

PRELEÇÕES DE PEDOLOGIA

Prof. PAUL VAGELER
da Escola Superior de Agricultura
de Berlin e da Escola Nacional de
Agronomia do Rio de Janeiro

19.A PRELEÇÃO

Não somente a força de transporte dos ventos mas os diferentes aquecimentos da superfície da terra pelos raios solares, têm consequencia de importancia na formação dos solos.

O calor, aquecendo a agua, provoca-lhe a evaporação. O vapor, quando se condensa, cõe novamente sobre o solo em forma de chuva ou orvalho. Os raios solares são, em ultima analyse, os agentes que provocam as precipitações de chuvas, factores da maior importancia para a vida animal e vegetal, assim como para a formação dos solos.

Para avaliar-se as condições de precipitação, não basta o conhecimento da quantidade e distribuição de chuvas, mas o da relação entre quantidade dellas e a evaporação, isto é, a aquisição ou a perda d'agua.

Os climas em que, no mesmo espaço de tempo, a possível evaporação é maior que a precipitação, são denominados *aridos*. Em caso contrario, isto é, quando a precipitação é maior que a evaporação, no mesmo espaço de tempo, os climas são *humidos*. Os typos intermediarios são representados por climas *semi-aridos* e *semi-humidos*; 1 millimetro de precipitação ou de evaporação, corresponde a aquisição ou a perda de 10 metros cubicos de agua por hectare.

Resta saber a importancia que têm, para o solo, a temperatura e a humidade do ar, assim como as precipitações, factores climaticos da atmosphaera, dada a hypothese de admittir-se que o clima do solo seja equivalente ao da atmosphaera.

Si a terra fosse plana e sem vegetação, seria possivel admittir que a humidade do ar e a do solo se equivalessem. Nesta hypothese, a differença entre a precipitação e a evaporação corresponderia á humidade do solo. Os climas do solo seriam distribuidos sobre a terra de accordo com as condições climaticas da atmosphaera e com a vegetação, numa assombrosa monotonia (regularidade).

As causas, porem, se passam de modo diverso.

Effectivamente, nos tropicos e sub-tropicos, mais do que em qualquer outra região, encontram-se solos humidos ao lado de solos aridos, exactamente o contrario do que estabelece a theoria. Do mesmo modo, encontra-se, na maioria dos casos, um mosaico de formação de solos. E' raro encontrarem-se formações typicas em logares previstos theoricamente, ainda que em outros climas.

Cada systema de classificação baseado nos factores climaticos, mesmo modificados pelas restricções feitas por Glinka, relativamente aos factores endodynamorphicos, tem tantas excepções, que a natureza parece zombar dos estreitos systemas até agora estabelecidos.

Existem, sem duvida, grandes lacunas na coordenação da theoria com os factos. Verifica-se, de inicio, que as excepções sobrepujam os casos regulares, mesmo quando se faz abstracção das differenças de temperatura do clima do solo e da atmosphaera.

Si não ha duvida que, para dada temperatura, a humidade é o mais importante factor de formação do solo, tambem é certo que a temperatura do solo tem pouca relação com a da atmosphaera. Do mesmo modo, a humidade do solo, na sua totalidade, não tem relação com a da atmosphaera.

A vegetação actúa como reguladora da temperatura, dentro dos limites determinados pelo clima da atmosphaera. A influencia da vegetação sobre a humidade dos solos não é menor, mas faz-se sentir em dois sentidos differentes.

Pode admittir-se, de modo geral, que, para a formação de uma tonelada de materia secca, sejam necessarias 400 toneladas dagua. A retirada da agua, pelas plantas, por hectare de solo, varia com a natureza da producção vegetal, desde zero nos desertos até 6 000 toneladas nas florestas, existindo, evidentemente, valores intermediarios. Uma tonelada dagua corresponde, por hectare, á precipitação de 0,1 de millimitro ; é facil imaginar que se perde grande parte da precipitação principalmente nas regiões ricas de vegetação, que muito pouco corre para a humidade do solo e só momentaneamente pode ser levado em conta para o clima dos solos. Outra parte, já no momento da precipitação, perde-se por evaporação sobre as plantas.

Nas vegetações densas, esta quantidade dagua que se evapora, desta maneira, attinge 20 % em media ; ella é naturalmente menor quando as chuvas são fortes, mas muito maior quando as chuvas são pequenas. Estas, mesmo nos climas temperados, nas florestas, não chegam a attingir o solo.

Quem já atravessou as regiões de mattas tropicaes com tempo chuvoso, conhece a impressão particular do barulho da chuva nas folhas altas, emquanto que poucas gottas attingem o solo. Sendo assim, em muitos casos só se percebe que chove pelo barulho da chuva sobre as folhas e pela forte escuridão.

Nas formações ralas de vegetação, a perda por evaporação sobre as plantas é relativamente muito menor. Neste caso, porém, não existe, como nas florestas, protecção contra a evaporação da superficie do solo, visto como, após as chuvas, os raios solares a attingem em cheio. Nas formações compactas, a maior quantidade de precipitação se evapora nas arvores ; nas formações ralas ella se processa, no solo, por falta de protecção pelas plantas.

Incluindo a quantidade dagua necessaria á vida da planta, pode estimar se que a perda por evaporação directa ou indirecta raras vezes desce abaixo de 40 %, mas frequentemente vae alem de 50 %, mesmo nas regiões chuvosas. Nas regiões seccas, onde a evaporação das precipitações é intensa, as perdas são ainda maiores.

Por outro lado a vegetação exerce influencia na economia da humidade, diminuindo o escoamento da agua tanto mais intensamente quanto mais espessa ella fôr.

Em se tratando do escoamento da agua, ficou mencionado o ponto mais importante do problema da retenção da humidade do solo, que eu não hesito em collocar em primeiro lugar, visto como elle é decisivo para a compreensão das causas que tornam os solos tropicaes tão diversos entre si, em pequenas distancias.

O problema do escoamento das aguas de chuva está minuciosamente estudado nos climas temperados. Nas regiões tropicaes e sub-tropicaes porem, as pesquisas ainda são muito incompletas, não obstante já disporem de resultados bastante interessantes, posto que differentes dos que se obtiveram nas zonas temperadas. As quantidades dagua escoada são absoluta e relativamente elevadas. Para iguaes quantidades de chuva nos tropicos e sub-tropicos, quasi sempre se escôa porcentagem maior que nos climas temperados, apesar da forte evaporação fazer suppor o contrario.

Os coefficients de escoamento são sempre extremamente altos nos climas seccos e semi-seccos, o que pode ser facilmente verificado quando se tem oportunidade de viajar em taes regiões, em tempo de chuva. O transbordamento de rios (seccos, durante alguns mezes, como como acontece no nordeste do Brasil), com enorme massa dagua, é a demonstração evidente do grande escoamento nessas regiões. Não menos expressivos são os enormes depositos aluviaes dos rios das terras aridas, somente possiveis pelo apparecimento repentino de desproporcionadas quantidades dagua.

A causa de todos estes phenomenos é evidente. E' a grande densidade das chuvas, isto é: a grande quantidade em relação á unidade de tempo, nas regiões tropicaes e sub-tropicaes, que ultrapassa de muito a que se observa nas zonas temperadas. Esse factó é mencionado em quasi todas as descrições de viagem atravez essas regiões. "A chuva cáe como uma muralha dagua", é uma expressão muito frequente em taes descrições. O factó é confirmado pelo registo de mais de 120 millimetros de altura de chuva, por hora.

A extraordinaria significação da existencia da grande densidade das chuvas dessas regiões, para a economia da agua do solo é, não obstante, pouco conhecida.

As chuvas de 10 millímetros ou pouco mais, por hora, são inteiramente absorvidas por solos leves, sem escoamento superficial, mesmo em superficies inclinadas. Nos solos pesados, chuvas dessa altura, mesmo em regiões relativamente planas, formam não apenas poças dagua mas enxurradas.

Em regiões particularmente planas, a agua inunda todo o terreno, e se existe pequena inclinação do solo, ella se move na direcção da inclinação, numa corrente laminar compacta.

Si a quantidade de chuva ultrapassa de muito a quantidade da agua obsorvida pelo solo (este excesso é, evidentemente, funcção da densidade da chuva), uma camada dagua mais ou menos espessa, de movimento lento, inunda toda a terra. Nos logares onde a inclinação do terreno é maior, os filetes dagua se transformam em corregos, provocando erosão muito pronunciada, sem dar á agua tempo para penetrar no solo. Por isso, todas as vertentes em regiões de grandes alturas de chuva, sobretudo nos tropicos e sub-tropicos, concorrem para modificar o clima do solo.

Nas partes inferiores das encostas, principalmente nas fraldas dos outeiros e serras e, em pequena escala, em todas as ondulações do solo, accumula-se deposito de material granuloso, disposto em zonas e muito permeavel. A agua penetra mais, ahi.

Por isso tambem nos climas aridos o clima do solo nas fraldas das montanhas é relativamente humido. A propria exposição em relação á direcção da chuva predominante, desempenha funcção importante. Assim, p. ex., encontra-se frequentemente em regiões seccas somente o lado dos outeiros expostos ás chuvas, coberto com terra vermelha, onde se desenvolve vegetação de clima humido relativamente exuberante, e mais ou menos independente do clima do ar.

Nos climas aridos, nas depressões do solo onde a agua se concentra, formam-se solos humidos. Os solos das depressões são, em geral, argilosos e pesados, pouco permeaveis á agua.

Nas regiões seccas, os solos das baixadas tendem mesmo a se formarem sob a influencia da excessiva humidade temporaria, como accentúa Glinka. Formam-se solos, de oxidos reduzidos, de terra preta, pantanos ou eventualmente terrenos salgados, dependentes de condições locais, da natureza da rocha e da quantidade de restos de plantas trazidas ás baixadas ou nellas formadas.

Quando a baixada é grande, de tal modo que o excesso d'agua fornecido pelas vertentes das montanhas não mais desempenham papel importante, ou quando se trata de planalto elevado, o parallelismo entre o clima do solo e o do ar é grande. A humidade soffre modificação pela permeabilidade differente das camadas superiores do solo, formando-se mesmo, neste caso, sobre perfis impermeaveis, brejos e lagos, isto é, logares de humidade excessiva.

Resumindo: as condições do clima do ar fornecem os principios geraes nos quaes se enquadra a formação dos solos. Entretanto, nas suas particularidades são muito influenciadas pela vegetação, distribuição de chuvas, topographia da região e natureza da rocha, podendo dizer-se estas influencias secundarias modificam completamente as condições climaticas do ar, no sentido restricto da palavra. Nos tropicos essas influencias são muito mais intensas que nos climas temperados.

* * *

20.A PRELEÇÃO

Viu-se nas duas preleções anteriores, de modo summario, os factores climaticos mais importantes para a formação do solo: temperatura, vento, humidade e evaporação. Tratar-se-ha, agora, com minuncia, do modo como esses factores actúam como agentes de desaggregação mecanica das rochas, e como procedem no transporte do material desaggregado, dando origem aos solos aluviaes, em contraposição aos solos de formação local.

Segundo Ramann, a desaggregação mecanica das rochas produz desintegração physica do material sem modificar a composição chimica. Como desaggregação mecanica, no sentido

restricto da palavra, pode designar-se a simples fragmentação da rocha nos componentes mineraes, e a desaggregação de cada mineral em pequenos fragmentos, sem acarretar transformação chimica. Nos climas quentes, as repentinas oscillações de temperatura são os mais importantes agentes de desaggregação.

Os limites em que oscillam o calor especifico e o coeficiente de dilatação dos componentes da rocha são pequenas : minimas fracções de millimetro. Estas differenças, porem, não só são sufficientes para augmentar as tensões já existentes na rocha como podem produzil-as muito elevadas. Desse modo, os grãos da rocha, composta de differentes especies mineraes, fragmentam-se pela longa exposição e elevação de temperatura e resfriamento, tendo as differentes côres de cada componente papel importante, por isso que acarretam aquecimento desigual dos mineraes. O resultado da desaggregação pela temperatura, porem, não está limitado a este unico cyclo de actuação.

A área de dilatação de um metro quadrado de rocha, segundo Ponck, é de 14 centimetros quadrados para uma differença de 70 grãos de temperatura. E' o que acontece nos tropicos e sub-tropicos entre a superficie e o interior de um massiço, pois que a condutibilidade calorifica da rocha se processa muito lentamente. Dahi resulta o phenomeno conhecido por *esfoliação* ou *descascamento*, que não passa desapercibido aos viajantes nas regiões seccas e isentas de vegetação. O granito, rocha granular inatacavel, tende principalmente a fragmentar-se em laminas, que attingem muitos metros quadrados de superficie.

Nas rochas compactas, o phenomeno limita-se quasi sempre á esfoliação das camadas mais delgadas da superficie, o que pode ser verificado directamente quando por occasião de chuvas sobre a superficie aquecida. As expansões decorrentes das differenças de temperatura, que produzem fragmentação de brócos inteiros e massiços de grãos e pedras, são, do mesmo modo, analogas ás da fragmentação da rocha em detricitos. E' provavel que a origem dos seixos e das rochas com estrutura parcial de *gels*, extraordinariamente caracteristicas dos desertos, seja esclarecida de modo differente : pode observar-se com frequencia, especialmente nas primeiras horas do dia,

quando o sol aquece repentinamente a rocha que se resfriou durante a noite. Além das repentinas mudanças de temperatura, a dehidratação das camadas superficiais tem papel importante nas consequências das expansões que se processam.

Nas regiões seccas é enorme o effeito da destruição das rochas pela temperatura; observa-se que as montanhas frequentemente parece que surgem dos proprios destroços.

Evidentemente, essas fortes actuações limitam-se á superficie, as atacam seguramente, como accentúa Lang, com intensidade decrescente, no correr dos séculos e tanto mais profundamente quanto mais penètrem as oscillações de temperatura: este facto se verifica mais nas rochas do que nos solos.

Nos climas quentes, os saes soluveis constituem factor importante na transformação da rocha em material solúvel; nas massas comprimidas isto acontece em todos os climas seccos e quentes.

A influencia dos saes soluveis como factores de transformação é das mais importantes, sobretudo nos climas deserticos, como accentuam Schweinfuhr, Walter e outros. Walter, que estudou especialmente as leis da formação dos desertos, assim se exprime: "durante a noite os saes hygroscopicos das rochas condensam a humidade do ar e o soluto salino penetra facilmente nas fendas capillares das rochas; com a insolação a agua se evapora e o sal crystalliza".

"O augmento de volume que assim se origina alarga as fendas capillares. Pode observar-se, nos desertos, intensa desintegração e esfoliação da rocha friavel, quando os primeiros raios de sol attingem parede de rocha anteriormente protegida".

O mesmo autor tambem assim se exprime sobre o mecanismo da desintegração pelos saes: "formam-se, pela evaporação, crystaes granulosos e fibrosos que, em todas as fendas, actúam repentinamente como a congelação em nossos climas; deste modo, as rochas de deserto são atacadas pelo sal, chimica e mecanicamente".

Não ha duvida quanto ás verificações que servem de base a este raciocinio e quanto ao papel importante que os saes desempenham na destruição das rochas, nos climas quentes e seccos, e mesmo nos climas humidos dos tropicos. Convem

demonstrar que ocorrem pressões consequentes á crystallisação dos saes, capazes de desintegrar as rochas.

De facto, não ha grande analogia entre o mecanismo de fractura das rochas pela agua, e o da acção dos saes que se encontram nas fendas e intersticios. Quando a agua, na temperatura de 0°C, se congela, augmenta repentinamente de volume exercendo formidavel pressão.

Como Walter assignala, quando os saes contidos nas fendas o intersticios das rochas, crystallizam, ha perda de agua, não podendo, haver augmento de volume e, consequentemente, augmento de pressão. Alem disso, a crystallização não se processa repentinamente, como pode succeder na congelação da agua. O phenomeno da desintegração das rochas pelos saes é de outra natureza: elle é chimico. O soluto salino, concentrado e em temperatura relativamente elevada, ataca chimicamente os mineraes menos resistentes; solubiliza-os. Os saes resultantes desse ataque, quando crystallizam, formam individuos isolados, sem coherencia entre si. Quando se examinam grandes blocos de rocha destacados dos massiços em virtude desse phenomeno, vê-se que houve simples desprendimento, causado pela gravidade, e não ruptura violenta.

A força de expansão, no sentido restricto da palavra, ocorre em pequena escala pela absorpção da agua ou pela oxidação dos componentes da rocha. Não está ainda averiguado si essa força é praticamente importante.

O vento, transportando areia, é importante factor de fragmentação das rochas nas regiões aridas e nas steppes. A pulverisação de grandes massas de rocha é realisada rapidamente, como o mostram muitas rochas e edificios erodidos por esse agente. Nas faces das montanhas o vento cava primeiramente as camadas mais friaveis da rocha e dahi frequentemente caminha para as gargantas não atacadas. O material assim arrastado pode ser observado especialmente nas regiões aridas onde existem condições para o apparecimento das areias volantes.

Finalmente, é grande a acção desagregadora das raizes das plantas que nascem nas fendas. O caso, porém, é tão particular, que apenas pode ser considerado como de importância

geral para a formação do solo. Em pequena escala o mesmo phenomeno se repete no solo, nos mineraes e nos fragmentos de rochas ahi encontrados, caso em que desempenham papel importante na desagregação dos mineraes.

Nos climas temperados e frios, havendo precipitações abundantes, e oscillando a temperatura em torno de 0°C, ocorre congelação nas fendas ou desagregação pelo gelo, factor importante de fragmentação das rochas.

Quando a agua se solidifica, formando gelo, augmenta 1/11 de volume, com extraordinaria energia. Si a agua que congela está em uma cavidade, como, p. ex., na fenda de uma rocha, dilata-se com violencia dando origem, em certas circumstancias, a uma forte causa de desintegração.

Um recipiente fechado e cheio dagua, collocado em temperatura abaixo de 0°C, demonstra este facto, á evidencia. Quanto mais frequente é a congelação e o degelo, tanto maior a acção destruidora sobre a rocha. Elles são mais intensos nas regiões dos polos e nas altas montanhas onde a temperatura oscilla abaixo de 0°C.

As colossaes áreas cobertas por blócos e rochedos, de cerca de 100 kilometros quadrados, nas regiões polares e das altas montanhas, provam como grandes massas de rochas são fragmentadas em pouco tempo.

A acção destruidora não para ahi. Attinge mesmo os fragmentos, reduzindo-os a particulas microscopicas

Finalmente, um caso especial de fragmentação das rochas é a desintegração pelas geleiras em movimento. Nos polos e nas montanhas altas cobrem grandes zonas e formam todas as classes de grãos, desde os blócos até a poeira fina.

* * *

ERRATA

Ao artigo da autoria do Prof. Paul Vageler "Preleções de Pedologia", publicado no n.º 11-12 (Nov.-Dez.) de 1935:

Página	linha	onde se lê	leia-se
523	25	apparece sobre	apparece sob
528	30	conhecido é o loess Kindchen	conhecido é o <i>loess</i> . Quando se apresentam com tamanhos avantajados, são denominados <i>loess Kindchen</i> .
558	23	A olivina e magnetitita	A olivina e magnetita
561	33	As formações gemindas	As formações geminadas