

# Aplicações do conhecimento dos solos intertropicais no desenvolvimento da Pedologia: a contribuição dos pedólogos franceses\*

ALAIN RUELLAN

Há cerca de 40 anos equipes de pesquisadores franceses, principalmente da ORSTOM, mas também de outras instituições, como o IRAT, estudam os solos e sua exploração nas regiões intertropicais. Diversos grupos, do CNRS, do INRA e de diversas universidades, têm levado seu apoio a equipes que trabalham principalmente na África e na América Latina, como ainda em alguns países da Ásia e do Pacífico.

Esses estudos abrangem atualmente mais de 10 milhões de Km<sup>2</sup>. Porém, mais ainda do que as superfícies cobertas, o que se deve ressaltar, sobretudo, é que tais estudos foram realizados em campo, a escalas muito variadas, desde 1:500.000 até escalas muito diminutas (1:1000, por exemplo), e, quaisquer que elas sejam, foram progressivamente, cada vez mais, acompanhadas de observações e medições detalhadas relativas a: constituintes, organizações microscópicas, propriedades físico-químicas, regimes hídricos, etc. Além disso, muitos desses estudos foram desenvolvidos com o estreito relacionamento entre geólogos, geoquímicos, geomorfólogos, hidrólogos, ecologistas e agrônomos, e ainda com economistas, sociólogos e etnólogos, tendo todas essas colaborações permitido definir melhor as relações que existem entre as coberturas pedológicas seu meio físico, biológico e humano.

Ao longo desses 40 anos de trabalho através do mundo, algumas centenas de pedólogos franceses e do meio intertropical puderam estar bem seguros para se interrogarem sobre a manutenção dos procedimentos e dos métodos:

- para estudo dos solos;
- para a aplicação desses estudos;
- para a transferência, de uma região a outra, dos conhecimentos adquiridos;

Eles participaram, então, de todos os grandes debates internacionais relativos a:

- métodos de observação, de medida, de representação cartográfica dos solos e de suas características;

---

\* Tradução por Carlos Roberto Espindola, do original: "Les apports de la connaissance des sols intertropicaux au développement de la Pedologie; la contribution des pedologues français", publicado em *Catena*, vol. 12(1):87-98, 1985.



- classificações pedológicas;
- metas para as cartas temáticas;
- etc.

Hoje é importante estabelecer o seguinte: 40 anos de pedologia intertropical nos ensinaram bastante, fazendo evoluir nossos conceitos, nossa visão do solo, nossos métodos de abordagem e de raciocínio. Em que tudo isso teria enriquecido a pedologia? Em que as especificidades do mundo tropical (as vias metodológicas que essas especificidades nos levaram a descobrir e a seguir) podem modificar a compreensão do que pode se ter hoje do solo, de sua evolução e dos caminhos a priorizar para seu estudo e para sua utilização? Sem querer ser exaustivo, é esta avaliação que se propõe a apresentar aqui, em linhas gerais. Mas, principalmente serão estudadas as especificidades do mundo intertropical, em todos os casos em que os pedólogos efetivamente trabalharam.

### 1. AS ESPECIFICIDADES DAS REGIÕES INTERTROPICAIS

O mundo intertropical é, de fato, específico: pelos seus climas atuais, por suas coberturas vegetais, pela morfologia de seus relevos, pelas sociedades humanas que aí vivem e por sua história geológica, climática e antrópica.

Todas essas especificidades estão, evidentemente, estreitamente ligadas umas às outras, tendo cada uma concorrido para a originalidade das coberturas pedológicas dessas regiões: pode-se afirmar hoje que não há mecanismos pedológicos específicos no mundo intertropical, mas há sempre uma conjugação de fatores que, em amplas superfícies, conduzem ao estabelecimento de grandes conjuntos pedológicos originais.

Nas regiões onde os pedólogos franceses mais trabalharam, isto é, na África Ocidental e Central e na América do Sul Central e Oriental, esses fatores são essencialmente:

- a estabilidade tectônica;
- uma certa estabilidade climática, sendo que a flutuação geológica dos climas é circunscrita ao interior do mundo intertropical;
- a intensidade dos mecanismos de alteração e de transferências.

Estabilidade, intensidade e duração: três condições em que a simultaneidade é original em relação a outras regiões do mundo, tendo essas condições possibilitado que os processos pedológicos (e os que dele decorrem) pudessem se exprimir prolongadamente. As vastas paisagens pedológicas de quatro dimensões (três espaciais e uma histórica) estão claramente inscritas em todas as escalas, sendo a expressão que os pedólogos gradualmente descobriram ao longo desses últimos 40 anos.

O mundo intertropical é, então, específico; os conjuntos pedológicos intertropicais são originais e sabe-se ainda, com base em experiências muitas vezes infelizes, que o seu comportamento e a sua utilização são específicos. Além disso, e também muito importante, deve-se ainda lembrar que as condições de trabalho do pedólogo na África, na América Latina, na Indonésia e alhures, foram (e ainda uma parte permanece) muito específicas.

A amplidão das regiões a descobrir; a coexistência de meios não cultiváveis e meios utilizados segundo métodos muito diversos; a amplidão de certas operações de manejo e de exploração abrindo grandes vazios (grandes cortes nas coberturas pedológicas, que permitem observações profundas e contínuas a grandes distâncias; derrubadas da vegetação em extensas superfícies, onde se pode seguir a evolução superficial em função dos sistemas de exploração); a disponibilidade de mão-de-obra e de terras, permitindo “esburacar à vontade” em qualquer parte em que se julgue necessário e possível; e ainda a opção feita pelos pesquisadores e técnicos, de se submeterem às exigências locais: a de viverem meses ou ano após ano no campo, em condições freqüentemente difíceis. Dessa forma, esses pesquisadores e técnicos, por vezes exploradores e sábios, graças a essa opção por trabalhos de campo intensivos, a diferentes escalas da paisagem, puderam melhor analisar, melhor acompanhar e melhor compreender a organização e o funcionamento dos ecossistemas nos quais eles viviam para os estudar.

### 2. O DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DOS PROCEDIMENTOS DE TRABALHO E DAS DESCOBERTAS

A especificidade dos meios e das condições de trabalho impôs-se aos pedólogos, desde o início, mas eles souberam encontrar respostas através de procedimentos sucessivamente diferenciado. Torna-se oportuno lembrá-los, pois explicam as descobertas e, por sua vez, a própria seqüência se torna explicável.

O primeiro procedimento (dos anos 1945-1960) foi o dos grandes percursos de inventário a escala continental, de cartografias a pequena escala. É a descoberta livre de qualquer referencial, a não ser a do conceito de zonalidade climática. É a exploração baseada na observação de perfis de posição, facilitada:

- pela existência de grande territórios monótonos, aparentemente homogêneos;
- por uma certa zonalidade climática, evidenciada graças aos aspectos das coberturas vegetais e dos relevos;
- pela vizinhança de vastas zonas não cultivadas e zonas exploradas segundo métodos e objetivos variados.

Os grandes conjuntos pedológicos intertropicais foram assim reconhecidos, nos seus caracteres os mais gerais e das suas distribuições regionais. Alguma de suas relações com as principais feições do meio puderam, desde então, ser estabelecidas: as zonalidades climáticas, os contatos floresta-savana, as variações em função das rochas e dos principais aspectos do relevo, tais como as superfícies escalonadas. Além disso, a especificidade do comportamento, da fertilidade e da fragilidade desses solos foram igualmente colocadas em evidência, desde esta época, mas sem serem verdadeiramente compreendidas e, por razão mais forte, dominadas.

Os estudos pedológicos e agrônômicos desenvolveram-se paralelamente nos meios temperados, com tentativas de transferências metodológicas em-



preendidas, particularmente em questão de interpretações pedológicas, traduções cartográficas e interpretações de comportamentos agrônômicos. Infrutuosas, pois muito baseadas na pesquisa de correlações com os fatores atuais do meio, essas tentativas tiveram o mérito de revelar gradualmente os limites da monotonia e da zonalidade das paisagens e das coberturas pedológicas intertropicais, as quais não são facilmente perceptíveis a escala reduzida.

As zonalidades climáticas e as distribuições em função das rochas se revelaram, com efeito, profundamente perturbadas pelas distribuições em função dos relevos, distribuições essas que apenas podiam ser explicadas por duas hipóteses chaves: pela existência de diferenciações laterais e pela importância do fator tempo, particularmente pelo fator história dos solos e das paisagens.

Com esses primeiros resultados gerais adquiridos e aquelas hipóteses lançadas, era necessário mudar de escalas, de métodos e de espírito. Foi uma pequena revolução cultural que marcou os anos 1960-1980; ela foi facilitada, de um lado, pela nitidez no número de diferenciações morfológicas verticais e laterais, e de outro lado pela possibilidade de se utilizar de novas técnicas de observações, de medidas e de experimentação, no campo e no laboratório.

Dois escalas foram gradualmente privilegiadas: a) a da bacia elementar ("bassin versant"), no seio da qual se estuda com detalhe a distribuição dos perfis, dos horizontes, dos caracteres morfológicos, dos constituintes, das propriedades físico-químicas e de certos componentes; b) a das microestruturas, que permite aplicar o critério petrológico e se demonstrar a profundidade: descoberta dos microssistemas de organização, interpretação cronológica dos aspectos, das estruturas e dos constituintes.

As interpretações pedogenéticas dessas observações e análises foram modificadas ao longo desses anos 1960-1980, mas elas evoluíram paulatinamente. Após as visões zonais e atualistas dos anos 1945-1960, houve primeiro uma tendência a se atribuir à geomorfogênese e aos climas do passado os papéis preponderantes em relação à pedogênese; erosão, remanejamento, solos truncados, solos enterrados, descontinuidades litológicas e paleossolos foram a base de numerosas interpretações de estudos e cartografias detalhadas. Mas, paralelamente, o aprimoramento das análises estruturais dos solos em diferentes escalas, a continuidade progressiva de observações, de medidas e de experimentações sobre o funcionamento atuais dos solos (dinâmica de água e das soluções, transportes de partículas e de elementos, atividades biológicas), e sobre o comportamento desses solos face às técnicas de exploração, tudo isso revelou gradativamente o predomínio dos mecanismos propriamente pedológicos e a existência de sistemas de transformações dos constituintes e das organizações pedológicas: essas transformações vão se suceder em um mesmo lugar, por autodesenvolvimento, ou por variações dos fatores externos dos "tipos de solos" considerados como muito diferentes; elas provocam a sucessão, em um mesmo lugar, à escala da bacia elementar, e freqüentemente de maneira rápida, de associações pedológicas diferentes, mas cronologicamente interligadas. O

conjunto traz conseqüências importantes sobre o relevo, a vegetação e o ecossistema, em seu conjunto. Da noção de solo evoluindo sob a ação dos fatores externos (relevo, vegetação, escoamento, ...) chegou-se, assim, à noção da cobertura pedológica como parte integrante do ecossistema, influenciando profundamente o funcionamento e as transformações do ecossistema e do relevo com os quais ela se desenvolve.

Tudo isso permite hoje reformular o conjunto dos conceitos e dos procedimentos que são a base de estudo, da cartografia, de interpretação e de utilização da cobertura pedológica.

### 3. AS PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DO CONHECIMENTO DOS SOLOS INTERTROPICAIS À PEDOLOGIA

Especificidade dos meios, das coberturas pedológicas e dos procedimentos para os conhecer e compreender. Não se trata nesse momento de detalhar as especificidades, mas de assinalar em que elas permitem enriquecer a Pedologia.

Quatro aspectos parecem essenciais:

- o solo, meio organizado;
- o solo, meio de concentrações minerais;
- o solo, agente de elaboração das formas do relevo;
- o homem, poderoso agente da transformação do solo.

Quatro temas, quatro contribuições que permitem reconsiderar, em todo o mundo, os enfoques e as funções da cobertura pedológica.

#### 3.1. O solo — meio organizado

A percepção do fato de ser o solo um meio organizado, estruturado, em que as distribuições dos constituintes (uns em relação aos outros) nunca são fortuitas, não é recente para todos aqueles que, após dezenas de anos, souberam associar o campo e o microscópio.

Entretanto, o conhecimento real e detalhado das coberturas pedológicas, a escalas que são verdadeiramente as das estruturas, continua muitas vezes por se descobrir. As dificuldades metodológicas, o respeito a certos critérios classificatórios, a desconfiança dos químicos, físicos e especialistas em mecânica dos solos diante de um enfoque estrutural das propriedades do solo — tudo isso contribui, ainda hoje, para retardar o conhecimento e a compreensão da anatomia de um bom número de coberturas pedológicas, das quais, no entanto, se utilizam e abusam, para o desenvolvimento das sociedades.

No meio intertropical, e durante muito tempo sobretudo na África, os fatos se desenrolaram de outra maneira. As razões já invocadas são múltiplas: o trabalho (simultâneo ou sucessivo) em diferentes escalas; a vontade de conhecer o solo a partir das suas próprias características; a opção estabelecida gradualmente, mas imposta pela realidade, de se escapar de certos estrangimentos conceituais, como o perfil e as classificações genéticas de pedons.



Tudo isso permitiu colocar em evidência duas realidades fundamentais: 1) A existência de que todas as escalas (desde o cristal e a célula, até a bacia unitária e a paisagem regional) reúnem e organizam os constituintes minerais e orgânicos, inertes e vivos, da cobertura pedológica. Estas estruturas são específicas do meio pedológico, nisso constituindo a principal originalidade. 2) Mais importante ainda é a existência de relações espaciais e temporais entre essas estruturas, as quais colocam em evidência, pela análise detalhada em diferentes escalas, as distribuições verticais e laterais dos constituintes e das estruturas. Observações e medidas dinâmicas confirmam a realidade de algumas dessas relações espaciais e temporais, mostrando que as estruturas — que se traduzem particularmente por sistemas de porosidade, pelas concentrações de outros constituintes, pelos contatos entre horizontes, etc. — desempenham, em todas as escalas, papéis fundamentais físico-químicos, mecânicos e biológicos dos solos.

A demonstração da organização a quatro dimensões da cobertura pedológica pode, assim, ser feita freqüentemente no meio intertropical, e os resultados que se deve reter são essenciais:

1) A todas as escalas, feições pedológicas, tipos de horizontes e “tipos de solos” (geralmente considerados como muito diferentes uns dos outros) estão, de fato, estreitamente interrelacionados:

a) no espaço: vertical e lateralmente, por vezes a grandes distâncias; particularmente a existência de relações laterais — transportes laterais de matéria no interior de certas coberturas pedológicas — reiteradas vezes foi demonstrada.

b) no tempo: sucedem-se no tempo e num mesmo lugar, por autodesenvolvimento da cobertura pedológica, ou por variações dos fatores externos.

Relações espaciais e temporais estão, sem dúvida, estreitamente interligadas. Freqüentemente, as distribuições das estruturas pedológicas — diversos tipos de feições pedológicas, vazios, agregados, horizontes, superposições de horizontes, topossequências — exprimem os diversos estádios da evolução de uma mesma cobertura pedológica.

Pôde-se mesmo demonstrar, em certas coberturas pedológicas, a analogia, em diferentes níveis de organização, das distribuições estruturais verticais, laterais e temporais.

2) A unidade de organização — “o indivíduo-solo” — que se deve conhecer, analisar, e que servirá de base para as representações cartográficas e para as transferências de conhecimento, não possui um modelo único. Isto obriga a repensar os procedimentos cartográficos, tipológicos e taxonômicos, bem como os de classificação.

### 3.2. O solo — meio de concentrações minerais

Altas concentrações mono-minerais e subsuperficiais de alumínio, ferro, manganês, caulinita, esmectitas, carbonatos, sulfatos e cloretos cobrem superfícies consideráveis nas regiões intertropicais.

A origem pedológica da maior parte das concentrações — por alteração, transportes, acúmulos relativos e absolutos, gênese de novos minerais —

isso no quadro de um meio estrutural em perpétua evolução (ao mesmo tempo guia e consequência de mecanismos de concentração), tudo isso foi muitas vezes repetido e evidenciado.

Neste particular, de fato, a pesquisa foi amplamente pluridisciplinar: geólogos, geomorfólogos, geoquímicos, mineralogistas e metalogenistas alternam-se e se confrontaram, mas, sobretudo, colaboraram para destrinchar paulatinamente a complexidade dessas concentrações, convergindo, de ano a ano, para um certo número de hipóteses comuns quanto a sua gênese.

Hoje, graças a esses trabalhos, os mecanismos de transportes nos solos, os comportamentos geoquímicos de certos constituintes, a localização de certas concentrações minerais nos solos e nas séries ditas sedimentares, são vistos segundo novos procedimentos, um pouco em cada parte do mundo. A acumulação relativa de um elemento pela evacuação de outros constituintes; o acúmulo absoluto pelo preenchimento dos vazios; o acúmulo absoluto pela substituição isovolumétrica, por epigenia: a análise estrutural dessas acumulações permitiu, assim como à geoquímica, obter progressos significativos.

### 3.3. O solo — agente de elaboração das formas do relevo

A pesquisa de relações entre os solos e os relevos é uma preocupação permanente do pedólogo.

No meio intertropical a importância dos fenômenos de alteração química, de subtrações de matéria e de concentrações minerais residuais permite mostrar que, na elaboração dos relevos, o papel dos mecanismos geoquímicos e dos mecanismos de diferenciação da cobertura pedológica não se reduz à simples preparação de um material mais fácil de ser erodido. Há também uma retificação dos relevos pela transformação mineralógica, por subtrações geoquímicas e por modificações da circulação da água no interior e no topo dos solos.

Assim, na maior parte das coberturas pedológicas dos meios intertropicais podem ser distinguidos três conjuntos:

1) Na base dos mantos de alteração há um conjunto de alteritos mais ou menos espessos, onde os mecanismos pedológicos não perturbam as principais estruturas e os volumes originais das rochas-mães. As subtrações, as transformações, a epigenia e a gênese de novas estruturas ocorrem com conservação dos volumes, portanto sem influência direta sobre o relevo. Entretanto, a criação de estruturas e de novas discontinuidades pode já, eventualmente, alterar a circulação das águas e, então, modificar a alimentação lateral das nascentes e dos rios, de maneira que o poder de erosão e de transporte pode ser assim influenciado.

2) Mais acima a acentuação das subtrações provoca a destruição do isovolume. Há deformação e desmoronamento das estruturas litológicas, afinamento superficial dos volumes e desenvolvimento das diferenciações estruturais pedológicas. A superfície do solo registra esses abatimentos. É no interior desse segundo conjunto que as migrações laterais assumem, por



vezes, maior importância: pode-se tratar, então, de uma verdadeira erosão interna, em que o papel aplainador é significativo. Certas diferenciações estruturais podem, por outro lado, ao criar planos de descontinuidade, facilitar o desencadeamento de verdadeiros escorregamentos do terreno.

3) Finalmente, na superfície do solo a erosão opera sobre os materiais longamente preparados pelos mecanismos pedológicos residuais da pedogênese: a intensidade dessa erosão depende, ao mesmo tempo, dos tipos de porosidade e da fragilidade das estruturas.

É necessário ressaltar de passagem as estreitas relações que se revelam entre as estruturas de cobertura pedológica e os regimes hidrológicos: aí também se evidencia uma das contribuições mais significativas da pesquisa pedológica intertropical.

#### 3.4. O homem — poderoso agente da transformação do solo

No meio intertropical a inadequação dos critérios de fertilidade estabelecidos em regiões temperadas rapidamente impôs-se aos pedólogos trabalhando nessas regiões. As razões são múltiplas: as soluções do solo são mais diluídas; os teores em nutrientes são menores ou mais dispersos; as capacidades de troca são mais fracas; as lixiviações são extremas; a variação do pH é mais ampla; certos componentes orgânicos possuem uma estabilidade mais fraca; certos processos são bloqueados pela dessecação extrema na estação seca; ao contrário, as renovações são mais rápidas e, enfim, certas estruturas são mais frágeis e se transformam mais rapidamente.

A tomada de consciência dessas diferenças, devidas essencialmente à importância da contribuição pluvial e de sua distribuição, por vezes contrastada, foi contemporânea do progresso das técnicas de identificação e de quantificação dos constituintes. Ela suscita o estabelecimento de novas metodologias analíticas.

Entretanto, a contribuição mais importante dos estudos agro-pedológicos em meio intertropical foi a colocação em evidência do papel capital do homem na evolução das coberturas pedológicas. A comparação entre zonas não cultivadas e zonas desmatadas, acompanhando-se a evolução dos solos em função das técnicas de desmatamento e das técnicas de cultivo, revelaram que as rupturas de equilíbrio provocadas por essas mudanças ocasionaram, muito rapidamente, modificações morfológicas espetaculares: erosão, seguramente, mas essa erosão é, de fato, o resultado de modificações estruturais mais profundas, onde os fatores são múltiplos — compactação quando do desmatamento, modificações totais das atividades biológicas e dessecações extremas durante as estações secas.

Tudo isso afeta a porosidade por diversas dezenas de centímetros do solo, modifica os regimes hídricos, muda o sentido das circulações de água, provoca novos arrastamentos de matéria: o desabamento das estruturas libera partículas finas que são arrastadas; a aeração reduzida facilita a colocação de elementos em solução, que são lixiviados; a diminuição da porosidade acelera o desencadeamento da erosão. Observa-se, assim, suceder-se em um mesmo lugar, muito rapidamente, estruturas distintas, dife-

rentes porosidades, novas dinâmicas, tudo caminhando, em geral, em direção a diferenciações estruturais verticais mais fortes, com encharcamentos temporários mais frequentes, dinâmicas laterais mais acentuadas e empobrecimentos mais intensos. É, aliás, surpreendente constatar que algumas dessas transformações rápidas são análogas às transformações muito mais lentas que marcam a história pré-antrópica dos solos, história que a literatura da análise estrutural das coberturas pedológicas em diferentes escalas permite reconstituir.

Sendo as coberturas pedológicas fortemente estruturadas, fortemente diferenciadas vertical e lateralmente, como ainda a sede de transportes verticais e laterais, e também de modificações rápidas e importantes, tudo isso conduz a se repensar o enfoque da fertilidade dos solos. A lição principal a se tirar é que, quando se fala em fertilidade do solo — disso que ela é hoje, e de que se almeja que ela seja amanhã — é necessário prestar atenção a duas coisas:

1) A fertilidade não se define a partir das únicas características de um pedon, mas pelas características de uma associação pedológica muito mais ampla, da qual é necessário conhecer-se as variações verticais, laterais e temporais;

2) Para conhecer a fertilidade é necessário prover os meios de se levar em conta, de uma maneira prioritária, os caracteres morfológicos detalhados e suas relações com os outros atributos dos solos, particularmente os físico-químicos, como também suas relações com os mecanismos de evolução dos solos e com as plantas.

Isso obriga a repensar completamente os procedimentos de experimentação agrônômica, em que os locais e as modalidades de experimento devem levar estritamente em conta a realidade das estruturas da cobertura pedológica.

#### 4. O FUTURO

Tais são, resumidamente, as principais contribuições à pedologia dos trabalhos franceses sobre os solos intertropicais, que, pelas evidências, são essenciais; falta, entretanto, melhor valorizá-las.

— Valorizar, de um lado, significa verificar, em todas as partes das regiões não tropicais, em que medida os resultados que nos são oferecidos pelos solos intertropicais são transferíveis: algumas pesquisas nesse sentido foram já empreendidas na França. Elas tendem a provar uma certa generalidade dos resultados intertropicais, sendo necessário multiplicar essas pesquisas e verificações.

— Valorizar, de outro lado, significa também conceder tempo e meios para se repensar certos procedimentos pedológicos. Tratam-se, particularmente, dos procedimentos em: análise estrutural, cartografia, classificações, experimentação agrônômica, diagnóstico da fertilidade dos solos, recomendações de uso e manejo, etc. A esse respeito deseja-se, com este artigo, traçar algumas diretrizes.

A pedologia hoje, após um século de história, e sobretudo após 30 anos



de intenso desenvolvimento, está, provavelmente, diante de uma importante encruzilhada na sua história, da qual é necessário sair bem sucedida.

Assim sendo, para se tomar o caminho correto, torna-se necessário recolocar quatro tipos de questões, que são clássicas, mas às quais é necessário fornecer novas respostas. Essas questões são as seguintes:

- a pedologia; para quem, com que objetivo e para quais utilidades?
- o solo que devemos estudar: como o percebemos e o definimos?
- estudar o solo: o que significa isso, e do que se trata exatamente?
- enfim: em decorrência das respostas dadas às três primeiras questões, quais são as prioridades que nós desejamos hoje para os trabalhos de pesquisa em pedologia?

A partir das contribuições do estudo dos solos intertropicais, as principais respostas que podem ser dadas a estas quatro questões parecem ser as que se seguem.

#### 4.1. Para que é aplicável a pedologia, com quais objetivos e para quais utilizadores?

Quase no mundo todo, e particularmente nos locais onde o uso dos solos aumentou rapidamente, os diversos "utilizadores" dos solos, assim como os responsáveis pela planificação do uso e manejo do meio, ressentem-se, cada vez mais, da necessidade de estudos pedológicos detalhados e, em particular, de cartas pedológicas as mais precisas possíveis.

Há cinco razões principais para isso:

a) Os volumes e as qualidades das produções agrícolas e florestais dependem das propriedades dos solos e, sobretudo, da maneira como são tratados, trabalhados, melhorados e protegidos os solos.

b) Os regimes hidrológicos, bem como as qualidades químicas e biológicas das águas nos lençóis freáticos e nos rios são fortemente influenciados pelos solos, uma vez que as águas se movimentam mais ou menos lentamente, segundo percursos mais ou menos longos, antes de atingirem os reservatórios e os desaguadouros. Todas as modificações morfológicas, físico-químicas e biológicas dos solos influenciam as águas, ou seja: todas as modificações de uso dos solos (tipo de utilizadores, modalidades de uso) influenciam as águas.

c) A resistência de uma construção, seja ela uma rodovia, um prédio ou uma fábrica, e sua influência sobre as águas (regimes hidrológicos e qualidade das águas), sobre os solos adjacentes (erosão, transformação de certas propriedades físicas e químicas) e sobre a vegetação, etc., dependem das propriedades dos solos sobre os quais a construção foi efetuada e ainda de maneira como os solos foram tratados ao longo da construção. Além disso, o solo é freqüentemente usado como material (para construções, para indústria . . .).

d) Os sistemas pedológicos são cada vez mais utilizados para a purificação dos resíduos agrícolas, industriais e urbanos.

e) Nas regiões onde os solos são espessos (principalmente os meios tro-

picais e equatoriais), é pelo estudo desses solos que se pode mais facilmente realizar certas prospecções geológicas e a pesquisa de certas concentrações minerais subsuperficiais.

É necessário não se restringir o estudo dos solos ao objetivo unicamente agrícola.

#### 4.2. O que é o solo?

A essa questão há quatro respostas essenciais:

a) O solo, a cobertura pedológica, constituída por sólidos minerais e orgânicos, líquidos e gases, por seres vivos e inertes, é um meio organizado ou estruturado. Os constituintes não estão dispostos, uns em relação aos outros, de uma maneira qualquer. O solo tem uma morfologia: é a sua anatomia. Um dos aspectos essenciais dessa morfologia é a porosidade: o solo é um meio poroso, e esta porosidade desempenha papéis essenciais.

b) O solo é um meio contínuo, sendo artificial e arriscado querer continuar a individualizar unidades definidas por um perfil vertical, para, em seguida, procurar caracterizar, classificar e cartografar. O indivíduo — solo, equivalente ao indivíduo animal ou ao indivíduo vegetal, não existe a esse nível. A abstração do perfil indivíduo-solo deve ser abandonada.

c) O solo é um meio dinâmico, em perpétua evolução:

— há evolução e transformações permanentes, cíclicas ou não, dos constituintes, das estruturas e dos sistemas porosos;

— há no interior dos solos transportes permanentes ou intermitentes de matérias sólidas, líquidas, gasosas e biológicas.

d) Sendo o solo um meio em perpétua evolução, ou em perpétua transformação, ele tem um passado e um futuro — passado que se deve tentar reconstituir e compreender, e futuro que se deve tentar prever e assumir.

#### 4.3. O que quer dizer: estudar os solos?

As respostas a esta terceira questão são deduzidas automaticamente das respostas dadas à questão precedente:

a) Estudar a cobertura pedológica significa primeiramente observar, medir, representar e interpretar as organizações morfológicas. E também é necessário fazê-lo a diferentes escalas, desde a paisagem até o microscópio. Trata-se de efetuar uma análise estrutural da cobertura pedológica.

b) Estudar a cobertura pedológica, paralelamente à análise estrutural, e em função desta, significa reconhecer e analisar os constituintes, determinar e medir as propriedades desses constituintes e de suas estruturas.

c) Estudar a cobertura pedológica é, enfim, observar e acompanhar os mecanismos, as transferências, as atividades atuais do meio pedológico, sendo também necessário seguramente fazê-lo em função dos constituintes e de suas organizações, e em relação com seus agentes — os fatores de suas dinâmicas, a saber: o clima, as rochas, o relevo, as atividades biológicas, as atividades humanas . . .



#### 4.4. *Quais são as prioridades para os trabalhos de pesquisa em pedologia?*

A partir das respostas dadas às três questões precedentes, são deduzidas três prioridades: a análise estrutural, a análise físico-química e biológica e a observação e medidas dos mecanismos.

##### 4.4.1. A Análise Estrutural

Um enorme trabalho de inventário dos solos já foi realizado no mundo todo. Isso foi indispensável e é necessário prosseguir.

Mas, paralelamente, é necessário fornecer os meios de se aperfeiçoar este trabalho, isto é, aperfeiçoar o conhecimento das organizações dos diversos tipos de coberturas já levantadas. Para isso é indispensável mudar, ao mesmo tempo, de procedimento e de escala.

a) Mudar de procedimento: trata-se, antes de tudo, de se privilegiar a análise estrutural objetiva, independente de todo o sistema de referência, e, em particular, de qualquer sistema de classificação. A título de exemplo, isto quer dizer que:

— deve ser dada prioridade ao reconhecimento, ao estudo detalhado e à cartografia das características pedológicas e dos horizontes pedológicos, e não a zonas homogêneas teóricas, caracterizadas por perfis típicos, por referência a uma classificação, qualquer que ela seja;

— deve ser dada prioridade ao reconhecimento, ao estudo detalhado e à cartografia dos limites correspondentes à modificação de uma, ou de diversas características, em um ou mais horizontes; é muito importante dispor de uma carta com uma boa legenda dos limites.

b) Mudar a escala: isto quer dizer, por exemplo: elaborar as cartas a pequena escala, não apenas para estudos em pequenas escalas, mas também, sobretudo, para um certo número de estudos muito detalhados, a grandes escalas, como para zonas testes. A precisão de uma carta depende do número de estudos em grande escala a serem feitos, para serem generalizados a pequena escala. Isso é muito importante: a precisão de uma carta, ou a precisão do conhecimento de um meio, não pode ser avaliada apenas com base no número de observações por hectare. A precisão do conhecimento de um meio pedológico deve depender do número de estudos muito detalhados a grandes escalas (1:1000, 1:500, com os apoios microscópicos necessários) das zonas testes, que são geralmente pequenas bacias de drenagem de alguns hectares. Nestas, deve se dispor de tempo suficiente para bastante cuidado cujos estudos vão permitir extrapolações significativas a pequena escala, com muita objetividade e sem referência a sistemas de classificação, os quais são sempre reducionistas quando da transmissão das informações.

##### 4.4.2. A Análise Físico-Química e Biológica

Trata-se de desenvolver a análise dos constituintes e a avaliação das propriedades físico-químicas e biológicas em função das organizações reconhecidas em diferentes escalas.

Aí é necessário ser categórico: não se tem o direito de continuar a se desperdiçar o dinheiro fazendo boas análises em amostras tomadas não se importa como, análises essas que conduzirão sempre a interpretações errôneas.

Em todas as escalas é necessário fornecer os meios de se reconhecer e analisar os constituintes em função de sua localização: situação em relação aos outros constituintes e aos vazios — a porosidade. De fato, o que importa não é tanto saber se um horizonte pedológico é pobre ou rico em certo elemento, ou se a capacidade de troca dos constituintes desse horizonte é alta ou baixa. O importante é saber se os elementos necessários à planta são ou não acessíveis às raízes dessa planta, o que depende estreitamente das estruturas, das organizações e das localizações. O que importa também saber é se a capacidade de troca de certo constituinte é acessível ou não à circulação de certas soluções e à troca com as raízes; isso também depende das estruturas, das organizações e das localizações. Assim, é necessário um enorme esforço a ser dispendido em lógica e precisão.

##### 4.4.3. A observação e as medidas dos mecanismos

Trata-se de desenvolver essas observações e medidas, ainda muito mais raras e incompletas:

— evolução dos constituintes;

— modificações, cíclicas ou não, das organizações: estruturas e porosidades;

— Funcionamento dos componentes transportáveis sólidos, líquidos e gasosos, sendo hoje mais importante, certamente, melhorar nossos conhecimentos sobre os transportes hídricos da água e das soluções em função dos sistemas biológicos: é o amplo problema das relações solo—água—planta, que regulam uma grande parte do comportamento, da fertilidade e da conservação dos solos.

Nesse campo, como nos outros, é preciso parar de se contentar com correlações entre observações e medidas estáticas, para delas se deduzir as dinâmicas. É necessário prover os meios de se colocar em evidência, de se observar e de se medir as dinâmicas.

\* \* \*

Todos esses estudos de análises estruturais, de análises físico-químicas localizadas e de medidas de funcionamento são já empreendidas, aqui e ali, nas diferentes regiões do mundo. Há hoje necessidade de conferir a elas prioridades metodológica e orçamentária, como também prioridade ao nível de ensino técnico e superior. Aliás, é preciso, para isso, reconceber o ensino da pedologia, sendo necessário ampliar consideravelmente a clientela desse ensino.

O conceito fundamental e essencial que deve sustentar as futuras pesquisas em pedologia é o de solo = meio organizado, meio estruturado. A cobertura pedológica, como toda a entidade natural, é, antes de tudo um meio estruturado. Isto significa dizer que:



— conhecer um solo ou uma cobertura pedológica é, principalmente, antes de tudo, conhecer sua organização morfológica a todas as escalas, desde a paisagem até o cristal;

— utilizar um solo ou uma cobertura pedológica é também, antes de tudo, valorizar sua organização morfológica.

Em pedologia há hoje uma evolução perigosa que é necessário refrear; é ela que cria um fosso entre:

— de um lado, aqueles que se ocupam sobretudo de trabalhos de campo, a quem não se quer dar nem o direito nem o tempo de realizar estudos detalhados, aos quais se solicita a aplicação de receitas, isto é, classificações, glossários, métodos automáticos, “passe-partout”, descrições e cartografia dos solos.

— de outro lado, aqueles de aventais brancos, que apenas realizam em laboratório análises muito refinadas e complexas, com resultados certamente excelentes, muito sofisticados, mas que são freqüentemente incapazes de delimitar seus campos de aplicação, porque suas amostras foram desvinculadas de todos os contextos naturais.

A pesquisa pedológica a serviço do conhecimento, mas também a serviço do desenvolvimento, dos agricultores, dos técnicos de manejo, dos silvicultores e dos arquitetos, deve ser, antes de tudo, um trabalho de equipe associando diversos tipos de especialistas do solo, todos eles numa permanente ida-e-volta entre o campo e o laboratório, entre o macro e o micro observações e medidas, entre a caminhada a pé e a microsonda.

A prioridade hoje é para a constituição e desenvolvimento dessas equipes pedológicas, as quais devem associar-se a outros especialistas da pesquisa, para o conhecimento e a valorização dos meios e das sociedades.