloca nos "incepti-solos", isto é nos solos pouco evoluídos com evolução rápida em direção aos solos lessivados) o que parece certo apenas quando a floresta se instala (Duchanfour).

São excelentes solos para lavoura.

2-42- O perfil tipo

A rocha mãe é um calcareo ou uma rocha muito rica em Ca. Observa-se a sucessão de horizontes A (B) C desirita para o solo Bruno calcáreo mas não há clacáreo nos horizontes A e (B). (As vizes (B) contêm um pouco de calcareo) o pH é vizinho de 7.

Trata-se portanto de solos descarbonatados mas não decalcificados.

2-43- Variações dos perfis

2-431 Solos húmicos carbonatados)frequentemente solos de montanha)

O horizonte A é muito enriquecido em matéria orgânica (mais de 20% de M.O.). Ele pode também conter poucos seixos- de / calcáreo duro, mas o solo não faz efervescência.

2-432 Rendzinas brunificadas

São rendzinas de perfil A C, cujo horizonte A não contém mais calcáreo.

2-433 Solos cálcicos melanizados

São solos bastante ricos em montmorilonita esta dá ao horizonte A uma estrutura poliédrica fina como o do horizonte / A dos vertísoles (C (B), entretanto não apresenta caracteres vérticos).

Em clima mediterrâneo C apresenta frequentemente um encrostamento calcáreo.

2-44 Conclusão

São os amis evoluídos dentro dos solos calco magnesimorfos e esta evolução se manifesta essencialmente por uma descarbonatação (e não uma descalcificação) do ou dos horizontes superiores.

2-5 Os solos gipsosos

Existe ainda uma outra sub-classe de solos calco-magnesimorfos onde o sal de cálcio não é o carbonato mas um sulfato. o gipso.

O gipso sendo mais solúvel que o calcáreo estes solos se encontram somente nas regiões semi-desérticas (sul da Argélia e da Tunísia, Líbia, Egito, Irão etc...)

O clima árido impede a formação de uma matéria orgânica / abundante, daí a cor clara da superfície em A.

A estrutura é grumelosa fina.

Distingue-se nos solos gipsosos.

-solos gipsosos com perfil de rendzinas: A C R ou A R

Pouco espessos (menos de 50cm)

- Solos brunos gipsosos perfil A (B) C

Eles são mais espessos frequentemente com uma acumulação / de gipsia em profundidade, chegando mesmo a constituir / uma crosta.

O clima é sempre seco, não se encontra o equivalente dos solos brunos saturados sem carbonatos livre no perfil.

3- Os solos isohúmicos.

São solos relativamente pouco evoluídos de perfil A (B) C (as vezes A B C no limite da classe)- A palavra "isohúmico" procura indicar o fato do humus não estar concentrado em superfície mas diminuir progressivamente com a profundidade pelo menos até 50 cm de profundidade.

3-3 Fatores de formação e propriedades:

3-1.1. O clima: apesar da pluviométrica ser entre 200 e 500mm, são sempre climas onde a vida microbiana para durante um longo período seja por causa de secura (clima sub-desértico), seja por causa do frio do inverno e da secura do verão, como na Rússia meridional ou no centro dos Estados Unidos.

Alem disto as chuvas são irregulares, frequentemente interrompida por período de secura durante os quais o solo seca.

3 12- A rocha-mãe: é frequentemente um calcareo, mas pode também ser uma rocha rica em Ca.

3 13 A vegetação: é a estepe à gramíneas, ou a pradaria (U.S.). As raízes das gramíneas se desenvolvem em profundidade, / provocando a formação de horizonte húmiferos profundos e uma distribuição regularmente decrescente em profundidade desta matéria orgânica. Esta é abundante sob os climas / continentais relativamente chuvosos (500-600mm) mas seus teores são muito baixos sob os climas sub-desérticos / (200-400mm).

A presença de cálcio no solo, as alternâncias de chuva e de seca, provocam a formação de um humus particularmente rico em ácidos húmicos cinzas. Duchanfour criou uma categoria especial para eles os "ácidos húmicos cinzas chernozômicos" que seriam particularmente resistentes à mineralização.

314 A argila é de tipo variável em função da rocha mãe. (argilas her-
dadas) Geralmente trata-se de uma mistura de várias argilas.

Montmorilonita e illita parecem se formar dentro do perfil e es-
ta neossíntese é provavelmente responsável pelo fato de alguns /
horizontes B serem mais ricos em argila que A. (dai uma tendên-
cia a formar um perfil A B C, mas o motivo aí não é a iluviação.

315 O iálico

tende a migrar em profundidade; sob os climas mais úmidos (400-
800mm) há descarbonatação de A e de B, e o complexo absorvente
permanece saturado em cálcio.

-sob os climas mais secos (200-400mm) apenas há início de descar-
bonatação e fraca acumulação em B, na maioria das vezes.

316 A estrutura

é grumosa, grumelosa ou nuciforme em superfície, poliédrica ou
prismática nos horizontes profundos. As vezes ela se torna difu-
sa em A por causa da presença de um pouco de sódio.

317 Os pH

são tipicamente vizinhos de 7, ou superior a 7, pelo menos em B.

32 Equivalências na classificação americana

A 7ª aproximação leva apenas em consideração a presença de um hu-
mus abundante de tipo Muller. Solos serão "mollisols".

Quando o humus é pouco abundante por causa da aridez do clima
serão "aridisols".

3-3 As diferentes categorias de solos isohúmicos em função da evolu-
ção pedológica

3 31 Os solos isohúmicos a pseudo-clima frio

Os invernos são muito frios (clima continentais) ou simplesmente
muito frescos (clima mediterrâneo um pouco continental)

perfil típico o chernozem (Altolls da 7ª aproximação)

Perto de Kourk na Rússia.-Pluviometria: 550mm

Zona plana de estepe bem drenada.

Clima continental: média de janeiro - 8, média de julho +20°- Mé-
dia anual : + 7°.

Vegetação estepe.

- 0-5cm A₁₋₁ Horizonte marron-preto
- 0-5cm A₁₋₁ Horizonte marron-preto, siltoso, estrutura grumosa média bem formada, com uma fraca tendência local-Raízes
Argila: 30,1%-pH: 6,3-MO: 9,15% = $\frac{C \text{ ac. húmicos}}{C \text{ ac. fúlvicos}} = 1,8$
- 5-17cm A₁₋₂ Horizonte parecido (marron-preto, grumoso) mas um pouco mais argiloso, com muitos buracos de minhocas, muito / poroso; muito friável; raízes
Argila: 34,5%- pH: 6,3- MO 7,5 % não calcárea
- 17-37cm A₁₋₃ Horizonte marron preto siltoso nuciforme não calcáreo friável; poroso-numerosas galerias exavadas pela fauna / (minhocas)
Argila- pH: 6,3 - MO 6% $\frac{C \text{ ac. húmicos}}{C \text{ ac. fúlvicos}} = 2,6$
- A 37 cm limite do horizonte, nítido porém irregular-
- 37-70cm B₁: horizonte marron escuro, com elementos mais escuros / transportados pela fauna; siltoso estrutura poliédrica fina- Não calcáreo-
Argila: 41%, pH: 6,5 a 6,9; MO: 4,8% $\frac{C \text{ ac. húmicos}}{C \text{ ac. fúlvicos}} = 3,4$
- 70-100cm B₂: horizonte marron irregular, com elementos bege, não calcáreo, infiltração de humus nos canaisinhos do solo-
Argila: 3,82%- pH: 7 a 7,8- MO: 3,2%- $\frac{C \text{ ac. húmicos}}{C \text{ ac. fúlvicos}} = 2,5$
- 100 cm e mais C: Horizonte bege, siltoso fino, calcáreo com pseudo (no mínimo até 125) -micelium e algumas pequenas boneias (concreções) e placas de acumulação calcárea nas fendas.
Argila: 41%- pH: 8,2-MO 1,5%- $\frac{C \text{ ac. húmicos}}{C \text{ ac. fúlvicos}} = 0,8$

Observa-se que neste perfil:

- a descarbonatação do solo é total sobre a maior parte do do perfil (CO₃ Ca só aparece à mais de um metro de profundidade): a migração do calcáreo é favorecida pelas / águas frias do degelo da primavera ou as chuvas de outono. O calcáreo se acumula em profundidade sob forma de nódulos e concreções e não sob forma de crosta (caso geral para os chernozems).
- o complexo absorvente permanece saturado em cálcio (a fraca desaturação em superfície é devido às lavuras anteriores)-
- a matéria orgânica é abundante em superfície e diminui progressivamente com a profundidade-
9% de M.O em superfície- 5% a 15cm; ainda 1,5% a 80 cm.

Chernozens- com perfil semelhante existem no centro-oeste dos Estados Unidos (Nebraska)

3-32 Os brunizens (idolls da 7ª aproximação)

Os brunizens constituem uma grande parte dos solos do centro dos Estados Unidos (o domínio da "Pradaria" e mesmo do sul do Canada. Eles são também encontrados no Pampa argentino.

O clima é sempre do tipo continental, com invernos muito / frios e verão quente, com períodos de forte estragem. O clima é / entretanto mais quente que a Koursk (temperatura média anual: 15º) e sobretudo mais chuvoso: 850 a 900 mm.

Por isto, os teores em matéria orgânica são menos elevados que nos cherozens (3+ em superfície em lugar de 9%) sobretudo por / causa da temperatura mais elevada e ainda mais das precipitação mais abundantes que provocam não somente a descarbonatação do perfil mas também a dessaturação do horizonte A cujo pH é nitidamente inferior a 7 (pH de 5,4 em A, num solo do Missouri); em B, o pH é neutro; a dessaturação provoca o aparecimento de uma estrutura poliédrica.

Os brunizens são apesar de tudo classificados nos solos / iso-húmicos por causa:

-do perfil mostrando teores de matérias orgânicas regular-
mente decrescente com a profundidade .

-da presença de uma matéria orgânica bem evoluída, rica em
ácidos húmicos cinza.

Entretanto, eles estão bem no limite da classe relativamente / te proximos dos solos lessivados (solos bruns lessivados e solonetz)

3-33- Os solos castanhos (listolls da 7ª aproximação)

O clima é também continental com invernos frios e verões quentes e secos, mas a pluviometria é menor que no caso dos chernozens (400mm e menos, em lugar de 550mm para o chernozem de Koursk)

Pro isto, a descarbonatação do horizonte A não é sempre / total (êle pode fazer dificuldades de conservação) enquanto que o calcáreo se acumula em B (nyieluim calcáreo, nodulos). A estrutura re / lativamente abundante: 5% de 0 a 15 cm.

Estes solos se encontram no sul da Rússia, no centro-oes / te dos Estados Unidos (colorado)etc...

Segundo G. Aubert solos dêste tipo se desenvolveriam na África do Norte: êle reconhece entretanto.

-que eles são menos típicos que sob clima com inverno frio.

-a matéria orgânica é menos abundante (1 a 2% de M.O em A); a estrutura do B mostra uma tendência a se tornar prismática, ou / tros pedólogos tendem a classifica-los nos solos "marrons"

3-34 Os solos brunos isohúmicos

(Orthids da 7ª aproximação)

Estepes da Ásia central-Regiões centrais da África do Norte. A pluviometria é de aproximadamente 250 a 350 mm; os invernos são frios (Ásia central) ou simplesmente muito frios (África do Norte, frequentemente um pouco em altitude)-

O clima muito seco não permite que mais de 1 a 1,5% da matéria orgânica se encontre em superfície.

O teores diminuem progressivamente com a profundidade até perto de 50 -60cm-

Outra consequência: a descalcificação é incompleta em A mas há migração do calcáreo para B (por exemplo 10 a 12% de $\text{CO}_3 \text{ Ca}$ em A, 20% em B)

3-4 O gradiente calcáreo dá uma boa noção do grau de evolução destes solos isohúmicos

	$\text{CO}_3 \text{ Ca}$ em A	CO_3 em profundidade	V% em A
Brunizem	0	0	-desaturado
Chernozem	0	20%	saturado
Solos castanhos	0 a 2-3%	20%	saturado
Sólos brunos	10-12%	20%	saturado

Mesmo nos Brunizens o complexo absorvente de B é sempre saturado.

Poderia-se-ia acrescentar neste quadro a matéria orgânica muito mais abundante nos chernozens que nos solos castanhos e sobretudo que nos solos brunos isohúmicos.

3-5 Os solos isohúmicos evoluído sob pedoclima fresco durante a estação chuvosa.

São solos que se encontram sob os climas mediterrâneos relativamente secos (300 a 400mm de chuva) ou sob-desérticos (150 a 300mm de chuva) A chuva caía no outono e na primavera.

3-51 Os solos marrons

O horizonte A é totalmente descarbonatado, mas o seu complexo absorvente permanece saturado.

O horizonte B é frequentemente descarbonatado pelos menos parcialmente na sua parte superior, a parte inferior pode apresentar uma acumulação de calcáreo.

Porém a estrutura é sempre prismática. A matéria orgânica é às vezes relativamente abundante (2-3%) sob vegetação natural.

O clima se torna sub-desertico (150-300 mm de chuva)-
A descarbonatação do A nunca é total e o calcáreo se acumula em B.

Nas zonas mais secas (200mm) a descarbonatação de A é tão fraca que ele se distingue apenas por causa de um aumento do calcáreo ativo em B (Pouget-Sul da Tunísia)

3-6 Solos isohúmicos evoluído sob podo-clima com temperatura alta durante a estação chuvosa.

São principalmente so solos "brunos" sub-áridos da classificação francesa (antigamente "solos brunos-vermelhos isohúmicos" de G. Aubert) O clima é do tipo tropical árido.

A pluviometria é de aproximadamente 200 a 400mm; a estação seca se estende durante 8 meses sem nenhuma chuva e sob um sol de fogo-

As chuvas que caem são curtas e violetas, separadas por período de estiagem- A estação dura 3 a 4 meses.

Sob este clima a vida bacteriana para 7 a 8 meses (no caso do chernozem é o frio que provoca esta parada) e como para os / outros solos isohúmicos observa-se as alternâncias chuvas (seca que favorecem a formação dos ácidos húmicos cinzas.

A vegetação é também à da estepe graníneas (com ainda / alguns arbustos espinhosos, Acácia Soyál na África)-Há também um pequeno carreamento dos carbonatos em profundidade e naturalmente em decréscimo da matéria orgânica de cima para baixo do perfil.

Para alguns destes solos, em torno de 300-400mm de chuva a chuva quente é suficientemente abundante para liberar o ferro que estão tingem de vermelho o perfil (é um caráter que se reencontra, / mais acentuado e acompanhado de migração, nos solos ferruginosos / tropicais)-

Se a drenagem em profundidade é ruim, há aparecimento de pseudo-gley (passagem para os solos hiromorfos)- Quando a neossintese da montmorilonita se produz com intensidade, caracteres véricos se desenvolvem. Sob uma pluviosidade um pouco maior, é um verdadeiro vertísolo que se forma. Ao contrário, se o clima se torna mais seco passa-se progressivamente para os solos pouco evoluídos dos desertos quentes-

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS A EVOLUÇÃO PEDOLOGIA RETARDADA

1- Classe V: OS SOLOS CALCO-MAGNESIMORFOS

A saturação, em cálcio principalmente, do complexo absorvente, provocando a abundante formação de ácidos húmicos cinzas e uma floculação excelente da argila impede a formação de um horizonte B argiloso, que deveria logicamente ser favorecida sob este clima.

É verdade entretanto que o pedo-clina (clina do solo) é relativamente seco-

1-1. Sub-classe V-1: os solos carbonatados

Estes solos possuem carbonatos livres no perfil, seja misturados com a terra fina, seja sob o aspecto de seixos, cascalhos ou areias calcáreas-

Estes carbonatos constituem uma reserva de cálcio que impede qualquer dessaturação do complexo absorvente e provoca pH superiores a 7-

Grupo 1-1: As rendzinas (Rendolls da 7ª aproximação)

Solos com perfil A C, as vezes A R, nunca há B

Sub-Grupos 111-Rendzinas muito húmidas 10 a 12% de matérias orgânicas

112: Rendzinas com muita forte efervescência com HCl

Solos que contêm muito calcáreo sob a forma de pó fino chamado "calcáreo ativo" que provoca o aparecimento da doença chamada clorosa cálcica em algumas plantas cultivadas (vinheto, pessego, etc...)-

113: Rendzinas modais

Menos de 10% de matérias orgânicas-

114: Rendzinas pobres em calcáreo fino

115: Xéro-rendzinas

1,5 a 2% de matérias orgânicas-clina mediterrâneo semi-arido-

Grupo V-1-2: Os solos brunos calcáreos

Provavelmente Rendolls na 7ª aproximação-

O perfil aqui é A (B) C

Sub-grupos 121-Solos brunos calcáreo modal

122-Solos bruno calcáreo com encrostamento calcáreo

123-Solos bruno calcáreo a pseudo-gley

124-Solo bruno calcáreo vértico

Aparecimento de alguns caracteres vérticos em B

Grupo V-1-3: As cripto-rendzinas

São rendzinas formadas sobre dolomia- O carbonato (de Ca- Mg) não faz efervescência com HCl a frio mas somente a quente-

1-2. Sub-classe V-2: Solos brunos saturados

(Ocherpts da 7ª aproximação)

Não há reservas calcáreas sob forma de carbonatos no perfil; cujo o complexo absorvente permanece saturado em cálcio / porque as abidas boticas a partir da rocha-mãe, sempre calcáreas, são suficientes para equilibrar a lixiviação do calcáreo e garantir a saturação do complexo absorvente-

Não há formação portanto de B argílico-

Para a franceses este equilíbrio é estável-

Para os americanos o equilíbrio é instável e deveria ter rapidamente formação de um B argílico, será portanto um "inceptisol", / solo ainda jovem mas com evolução rápida-

Grupo V-21: Solos brunos cálcio (Ochrpts)

Perfil AC ou A (B) C; pH vizinho de 7 Teores em matérias / orgânicas inferiores 20%-

Sub-grupos. 211 Rendzinas brunificada humífera

Perfil AC; 10 a 20% de matérias orgânicas

212 Rendzinas brunificada modal

Perfil AC; menos de 10% de matérias orgânicas-

213 Solos brunos cálcio espessos

Perfil A (B) C; mais de 50 cm de espessura-

Grupos V-22: Solos humicos carbonatados

A rocha-mãe é um calcário muito duro; seixos calcários / existem no perfil mas se decompõem tão devagar que a terra fina não faz efervescência.

Sub-grupo 22-1 Modal

Perfil A (B) C

Grupos V-23: Solos cálcio melanizados

O horizonte A é espesso e se subdivide em A_1 e A_3 ; a argila é uma montmorilonita que dá uma estrutura poliédrica fina em A_1 , semelhante à dos vertísoles- Porém, nunca há / horizonte (B), portanto não há faces de escorregamento- A é sempre saturado quase a 100%-

Sub-grupo 23-1 Rendziniforma

Perfil A R

23-2 Com encorstamento calcário

Perfil A Ca R

N.B. Uma espessura maior e o aparecimento de um horizonte (B) / transformariam estes solos em vertísoles-

1.3- Sub-classe V-3-Solos gipsosos

O cálcio se encontra nestes solos sob forma de sulfato (gipso $SO_4 Ca, 2H_2O$) . principalmente se bem que carbonatos / ($CO_3 Ca$) podem também estar presentes junto com o gipso. A cor é geralmente conza-claro, às vezes bege e a estrutura é finamente grumelosa.

2- Classe VI: OS SOLOS ISOHUMICOS

A divisão em sub-classes é baseada sobre os efeitos do pedoclima (teor mais ou menos fortes em matérias orgânicas, saturação mais ou menos elevada do complexo absorvente, etc...)

A dos grupos sobre o desenvolvimento do perfil a penetração e a repartição da matéria orgânica a descalcificação-

A dos sub-grupos sobre processos secundários: acumulação de argila, hidromorfia, estrutura tendendo para o tipo vértico, enriquecimento em calcáreo e em sódio de uma parte do perfil; o perfil é A (B) C, às vezes ABC (raro)

2-1- Sub-classe VI-1: solos isohúmicos de pedo-clima relativamente úmido

Complexo absorvente parcialmente dessaturado nos horizontes superiores, mas saturados a 80% e mais em profundidade; estrutura poliédrica fina desde a superfície-

Grupo VI-11 Os Brunizens (Udolls)

Sub-grupos 111-Modal

112-com B textural

113-com pseudo-gley

114-com (B) vértico

115-com encorstamento calcáreo

(no topo de C)

116-lessivado à alcali

2-2- Sub-classe VI-2: Solos isohúmicos e complexo

saturado, evoluído sob pedo-clima muito frio durante uma parte do ano.

Estes solos apresentam uma cumulação de calcáreo em / profundidade (C ca). os teores em matérias orgânicas / são elevados e o humus é muito polimerizado.

Grupo VI-22 os chermozens (Altolls)

Teor em matéria orgânica superior a 5% sobre pelos-menos 20cm, estrutura grumosa para niciforme sobre todo o perfil; horizontes superiores não calcáreos ou muito pouco calcáreos, acumulação de calcáreo na base do perfil-

Sub-grupos-211-Chernozem muito húmifero

Mais de 10% de matéria orgânica sobre 20cm

212-chernozem modal

213-chernozem com B textural

Grupo VI-22-Os solos castanhos (Ustolls)

Teor em matéria orgânica de 3 a 6% sobre 20cm; estrutura grumelosa à niciforme em superfície, prismática em profundidade; o perfil é descarbonatado sobre uma grande espessura (60cm ou mais) ou sobre a maior parte do perfil, quando este é pouco espesso-

Sub-grupos 221- Solo castanho modal

222- Solo castanho vértico

(Estrutura prismática largo em B)

223- Solo castanho a pseudo-gley

(manchas ou concreções ferruginosas em profundidade)

224- Solo castanho encrostado

forte acumulação calcárea em profundidade, formando crosta.

225- Solo castanho fracamente salgado ou alcalisado

Grupo VI- 23- Solos brancos isohúmicos (orthido)

Teor em matéria orgânica compreendida entre 1 e 3% nas 20cm superiores; estrutura grumelosa à niciforme em superfície, poliédrica em profundidade; o horizonte superior é parcialmente descarbonatado e o calcário se acumula numa profundidade média-

A rocha-mãe é calcárea

Sub-grupos 231- Solo bruno isohúmico modal

232- Solo bruno isohúmico a pseudo-gley

233- Solo bruno isohúmico vértico

234- Solo bruno isohúmico encrostado

235- Solo bruno isohúmico fracamente salgado ou alcalisado

2-3Sub-classeVI-3-Os solos isohúmicos à complexo saturado evoluindo sob um pedo -clima fresco durante estações chuvosas

Os teores em matérias orgânicas são nitidamente mais fracas que na sub-classe precedente, mas a alteração dos minerais é maior em profundidade onde uma argilização preferencial é frequente.

Grupo VI-31- Solos marrons (Argilas)

Solos fortemente descarbonatados ou pouco calcários em superfície, estrutura grumelosa para núcifome no horizonte superior, prismática em profundidade bastante ricos em matérias orgânicas quando sob vegetação natural- Rocha-mãe calcária-

Sub-grupo 311-Solos marrom modal

312-Solo marrom avermelhado

313-Solo marrom com B textural

314-Solo marrom encrostado

(crosta calcária)

315-Solo marrom com pseudo-gley

316-Solo marrom vértico

317-Solo marrom fracamente saturado ou alcalizado

Grupo VI-32- Os Sierozens (Orthido)

Solos fracamente descarbonatados em superfície, pobres em matéria orgânica, mesmo em A_1 , estrutura grumelosa para núcifome (às vezes lamelar ou compacta) em superfície, poliédrica em profundidade-

Sub-grupos 321-Sierozem modal

322-Sierozem encrostado

(com crosta gipsosa ou calcária gipsosa)

323-Sierozem com pseudo-gley

324-Sierozem vértico (em profundidade)

325-Sierozem fracamente salgado ou alcalizado.

2-4- Sub-classe VI-4- Os solos isohúmicos com complexo saturado evoluindo sob pedo-clima com temperatura elevada durante a estação chuvosa

O teor de matéria orgânica é fraco, mas esta matéria orgânica é muito fortemente humificada e o humus é fortemente polimerizado e concentrado- A alteração dos minerais é forte, com teores em ferro livre bastante elevados, daí a cor frequentemente vermelho destes solos

Grupo VI-41- Solos brunos sub-áridos
(Aridisols)

Sub-grupos 411-Solos brunos sub-áridos modal

412-Solo bruno sub-árido vermelho

413-Solo bruno sub-árido à pseudo-gley

414-Solo bruno sub-árido vértico

415-Solo bruno sub-árido fracamente salgado ou alcalizado

CAPÍTULO IX

O SOLOS BRUNIFICADOS

1- CARACTERES GERAIS

Os solos brunificados são solos com horizonte B enriquecido em argila e possuindo um complexo absorvente pelo menos ligeiramente dessaturado, mas na maioria das vezes bastante fortemente dessaturado. O humus é do tipo Mull (Moder, no limite da classe)

São principalmente solos de floresta, ou recentemente / ainda cobertos por floresta, dos climas temperados húmicos, dos climas continentais frescos e húmidos no verão e dos climas mediterrâneos mais úmidos (Portugal-Marroco-Argélia-Norte da Grécia, etc..)

São também encontrados sob clima tropicais semi-áridos.

1-1-0 perfil

Ele é tipicamente do tipo A_1 , A_2 B C, ou A_1 (A_2) B C onde o horizonte B é enriquecido em argila (horizonte argílico)-Mas / no limite da classe- com os solos brunos e com complexo saturado / (classe dos calco-magnesimorfos) encontra-se horizontes B onde a acumulação de argila é insuficiente para que se possa chama-los de B argílicos.

Neste caso, é um (B) estrutural e o perfil é A (B) C.

111-0 humus é normalmente um Mull ácido ou fracamente ácido, rico em ácidos húmicos brunos- A vida microbiana é intensa / nestes solos que permanecem úmidos durante a estação mais quente: é portanto um humus que se forma rapidamente mas que se mineraliza também rapidamente (os ácidos húmicos cinzas resistem à degradação pelas bactérias são pouco abundantes)-

A decomposição das matérias vegetais caídas sobre o solo dá, em primeiro lugar, ácidos crênicos e ácidos fúlvicos que dispersam a argila e se combinam com o ferro e deveriam portanto favorecer o arrastamento em profundidade destes 2 elementos; na realidade este arrastamento nunca é muito forte porque ácidos crênicos e ácidos fúlvicos têm uma existência curta e se polimerizam muito rapidamente em ácidos húmicos brunos que tem uma ação muito menor sobre o carregamento do ferro e da argila.

Porém, ela existe sem dúvida e os ácidos húmicos brunos são responsáveis pela formação do B argílico. (ao contrário dos ácidos húmicos que, quando são em maioria favorecem a estabilidade quase que absoluta da argila).

Quando o pH se torna muito ácido (pH de 5,5 e inferior a 5,5) a vida microbiana diminui e os cogumelos mal transformadores das matérias vegetais, se tornam mais importantes.

O humus tende a se tornar um Mull-Moder, e mesmo um moder no limite da classe (passagem para os solos podzólicos)

Mas, em nenhum caso, há migração de humus em B: é a diferença principal com os solos podzolizados-

112- O horizonte A inclui um A_2 tipo (solos lessivados) descolorido em comparação com A_1 e B. Ele começa a sofrer um início de esbranquecimento apenas no limite da classe, quando se tende a passar para os solos podzolizados (o humus é então um Mull-Moder ou um Moder).

Na outra extremidade da classe (passagem para os solos / brunos com complexo saturado calco magnesimorfos) nos solos de perfil A (B) C, A_2 não existe mais- A diferença essencial com os solos brunos a complexo saturado provém do fato que, nos solos brunificados, o humus é um Mull doce ou ácido (e não cálcio) e que o complexo / absorvente de A nunca é completamente saturado em bases.

113- O horizonte B é um horizonte tipicamente enriquecido em argila.

Dois casos podem ocorrer:

- o enriquecimento de B em argila é fraco

- Argila de A = 1/1 a 1/1,4

Argila de B

(neste caso, não existe A_2)

O horizonte B é então considerado como um (B) textural

O enriquecimento em argila de B é forte

$\frac{\text{Argila de A}}{\text{Argila de B}} > \frac{1}{4}$ (Arg. de A é chamado índice de lessivagem)

O horizonte A_2 existe sempre mais ou menos descolorido as vezes mesmo com um certo esbranquecimento (limite da classe)

O horizonte B apresenta sempre revestimentos argilosos

(Entretanto, estes são pouco visíveis quando o índice de lessivagem ($\frac{\text{argila de A}}{\text{argila de B}}$) é próximo de 1/1

O pH de B é sempre inferior a 7, ao contrário do que se passa nos solos calco-magnesimorfos e nos solos isohúmicos-

114- A argila e o ferro migram juntos de A para B

Esta migração é de intensidade moderada

e nunca é acompanhada por destruição de argila (ao contrário dos solos podzolizados onde ela é intensa e destrói o complexo absorvente).

A causa é a presença de humus do tipo Mull doce e Mull áci-
dos húmicos brunos que favorecem uma certa mobilidade da argila e do ferro (ao contrario dos ácidos húmicos cinzas que os estabilizam)

A migração é iniciada pelos ácidos crênicos e fúlvicos, que desaparecem entretanto muito rapidamente para ser substituídos, por / pulverização, pelos ácidos húmicos que a continua, mas com uma intensidade muito menor-

Aos pH ácidos (pH 5,5) a vida bacteriana é diminuída e os ácidos fúlvicos são formados em maior quantidade; eles se polimerizam mais devagar, provocando uma mobilidade maior da argila e sobretudo / do ferro: parece alias que neste momento o ferro migra mais rapidamente que a argila, o que não quer dizer que a argila permanece imóvel porque quanto mais acregada em ferro ela é quanto mais rapidamente / ela migra.

Aos pH neutros ou alcalinos a argila se satura em cálcio / e sua migração é parada, tanto mais que o humus contem então uma proporção elevada de ácidos húmicos cinza (caso dos solos brunos saturados calco-magnesimorfos).

Aos pH incluídos entre 5,5 e 7, a migração do ferro e da argila é essencialmente devida aos ácidos húmicos brunos. Ela é normalmente, pouco intensa-

Quando o horizonte B é consideravelmente mais rico em / argila que A (4 a 5 vezes mais de argila em B do que em A) pode-se formar um horizonte B impermeável sob um A arenoso e poroso.

Dai ocorrerem fenômenos de hidromorfia no limite de A e de B. É o caso dos "phanosols", solos muito comuns nos Estados Unidos na Africa do Norte na Austrália, etc...

1-2

Equivalência na classificação americana

Os solos lessivados, isto é com perfil A_1, A_2, B, C são / "alfisols" na 7ª aproximação as duas classificações tomam como critério a presença de um horizonte argílico a correspondência é particularmente rigorosa-

Porém um problema aparece quando se trata dos solos com perfil A (B) C cujo índice de lessivagem é incluído entre 1 e 1/1,4: para as classificações genéticas, um fenômeno se produz: a lessivagem. Mesmo quando ele é pouco intenso é necessário leva-lo em consideração. A classificação americana considera que não há B argílico nítido: ela coloca portanto estes solos nos "imperfectos" ou solos / a evolução rápida (se bem que alguns deles possam ser solos velhos) a interpretação da pedogênese é a mesma na classificação francesa e na classificação americana.

A diferença está no lugar onde eles são colocados-

2- OS PERFIS CARACTERÍSTICOS DOS SOLOS BRUNIFICADOS E SUAS VARIAÇÕES-

2-1. Os solos brunos (desaturados)

O nome de solo "bruno" vem do fato que o perfil inteiro possui uma cor marrom. característica que parece ser devida a complexo argilas-humus-ferro. São geralmente solos de floresta dos climas temperados húmidos, relativamente frescos no verão: o fornecimento do ferro pelos detritos vegetais favorece a "brunificação"-

2-11. O perfil típico (Duchanfour) Inceptisol)

Solo bruno fracamente lessivado.

A 1.1 Alguns centímetros de espessura, marrom preto, húmifero com Mull fracamente ácido; estrutura grumelosa fina (agregados de 1 a 2 mm) Taxa de saturação: 50 a 60%, pH=6

A 12 Horizonte um pouco mais espesso, de cor marrom característica, estrutura grumelosa ou poliédrica fina.

(B) Horizonte um pouco mais argiloso que os anteriores, estrutura em pequenos poliedros; O índice de lessivagem sendo fraco, / não há, ou muito pouco, revestimentos argilosos visíveis em B-

Argila de A = entre 1/1 e 1/1,4

Argila de B

C. Rocha-mãe variável, meio decomposta; não calcárea.

A espessura do perfil é variável de 40 cm até 2 a 3m.

Neste perfil, nota-se que:

-o horizonte A é realmente desaturado, com Mull ácido.

-o horizonte B é um pouco mais argiloso que A mas sem acumulação característica de argils (índice de lessivagem fraco sem revestimentos argilosos.

Todas as condições são reunidas para que haja uma forte lessivagem-Porém, na realidade ele permanece muito fraco.

2.12 Principais variações

-solo bruno formado sobre argila de descalcificação, ou solo bruno modal entrofe. :

(Eutrochrept)

A rocha-mãe é um calcáreo mas o solo formado é não / somente decarbonatado mas também descalcificado.

Entretanto, como o horizonte C é sempre calcáreo, as subidas bióticas pelas raízes das árvores são importantes e o hori-

Este A₁ conserva apesar de tudo uma boa saturação em bases (da ordem de 80% mais ou menos); A argila é praticamente floclada e a lessivagem é muito fraca.

-Solo bruno oligotrofo (Dystochrepts)

A rocha-mãe é uma rocha dura, pobre em bases (granitos gneiss, mixaxistos). O solo é fortemente ácido (pH de B inferior a 5,5). Porém não há, ou muito pouco lessivagem da argila.

A gênese destes solos é mal conhecida várias teorias / foram invocados.

- um empobrecimento artificial, pela ação do homem (recolhimento de camada de folhas mortas durante vários séculos) e como a rocha é pobre em bases as subidas bióticas foram insuficientes para compensar estas perdas.

- uma fraca evolução do solo porque este ainda é jovem. Com efeito, este solo é com bastante frequência pouco espesso (30-40 cm) e contém ainda fragmentos da rocha-mãe.

- a ação flocladora dos cations trivalentes ferro e alumínio sobre esta argilas a estes pH baixos. Com efeito, a estrutura é bem desenvolvida em pequenas agregados poliédricos e as análises / indicam quantidade importantes de ferro e de alumínio. A presença de ferro é comprovada a olho nu, pela coloração de B-mais avermelhado que nos outros solos brunos.

Bem floclada pelos cations trivalentes a argila não pode migrar.

A etapa seguinte da evolução não é um solo lessivado com B argílico. Para Duchaufour, só pode ser um solo ocre podzólico / quando a acidificação mais intensa em superfície determina a formação de um moder rico em ácidos fúlvicos que destrói as ligações argila-ferro-alumínio quando reduzem o ferro.

-Solo bruno ácido marmorizado (Fragochrept)

Em certos solos limosos, o horizonte (B) se compacta e se torna duro e impermeável com a água: ele mostra então uma camada dura (fragipan) que as raízes das plantas não atravessam. Não há aportes de argilas em B.

A origem do "fragipan" ainda é desconhecida.

Estes solos são muito frequentes nos USA, mais raros na Europa (Nordeste da França-Bélgica)

-Solos brunos-anclicos

Formados sobre material vulcânico rico em vidro (cinzas) estes solos se distinguem dos outros solos brunos apenas pela presença residual de alofane.

2.2. Os solos lessivados (Alfisols)

Estes solos são caracterizados pela presença de um B argílico ($\frac{\text{argila de A}}{\text{argila de B}} < \frac{1}{1,4}$) e de um A₂ mais ou menos desenvolvido, mas claro que A e B porêm nunca cinza ou totalmente branco.

2.21 Perfil característico (floresta de Marly, perto de Paris França)

-Solo lessivado oligotrofo

Floresta de foia e de "charme" Planalto Rocha-mãe: loess calcáreo à cima de uma argila com "meulcere"

0-7cm A₁₁ Horizonte cinza escuro, siltosa, estrutura grumelosa mal desenvolvida poroso, numerosas raízes-O humus é um Mull ácido com tendência Moder-Não calcáreo-
M.O 5,8%-Argila 14%-V=32%-pH 4,4

7-21cm A₁₋₂ Horizonte castanho bege-(um pouco mais claro / no topo); estrutura poliédrica média pouco coerente, poroso, não calcáreo, vida animal intensa Raízes.
M.O 1,9%-Argila 15%-V 35%-pH 4,1

21-61cm A₂-Horizonte bege claro estrutura poliédrica média bem desenvolvida; não calcáreo raízes.
M.O. 0,8%; argila: 16%; V= 44%; pH: 4,3

65cm 97cm B₂₁-Horizonte castano bege; estrutura poliédrica média a fina bem desenvolvia, silte argiloso, revestimentos argilosos muito bem formados, bem formados, bem visíveis, numerosas pequenas manchas pretas (manganês ferro?) Não calcáreo-
M.O.0,7%-Argila 34%; V= 66%-pH 4,8.

97-112cm B₂₂-Horizonte de características vizinhas do precedente, mas a estrutura e os revestimentos argilosos / são menos bem desenvolvidos (os revestimentos argilosos são menos visíveis); não calcáreo.
M.O. 0,7%-Argila: 36%-V= 69%, pH5

112-180cm C_{33a} e D: loess bege, sem estrutura nítida; silte argiloso, calcáreo sem pseudo-nycelium e em concreções.
M.O= 0,5%-Argila 17% V= 100%-pH 8,2

Este perfil apresenta todas as características de um solo lessivado:

B enriquecido em argila, com um índice de lessivagem de 1/2,4 e revestimentos argilosos bem formados-

Presença de um A_2 mais claro
Teor de saturação em B de 66-69%
pH em B: 4,8 cm B_{2-1} , 5 em B_{22}

2.22-

Variações do perfil dos solos lessivados

-Solo lessivado modal (Tyudalf~~ff~~ - Stox.)

O perfil é o mesmo que acima: A A_2 BC mas o índice de lessivagem é superior a 1/2 e o pH de B é nitidamente superior a 5,5-

-Solo lessivado glóssico (glossudalf)

O horizonte A_2 penetra em B sob formas de bolsas e línguas

-Solos lessivados hidromorfos

A presença de um B enriquecido em argila e relativamente impermeável provoca o aparecimento de um lençol sub-superficial / temporário, do qual resultam manchas de pseudo-gley em B e na base / de A.

-Solos lessivados fracamente podzolicos

O humus é um moder, A_2 muito claro enquanto que B apresenta cores e ferrugem devidas ao ferro-Estes solos são intermediários com os solos podzólicos-Eles se desenvolvem na Europa ocidental, sob vegetação de pinheiro (Alines e picea) principalmente.

-Perfis modificados da cultura

Os solos lessivados são muito prezados para a agricultura, desde que a topografia seja plana, por causa de suas excelentes qualidades físicas (sobre as terras na Europa)-O último provoca a formação de um A_p (A_{11} - A_{12} e topo de A_2) e os corretores cálcio trazidos para corrigir a acidez terminam por gerar uma saturação de 90 a 100% em A_p .

Mas A_2 , quando suficientemente espesso, e sobretudo B, conservam suas características originais.

-Solos dermo podzólicos

Perfil A_1 (A_2) B C.

Os solos precedentes são solos dos climas temperados / oceânicos; o solo dermo-podzólico é um solo dos climas continentais com inverno muito frio (centro da Rússia-Moscou).

O perfil é sempre $A_1 A_2 B C$ mas A_1 é espesso (10-15cm) e muito rico em matérias orgânicas; A_2 é cinza, pouco diferenciado de A_1 e penetra em B sob forma de línguas. O humus é um mull-moder.

Estes solos são o equivalente dos solos glóssicos lessivados, mas aí sob clima continental.

-Solos cinza florestais -Altaífs da 7ª aprox.

Os "grey forest soils" são solos de clima temperado frio continental-Êles são frequentes ao norte das USA e no Canada (e provavelmente também no norte da Europa e na Rússia)Êles apresentam um perfil de tipo $A_1 A_2 B C$: êles são o equivalente dos solos lessivados mas sob clima continental-

As principais diferenças com os solos lessivados:

- um A_1 nitidamente mais rico em matéria orgânica
- um A_2 cinza, sempre nitidamente mais claro que A_1
- um B textural bem estruturado, bem nítido.
- e sobretudo uma saturação em bases muito maior-

A rocha-mãe é sempre rica em cálcio (frequentemente. trata-se de um calcário).

-Os solos lessivados boreais (grey mooded soils)

Os "grey mooded soils" se desenvolvem em clima boreal ou nos limites do clima continental com o clima boreal.Êles são frequentes no Canadá, na Europa do Norte (Finlândia, Suécia) e provavelmente também na Rússia e na Sibéria)

Êles se encontram no domínio climático da podzolização mas a rocha-mãe calcárea (muitas vezes uma morena de geleira) impede a evolução pedológica para o podzol-

O perfil é o seguinte:

A_0 humus bruto, relativamente mal diferenciado mas que lembra o Mor-Entretanto,êles é pouco ácido-

A_1 não existe ou é reduzido a alguns milímetros de espessura.

A_2 é descolorido, muito esbranquiçado sempre bastante argilosos.

B é um horizonte argílico muito enriquecido em argila / com revestimentos argilosos nítidos sobre os agregados-

O complexo absorvente é quase sempre saturado em bases.

Este solo é incontestavelmente um solo lessivado, mas alguns caracteres lembram os dos podzolos: A_0 , cujo humus é vizinho do Mor, apesar da fraca acidez, A_2 muito esbranquiçado com as vezes tendência para a estrutura de pó de cinza.

Entretanto, nunca há acumulação de matéria orgânica em

B-

Trata-se dos solos brunos eutrofos que se desenvolvem / nas regiões tropicais semi-áridos sobre rochas básicas-

231-

Perfil de solo bruno eutrofo

A 68Km ao norte de Feira de Santana, na estrada Feira de Santana-Juazeiro-

Vegetação de campos com poucas árvores.

Inclinação: 3 a 4%; rocha-mãe : migmatito a amfibole ou piroscênio.

0-10cm

Horizonte A₁, marron escuro, um pouco húmifero, argilo-arenosos, estrutura poliédrica média, um pouco arredondada, entretanto, nos 2cm superiores a estrutura é lamelar, isto parece devido ao impacto das gotas de água- / Agregados bem coerente, raízes-

10-30cm

Horizonte (B) de cor marron-avermelhado; argilo-arenosos mas parecendo um pouco mais argiloso que A (ao tato); estrutura poliédrica mais grosseira que em A, com ângulos agudos e uma ligeira tendência vertical (fendas nítidas, esboço de planos de deslizamento), muito coerente; numerosas seixos arredondados.

30-35cm

Horizontes C₁, branco -cinza, parecendo pulvérulo com numerosas cascalhos, seixos e areias provenientes da rocha.

O limite com o sub-horizonte C₂ é ondulado e segue a xistosidade da rocha; a espessura pode localmente duplicar.

35-60cm e mais: Horizontes C₂ da rocha-mãe no lugar, meio decomposta- Cor esbranquecida, com manchas ferrugens e cinzas. A rocha alterada se quebra dificilmente com a mão.

-O observa-se neste perfil que:

-a lessivagem da argila é quase nula (não há B argílico)

-a saturação em bases esta provavelmente proxima do máximo, visto que B contém ainda seixos da rocha-mãe;

-a cor do perfil é marrom, semelhante a cor marrom dos solos brunificados das regiões temperadas (a brunificação em região tropical é um fenômeno parecido com a dos países temperados).

Entretanto, a liberação do ferro sendo um pouco maior / nas regiões tropicais do que nas regiões temperadas, o perfil sobretudo o horizonte B, apresenta aqui uma graduação vermelha.

- a espessura total de A e B é fraca;

Caracteres gerais dos solos brunos eutrofos

O clima é um clima tropical semi-árido. com pluviometria variável entre 600 e 1200mm.

-a rocha-mãe é sempre uma rocha básica rica em bases-Sobre rochas ácidas forma-se de preferencia solos ferruginosos / tropicais-

Por causa do clima, a hidrólise da rocha produz uma argila do tipo montmorilonita.

-a espessura do solo é sempre relativamente fraca: (na maioria das vezes ela não passa 1 metro), caso contrário os caracteres vérticos aumentam e o solo se torna um vertisol-

-a hidrólise do ferro e sua individualização no perfil, em partícula em B, dá com uma certa frequência ao solo uma cor vermelha que se superpõe à cor castanha-marrom dos solos brunificados-

-o solo bruno eutrofo é tipicamente um solo não lessivado, com (B) estrutural e forte saturação do complexo absorvente-

Existe porém solos lessivados cuja horizonte B se parece muito com o dos solos brunos eutrofos; mas A₁ é muito empobrecido em argila e há além disto um A₂ arenoso mais claro / (frequentemente cinza) muito pouco espesso (2 a 3cm)-Como o ferro se individualiza no topo de B sob forma de pequenas manchas ferrugens bastante difusas, eles são colocados nos solos ferruginosos tropicais.

3-

FATORES DA PEDOGÊNESE DOS SOLOS BRUNIFICADOS

3-1-

O clima

Os solos brunificados se formam sob climas bem muito úmidos, nem muito secos.

A pluviometria é de 400 a 800/900mm nos climas temperados oceânicos e nos climas continentais com invernos frios./ Ela pode ser um pouco mais elevada nos climas mediterrâneos (até 900-1000mm)

Nas regiões tropicais semi-áridas, os solos brunos eutrofos se formam sob pluviometrias-de 600 a 1100mm, as vezes 1200 e 1300mm sobre rochas muito ricas em bases.

Na França, solos lessivados se formam sob 700-800mm de chuva e uma temperatura média anual de 10° sobre loess / cálcios calcários, mas encontra-se também sobre estes mesmos loess solos brunos um pouco dessaturados não lessivados (a lessivagem é insuficiente para formar um verdadeiro B argílico) quando a pluviometria diminui para 650mm e menos.

Na região de Moscou, 600mm anuais parecem suficientes para provocar a formação de um solo lessivado porém com uma temperatura média anual nitidamente mais baixo que na França-

O que parece importante para a formação de um solo brunificado, é a possibilidade de uma drenagem; ele foi avaliado para a França entre 155 e 185mm anuais para os solos lessivados.

Ele é um pouco inferior a 115mm para os solos brunos / com complexo absorvente dessaturado.

Os dados referentes a drenagem são muito mal conhecidos para os solos brunos eutrofos tropicais.

3.2. A rocha-mãe

Ela pode ser muito variável: frequentemente é uma rocha dura, como um xisto ou um granito.

Mas ela pode também ser uma areia, um silte uma argila até mesmo um calcáreo ou uma rocha muito rica em cálcio, como um / gabro ou um basalto.

Entretanto, as rochas-mãe ricas em cálcio, onde as subidas bióticas de cálcio são importantes, geram solos brunos dessaturados (ou solos calce-magnésimorfos quando a drenagem é insuficiente) e raramente solos lessivados que se formariam de preferência sobre os granitos, xistos e areias pobres em bases-Existe uma exceção, o leoss calcáreo cuja porosidade muito forte facilita a drenagem, portanto a descarbonatação, a descalcificação e a formação de solos lessivados / por lessivagem da argila.

-Uma rocha-mãe muito argilosa não facilita a gênese dos solos lessivados por causa de sua impermeabilidade-Considera-se que / em zona temperada, a impermeabilidade é praticamente total quando a rocha contém mais de 40-45% de argila-Por outro lado, a caolinita migra em profundidade mais dificilmente que a montmorilonita, a illita / ou a clorita: uma rocha argilosa com 35% de argila, sobretudo caolinitica, favorece a formação de um solo bruno e não a de um solo lessivado.

Em zona tropical semi-úmida, a concentração da chuva durante alguns meses favorece uma drenagem intensa: os solos brunos / eutrofos se formarão aí quase que exclusivamente sobre rochas ricas em bases (basaltos, gabros, diorita, etc...)

3-3 A vegetação

O papel da vegetação é sobretudo de fornecer ao solo um humus deve ou fracamente ácido.

A vegetação podera portanto ser:

-uma floresta de folhudos ou uma pradaria em clima / temperado (a floresta de pinhos ou pinheiros favorece a podzolização)

-Uma floresta seca, uma brouse arbustiva ou até mesmo uma savana em região tropicais semi-áridos.

São os detritos vegetais incorporados ao solo que formam o humus do tipo Mull que é indispensável o desenvolvimento da brunificação.

3-4A ação do homem

O homem, com suas lavouras e sobretudo a passagem do arado / mistura os horizontes superiores e provoca, às vezes, a transformação de um moder ou de um mor em mull, o que favorece a brunificação.

Os corretores cálcicos que ele coloca sobre os solos ácidos podem diminuir ou mesmo parar a lixiviação, ao mesmo tempo que eles saturam o complexo absorvente.

Ao inverno, a plantação de florestas, sobretudo quando se trata de floresta de coníferos, pode provocar a evolução de um solo bruno / saturado (pertencendo à classe dos solos calco-magnesimorfos) para um solo bruno desaturado.

O humus ácido das agulhas dos coníferos (abies, picea, pinus) ou de algumas variedades vegetais ricas em tanino, como carvalho, favorece em primeiro lugar a dessaturação em bases em seguida, a lixiviação.

3-5 A topografia

Os solos brunificados podem se desenvolver tanto nas zonas planas como sobre as encostas.

Entretanto, as inclinações fortes facilitam o escoamento e a raspagem dos horizontes superiores, elas são portanto menos favoráveis ao desenvolvimento de perfis completos do que os planaltos ou as planícies, onde a drenagem vertical é a regra.

4- CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS BRUNIFICADOS

Classe VII da classificação francesa.

São solos evoluídos a Mull, com perfil A (B) C ou ABC- / Há migração de argila de A para (B) ou B, mas nunca migração de matéria orgânica. O complexo absorvente é parcialmente dessaturado.

As sub-classes são diferenciadas segundo os 4 tipos de clima onde se formam estes solos, os grupos e os sub-grupos segundo a morfologia do perfil, em particular a acumulação de argila em B e as cores mais ou menos claras de A₂.

Sub-classe VII-1 Os solos brunificados dos climas temperados úmidos.

Alfisols e ochrept (inceptisols) da 7ª aproximação.

Grupo VII-1 1. Os solos brunos (Ochrepts)

Perfil A (B) C- A migração de argila em (B) é fraca (índice de lixiviação entre 1/1 e 1/1,4- O complexo absorvente nunca é saturado- Não há horizonte A₂-

Sub-grupos 111- Solos brunos modais

(eutrofos e mesotrofos)

Eutrochrepts da 7ª aproximação:

Perfil A (B) C- "Humus do tipo Mull, pH superior a 5,5 em B.

112- Solos brunos ácidos (obligatofos)

Dystochrepts da 7ª aprox:

Perfil A (B) C- Humus do tipo Mull ou Mull-moder-(B) de alteração nunca de cor ocre pH inferior a 5,5 em B S/T e pH diminuem de cima para baixo do perfil-

113- Solos brunos andicos

Formados sobre materiais ricos em vidro vulcânico-Complexo de alteração rico em alofane.

Perfil A (B) C- Humus do tipo Mull.

114- Solos brunos fracamente lessivados

Há um início de formação de um B textural bem reconhecível, se bem que o índice de lessivagem permanece entre 1/1 e 1/1,4.

Estes solos fazem a transição com os solos lessivados.

Grupo VII-12- Os solos lessivados (Alfisols)

Perfil A B C, com um B textural e um índice de lessivagem inferior a 1/1,4-

Revestimentos argilosos muito frequentes sobre os agregados-Não há destruição de argila no decorrer da migração-

Presença de um horizonte A₂ mais ou menos claro, mas nunca cinza ou completamente esbranquiçado.

O humus é um mull que tende para um moder na margem / da classe.

Sub-grupos 121- Solos bruno lessivado

A₂ pouco nítida ; B textural bem diferenciado-Índice de lessivagem entre 1/1,4 e 1/2,10.

Humus sempre de tipo mull

122- Solo bruno lessivado modal

(typcidualfs)

B textural nítido, com índice de lessivagem inferior a 1/2- A₂ claro Humus do tipo mull, pH 5,5 no B-

123- Solo lessivado ácido

A₂ claro, nunca esbranquiçado B textural nítido (índice de lessivagem inferior a 1/2)

Humus do tipo mull-moder sob floresta de tipo mull sob pradaria culturas-

124- Solo lessivado fracamente podzólico

O humus tende para o moder ou é um moder-A₂ é muito claro, às vezes quase esbranquiçado B é nítido colorido em ocre ou ferrugem, mas nunca há acumulação de humus em B-

Índice de lessivagem forte-(inferior a 1/3,0)-Este tipo de solo é intermediário entre os solos lessivados e os solos podzólicos-

125- Solo lessivado hidromorfo -

Manchas ou concreções de pseudo-gley ou de gley em B ou na base de A₂.

126- Solo lessivado glóssico

Línguas do horizonte A₂ penetram em B.

Sub-classe VII-2-Os solos brunificados dos climas temperados continentais

Grupo VII-21-Solos cinzas florestais

(Grey forest soils)

Perfil A₁ (A₂) B C- A₁ é rico em matéria orgânica e distingue mal de A₂, de cor cinza -B textural bem estruturado, relativamente permeável, S/T elevado-

São solos brunos lessivados continentais.

Grupo VII-22-Solos derno-podzólicos

Perfil A₁ A₂ B C; A₁ é rico em matéria orgânica e A₂ é cinza mais ou menos claro, mas não sem textura de cinza-A₂ penetra no B textural-

São solos lessivados glóssicos continentais

Sub-classe VII-3 Os solos brunificados dos climas boreais

Grupo VII-31 Solos lessivados boreais

(Grey moored soils)

Perfil A₀ A₂ B-

A₀ contém um humus bruto mal caracterizado pouco ácido A₂ / é descolorido, esbranquecido mas ainda argiloso-

B- é consideravelmente enriquecido em argila, com revestimentos argilosos nítidos e bem desenvolvidos.

A₁ não existe-

São solos quase saturados em bases

Sub-classe VII-4-Solos brunificados das regiões tropicais

Perfil A₁ (B) C

Grupo VII-41- Solos brunos eutrofos tropicais

A₁ contém um humus do tipo Mull bem ligado à matéria mineral é relativamente abundante-

Estrutura nuciforme bem desenvolvida em A, cúbica para / poliedrica em (B).

O complexo absorvente é quase saturado em cálcio.

A cor tende frequentemente para o marrom-avermelhado / por causa da liberação dos ácidos de ferro (transição com os solos ferruginosos tropicais-)

Sub-grupos 411-Solo bruno eutrofo tropical pouco evoluído

412-Solo bruno eutrofo tropical hidromorfo vértico.

413-Solo bruno eutrofo tropical feruginizado

Cor nitidamente vermelha do horizonte (B) carater que / lembra os solos ferruginosos.

CAPÍTULO X

OS SOLOS SÓDICOS OU SOLOS HALOMOSFOS

1. DEFINIÇÃO:

Estes solos constituem a classe XII da classificação francesa. Trata-se de solos cuja evolução pedológica é dominada ou muito fortemente modificada pela presença de sódio no solo. XZ1

Estes sódico pode se apresentar:

-seja sob forma de sais solúveis: cloretos, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, etc... Os dois primeiros são muito / mais frequentes.

Por definição a condutibilidade elétrica é / superior a 7 milinhos sobre a totalidade do perfil durante pelo menos uma parte do ano.

-seja fixado sobre o complexo absorvente do solo: considera-se que um solo é sódico quando o sódio representa mais de 10% da capacidade de troca T.

-seja pela combinação destas duas formas: o sódio se encontra sob forma de sais solúveis assim como parcialmente fixado sobre o complexo absorvente.

-O sódio é um elemento fácil de se deslocar pela água de drenagem, o solo sódico se encontram sobretudo sob os climas secos: clima continental árido (Asia central, Utah, Colorado nos USA, etc...),

clima mediterrâneo com tendência subdesértica (África do Norte, sul da Califórnia, noroeste do México, norte do Chile, Austrália, etc...), nos desertos quentes (Saraça, Egito, Irão, Arábia, Austrália) e nas zonas tropicais semi-úmidas com tendência áridas (Níger, Nigéria do norte, Tchad, Sudão, Rodésia, Tanzânia, Nordeste do Brasil), todos climas onde a evaporação é muito forte.

Eles podem ocupar grandes superfícies (Tchad., margem norte do Sahara, do Marroco até o Egito) e correspondem sempre às zonas onde a agricultura é difícil ou mesmo na maioria das vezes impossível, o sódio em quantidade demasiada sendo um veneno para as plantas.

CARACTER GERAIS

A existência de solos sódicos é geralmente muito fácil a reconhecer, no campo primeiro, no laboratório em seguida, porque o sódio provoca modificações consideráveis a vegetação, o aspecto do perfil, o complexo absorvente e o pH.

2-1 Modificações da vegetação

Quando se entra numa zona de solos sódicos, nota-se uma diminuição considerável do número espécies vegetais espontâneas: estas se reduzem a 4 ou 10 espécies, às vezes 2 ou 3 (Suaça, Salicornia, Anthrocnemum, etc... para os solos a cloretos) Quando a quantidade de sódio aumenta não há mais nenhuma vegetação: o solo permanece nu.

Do ponto de vista agrícola, desde que o solo contém um pouco de sódio várias espécies particularmente sensíveis não podem mais ser cultivadas (laranjeira, vinha). As plantas cultivadas mais resistentes são a cevada, a palmeira-tâmara, os espargos: porém muito rapidamente o solo é mais utilizável senão como pastagem para camelos e ele se torna mesmo completamente inutilizável quando sem vegetação.

2-2 Modificações do aspecto do solo e da estrutura

Existem vários casos:

2.210 solo contém apenas sais solúveis de sódio:

Enquanto que o complexo absorvente permanece saturado em cálcio, produz-se apenas esfloramentos brancos (cloretos) ou pretos (quando o húmus é dissolvido pelo sódio, carbonatos principalmente) durante os períodos secos: a estrutura não é modificada e a agricultura ainda é possível, com excepção das plantas sensíveis (laranja, vinha, etc...), a condição de não ter muito sais de sódio no solo.

2.22. Quando o sódio penetra no complexo absorvente:

a estrutura se torna compacta e dura na estação seca ela pode até mesmo tomar o aspecto característico da pequena coluna

prismática (como nos solonetz). Além disto, na superfície formam-se esflo-ramentos e um po muito fino de minúsculos grumos de argila, muito doces ao tato, que se esmagam com um ruído característico sob as solas dos sa-patos.

Quando chove, o solo todo se transforma numa massa lamacen-ta, escorregadiça como sabão.

2-23- Quando há muito cloreto de sódio no solo:

êste sal, muito higroscópico absorve toda a umidade ~~a~~ atmosférica e o solo parece sempre molhado.

2-24. Quando um lençol frático (salgado, evidentemente) im-pede o solo de secar, a estrutura permanece lamacenta:
frequentemente (como na África do norte) o solo e o /
lençol contém sulfatos e o solo não podendo se aerar /
(anaerobiose) os sulfatos se reduzem em sulfuretos /
pretos que poderiam ser confundidos com a matéria orgâ-nica se eles não tivesse o cheiro característico de /
ovos podres (presença de SH_2)

2-3 O complexo absorvente e o pH

2-31. Os sais solúveis (Cl Na e $\text{SO}_4 \text{Na}_2$ sobretudo) existem no estado livre no solo, mas o sódio não entrou no / complexo absorvente que permanece saturado em cálcio; não há modificação das propriedades da argila, a estru-tura continua normal e o pH é vizinho de 7,5.

2-32- Os sais solúveis existem na maior parte do perfil po-rém parte do sódio entrou no complexo absorvente.
Desde que o sódio representa 7% da capacidade de troca a argila se dispersa facilmente no estado úmido e se torna maciça no estado seco; a estrutura começa a so-frer modificações importantes à medida que aumenta o teor em Na.

Os pH se escalonam então entre 7,8 e 8,2 as vezes até 9,0.

2-33 - Quando o complexo absorvente contém mais de 15% de sô-dio a argila é sempre dispersada e a estrutura se tor-na dura e compacta no estado seco, lamacenta quando / chove (estrutura difusa)

Os pH se escalonam de 7,8 até 10.

3. PERFIS CARACTERISTICOS.

3-1. Solo salino a estrutura não degradada.

aridisol salin (Salarthid) da 7ª aproximação america-na solontchak da classificação russa.

O sódio é trazido sob forma de cloretos e/ou de sulfatos por um freático; ele não penetra no complexo absorvente que permanece saturado em cálcio. Portanto a estrutura é normal) mas se acumula sob forma de / florescência em superfície ou de filamentos nas cavidades do solo.

3-11. O perfil do solo não é modificado: é geralmente um perfil simple A C de solo pouco evoluído.

0-60cm Eflorescência em superfície, brancas ou pretas e acumulação da sal nas fendas.

60-80cm formação de um pseudo-micélio de sal nos poros do solo / este pseudo-micélio é devido a evaporação do lençol / através do solo, com subidas de sais em direção à superfície.

Se este lençol é carregado em sulfatos (de Ca e de Na evaporação provoca uma concentração dos sais, de gesso / em particular, que alcançam muito rapidamente a saturação e precipitam sob forma de pseudo-micélio em baixo / do lençol e sob forma de uma crosta salino-gipsosa na / zona de balanço do lençol ou no seu topo.

Segundo M. Pouget, o teor em cloreto intervém fortemente na formação desta crosta, quanto mais carregada em cloretos é o lençol quanto mais os sulfatos se tornam solúveis e quanto menor será a tendência a formar uma crosta.

3-12 Variações dos teores em sais:

O sódio estando sob forma de sais solúveis é extremamente sensível à lessivagem pela chuva.

Na Holanda, sob clima chuvoso, a desalgação de tais solos salgados acidentalmente por um maremoto se faz sem problema à condição de abaixar suficientemente o nível do lençol.

No oases de Gabés (sul da Tunísia) uma chuva de uma dezena de milímetros provocou um abaixamento de condutibilidade de 15 milinhos para 7 milinhos em algumas horas. Pode-se obter o mesmo resultado com águas de irrigação / em quantidade suficiente (para permitir um pouco de drenagem) e um pouco carregadas em sais solúveis.

Evidentemente é necessário abaixar o mais possível o nível do lençol freático para uma boa drenagem (palmeiral de palmeiratâmara das zonas saarianas).

3-2. Solos salinos a estrutura degradada- solos salinos a alcalis:

Solos de perfil A (B) C

Nestes solos, o sódio (e as vezes o magnésio) se encontra não somente sob forma de sais solúveis (clorestos, carbonatos, sulfatos...) mas também parcialmente fixado sobre o complexo absorvente, modificando assim completamente a estrutura.

São os solos salinos a alcalis, que correspondem aos Natrargids (aridisols a horizonte natrico) da 7ª aproximação americana.

321 Perfil de Relizane (Argelia)

Clima mediterrâneo. 500mm; o perfil é localizado numa zona / plana, um pouco deprimida, sobre aluviões fluviais. A salgação é tão / elevada que não há mais vegetação.

0-7cm: Horizontes A_1 formado de argila sódica, salgada, aglomerada em agregados muito pequenos, mais micro-poliédricos do / que arredondados, dando a impressão de um pó:

Encontra-se ao mesmo tempo, cristais brancos de cloreto de sódio. Quando chove, este horizonte se transforma em lodo / que seca formando frequentemente escamas em superfícies; o vento usa com bastante facilidade este horizonte.

7-15cm Horizonte A_2 (B) amarelado, bastante argiloso, maciço e / compacto a estrutura poliédrica e a super-estrutura frouxa com tendência prismática; a estrutura é difusa quando o solo é úmido. Todo este horizonte é cheio de pseudo-micelio / de cloreto de sódio; este se transforma em cristais de sal na parte superior do horizonte. Os cristais são muito abundantes porque o horizonte poeirente quebra na subida capilar enquanto que a evaporação continua a se fazer sob forma de vapores através do horizonte A_1 .

15-45cm Horizonte (B_2): cinza amarelado, argiloso, com estrutura / muito maciça, dura no estado seco difusa quando chove. Em torno de 40 cm, aparecem algumas manchas esbranquiçadas de gley.

45-120cm-G. horizonte de gley, argilosos, sempre muito úmido (subidas capilares) É a zona de balanço do lençol.

120 cm e mais: C lençol freático permanente, muito carregado em / sais.

Observa-se neste perfil:

-a existência de um horizonte de concentração do sal de sódio, o que é característico deste tipo de solo (horizonte mátrico).

-a presença de um horizonte superficial poeirente.

-a presença de um lençol freático salgado.

-estruturas maciças, salvo em A.

3-22. Variações deste Perfil:

O solo anteriormente descrito é um solo fortemente salgado onde o horizonte nâtrico é muito próximo da superfície.

-os solos de oasis:

com a drenagem eficaz e uma forte irrigação consegue-se abaixar o lençol e fazer descer o horizonte de acumulação de sais até 1,20 m ou m de profundidade; ao mesmo tempo consegue-se evitar que a condutibilidade nunca ultrapasse 12 a 15 milimhos em superfície mesmo entre duas irrigações.

-O horizonte nâtrico forma frequentemente uma crosta logo acima do lençol; ela é muitas vezes misturado de gipso.

O horizonte superficial, profundamente trabalhado e enriquecido em estrumo, as vezes desde um a dois milenários, é espesso, preto, rico em matérias orgânicas.

-o solo salino cultivado: a pluviometria é suficiente para abaixar o horizonte nâtrico até 30 ou 40 cm de profundidade, Nestas condições pode-se fazer uma cultura de cevada, pelo menos durante a estação chuvosa, se o complexo absorvente não contém sódio demais.

Em clima chuvoso, como na Holanda acelera-se a dessaturação do complexo absorvente espalhando-se estoque $(S)_4 Ca, 1/2 H_2O$ cujo cálcio substitue o sódio no complexo absorvente.

Em região seca, onde os solos já são ricos em cálcio, utiliza-se as vezes o ácido aulfúrico.

-o solo dos chotts: o horizonte nâtrico se encontra em superfície onde ele forma crostas brancas brilhantes ao sol.

o salan noir; o sódio sobretudo o dos carbonatos pode dissolver o humus e todas as soluções do solo tomam uma cor marrom ou preta.

As eflorescência salinas, em lugar de brancas são pretas.

3-3 Os solos sódicos à horizontes B ou solos a alcalis:

Solonetz da classificação russa.

Natralboll, natrustoll da 7ª aproximação.

O perfil é o tipo A B C, com formação de um horizonte B argílico por lessivagem de argila.

O sódio (e as vezes o magnésio, na Africa do norte sobretudo) é totalmente contido no complexo absorvente,. Não há ou muito poucos, sais solúveis no perfil (carbonatos). A estrutura difusa e fluída no estado úmido favorece a migração da argila em B.

331- Perfil de Solonetz, perto de Brisbane (Australia).

Sob vegetação florestal degradada de eucaliptos.

0-15cm horizonte A_{1-1} cinza, um pouco húmido, limonoso, arenoso; estrutura grumelosa instável não coerente.

15-35cm horizonte A_{1-2} , cinza claro mas não esbranquecido, silte-arenoso, estrutura com tendência lamelar; forte porosidade, o conjunto do horizonte parece vacuolar. No contacto deste horizonte com o horizonte B_2 , muito mais argilosos, observa-se uma linha esbranquiçada arenosa, espessa de alguns milímetros que é devida à circulação lateral da água entre os 2 horizontes.

35-60cm horizonte B_{2-1} de cor amarronzada, argiloso; a estrutura é tipicamente em pequenas colunas (colunar structure), isto quer dizer formada de prismas verticais grosseiramente hexagonais com topos arredondados (na realidade o limite entre A e B é ondulado. O interior das colunas é maciço.

60-80cm horizonte B_{2-2} , amarronzado, com manchas de pseudo gley, argilo a argilo-arenoso; estrutura cúbica grosseira, o interior dos cubos é muito maciço.

Observa-se neste perfil:

-uma lessivagem de argila sódica do horizonte A para o B, onde ela se acumula.

-uma desaturação em sódio dos horizontes A, cujo pH é vizinho de 7, enquanto que B permanece saturado em sódio, com pH de 8 e 9. B constitui aqui o horizonte nátrico.

-a formação de uma linha branca no contacto de A e B, que pode penetrar, em certos casos, entre as colunas.

Esta linha branca é o esboço de um verdadeiro horizonte A_2 / esbranquiçado, semelhante ao horizonte A_2 dos podzol.

332 Variações do perfil dos solonetz-

O solonetz com estrutura prismática ou cúbica-

A estrutura em colunas não aparece e é substituída por uma / estrutura grosseiramente prismática ou cúbica.

O solonetz solodizado .

A lessivagem de argila do horizonte A aumenta, assim sua desaturação em sódio.

O horizonte A_2 tem alguns centímetros de espessura; ele é muito esbranquiçado, muito arenoso; ele penetra nitidamente entre as colunas.

O horizonte B começa a se dessaturar em sódio no seu topo mas o teor em sódio aumenta rapidamente com a profundidade assim como pH.

Num complexo tomado no Tchad (G.Bocquier).

Horizonte A₁: pH 6, praticamente não há mais de Na.

Horizonte A₂: e topo de B: pH 5,5 a 6,4 a 5% de Na no complexo absorvente.

Horizonte B: o teor em Na aumenta muito rapidamente com a profundidade: a 50cm de profundidade: pH 9, 25% de Na no complexo absorvente.

3-4

O solo:

Os fenômenos anteriormente descritos se exageram; o horizonte A acidifica-se fortemente, se empobrece em argila, se torna / muito arenoso; com um A₂ cada vez mais nitido.

O horizonte B se dessatura em sódio. Ele é ácido no topo, / neutro ou fracamente alcalino na base; mas ele conserva a estrutura em colunas.

4-

FATORES DE FORMAÇÃO E DE PEDOGENESE DOS SOLOS SÓDICOS:

4.1.

O sódio.

É elemento característico dos solos sódicos. Isto não quer dizer que ele seja sempre dominante, porque geralmente o cálcio é mais abundante, mas é ele que é responsável pelas propriedades particulares destes solos.

A origem do sódio pode ser bastante variável:

4.11-

A alteração das rochas; e mais particularmente das que contêm feldspatos sódicos (granitos, sienita, diorita) ou feldspatoides com Na (fonolitos, sienita a nefelina), liberam grande sódio e de cálcio. O sódio sendo relativamente fácil de / ser carregado pelas águas de drenagem, ele é normalmente evacuado até o mar pelos riachos e os rios.

Mas se existe uma depressão fechada, ele terá tendência a se acumular aí, na condição entretanto, que a evaporação seja / superior aos apostes de água pelas chuvas e os rios (senão / a depressão transbordaria, o que aconteceu no Lago Tchad no início do Quaternário).

Naturalmente, o sódio não permanece sob forma iônica. Ele se combina sobretudo com o gás carbônico do ar para formar carbonatos de sódio, mas também com os outros anions que podem ser encontrar no solo: cloro, enxofre (proveniente da /

decomposição dos vegetais), boro, etc...

Os solos sódicos que se encontram sobre os velhos embasamentos continentais (África, Brasil) são pois principalmente solos / com carbonatos, portanto solos a alcalis (o sódio satura parte do complexo absorvente).

4.12- Aportes de sódio pelo mar.

Um maremoto ou uma forte tempestade podem provocar acidentalmente uma aporte de sal (clorestos principalmente). Sob clima úmido (Holanda, golfo do Bengalo) a dessaturação se faz em alguns anos.

Um golfo marinho e uma lagoa; que se preenchem de aluviões numa água salgada, conservam um lençol freático salgado com cloretos após emergência, mesmo se a parte superficial do solo foi / ~~dessalgada~~ pela chuva. (Tunísia).

O solo é geralmente um solontchak.

A maré pode invadir o baixo curso dos rios, em período de baixas águas e aí depositar sal (caso do delta e do baixo curso do Senegal).

Por este motivo, os holandeses tomam muito cuidado em fechar / suas represas durante as marés altas.

Os pevoeiros podem, em certos casos levar sais relativamente longe em direção ao interior das terras: a formação do Solonetz de Brisbane, portanto situado a 50 Km da costa, é atribuída a este fenômeno.

4-13. Os estratos geológicos salgados.

Certas camadas sedimentares podem ser muito ricas em cloreto / de sódio, como por exemplo as do Triassiaco.

O fenômeno é particularmente importante na Tunísia, onde praticamente todos os rios os lençóis freáticos têm oportunidade de passar sobre sedimentos salgados. Aqui também, trata-se de um aporte do mar, mas atrasado no tempo.

O sódio se encontra sob forma de cloretos e os solos são sobretudo solontchaks.

4.2. O clima

Como é sódio é um elemento fácil de eliminar por drenagem, os solos sódicos se formarão com mais intensidade sobretudo sob os climas secos, onde a evaporação potencial é superior ao aporte de água.

Estes solos se encontram sobretudo sob:

- os climas áridos dos desertos quentes (Sahara, Arábia, Irão, Paquistão).
- os climas continentais secos (Asia central, centro-sul das Montanhas rochosas).
- os climas mediterrâneos secos (África do norte do Marroco até o Egito, sul da California).
- os climas tropicais semi-áridos (Tchad, Tanganika, Rodésia, Nordeste do Brasil).

A chuva provoca transportes para as zonas mais baixas, onde os sais se concentram por evaporação.

Mesmo nas regiões particularmente áridas, como a costa do Mar Vermelho no Sudão, onde os carbonatos se formam no lugar no perfil, a acumulação se faz raramente no local onde a rocha ~~se~~ altera / uma única chuva forte caindo cada 5 ou 6 anos, basta para eliminar a maior parte dos sais formados e a transporta-lo mais adiante.

Ação de clima pode ser resumida da seguinte forma:

- transporte pelas águas de chuva, dos lençóis, dos rios.
- acumulação nas zonas baixas.
- concentração por evaporação.

Quando o clima é relativamente chuvoso, como o clima tropical / semi-árido onde as chuvas caem em aguaceiros violentos, o papel é certamente importante para a formação dos solonetz:

- migração de argila de A e concentração em B.
 - formação das pequenas colunas.
 - circulação lateral de água, entre A e B, que favoreça a formação de uma linha ou de um horizonte esbranquecido.
 - hidrólise com destruição do complexo absorvente e acumulação de silício em A₂ nos solonetz solodizados e nos solods.
 - formação provável de carbonatos a partir dos cloretos no solo.
- Estes problemas, se bem que muito estudados pelos russos, os romenos e os franceses (no Tchad) ainda são muito mal conhecidos.

4-3

A vegetação :

A vegetação tem uma influência menor na gênese dos solos salgados pode-se dar para ela uma certa importância em dois fenômenos:

- a formação de sulfatos a partir do enxofre liberado pela decomposição dos compostos enxofrados dos vegetais (zonas pantanosas sobretudo):
- a existência de "salant noir", com eflorescência pretas de humus dissolvido pelos carbonatos de soda sobretudo.

4-4 O lençol freático:

Um lençol freático, pelos menos temporário, é um caracter constante dos Solontchaks.

-ê ele constitui um reservatório de sais de sódio que, por subida capilar, impregna frequentemente o solo até a superfície.

-ela dá ao perfil caracteres de hidromorfia (gley sobretudo, porque os sais de sódio, sendo higroscópicos retêm fortemente a água).

4-5. A água de irrigação.

A água de irrigação pode ser um fator particularmente nocivo, formação de solos sódicos.

É necessário lembrar que, quando se faz irrigação, é porque o clima é seco e que nos países secos a água é cara: portanto o agricultor tende a usar apenas a quantidade de água estritamente necessária para as necessidades das plantas. Resulta disto uma drenagem com águas praticamente doces.

Assim, em Rélizane (Argelia), onde a água de irrigação contém 0,6g de sal por litro (ou que é muito pouco), uma dose de irrigação de 1 000 m³, correndo sobre buzerna por exemplo, aporta para o solo 6 toneladas de sal por ano. Se a drenagem não evacua em grande parte estes sais, depois de 5 a 6 anos as laranjeiras morrem e os rendimentos da buzerna e de legumes diminuem fortemente.

Somente um bom sistema de irrigação, aliado a uma quantidade suplementar de água de drenagem destinada a limpar o solo, pode impedir os acidentes.

4-6. A composição e a espessura do solo.

Quanto mais argiloso for o solo tanto maior será sua tendência a reter o sódio no complexo absorvente. Este sódio será muito difícil de tirar em seguida.

Além do mais, um solo, argiloso é pouco permeável e sua drenagem não é fácil; mesmo se o solo é espesso.

Ao contrário, um solo muito arenoso, cujo complexo absorvente é reduzido a quase nada, só pode conter sais solúveis que a primeira chuva evacua em profundidade.

A dessalgação destes últimos solos é portanto muito fácil.

Por isto a classificação francesa se recusa a considera-los como solos sódicos (eles são dessalgados parte do ano).

Graças a estas propriedades, e se o solo tem pelo menos 1 metro de espessura, pode-se irrigar com águas muito carregadas em sais, na condição de que o solo seja espesso e bem drenado (natural e artificialmente):

é o caso do oásis da Zarzis, no sul da Tunísia, onde se usa água com 12g de sal por litro (sobretudo cloretos) para culturas de aspargos, de cavada e de palmeira-tâmara.

5. CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS SÓDICOS.

CLASSE XII

a divisão em classes está baseada sobre o estado do sódio no solo e sua influência sobre a estrutura:

Os grupos são definidos segundo os caracteres morfológicos do perfil e os sub-grupos per detalhes da morfologia, em particular a do horizonte superior.

A classificação americana (7ª aproximação) não leva em consideração a presença de sódio no solo como sendo um fenômeno capaz de fazer dos solos sódicos um "order" para ela, trata-se apenas de um simple "acidente" que pode afetar os perfis de solos de várias ordens; em consequência, os solos sódicos se encontram espalhados nos diferentes ordens, em particular nos aridisols, e nos mollisols, aos quais se acrescenta o sufixo, "Natr" (horizonte nátrico) ou "sal", quando se trata de sais solos solúveis.

Sub-classe XII-1: Solos sódicos com estrutura não degradada.

São solos ricos em sais solúveis de sódio (e/ou de magnésio onde anions e cations se equilibram). Não há, ou pouco, de sódio no complexo absorvente e a estrutura não é degradada.

Grupo XII-11: Solos salinos ou solontchaks

(solorthids de 7ª aproximação)

O perfil é AC

Sub-grupos 111 solo salino com eflorescência salinas

112 solo salino com horizonte superficial friável

113 Solo salino com encrostamento salino superficial

(solo de chotts).

114 Solo salino acidificado (por oxidação dos sulfuretos).

Sub-classe XII-2 Solos sódicos com estrutura degradada.

A presença de sódio trocável (e/ou de magnésio), portanto fixado sobre o complexo absorvente, provoca a modificação das propriedades físicas dos minerais argilosos.

O perfil é A (B) C ou ABC.

Grupo XII-21. Os solos salinos e alcalis.

Solontchak-solonetz da classificação russa.

Natrargid (provavelmente) da 7ª-aproximação.

O perfil é A (B) C.

São solos mais ou menos ricos em sais solúveis, o teor em argila dos diversos horizontes é constante no perfil. O sódio trocável representa mais de 10% da capacidade de troca.

Sub-grupo 211- Solo salino a alcalis

Estrutura poeirenta em superfície na estação seca.

212- solo pouco salino a alcalis

Estrutura difusa e maciça em superfície.

Grupo XII-22- Os solos sódicos em horizonte B.

Solonetz da classificação russa.

Natraboll da 7ª aproximação

Os coloides são muito dispersados; o horizonte B é muito compacto. O perfil ABC não contém sais solúveis.

Sub-grupos 221- Solo sódico com estrutura de B em pequenas colunas.

222- Solo sódico com estrutura de B prismática cúbica ou maciça.

Grupo XII-23- Os solos sódicos com horizonte esbranquecido.

(solodizados)

Forte acidificação em superfície, horizonte B muito compacto; nuntro para alcalino; perfil A₁ A₂ BC.

Sub-grupos 231- Solonetz solodizados

232 solods.

CAPÍTULO X

OS SOLOS HIDROMORFOS

1- DEFINIÇÃO

Segundo a definição da escola francesa, os solos hidromorfos são aqueles onde os fenômenos gerados por um encharcamento pela água (hidromorfia) modificam fortemente, em um sentido dado, a evolução pedológica.

A hidromorfia deve afetar o conjunto A B C do perfil (hidromorfia total) ou pelo menos a maior parte dela, isto é, os horizontes C, B e A₂ em totalidade ou C B e a base de A₁ se A₂ não existe (hidromorfia parcial).

Esta hidromorfia é originada p-or um lençol freático que pode ser permanente (o lençol freático fica no lugar durante todo o / ano) ou temporário (o lençol abaixa muito ou desaparece durante uma parte do ano.)

No caso de um lençol temporário , a ação do lençol deve ser suficientemente intensa e prolongada para que o solo seja definitiva e profundamente marcado por caracteres de hidromorfia até ao topo do horizonte A_1 ou pelo menos ou até a base de A_1 .

Se a hidromorfia afeta apenas o horizonte C e uma parte, / mesmo importante, do horizonte B, o solo não é considerado como um solo hidromorfo porém classificado pertencente a uma classe onde se encontra o carater de hidromorfia em uma unidade inferior (grupo ou / mais frequentemente-grupo hidromorfo).

A 7ª aproximação americana vai até ao fim do seu raciocínio e considera que a hidromorfia é um simples acidente no perfil do solo, acidente importante certamente, porém que não justifica um lugar à / parte na classificação, mesmo se as características do solo são profundamente modificadas até o horizonte A inclusive; junta-se simplesmente o radical "aqui" (de aqua a água em latim) ao nível da sub ordem (sub order):

Exemplo: Aquoll, mollisol hidromorfo, Aquod spodosol hidromorfo.

Eles fazem uma excessão para os solos de turfa que têm direito a uma "ordem" especial a dos histosols.

Os histosolo correspondem exatamente aos solos hidromorfos orgânicos da classificação francesa.

Entretanto os solos hidromorfos medianamente orgânicos, e os solos hidromorfos minerais (ou pouco húmiferos) da classificação francesa estão repartidas em diversas "ordens" da classificação americana.

2-CARACTERES GERAIS DOS SOLOS HIDROMORFOS.

A hidromorfia modifica profundamente um certo número de características do solo.

2-Humus

A hidromorfia provoca o parecimento de tipos especiais de humus.

2-11 O hidromull

O hidromull aparece no caso de hidromorfia parcial quando o lençol banha simplesmente a base do horizonte A_1 ; mas a unidade sobre por capilaridade, impregna fortemente todo o horizonte superior; como a aeração fica suficientemente, a humificação é total e se alcança / um tipo de humus o hidromull, muito vizinho do mull bem incorporado

à matéria mineral; ele é mais espesso, mais abundante e mais preto que o Mull comum; ele só se forma em solos bem providos em bases (cálcio / principalmente). Em caso de abaixamento prolongado do lençol frático, / ele se transforma um Mull cálcio vizinho do humus dos chernozems.

2-12. O hidromoder: se forma em meio ácido (pH 4 a 5,5) sob a ação de um lençol temporário que, durante uma grande parte do ano, cobre a superfície do solo; a humificação só se faz durante os períodos de seca há após duas fases distintas:

-uma acumulação de matéria orgânica bruta durante o período / de hidromorfia total.

-uma humificação durante os meses quando o solo não está coberto pela água.

A humificação é incompleta em todos os casos por falta de tempo.

Como o meio é ácido, a humificação é devida em grande parte aos cogumelos e o humus formado se mistura mal à matéria mineral.

Obtem-se finalmente um humus bastante grosseiro, abundante, ~~rico em elementos orgânicos mal decompostos e mal misturados à matéria mineral do solo e bastante vizinho do Moder.~~

2-13- O hidromor ele se forma como o hidromoder no caso de uma hidromorfia total porém temporária, entretanto o meio é muito ácido (pH 4,5 a 5,5) e ~~permite apenas~~ aos cogumelos viverem dele.

O hidromor ~~difere do mor~~ pelo fato dele ser muito preto, muito finamente desagregado e que dá à camada humificada uma consistência / plástica que não se encontra nos mors secos.

2-14- O aumor: resulta da ação do lençol freático que cobre completamente o solo e só desaparece durante curtos períodos do ano. O meio é bem provido em bases com um pH superior à 5,5-6.

Durante algumas semanas (2 meses no máximo) quando o solo se enxuga, a humificação é intensa e o humus formado se mistura muito bem à matéria mineral porém ela (humificação) não tem o tempo de ser completa e fica sempre alguma matéria vegetal bruta.

Quando o lençol volta, uma fauna aquática aí se desenvolve e mistura o humus sobre profundidades de 20 a 30cm.

O teor em matéria orgânica nunca ultrapassa 30%.

Quando secos estes solos à aumor são bons para terras de cultura.

2-15- A turfa: se originam num meio ácido saturado d'água durante todo o ano.

A decomposição da matéria orgânica se reduz a destruição da celulose, a lignina fica praticamente intacta ou em todo caso mal decomposta.

Os detritos vegetais se acumulam em camadas espessas de lignina constantemente saturada d'água é a turfa.

Distingue-se:

A turfa fibrosa (horizonte fibrífico fibrífico da 7ª aproximação) onde as fibras vegetais bem reconhecíveis de mais de 1mm de comprimento compõem pelo menos 2/3 de massa da turfa; esta turfa de cor marrom ruíva-se e forma em águas muito claras ácidas e sob uma vegetação particular (-geralmente de musgos em clima temperado).

A turfa semi-fibrosa (horizonte lénico lénico da 7ª aproximação) onde as fibras vegetais formam entre 1/3 e 2/3 da massa da turfa. Ela é de cor preta e a água que dela sai é turva.

A turfa alterada (horizonte sapríco da 7ª aproximação); há poucas fibras vegetais reconhecíveis de 1 mm de comprimento (menos de 2/3 da massa da turfa).

As turfas caracterizam os solos hidromorfos orgânicos (Histossols da 7ª aproximação).

As turfas são bastante frequentes em meio tropical em particular elas formam uma grande parte dos solos da zona costeira das Guianas onde são chamadas de "Pegasses" (Guiana Francesa).

Os solos a turfa só são utilizadas pela agricultura após a drenagem se forem bastante ricos em sais minerais (sais de cálcio em particular), logo não muito ácido (pH 5,5): são as turfas entrofes. As turfas oligatrofes (pH 5,5: pobres em elementos minerais) só podem servir de combustível para o aquecimento).

2-3- Ação sobre os elementos solúveis e pseudo solúveis do solo.

Trata-se essencialmente de 2 fenômenos; uma dissolução e uma redistribuição no perfil.

2-31- A dissolução

Os sais solúveis como os sulfatos (gipsa) ou os cloretos (cloreto de sódio principalmente) são evidentemente dissolvidos pela água do lençol. Principalmente no caso dos cloretos (Cl Na) a concentração não é nunca muito importante, senão o sal torna-se o elemento essencial da pedogênese e o solo seria um solo sódico.

Os carbonatos, o calcário sobretudo, são pouco solúveis mas é preciso levar em conta o fato que a destruição anacróbica dos detritos vegetais libera a grande quantidade de gás carbônico, daí a formação de bicarbonatos nitidamente mais solúveis do que os carbonatos.

Os compostos de ferro e do manganês são reduzidos em meio anaeróbico (o ferro trivalente torna-se divalente, o manganês tetravalente torna-se bivalente), e se transformam em corpos móveis (pseudo-solúveis) no interior do solo. A matéria orgânica teria um papel essencial na movimentação do ferro (Betremieux) porém certos autores (Muir Duchaufourd) pensam que ela não seja indispensável.

2-3 2- A redistribuição

Sob estes elementos postos em solução ou em pseudo-solução tendem por se redepositar no perfil, mas na prática eles nunca se redepositam onde foram dissolvidos seja porque lençol é móvel seja porque eles concentram nos pontos onde a evaporação é máxima (gipsia, cloretos, carbonatos), seja ainda porque eles se fixem em lugares onde os fenômenos de oxidação se processem novamente (ferro manganês que além disso se aglomeram em volta dos núcleos de Fe_2O_3 presentes no solo).

Dai a formação:

- de pseudo micélio (gipsia, calcáreo, cloreto de sódio)
- de manchas e traços (ferro, manganês calcáreo)
- de concreções (ferro) e módulos (calcáreo)
- de encrostamento (gipsia)
- de carapaça e mesmo comaça (ferro, manganês)

2-4 Ação sobre os fenômenos de hidrólise no solo

Como a hidrólise dos minerais do solo ela é essencialmente regida por uma reação de equilíbrio;

um lençol móvel exagera a intensidade da hidrólise evacuando rapidamente os corpos liberados no decorrer da alteração.

um lençol imóvel retarda a hidrólise pois ele se carrega de elementos diversos e os concentra:

o equilíbrio se realiza entre a rocha alterada e o meio, e as reações param.

Seja num sentido ou noutro, a hidromorfia perturba fortemente a hidrólise dos minerais.

2-5 Ação sobre a estrutura do solo

A hidromorfia tem uma ação importante sobre a estrutura do solo; habitualmente ela a degrada. Com efeito, uma embebição prolongada provoca a quebra dos agregados e estes não se reformam em meio constantemente saturado d'água.

A estrutura torna-se contínua maciça com uma consistência plástica particularmente nítida nos horizontes a gley e pseudo-gley.

Quando o solo seca, uma estrutura se forma porém, na maioria das vezes é uma estrutura grosseira em cubos, poliedros ou prismas de grandes dimensões:

o interior desses elementos estruturais é compacto, frequentemente coarente (muito duro quando seco). Nos solos arenosos a estrutura fica particular em todos os casos.

2-6- Modificação do aspecto do perfil

A hidromorfia modifica o aspecto do perfil pelas trocas que ela introduz no humus, na estrutura etc... porém o que mais se nota nos solos hidromorfos é o aparecimento de horizontes especiais fortemente individualizados como o gley o pseudo gley.

2-61. O horizonte a Gley G

Um lençol freático permanente origina condições anacróbias favoráveis à redução do ferro trivalente de cor ferrugem.

O ferro torna-se divalente de cor cinza, esverdeado ou azulado é então pseudo-solúvel e pode migrar no solo.

Se o lençol é muito móvel como é o caso dos horizontes BG / dos solos ferralíticos, o ferro é evacuado em quase totalidade e o horizonte torna uma cor branco cinza.

Porém normalmente nos solos hidromorfos há sempre uma redistribuição do ferro que se deposita em manchas difusas ou em faixas de cor cinza azulada ou cinza esverdeada.

Não é necessário que o lençol freático fique obrigatoriamente ao nível do horizonte.

E durante todo o ano, fortes subidas podem saturar d'água o horizonte G e o manter em estado de anaerobiose: para isto é preciso naturalmente que o lençol esteja próximo e que o solo seja argiloso / para que as subidas capilares possam se fazer com intensidade em materiais já plásticos, por se mesmo, longo que apresente dificuldades para a penetração do ar.

2-6 2 O horizonte a pseudo-gley g

Durante a estação chuvosa, o solo se enche de água e o meio se torna anacróbio e redutor.

Forma-se então manchas de pseudo-gley de ferro reduzido.

Durante a estação seca o lençol se abaixa fortemente ou desaparece as manchas e faixas de ferro reduzido se oxidam de novo em ferro trivalente (Fe_2O_3) de cor ferrugem.

Estas concentrações de ferro tuvalentes são pouco solúveis quando se repete a inersão completa, ao contrário elas se enriquecem / em ferro divalente que veem de outros lugares (elas formam núcleos / de cristalização)

Durante a estação seca seguinte, este ferro se oxida de novo e se incorpora fortemente às manchas e faixas.

Se o fornecimento de ferro é bastante regular e abundante, as manchas crescem, se endurecem e podem unir-se : forma-se então uma carapaça ou uma couraça ferruginosa (Holanda) cujo aspecto pode estar muito vizinho das couraças e carapaças ferralíticas.

O pseudo-gley só se produz quando o lençol sofre movimentos de forte amplitude.

2-63- O amphi-gley

um lençol freático impregna o solo sobre uma altura H durante a totalidade do ano. Ele produz pois um horizonte a gley G sobre esta altura H.

Na estação chuvosa o lençol sobe a uma altura suplementar h, fica durante vários meses neste nível depois desce: forma-se-a um horizonte a pseudo-gley acima do gley.

É o amphi-gley G+g

O amphi-gley pode também se formar em solos com horizonte B argiloso impermeável. Um lençol banha a base do perfil formando um horizonte a gley G.

Durante a estação chuvosa a água da chuva se infiltra mal em B, que é impermeável, ela se estagna no topo de B e à base de A, este lençol chamado "lençol suspenso" desaparece por evaporação durante a estação seca: ela provoca assim o aparecimento do pseudo-gley, g. É também um amphi-gley, porém descontínuo.

2-64 O estagno-gley -g

Quando o solo é impermeável em profundidade, mas zonas muito planas, frequentemente um pouco deprimidas, a água da chuva se infiltra / apenas da chuva se infiltra apenas até ao nível impermeável do solo.

Na estação chuvosa forma-se um lençol que pode atingir a superfície do solo (e mesmo recobri-lo se a zona for deprimida).

Na estação seca o lençol desaparece por evaporação. Forma-se um estagno-gley que é um pseudo-gley

A diferença entre os dois é proveniente das condições de formação:

- o pseudo-gley se origina de um lençol temporário móvel ou ligeiramente móvel e os elementos que se concentram nas manchas e concreções podem vir de fora por transportes lateral.

-o estagno-gley se origina de um lençol temporário que se forma e se evapora no lugar sem nenhuma aporte do meio exterior. Há unicamente movimentos verticais mas nunca movimentos laterais.

OS HORIZONTES DE CONCENTRAÇÃO DE SAIS SOLÚVEIS

Sulfatos e carbonatos de Ca, às vezes cloretos misturados com os 2 primeiros.

Os sais solúveis dissolvidos pelo lençol podem se concentrar em / certos horizontes após a evaporação e podem tomar as formas seguintes.

- filamentos e pseudo - micélio nas fendas do solo.
- amontoados e nódulos se a evaporação é difusa.
- verdadeiras crostas calcáreas ou gipsosas se há fortes concentrações de sais.

Naturalmente estes fenômenos de concentração só se produzem em / climas secos onde a evaporação é interna, e com lençóis carregados em sais solúveis. Caso contrário a água da chuva seria suficiente para dissolver os sais já depositados e os diluir no lençol de tal forma que as concentrações sejam fracas demais para uma insolubilização.

3 - PERFIS DOS SOLOS HIDROMORFOS

3 - 1 SOLOS HIDROMORFOS ORGANICOS

São os únicos solos hidromorfos cujo perfil é bem caracterizado e sem grande variação.

São solos recobertos d'água durante quase todo o ano onde a lignina se acumula sob forma de turfa.

O perfil é tipicamente simples.

Um só horizonte de turfa,
às vezes muito espesso (até
2 a 3m) sobre uma ro-
cha mal decomposta, sem
relação direta com o hori-
zonte da turfa

As principais variações são:

A maior ou menor proporção da maté-
ria mineral que se encontra na turfa.

Quanto mais matéria mi-
neral houver tanto mais facilmente
o solo é recuperável pelo agricultor, após
a drenagem

A presença de turfa melhor decomposta em superfície, quando o lençol quático deixa a superfície do solo durante alguns meses por ano (ou / quando a drenagem faz baixar artificialmente o nível d'água)

3-2 SOLOS HIDROMORFOS MINERAIS E SEMI ORGÂNICOS

Não há perfil bem típico que se possa exemplificar.

Horizontes à gley, a pseudo-gley, amplir-gley ou estagno-gley in
vadem todo o perfil ou pelo menos até a base de A₁.

As vezes, pode-se distinguir uma secção ABC, com intercalação de horizontes G ou g, onde B e C são Bg (ou Bg) e Cg (CG) em outros casos vê-se apenas o gley ou o pseudo-gley.

A presença de um lençol permanente dificulta consideravelmente / um exame preciso do perfil do solo.

4 - CONDIÇÕES DE FORMAÇÃO DOS SOLOS HIDROMORFOS

A presença de um lençol d'água permanente é a única condição essencial para a formação dos solos hidromorfos.

Diversos fatores podem entretanto influir sobre a presença desta lençol.

4-1 A TOPOGRAFIA

Para que haja hidromorfia é preciso que a água se acumule e estagne durante muito tempo no solo.

Encontra-se-á, pois, solos hidromorfos nos baixos fundos e os valos mal drenados, nas depressões fechadas onde a água da chuva se acumule nas zonas perfeitamente planas onde toda a água se pode infiltrar no solo, por falta de um escoamento superficial.

A presença de um nível impermeável no solo ou sob o solo; nível impermeável pode ser devido a:

- seja a um B argílico, muito argiloso que impeça uma infiltração, em profundidade, das águas da chuva. É o caso dos estagno-Gley, dos lençóis suspensos.

- seja a uma rocha mãe impermeável: uma argila por exemplo.

Nos dois casos a presença de argilas expansivas (do tipo montmorilonita ou vermiculita) favorece a impermeabilidade do solo desde que as primeiras chuvas façam fechar todas as fendas do solo.

42 O CLIMA

Os solos hidromorfo podem existir mesmo sob climas secos (com ~~de~~ 20 a 100 a 200 mm de chuva). Basta apenas que as ~~chuvas~~ chuvas que caem ~~res-~~coem na superfície do solo e se concentrem em zonas deprimidas onde o / solo se sature em água durante a estação (2 meses por ano são suficientes).

O aparecimento em superfície de um lençol ~~prático~~ profundo. Nos outros lugares, origine igualmente solos hidromorfos nos desertos: uma boa parte dos solos dos oásis são hidromorfos (trata-se muitas vezes de uma hidromorfia com caracter salino, em razão da evaporação intensa).

Um clima seco árido ou tropical ~~semi-árido~~, onde a pluviosidade é fraca e a ~~seca~~ intensa, dará unicamente pseudo-gley.

Salvo, naturalmente se a hidromorfia é originada por um rio permanente, um lago com nível quase constante ou ainda um lençol freático cujo nível varia pouco no decorrer do ano: ter-se-á então um ampli-gley

Salvo naturalmente se a hidromorfia é originada por um rio permanente, um lago com nível quase constante ou ainda um lençol freático cujo nível varia pouco no decorrer do ano: ter-se-á então um amply-gley

Um clima tropical úmido e um clima temperado (onde a pluviosidade de mais fraca é compensada por uma evaporação igualmente fraca) poderão originar todos os tipos de solos hidromorfos, desde os solos a turfa até os solos hidromorfos minerais a pseudo-gley: isto depende da permeabilidade.

Quanto mais elevada for a temperatura mais rápida será a decomposição da matéria orgânica durante os períodos secos: há pouca matéria orgânica nos solos a pseudo-gley das regiões quentes.

Entretanto, nos climas temperados frios (Europa do Norte, Escócia, Canada (costa do Pacífico) a matéria orgânica se decompõe mal e formam-se turfas, mesmo sobre encosta onde a drenagem normalmente deveria ser boa.

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS HIDROMORFOS

CLASSE XI DA CLASSIFICAÇÃO FRANCÊSA

Para que um solos pertença à classe dos solos hidromorfos, é preciso que as características particulares originadas pela presença de uma água estagnada marquem fortemente a totalidade do perfil ou pelo menos a maior parte dele.

A divisão em sub-classe é baseada no teor em matéria orgânica dos horizontes superiores; este teor é o resultado da intensidade da hidromorfia que provoca uma anaerobiase mais ou menos pronunciada.

A divisão em grupo leva em consideração a intensidade do fenômeno de decomposição da matéria orgânica ou da redução e redistribuição do ferro.

Quanto aos sub-grupos, eles precisam um aspectos particular do grupo.

SUB - CLASSE XI OS SOLOS HIDROMORFOS ORGÂNICOS

Hidromorfia total e permanente: anaerobiase em todo o perfil. A matéria orgânica é uma turfa com os seguintes teores: - mais de 30% sobre pelo menos 40cm, se a matéria mineral é arenosa.

Eles correspondem exatamente aos histosolos da 7ª aproximação

GRUPO XI - 11 OS SOLOS A TURFA FIBROSA

Fibrest da 7ª aproximação - Peat soil dos ingleses

Matéria orgânica de aspecto ruivo ou não decosposta, apresentando um horizonte fibrício, isto é quer dizer:

- mais de 2/3 da massa é composta de fibra
- mais de 50% das fibras têm pelo menos 1 mm de comprimento; quando se aperta a turfa com a mão, o líquido que sai claro é límpido.

GRUPO XI - 12 OS SOLOS A TURFA SEMI-FIBROSA

Lenist da 7ª aproximação. Muchspeat soils dos inglês.
Matéria orgânica parcialmente decomposta apresentando um horizonte lénico (lénigue); isto é quer dizer que: a matéria - orgânica é parcialmente decomposta 1/3 a 2/3 da massa é - constituída de fibras
- as fibras são quebradiças (seu comprimento pode ser variável)
- o líquido obtido por pressão é turvo

GRUPO XI - 13 OS SOLOS A TURFA ALTERADA

Sapríst da 7ª aproximação. "Muck-soils" dos ingleses.
Matéria orgânica de aspecto preto muito decomposta, apresentando um horizonte sapríco (saprique), isto quer dizer que:
- a massa da matéria orgânica é muito desintegrada e decomposta.
- há pouca fibras (menos de 1/3 da massa) e que mais elas / são quebradiças.
- não há mudança de cor quando seca.
- o líquido obtido por pressão é turvo.

SUB - GRUPOS: em cada um dos grupos precedentes, definiu-se dois sub-grupos.

OLIGOTROPHES pH < 5,5 meio pobre em base.

MESOTROPHES E ENTROPHES pH 5,5 meio rico em bases.

SUB - CLASSE XI - 2 - Os solos Hidromorfos médicamente orgânicos

A matéria orgânica é evoluida, do tipo anmoór (C/N < 20) ou hidromor. hidromor.

Seus teores estão compreendido entre 8 e 30% sobre pelo menos 20 cm.

A hidromorfia é total de alto para baixo do perfil, porém / durante uma parte do ano apenas; o lenol abaixa durante alguns meses libra a superfície do solo (anaerobiose temporária em superfície)

GRUPO XI - 21 Os solos húmicos a gley

Aquoll da 7ª aproximação; o perfil é A.G.

Sub-Grupos 211 Solo húmico à gley salgado

212 Solo húmico à gley anmoór ácido

213 Solo húmico à gley à anmoór cálcio

214 Solo húmico à gley à hidromomoór

GRUPO XI - 22 Os solos húmicos a estagno - gley

Sub-grupo 221 Solo húmico à estagno - gley sem horizonte B

SUB CLASSE XI - 3 Os solos hidromorfos minerais ou pouco húmiferos

Os teores em matéria orgânica são inferiores a 8% sobre uma profundidade de 20cm aproximadamente (eles podem ser superiores a 8% na condição de que seja sobre uma fraca espessura, nitadamente inferior a 20cm).

A hidromorfia se manifesta em particular por caracteres de cô (manchas de compostos reduzidos ou reoxidados após redução) ou ainda pela redistribuição sobre o primeiro metro da parte superior (aproximadamente) de elementos que se solubilizam em meio reduzido: óxidos de ferro e de manganês, calcáreo.

GRUPO XI - 31 OS SOLOS HIDROMORFOS POUCO HUMÍFEROS A GLEY

O lençol freático oscila pouco durante o ano.

Estes solos têm sempre um horizonte à Gley G, à menos de 1,30m de profundidade, horizonte ~~onde~~ onde o ferro é reduzido a estado ferroso, e pode ou não se acumular.

Este horizonte G é caracterizado por cores cinza, esverdeados e ou azulados de cromo inferior a 2.

Sub-grupos 311 Solo a gley pouco profundo (80cm)

312 Solo a gley profundo (80 cm)

313 Solo a gley salgado

314 Solo a gley lessivado (presença de A₂ acima do gley, e ou de um A₁ muito arenoso)

1

GRUPO XI - 32 Os SOLOS HIDROMORFOS POUCO HUMÍFERO À PSEUDO-GLEY

O lençol freático atinge a superfície do solo, ou simplesmente a base de A₁ durante uma parte do ano; Além disto ele desaparece quase completamente durante o período seco (em geral o lençol é apenas alimentado pelas chuvas que caem sobre um meio impermeável e não devido às águas que vêm de fora). O movimento da água e a migração das substâncias solúveis se fazem verticalmente.

Estes solos apresentam um horizonte a pseudo-gley: faixas ou manchas ocre cor de ferrugem (ou ainda uma mistura de manchas ferrugens e cinzas) e/ ou concreções.

O pseudo-gley apareceu na base de A₂ ou no topo de A₂

SUB - GRUPO 321 Solo a pseudo-gley de superfície (Pelosolos)

322 Solo a lençol suspenso (geralmente em cima de B impermeável).

GRUPO XI - 33 - Os solos hidromorfos pouco humíferos a estagno-gley

O lençol freático, como no caso precedente, é um lençol unicamente alimentado po chuvas, porém ele é quase permanente (são solos de climas úmidos e fresco, onde a evaporação é fraca e as precipitações abundantes).

A matéria orgânica é concentrada em superfície, sobre pequena/ espessura. Os processos de redução do ferro são dominantes.

GRUPO XI - 34 Os solos à amphi - gley

São solos hidromorfos onde um horizonte a pseudo-gley é superposto a um horizonte a gley ligado a um lençol permanente

co profundo permanente

- um intervalo, onde não há nem pseudo-gley nem gley, e este entre o horizonte g e o horizonte G.

342 Solo a amphi - gley com oscilação do lençol freático de / forte amplitude.

GRUPO XI - 35 Os solos hidromorfos com acumulação de ferro em carapaça ou couraça

A acumulação de ferro (e de manganês) no horizonte a pseudo gley forma uma carapaça ou uma couraça.

Este fenômeno pode se produzir tanto nos climas tropicais / (úmidos e semi-árido) quanto nos climas temperados frescos e úmidos (Holanda).

GRUPO XI - 36 Os solos hidromorfos pouco húmifero com redistribuição calcáreo e Gipsia

São sobretudo solos dos climas mediterrâneos secos e dos / climas áridos

SUB - GRUPO 361 Solo com encostamento (de calcáreo e/ ou Gipsia)

362 Solo Hidromorfos com nódulos (de calcáreo)

BIBLIOGRAFIA SUMÁRIA

- AUBERT (G) 1964 "La classification des sols utilisée par les pédologues en zone tropicale et aride " ORSTOM
- AUBERT (G) sd curso ministrado na ORSTOM em 1968/69. Inedito
- AUBERT (G) e BOULAINÉ (J) 1967 "La pédologie" Collection Que Sais-je ? Presses Universitaires de France, Paris 128 p
- Commission de pédologie et de cartographie des sols : 1967 "Classification des sols" ENSA Grignon
- DEMOLON (A) 1960 "La dynamique du sol" Dunod 5^e ed. 520 p.
- DUCHAUFOR (P) 1965 "Précis de pédologie" 2^e ed. Masson, Paris.
- FERREIRA da SILVA (L) e OLIVEIRA de MELO (AA) 1970 "Levantamento detalhado dos solos do Centro de Pesquisa do Cacao" CEPLAC Itabuna.
- KELLOG 1950 "Tropical soils " IV Congres Intern. Science du Sol Amsterdam, 1950, 1, p. 266
- LENEUF (N) 1959 "L'altération des granites calco-alcalins et des grano diorites en Côte d'Ivoire forestière" ORSTOM 210 p.
- NYE in SEGALEN 1964
- ORSTOM-BOPA 1970 "Pédologie et développement " 205 p.
- RADWANSKI in SEGALEN 1964
- SEGALEN (P) 1962 "Manuel de prospection pédologique" Centre Orstom Yaoundé.
- SEGALEN (P) 1964 "Cours de pédologie tropicale" 2 volumes ineditos
- SOIL CLASSIFICATION 1960 "A comprehensive system, 7^e Approximation" Soil Survey Staff Soil conservation Service USDA 258 p.
- SOIL SURVEY MANUAL 1951 USDA Handbook N 19 503 p.