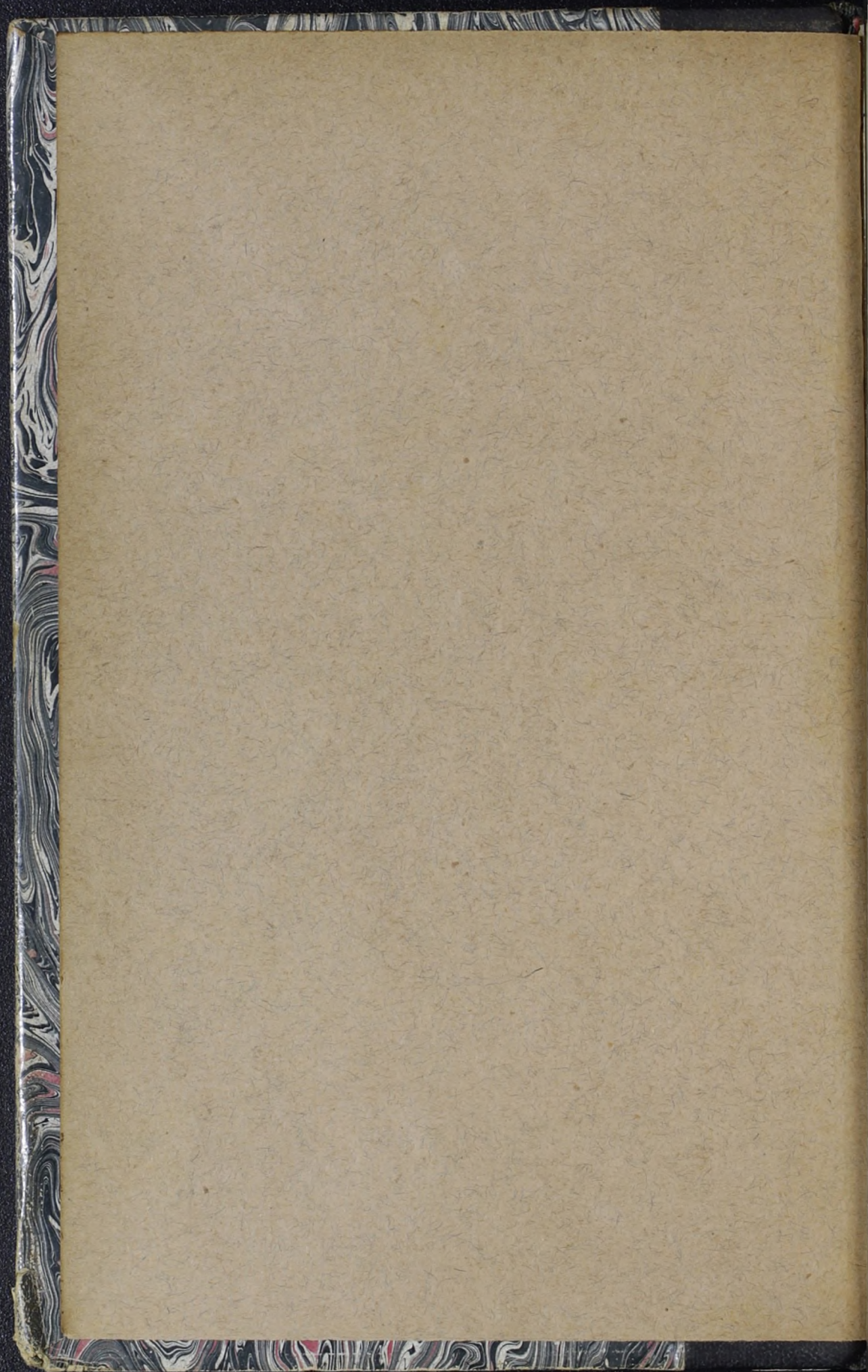


Faint, illegible purple ink markings, likely bleed-through from the reverse side of the page.

BIBLIOTECA MUNICIPAL  
"ORIGENES LESSA"

Volume 2.<sup>o</sup> 1413



~~Resumo de Geologia~~

16-9-99

Rochas vulcânicas,  
eruptivas, movimentos  
lentos da crosta.

RESUMO

DE

GEOLOGIA

---

Ficam reservados todos os direitos de propriedade.

---

*Nicante Ihering*

15. 3- 900

RESUMO  
DE  
**GEOLOGIA**

POR  
**A. DE LAPPARENT**

Traduzido da 3ª. edição pelo D.<sup>r</sup> B. F. RAMIZ GALVÃO

E ACCRESCENTADO COM

*Appendices sobre a Geologia do Brasil*

e com

UM BREVE VOCABULARIO ETYMOLOGICO, ORTHOGRAPHICO E PROSODICO  
DOS TERMOS TECHNICOS DERIVADOS DA LINGUA GREGA

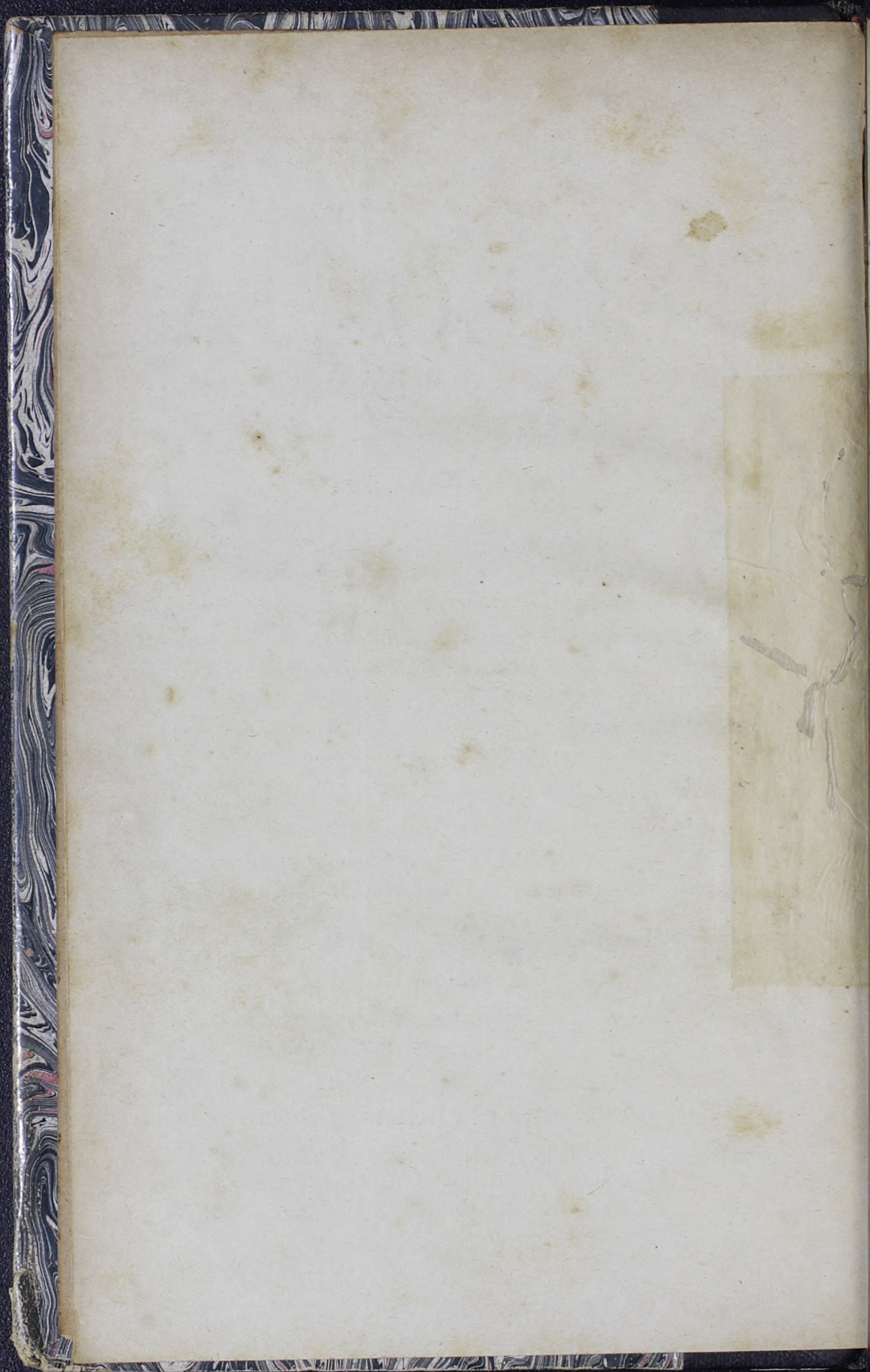
Com 141 gravuras intercaladas no texto

BIBLIOTECA MUNICIPAL  
"CRÍGENES LESSA"  
Tombo N.º 7415  
MUSEU LITERÁRIO

H. GARNIER, LIVREIRO-EDITOR

71, RUA MOREIRA-CESAR, 71  
RIO DE JANEIRO

6, RUE DES SAINTS-PÈRES, 6  
PARIS





## DUAS PALAVRAS

---

A casa editora Garnier preenche com este livro uma lacuna, que até hoje se sentia na litteratura pedagogica brasileira. A obra elementar franceza do eminente Lapparent, com os predicados indispensaveis de um bom texto escholar, estava já adoptada no ensino da Geologia pelos mestres d'esta disciplina no Brasil; tudo aconselhava portanto que o editor a preferisse para esta publicação.

Incumbidos de traslada-la para portuguez, não ousamos alterar-lhe o texto magistral e apenas destacamos em typo mais miudo o que, por muito especial á geologia da França, interessa menos ao estudante brasileiro e póde ser dispensado nas aulas. Obedecendo a este mesmo pensamento, suprimimos o Appendice final do livro e substituímo-lo por duas memorias do illustre professor Orville Derby instituladas — *As Investigações geologicas do Brasil* — e — *Estructura geologica e mineraes do Brasil* —, aquella estampada na *Revista Brasileira* de Maio de 1895, e esta na obra de Wappœus em 1884.

Estes dous capitulos faziam-se necessarios para dar ao alumno idéas geraes sobre o que ha de mais positivo a

respeito da constituição geologica do solo brasileiro, — assumpto aliás ainda pouco esclarecido por deficiencia de investigações methodicas e por outras causas que não vêm a pêlo enumerar.

Na traducção do livro prestámos particular cuidado á technologia scientifica, a proposito da qual reina a maior das ballurdias em lingua portugueza, pois que não só os dictionarios são incompletos e discordes, como o arbitrio dos especialistas illimitado. Baseados na etymologia e nas leis analogicas, que devem presidir á formação dos vocabulos, para que a lingua tenha uniformidade e belleza. procurámos systematizar a graphia dos termos scientifico-pertencentes á mesma familia, e traduzimos outros que até aqui não tinham correspondente em nossa lingua, dando-lhes fôrma genuinamente portugueza de accôrdo com os moldes acceitos pelos mestres. Para guiar o estudante na prosodia dos vocabulos derivados do grego — assumpto em que tambem impera um capricho inadmissivel e condemnavel, junctámos ao livro um breve vocabulario, no qual vac indicada a melhor pronuncia ; este pequeno appendice terá ainda a vantagem de elucidar o alumno sobre a etymologia dos mesmos vocabulos, completando-lhe assim os conhecimentos e auxiliando-lhe a memoria.

D'est'arte, cremos, a traducção da obra magistral de Lapparent prestará algum serviço ao ensino da mocidade brasileira, e não é outro o intuito d'este trabalho que respeitosamente offerecemos aos cultores da sciencia.

RAMIZ GALVÃO.

## PREFACIO

---

É destinado este livro já ás pessoas que desejarem ter conhecimento geral dos principios da Geologia, já aos alumnos dos institutos de instrucção secundaria, onde o ensino d'esta sciencia figura no curso dos estudos classicos. Pondo de parte os pormenores tractados em outra obra com amplos desenvolvimentos, propuzemo-nos sobretudo a pôr em relevo a magnifica harmonia dos phenomenos geologicos e a evidenciar as grandes idéas de *ordem* e *finalidade*, que por assim dizer impregnam a historia do globo.

O *Resumo de Geologia* é uma exposição muito succincta, que se procurou tornar a mais substancial possivel, resumindo-se em cada paragrapho um capitulo da sciencia. Ao mesmo tempo empenhou-se o auctor em evitar, na fórma, a aridez que podia resultar de semelhante condensação. Espero que este esforço seja apreciado, não só pela juventude estudiosa, mas ainda pelos geologos profissionaes, aos quaes o encadeamento dos factos e das doutrinas poderá parecer tanto mais notavel quanto menos enfraquecida fôr a impressão geral pela exuberancia das minucias.

Este livro terá conseguido seu intuito, si, satisfazendo a curiosidade dos que limitam a sua ambição ao conhecimento das grandes linhas da historia terrestre, chegar a despertar em muitos moços o gosto pelo cultivo da Geologia. D'esta sciencia é licito dizer que o seu objecto é tanto seductor, quanto a practica é sadia. Compreender a estructura do solo que pizamos; descobrir a razão das suas fôrmas e producções tão variadas; fazer reviver as epochas que se foram, não pelos sonhos da imaginação, mas por uma serie de inducções firmadas na experiencia, que se ductora perspectiva para um espirito culto!

Como cresce o interesse nas viagens, sobretudo quando se lhes juncta o attractivo da procura dos mineraes e da colheita dos fosséis! Poder-se-hia ao mesmo tempo desejar melhor emprego das horas vagas do que estas excursões que entretêm a actividade do corpo, ao passo que obrigam o espirito á constante e intelligente contemplação das belezas da criação?

Si outr'ora taes prazeres foram privilegio de alguns iniciados, tempo é de que se espalhem e de que a maioria passe a desfructa-los. A geologia está hoje bastante adiantada e possui resultados bastante exactos para que a realização d'este voto não seja uma esperanza chimerica. É pelo menos licito trabalhar para isso. Eis o que pretende este livrinho, cujo auctor não ambiciona recompensa melhor do que o exito dos seus exfôrços a bem da diffusão de estudos cujo merito pode apreciar.

A. DE LAPPARENT.

RESUMO  
DE  
GEOLOGIA

---

INTRODUÇÃO

---

A Geologia é a sciencia que tem por objecto a estrutura da crosta terrestre. Por esta palavra *crosta* entendemos, sem referencia á constituição interna do nosso planeta, a parte do globo accessivel ás nossas investigações. Effectivamente, a maior profundidade a que já chegou uma sonda abaixo da superficie da terra firme não passa de 1700 metros, extensão minima ao lado dos 6000 e tantos kilometros que tem o raio do globo. A porção da terra que podemos observar directamente fórma apenas uma tenue pellicula em relação ao conjuncto.

O estudo d'esta crosta não é para o homem mero objecto de curiosidade, pois que elle tem necessidade de ir procurar, no seio da terra, as substancias indispensaveis ao desenvolvimento da civilização material. De facto, é ahi que se acham, com os materiaes de construcção, os mineiros de que se extrahem os metaes, as materias primas dos productos chimicos, os adubos reclamados pela agricultura, finalmente e sobretudo os combustiveis mineraes, sem cujo concurso a industria moderna teria de morrer.

Ora, a procura d'estas substancias uteis precisa ser

dirigida por preceitos exactos, que dispensem o mineiro de longas e dispendiosas apalpadellas, a que o levariam operações feitas ao acaso. A principio ignorados, estes preceitos nasceram, uns após outros, da experiencia das gerações successivas, e a pouco e pouco uma observação paciente e reflectida permittiu definir as condições de jazida dos mineraes. Por muito tempo não se traduziu esta definição sinão por formulas empiricas, sufficientes para servirem de base á *arte da mineração*. Á medida porém que taes formulas ganharam precisão, tomaram aos olhos dos espiritos generalizadores significação nova, e bastou aproxima-las intelligentemente umas das outras para deduzir o conhecimento das grandes linhas architecturaes do edificio terrestre. D'est'arte constituiu-se, sinão a Geologia propriamente dicta, pelo menos a parte descriptiva d'esta sciencia ou *Geognosia*.

De mais, o nosso planeta não é producto de um acto creador instantaneo. Assim como um edificio se compõe de andares superpostos, dos quaes os mais antigos occupam a base, e como muitas vezes, si a construcção durou largo tempo, se podem discernir as suas differentes phases pelo estylo das partes successivas, — assim tambem a crosta do globo é constituída por materiaes de origens e datas diversas. D'este modo, impossivel é estudar a architectura da terra sem ao mesmo tempo devassar-lhe a historia. Assim, depois de procurarmos simplesmente descobrir regras practicas para guiar os mineiros, chegamos, pela força das cousas, a enfrentar o mais curioso dos problemas, o que consiste em decifrar a *historia do planeta terrestre*. E como, quando se tracta da natureza, toda a historia se resume na grande idéa de *ordem*, os esforços do geologo devem tender a pôr em evidencia esta noção fundamental, ensinando-nos a reconhecer a *ordem segundo a qual os materiaes do globo foram dispostos no tempo e no espaço*.

Esta missão historica é que realmente constitue o prin-

cipal attractivo da Geologia, attractivo que é grandissimo porque, em vez de uma successão monotona de phenomenos identicos que se reproduzem periodicamente com intervallos, a historia da terra faz-nos assistir a uma serie maravilhosamente ordenada de transformações, e põe-nos debaixo dos olhos, á proporção que remontamos o curso das edades, quadros cada vez mais differentes dos que hoje é dado contemplar.

Mas d'isso procedem tambem difficuldades de ordem peculiar. Quando o historiador procura, com o auxilio de monumentos, inscrições e sepulturas, fazer reviver os povos primitivos, a cujo respeito nada reza a tradição, é poderosamente auxiliado na sua tarefa pelo conhecimento das necessidades da natureza humana. Auxilio analogo falta muitas vezes ao geologo, e entre os materiaes de que se compõe o globo, materiaes que são todos monumentos do passado, muitos differem tanto dos objectos habituaes das nossas experiencias, que mal se póde suspeitar as condições, sob cujo imperio tiveram de constituir-se.

Felizmente esta variedade só diz respeito ás associações e combinações das substancias. Estas ultimas nunca mudaram, como não se alterou a essencia das forças a que foram sempre submettidas. A observação directa, e, faltando ella, a experimentação, devem poder explicar as combinações realizadas, e assim o estudo do presente se impõe como o unico capaz de dar-nos a chave do passado. Eis porque é util e até indispensavel dar por preambulo, á historia antiga do nosso globo, um exame dos traços geraes da geographia actual, assim como das principaes transformações que hoje se realizam aos nossos olhos.

LIVRO PRIMEIRO  
PHENOMENOS ACTUAES

---

CAPITULO I  
FORMAS ACTUAES DO GLOBO TERRESTRE

---

§ 1.º

DADOS ASTRONOMICOS

**Dimensões, revolução e rotação da terra.** — A terra é um globo quasi exactamente espherico, de cêrca de 40,000 kilometros de circumferencia e com um raio médio de 6371 kilometros, globo que descreve em um anno uma curva plana elliptica em torno do sol, do qual dista o seu centro quasi 150 milhões de kilometros. A tal distancia, apezar das grandes dimensões do astro central comparadas com a da terra, os raios luminosos emittidos para o nosso planeta são parallellos entre si, como si viessem do infinito. Seu feixe cylindrico toca pois a terra segundo um *grande circulo de illuminação*, que a divide a cada instante em duas metades eguaes, o hemispherio esclarecido e o hemispherio obscuro.

Demais, ao mesmo tempo que a terra realiza a sua revolução annua, gyra sobre si mesma em 24 horas, em torno d'uma linha de direcção fixa chamada o *eixo dos polos*.



**Estações.** — Si o eixo dos polos fizesse angulo recto com o plano da orbita terrestre ou ecliptica, cada poncto do nosso globo, durante o movimento de rotação diurna, passaria doze horas no hemispherio esclarecido e outras tantas no outro : o dia seria portanto egual á noite em toda a parte.

O eixo terrestre porém é notavelmente inclinado (fig. 1) e, por consequencia, o grande circulo de illuminação não coincide com um meridiano. Por isso, á excepção de dous momentos do anno, chamados *equinoxios*, em toda a parte, salvo no equador, é desigual a duração relativa do dia e da noite. Accresce que, durante a revolução annual, esta differença varia de modo conti-

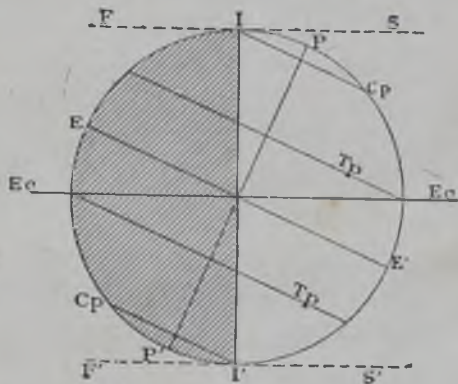


Fig. 1. — Effeitos da inclinação do eixo dos polos por occasião d'um solstício. — FS, FS', limites do feixe dos raios solares; II', grande circulo de illuminação; Ec, ecliptica; Ee, equador; Tp, tropicos; Cp, circulos polares.

nuo, mudando de sentido de seis em seis mezes. D'ahi resulta o jogo das *estações*, em consequencia do qual cada hemispherio é por sua vez favorecido pelo que respeita a luz e calor. Pouco sensível entre o equador e os tropicos, torna-se a influencia das estações cada vez mais assignalada á medida que se caminha para os polos. Graças a ella, o anno se reparte nas altas latitudes em duas phases, uma caracterizada pela actividade dos phenomenos phisicos de todo genero, ao passo que á outra corresponde um repouso quasi completo da natureza.

## § 2.º

## RELEVO TERRESTRE

**Elementos do relevo terrestre. Distribuição das terras e dos mares.** — Trez especies de elementos concorrem para a formação da crosta do globo : o elemento *solido* ou *terra firme*, o elemento *liquido* ou *oceano*, o elemento *gazoso* ou *atmosfera*. A *atmosfera* constitue, em torno dos outros dous elementos, uma camada regular de espessura desconhecida, mas cuja parte inferior é a unica que tem interesse para o geologo, attenta a rapidez com que o ar, na vizinhança dos altos cumes, se rarefaz e torna-se incapaz de effeitos mechanicos ou physicos.

Olhando-se para um mappa-mundi, vê-se a distribuição irregular das terras e dos mares. Em primeiro logar, estes têm extensão muito maior, cobrindo perto de trez quartas partes da superficie do globo. Depois, a maior parte da terra firme acha-se concentrada no hemispherio boreal, onde as massas continentaes como que se expandem nas latitudes medianamente elevadas, ao passo que não figuram, no hemispherio austral, sinão prolongamentos de forma pontuda. Inversamente os oceanos, largamente unidos ao Sul, terminam em ponta ao Norte. Emquanto o polo boreal é occupado por um mar, invadido é certo pelos gelos, é um continente que com toda a probabilidade surge no polo antarctico, onde serve de apoio a enormes montanhas glaciaes.

Esta grande opposição das terras e dos mares é tão notavel, que tomando por polo um poncto situado perto do Passo-de-Calais, pode-se formar um hemispherio de superficie continental quasi igual á superficie oceanica, enquanto, no outro, haveria cêrca de nove partes de mar para uma unica de terra. De mais, só um *vigesimo* da

superfície continental do primeiro hemispherio teria, no segundo, os seus antipodes representados por terra firme.

Finalmente, de uma á outra extremidade do globo, no hemispherio boreal, golfos ou mares interiores (golfos do Mexico, Mediterraneo, mar Vermelho e golfo Persico, mares indicos e polynesicos) dividem em duas metades as massas continentaes, como si houvesse na crosta terrestre, perto do equador, alguma causa de fragilidade, capaz de determinar por depressão a formação de um sulco quasi continuo.

**Valor do relevo. Significação do achatamento do globo.** — Em parte nenhuma a superfície da terra firme excede muito o nivel do Oceano; porque ainda as mais altas montanhas (8800 metros no Himalaya) não representam a 700ª parte do raio terrestre. Por isso é impossivel faze-las sensiveis aos olhos, n'um desenho do nosso globo feito em escala pequena. Ha aliás paridade de valor entre a altitude d'estes pontos culminantes e a maior profundidade dos mares (8500 metros no Pacifico). Si o relevo dos continentes fosse repartido uniformemente por toda a sua superfície, a altitude média da terra firme seria de perto de 700 *metros*. Quanto á profundidade média dos mares, esta é de quasi 4000 *metros*, de sorte que o volume total da massa oceanica (contando superficies reciprocas) é igual a cerca de *quinze vezes* o das terras descobertas. Comtudo, si reflectirmos que uma profundidade de 4000 metros só representa a 600ª parte do raio terrestre, deveremos concluir que, não obstante a sua relativa importancia, a massa oceanica não fórma em realidade sinão um tenue involucro por cima da parte solida do globo, cuja superfície pouco differe, conseguintemente, da do Oceano. Demais, em virtude das leis do equilibrio de uma massa fluida submettida a movimento de rotação, a superfície livre dos mares, solicitada pela força centrifuga, achata-

se no polo e entumesce no equador, onde faz uma saliencia avaliada em 21 kilometros, isto é, quasi  $\frac{1}{300}$  do raio.

Resulta portanto da coincidencia indicada, que a terra firme tambem toma uma *figura de equilibrio*, e como esta figura é privilegio dos corpos fluidos, dá isto grande probabilidade á hypothese de que o nosso globo passou por um estado inicial de fluidez.

**Complicação dos continentes.** — É tambem interessantissimo estudar a distribuição dos pormenores do relevo. O que se chama *continente* está longe de ser uma unidade homogenea, em que a altitude cresça regularmente desde as praias até um ponto central culminante, formando aqui um massiço, allí uma aresta alongada. Facil é verifica-lo consultando, não as velhas chartas geographicas em que as linhas de relevo eram figuradas muito arbitrariamente por traços de convenção, mas as chartas *hypsometricas* dos novos atlas, onde curvas de nivel reúnem todos os pontos da mesma altitude, ao mesmo tempo que as zonas de egual relevo médio são indicadas por colorido uniforme.

Procedendo assim com a Europa, por exemplo, ver-se-ha que este continente começa, desde o estreito de Gibraltar, por um planalto de 700 metros de altitude média, o chapadão iberico, cuja parte culminante se apoia exactamente na costa mediterranea, de forma que, por algum tempo, a *linha do divisor das aguas* entre o Atlantico e o Mediterraneo é obrigada a seguir quasi sem discrepancia esta costa. Depois, essa linha margeia a orla oriental do planalto hispanhol até que consegue atingir os Pyreneus, com cuja crista se confunde até o Ariège. Mas então é preciso que, ao lado de Corbières, ella venha procurar a depressão por onde a bacia atlantica se liga sem difficuldade á do Mediterraneo. Depois de haver passado esta garganta, vê erguer-se-lhe em frente a massa das Cevennas; mas é menos uma cadeia propriamente dicta do que a borda extrema e culminante do planalto central da França, grande massiço de 600 metros de altura, que se vae levantando regularmente para Sudeste. A linha do divisor segue-lhe a

borda e continúa d'ahi até a Lorena, não para attingir a crista dos Vosgos, mas para passar, ao sopé d'estas montanhas, por uma garganta que a conduz finalmente ao Jurá. Apenas porém seguiu por algum tempo a cumiada d'esta cadeia, desce bruscamente para a insignificante depressão que separa o lago de Genebra do de Neuchatel, isto é, a bacia do Mediterraneo da do mar do Norte.

Só então penetra a linha divisora dos grandes Alpes, mas para deixa-los immediatamente e buscar, como ao acaso, um caminho mal definido entre o lago Constança e o Danubio; depois d'isso prosegue seu percurso, caprichoso e complicado, pelo Sul da Franconia e da Bohemia, e acha passagem entre a nascente do Oder e os afluentes do Danubio. Em seguida, costeando os Carpathos, vem definitivamente morrer no grande planalto russo, no meio d'aquelles alagadiços d'onde, conforme a abundancia ou a direcção das chuvas, a agua pode correr ora para o Baltico, ora para o mar Negro. Neste interim, o grande arco formado pelos Alpes, pelos montes da Bohemia e pelos Carpathos fecha, até certo ponto, as aguas danubianas na bacia rasa da Hungria, onde ellas entram forçando um verdadeiro desfiladeiro, para se escoarem na outra extremidade por um córte ainda mais estreito, o das Portas de Ferro.

Assim, em vez d'um relevo central claramente definido, destacando para a direita e para a esquerda contrafortes, como membros d'um tronco commum, vemos por toda a parte massiços largamente extendidos ou bacias chatas cercadas de altas cadeias, pelas quaes rompem torrentes em pontos que parecia difficillimo atravessar. Em resumo, apresenta-se-nos o continente europeu como um todo complicado, fragmentado, mostrando vestigios evidentes de mil acções successivas, e adivinha-se que a sua feição particular, muitas vezes contradictoria, não se pode justificar sinão pelo conhecimento da serie dos acontecimentos anteriores; tal qual a historia da formação de um povo, que só ella póde dar a chave das suas particularidades physicas e moraes, heranças do passado.

### **Situação das linhas de relevo; sua significação.**

— É mister accrescentar que raramente se observa uma

transição gradual entre as planícies e as montanhas. Como os Pyreneus deante da planície aquitânica, o Jurá em face da planície suíça, os Alpes em face da planície lombarda, os montes Escandinavos deante do mar do Norte, o Himalaya ao Norte do planalto indico, etc., as montanhas de ordinario surgem bruscamente sob a fórma de cadeias alinhadas com uma vertente em geral mais íngreme e abrupta do que a outra. Além d'isso, em vez de acharem-se no meio dos continentes, ellas occupam mais frequentemente as orlas (1), olhando directamente, já para o Oceano, já para uma depressão accentuada.

Assim a Sierra Nevada, a mais alta cadeia da Hispanha, está como collada de encontro ao littoral mediterraneo. Os Pyreneus, tão progressivamente preparados do lado hispanhol, erguem-se como uma muralha abrupta em face da baixada aquitânica. O Jurá é formado de uma serie de pequenas cadeias parallelas de altitude crescente, das quaes a mais elevada domina como uma faleja (2) a planície suíça. O planalto central da França, tão docemente inclinado para Oeste, levanta-se constantemente, como já dissemos, a Sudeste, onde sua orla fórma a cadeia das Cevennas que surge de repente por cima da baixada banhada pelo Rhodano.

A mesma lei rege o relevo do fundo dos mares. As ilhas, que não são sinão os cumes das montanhas em parte immersas, formam tambem cadeias, de vertentes bastante íngremes, que limitam porções deprimidas do leito do Oceano. Taes são as Antilhas, as Aleutas e a maior parte das ilhas da Polynesia. Si as porções que estas cadeias cercam se soerguessem em massa, ganharia a terra firme

---

(1) É o que se verifica ainda no Brasil, onde a serra do Mar quasi beira o continente, e a propria serra da Mantiqueira não dista muito do littoral.

(2) Para o vocabulo francez *falaise*, propomos a traducção *faleja*, tirada do baixo-latim *falesia* (N. do T.).

novos territorios limitados por beiras montanhosas, e totalmente semelhantes áquellas planicies da Asia, cujo fundo é occupado por lagos sem escoamento, enquanto as altas cadeias do Himalaya, do Kuen-Lun e do Thian-Chan lhe definem os limites.

Similhante paridade de constituição parece auctorizar a idéa d'uma origem commum, tanto mais que os lagos das depressões continentaes mostram pela sua agua saloba ter sido antigas bacias maritimas. Isto induz a pensar que a formação da terra firme devia ter sido progressiva, crescendo cada continente em virtude da emersão dos fundos de mares vizinhos. D'esta fórma, toda a superficie terrestre poderia ser comparada a uma especie de embutido, composto de compartimentos chatos, cujo centro abateu, enquanto deslocamentos de fórma rectilinea lhe levantaram bruscamente as bordas.

Ao mesmo tempo, deviam effectuar-se desmoronamentos, que fizeram desaparecer antigas terras emersas, dando origem a oceanos como o Atlantico, cujas praias, em opposição ás do Pacifico, não são margeadas por linha alguma de altos cumes.

Antes, porém, de vermos até que poncto esta concepção é justificada pela estructura intima da crosta, convem proseguir no exame das fórmas actuaes do globo, estudando a distribuição das condições physicas na superficie d'elle.

### § 3.º

## DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA

**Zonas de climas; sua irregularidade.** — Já dissemos que os dados astronomicos relativos ao nosso planeta determinaram, com a successão do dia e da noite, o jogo regular das estações. Estas mesmas condições, levando em

conta a maior ou menor obliquidade dos raios solares, occasionam a divisão de cada hemispherio em trez zonas : a zona *torrida*, em que a duração do dia pouco differe da noite, e da qual cada poncto vê uma vez por anno o sol no zenith; a zona *temperada*, em que os verões de dias longos alternam com os invernos de noites compridas; finalmente a zona *glacial*, cujo clima tem a sua expressão suprema no polo, naquella noite de seis mezes que succede a um dia do mesmo tamanho, mas durante o qual o sol não lança sobre a terra sinão raios rasantes.

Si a superficie do globo offerecesse por toda a parte egual distribuição dos dous elementos, liquido e solido, nada perturbaria a uniformidade das zonas de climas. Cada uma d'ellas estender-se-hia sem irregularidades de uma extremidade do mundo á outra, e as linhas *isothermas* seriam todas circulos exactamente parallelos ao equador.

Não é porém assim, e por muitas razões. De um lado, á proporção que se sobe, o ar rarefaz-se, torna-se mais secco e cada vez menos apto para absorver o calor solar em proveito dos corpos que banha, perdendo assim, nas nossas regiões, quasi um grão centigrado por 170 metros. Consequentemente, os districtos continentaes de grande altitude têm temperatura notavelmente inferior á que reina, ao nivel do mar, no mesmo paralelo de latitude.

De outro lado, a terra firme aquece-se e resfria-se mais depressa do que o mar, o que produz, em egual latitude, uma differença sensivel entre o interior dos continentes e as praias. Finalmente, nos paizes sujeitos ao cair da neve, o manto branco que no inverno cobre o solo paralysa, a respeito d'este ultimo, a acção benefica do sol. Por isso, nestas regiões, a terra firme age *exaggerando* as differenças entre inverno e verão, ao passo que, no Oceano e suas vizinhanças immediatas, o elemento liquido intervem ao contrario como um *regulador*, absorvendo no estado latente uma parte do calor do dia ou do verão, para resti-



tui-lo depois, pelo mechanismo da condensação, de noite ou durante a estação fria.

Procede d'ahi que ha ilhas, como a Madeira, em que reina uma temperatura quasi exempta de quaesquer mudanças a não serem as variações diurnas, emquanto certos paizes continentaes, como o interior da Russia, veem, no decurso d'um anno, a temperatura mensal subir ou baixar de 25 a 30 grãos.

**Papel das correntes.** — Não é tudo. Quando n'uma massa fluida, ar ou agua, se dão differenças de temperatura, estabelecem-se logo correntes, *correntes atmosphericas* e *correntes marinhas*, que tendem a restabelecer o equilibrio. Si algumas d'estas correntes, as que reinam na zona equatorial, são quasi independentes da distribuição das terras e dos mares, outro é o caso nas latitudes temperadas, onde a influencia exercida pelos continentes sobre o transporte das massas fluidas (influencia que ás vezes muda com as estações) é frequentemente bastante forte para modificar profundamente as condições normaes do clima. O *Gulf-Stream* por exemplo, esse rio d'agua quente que sae do golfo do Mexico, onde as aguas do Atlantico impellidas pelos ventos geraes se concentram e se aquecem como n'uma vasta caldeira, para escaparem depois com grande velocidade pelo estreito de Bahama, — o *Gulf-Stream* suaviza consideravelmente o clima da Europa septentrional. Pelo contrario, certas correntes frias, que margeiam as costas americanas, alli contrabalançam em alguns pontos o effeito de uma temperatura tropical.

Da mesma forma ha correntes de ar secco bastante poderosas para submeter ao regimen dos desertos até certas ilhas situadas em pleno oceano.

## § 4.º

## DISTRIBUIÇÃO DA VIDA

**Variedade das fôrmas vitaes.** — Em consequencia das differenças que acabam de ser assignaladas, o globo *tal como é hoje*, isto é, provido d'um relevo muito desigual e de grande complicação nos contornos oceanicos, apresenta extrema variedade de condições physicas. E como estas condições, — grão de calor, variações mais ou menos bruscas e mais ou menos extensas da temperatura, abundancia maior ou menor da humidade, etc., são o que mais influe sobre o mundo organico, animal ou vegetal, a vida apresenta na superficie dos continentes como nos mares uma infinita variedade de fôrmas. Divide-se pois o mundo em *provincias, botanicas* ou *zologicas*, umas *terrestres*, outras *marinhas*, cada uma das quaes é caracterizada por um conjuncto de fôrmas que lhe são peculiares.

**Faunas marinhas littoraes; fauna abyssica.** — No que respeita aos animaes marinhos, todavia, esta diversidade organica não se manifesta sinão nas especies de superficie, as que vivem perto da praia e compõem o que se denomina *fauna littoral*. Muito differente é a população das grandes profundezas, abaixo d'uma camada superficial pouco espessa, que é a unica que se resente das variações do calor externo. Reina alli uma temperatura uniforme que, nos largos oceanos, é vizinha de zero, porque a agua fria dos polos, mais pesada, desce e afflue livremente para o fundo. Neste meio exempto de toda agitação, onde não penetra a luz, desenvolve-se uma fauna especial, independente das latitudes; é a fauna dos abysmos, ou *abyssica*,

tão monotona, quanto são ricas e variadas as faunas littorales.

Similhante contraste é notavel e a sua significação accentua-se ainda, quando o zoologo nos ensina a reconhecer, entre as fórmulas abyssicas, muitos typos estreitamente alliados a especies extinctas que já se não encontram sinão em estado fossil.

É razão para pensar que a diversidade actual das condições exteriores nem sempre existiu, e que ella não cessou de pronunciar-se no decurso do tempo, até attingir seu mais alto gráo de complicação na epocha em que estamos.

**Especies isoladas, especies deslocadas. — Conclusão.** — Em todo caso, as faunas e as floras do tempo presente possuem muitas especies *isoladas*, isto é, desprovidas de qualquer laço com os typos organicos contemporaneos no meio dos quaes parecem desterradas, ao passo que formam o seguimento natural e como o derradeiro anel d'uma cadeia de antecedentes fosseis. Quando cotejamos este facto com o das especies *deslocadas*, isto é, encantoadas hoje em certos districtos, sem que se observe vestigio algum d'ellas nas regiões intermediarias, é difficil fugir a esta conclusão : o mundo actual não é uma unidade homogenea; os grupos organicos, da mesma fórmula que os por menores do relevo, estão longe de ter todos a mesma antiguidade; em uma palavra, o estado de cousas em cujo meio vivemos é a *resultante* de uma longa serie de transformações, cada uma das quaes deixou na superficie um signal mais ou menos facil de reconhecer.

Por que mechanismo se effectuaram estas transformações? É o que esperamos descobrir, dirigindo a nossa attenção para as mudanças de que somos testemunhas todos os dias.

## CAPITULO II

### DYNAMICA TERRESTRE EXTERNA

---

#### § 1.º

#### DEFINIÇÃO DA DYNAMICA TERRESTRE

**Estabilidade apparente das fórmãs do globo.** — N'um lancear d'olhos summario para o globo que nos cércã, a primeira impressão que d'elle colhemos parece ser a da *estabilidade* das fórmãs e das condições exteriores.

A paizagem em torno de nós parece immutavel e não soffrer outras alterações, sinão as devidas á cultura ou ás construcções levantadas pela mão do homem. Os contornos recortados das agulhas dos Alpes são exactamente os que desenhou Saussure, e, si a historia das montanhas mais de uma vez registou consideraveis desabamentos, parece insignificante a importancia d'estes phenomenos ao lado da massa que elles não modificam sinão levemente. Nota-se apenas, em certos pontos, uma differença entre a costa maritima actual e a que foi descripta pelos antigos geographos. Todos os annos as mesmas epochas trazem condições identicas de temperatura. Finalmente, si nos falla a tradição em mudanças verificadas com o tempo no clima de algumas regiões, ora a intervenção do homem

basta para explica-las, ora parece curial vêr nisso modificações passageiras produzidas por causas periodicas, cuja repetição regular deve provocar a reproducção indefinida dos mesmos phenomenos.

**Universalidade das acções dynamicas.** — Entretanto esta impressão é enganadora apparencia, que depende da brevidade da vida humana comparada com a lentidão das mudanças que se vão realizando. Move-se tudo em torno de nós, ainda nos meios que mais inactivos parecem. Por toda a parte as forças mechanicas, physicas e chimicas estão em acção, alterando as condições da crosta para produzirem a cada instante novos estados de equilibrio, em breve destinados a desaparecerem para que outros sobrevenham. Duas categorias de forças ou de *agentes dynamicos* empregam-se nesta transformação; umas são exteriores ao nosso globo e formam o que chamamos o jogo da *dynamica terrestre externa*; outras têm sua séde nas profundezas da crosta e seu conjuncto constitue a *dynamica terrestre interna*. Cumpre examinar uma após outra estas duas ordens de factos.

**Principio fundamental da dynamica externa.** —

O principio essencial da dynamica externa reside no *calor* solar. É este calor que vaporiza a agua dos oceanos e fal-a passar ao estado de vapor nas massas atmosphericas, d'onde ella se precipita em fôrma de chuva sobre a terra firme, arrastando em sua passagem todos os materiaes moveis que póde deslocar. É elle que origina os ventos e arroja de encontro ás praias as vagas do mar. É elle finalmente que permite, na superficie do globo, a realização das reacções de toda sorte, pelas quaes são incessantemente modificadas a consistencia e a composição da crosta superficial.

De modo geral, pode dar-se da dynamica externa a definição seguinte : é a *reacção exercida sobre a crosta*

*solida, graças ao calor do sol, pelos elementos fluidos externos, atmosphaera, oceano e aguas correntes. Por effeito d'esta reacção, os materiaes da terra firme perdem a sua cohesão e recaem sob a acção do pêsso, que os põe em movimento até que tenham conquistado uma situação melhor d'equilibrio, approximando-se do centro commum de attracção.*

## § 2.º

## ACÇÃO DA ATMOSPHERA

**Desagregação das rochas. — Dunas.** — Sob a influencia das variações da temperatura e, ainda melhor, em consequencia das alternativas de sêcca e de humidade, a superficie do solo, até quando é de rocha, desagrega-se, estala e reduz-se a pequenos fragmentos, que o vento pode deslocar. Quando estes fragmentos são formados de uma substancia bastante dura para se não gastar, além de certo gráo de divisão (como acontece com as areias de quartzo), as correntes atmosphericas sacodem-n'os até que elles se amontoam em valles ou depressões. D'esse momento em diante, si o clima é bastante secco para que a chuva os não arraste, o vento contenta-se com desarranjar a superficie d'essas accumulações, fazendo nascer uma porção de monticulos instaveis a que se dá o nome de *dunas*. No Sahara, as dunas chegam a 200 metros de altura e sua mobilidade é com razão temida pelas caravanas. As areias alli são silicosas e de grã notavelmente uniforme.

Os planaltos sobre os quaes os grãos quartzosos transitam antes de chegar ás dunas tomam um polido caracteristico, e nos desfiladeiros a areia em movimento burila as rochas, chegando por vezes a cavar nellas verdadeiros sulcos.

**Dunas maritimas.** — Formam-se dunas tambem nas praias, quando a costa é rasa, o jogo da maré é forte e o vento do alto mar levanta as areias da praia, seccas pelos raios do sol por occasião da vasante, para as accumular em monticulos quando encontram qualquer obstaculo.

Ao primeiro lancear d'olhos pode parecer que estas *dunas maritimas* escapam á formula geral da dynamica externa, por quanto resultam de um trabalho opposto á acção do peso. Mas, de um lado, o deslocamento que soffrem as areias para longe ou para cima é sempre pouco consideravel, e d'outro lado, o que importa não desconhecer, é o papel protector que representam as barreiras de areia, limitando a acção da vaga e impedindo que o mar penetre, por occasião das grandes marés, na porção da antiga praia abrigada por este *cordão littoral* de dunas.

Esta porção, outr'ora exposta a incessantes mudanças, está d'então em deante defendida de qualquer destruição. Seu solo consolida-se; as depressões atulham-se e nivelam-se a pouco e pouco com o que lhe trazem os cursos d'agua vizinhos, e assim a terra firme, isto é, o elemento estavel, recebe um novo acrescimo que aproveita á causa geral do equilibrio.

Quando as dunas maritimas chegaram a altura bastante grande para que a força do vento não permitta mais que os grãos de areia lhe galguem o cumo, tornam-se ellas quasi estaveis e podem ser definitivamente immobilizadas pela vegetação. O phenomeno das dunas não é pois permanente, e seu desenvolvimento, em cada poncto, depende do tempo que decorreu desde o estabelecimento das relações actuaes da terra firme e do oceano.

Além d'isso, cumpre observar que as dunas, maritimas ou continentaes, como obra do vento, têm formação necessariamente intermittente, porque uma só tempestade pode trazer-lhes mais alterações do que uma longa serie de dias ordinarios.

## § 3.º

## ACÇÃO DAS AGUAS CORRENTES

**Principio das precipitações atmosphericas.** — O trabalho de desaggregação que as influencias atmosphericas produzem não dá origem a dunas sinão quando o vento é muito forte, ou excepcional a seccura do clima. Em qualquer outro caso, este trabalho tem sobretudo por effeito destorroar a crosta solida e tornal-a assim accessivel á acção das aguas correntes, que é o instrumento mais efficaz da dynamica externa.

O principio d'esta acção reside nas *precipitações atmosphericas*, isto é, na condensação do vapor espalhado no seio da atmospherica. O ar que se carregou de vapor d'agua por cima dos mares tropicaes é trazido pelas correntes atmosphericas para lalitudes mais altas; ou, depois de saturado ao nivel do oceano, é forçado pela direcção do vento a elevar-se para galgar uma cadeia de montanhas. Quer n'um quer n'outro caso, soffre um resfriamento mais ou menos notavel e, como a quantidade de vapor que póde existir no ar depende da temperatura, tudo o que, em dado momento, excede o maximo admissivel, deve *precipitar-se* sob a fôrma de chuva ou de nevoeiro si o ar está acima de zero, sob a de neve ou geada si está abaixo. Deixando de lado o caso das neves, para tractarmos d'elle depois, occupemo-nos do que produzem as chuvas.

**Chuvas.** — É essencialmente variavel conforme as regiões a intensidade da chuva. Termo médio, caem na Europa, todos os annos, 575 millimetros d'agua nas planicies e 1,300 millimetros nos sitios montanhosos. A queda de chuva sobe a 2 metros ao longo da costa da Noruega. Muito diverso, porém, é o que se dá no flanco meridional do



Himalaya, onde certas localidades recebem até 15 metros d'agua por anno.

Estas differenças não dependem sómente da desigual riqueza em vapor d'agua das correntes de ar, e do resfriamento que estas experimentam em contacto com as montanhas. Grande parte do effeito produzido é devida ao proprio relevo e ao trabalho que o ar é obrigado a fazer para galgar as cadeias que lhe tolhem a passagem. Subindo o ar dilata-se; só por este facto, em virtude das leis da physica, perde elle notavel quantidade de calor, o que traz uma correspondente condensação de vapor.

D'esta maneira, a chuva é tanto mais abundante, quanto mais elevado e mais ingreme é o obstaculo opposto aos ventos humidos. Assim, o relevo anteriormente adquirido pelo solo não age só sobre a direcção das correntes de ar nem sobre a sua riqueza em humidade; influe tambem de fórma notavel sobre a abundancia das chuvas, e como consequencia, sobre o poder mecanico dos cursos d'agua que d'ellas resultam.

Avalia-se hoje em cerca de 120,000 kilometros cubicos a quantidade de precipitações atmosfericas que todos os annos a terra firme recebe. Regularmente extendida sobre a mesma terra (cuja superficie é de 145 milhões de kilometros quadrados), esta quantidade formaria uma camada d'agua de 844 millimetros de espessura.

**Distribuição do producto das chuvas. — Correntes. — Erosão.** — Uma parte da chuva que cae volta immediatamente para a atmospherica por evaporação. Este factor, d'uma efficacia muito variavel conforme as estações e as latitudes, basta, nas regiões temperadas, para eliminar todos os annos de dous terços a trez quartos da chuva que cahiu.

O resto infiltra-se no solo, quando este é *permeavel*, ou corre pela superficie, quando o terreno é *impermeavel* ou si o declive é muito forte.

A agua corrente possui um poder mechanico que depende ao mesmo tempo da sua massa e da sua velocidade, sendo esta ultima determinada pelo declive. Ella arrasta os materiaes moveis e desloca as rochas solidas que a geada e a sêcca reduziram previamente a fragmentos, já rasgando sulcos, já alargando as fendas naturaes. Por



Fig. 2. — Arcada natural e pyramides de erosão na bacia do Rio Grande (segundo Hayden).

isso, em muitos paizes, o terreno soffre, pela acção prolongada das chuvas, uma *erosão* que dá logar a configurações notaveis, pilares isolados, arcadas naturaes, pyramides de terra (fig. 2), etc. Com as areias, das quaes certa porção se agglomera em grez, o isolamento dos blocos de grez devido ao arrastamento das areias que os cercam, e a sua quêda pelos flancos dos valles, dão origem a paizagens

pittorescas, cujo exemplo assás conhecido se vê na floresta de Fontainebleau.

**Torrentes.** — Despenham-se as aguas com particular intensidade nas regiões montanhosas em que o solo se mostra por todos os lados esbarrancado.

Quando o terreno está disposto de modo a fazer convergir para um mesmo ponto muitas sanjas, a reunião d'ellas dá nascimento a uma *torrente*. É um curso d'agua violento, mas ephemero, capaz de descarregar em algumas horas uma massa d'agua comparavel á dos rios, com uma velocidade que a torna capaz dos maiores effeitos mecha-

nicos. As aguas torrencias, concentradas n'uma *bacia de recepção* em fôrma de *circo*, correm habitualmente por um *corredor* estreito, cujas paredes ellas esbarrancam, tanto pelo seu proprio choque como pelo dos materiaes que deslocam, provocando numerosos desmoronamentos. A sua velocidade amortece, porém, ao desembocar do corredor no valle principal, e então as materias solidas carregadas pela torrente depositam-se formando um montão conico mais ou menos confuso, mixtura de blocos angulosos, de seixos, cascalhos e lamas, que se chama *cone de dejeção*

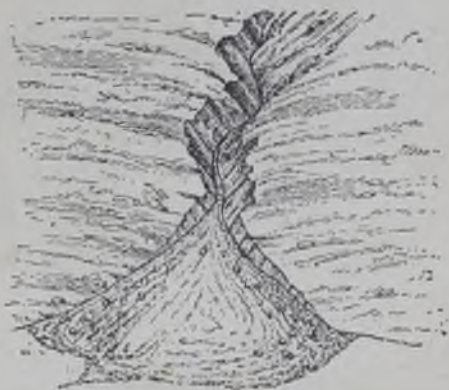


Fig. 3. — Cone de dejeção torrencial.

(fig. 3). Assim qualquer torrente compõe-se de trez partes: uma superior, onde se faz sentir a *erosão* produzida pelas aguas; a segunda, média, onde domina a *excavação*, obra da corrente concentrada em um corredor; a terceira, inferior, região de *deposito*, onde a torrente edifica um cone com os materiaes que arrastou.

À medida que o cone se allonga, a torrente procura um leito variavel. Mas o progresso da excavação reunido ao allongamento do cone tem por effeito reduzir aos poucos o declive do curso d'agua e conseguintemente diminuir-lhe o poder mechanico. Por isso, toda torrente, ao cabo de um tempo mais ou menos longo, chega a uma especie de equilibrio, que permite á vegetação tomar posse de suas riban-ceiras. Enquanto as arvores com suas raizes consolidam o solo, a relva obriga a agua das chuvas a correr por mil filetes sem poder concentrar-se. O trabalho de erosão pára e a torrente fixa-se. Com sua existencia ephemera contribuiu ella para transportar para os valles, isto é, para uma situação de equilibrio mais estavel, materiaes, que o peso só por si não conseguiria remover. Esta acção é aliás essencialmente intermitente, visto não exercer-se sinão por occasião das grandes chuvas e sempre em tempo muito curto, cuja brevidade contrasta com a intensidade dos effeitos produzidos.

**Deltas torrenciales.** — Quando uma torrente desagua n'um lago, amortecendo-se immediatamente a sua velocidade, os seixos e cascalhos caem logo após a embocadura e estratificam-se formando um talude mais ou menos solido. Em consequencia do progresso d'este talude, as camadas inclinadas de cascalho vão-se junctando umas ás

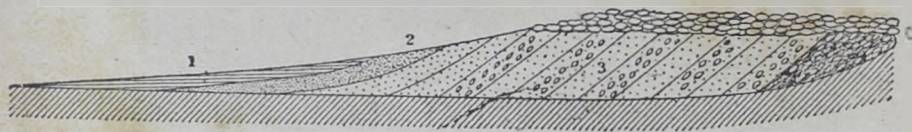


Fig. 4. — Côte de um delta torrencial. — 1, limo; 2, areia fina; 3, cascalhos; 4, corça de seixos.

outras e continuando a invadir o lago. Mas os blocos maiores, menos faceis de arrastar, depositam-se um pouco antes da embocadura, sobre a crista do talude, que aliás avança progressivamente. Constitue-se d'est'arte um mon-

tão de cascalhos em camadas inclinadas com uma cobertura horizontal de seixos rolados, que se denomina *delta torrencial* (fig. 4). O cordão de seixos graúdos indica com certeza o nível do lago no momento da formação do delta.



Fig. 5. — O grande Canon do Colorado.

**Phenomenos de excavação.** — Si, por causa do declive do solo, a torrente é geral nas montanhas, dá-se ella tambem de modo normal nas regiões pouco accidenta-

das todas as vezes que o solo é *impermeavel*, como no caso das rochas argilosas. Privada da faculdade de infiltrar-se, a agua corre na superficie, cavando por toda a parte, por occasião das enxurradas, sulcos cujos bordos esbarranca. Em algumas horas, o producto das chuvas chega aos rios principaes e occasiona o transbordamento, violento e rapido, d'uma agua lodosa.

Os rios submettidos a este regimen, assim como os cursos d'agua cujo declive, sem ser de verdadeira torrente, é bastante sensivel para dar á agua bastante velocidade, exercem sobre as suas vertentes uma acção mechanica apreciavel, cavando seus leitos, como as torrentes, até desaparecer o forte declive. Este trabalho de *erosão* e de *excavação*, quando o rio dispõe, até sua foz, d'uma grande altura, ou melhor ainda quando o terreno que elle banha se eleva á medida que é cavado, faz nascer com o tempo profundas gargantas, cujo typo se vê realizado nos celebres *Cañons* do Colorado (est. 5), verdadeiros abysmos de paredes algumas vezes verticaes e altas de um milhar de metros.

Cumpre notar que a excavação produzida pelos rios em nada se compara com o trabalho da gotta d'agua que cava a pedra com sua pancada repetida. A divisão das rochas foi longamente preparada pelas fendas naturaes, pelas infiltrações, pela acção do gelo, etc. A agua corrente desbasta apenas as rochas assim divididas e faz com que ellas se esboroem, carregando-lhes os destroços. Si cava o seu leito, é em razão da altura de quéda de que dispõe entre a nascente e a foz, altura que, em vez de repartir-se em toda a extensão com declive uniforme, tende a concentrar-se o mais perto possivel da origem do curso d'agua, até que o principal esforço se gaste n'uma só cachoeira, precedendo um longo percurso de declive suave.

De tempos a tempos, o encontro de alguma rocha mais dura detem o esforço das aguas, que então se precipitam por cima d'ella em *cachoeiras* ou *corredeiras*, emquanto

não conseguem remover definitivamente o obstaculo. Muitas vezes esta parada momentanea determina, acima do obstaculo, a formação de um lago, onde os affluentes lateraes vêm despejar deltas torrencias. Mais tarde, rôta a barreira, os lagos esvasiam-se, descobrindo, sob a fôrma de *terraços*, os cascalhos assim depositados.

**Rios instaveis.** — Durante o progresso de excavação, a impetuosidade das aguas não deixa que ellas sigam um canal constante, e o valle toma toda a largura que a descarga habitual e os deslocamentos comportam. O termo d'esta primeira phase é adquirir o rio um *perfil de equilibrio*, o que quer dizer que o declive do leito é expresso por uma curva continua, sem resaltos, de curvatura progressivamente crescente de baixa para cima. Esta regularização opera-se no fundo, por causa do *nivel de base* que a foz do rio fornece, e progride a pouco e pouco aguas acima.

Uma vez reduzido o declive, começa uma nova phase, e o rio torna-se instavel; quer isto dizer que, insufficiente para occupar habitualmente toda a largura do seu antigo leito ou *leito maior*, traça nelle um leito menos largo ou *leito menor*, cuja situação no valle é instavel. Esta instabilidade persiste até que, com os meandros do seu leito menor, o rio tenha *allongado seu percurso* bastante para que, na média, a resistencia offerecida ao movimento pelo atrito do fundo seja igual á força da corrente. Torna-se então o rio estavel.

Quando um curso d'agua cessou de variar, diz-se que elle está no *estado de regimen*. Seu leito não soffre mais sinão insignificantes deslocamentos, e as aguas não transbordam sinão por occasião das enchentes, cuja frequencia e intensidade variam aliás conforme a abundancia das chuvas, o gráo de impermeabilidade do terreno e a feição particular dos affluentes.

**Alluviões.** — O caracteristico de um rio instavel é

atacar as partes concavas das suas ribanceiras, contra as quaes a agua das enchentes vem quebrar-se, e fazê-las desmoronar por partes. Mas nas margens convexas e nos redemoinhos, pelo contrario, a velocidade amortece-se e os productos do esboroamento depositam-se formando alluviões. Incessantemente agitados por occasião das mudanças de leito, os materiaes d'estas alluviões, que são cascalhos, seixos, areias e limos, caminham a pouco e pouco aguas abaixo, e os maiores, arredondando constantemente seus angulos por atrito mutuo, transformam-se em *seixos rolados*.

É por occasião das enchentes que se depositam as alluviões dos cursos d'agua. Os seixos e cascalhos são os primeiros a cair, no seio d'uma agua que ainda conserva certa velocidade, e tendem assim a formar, a pouca distancia do leito habitual, orlas onde os materiaes ficam frequentemente em camadas inclinadas. O tamanho d'elles varia muito, conforme a força dos successivos transbordamentos. As areias vão mais longe e depositam-se nas aguas mais tranquillias, o que permite algumas vezes a conservação das frageis conchas dos molluscos d'agua doce. Quanto ao limo, é um producto impalpavel que se deposita no momento em que as aguas extravasadas vão reentrar no seu leito. Muitas vezes é possível distinguir ali trez camadas : uma, inferior, um pouco mesclada de areia fina ; outra, média, que é o verdadeiro limo, formada de pequenissimos grãos silicosos e de silicato d'aluminio ferruginoso ; a terceira, resultado do deposito e da decomposição debaixo d'agua das materias vegetaes, que o rio ainda carrega quando já não pôde transportar fragmentos mine-  
raes.

#### **Condições do transporte dos seixos e cascalhos.**

— Para que um curso d'agua transporte pedras do tamanho d'um ovo, é mister que sua velocidade no fundo seja pelo menos igual a 1,<sup>m</sup>20 por segundo. O Sena, até



em tempo de enchente, nunca attinge este algarismo e não póde por conseguinte deslocar sinão cascalho miudo.

É importantissima esta observação, porquanto o fundo do Sena (como o de todos os principaes rios hoje no estado de regimen) é forrado de uma camada de grandes seixos rolados, camada de muitos metros de espessura. Não só o rio é hoje impotente para deslocar os materiaes d'esta camada, como, por muito crescidas que sejam as enchentes, é impossivel que a velocidade no fundo aumente ao ponto de pôr em movimento os grandes seixos. Só um augmento de declive poderia dar este resultado. Consequentemente, é licito affirmar que similhantes rios atravessaram, antes do estado actual, um periodo em que as relações mutuas de nivel, entre a terra firme e o oceano, eram diversas do que actualmente são.

#### **Variabilidade da acção dos cursos d'agua. —**

Todo curso d'agua tem a sua historia, mais ou menos complicada conforme a extensão e a composição de sua bacia. Não só esta historia tem phases muito distinctas, mas, em cada uma d'ellas, a actividade dynamica do curso d'agua é intermittente, como a do vento ou a das vagas. Não é sinão nos periodos de enchente que um rio, ainda instavel, deposita ou desmancha sensivelmente as suas alluviões. Ora a repetição das enchentes é muito caprichosa; podem passar-se annos sem que as haja, e, por conseguinte, sem que o rio effectue um trabalho geologico apreciavel; ao passo que uma inundação de algumas horas, que sobrevier com violencia, poderá modificar o leito maior em toda a sua extensão.

Em todo caso, dadas as mesmas circumstancias exteriores, a marcha d'um curso d'agua condu-lo seguramente a uma situação de equilibrio, e quando elle a conquistou, seu poder, como agente de perturbação e de transporte, fica reduzido a ponto de quasi supprimir-se de todo. Hoje os differentes rios apresentam-se muito desigual-

mente adeantados neste trabalho de conquista. Uns, como o Nilo, adquiriram quasi absoluta estabilidade; outros, como o Loira, modificam ainda seu leito. Para todos, porém, as actuaes dimensões dos valles são muito superiores ao que as maiores enchentes exigem. Prova isto á evidencia um estado anterior, em que o regimen das aguas devia ser muito mais violento em consequencia de maior abundancia de chuvas e talvez de maior declive.

**Perfil dos valles.** — Em todas as regiões em que a impermeabilidade do solo faz prevalecer a formação dos

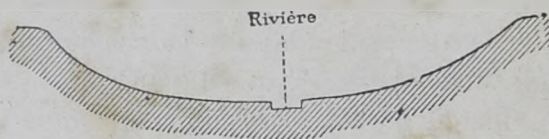


Fig. 6. — Perfil de um valle de vertentes impermeaveis.

rios, o perfil transversal dos valles é concavo (fig. 6), e tanto mais se approxima da fôrma de um V quanto mais torrencioso é o regimen. Esta fôrma concava procede de que as vertentes impermeaveis deixam que se formem, pelo arrastamento de escombros depois das grandes chuvas, taludes de *depositos moveis nos declives*, que vem soldar-se com o lodo depositado pelo curso d'agua nas enchentes. Pelo contrario, quando, sendo o solo permeavel, não se dá este deposito lateral, o fundo do leito maior

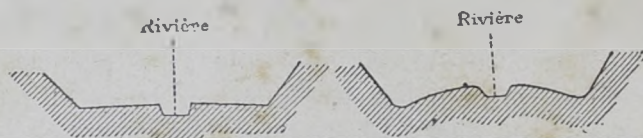


Fig. 7. — Perfis de valles de vertentes permeaveis.

é chato; ás vezes até (fig. 7) o rio corre sobre a parte mais alta d'este fundo, não podendo o leito menor deixar de levantar-se gradualmente com o accumulo das substan-

cias que o rio carrega, por mais sereno e limpido que seja, e que elle deposita em orlas nas beiradas da corrente.

**Depositos de embocadura. — Barras. — Deltas.**

— Qualquer que seja o periodo da evoluçãõ a que um rio tenha chegado, suas aguas, no fim do curso d'elle, vão lançar-se no vasto reservatorio do oceano, aonde chegam geralmente com tão pequena velocidade que já não carregam sinão areia fina e lodo. Si a foz é um *estuario* profundo e si correntes sensiveis varrem a costa, os detritos dispersam-se ao chegarem ao mar, sem que a sua quèda (bastante rapida por causa da differença de densidade da agua doce e da agua salgada) se traduza por outra fórma que não seja uma *barra*. É um dique movel de lodo que se fórma, adeante da foz, a alguma distancia abaixo da superficie, e cuja crista se eleva ou baixa conforme as circumstancias, ao mesmo tempo que se desloca para deante ou para traz.

Não succede o mesmo quando a foz é larga, pouco profunda, e o mar é desprovido de marés sensiveis ou de correntes littoraes rapidas. N'este caso, si o curso d'agua traz em suspensãõ muitas materias, depositam-se estas no estuario e entopem-n'o a pouco e pouco, sob a protecção do cordão littoral de lodo e areia, que a vaga não deixa de levantar em frente da foz; depois d'isso, o rio galga este cordão e impelle as suas alluviões para o mar, formando, deante da sua embocadura, atterros que vão gradualmente augmentando o dominio continental. Dão-se estes atterros, sobretudo por occasiãõ das enchentes, nas proprias margens do braço principal do rio; mas este braço é instavel e frequentemente se desloca, de fórma que o deposito acaba cobrindo uma superficie triangular bastante extensa, cujo vertice olha para o rio e cuja base é curva e convexa do lado do mar. D'ahi o nome de *Delta*. Cada rio atravessa o seu delta com muitos braços de desigual importancia, susceptiveis de deslocar-se, que ás vezes se obliteram com

o correr do tempo e d'onde partem numerosos canaes secundarios.

**Exemplos de deltas.** — Os deltas mais celebres são : o do Nilo, hoje quasi inteiramente fixado, que já não faz progresso apreciavel; o delta do Rhodano, que cresce actualmente uns 57 metros por anno defronte do braço principal e que conquistou, desde o periodo gallo-romano, perto de 300 kilometros quadrados; o delta do Pó, onde o

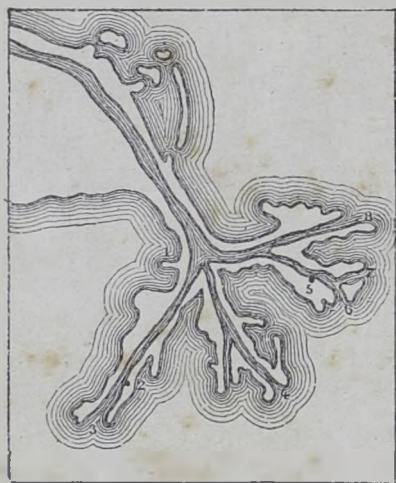


Fig. 8. — Delta do Mississippi. — 1, Ferquilha dos canacs; 2, Pilotsville; 3, canal de Sudoeste; 4, canal do Sul; 5, Baliza; 6, canal de sudeste; 7, canal de nordeste; 8, canal da lontra.

progresso das alluviões é de 70 metros por anno; o delta do Danubio, correspondente a uma descarga de 60 milhões de metros cubicos; finalmente e sobretudo o do Mississippi, onde o excesso das materias trazidas pelo rio sobre as que a erosão e o mar dispersam basta para formar, cada anno, um atterro de 28 milhões de metros cubicos. A força d'este rio é tal, que elle lança o seu delta á distancia no golfo do Mexico com a fórma de um pé de pato (fig. 8), tendo um

crescimento annual de 80 a 100 metros.

O Hoang-ho ou rio Amarello, na China, o mais turvo de todos os cursos d'agua, formou um delta que se estende pelo menos em 250.000 kilometros quadrados. Toda a Hollanda não é sinão a reunião dos deltas do Escalda, do Mosa e do Rheno, conquistados ao mar do Norte graças a cordões littoraes de lodo e areia.

Quanto ao delta do Ganges, este forma-se, apesar do

obstaculo opposto pelas marés do golfo de Bengala, graças á superioridade da correnteza do rio em tempo de enchentes, correnteza capaz de recalcar o mar, e tambem graças á massa enorme dos detritos que despeja; este delta porém é muito instavel, porque as tempestades frequentemente o modificam. O solo não tem consistencia, e mais de um reptil nadador afunda-se nelle acreditando pizar em terreno solido.

**Characterísticos geraes dos deltas. — Rios sem foz.** — Formando-se os atterros d'um delta num meio em que entram as aguas salgadas, encontra-se ali, como fauna, uma mixtura de fórmas d'agua doce e de outras especialmente characteristics dos estuarios. Além d'isso, como muitas vezes ha lucta entre a correnteza fluvial e a vaga, a estratificação dos depositos pode ser perturbada e *entre-cruzada*.

Convem repetir, a respeito dos deltas, o que já dissemos a proposito do regimen dos rios. O phenomeno não poderia ser permanente, e a rapidez de crescimento dos atterros deve ir diminuindo incessantemente á proporção que o rio se approxima da estabilidade definitiva. Si alguns deltas crescem hoje mais depressa do que outrora, é porque os desmontes operados pelo homem, denudando o solo, augmentaram momentaneamente a força das correntes e por consequencia a quantidade de materias solidas arrastadas para o mar. Todas as vezes porém que foram praticadas sondagens nos deltas dos grandes rios, pode-se reconhecer pela serie dos depositos que a sua formação fôra, a principio, mais activa e mais violenta do que hoje.

De modo geral e a não ser que mudem as condições exteriores, deve para cada rio chegar um momento em que não só a formação do delta páre, como ainda a corrente não tenha mais a força necessaria para arrastar as materias em suspensão até o fim. A foz deve então obstruir-se, transformando-se em pantanos, como succede com esses

rios da Asia Central, onde o braço do homem não velou bastante para garantir o curso livre das aguas.

**Bacias impermeaveis. — Lençoes d'agua.** — Nas regiões de terreno permeavel, quando o declive do solo é fraco, não se formam rios. Ha duas especies de formações permeaveis : os terrenos *movediços*, isto é as areias e cascalhos, onde toda a massa pode embeber-se d'agua por causa dos innumerados intersticios que os elementos deixam entre si; e os terrenos *gretados*, como os calcarios solidos e os grezes, onde a agua entra por fendas e vae reunir-se n'uma rede de canaes subterraneos.

Nos terrenos movediços, a infiltração produz, por embição progressiva, *lençoes d'agua* continuos, cujo nivel tanto mais se aproxima da superficie do solo, quanto mais abundante foi a chuva e menos activa a evaporação. Estes lençoes escoam-se por *nascentes* no fundo dos valles, em cujas duas vertentes elles se elevam progressivamente, sendo mais protegidos da acção do sol debaixo das linhas de cume, graças á espessura maior do terreno que os cobre.

Quando uma camada movel repousa sobre um leito de argila, a agua que nella se infiltrou, detida pela impermeabilidade d'este leito, vae procurar seu escoamento nos flancos dos valles, nos pontos em que emerge ou desponta a camada argilosa, determinando um *nivel d'agua*, sempre indicado pela vegetação que é habitualmente de choupos. Si a emergencia soffre ondulações, pequenas *nascentes* assignalam os pontos mais baixos.

**Lençoes esguichantes.** — Quando a camada absorbente mergulha, nas profundezas do solo, por baixo d'uma camada impermeavel, esta ultima retem as aguas com pressão e obriga-as a descerem formando um *lençol subterraneo* sem escoamento. Basta que, com uma sondagem ou abrindo um poço, se perfure a cobertura argilosa, para que as aguas, obedecendo á pressão hydrostatica, se elevem

no poço e algumas vezes *gorrem* na superfície do solo (fig. 9). Neste caso, diz-se *artesianana* a sondagem.

Os poços artesianos de Paris (Grenelle, Passy, etc.), recolhem, entre 500 e 600 metros de profundidade, as águas



Fig. 9. — Lençol esguichante. — AB, camada impermeavel; CD, camada d'agua; EF, poço artesianano.

que caem nas Ardennas, na Champanha e na Borgonha sobre a emergencia de uma camada de *areias verdes*. Não obstante a perda que a agua soffre no seu longo percurso subterraneo, ella conserva ainda bastante força ascensional para elevar-se a 40 metros acima da planicie de alluviões do Sena.

**Terrenos gretados. Grutas.** — Quando uma bacia hydrographica é formada sobretudo de terrenos gretados, as águas de infiltração circulam atravez das fendas, alargam-n'as a pouco e pouco, cream cavidades ou *grutas*, onde ellas se accumulam e vão por vezes, depois de enorme percurso, despejar-se em algum valle, dando origem a *nascentes* abundantes (*dhuys* da Borgonha), notaveis ao mesmo tempo pela sua limpidez e constancia. Taes são, por exemplo, as nascentes de alto valle do Sena.

Sendo a descarga d'estas nascentes regularizada pelo longo percurso das águas que as alimentam e sobretudo pelos reservatorios subterraneos que atravessaram, os rios nascidos d'estas fontes são geralmente exemptos de grossas enchentes e só excepcionalmente carregam lodo e areias. Por isso o regimen d'elles é muito estavel e a sua acção mechanica quasi nulla. Em compensação, a longa circu-

lação das aguas subterraneas atravez dos canaes sinuosos dos grezes e calcarios modifica muitas vezes o terreno e provoca *desmoronamentos* da superficie, quando as cavidades, produzidas pelo alargamento progressivo das fendas, se tornaram demasiado amplas e não puderam suster-se por mais tempo.

É especialmente nos terrenos d'esta natureza que se observam as profundas gargantas, tendo a agua aproveitado as fendas que se lhe offereciam para attingir o mais depressa possivel o seu nivel de base.

**Desmoronamentos.** — É tambem á lenta infiltração das aguas que são devidos certos desmoronamentos que, nas regiões montanhosas, assumem proporções de verdadeiras catastrophes. Dão-se estes phenomenos quando chuvas violentissimas ou a fusão das neves abalaram certas camadas de terreno. As terras que estas camadas supportam, depois de se haverem progressivamente gretado, acabam desabando em massa e precipitam-se em poucos minutos no valle vizinho.

Entre os mais famosos desabamentos, podem citar-se : o de Rossberg, na Suissa em 1806, cuja importancia foi avaliada em 15 milhões de metros cubicos ; o de Salazia (na ilha Burbon) que, em 1875, cobriu 120 hectares com um manto de destroços de 40 a 60 metros de altura ; finalmente o de 1881 em Elm, na Suissa, que representou 10 milhões de metros cubicos.

Ao mesmo tempo que estes desmoronamentos produzem depositos confusos que entram com os materiaes arrastados pelas avalanches na categoria dos *depositos moveis nas encostas*, acontece ás vezes que obstruem os rios e mudam-lhes o curso. Esta modificação pôde ser apenas momentanea, si o rio consegue vencer o obstaculo depois de haver formado pela parte de traz um lago provisorio. Neste caso, a enxurrada que resulta do rompimento do dique exerce



effeitos destruidores ainda mais poderosos do que os das torrentes communs.

**Medida da actividade das aguas correntes.** — Os principaes rios do mundo carregam para o mar uma proporção de materias solidas que parece attingir, termo médio,  $\frac{38}{100.000}$  do volume da agua despejada. Por outro lado, o volume total annual dos rios pôde ser avaliado em cêrca de 27000 ou 28000 kilometros cubicos. Por aqui calcula-se que os sedimentos trazidos para o oceano pelas aguas correntes representam, cada anno, um pouco mais de 10 *kilometros cubicos* (isto é 10 billhões de metros cubicos). Além d'isso, as mesmas aguas correntes tiram annualmente aos continentes, por simples dissolução, perto de 5 *kilometros cubicos*. D'estes dados é licito deduzir que, *si a actividade dos agentes exteriores permanecesse sempre igual á de hoje, cinco milhões de annos bastariam* para produzir o desaparecimento total da terra firme. E ainda se não leva em conta n'este calculo o trabalho de erosão que se realiza nas bacias privadas de escoamento para o mar, que representam mais de um quinto da superficie continental.

É muito admissivel este desaparecimento total : analysando o modo de agir das aguas correntes, podemos convencer de que a erosão continental (si nenhuma causa interna vier modificar o relevo existente) deve ter por termo final o nivelamento completo de toda região, qualquer que ella seja ; porquanto é só com o declive de  $1/50000$  que um curso d'agua cessa de poder carregar particulas solidas. É porém certissimo que a actividade das forças exteriores não é constante ; consequentemente o algarismo que acabamos de dar não pôde ser considerado sinão como uma computação do poder das aguas correntes.

## § 4.º

## ACÇÃO DO MAR

**Erosão da praia.** — Acabamos de vêr que massa consideravel de materias solidas é levada todos os annos para o oceano. Parte d'esta massa deposita-se nos estuarios e nos deltas; o resto porém ultrapassa-lhes os limites e vae mixturar-se com todos os destroços que as vagas do mar arrancaram das praias.

Ao primeiro lancear d'olhos, não considerando sinão o marulho habitual das ondas, poder-se-hia acreditar que a erosão marinha deve ser superior em importancia á actividade muito mais silenciosa dos cursos d'agua. Mas não é assim, e é facil verifica-lo. Definamos antes d'isto porém o modo por que age o mar nas praias.

Impellidas pelo jogo periodico da maré e ainda mais pelos ventos dominantes que vêm do alto mar, as vagas investem a costa, onde já a infiltração das aguas pluviaes e as alternativas de temperatura prepararam a desaggregação das rochas. Desfazem-se estas aos pedaços, o embate das ondas continua a destruição, e assim a costa recúa aos poucos, pelo esforço da *erosão*. Emquanto os materiaes mais duros ficam na praia, constantemente revolvidos n'um espaço limitado, onde apenas arredondam seus angulos pelo altrito mutuo, transformando-se em seixos rolados, outros egualmente duros mas menos coherentes, reduzem-se a fragmentos miudos que, arrastados pelo recuo da vaga, vêm formar adeante dos mesmos seixos uma praia, primeiro de cascalho, e depois de areia fina.

Quanto ás materias bastante tenues para ficarem em suspensão nas aguas agitadas, como os lodos que resultam da trituração das argilas, essas vão depositar-se mais longe da praia, nos logares onde a velocidade das ondas é menor

e onde, por uma especie de filtração, estes lodos podem descer lentamente até as camadas d'agua inferiores, livres da agitação da superficie. Originam-se d'esta sorte depositos de lodo ou *vasa*, mais ou menos mixturados com destroços miudos de natureza arenosa. Sabe-se hoje, pelas sondagens feitas em aguas profundas, que estas vasas formam, adiante das costas, uma cinta de lamas verdes ou azuladas, de 250 a 300 kilometros de largura.

**Actividade da erosão marinha.** — Estas vasas porém não encerram só as materias tenues produzidas pelo embate das vagas na praia; contém, em proporção dominante, as materias arrastadas pelos rios e que não se depositam nos deltas. Dizemos em proporção *dominante*. Effectivamente, demonstra a observação que seria demais admittir que a erosão marinha faça recuar as costas, termo médio, mais de *tres metros por seculo*. Nesta proporção, suppondo que as praias tenham a altura média de 40 metros, visto que a extensão total das costas orça por 260,000 kilometros, resultaria d'ahi uma perda annual de perto de  $3/10$  de kilometro cubico, isto é, não haveria proporção com o algarismo que representa a ablação pelas aguas dos rios. O que prova que assim deve ser é que a fita formada ao longo das costas pelos depositos detriticos ou *terrigenos*, como ás vezes se chamam, fita em geral muito estreita, soffre um notavel alargamento sempre que desembocca um grande rio. Este effeito é particularmente assignalado deante da foz do Ganges, como da do Amazonas.

**Estratificação dos depositos detriticos.** — Todos os depositos assim formados são *sedimentos*, isto é, constituídos pela quêda de materias solidas no seio d'agua. Demais são *detriticos*, isto é consistem em detritos de rochas preexistentes. Como o peso é o agente da quêda, elles têm de dispôr-se de accordo com as leis da gravidade, o que exige que os detritos caiam e se accumulem de fórma a ser sempre

horizontal a superficie do sedimento, excepto na zona dos cascalhos, onde a velocidade da agua permite a disposição em camadas inclinadas. Além d'isso, como a actividade da destruição das costas é desigual, pois que o poder da vaga depende da hora da maré, e ainda porque uma só tempestade pôde fazer trabalho incomparavelmente maior do que uma serie inteira de dias calmos; como, por outro lado, o transporte das alluviões pelos rios varia essencialmente com as estações e com o regimen das aguas, — segue-se que o deposito não é continuo. Os elementos não são constantemente do mesmo tamanho nem da mesma natureza. Eis porque o sedimento deve tender a repartir-se, segundo as superficies que correspondem ás maiores variações do phenomeno, em *camadas* ou *estratos* distinctos; isto legitima a denominação de *depositos estratificados* que se dá ás formações *sedimentares*. Observemos sómente que, si se tracta de lodos extremamente finos que se depositam como um precipitado nebuloso n'um liquido tranquillo, a estratificação poderá ficar indistincta, a menos que se use de tempos a tempos por uma parada subita da sedimentação.

**Restos organicos.** — Os animaes que vivem no mar, está visto que, quando morrem, deixam seus restos no fundo do mesmo mar. Entre as conchas, umas são trazidas para a superficie e fluctuam até serem lançadas, inteiras ou em fragmentos, no meio dos cascalhos littoraes; outras, aquellas cujos animaes viviam enterrados na vasa, nao deixando emergir sinão a extremidade de seu tubo, peã manecem no sedimento e na posição que occupavam emquanto vivas. Quanto aos vertebrados, depois de terem seus corpos fluctuado por algum tempo, os dentes e os ossos dispersam-se mais ou menos, e, sob a acção combinada das correntes e do peso, vão disseminar-se, parte nos cascalhos littoraes, parte na vasa profunda. De qualquer fórma, os depositos marinhos littoraes, que não correspondem a aguas

muito revoltas, encerram os restos dos animaes contemporaneos da sua formação.

**Variedade dos depositos synchronicos.** — Os sedimentos devem, na sua composição, denunciar a natureza das rochas que lhes deram origem. Além d'isso, a força d'elles, para um periodo determinado, depende da actividade da erosão, que é essencialmente variavel conforme os logares. Uma mesma epocha verá portanto o fundo do mar, na vizinhança das costas, tapetar-se de depositos muito diversos quanto á natureza, quanto á espessura, e tambem quanto á fauna que póde ser *littoral* ou *pelagica* (isto é, do alto mar). No primeiro caso, a fauna poderá corresponder a profundidades d'agua muito differentes, o que se deverá reconhecer pela especie das conchas enterradas. No segundo, variarão tambem as especies, segundo se tractar de fundos de rocha ou de vasa, de mares quentes ou de mares frios, etc. Em summa, a diversidade dos depositos traduzirá a variedade das condições physicas.

**Logares sem depositos.** — Dissemos ha pouco que as vasas detriticas raramente se extendiam além de 300 kilometros para fóra das costas. Conseqüentemente, nos oceanos que offerecem espaços livres de grande amplidão, estes espaços não podem receber no fundo deposito mechnico algum, a não ser que correntes nascidas perto das praias carreguem para alli, ou directamente ou com o auxilio de gelos fluctuantes, alguns fragmentos de rochas, ou a menos que tenues esquirolas de pedra-pomes lá vao ter, depois de haverem fluctuado ao acaso, como acontece no Pacifico. Nestas regiões só podem dar-se depositos chímicos ou organicos; mas este assumpto pertence a outro capitulo da dynamica externa, e tractaremos d'elle mais adeante.

Suppõe-se hoje que os depositos detriticos em via de formação, taec como os accusam as sondagens, cobrem

cêrca de *um quinto* da superficie total do fundo dos oceanos.

Ha, na vizinhança das costas, sitios em que não existem depositos mechanicos, porque as correntes são bastante fortes para varrer o fundo do mar. Sómente isto não acontece em geral sinão em estreitos de pequena profundidade, porque a velocidade das correntes diminue muito depressa abaixo da superficie.

**Intensidade variavel da erosão marinha.** — Taes são as condições normaes da acção dinamica do mar. Mas surge a questão de saber si esta acção pode exercer-se indefinidamente com a mesma intensidade média. Os factos não permittem acredita-lo. A não ser que sobrevenha uma mudança nas relações de nivel da terra firme e do oceano, uma costa, á força de corrosão, deve acabar adquirindo um perfil que a torne cada vez menos accessivel ao assalto das vagas. Já indicámos o papel protector que representam os cordões littoraes de dunas. Os seixos rolados e o lodo são tambem muitas vezes efficazes : regularizam o contorno das costas, em consequencia de sua tendencia a formarem cordões rectilineos, deixando atraz de si *lagunas* que a pouco e pouco se hão de entulhar. A vegetação, quando chega a enraizar-se no intervallo de duas grandes marés, produz, sobre as vasas littoraes recentemente formadas, um excellente effeito de consolidação. Até as costas dispostas em faleja acabariam por não ser mais desbastadas, si a geada e as infiltrações não viessem em auxilio das vagas, preparando a divisão das rochas. Assim a intensidade da erosão marinha, suppondo que não receba auxilio externo, deve ir decrescendo em cada poncto, e o proprio progresso d'ella impõe limite á sua efficacia. Seu valor mostra-se aliás muito variavel, como é possivel julgar comparando a estabilidade quasi absoluta das costas da Bretanha com a erosão das falejas da Heve, que progride na razão de 25 ou 30 centimetros por anno, e melhor ainda com o ataque de certos ponctos das costas

da Inglaterra e do mar do Norte, onde a *ablação* ou desbaste annual não é inferior a um metro.

Explica-se esta diversidade não só pela desigualdade de força das vagas ou de resistencia das rochas, mas ainda por este facto : que provavelmente o trabalho do mar não começou em todas as costas na mesma epocha, de maneira que, conforme as localidades, póde estar mui desegualmente adeantado.

## § 5.º

## ACÇÃO DO GELO

**Quédas de neve. Neves perpetuas.** — Cumpre estudar agora o que acontece á porção do vapor atmosphérico que se condensou sob a fôrma de neve.

Quando a neve cae sobre regiões de fraca altitude, cedo ou tarde é fundida pelos raios solares, e, conforme a natureza do sub-solo, ou vae engrossar os rios ou infiltra-se. Confunde-se a acção dynamica d'este producto com a das aguas correntes, e houve simplesmente, na sua manifestação, um tempo de parada causado pela pouca mobilidade das particulas da neve. Além d'isso deve notar-se que a neve, pela demora com que se funde, facilita a infiltração nas encostas, fazendo penetrar gotta a gotta, no solo, a agua que teria podido correr pela superficie, si houvesse caído em estado liquido. Ella, pois, concorre ainda d'esta maneira para a regularidade do regimen dos cursos d'agua e para a diminuição do seu poder mechanico.

Muito mais importante é o papel da neve que cae nas altas montanhas, regiões onde é tal a rarefacção do ar, que o calor do verão não basta para derreter todas as neves caídas durante o inverno.

Nestas condições, tornam-se as neves *persistentes* ou *perpetuas* e podem amontoar-se em quantidade enorme.

Esta permanencia das neves manifesta-se a partir d'uma certa linha, cuja altitude, variavel conforme as regiões e a abundancia das neves, é de 2800 metros na Suissa, de 3500 a 4300 metros no Caucaso, ao passo que se abaixa até o nivel do mar, no hemispheric meridional, do 62º gráo de latitude por deante. Quanto mais exempto de variações é o clima, mais nitido e estavel é o limite das neves perpetuas. Nos tropicos, elle fórma, entre 4700 a 5000 metros de altitude, uma linha horizontal de absoluta nitidez. Pelo contrario, varia muito a sua posição no hemispheric Norte, por causa da grande differença entre o inverno e o verão.

**Avalanches, nevados.** — Qualquer que seja a abundancia das quédas de neve, a accumulacão de uma materia tão movel tem forçosamente um limite. Quando este limite é excedido, porções de neve caem pelas encostas, constituindo as *avalanches*, que tanto medo causam aos montanhezes, não só por causa da sua massa, mas ainda pela porção de pedras e blocos que podem arrastar na quéda.

Ou as avalanches despenham-se por uma encosta que não permite a sua concentraçã e, neste caso, a neve, depois de feita a sua obra e de haver depositado os materiaes solidos, derrete-se e alimenta as fontes vizinhas; ou então o excesso das neves perpetuas é dirigido, pela convergencia dos picos, para um reservatorio com fórma de grande circo, no qual se armazena e torna-se, depois de varias transformações, origem de uma *geleira*. Este reservatorio é portanto, para a geleira que elle alimenta, uma *bacia de recepção* das neves, equivalente á bacia de recepção das torrentes.

No momento em que a neve cae sobre as altas montanhas, acha-se ella no estado de *crystaesinhos* estrellados. Logo depois estes *crystaes* soffrem, sob a acção dos raios solares, um começo de fusão e tornam-se em granulos mais



ou menos arredondados, cujo todo fórma uma especie de poeira branca muito movel. Accumulando-se nos grandes circos, começa este pó de neve a agglomerar-se, congelando-se nos intersticios a agua que provém da fusão superficial dos granulos. D'ahi resulta um amontoado de granulos pouco coherente, salpicado de bolhas de ar, a que se dá o nome de *nevado*.

**Formação das geleiras.** — As camadas inferiores do nevado tornam-se ceda vez mais compactas por causa da pressão que supportam. Demais o circo onde as neves se armazenaram dá sempre para uma garganta mais ou menos apertada, por onde o nevado, impellido ao mesmo tempo por seu peso e pela pressão de cima, é forçado a descer. D'esta sorte o nevado acaba chegando a uma zona de menor altitude, onde a temperatura é superior a zero. A fusão parcial que d'ahi resulta augmenta a compacidade da massa, e assim, da poeira nevosa dos cumes, passa-se para esse gelo coherente, translucido, salpicado de fendas capillares e ás vezes de veias azuladas, que caracteriza as *geleiras* propriamente dictas.

Uma geleira pôde portanto ser qualificada assim : um apparelho natural que tem por função dar vasão ao excesso das neves perpetuas que caem em toda a extensão d'um circo de montanhas.

Em todo o caso, da mesma maneira que um rio é alimentado por nascentes ou fontes, uma geleira tem necessidade, antes de tudo, de abundantes quédas de neve, e como estas resultam da condensação do vapor atmosphérico, ventos humidos são sobretudo necessarios para a producção das geleiras. O frio por si só não bastaria para fazê-las, e é por isso que as geleiras são tão raras no Tibet, aonde o ar chega secco, tendo perdido a sua humidade nos flancos do Himalaya.

**Fendas. Regelo.** — Sendo o gelo inextensivel e quasi

desprovido de plasticidade, fende-se a todo o momento quando, no seu movimento de descida, soffre compressões ou dilatações. Mas as fendas que se produzem são logo tomadas por neve ou por fragmentos miudos de gelo, em torno dos quaes as aguas de infiltração provenientes da fusão superficial vêm gelar-se de novo, fazendo do todo uma massa solida, sob o esforço da compressão de cima. A continuidade do gelo, constantemente interrompida pela formação das fendas, é portanto restabelecida tambem constantemente pelo regêlo. Sendo aliás mantida toda a massa n'um meio em que reina temperatura superior a zero. resulta d'isso para o gelo uma tendencia a approximar-se da fôrma liquida, e a pressão das partes superiores faz-se ali sentir ao mesmo tempo que a acção do peso. As fendas capillares dividem a massa em grãos que podem mover-se uns em relação aos outros. D'est'arte é licito dizer que uma geleira é um rio ou antes uma torrente de agua gelada, cuja analogia com as aguas correntes se pronuncia com tanto maior clareza, quanto mais elevada é a temperatura ambiente.

**Movimento das geleiras.** — Medições exactas permittiram, com effeito, verificar que as geleiras caminham com velocidade variavel, maior no verão do que no inverno, mais sensivel na superficie do que no fundo, e que attinge o maximo no meio da largura, ao passo que nas orlas é reduzida pelo attrito das paredes. Antes d'estas medições, sabia-se já que uma geleira transportava para baixo os objectos que haviam caído em sua superficie. Por exemplo, a escada deixada em 1788 pelos guias de Saussure, juncto á Agulha Negra, fôra encontrada em pedaços, 57 annos depois, a 4  $\frac{1}{2}$  kilometros mais abaixo. Na Suissa, a velocidade média do gelo, na superficie, varia de 2 a 5 centimetros até 1<sup>m</sup>,25 em 24 horas. Como a velocidade dos grandes rios é habitualmente comprehendida entre 0<sup>m</sup>,50 e 1<sup>m</sup>,50 *por segundo*, pôde-se logo concluir que a geleira é

um aparelho natural, pelo qual o movimento do producto das precipitações atmosphericas se retarda, pelo menos na proporção de *um para cento e cincoenta mil*.



Fig. 10. — O Mar de Gelo e suas morenas da direita, com as geleiras suspensas da agulha do Dru.

**Efeitos de transporte. Morenas.** — Si porém se retarda tão consideravelmente a velocidade de escoamento, cresce ao contrario o poder de transporte. Effectivamente o gelo, ao descer, arrasta necessariamente tudo o que lhe

cae na superficie. Uma geleira é sempre apertada entre duas paredes abruptas, ao longo das quaes se desmoronam os blocos destacados dos cumes pela geada ou pelas avalanches. Os productos d'estas quedas formam, nas duas bordas da corrente de gelo, duas fieiras lateraes, conhecidas pelo nome de *morenas* (fig. 10). É facil verificar que estas morenas se deslocam a pouco e pouco, obedecendo ao movimento do gelo que as carrega. Dá-se até que, quando duas geleiras se reúnem em uma só, a morena da direita de uma se junta á morena da esquerda da outra, formando-se uma morena mediana, que pôde conservar por muito tempo a sua individualidade, apparecendo como uma fita negra no meio da largura da geleira resultante. E si este effeito se repete muitas vezes, distinguem-se, na superficie da geleira, tantas fieiras, de desigual largura, quantos affluentes desegualmente importantes houve (fig. 10).

Durante o transporte, os blocos das morenas, fortemente apertados de encontro ás paredes da garganta, gastam-n'as, pulem-n'as, traçando n'ellas muitas vezes estrias ou riscas. O mesmo acontece no fundo, que é além d'isso varrido por correntes sub-glaciaes, productos da fusão parcial do gelo, que carregam lodo fino e pedrinha miuda. Acaba tudo isto por chegar a um ponto em que a *ablação*, isto é a intensidade da fusão do gelo, sob a influencia d'uma temperatura externa que cresce á medida que se desce, torna-se exactamente igual á *alimentação*. Então a geleira pára, deixando escapar da sua extremidade uma torrente, cuja agua é leitosa por causa das particulas tenues que carrega.

Quando uma geleira é poderosamente alimentada, como se dá na Suissa com o Mar de Gelo do Monte-Branco, sua extremidade chega facilmente até a zona cultivada, e é contraste notavel o d'esse lençol gelado com os campos verdejantes e com as florestas que quasi se encostam a elle. Da mesma sorte, na Nova-Zelandia, quedas de neve de consideravel amplitude chegam a empurrar a testa de

algumas geleiras até pequena distancia do mar, no meio de regiões onde á roda se desenvolve uma vegetação luxuosa.

Na extremidade livre ou testa de uma geleira, as morenas e os materiaes transportados pelo fundo expandem-se n'um monticulo semi-circular, chamado *morena frontal*. É uma mixtura sem estratificação de grandes blocos as mais das vezes angulosos, seixos, pedrinhas e lodo de côr cinzenta. Muitos seixos d'esta morena são *polidos*, *attritados* ou *riscados*. É isto sobretudo frequente com as pedras calcarias, que recebem muito mais facilmente as estrias, mas tambem perdem-n'as muito depressa pelo attrito n'agua ou pela exposição ao ar.

Alguns dos blocos das morenas são de enorme dimensão e excedem tudo quanto as mais violentas torrentes seriam capazes de deslocar. D'esta maneira, uma geleira revela-se aos nossos olhos como um instrumento de transporte de grande efficacia, com cujo auxilio chegam a uma situação de melhor equilibrio, já blocos arrancados aos altos cumes que a agua corrente não póde attingir, já materiaes que desafiam pelas suas dimensões a força dos cursos d'agua.

Ao mesmo tempo as geleiras regularizam, armazenando-os como em um reservatorio, os productos das nevadas e garantem a alimentação dos rios no verão, isto é, exactamente quando elles mais d'isso precisam. De mais a neve, pela sua condensação, restituiu ás regiões superiores o calor latente que a evaporação tomára em regiões mais quentes, ao passo que, para derreter-se, uma vez transformada em gelo, ella deverá tomar em regiões inferiores o calorico necessario. As geleiras contribuem portanto para *igualar* os climas do globo.

**Deslocamentos da testa das geleiras.** — A posição da extremidade livre de uma geleira resulta de uma especie de lucta entre a quantidade de gelo que vem de cima e a fusão superficial devida á acção directa do sol e á do ar ambiente. Esta posição só poderia ser fixa si fossem

constantes os elementos que a determinam. Pelo contrario, nada é mais variavel, conforme os annos ou os periodos, do que a intensidade das quédas de neve e a actividade dos raios solares. Por isso ha um deslocamento continuo da testa da geleira. Esta ora recua, deixando descoberto seu fundo polido e *riçado*; ora avança, estragando plantações e casas. A historia registou muitas oscillações d'este genero, e mais de uma antiga morena, hoje cultivada mas facil de reconhecer pelos seus grandes blocos, apresenta-se agora em pontos que as geleiras deixaram de attingir.

Si a ablação e a alimentação são os dous principios antagonicos que regulam a posição da testa das geleiras, a acção d'elles não se faz sentir com igual rapidez. Exerce-se a ablação, pelos raios solares sobre toda a superficie livre da geleira, pelo sol e pela irradiação do ar ambiente sobre a parte inferior do rio de gelo. Sua acção é portanto immediata, e a influencia d'um verão quente deve traduzir-se sem demora por uma diminuição de comprimento e de espessura. Quanto á alimentação, é sobretudo pelo augmento da massa dos nevados que se torna efficaz. Sem duvida, parte da neve cae directamente na geleira e augmenta-lhe a massa; mas este effeito é pequeno ao lado do que deve ser produzido pelo excesso dos nevados accumulados, durante um inverno inteiro, sobre toda a superficie do circo, onde a geleira se alimenta. Ora, antes de revelar-se nas regiões inferiores, este excesso de nevados deve transformar-se e operar uma descida progressiva que, segundo a proporção média da velocidade das geleiras, exige pelo menos alguns annos.

Na Suissa, mostra a observação que uma serie de invernos nevosos leva ás vezes 25 annos para manifestar a sua acção. E como esta, desde que se inicia, continúa a produzir-se, acontece frequentemente que os movimentos da extremidade livre são contradictorios com o conjuncto das circumstancias ambientes: uma geleira continúa a crescer durante uma serie de annos quentes e seccos,

**Influencia da junção das geleiras.** — Cumpre também observar que os deslocamentos da extremidade das geleiras podem ser aparentemente desproporcionados com a causa que os produz. De facto, si duas d'ellas até então separadas vêm a reunir-se, formarão em geral, soldando-se n'uma garganta commum, uma corrente cuja largura não será igual á somma das larguras das geleiras affluentes. A espessura da geleira resultante é que ha de ser maior. Como porém a fusão do gelo se opera sobretudo pela superficie, e como esta ultima não augmentou na proporção da massa, a geleira, mais bem defendida, contra a ablação, avançará até mais longe do que teria feito isoladamente cada uma das duas affluentes, si caminhassem ambas sem reunir-se. Assim, quando uma exaggeração das quedas de neve provocar o encontro de muitas geleiras habitualmente isoladas, a extremidade livre poderá avançar até muito mais longe do que faria suppôr o porte das affluentes antes de sua reunião.

**Perfil das gargantas occupadas pelas geleiras.** — Uma geleira é notavel instrumento de *desentulho*. O gelo, pelo attrito das pedras transportadas, faz desaparecer debaixo de um polido uniforme todas as desigualdades da garganta que elle enche, e basta a sua pressão para remover do leito todos os obstaculos. Por isso quando, após uma longa serie de annos seccos, o nivel do gelo baixa ao mesmo tempo que a testa da geleira recúa, fica descoberto o antigo leito sob a fórma d'uma garganta de fundo liso, de paredes a pique, tendo uma secção que lembra a letra U, ao passo que a secção dos valles torrentosos, cujas vertentes são mais sujeitas a desmoronamentos, tem antes a fórma de um V.

Ao mesmo tempo que o gelo prima em desentulhar o seu caminho, afastando todos os materiaes moveis, póde também aprofundar o seu leito nas rochas duras, pelo menos até certo poncto, penetrando pelas junctas á guiza de cunha,

Todas as gargantas hoje occupadas por geleiras deixam vêr paredes polidas e arredondadas até altura muito superior á que o gelo attingiu nos tempos historicos (v. fig. 10). Este facto, e mais a existencia de antigas morenas espalhadas por diversos pontos, permitem affirmar que o trabalho e as dimensões das actuaes geleiras não são sinão enfraquecido echo do que foram outr'ora. N'este particular ainda, como para as torrentes e para os rios, somos levados pelo exame dos factos á noção de um periodo anterior de maior actividade.

**Gelos polares.** — O phenomeno dos gelos que, nas regiões temperadas, é localizado no coração dos massiços montanhosos, assume nas altas latitudes extensão consideravel. O limite das neves perpetuas baixa alli progressivamente até o nivel do mar, e o solo desaparece, como na Groenlandia, debaixo de um manto uniformê de neve e de gelo, que mal deixa despontar alguns cabeços.

A *calotta glacial* das regiões arcticas não transporta sinão pouquissimas pedras, o que não admira, porquanto nella não dominam escarpas. Essa calotta caminha todavia, com uma velocidade que até parece superior á das geleiras suissas, estriando e polindo as rochas que encontra na passagem, e debaixo de sua massa circulam verdadeiros rios. O excesso da calotta da Groenlandia escoo para o mar por verdadeiras geleiras, cuja testa tem ás vezes immensa largura, mas muitas das quaes desemboccam simplesmente no fundo de profundas chanfraduras da costa, chamadas *fiordes*. Depois de haver fluctuado algum tempo, a extremidade das geleiras polares quebra-se em pedaços, que ficam sendo os *gelos fluctuantes* (*ice bergs*). Cumpre não confundir estes gelos fluctuantes de geleiras com os bancos de gelo (*banquises*) que se formam ao longo das costas por congelação directa da agua do mar; estes ultimos raramente têm mais de 5 ou 6 metros de espessura nos mares arcticos, visto que o frio da atmospherá não se



faz mais sentir abaixo de uma camada de gelo d'esta grossura. Em compensação, carregam pedras e lodo proveniente de esboroamentos da costa, e quando no verão se destacam para fluctuar á mercê das correntes, as pedras se espalham pelo fundo do mar.

Nas regiões antarcticas, onde não ha verões capazes de derreter a superficie do banco de gelo, a congelação continúa, *debaixo da camada já formada*, porque a agua do mar, mais densa, resfriando-se livremente ao ar, tende a descer. D'esta sorte o banco de gelo, constituido de *gelo salgado*, em camadas regulares successivas, cresce por baixo e acaba adquirindo enorme espessura. Em muitos pontos excede o nivel da sua linha de fluctuação perto de 40 metros, o que exige de 200 a 300 metros de espessura total.

Si os gelos polares não têm morenas na sua superficie, arrastam pelo menos uma *morena profunda*, formada pelos materiaes arrancados ao terreno subjacente; é uma lama cinzenta, salpicada de calhaos, uns rolados, outros angulosos, pela maior parte attritados e riscados.

Por muito intenso que seja hoje o frio das regiões vizinhas do polo, parece que elle não é bastante para explicar todas as accumulações de gelo que allí se notam. Por essa razão muitas d'ellas são consideradas como restos d'uma epocha anterior, em que as causas do frio foram ainda mais activas.

**Gelos dos rios.** — Dá-se no inverno em certos rios correntosos e pouco profundos um phenomeno, que tem alguma analogia com o dos bancos de gelo fluctuantes. Formam-se no fundo placas de gelo, durante as noites claras, por causa da irradiação dos seixos que têm no leito. Essas placas vêm depois fluctuar na superficie e são levadas pela corrente, servindo assim de instrumentos para deslocar materiaes, sobre os quaes o rio não teria acção.

O mesmo effeito de transporte repete-se nos grandes

curtos d'agua, em certos invernos excepcionaes, por occasião de romperem-se os diques que a accumulacão dos gelos fez nascer nos pontos estrangulados do rio.

## § 6.º

## ACÇÕES CHIMICAS

**Characteristico geral das acções chimicas.** — Em tudo o que precede limitamo-nos a considerar os effeitos *mechanicos* dos agentes exteriores. Não se limita porém a isto a intervenção d'elles. As aguas correntes nunca são puras, e encerram principios que lhes permitem dissolver uma parte dos elementos dos terrenos que ellas regam. As aguas de infiltração, contendo pela maior parte acido carbonico tirado do ar, dissolvem no seu percurso subterraneo elementos mineraes, que vão depôr mais tarde nos pontos de emergencia das nascentes, ou que conduzem em ultima analyse para o grande reservatorio do mar, em cujo fundo taes substancias podem depositar-se, ou por mutua reacção ou por evaporação. Finalmente as aguas marinhas, ricas de saes dissolvidos — sulfato de calcio, chloreto de sodio (sal marinho), chloretos e brometos de potassio e magnesio, que ellas podem depositar evaporando-se, tambem são capazes de atacar em parte as rochas que soffrem uma trituração no seu seio, e de carregar-se assim de carbonato de calcio ou de silicatos alcalinos. D'ahi resultam *depositos chimicos*.

**Acção das aguas meteoricas.** — A agua da chuva ou *agua meteorica*, por ser sempre carregada de oxygenio, tem por principal papel oxydar as rochas que atravessa. É sobretudo sensivel este effeito nos terrenos que contém

ferro e que tomam, pela superoxydação deste elemento, um colorido vermelho ou pardo characteristico.

Os calcarios são atacados pela agua da chuva, graças ao acido carbonico que ella contém. Sob esta influencia, as fendas naturaes do terreno alargam-se por corrosão das paredes. Chegando ao ar livre, as aguas que têm calcario em dissolução depositam-n'o por evaporação e assim se formam, sobretudo por incrustação progressiva em torno dos musgos que guarnecem os orificios por onde ellas resumbram, *tophos*, ora terrosos, ora compactos, com conchas de animaes terrestres.

Quando é muito lenta a evaporação das aguas calcarias, o que acontece nas paredes das grutas e outras cavidades, dá-se um deposito concretizado de carbonato de calcio, o qual, crescendo por camadas concentricas, dá origem ás incrustações conhecidas pelo nome de *estalactitos* e *estalagmitos*. Descendo da abobada em pingentes e em columnas, estas incrustações, que cada dia augmentam com os novos gottejamentos, formam no solo das grutas *assolhos estalagmiticos*, onde se encontram empastados os ossos e as dejecções dos animaes que frequentaram as cavernas.

A actividade do crescimento d'estes revestimentos está em relação com a força das infiltrações, isto é com a abundancia das chuvas, e póde ser totalmente sustada, ou pela acção do gelo, ou pelo estabelecimento de um regimen secco. Em todas as grutas afamadas pelas suas decorações estalagmiticas (e algumas d'ellas ainda são percorridas por cursos d'agua subterraneos), não só a maior parte das incrustações é de antiquissima data, mas ainda a sua formação remonta de certo a uma epocha em que a humidade foi muito mais abundante do que hoje.

As proprias rochas graniticas, não obstante a sua dureza e a pouca solubilidade dos seus mineraes, não escapam á acção prolongada das aguas meteoricas. A pouco e pouco os silicatos alcalinos que ellas continham

são arrastados, deixando um residuo argiloso, analogo ao *kaolim* ou terra de poreclana. Ao mesmo tempo perde a rocha a sua cohesão e transforma-se na superficie em areia grossa e movel. É particularmente nas regiões tropicaes, expostas a chuvas copiosas e quentes, que se produz em grande escala esta alteração das rochas *crystallinas*.

Como muitos granitos contêm partes mais duras e mais resistentes do que o resto da massa, o progresso da alteração ao ar isola estas partes sob a fórma de grandes blocos geralmente arredondados. D'isso resultam ás vezes configurações singulares, notavelmente *superposições* de rochedos em equilibrio instavel, nos quaes a imaginação popular descobre a intervenção dos gigantes; e todavia a situação dos blocos resulta simplesmente de que as aguas correntes tiraram a pouco e pouco a areia movel, em cujo meio as partes duras estavam disseminadas. Estas configurações são um effeito combinado da acção chimica e das torrentes.

**Acção da agua do mar.** — As aguas correntes tiram todos os annos á terra firme, por simples dissolução, e conduzem para o mar, uma proporção de materias mine-raes que não é talvez muito inferior a *cinco kilometros cubicos*. D'estas substancias dissolvidas, os carbonatos de calcio e de magnesio formam por si sós a metade; tocando um decimo á silica. Outro decimo cabe aos sulfatos de calcio, de sodio e de potassio. O mar enriquecer-se-hia portanto de continuo com a entrada d'estas materias, si algumas causas não viessem contrabalançar o effeito d'ella. A primeira de simillhantes causas é a evaporação nas lagunas dos paizes quentes.

A evaporação natural da agua do mar tem como consequencia o deposito de *sulfato de calcio* ou *gesso*, algumas vezes precedido por uma precipitação de *carbonato de calcio*, substancia ainda menos soluvel. Si ainda se accentua a concentração, o *sal marinho* deposita-se por sua

vez em crystaesinhos brancos (reacção que o homem regulariza preparando as *salinas*); depois d'isto pôde vir a vez dos chloretos e sulfatos de potassio e de magnésio.

Nos mares muito quentes, basta a evaporação nas costas para depositar, sobre os grãos de areia da praia, uma incrustação de carbonato de calcio, que os transforma em verdadeiras pedras. O mesmo carbonato pôde tambem agglomerar os seixos das praias constituindo *puddings*. Outras vezes, como á beira das dunas, é uma agua carregada do saes vegetaes que, infiltrando-se nas areias e detida a certa profundidade, faz d'ellas um *grez* pardo escuro, conhecido pelo nome de *alios*.

Nos mares profundos, aonde não chega sedimento detritico algum, demonstraram as dragagens que se fórma uma argila avermelhada pela decomposição dos elementos volcanicos do fundo. Si ha neste fundo corpos extranhos, como dentes de tubarão ou ossos de baleia, deposita-se na superficie d'elles uma camada parda de oxydo de ferro e de manganez. Este revestimento cresce mui lentamente, por camadas concentricas successivas e acaba, a final, por dar origem a concreções arredondadas — *nodulos manganesiferos*, abundantes no leito do Pacifico a cerca de 5000 metros de profundid de.

Todas estas reacções porém deixam ainda subsistir, nas aguas do mar, um excesso notavel de substancias dissolvidas, provenientes da contribuição dos rios. Este excesso tem de ser fixado por um processo differente do das acções mechanicas e physicas. É funcção dos organismos marinhos, de que se tractará mais adeante.

**Resumo.** — Em summa, como todas as outras manifestações da dynamica externa que já examinamos, a acção chimica é dupla e comporta um phenomeno de *destruição* seguido de um phenomeno de *reconstituição*. Exerce-se o primeiro á custa da terra firme, atacando partes que nem o ar, nem o mar, nem as aguas correntes poderiam attingir,

para tirar-lhes alguns dos seus elementos constituintes. Estes ultimos realizam então certo percurso de cima para baixo, até o dia em que uma nova acção, physica ou chimica, fixa-os, ao menos por algum tempo, n'uma melhor situação de equilibrio, incorporando-os novamente, mas mais perto de centro commum de attracção, á parte solida da crosta.

## § 7.º

## ACÇÃO DOS SERES VIVOS

**Characterísticos geraes da acção dos seres vivos.**

— Analysando o modo de ser dos agentes exteriores, vimo-los sempre com a tendencia natural para um estado de equilibrio relativo no qual, si as circumstancias externas fossem as mesmas, seu poder mechanicamente se reduziria consideravelmente. Nas regiões em que está estabelecido este equilibrio, não se suspende por isso o jogo da dynamica externa; reveste porém nova fôrma, caracterizada pela intervenção dos *seres vivos*. Não só os organismos, animaes ou vegetaes, tomam posse dos solos ou das praias que se tornaram bastante estaveis para que o edificio delicado d'elles possa ali subsistir; mas ha muitos d'elles que augmentam a crosta solida do globo, fazendo com que ella aproveite, — ora substancias que a acção chimica arrastou para as aguas doces ou salgadas, com risco de alterar-lhes a composição, — ora parte dos elementos da atmosphaera fixados de então em diante no solo debaixo de uma fôrma duradoura. Constituem-se assim, pela simples accumulacção dos despojos d'uma parte do mundo vivo, verdadeiros *terrenos*, cujo modo de formação é muito instructivo, pois que nelle encontramos a chave dos phenomenos que presidiram ao deposito dos *calcarios* e dos *combustiveis mineraes* : os calcarios, com que o homem constroe a

maior parte de suas casas; os combustiveis mineraes, que facultaram o desenvolvimento da industria moderna. Dir-se-hia que entrou nos designios da Providencia empregar, para a preparação d'estes materiaes tão caracteristicos do estado de civilização, alguma cousa mais elevada do que a simples intervenção das forças phisicas e mechanicas!

**Modo de formação da turfa.** — O que se póde chamar a acção geologica dos organismos terrestres traduz-se por differentes maneiras : não tractaremos porém aqui sinão do trabalho dos vegetaes, porque é o unico que se exerce em escala consideravel, dando origem ao combustivel mineral conhecido pelo nome de *turfa*.

A turfa é o producto da decomposição, debaixo d'agua, de certos vegetaes, entre os quaes dominam, com as cypereaceas do genero *Carex* ou carices, os musgos e especialmente os *esphagnos*. Exigem os musgos turfosos, para desenvolver-se, agua limpida e atmospherá humida, com temperatura que não exceda a 8 grãos centigrados. Satisfeitas estas condições, desenvolvem-se os *esphagnos* com grande vigor, absorvendo consideravel quantidade d'agua, e morrem pelo pé emquanto a cabeça continúa a crescer. Como porém a decomposição da parte inferior se realiza ao abrigo do ar, só uma parte da materia vegetal é consumida. O resto fórma um producto combustivel de côr escura, contendo de 58 a 60 0/0 de carbono, e no qual a estructura organica se vae apagando á medida que a transformação progride. Ao mesmo tempo augmenta progressivamente a compacidade.

É extremamente variavel a rapidez de crescimento da turfa. No Jurá oscilla entre 0<sup>m</sup>, 60 e 3 metros por seculo. Mas este crescimento não é indefinido, e quando a bacia turfosa jurassica, que começou por carices, e continuou por musgos e *esphagnos* está bastante espessa, apparecem as urzes e a turfa deixa de formar-se.

**Distribuição das turfeiras.** — Comtanto que a at-

mosphera seja humida, a temperatura pouco elevada e a agua sempre limpida, a natureza e o declive do solo pouco influem sobre a formação das turfeiras. Encontram-se ellas no fundo dos valles de vertentes permeaveis, nas depressões dos altos valles jurassicos, mas tambem em declives bastante fortes, sobre montões de blocos graniticos, ás vezes até em logares escarpados, onde a turfa está suspensa e aerea. Em compensação. a chegada de aguas lodosas n'uma bacia de turfa basta para suspender immediatamente a vegetação dos musgos.

As turfeiras attingem seu principal desenvolvimento nas regiões temperadas frias. Emquanto no Jurá e nos Vosgos não as ha abaixo de 800 metros de altitude, occupam ellas espaços immensos quasi ao nivel do mar na Irlanda, na Escossia, na Allemanha do Norte e na parte occidental da Russia. É alli que, sob a influencia d'um clima humido mas medianamente rigoroso, n'um solo sem declives caracterizados, se formam esses grandes pantanos turfosos, cujo centro acaba por ser mais elevado de que as bordas, porque o crescimento dos musgos é mais activo nesse ponto e onde as grandes chuvas provocam a cheia e o transbordamento do pantano.

Os valles gredosos do Norte da França têm o fundo revestido de turfa, porque os rios que os banham, unicamente alimentados por nascentes, não puderam encher o antigo leito maior nem de areia nem de lodo. As vertentes, que são essencialmente permeaveis, deixam porejar por toda a parte aguas limpidas que, caminhando sem velocidade apreciavel no fundo do valle, estão nas condições reclamadas para o estabelecimento de uma vegetação turfosa.

**Diversos modos de formação de combustiveis mineraes.** — Não é por causa da sua composição chimica que os musgos são o principal agente da formação da turfa, visto como esta composição pouquissimo differe da



da fibra ou da casca da madeira. É porque os musgos são as plantas que mais se accommodam ás condições physicas sob cujo imperio se opera de preferencia a transformação da materia vegetal em combustivel. Similhante transformação porém pôde effectuar-se em outras circumstancias, notavelmente quando uma floresta foi destruida por um furacão, e seus destroços, cahidos nos cursos d'agua, ficaram nelles mergulhados. Neste caso decompõem-se a fibra e a casca da madeira, e si o producto final não tem exactamente a mesma textura que a turfa de musgos, pelo menos differe d'ella muito pouco na proporção de carbono, hydrogenio e oxygenio que contém.

Até nos paizes quentes, onde o ardor do sol, pela evaporação que provoca, impede o estabelecimento das turfeiras, um combustivel fossil pôde ainda formar-se nos deltas dos grandes rios. Ora isso se dá pelo deposito dos troncos de arvores e outras plantas, que fluctuam em tempo de enchentes; ora é pelo enterramento periodico, debaixo de novas alluviões lodosas, das vegetações de canniços, cyprestes e até carvalhos ternos que haviam conseguido desenvolver-se no intervallo de duas enchentes excepcionaes, sobre nateiros de recente formação. Repetiu-se este phenomeno muitas vezes na foz do Mississipi, e é provavel que em outras epochas geologicas este modo de deposito representasse papel mais consideravel.

**Depositos marinhos formados pelos foraminiferos e pelas diatomaceas.** — Ao passo que na superficie dos continentes, os vegetaes, especialmente os de ordem inferior, não só fixam no solo elementos (carbono, hydrogenio e oxygenio), primitivamente contidos no ar, mas ainda armazenam na casca do globo, sob a fôrma de combustiveis, uma parte da energia solar que os fizera crescer, — realiza-se nos oceanos um trabalho igualmente notavel sob a influencia dos animaes menos elevados em organização. Por meio d'elles os saes de calcio que ha em

excesso na agua do mar são decompostos e empregados em construir envoltorios calcarios, cuja accumulção gera com o tempo massas poderosas.

Perto das praias, é muitas vezes exercida esta funcção por algas calcarias, chamadas *nulliporas*. Longe das costas, nesses espaços pelagicos onde vimos que a sedimentação mechanica não podia mais effectuar-se, as aguas superficiaes nutrem, sobretudo nas regiões quentes, uma abundante população de seres microscopicos, chamados *foraminiferos*. Entre elles dominam as *globigerinas*, munidas de envoltorios calcarios do tamanho de cabeças de allinete. Estes envoltorios de globigerinas caem, no fundo, como chuva continua, e alli constituem camadas de uma vasa esbranquiçada, extremamente rica de carbonato de calcio. Outras vezes, correntes quentes, como o *Gulf-Stream*, conduzem para o oceano uma rica provisão de materias nutritivas, graças ás quaes molluscos, ouriços do mar e polypeiros se desenvolvem abundantemente no leito do mar, por baixo do percurso das correntes, construindo com o amontoamento de seus despojos filas de calcarios brancos solidos. Finalmente, casos ha em que a profundez d'agua é demasiado grande para permittir a conservação das conchinhas tão frageis das globigerinas, incapazes de manter-se intactas debaixo d'uma columna d'agua de mais de 4000 metros, e então, no Pacifico, succede ás vezes que o fundo se forra com os envoltorios de foraminiferos silicosos, chamados *Radiolares*, que absorvem o excesso de silica levado pelos rios ao mar.

Quanto ás latitudes frequentadas pelos gelos fluctuantes, a agua de superficie é muitas vezes ahi habitada por myriades de pequenas algas, denominadas *diatomaceas*, cujos frustulos silicosos, mixturados com os envoltorios de radiolares formam uma *vasa de diatomaceas*, especie de farinha silicosa macia.

Todos estes depositos effectuam-se com grande lentidão,

e só se póde contar por millímetros, em geral, a espesura formada no decurso de muitos seculos.

**Trabalho dos coraes.** — O trabalho de conquista que os foraminiferos realizam no silencio e na obscuridade das profundezas oceanicas, os coraes fazem-n'o por sua vez perto das costas, no meio da agitação das ondas da superficie. Si os massiços que elles constroem são talvez menos extensos, em compensação o edificio é muito mais solido e muito mais rapidamente feito.

Os *polypeiros constructores*, ou *coralligenos*, são animaes inferiores que têm a apparencia de plantas (fig. 11



Fig. 11. — *Dendrophylla nigrescens*.



Fig. 12. — *Astræa pallida*.

Especies coralligenas.

e 12), d'onde o nome de *zoophytos*, e que vivem em colonias, já sob a fôrma de arvoresinhas ramificadas, já em massas espheroidaes ou lenticulares. Cada um d'elles segrega, sem duvida á custa do sulfato de calcio da agua do mar, uma especie de esqueleto calcario. A reunião de todos os individuos da colonia constitue uma massa que cresce incessantemente pelo apice ou pela superficie, enquanto a base morre, deixando o edificio calcario despido de materia organica. A vaga agita e em parte quebra o producto d'este trabalho, e os fragmentos que arranca, tornando a cair nos intersticios dos individuos, acabam por soldar-se a elles, graças ao deposito do calcario dis-

solido nas aguas vizinhas. Constitue-se d'est'arte um edificio compacto, chamado *recife corallino*.

Os polypeiros propriamente dictos são auxiliados na sua obra por *bryozoarios*, molluscosinhos que formam colonias calcarias; por *hydrozoarios*, animaes aparentados com as medusas; finalmente por *algas* como as *nulliporas* que espalmam na borda dos recifes laminas calcarias de grande solidez.

As condições absolutamente necessarias ao desenvolvimento dos organismos coralligenos são as seguintes: a temperatura d'agua nunca deve ser inferior, ainda no mez mais frio, a *vinte grãos centigrados acima de zero*. A agua não deve ter sedimentos em suspensão. Finalmente, a profundidade do embasamento, sobre o qual se estabelece a vegetação corallina, não deve exceder a vinte braças ou 37 metros.

#### **Emersão dos recifes. Suas principaes variedades.**

— Quando se dão estas condições (e só póde isso acontecer hoje na zona tropical), os recifes prosperam na proximidade das costas, crescendo termo médio 1 a 2 millimetros por anno, até attingirem o nivel da baixa-mar, porque os polypeiros não podem tolerar emersão demasiado prolongada.

Ahi pára o trabalho d'elles, e o recife se assignala em alto mar por uma linha de arrebenção.

Mas ainda não está completa a conquista do massiço em proveito da terra firme. Cabe ás vagas encapelladas o concluir a obra, destacando da borda do recife grandes fragmentos de rocha corallina já perforados por molluscos *lithophagos*, e projectando-os na superficie. D'essa fórma cresce o recife a pouco e pouco e chega finalmente a ultrapassar em alguns pontos o nivel das altas marés. Não tardam a apparecer sementes vegetaes trazidas pelo vento e pelo mar; fazem-se ilhas, e só resta ao homem tomar posse d'ellas.

Está verificado que os coraes, e com elles os recifes, desenvolvem-se melhor do lado do alto mar, isto é onde recebem mais violento embate. Conforme as circumstancias, os recifes prendem-se á costa que forneceu a plataforma necessaria ao seu primeiro estabelecimento (*recifes franjantes*), ou são d'ella separados por um canal bastante largo (*recifes barreiras*), ou finalmente são de todo annulares, circumscrevendo uma laguna interior (*atóes*). De qualquer fórma, ao mesmo tempo que representam uma conquista feita ao mar por seres vivos, formam em torno das ilhas que lhes servem de apoio uma cinta protectora, que amortece o embate das vagas, sob cujo esforço muitas d'estas ilhas, compostas de materiaes pouco coherentes, não tardariam a desaparecer.

**Diversas rochas corallinas.** — Ao passo que a borda dos recifes é constituida por uma mixtura de coraes e de destroços miudos cimentados n'um calcario compacto, as partes voltadas para o interior, que não receberam o embate violento das vagas, dão origem a um calcario mais tenro, visto como só uma especie de vasa calcaria póde encher os intersticios dos coraes. A propria praia é occupada por areias corallinas, compostas de pedacinhos rolandos. Muitas vezes as infiltrações, auxiliadas pela forte evaporação das regiões tropicaes, produzem, em torno d'estes grãos d'areia, o deposito de envoltorios concentricos de carbonato de calcio, dando logar á formação de *oolithos*, que assim se denominam por causa da sua similhaça com ovas de peixe. Finalmente a mesma causa, agglomerando as areias de oolithos, transforma-as em *calcarios oolithicos*. Quanto á zona situada para fóra dos recifes, deposita-se ahi uma *vasa calcaria* branca, de grã impalpavel.

**Espessura dos recifes.** — Segundo o que ficou dicto, nenhum recife corallino devêra ter mais de uns quarenta metros de espessura. Succede todavia algumas vezes que

este algarismo é excedido. Explica-se o caso assim (1) :

A maior parte dos recifes polynesicos têm por base cones volcanicos sub-marinhos, demolidos pelas vagas exactamente na altura que convem ao estabelecimento das especies coralligenas, e que é tambem a altura em que cessa o poder mechanico das ondas. Junto á *borda viva* do recife, que muitas vezes é vertical, encontra a sonda um talude escarpado, constituido por um amontoamento de blocos calcarios, que o mar encapellado destacou da corôa do recife e atirou na encosta abrupta do cone subjacente. Este talude, cimentado no correr do tempo e tornando-se massa solida, graças á quéda de fragmentos miudos nos intervallos dos blocos, póde offerecer com a sua crista uma nova plataforma propria para taboleiro de coraes. D'esta maneira o recife avança para alto mar, repousando então sobre um embasamento constituido por seus proprios destroços, e cuja altura nada limita *à priori*. Demais, sendo o crescimento do recife mais rapido do lado do mar alto, a borda externa d'uma construcção corallina poderá elevar-se mais depressa e exceder o nivel da agua. Transformar-se-ha assim naturalmente uma antiga plataforma, com o decurso do tempo, em um recife annullar ou atol.

Outras vezes, em logar de elevar-se directamente sobre uma plataforma, volcanica ou não, o recife desenvolver-se-ha por cima de um banco calcario, anteriormente construido por foraminiferos ou por outros animaes ; e as duas massas, vindo a tornar-se compactas, parecerão formar uma só.

Fóra d'estes casos, o crescimento em altura d'um recife é forçosamente interrompido desde que a sua corôa atinge o nivel das marés medianas, a não ser que um abalimento do solo permita recommençar o trabalho dos coraes.

---

(1) V. as observações feitas pelo sñr. J. Murray no cruzeiro da *Challenger*.

## CAPITULO III

### DYNAMICA TERRESTRE INTERNA

---

#### § 1.º

#### PHENOMENOS VOLCANICOS

**Principio da dynamica interna.** — O caracteristico commum a todos os agentes exteriores é : 1.º que a sua acção se distribue em periodos, relativamente curtos, de grande actividade, separados por intervallos de repouso absoluto ou relativo; 2.º que todos tendem naturalmente para um estado de equilibrio, cujo estabelecimento definitivo reduziria a nada o papel dinamico dos mesmos agentes. Consequentemente, ao cabo de mais ou menos tempo, as forças naturaes chegariam em toda a parte ao repouso, si alguma causa não interviesse periodicamente para perturbar os estados d'equilibrio adquiridos.

Esta causa existe e tem sua séde nas profundezas do globo terrestre. Assim como a dynamica externa consistia na acção dos fluidos externos sobre a crosta, o principio novo, cuja analyse vamos fazer, é o abalo que esta mesma crosta soffre por parte de fluidos internos, abalo que tem como resultado modificar o assento e o relevo da terra firme, reavivando sem cessar a actividade das forças

exteriores que tendem a amortecer-se. Emfim, da mesma sorte que o principio dos phenomenos externos é o calor solar, assim a fonte da qual derivam as acções internas é a *energia calorifica* propria do globo terrestre. E visto que a manifestação mais caracterizada d'esta energia se nos offerece sob a fôrma de *phenomenos volcanicos*, é por elles que vamos encetar o exame.

**Volcões. Erupções.** — Um volcão é um apparelho pelo qual a superficie do globo se põe em communicação, de modo continuo ou intermittente, com as materias fluidas situadas em baixo da crosta.

Podem os volcões apresentar fôrmas variadissimas; seu typo normal porém comporta uma *chaminé*, ou canal de ascensão, que vem abrir-se por uma bocca ou *cratera*, no cume de uma montanha conica. A existencia do foco interno denuncia-se no cume da montanha por desprendimento de gazes, que formam o *pennacho de fumo* caracteristico dos volcões activos.

Em epocha ordinaria, o desprendimento do fumo é apenas acompanhado de insignificantes explosões. Mas de vez em quando sobrevêm *erupções* violentas ou *paroxysmos volcanicos*. A principio, depois de alguns roncões preliminares do solo, uma columna de vapor d'agua projecta-se verticalmente com grande velocidade, até uma altura que póde ir além de 11.000 metros, arrastando comsigo pedras e cinzas, que tornam a cair por todos os lados. E formada esta columna por uma rapida successão de nuvens brancas, que irrompem e sobem uma após outra, sendo cada qual d'ellas o producto de uma explosão interna. Depois d'esta grande manifestação explosiva, uma corrente de *lava*, isto é de pedra fundida, escapa-se, ora pela borda da cratera, ora por uma fenda aberta nos flancos do cone. Neste ultimo caso, formam-se na fenda muitos centros secundarios de erupção, cada um dos quaes projecta, durante algumas horas ou alguns dias, cinzas e



escorias. A accumulação d'estas materias fórma *cones adventicios*, que podem attingir a 300 metros de altura.

**Emissão das lavas.** — O facto capital das erupções volcanicas é a saída das *lavas*. Assim se denominam jorros ou coadas de materias fundidas, de composição muito variavel, mas que são todas formadas de *silicatos*, isto é de substancias analogas ás que constituem as escorias de altos fornos e as de forja. Estas caldas, resfriando-se, dão nascimento a rochas solidas.

Ha lavas leves, ricas de silica, e lavas pesadas, carregadas de elementos ferruginosos; algumas são extremamente fluidas e outras apenas pastosas. Ora ó resfriamento dá uma rocha compacta (*lavas lithoides*) ou uma rocha vitrea (*lavas vitreas obsidianas*) inteiramente analoga ao vidro de garrafas; ora a lava solida é toda crystallizada ou apresenta crystaes nitidos que se destacam no meio de uma pasta compacta. Outras vezes offerece aqui e acolá cavidades devidas ao escapamento dos gazes (lavas de escoria, lavas cellulosas, lavas amygdaloides).

As lavas vitreas solidificam-se á maneira das escorias de forja, em pregas onduladas (*lavas enroscadas*), como se vê na fig. 13 (que tambem representa um cone ôco de escorias, formado por tumefacção na superficie d'uma coada). As lavas pouco fusiveis, desde que chegam ao ar livre, cobrem-se d'uma crosta de escorias incoherentes, que ellas impellem adeante de si, á medida que a frente da coada avança, e que dão á superficie esse aspecto escabroso e aspero tão caracteristico dos *cheires* da Alvernia.

**Velocidade, temperatura e dimensões das coadas.** — A velocidade de progressão das coadas de lava é extremamente variavel. Emquanto as lavas notavelmente fluidas das ilhas Sandwich percorrem muitos metros por segundo, a velocidade das coadas do Vesuvio varia com-

mummente entre 2 metros e 1 centimetro no mesmo espaço de tempo.

A temperatura das lavas liquidas é consideravel e excede de certo a *mil grãos*. A sua acção calorifica todavia não se estende além de um raio muito limitado, e algumas ha que, espraiano-se n'um bosque de pinheiros, apenas carbonizaram os troncos, moldando-se em torno da casca, cuja impressão conservaram. No Etna viram-se lavas a correr, sem fundi-los, por cima de campos de neve, dos quaes separava-as apenas uma camada de pedrinhas e cinzas.

Este facto é notavel, e nada demonstra melhor a fraca conductibilidade das rochas do que esta impotencia calorifica das lavas, comparada com a sua enorme temperatura.

Uma das maiores coadas dos tempos modernos foi a que jorrou em 1855 e 1856 do Mauna Loa nas ilhas Sandwich : tinha 100 kilometros de comprimento, 4.800 metros de largura média e, em certos pontos, até 108 metros de espessura. No Vesuvio, a coada de 1794 representava mais de 23 milhões de metros cubicos. Na ilha Bourbon, observaram-se coadas de 68 e até de 86 milhões de metros cubicos.

#### **Relação das lavas e dos destroços projectados.**

As pedras projectadas pelos volcões são, ou fragmentos do cone terminal, mais ou menos demolido por cada explosão parcial, ou pedaços da crosta de escorias que cobria a lava na cratera, ou fragmentos da lava viscosa que enche a chaminé de certos volcões de uma especie de pasta semifluida, ou finalmente o que com impropriedade se chama *cinzas*, que não é sinão lava solidificada em estado de grande divisão. Neste ultimo caso, é o vapor d'agua que, fazendo explosão atravez da massa fundida, redu-la a gottinhas; estas, solidificando-se rapidamente ao ar, tomam, si a lava é vitrea, esse estado particular que caracteriza as gottas de vidro derretido, bruscamente resfriadas por immersão, e que as predispõe para estalar em fragmentos lascados

miudos. As dimensões mínimas d'estes fragmentos e a força prodigiosa com que elles são projectados permitem-lhes chegar ás altas regiões da atmosphera, para onde as correntes os levam, fazendo-os percorrer espaços consideraveis.

Com as lavas muito carregadas de silica, as explosões

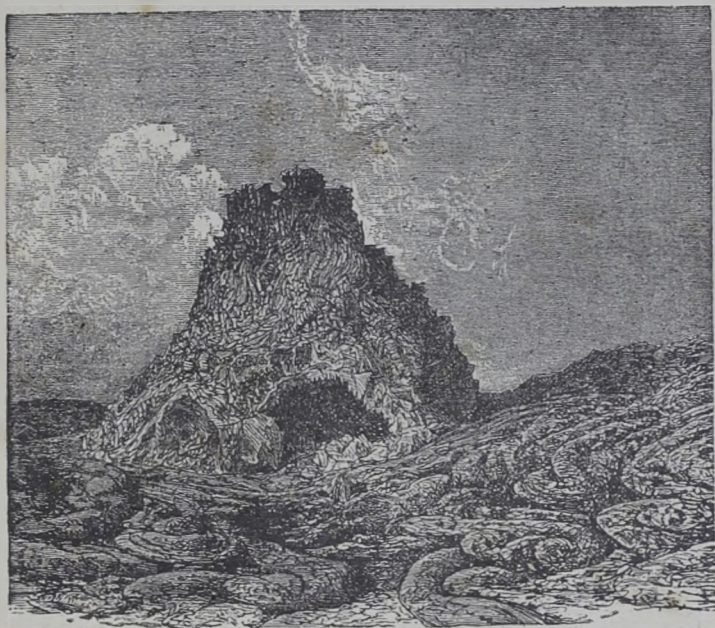


Fig. 13. — Lavas enroscadas da ilha Burbon, com cone ôco de escorias.

de vapor dão origem a projecções de *pedra pomes*, essencialmente porosa e leve.

**Formação das crateras.** — Dissemos que a chaminé por onde se effectuam as projecções principaes e a ascensão das lavas, termina ordinariamente por uma *cratera*. É uma abertura quasi circular, que em geral trunca o cone de destroços construido pelo proprio volcão com os materiaes projectados. Estes materiaes, effectivamente, tornando a cair em torno da abertura, produzem uma mon-

lanha conica, ordinariamente muito regular, constituida de camadas successivas inclinadas de 35 a 10 grãos, e que incessantemente se modifica pelo menos no seu cume, por occasião dos paroxysmos. Assim o cone do Vesuvio ora termina n'um verdadeiro abysmo crateriforme, de 700 metros de diametro com uns 100 metros de profundidade, no fundo do qual a crosta que cobre a lava deixa que se ergam cones secundarios, ora se enche até ás bordas, como



Fig. 14. — A cratera do Vesuvio em 1867. — *ff, f f*, grandes fissures; 1, 1, boccas inactivas; 2, 3, 4, boccas em actividade.

em 1867 (fig. 14), com lava coberta de escorias, d'onde irrompem por muitas aberturas coadas que transbordam pela cratera. Viu-se por vezes o apice da antiga cratera, absolutamente cheia, servir de base a um cone menor (fig. 15), e até a dous cones encaixados um no outro.

A cratera terminal do Etna, igualmente muito variavel, foi algumas vezes totalmente demolida por uma explosão, e reconstruida depois pelas erupções seguintes.

Quando o transbordamento das lavas é o facto habitual, como na ilha Burbon, a cratera, em vez de abrir-se no apice do cone de destroços projectados, é uma abertura

que se manteve através de uma superposição de coadas sucessivas (fig. 16), cujas camadas se deixam perceber



Fig. 15. — O cone central da cratera do Vesúvio, em 1888.

nas paredes da cavidade. No fundo ferve a lava, que póde subir em tempo de erupção até acima das bordas, e cujas coadas viscosas tornam a cair e se solidificam em parte



Fig. 16. — Cratera do Pico da Fornalha (ilha Bourbon).

sobre as paredes internas, em fôrma de estalactitos que simulam cortinas.

Certos volcões não vomitam sinão lavas e com ellas

constroem no correr do tempo montanhas de grandissima altura, mas de suave declive, como o Mauna Loa e o Mauna Kea das ilhas Sandwich, que se elevam a mais de 4,200 metros.

**Fragilidade dos cones de destroços.** — Os cones de destroços, quando não são consolidados pela injeccão ulterior de lavas, ficam sem cohesão e em risco de desaparecer mais ou menos depressa pelo esforço dos agentes atmosfericos; entre outros, a chuva, apesar da permeabilidade dos mesmos cones, cava nelles regos em todos os sentidos. Por isso nos paizes tropicaes como Java, vê-se que os cones dos volcões inactivos se arruam a pouco e pouco por esbarrancamento. Esta destruição todavia não caminha em geral com grande celeridade, como o prova a frescura da maior parte dos cones da cadeia do Puy-de-Dôme, na Alvernia, cuja formação precedeu os tempos historicos.

Mas si se tracta de volcões situados no mar, as vagas podem alui-los dentro de algumas semanas. Foi o que succedeu em 1831, na ilha Julia, que surgira de repente, por projecção de destroços no seio do Mediterraneo. Si a ilha de S. Paulo, no Oceano Indico, resistiu mais, apesar do mar ter livre accesso na sua cratera inactiva, foi porque as lavas tomaram grande parte na sua formação. Muitos cones de destroços foram assim arrasados pelas vagas no Oceano Pacifico e transformaram-se em taboleiros submarinhos proprios para assento de construcções corallinas.

**Formação das montanhas volcanicas. Tophos.** — Á força de se derramarem em torno da abertura, as coadas successivas mixturadas com os destroços projectados, alteiam a pouco e pouco o massiço. D'ahi resultam com o tempo montanhas consideraveis, como os volcões do Kamtschatka e da Japão, de mais de 4,000 metros de altura, ou como o Etna que tem mais de 3,300 metros.

Esta ultima montanha offerece uma *corcova* principal constituída pelo entrelaçamento de lavas e de camadas de destroços, e corôada pelo cone terminal que tem cêrca de 300 metros de altura. Em consequencia da sua pouca consistencia, os cones de destroços abalados pelas explosões fendem-se sob o esforço da lava que faz pressão na chaminé, e a materia derretida tende as mais das vezes a escapar-se lateralmente. É pois na base do cone de destroços que deve formar-se, pela accumulção das coadas, um massiço de menor declive, como a corcova do Etna.

Além d'isso, as chuvas copiosas cuja quêda acompanha as erupções arrastam, sob a fôrma de *diluvios de lama*, cinzas e pedras, e tudo se agglomera no pé da montanha dando origem a *tophos volcanicos*. São formações que participama um tempo das rochas eruptivas pela sua natureza, e dos terrenos sedimentares pelo seu modo de deposito. Formam-se ainda tophos, e com mais perfeita estratificação, quando os destroços projectados vieram cair n'um lago ou no mar. É o caso dos *tophos submarinhos* com conchas dos arredores de Napoles, de certos *tophos apomeados* e de muitos *cineritos* ou montões estratificados de cinzas, pardas ou brancas, com ou sem impressões vegetaes.

D'esta sorte deve um volcão normal offerecer : 1.º ao pé, uma encosta muito doce, formada de tophos; 2.º no meio, uma corcova mais accentuada, em que dominam as lavas; 3.º na cume, a encosta a pique e regular do cone terminal de destroços.

#### Modos diversos do derramamento das lavas. —

As lavas offerecem dous modos de ser distinctos : no primeiro, ellas *despejaram-se ao ar livre*, ou por transbordamento ou por uma fenda, e formam então *lençoes* mais ou menos largos de espessura bastante uniforme, compactos na base, cellulosos ou escoriados em cima. As coadas têm geralmente inclinação pequena, si bem que tenhamos visto lavas correrem e solidificarem-se sem irregularidades em

encostas de mais de 30 grãos. No segundo modo, as lavas, depois de haverem começado por subir na chaminé, acabaram adquirindo ali uma pressão consideravel, que bastou para *injecta-las* pelas gretas do cone e até pelas do terreno subjacente. É frequente este caso no Etna, onde vemos fendas atulhadas por verdadeiros *veios* de lava, muitas vezes verticaes e que ficam fazendo saliencia nas escarpas (é o que chamam *dykes*), quando a erosão consumiu em parte os materiaes movediços pelo meio dos quaes a lava se intromettera. As fendas de injeção porém não são necessariamente verticaes, e bem pôde acontecer que, tendo sido a chaminé central invadida por uma alta columna de lava, a materia liquida se escape *por entre duas camadas de destroços*, participando da inclinação d'ellas. Então a lava injectada consolida-se sob a fôrma de um lençol, que parece ter corrido livremente pela propria encosta do cone, mas que se conserva compacto em toda a sua massa por causa da pressão sob a qual se operou sua solidificação.

Finalmente os volcões de transbordamento de lava, cujo cone tem fortissimo declive, como o Cotopaxi, dão origem a coadas *discontinuas*. A lava, descendo com velocidade demasiado grande para poder concentrar-se n'uma corrente definida, solidifica-se por partes; encontramos-la, ao pé do cone, no estado de filas de grandes blocos.

Um modo particular de emissão de lavas offerecem certos volcões, como o de Santorim, no Archipelago grego. As explosões e as coadas, aliás muito intermittentes, foram alli precedidas sempre de um periodo de *intumescimento*, que se traduziu pelo apparecimento, no meio da bahia de Santorim, de ilhotas formadas por blocos meio incandescentes de uma lava viscosa, muito silicosa. É forçoso admittir que, attenta a fraca fusibilidade da lava, sua solidificação faz-se a meio na chaminé, onde fôrma uma especie de buxa de materia pastosa. Em cada erupção, o esforço dos gazes internos deve levantar esta buxa como uma



empola, antes de romper caminho que permita as projecções violentas de escórias e cinzas assim como as verdadeiras coadas de lava.

**Modos diversos da actividade volcanica.** — A actividade dos volcões comporta variadissimas manifestações. A mais habitual consiste n'uma successão irregular de paroxysmos, separados por periodos de repouso, e tanto mais violentos em geral quanto maiores foram os intervallos. Assim as duas mais fortes erupções do Vesuvio foram as de 79, em que morreu Plinio e em que a volcão se revelou pela primeira vez nos tempos historicos, e depois a de 1631 precedida de muitos seculos de inacção.

Ha tambem volcões em constante erupção, como o Stromboli; mas ahi as explosões e os derramamentos de lava nunca excedem a certo gráo de intensidade, por fórma tal que esse estado de actividade moderada, mas permanente, poude ser qualificado de *maneira strombolica*. Nas ilhas Sandwich, a lava não cessa de ferver na caldeira de Kilauea, posto que esta se exvasie ás vezes por momentos e seu nivel soffra grandes oscillações. Não ha porém projecções nem explosões. Em Java e nas ilhas vizinhas, pelo contrario, não ha emissões de lava liquida, mas as projecções são de extrema violencia. A explosão do Temboro, em 1825, cobriu, num raio de 500 kilometros, a região adjacente de uma massa de destroços avaliada em muitas centenas de kilometros cubicos. A de Krakatoa, em 1883, projectou em dous dias dezoito kilometros cubicos, e a excavação que d'ahi resultou deu origem no mar a uma immensa vaga de 15 a 25 metros de altura, que nas costas de Sumatra e de Java entrou trez kilometros pela terra a dentro, causando a morte de cêrca de 40,000 habitantes.

**Crateras de explosão e de excavação.** — Estas explosões extraordinarias explicam facilmente uma estrutura que é peculiar de certos volcões e que consiste na

existencia de uma especie de *reducto* circular mais ou menos completo, que cêrca a certa distancia o cone principal. O typo d'estes reductos vê-se realizado no Vesuvio pela Somma (fig. 17),



Fig. 17. — O Vesuvio e a Somma.

na ilha Burbon pelo *Cercado* do Pico Bory (fig. 18), e nas ilhas Canarias

pela celebre *Caldeira* da Palma.

Taes aberturas devem ser consideradas como resultado de explosões gigantescas, por vezes acompanhadas de



Fig. 18. — O cercado e o Pico Bory.

excavações, que fizeram saltar como por effeito de mina o cume do antigo volcão, maior do que o cone actual, que foi ulteriormente edificado pelas projecções da bocca escancarada. Poderia convir esta explicação á formação do grande circo de Santorim. Foi tambem por explosão que se produziram, segundo parece, as celebres *crateras-lagos* ou *maare* do Eifel, a cavidade do lago de Tazenat na Alvernia, talvez finalmente os lagos de Albano e de Nemi, no Lacio. A respeito de algumas d'estas cavidades o facto da explosão não é objecto de duvida, porque ellas se abriram no meio de terrenos que nada têm de volcanicos, e encontram-se espalhadas nas suas bordas algumas escorias, e ás vezes pedras vitrificadas provenientes do terreno subjacente. É pois evidente que resultam de explosões e que podemos considera-las como volcões abortados, em que a projecção dos gazes e das pedras não foi seguida da emissão de lavas.

Outras vezes, cavidades arredondadas provirão de simples excavação, por ter-se solidificado uma coada de lava em cima de um terreno pouco coherente, que mais tarde abateu; ou ainda, como nas ilhas Sandwich, porque uma lava muito quente, injectada pelas fendas de uma coada antiga, tornou a derrete-la em parte, trazendo o esboamento da superfície.

**Fumeiros.** — Para terminar a enumeração dos phenomenos que estão sob a dependencia immediata da actividade volcanica, falta fallar das *emanações gazosas* tranquillias que acompanham e seguem a saída das lavas, produzindo, nas fendas, os desprendimentos de fumaça a que se deu a nome de *fumeiros* (1).

Da lava muito quente desprendem-se primeiro, *por simples evaporação sem fervura*, fumeiros brancos e *seccos*, de altissima temperatura, formados sobretudo de *sal marinho* em vapores. Mais tarde apparecem, juncto ás paredes da coada, emanações de vapor d'agua a 300 ou 400 grãos, acidificados pela presença dos gazes chlo-rydrico e sulfuroso. Ainda mais longe do foco principal de erupção, os fumeiros são alcalinos e carregados de sal ammoniaco (sem que o vapor d'agua deixe de predominar em grande proporção), antes de se tornarem frios e de serem compostos só de vapor d'agua abaixo de cem grãos, mixturado com hydrogenio sulfuretado. Finalmente a serie das emanações completa-se com *moffetas* ou desprendimentos de *acido carbonico*, que muitas vezes duram mezes inteiros depois que acabam as erupções e até, em certas regiões outr'ora volcanicas, sobrevivem por muitos seculos á extincção dos focos eruptivos. O acido carbonico, graças á sua maior densidade, accumula-se sobre o solo, e é assim que em Napoles, na celebre *Gruta do Cão*, os animaes de

---

(1) É a versão de *fumariolum*, d'onde procede a palavra franceza *fumerolles*.  
(N. do T.)

pequeno porte são asphyxiados, ao passo que a camada de gaz irrespiravel não é bastante alta para incommodar um homem.

Quando os fumeiros frios, em vez de se desprenderem d'uma fenda ao ar livre, são antes obrigados a atravessar certa espessura d'agua, verifica-se ali a presença do *hydrogenio* e a dos *hydrocarbonetos* ou compostos de hydrogenio e carbono. É pois licito pensar que os gazes vindos de dentro do foco incandescente oxydam-se nas fendas, em contacto com o ar, e que, no seu estado primitivo, são vapores combustiveis que se desprendem d'um meio onde dominam as influencias *reductoras*, isto é contrarias á oxydação.

As substancias metallicas, sobretudo o *ferro* no estado de chloreto, o *acido borico*, os sulfuretos de *arsenico*, devem ser tambem mencionados entre os productos gazosos dos volcões.

**Distribuição dos volcões.** — Encontram-se volcões em todas as condições possiveis de longitude e de latitude. Ha-os perto dos polos como no equador, e podem existir debaixo de qualquer meridiano.

A distribuição d'elles todavia não é arbitraria. Em primeiro lugar, o interior dos *actuaes* continentes não tem volcão activo algum. Em compensação, as costas maritimas são assinaladas ás vezes por linhas continuas de boccas eruptivas. Pode-se dizer que o Oceano Pacifico é rodeado por um verdadeiro *circulo de fogo*. Começa este circulo na Nova-Zelandia e continúa, pelas Novas-Hebridas, as ilhas Salomão e as da Sonda, até o Japão. D'ahi, pelas Kurilas, chega ao Kamstcharka, segue as Aleucias, a costa occidental da America, o Mexico, Guatemala, beira toda a cadeia dos Andes e fecha-se nas ilhas Shetland e nas crateras antarcticas Erebo e Terror. A orla oriental do Atlantico é balizada pelo volcão de Jan Mayen, pelos da Islandia, dos Açores, das Canarias, do Cabo-Verde,

da Ascensão, de Sta Helena e de Tristão da Cunha.

Por outro lado, uma linha volcanica transversal vae de uma extremidade á outra do globo, comprehendendo as Antilhas, as Canarias, os volcões Mediterraneoos, o Caucaso, as crateras do oceano Indico, os da Polynesia, das ilhas Sandwich e Galapagos. De mais, é facto digno de nota que a actividade volcanica é especialmente energica nas regiões centraes da America e nas ilhas da Sonda, isto é, nos pontos de encontro da linha transversal com o circulo de fogo do Pacifico.

**Coincidencia dos volcões com as linhas de deslocamento.** — Si é incontestavel a situação littoral ou insular dos volcões, não é que o mar intervenha por si e directamente no phenomeno volcanico. De facto, importa não esquecer que ha ausencia de volcões em todas as costas baixas assim como na proximidade dos mares pouco fundos. Debalde procura-los-hiamos no Baltico ou no mar do Norte. Não existem em toda a costa atlantica dos Estados-Unidos, na das Guyanas e do Brasil, nem tão pouco nas da Siberia e da Australia.

As linhas de costas ou de ilhas ricas de volcões são as que correm ao longo de altas cadeias que formam, como os Andes, uma saliencia brusca, ou as que assignalam o contorno rectilineo de uma depressão oceanica de flanco abrupto. Taes são a costa asiatica de Nordeste, defronte da qual a sonda revela, a pequena distancia, as maiores profundidades do Pacifico, e a linha das Antilhas, crista parcialmente emersa d'um relevo, para lá do qual o fundo do Atlantico desce mais depressa e mais fundo do que em qualquer outra parte. Da mesma fórma, a grande linha volcanica transversal que mencionamos coincide com esta depressão mediterranea, que nos pareceu constituir um dos traços fundamentaes da geographia actual.

Pode-se conseguintemente dizer que *os volcões estão estabelecidos nas grandes linhas de deslocamento da*

*crosta terrestre*, absolutamente como os cones adventicios balizam o percurso das fendas em cada erupção do Etna. Elles caracterizam as orlas mais salientes, pelas quaes são limitados os compartimentos deprimidos da crosta solida, e é natural pensar-se que cada bocca volcanica principal deve assignalar um alargamento ou um cruzamento de fendas, o qual abre caminho mais facil á saída dos fluidos que fervem debaixo da crosta.

Quanto á origem d'estes fluidos e ás causas que determinam a sua saída, convem aguardar, para emittir uma hypothese, que tenhamos concluido o exame das manifestações da Dynamica interna.

§ 2.º

**PHENOMENOS THERMAES**

**Definição dos phenomenos thermaes.** — A actividade interna está longe de haver dicto a sua ultima palavra com a projecção dos destroços, a saída das lavas e a emissão dos fumeiros. Muito depois de haver cessado qualquer paroxysmo n'uma região, produzem-se em diversos pontos d'ella desprendimentos de vapores e de liquidos em temperatura alta, que se póde grupar sob a denominação commum de *phenomenos thermaes*. O caracteristico essencial d'elles é serem localizados na vizinhança immediata dos antigos centros volcanicos e constituirem a consequencia natural, cuja intensidade se vae sempre attenuando, das manifestações paroxysmicas; tal qual como a successão ordenada dos fumeiros, desde os seccos e quentissimos até as moffetas, denota o decrescimento progressivo de cada erupção.

**Sulfureiras.** — De todos os phenomenos thermaes, os

que mais se approximam da actividade volcanica normal consistem em desprendimentos violentos de vapor d'agua, acompanhados de gazes, cujo cheiro suffocante e mais os depositos amarellados que guarnecem os orificios de saída, denuncia os compostos do *enxofre*. Por isso dão-lhes o nome generico de *sulfureiras* (1).

A sulfureira mais conhecida é a de Puzzeles, perto de Napoles, a qual occupa uma cratera cuja ultima erupção effectuou-se em 1198. Os gazes sulfurosos, transformando-se em acido sulfurico pela acção do ar e da agua, atacam as rochas, decompõem os silicatos e dão origem ao *alunito* ou pedra lume, assim como efflorescencias de diversos sulfatos. A decomposição do hydrogenio sulfuretado dá logar tambem a depositos de *enxofre nativo*.

Os folles ou *soffioni* da Toscana, que formam jactos de 10 a 20 metros de altura, em linha sobre as fendas, e cujas bacias encerram *acido borico*, são tambem sulfureiras. O mesmo acontece com os jactos de vapor, chamados *Steamboat Springs*, ou *Fontes do paquete*, da California. Os gazes sulfuretados são ali porém menos abundantes do que nas sulfureiras typicas.

Um antigo volcão pôde passar definitivamente ao estado de sulfureira, emquanto uma nova diminuição local da actividade interna o não reduz a simples moffeta: pôde porém acontecer tambem que, depois de se ter mantido por algum tempo nesta condição, entre de novo em trabalho eruptivo. A sulfureira caracteriza portanto, no volcanismo, uma phase de decrescimento, mas que não exclue de todo a volta ao passado.

**Geysers.** — Á categoria precedente ligam-se muito de perto os *geysers*, tão desenvolvidos na Islandia, na Nova-Zelandia e sobretudo no Parque Nacional do Yellowstone

---

(1) É a versão que parece preferivel para o vocabulo francez — *solfatare* — (N. do T.).

na America do Norte. São desprendimentos intermitentes, já não de vapor, mas de agua quente projectada com violencia a alturas que podem exceder a 60 metros (fig. 19),



Fig. 19. — O Grande Geysers de Yellowstone em erupção, em 1878.

e que dão lugar, á roda dos orificios, a abundantes depositos de *silica hydratada*, tambem chamada *opala commun* ou *geyserito*.

A agua procede das infiltrações, e sua temperatura



resulta de que esta agua é atravessada por emanações muito quentes vindas d'um foco volcanico subjacente.

As erupções dos geysers, sempre muito breves, são intermittentes e succedem-se com intervallos variaveis. Explica-se tal intermittencia, primeiro pela obrigação de reconstituir com o auxilio das infiltrações, depois de cada paroxysmo, o volume e a temperatura da agua necessaria á formação do feixe ; depois pelo aquecimento muito desigual das diversas partes da chaminé de ascensão. Effectivamente, certas porções d'esta, mais directamente lambidas pelos gazes interiores, podem, em determinados momentos, provocar a vaporização subita da agua, a qual, levantada pelas bolhas de vapor que vem de baixo, chega ao contacto d'ellas, originando uma explosão.

O deposito de silica dos geysers provém de uma reacção chimica muito simples : as aguas quentes atacam as rochas porosas que atravessam, e roubam-lhes os silicatos de potassio e de sodio. Mas os vapores por cujo meio se faz o aquecimento d'estas aguas contém certa proporção de acido chlorhydrico e de gaz sulfuroso. Estes acidos tendem a apoderar-se dos alcalis para transforma-los em sulfatos e chloretos. A silica dos silicatos afrouxa logo a sua combinação e o excesso d'ella vae se depositando sob a fôrma hydratada.

Como todos os phenomenos que estudámos, a acção dos geysers está longe de ser permanente. Com muitos annos de intervallo, nota-se diminuição sensivel na sua intensidade. As erupções do Grande Geysir da Islandia não têm mais a regularidade que as tornára classicas, e as de Yellowstone, observadas pela vez primeira em 1872, offercem já symptomas de decrescimento. Ahi, como em toda parte o tempo, longe de accentuar o effeito das forças naturaes, põe antes em evidencia aquella tendencia geral ao repouso, de que já fallamos mais de uma vez.

**Geysers calcarios. Travertinos.** — Si o phenomeno

physico dos geysers é independente da natureza do terreno atravessado pelas emanções, o mesmo não acontece com o phenomeno chimico. Quando a rocha é um calcario, é carbonato de calcio que as aguas lhe tiram, graças ao acido carbonico, e que ellas vão depositar depois nos pontos de emergencia. Assim se formam, nas bordas do Yellowstone verdadeiros geysers calcarios.

Na mesma familia, mas com menor violencia das emissões, devem ser classificadas essas fontes quentes, eviden-

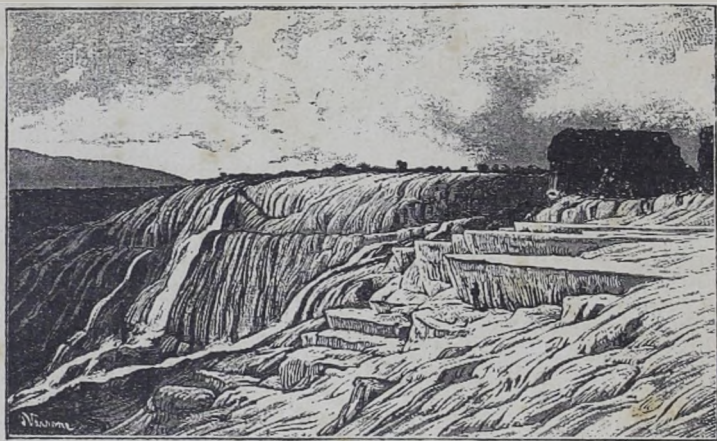


Fig. 20. — Os terraços calcarios do travertino de Hierapolis.

temente relacionadas com a acção volcanica, que depositando, sobretudo nas cascatas, o calcario de que estavam carregadas, dão origem a depositos concretos de topho chamado *travertino*. Os travertinos mais conhecidos são os de Tivoli, na Italia, os dos antigos banhos de Hierapolis perto de Smyrna (fig. 20), finalmente os depositos formados em Clermont-Ferrand pela fonte encrustante de Saint-Alyre, ultimo echo de uma actividade volcanica desde muito adormecida.

**Fontes thermomineraes.** — Depois de havermos passado dos volcões ás sulfureiras, d'estas aos jactos de vapor

e d'estes ultimos ás fontes de agua fervendo, desçamos mais um degráo no que se refere á energia das emissões. Chegamos a uma categoria de desprendimentos, cuja ligação com o volcanismo poderia facilmente escapar, si uma serie inteira de typos intermediarios não estabelecesse uma cadeia continua entre as duas ordens de factos. Queremos fallar das *fontes thermaes* ou *thermomineraes*, que surgem em diversos pontos, ás vezes com pressão notavel e temperatura assás elevada, trazendo em dissolução certos principios activos, como chloretos e sulfatos.

Rompem todas estas fontes por *fendas* bem determinadas da crosta e não se encontram sinão nas regiões particularmente deslocadas, onde formam frequentemente grupos enfileirados. Si algumas, como as de Plombières, estão bastante longe de qualquer centro volcanico, ainda extinto, outras como as fontes de Vichy, Royat, Mont-Dore, Bourboule, etc., ligam-se sem duvida alguma á antiga actividade eruptiva do Planalto Central da França. Casos ha emfim, como no *Sulphur Bank* da California, onde se pode vêr que os desprendimentos thermomineraes representam o estado actual de uma antiga sulfureira. Neste ponto, por baixo de uma coada de lava em parte decomposta e coberta por uma camada de enxofre nativo, vêem-se no fundo, as gretas do terreno percorridas por *aguas quentes ascendentes* que contêm boa dose de *sulfuretos alcalinos*, com excesso de acido carbonico e de hydrogenio sulfuretado. Estas aguas depositam *cinabrio*, isto é sulfureto de mercurio, assim como silica. Certa quantidade de *oleo mineral* nunca lhe falta.

Estas observações são de extrema importancia, pois permitem, de alguma fôrma, sorprehender a formação dos mineraes metallicos sulfuretados no seio d'um meio *reductor* (visto como ali se encontram os hydrocarbonetos). Vemos que esses mineraes emanam d'um foco profundo, certamente volcanico na origem, e que elles chegam graças a dissoluções, atacando os seus canacs de ascensão par

depositarem mais acima, quando a pressão e a temperatura diminuem, com os sulfuretos metallicos, as *gangas*, como a silica, que provêm da decomposição do terreno atravessado.

**Volcões de lama. Moffetas.** — Todas as emanações de que fallamos até aqui são quentes e só contém substancias oxydadas. As que nos resta mencionar são antes frias (posto que muitas vezes de temperatura superior á do terreno envolvente) e caracterizadas pela presença constante dos hydrocarbonetos gazosos ou liquidos.

São typos d'ellas os *volcões de lama*, eminenciasinhas crateriformes, d'onde jorra, ás vezes com violenta projecção, uma *lama salgada* atravessada por bolhas de gazes hydro-carbonados. Alguns, como os de Bakú, no Caspio, dão logar a farta colheita de petroleo; outros fornecem jactos de gazes susceptiveis de inflammam-se no ar, formando *fontes ardentes* ou *terrenos ardentes*. O mar Morto parece ser um antigo volcão de lama, onde os desprendimentos de hydrocarbonetos se fazem ainda no estado de *betume*.

Outras emanações frias, caracteristicas das regiões em que ha muito se extinguiu a actividade volcanica, como o Eifel e as margens do Rheno, são as *moffetas* ou exhalções de acido carbonico. Ha d'ellas mais de mil na região rhenana, e, quando o gaz se desprende n'agua, provêm d'ahi nascentes d'agua gazosa como a de Selters.

É licito pensar que as moffetas resultam da acção oxydante do ar sobre emanações de hydrocarbonetos; isto approxima-las-lia muito dos volcões de lama, fazendo de uns e outros o ultimo termo do decrescimento das manifestações eruptivas.

## § 3.º

**GEOTHERMICA. — THEORIA DOS PHENOMENOS  
ERUPTIVOS**

**Definição da Geothermica.** — As acções internas que estudámos offerecem este caracteristico commum : exercem-se em pontos bem determinados da crosta terrestre. Sem duvida têm todas ellas por principio a energia calorifica interior; mas nada por emquanto auctoriza-nos a fazer derivar essa energia d'um foco unico, e poderíamos, quando muito, imaginar que existem, no globo supposto solido, tantas cavidades distinctas cheias de materias fluidas em alta temperatura, quantos centros ha de actividade volcanica ou thermal.

Para determinar qual das duas hypotheses deve ser preferida, cumpre indagar si não se passa, na crosta terrestre, algum phenomeno absolutamente geral que demonstre a continuidade da fonte de calor. E o que vamos verificar, dirigindo a nossa attenção para uma nova ordem de factos, cujo estudo constitue, sob o nome de *Geothermica*, um dos mais curiosos capitulos da sciencia do globo.

**Propagação do calor no solo. — Zona de temperatura invariavel.** — Já vimos que conjuncto de condições regulava, em qualquer ponto, a temperatura do ar em cima da terra firme. Esta temperatura, que é partilhada pela camada superficial do solo que está em contacto immediato com a atmospheria, varia a cada momento, em razão da altura do sol e do jogo das estações. Mas, por pouco que se entre no sub-solo, as variações do calor levam tempo a propagar-se, porque as rochas, moveis ou compactas, têm em geral fraquissima conductibilidade calorifica. Em Pariz, por exemplo, a influencia d'uma mu-

dança occorrida na temperatura do ar só se torna sensível ao cabo de *trinta e oito dias* através de uma camada de solo de *um metro* de espessura.

Segue-se d'ahi que a certa profundidade, variavel para cada logar com a amplitude das oscillações annuaes da columna thermometrica, existe uma zona em que as variações de temperatura já se não fazem sentir, e onde, por conseguinte, o thermometro deve permanecer immovel, accusando sempre a *média annual do ar* no logar correspondente. Esta invariabilidade realiza-se em Pariz na profundidade de 10 metros, e é por isso que, nos subterraneos do Observatorio, o thermometro centigrado se conserva constantemente a 10°,8 acima de zero, média da temperatura para a atmospheria parisiense desde o momento em que se começou a fazer observações regulares. No equador, onde as estações mal se distinguem, a camada de temperatura constante acha-se quasi a 1 metro de profundidade. Quanto mais se caminha, porém, para os circulos polares, mais longe da superficie é mister procura-la.

**Augmento de calor com a profundidade.** — Si não existisse fonte alguma de calor no interior do globo, a temperatura, a partir da camada invariavel, deveria ser constante até o centro. Não se dá isto, e a experiencia dos mineiros já ha muito demonstrou que quanto mais se desce, mais sobe a temperatura em proporções, que nem a combustão das lampadas, nem a respiração dos operarios nem as reacções chimicas admissiveis poderiam explicar. Este resultadc é absolutamente geral. Não ha excavação funda que o não demonstre, não só perto dos volcões, mas a milhares de kilometros de qualquer centro eruptivo. Verifica-se o facto até debaixo do solo gelado das planicies da Siberia, nos arredores de Iakutsk, cuja média annual é de 10° *abaixo de zero*, e onde os poços encontram afinal, a 125 metros da superficie, uma zona que permite a exis-

tencia da agua em estado liquido. A agua dos poços artesianos de Pariz jorra, de uma profundidade de 600 metros, com a temperatura de 28 grãos centigrados, e, durante a perforação do subterraneo de S. Gothardo, o thermometer, que marcava 10 grãos nas extremidades do tunnel subia no meio, debaixo da espessura de 1.700 metros, a 30°,8; no monte Cenis, debaixo de uma camada de 1.600 metros, elle attingiu a 30°,1.

**Grão geothermico.** — Estando assim universalmente verificado o facto do augmento de calor com a profundidade, resta vêr a que regras obedece este crescimento.

Denominada *grão geothermico* a distancia vertical que é preciso percorrer para que o thermometer suba 1 grão centigrado, achá-se, depois de um primeiro exame dos resultados fornecidos por grande numero de minas, que o valor d'este grão varia de uma mina a outra, e que elle oscilla desde o minimo de 16 metros até o maximo de 118 metros, conservando-se habitualmente a média entre 42 e 55 metros. Por outro lado, as sondagens artesianas, para profundidades de 600 metros, dão resultados ao mesmo tempo mais fracos e muito mais accordes, quasi sempre comprehendidos entre 30 e 32 metros.

Simillhantes differenças nada têm que cause espanto. Effectivamente, o modo de propagação do calor na crosta terrestre deve variar com a natureza e com a porosidade das rochas, com a inclinação das camadas e seu estado de deslocamento, que permite ora a infiltração das aguas frias da superficie, ora o accesso das aguas ou dos vapores quentes vindos do interior. Não nos devemos pois ater a estas variações de por menor, cuja importancia de todo se apaga perante o resultado das experiencias decisivas executadas, com todas as precauções convenientes, por occasião das duas sondagens mais profundas que já se fizeram. Queremos fallar da sondagem de Sperenberg, perto de Berlim, levada a 1.267 metros abaixo da superficie, e da de

Schladebach, não longe de Lipsia, cuja profundidade foi além de 1.700 metros.

A primeira deu uma temperatura, no fundo, de 48°, e na segunda, a 1.656 metros, o thermometro accusou 55 graus centigrados.

É, pois, licito dizer que até onde se tem descido, *a temperatura não cessa de augmentar regularmente*. Além d'isso, a proporção média d'este crescimento, quando se parte de uma altitude proxima do mar, exprime-se por um gráo geothermico comprehendido entre 32 e 37 metros.

**Hypothese do nucleo igneo.** — Não se tracta mais aqui d'um aquecimento local, que seja possível referir a uma causa accidental. É toda a crosta terrestre que assim se mostra séde d'uma *troca incessante e regular de calor entre as camadas profundas e as camadas exteriores*. Os dados experimentaes que acabamos de consignar auctorizar-nos-hiam, em rigor, a calcular a profundidade em que a temperatura fosse a necessaria para a fusão de todas as rochas, e acharíamos que esta profundidade não é provavelmente sinão pequenissima fracção do raio terrestre. Mas nem isso se faz mister. Bastar-nos-ha reconhecer que a troca observada necessita da existencia d'um nucleo de temperatura elevada, e que a provisão de calor d'este nucleo deve ser tal que possa lutar efficazmente contra o resfriamento do espaço, visto que o calor solar, reduzido só a suas forças, não poderia entreter na superficie do globo sinão a temperatura *média* de uns *quinze* grãos. De mais, como esta fonte interna, segundo o que sabemos a respeito da antiguidade da crosta, deve estar satisfazendo a sua missão desde um numero incalculavel de seculos, manda o bom senso procura-la n'um vasto reservatorio de materias em elevadissima temperatura, que a crosta solida defende contra a irradiação, tal qual como a crosta de escoria d'uma coada de lava lhe permite ás vezes conservar o seu calor durante annos.



Representaria este reservatorio o resto da energia calorifica, armazenada primitivamente na massa brilhante do nosso planeta, quando, segundo a bella concepção de Laplace, elle se destacou da nebulosa solar, com a qual até então estivera confundido. Poderíamos considera-lo como um banho de materias metallicas, em que predominasse o ferro, e que tivesse em dissolução gazes reductores como os compostos hydrogenados de enxofre e de carbono. Explicar-se-hia assim a grande densidade do globo, egual a mais de trez vezes o peso especifico médio das materias da casca superficial, e seria egualmente licito encontrar ahi a justificação do magnetismo do nosso planeta. Acrescentemos que os meteoritos, considerados fragmentos de materia planetar, se apresentam ricos de ferro, nativo ou combinado com o enxofre, com o phosphoro e até com o carbono; e finalmente, que os cometas deixam reconhecer no espectroscopio a chamma dos hydrocarbonetos, o que, por analogia, parece justificar a hypothese que acaba de ser exposta relativamente á constituição do nucleo.

**Explicação dos phenomenos volcanicos.** — Adoptado este modo de vêr, nada é mais simples do que a explicação dos phenomenos volcanicos. É facil imaginar, debaixo da crosta solida, a massa ignea, que é talvez practicamente solida por causa da pressão que supporta, mas que se conserva capaz de retomar o estado liquido desde que a pressão venha a diminuir. Neste caso, torna-se a massa ignea a séde de reacções incessantes, e notavelmente de desprendimentos gazosos que devem faze-la subir atravez das fendas do envoltorio e traze-la á flôr do solo nas partes deslocadas, que correspondem ás mais accentuadas rugas da crosta e coincidem por esta razão com as costas maritimas.

Assim se destacam do reservatorio commum, caminhando, d'ahi por deante isoladas, pelos sulcos interiores

da crosta, columnas liquidas que vêm derramar-se so ba fórma de lavas, e com tanto mais facilidade, quanto mais abertas se mantiverem as fendas. De tempos a tempos, os gazes presos attingem a tensão sufficiente para provocar violentas explosões : outras vezes, pelo contrario, como nas ilhas Sandwich, as materias são bastante fluidas para que as chaminés não se obstruam, e então a ascensão da lava é continua e exempta de phenomenos explosivos.

Pensou-se mais de uma vez que a intervenção do mar fosse necessaria para explicar os paroxysmos, cada um dos quaes resultaria d'uma vaporização subita das aguas marinhas, que por intermedio de algumas fendas se puzessem em contacto com a massa ignea. Parece porém dispensavel esta hypothese.

Muitos volcões, e dos mais activos, estão a mais de 200 *kilometros* do mar, e difficilmente se pôde imaginar que as aguas oceanicas percorram similhante distancia, atravez de canaes estreitos e tortuosos, em quantidade sufficiente para provocar uma explosão. De mais, quando nas ilhas Sandwich vemos a lava em ebulição manter-se constantemente a grande altura, n'um massiço inteiramente volcanico situado em pleno oceano, e onde abundam provas de facil communicação com o mar, *sem que nunca se dê uma só explosão*, parece evidente que a ascensão das lavas não carece do auxilio das aguas marinhas. A provisão dos gazes dissolvidos no reservatorio interno basta para explicar os violentos desprendimentos de vapores que acompanham certas erupções, tanto mais que a experiencia dos laboratorios (por exemplo o que se passa na copellação da prata) demonstra que os gazes retidos por um metal em fusão tendem a desprender-se por jactos, no momento em que uma primeira crosta já se formou.

**Resposta a algumas objecções.** — Por mais de uma vez se tem sustentado, em nome das mathematicas, a impossibilidade da existencia d'um nucleo liquido no inte-

rior do nosso planeta. Para isso ora appellaram para certos dados astronomicos cujo valor, disse-se, seria diverso si o globo fosse liquido em sua maior parte; ora invocaram o achatamento terrestre, demasiado grande no entender de alguns, para a hypothese vertente. Todos estes calculos vêm-se obrigados a acceitar, por poncto de partida, dados numericos estabelecidos por experiencias de laboratorio e cuja significação não é logico estender a uma massa das dimensões da Terra.

Entre similhantes dados, uns applicam-se a liquidos perfectos que nada podem ter de commum com a mixtura de metaes e gases de que se compõe o nucleo; outros dizem respeito a solidos mais ou menos homogeneos e elasticos, aos quaes não é comparavel por lado algum a crosta terrestre. Por tanto pensamos que estas objecções theoricas (algumas das quaes já foram abandonadas por seus proprios auctores) não podem prevalecer contra o testemunho de tantos factos favoraveis á existencia d'uma fonte d'onde derivem as energias calorificas internas. Ellas perdem aliás toda a sua força, desde que se admitta que a pressão imprime ás materias igneas, apezar da sua temperatura, um estado *practicamente* equivalente á solidez.

#### § 4.º

### MOVIMENTOS DA CROSTA TERRESTRE

**Consequencias do calor interno.** — Si a crosta terrestre é apenas um envoltorio que rodeia uma massa ignea, a qual de tempos a tempos se derrama para o exterior, é impossivel que a posição da crosta seja estavel. Devem dar-se depressões para compensar a saída das lavas. De mais, o nucleo tem de resfriar-se e de contrahir-se lentamente, produzindo, na crosta que vac ficando demasiado grande,

*Consequencias da contracção do núcleo*  
*Consequencias da contracção do núcleo*

uma tendencia ao *enrugamento* que se ha de manifestar, em certos pontos, pela formação de burletes e fendas, e em outros por desmoronamentos.

Si todavia a estrutura do globo attesta, como veremos depois, que movimentos d'este genero se produziram muitas vezes no decurso do tempo, não devemos ter a esperanza de achar, entre os phenomenos actuaes, a verificação d'estas inducções. Com effeito, a perda do calor interno, no ponto a que chegou, caminha com bastante morosidade para não produzir effeitos apreciaveis sinão ao cabo de muitissimo tempo. Demais, tendo a Terra 510 milhões de kilometros quadrados de superficie, a depressão geral de *um millimetro*, de todo insensivel, bastaria para contrabalançar a saída de 510 kilometros cubicos de lavas, quantidade comparavel a tudo o que poude ser vomitado pelos volcões desde os tempos historicos.

Logico é, pois, admittir que atravessamos um d'esses periodos de equilibrio, em que a crosta não póde soffrer sinão movimentos insignificantes. Feita esta reserva, vamos examinar os phenomenos d'este genero que podem offerecer-se á observação.

**Terremotos.** — Em varios pontos do globo a crosta solida mostra-se mais ou menos frequentemente agitada por tremores, em geral muito breves, caracterizados pela trepidação do solo, e chamados por isso *tremores de terra* ou *terremotos*. Traduzem-se esses movimentos, na superficie, algumas vezes por ondulações, mais frequentemente por *sacudidellas*, ás vezes bastante fortes para arruinar edificios e gretar o solo, si bem que a sua duração possa não ir além de alguns segundos.

As maiores catastrophes d'este genero que a historia regista são : a de 526, em que morreram pelos menos 120.000 pessoas no littoral mediterraneo, e a de 1693 em que um terremoto occorrido na Sicilia custou a vida de 60.000 habitantes. Os abalos que destruíram Lisboa em

1755 (1) fizeram 30.000 victimas. Em Casamicciola, na ilha d'Ischia, a 28 de Julho de 1883, bastaram dez segundos para produzir a destruição de 1.200 casas e a morte de mais de 2.300 pessoas.

**Deslocamentos do solo causados pelos phenomenos volcanicos.** — Mui frequentemente, sobretudo na Calabria, abrem-se largas fendas no solo em consequencia d'estes abalos; algumas vezes tambem uma porção de terreno alteia-se ou abaixa-se de modo duradouro. Assim é que na Italia, perto de Pouzzoles, o solo do templo de Serapis, construido por Marco-Aurelio, soffreu, sem duvida por occasião da erupção de 1198, uma depressão local, e em consequencia d'ella as columnas ficaram debaixo d'agua pelo menos uns 6<sup>m</sup>,50. Durante mais de 300 annos perdurou esta immersão, talvez com algumas oscillações, de fôrma que os molluscos *lithophagos*, os que vivem na superficie d'agua, puderam crivar o fuste das columnas, em 3 metros de altura, das suas incisões characteristicas (fig. 21). Depois o solo tornou a levantar-se e hoje só o soalho do templo é banhado pela agua. Deram-se muitos factos do mesmo genero, mas sempre localizados, na costa do Chili e na India.



Fig. 21. — As columnas do templo de Serapis.

Não está provado porém que os deslocamentos verticaes alternativos, como o das columnas de Pouzzoles, sejam resultado de phenomenos mechanicos bruscos. É muito possivel que lençoes de lava, injectados subterraneamente

(1) O auctor dá por engano a data de 1753.

nas profundezas do terreno, soffressem no seu volume variações, determinando ora a sublevação em massa, ora a depressão do solo.

**Propagação dos abalos.** — Imaginaram-se diversos systemas para determinar o modo de propagação dos abalos ou *movimentos sismicos* (1), e chegou-se a levantar para cada terremoto chartas que tornam sensivel á vista o desenvolvimento progressivo do phenomeno. O resultado d'estas verificações foi mostrar que os terremotos são vibrações do solo, determinadas por um abalo inicial occorrido abaixo da superficie e que se propaga como todos os movimentos vibratorios, isto é, com uma velocidade dependente da natureza dos terrenos e do seu estado de deslocamento. Chegando ao mar, a vibração transmite-se alli segundo as leis ordinarias do abalo dos liquidos, e uma vaga immensa, chamada *vaga de translação*, propaga-se atravez de toda a massa oceanica. A velocidade d'ella, variavel com a profundidade da agua, oscilla entre 150 e 300 metros por segundo no Pacifico; ao passo que, na terra firme, a velocidade de propagação das *ondas sismicas* pôde chegar a 800 metros, porque os solidos transmitem as vibrações muito melhor do que os liquidos.

**Causas dos terremotos.** — Resta agora determinar a causa d'estes abalos. Para conseguí-lo, começaremos por deixar de lado todos os que se pôde explicar por circumstancias meramente locais : por exemplo, os terremotos produzidos em paizes accidentados, como a Suissa, pela mudança de assento de certos massiços de terreno, quando as infiltrações diluiram ou dissolveram as camadas (argila, sal, gesso, etc.), que os sustentavam. Desprezaremos

---

(1) O vocabulo francez *séismique*, adoptado pelo auctor, é de formação imperfeita. (N. do T.)

egualmente as desordens occasionadas, na vizinhança immediata dos volcões, pela violencia das erupções, desordens cuja causa é bastante clara.

Assentado isto, os grandes terremotos, os que abalam consideraveis extensões de terreno, mostram-se frequentemente independentes de qualquer acção volcanica, ao passo que seu modo de propagação está ligado aos accidentes principaes do relevo, taes como as montanhas e as linhas de deslocamento. Por isso a mais de um geologo pareceu natural considera-los como indicio de movimentos geraes do solo, determinados pela falta de equilibrio da crosta, de fôrma que nelles devemos ver os phenomenos precursores dos movimentos orogenicos, isto é, dos que são destinados a resolver-se na formação de cadeias de montanhas.

De facto, são conhecidos na Nova-Zelandia, assim como no Japão, exemplos de terremotos que produziram fendas de 60 a 150 kilometros de comprimento, e cujas duas bordas apresentavam sensivel desnivellamento. A frequencia d'estes abalos no Mediterraneo, cujas diversas depressões sabe-se hoje que resultam de desmoronamentos modernos, acode em favor d'este modo de ver. Assim cada um d'elles indicaria, ou a abertura de uma fenda na parte profunda, ou o desabar de um compartimento da crosta ao longo de uma fenda.

Taes fendas não poderiam aliás produzir-se sem abrir um caminho natural aos productos volcanicos subjacentes. Explicar-se-hiam d'est'arte a ligação dos terremotos com as erupções e o facto de que os abalos apresentam frequentemente grande analogia com os que caracterizam as explosões dos volcões.

**Deslocamento das linhas do littoral.** -- Além dos movimentos bruscos de que acabamos de fallar, ha por ventura lentas oscillações da crosta? É positivo que, em mais de um poncto, as costas maritimas soffrem modifica-

ções, que estas variações têm feição local e dão-se sem regularidade, e parece que os symptomas de emersão algumas vezes alternam, n'uma mesma costa, com os de submersão. Portanto, em vez de fazer intervir mudanças de nível do lençol oceanico que, segundo parece, deveriam produzir-se em toda a parte no mesmo sentido, não é natural vêr n'isso a prova de movimentos parciaes da crosta, traduzindo-se, graças á invariabilidade do nível do oceano, por deslocamentos em sentido contrario nas linhas do littoral?

Assim admite-se em geral que o solo dos Paizes-Baixos se afunda e que na Escandinavia se dá uma especie de movimento de maromba, em consequencia do qual o leito do golfo de Bothnia se eleva, ao passo que a parte meridional da Suecia tende a deixar-se invadir pelas aguas.

**Interpretação dos factos observados.** — A significação dos factos observados entretanto não é sempre tão clara como se poderia julgar com um primeiro exame. Nas regiões como a Hollanda, conquistadas outr'ora ao mar por grandes rios, o abatimento natural do solo póde bastar para explicar a depressão que se nota. O regimen das correntes marinhas póde aliás mudar, assim como a violencia das vagas, por causas ainda mal conhecidas, e tornar perigosa a situação de costas d'antes menos expostas aos assaltos do oceano. D'esta maneira, a invasão relativamente recente do mar na bahia do monte S. Miguel, por exemplo, poderia justificar-se por um progresso constante da força das grandes marés, sem que o solo realmente se houvesse deprimido. Por outro lado, certas conquistas da terra firme, como as que se deram de seculos a esta parte no littoral da Charenta, são simplesmente resultado do progresso das alluviões trazidas pelos rios.

Finalmente o proprio nível do mar é sujeito a variações de certa amplitude. Ora os gelos polares, fundindo-se, diminuem a proporção de sal e por consequencia a densidade da agua do mar mais proximo, e esta, para conti-



nuar a fazer equilibrio ás aguas mais salgadas das latitudes inferiores, é forçada a elevar o seu nivel na proporção correspondente; ora os gelos continentaes, pelo excesso de massa que trazem ás regiões onde se accumulam, podem augmentar, em virtude das leis da gravidade, a attracção local d'estas ultimas para com os oceanos vizinhos, cujas orlas ellas levantam de modo apreciavel, e n'uma proporção que varia com a espessura das neves e dos gelos; ora finalmente um mar interior, como o Caspio ou o Baltico, soffre, em consequencia da desigual contribuição dos rios, variações de nivel que sem razão se imputariam a um movimento do solo.

Estas considerações, em partes novas, exigem grande prudencia na interpretação dos *movimentos relativos* da terra firme e do oceano. Não negamos que se possam dar, hoje, movimentos lentos na crosta, por exemplo em consequencia da dilatação em massa d'uma região que, por muito tempo coberta de gelos e mantida assim em temperatura constante, se vê, com o desaparecimento d'esse manto glacial, exposta novamente á irradiação no espaço. Mas em nosso entender não é ahí que convem procurar a causa das mudanças, muito mais bruscas e mais salientes, que o relevo do globo soffreu nas diversas epochas geologicas. Actualmente vivemos n'uma phase de equilibrio, e parece que o homem não foi até aqui testemunha de nenhuma d'estas modificações accentuadas por que tantas vezes passou a geographia terrestre.

LIVRO SEGUNDO  
GEOLOGIA PROPRIAMENTE DICTA  
OU  
HISTORIA ANTIGA DO GLOBO

---

CAPITULO I  
NOÇÕES GERAES SOBRE A CROSTA TERRESTRE

---

§ 1.º

COMPOSIÇÃO GERAL DA CROSTA

**Formações estratificadas.** — **Formações massiças.** — Todas as vezes que com obras de pedreiras, de estradas de ferro ou de minas se ataca a crosta terrestre em certa extensão, verifica-se que os materiaes ou *rochas* de que ella é composta pertencem, por sua natureza e por sua distribuição, a dous typos principaes.

Umas são *rochas detriticas*, incontestavelmente formadas de destroços juxtapostos e succedendo-se umas ás outras de cima a baixo, sob a fôrma de camadas parallelas, exactamente como os *depositos sedimentares* das nossas praias. São as *formações estratificadas*, tambem chamadas *terrenos neptuninos*, porque a maior parte d'ellas depositou-se no mar. As outras consistem em *rochas mas-*

siças, de elementos ás vezes vitreos, muito mais frequentemente crystallizados, e cujo arranjo, onde se não trahe a acção do peso, accusa pelo contrario a existencia de uma materia primitivamente fluida ou viscosa. É evidente a sua analogia com as lavas volcanicas, tanto mais que, quando póde ser observado o contacto das duas categorias de rochas, se vê frequentemente que as da segunda ordem penetram atravez dos depositos estratificados em fórma de veios, tal qual como as lavas modernas se injectam ás vezes pelo meio dos terrenos circumvizinhos. É licito portanto considerar estas rochas massiças como *formações eruptivas* ou *plutonicas*.

**Exemplos de formações estratificadas.** — Excelente exemplo de terrenos estratificados vê-se na foz do Sena, na cabo da Hève. A base da faleja é constituída

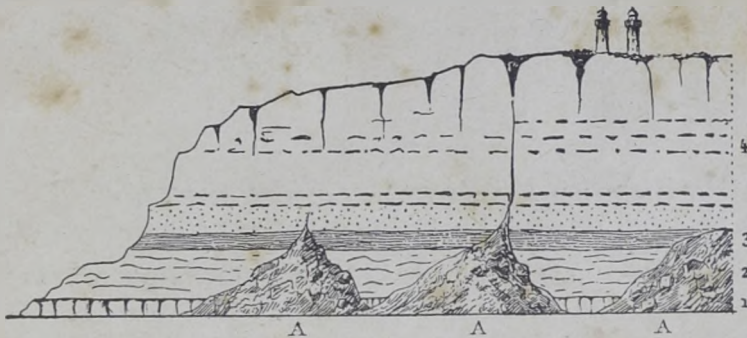


Fig. 22. — Faleja da Hève. — 1. calcários margosos 2. areias: 3. argila: 4. greda com sílex; A, entulhos.

(fig. 22) por alguns metros de *calcários margosos* e de *argilas* azuladas que sustentam, por meio de uma especie de *cascalho ferruginoso*, uma fiada de 25 metros de *areias amarellas* com manchas de ferrugem. Sobre estas areias descança um leito negro de argila impermeavel, que serve de base a uma fiada de *marga arenosa* esverdeada, fortemente embébida d'agua. Finalmente toda a parte superior da faleja é occupada por uma camada de greda, em

baixo cinzenta, em cima mais alva, cuja estratificação se accusa em muitos cordões horizontaes de silex pretos ou cinzentos. Assim neste poncto do globo, como em muitissimos outros, a successão dos depositos sedimentares attesta, no passado, as frequentes variações do regimen do mar que por muito tempo occupou estes sitios.

Um córte igualmente instructivo é o das grandes gessiras d'Orgemont, perto de Argenteuil. Alli, uma grande massa de gesso, com ossos de mammaes, de espaço a espaço interrompida por camadas horizontaes de margas amarellas com fosseis marinhos, supporta margas cinzentas, depois brancas, onde não se encontram sinão especies de agua doce. Logo depois tornam a apparecer os indicios marinhos com uma camada de gredas, cuja côr verde é accentuada por filas regulares de *renhos* brancos. Seguem-se margas argilosas cheias de ostras, ás quaes succedem areias amarellas. Aqui portanto o mar e a terra firme estiveram em alternada lucta e, em cada uma d'estas phases, a variação dos depositos indica a instabilidade das condições phisicas.

**Exemplos de formações massiças.** — Observa-se bem a feição das formações massiças no Planalto Central da França, nomeadamente nos profundos córtes pelos quaes a via ferrea d'Eymoutiers a Meymac atravessa o nucleo granitico de Millevaches, no Limosino. Na rocha, ora compacta, ora frouxa e transformada em areia côr de rosa, brillam ao sol as palhetas de mica argentina, assim como as laminas crystallinas rosadas do feldspatho orthosio e ás vezes os primas negros de turmalina. Alguns veios, mais bem crystallizados do que o resto, serpeiam na massa, e esta é cortada aqui e acolá por veios quasi verticaes d'uma rocha verde compacta, igualmente crystallina, assim como por veios de uma rocha deteriorada, cujas efflorescencias amarellentas revelam a existencia de mineraes sulfuretados.

Nada denuncia qualquer estratificação n'este massiço de fórmas exteriores notavelmente arredondadas. Mal porém se entra no planalto dominado por este nucleo de granito, surgem eschistos regularmente folheados, no meio dos quaes estão injectados veios da rocha granítica precedente, destacando-se pelo seu colorido claro e roseo sobre a massa sombria dos eschistos.

**Terrenos deslocados.** — Ao lado d'estes dous typos bem definidos, — formações sedimentares de camadas horizontaes, e formações massiças de elementos crystallizados, a visita das regiões deslocadas, como o Jurá



Fig. 23. — Camadas onduladas n'um valle do Jurá bernez.

(fig. 23), offerece-nos outro, caracterizado pela inclinação e pela sinuosidade dos estratos. Alli, camadas de calcarios, de argilas, em tudo semelhantes ás das regiões de estratificação regular, apresentam-se inclinadas, onduladas em muitas dobras, ás vezes invertidas, frequentemente fracturadas.

É claro que alli estão verdadeiros sedimentos, primitivamente depositados em camadas horizontaes, mas tirados mais tarde da sua antiga posição pelos movimentos da crosta que produziram as montanhas.

**Definição dos typos de formações.** — Bastam estas verificações para fazer com que reconheçamos, no estado presente da crosta terrestre, o resultado do concurso de trez ordens distinctas de phenomenos : os *phenomenos sedimentares*, por cujo jogo constituiu-se, ao longo das antigas praias, sob a influencia combinada do calor solar

e do peso, uma serie de camadas estratificadas, superpostas por ordem de idade; os *phenomenos eruptivos*, cujo effeito foi injectar muitas vezes na crosta ou derramar-lhe na superficie materias fundidas que formaram pela sua consolidação rochas crystallinas; finalmente os *phenomenos orogenicos* que, desarranjando periodicamente a crosta, modificaram varias vezes a geographia do globo e despertaram a actividade da sedimentação.

Para determinar quaes d'estes phenomenos intervieram na formação de dada massa mineral, são necessarias duas especies de observações : as que têm por objecto definir a propria natureza da massa, e as que permitem dizer a que typo de estructura geral ella obedece.

A *lithologia* ou *petrographia* responde á primeira d'estas necessidades ; á segunda satisfaz a *estratigraphia*.

## § 2.º

### ROCHAS MASSIÇAS OU ERUPTIVAS

**Necessidade do estudo prévio das rochas eruptivas.** — Sendo todas as rochas estratificadas o producto da desaggregação de massas mineraes preexistentes, as diversas variedades que ahi se observam devem logicamente ser estudadas depois das rochas de formação primitiva que lhes deram origem. Estas pertenciam, ou á crosta primitiva, isto é, á primeira casca que se formou na superficie do globo originalmente fluido, ou ás rochas massiças que, por differentes vezes, abriram caminho pelas fendas da crosta.

Além d'isso, as rochas da crosta primitiva, si é que as conhecemos com certeza, não differem das mais antigas rochas massiças sinão por um arranjo especial dos elementos, que denuncia uma feição mixta, de que torna-

remos a fallar mais adeante. Eis o motivo por que este breve esboço lithologico vae começar pelas rochas eruptivas, unicas em cuja formação nenhuma força externa agiu.

**Elementos das rochas eruptivas.** — Provêm todas as rochas eruptivas da parte superficial do nucleo metallico fluido, cuja *escuma* pôde-se dizer que constituíram. É natural que esta escuma se componha dos mais leves e ao mesmo tempo mais refractarios productos da oxydção do nucleo. Eis porque, assim como na affinação do ferro, vemos fluctuarem na superficie do banho metallico *escorias* que resultam da união do ferro com a *silica* ou com o *acido silicico*; assim como, no fabrico do ferro fundido, a parte superior do banho é occupada por *escorias*, que não são mais do que combinações de *silica* com a *cal* empregada como fundente, com o oxydo de ferro e varios outros productos, — assim todas as rochas eruptivas são pela maior parte formadas de *silicatos*, onde o acido silicico, o mais leve e mais refractario dos mineraes, se acha ora isolado sob a fôrma de *quartzo* (especie que no seu maior estado de pureza dá o crystal de rocha), ora e as mais das vezes combinado com os oxydos dos metaes mais leves. Estes, *aluminio*, *potassio*, *sodio*, *calcio*, tinham sido os primeiros a vir queimar-se no ar formando oxydos — *alumina*, *alcalis* (*potassa* e *soda*), *cal*; e os mesmos oxydos, unindo-se á *silica*, deram origem a *silicatos* conhecidos pelo nome de *feldspathos*. São mineraes massiços, duros, que pelo choque se dividem em laminas planas brilhantes, de aspecto vitreo, e que assim como o *quartzo*, têm a propriedade de riscar o vidro. Além d'isso, o *ferro* e o *magnesio*, trazidos de mais fundo, vieram junctar-se ás substancias precedentemente enumeradas, dando origem a outros *silicatos* menos duros, habitualmente crystallizados em palhetas delgadissimas, flexiveis e elasticas, denominadas *micas*.

Finalmente, quando a silica se uniu simplesmente aos oxydos de ferro, calcio e magnesio, sem alumina, resultaram outros silicatos mais pesados do que os precedentes, e ao mesmo tempo menos ricos de silica. São os *pyroxenios* e os *amphibolios*, mineraes de laminas fibrosas verde-negras, e o *peridoto* ou *olivina* em grãos vitreos de côr verde amarellaça.

**Rochas acidas; rochas basicas; rochas neutras.**

Rochas ha em que uma parte da silica fica no estado de liberdade, podendo tomar a fórma de *quartzo* (silica inteiramente crystallizada), a de *chalcedonia* (mixture de quartzo e de silica amorpha ou fibrosa), enfim a de *opála* (silica gelatinosa, combinada com agua). Por causa da fraca densidade da silica, que é de cêrca de 2, 6, as rochas em que este elemento é assaz abundante para que uma parte permaneça livre, são mais leves do que as outras, oscillando o seu peso especifico entre 2, 6 e 2, 7. Alem d'isso, representando a silica nas combinações o papel de um acido, as rochas em que ella prepondera podem ser tambem qualificadas de *rochas acidas*.

Nesta categoria dominam, com as micas, os feldspathos, notavelmente ricos de potassa e soda, taes como o *orthosio* (silicato d'aluminio e potassio), em que a proporção de silica pôde chegar a 68 por 100, e o *oligoclasio*, em que a soda se acha associada a um pouco de cal.

Pôde se dizer que, nas rochas acidas, ha o elemento *claro* ou feldspathico, e o elemento *escuro*, formado este pela mica, que as mais das vezes é *ferro-magnesiana*, ou pelo amphibolio, que é a um tempo ferro-magnesiano e calcarifero.

Em opposição ás precedentes, as rochas que não contêm silica livre, e onde por conseguinte dominam as bases metallicas, são ao mesmo tempo *pesadas* e *basicas*. A proporção de silica combinada nunca attinge n'ellas a 50 por 100. O peso especifico varia de 2, 9 a 3, 1. Como silicatos



aluminosos, não ha ahí sinão os feldspathos de base calcica (*labrador*, *anorthito*) e as micas. É n'ellas que se encontram sobretudo os pyroxenios, os amphibolios e o peridoto. A presença d'estes mineraes determina uma côr carregada, ordinariamente verde-negra, que contrasta com o colorido habitualmente claro das rochas acidas. Além d'isso emquanto n'estas ultimas o oxydo de ferro se apresenta sobretudo no grão superior de oxydação, em pontinhos de *ferro oligisto* disseminados pelo meio do feldspatho ao qual communicam um colorido avermelhado, — nas rochas basicas vêem-se muitos grãos pretos, que o iman attrahe, de *ferro oxydado magnetico*, e até ás vezes de *ferro nativo*.

Existe finalmente uma categoria inteira de rochas que, sem encerrar excesso de silica, não contém os silicatos pesados sinão em pequena quantidade, de fôrma que a sua densidade, habitualmente variavel de 2, 7 a 2, 9, é intermediaria entre a das rochas acidas e a das rochas francamente basicas. É portanto conveniente grupa-las sob a denominação de *rochas neutras*, e defini-las por este característico : que a sua proporção de silica regula entre 50 e 65 por 100.

**Origem provavel das diversas categorias.** — Em resumo, não considerando sinão a *composição chimica* do conjuncto, ha trez categorias de rochas eruptivas : as rochas leves ou acidas, as médias ou neutras, as pesadas ou basicas. Tanto umas como outras provêm, ao que parece, da *escorificação* do nucleo metallico interno. Effectivamente, da mesma sorte que um minereo de ferro, tractado em alto forno, sob a influencia de energica corrente de ar, se desembaraça mediante o auxilio dos fundentes, das suas impurezas que vêm formar um vidro chamado *escoria* que fluctúa na superficie do ferro fundido, da mesma sorte concebe-se que o nucleo metallico, exteriormente submetido á acção oxydante da atmosphaera, tenha cedido ao

oxygenio seus elementos mais leves para formar o fundo da crosta superficial. Quanto ás differenças observadas entre as diversas rochas eruptivas, devem ellas provir de que os materiaes d'estas rochas pertenciam a zonas desigualmente profundas da periphèria do nucleo. As rochas basicas, pela sua côr escura, sua riqueza de ferro magnetico e de compostos de protoxydo de ferro, provam que a oxydação directa pequena parte teve na sua formação. É ainda uma razão para julga-las productos mais vizinhos do que os outros do nucleo metallico, onde temos motivos para acreditar que as influencias *reductoras* predominam.

**Papel do silicio e do carbono.** — Antes de ir mais longe, cumpre que attendamos para o papel comparado do silicio e do carbono na crosta terrestre. Estes dous elementos, que os chimicos sempre classificaram na mesma familia natural e que têm ambos a propriedade de apresentar-se em trez estados distinctos, definidos pelo *carvão* amorpho, pelo *graphito* e pelo *diamante*, estão provavelmente mixturados de modo intimo com o ferro que parece constituir a massa do nucleo interno. Desde, porém, que chegam á superficie, separam-se oxydando-se, e emquanto um fórma a base da escuma refractaria que vae ser a crosta solida, caracterizada pela sua *estabilidade* mechanica e chimica, o outro será o alimento essencial da vida, cujas perpetuas transformações favorecerá com a sua *mobilidade*. É curioso vêr estes dous papeis oppostos, preenchidos por dous corpos tão estreitamente ligados um ao outro em razão do conjuncto de suas propriedades.

**Typos de textura.** — Uma materia fluida de composição dada engendra rochas muito diversas, conforme a maneira por que se faz a sua solidificação e conforme a maior ou menor parte que n'isso tomam os *dissolventes*. Ora a *crystallização* é completa, como no granito: é o estado *granitoide*. Ora a maior porção da materia conserva-

se *amorpha* á maneira do vidro : é o estado *vitreo*. Ora finalmente mineraes distinctamente *crystallizados* coexistem com uma pasta *amorpha* e *vitrea*, como nos *trachyts* : é o estado *trachytoide*.



Fig. 24. — Textura granítica (do granito egypcio). — As superficies cobertas de traços finos representam o quartzo; o preto figura a mica; o mais corresponde ao feldspatho.

Cada um d'estes estados é por sua vez susceptivel de variedades que se traduzem exteriormente pela *grã* da rocha ou pela sua *textura*. Distinguem-se assim : a textura *granítica* (fig. 24),

em que sem custo se vêm a olhos desarmados todos os elementos larga e igualmente *crystallizados*; a textura *porphyrica* (fig. 25), na qual *crystaes* bem desenvolvidos como que nadam no seio de uma *pasta* de grã mais ou menos fina; e a textura *compacta*,

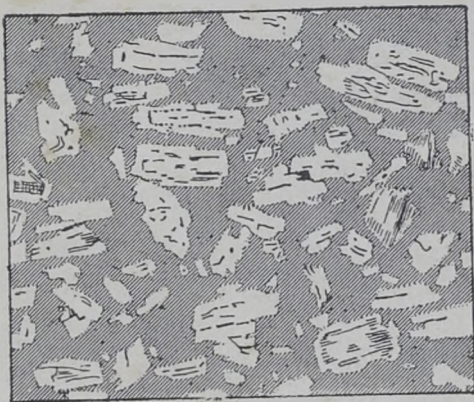


Fig. 25. — Textura porphyrica do porphyro diabásico dos Vosgos.

characterizada pela extrema finura da grã, que só se pôde distinguir com o auxilio do microscopio.

**Significação da textura. Crystallização intratellurica.** — O microscopio revela tambem nas rochas

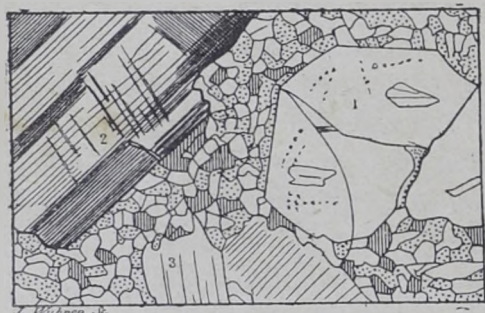


Fig. 26. — Porphyro quartzifero em pasta de microgranulito (granulophyro). — 1, quartzo; 2, feldspatho oligoclasio; 3, mica (ampliação : 80 diâmetros).

porphyricas ou compactas differenças fundamentaes, conforme a pasta, convenientemente ampliada, se resolve em individuos crystallinos distinctos (fig. 26), ou em crystaesinhos mal formados e comprimidos, chamados *microlithos* (fig. 27), ou ainda deixa ver

uma quantidade mais ou menos consideravel de materia vitrea, isto é, não crystallizada.

Ora, taes differenças de textura trazem em si doutrina-mento. Assim, no granito, é visivel que houve successão regular na formação dos diversos elementos mineraes. Sepa-rou-se primeiro a mica. Em torno d'ella desenvolveram-se os crystaes de feldspatho, e por fim o liquido não conteve mais do que silica, a qual, sem duvida por causa da lenta separação dos dissolventes que a mantinham no estado liquido, isolou-se sob a fórma de quartzo. Por isso



Fig. 27. — Microlithos de feldspatho na pasta de um porphyrito.

este quartzo teve de moldar-se, como materia plastica, sobre as faces já formadas dos precedentes crystaes, sem poder tomar as fórmas crystallinas que lhe são proprias. Esta serie de crystallizações foi, em geral, regular e ininterrupta, não soffrendo perturbações nem parada, qualquer que fosse o tempo de sua duração. Finalmente, cousa no-

tavel, só intervieram ali as leis da Chimica, porque, no granito, os mineraes menos fusiveis são exactamente os que mais tempo permaneceram no estado liquido.

Ora, diz-nos a experiencia dos laboratorios que taes condições só podiam realizar-se n'uma massa rica de dissolventes, sujeita a uma pressão energica e ao mesmo tempo a um resfriamento muito vagaroso. E com esta conclusão concorda a observação geologica, porque ella nos ensina que os granitos *nunca viram a luz*, e representam massas injectadas nas fendas e sobretudo nas dobras da crosta sem poderem chegar á superficie. São portanto, como definiu o snr. Rosebusch, rochas de crystallização *intratellurica*.

**Rochas de muitas phases de consolidação.** — Pelo contrario, nos porphyros, resolve-se a pasta muitas vezes, no microscopio, em *crystaes da mesma natureza, porém menores*, do que os que se destacam a olhos desarmados. Houve portanto duas gerações bem distinctas da mesma especie mineral. A segunda geração é ainda susceptivel de duas variedades : uma, em que se vêem *crystaes propriamente dictos*, distinguiveis a lente : outra, em que se observam microlithos, isto é, individuos crystallinos imperfeitos.

Esta disposição explica-se sem difficuldade, admittindo que a massa, após um principio de elaboração interna, que dêra origem a grandes *crystaes fluctuantes* no resto da materia fluida, tenha depois soffrido um resfriamento definitivo muito mais brusco ; este resfriamento, conforme a sua rapidez, engendraria o primeiro ou o segundo typo de textura porphyrica. Tal é exactamente a condição a que estiveram sujeitas as rochas de pasta microlithica ; visto como são rochas de *extravasamento*, que correram como lavas. D'esta sorte, parcialmente formadas emquanto subiam pela chaminé volcanica, acabaram de consolidar-se correndo fóra. Esta ultima phase, muito mais brusca do que a primeira, porque foram quasi immediatos a perda de calor e o desprendimento dos gazes, não permittiu em

geral o desenvolvimento de crystaes bem determinados, e até por vezes levou a massa ao estado vitreo.

Assim as rochas d'esta categoria atravessaram dous estadios ou *tempos de consolidação* : um *estadio intratellurico*, ao qual se referem os grandes crystaes dos porphyros; e um *estadio extratellurico*, variavel conforme os extravasamentos se deram ao ar livre ou debaixo de um lençol d'agua.

A combinação dos varios characteristics de textura e de composição engendra muitas rochas eruptivas, das quaes só apontaremos aqui as principaes.

**Rochas acidas. Granito, Granulito, Pegmatito. —**

Entre as rochas acidas, a que principalmente realiza a textura granitica é o *granito*, conjuncto homogeneo de crystaes bem distinctos de quartzo, de feldspatho e de mica, podendo este ultimo mineral ser substituido pelo amphi-



Fig. 28. — Disposição do quartzo (parte negra), na massa do granito commum.

bolio (granito amphibolico dos Vosgos e de Syene no Egypto). No granito propriamente dicto, o quartzo fórma uma especie de teia ou de esqueleto (fig. 28) atravez de toda a rocha; ora o feldspatho se offerece em crystaesinhos

laminosos (*granito commum* da Correza, da Normandia e da Bretanha, que dá as lages de calçada empregadas em Paris), ora em grandes crystaes allongados, alvos ou roseos (*granito porphyroide* do Planalto Central, de Cherbargo e Laber-Idult, perto de Brest).

No *granulito* (fig. 29), está o quartzo em grãos isolados,

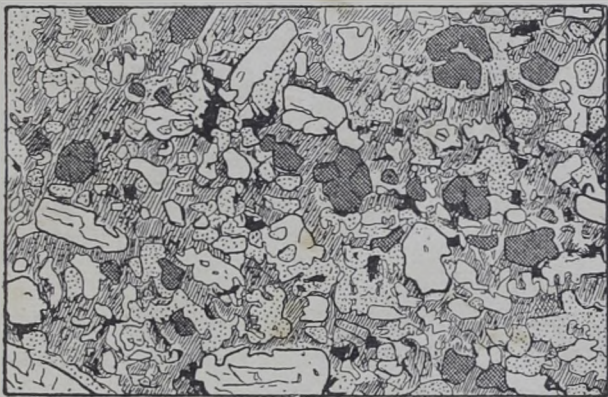


Fig. 29. — Granulito. Os grãos de quartzo, indicados por traços cruzados, e os crystaes de feldspatho acham-se disseminados no meios de uma pasta composta de grãos crystallinos de feldspatho predominante.

às vezes até em crystaesinhos completos, e a *mica preta* ou escura do granito commum junta-se mica branca muitas vezes preponderante. Uma variedade de granulito com chlorito constitue o *protogynio* dos Alpes.

O isolamento do quartzo é sobretudo notavel no *pegmatito*, variedade de granulito de crystaes muito grandes, em que a mica branca se concentra em pilhas de palhetas hexagonaes; ao mesmo tempo a presença de mineraes ricos de *fluor* e de acido *borico*, como a *turmalina*, sob a fôrma de prismas pretos acannalados, attesta a força dos dissolventes, sob cujo imperio teve de operar-se a consolidação da massa. Ha pegmatitos chamados *graphicos*, nos quaes os crystaes de quartzo se destacam com sua côr cinzenta sobre o feldspatho branco ou roseo, simulando caracteres hebraicos ou cuneiformes (fig. 30).

Como o quartzo e o feldspatho riscam o vidro, o granito constitue uma rocha essencialmente dura e de grande solidéz. É elle susceptivel de bello polido e, n'este estado, o colorido verde escuro das laminas de mica faz agradável



Fig. 30. — Pegmalito graphico.

contraste com o tom habitualmente avermelhado do feldspatho e com o brilho vitreo dos grãos acinzentados de quartzo. Apesar da resistencia do granito, entretanto, a acção prolongada e secular dos agentes atmosphericos desagrega-o em saibro grosso, e transforma o seu feldspatho em um silicato hydratado de aluminio analogo ao *koalim* ou barro de porcelana.

Visto que o granito não contém calcario e conserva sempre uma gran apreciavel, é pouco proprio para a cultura dos cereaes. N'elle cresce de preferencia o castanheiro, e na sua superficie se estabelecem facilmente veigas, cujas partes deprimidas formam turfeiras.

Acontece ás vezes que, nas bordas de um massiço ou em veios, a gran de uma rocha granitica (sem duvida sob a influencia d'um resfriamento mais brusco) se torna tão fina que só pôde ser vista á lente. Pertencem a esta categoria as rochas denominadas *microgranito* e *aplito*.

**Porphyros e diversas rochas acidas.** — As rochas acidas que atravessaram dous estadios de consolidação apresentam a textura porphyrica e formam primeiro o



grande grupo dos *porphyros quartziferos*. A pasta, cujos elementos só podem ser reconhecidos com auxilio de lente, e muitas vezes só com o do microscopio (caso em que é mister cortar a rocha em laminas delgadas e transparentes), fórma um fundo vermelho, escuro, cinzento ou esverdeado, sobre o qual se destacam crystaes claros de feldspatho e grãos vitreos de quartzo. As rochas d'esta natureza, sempre duras e frequentemente susceptiveis de bello polido, constituem numerosas variedades, que se apresentam sobretudo em lençoes e em veios, ao passo que o granito e o granulito são antes massiços. É por isso muito provavel que os porphyros sejam um modo de ser externo de pastas eruptivas que, nas regiões profundas, teriam dado typos graniticos.

Em geral, a pasta dos porphyros é um granulito de gran finissima ou *microgranulito*, o que poderia justificar-lhes a denominação de *granophyros*. Poderiamos até subdividi-los em *granitophyros*, *granulophyros* e *pegmatophyros*, conforme os productos do segundo estadio de consolidação se resolvessem no microscopio em *microgranito*, *microgranulito* ou *micropegmatito*.

Quando a pasta é compacta e parece homogenea a olhos desarmados, dá-se-lhe o nome de *petrosilicosa*. O microscopio distingue, porém, n'estas pastas compactas, — umas em que a silica excessiva se isola em globulos esfericos radiados, — outras em que ella fica disseminada confusamente na massa em elementos muito tenues, formando filas, — e é este o caso dos verdadeiros *porphyros petro-silicosos* ou *felsophyros*. Muitas vezes, n'estes ultimos, os antigos crystaes de quartzo que se destacam na pasta compacta são partidos e tem as bordas em parte corroidas,

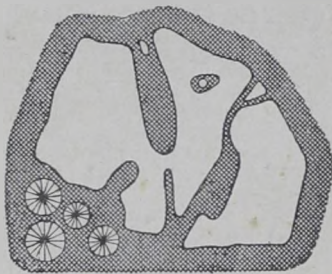


Fig. 31. — Antigo crystal de quartzo, quebrado e corroido na pasta de um rheolitho, com alguns espherolithos.

o que prova que o equilibrio chimico, que lhes permittira desenvolverem-se, foi parcialmente destruido na segunda phase de consolidação (fig. 31). Frequentemente os elementos miudos da pasta de um felsophyro apresentam-se alinhados, attestando que a rocha, antes de sua consolidação definitiva, soffreu um grande derramamento. Esta textura *fluidica* fez dar o nome de *rheolithos* a muitos felsophyros modernos.

Cumpre accrescentar ainda a esta enumeração os *vidros acidos* ou *pechsteins*, nos quaes toda a pasta é vitrea, as *pyromerides* — rochas salpicadas de globulos esphericos, chamados *espherolithos*, nas quaes fibras de feldspatho se entrelaçam com separações de silica livre; e finalmente a *pedra pomes*, rocha acida vitrea que, por se haver solidificado no meio d'um copioso desprendimento de vapores, tomou a textura esponjosa.

**Rochas neutras.** — As principaes rochas neutras da familia granitoide, isto é, as que offerecem um só tempo bem determinado de consolidação, são : o *syenito*, variedade de granito amphibolico desprovido de quartzo, na qual as laminas fibrosas do amphibolio verde se entrelaçam agradavelmente com os crystaes feldspathicos de brilhante clivagem, habitualmente avermelhados; as *minulas* (1), rochas de feldspatho e mica, entre as quaes está o *kersanton* da Bretanha, especie escura, tenaz e muito resistente, apropriada especialmente á esculptura de edificios.

As rochas neutras, inteiramente crystallizadas, mas com dous estadios de consolidação, formam a familia dos *porphyritos*, porphyros escuros, avermelhados ou denegridos, desprovidos de quartzo livre, e cujo typo é o *porphyro vermelho antigo*. Os crystaes da pasta são allongados e *microlithicos*.

---

(1) Em fr. — *minette*, que é diminutivo de *mine*. (N do T.).

Muitas rochas neutras contêm elementos vitreos. É a esta categoria que se referem os *trachyts*, rochas volcanicas asperas (como a palavra indica), e que devem esta aspereza a um grande numero de pequenissimos *crystaes* pontudos de *feldspatho*. Este modo imperfeito de *crystallizaçã*o mostra a tendencia para o estado vitreo (fig. 32). Ha bellos *typos* d'elles nas Sete Montanhas, perto de Bonna, e uma de suas variedades fórma o *domito* de Puy-de-Dôme. Outra rocha *trachytica*, mas compacta, que se apresenta em placas sonoras, é o *phonolitho* usado para telhados em Mont-Dore. Os *trachyts* menos ricos de silica, abundantemente espalhados na cadeia dos Andes assim como na Alvernia, receberam o nome de *andesitos*. Com o *feldspatho* encontram-se n'elles o *amphibolio* e a mica. Existem finalmente vidros naturaes, escuros ou pretos, aos quaes pertencem diversas variedades de *obsidiana* e de *pedra pomes*.



Fig. 32. — Microlithos de *feldspatho* cercando *crystaes* maiores num *trachyto* (ampliação de 80 diametros).

**Rochas basicas.** — As principaes rochas basicas granitoides são os antigos *grünsteins* ou rochas verdes, isto é: o *diorito*, associação de *feldspatho* branco opaco e de *amphibolio* fibroso verde-negro, de aspecto agradável; o *diabasio*, no qual é substituído o *amphibolio* pelo *pyroxenio*, e que, com textura mais compacta, fórma nos terrenos antigos numerosos veios de uma rocha verde durissima, optima para empedramento (*bizeul* do Cotentino e da Bretanha); a *euphotide* da Toscana e o *gabbro*, no qual o mineral basico é constituído sobretudo por *diallagio*, variedade de *pyroxenio* de laminas bronzeadas; finalmente o *ophito*, rocha verde pyrenaica de *diallagio*, *feldspatho* e

amphibolio, cuja contextura é meio termo entre o estado granitoide e o trachytoide.

O typo porphyrico é representado pelo *porphyro verde* antigo, no qual crystaes muitas vezes cruzados de labrador se destacam com a sua côr branca esverdeada n'uma pasta compacta verde escura.

A textura compacta, com elementos vitreos, mostra-se nos *melaphyros* e nas *trappas*, mas sobretudo nos *basaltos*, rochas pretas duras, em cuja composição tomam parte importante o peridoto e o ferro magnetico, e que se derramaram em grandes coadas regulares.

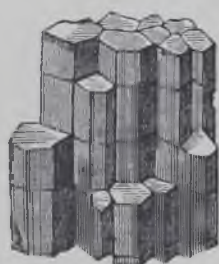


Fig. 33. — Columnata basaltica.

Quando estas coadas passaram ao estado solido, a contracção produziu em todos os sentidos fendas que partiram a massa em prismas geralmente de seis faces (fig. 33). Estes prismas, isolados e postos em evidencia pelas erosões, formam os *orgãos geologicos* do Puy e de Cantal, as *calçadas de gigantes* de varias localidades, as *columnatas* da gruta de Staffa, etc.

Prendem-se de perto ás rochas basicas as *serpentinias*, constituídas por um mineral tenro, silicato de magnésio hidratado, que parece resultar da alteração de massas primitivamente ricas de peridoto.

Muitas rochas eruptivas deram origem a *tophos* (1), semelhantes aos dos actuaes volcões. O caso é frequente com os *porphyritos*, cujos tophos se entrelaçam, de alguma fôrma, com os sedimentos terrestres ou marinhos da mesma epocha. Tambem muitas vezes as coadas de porphyro quartzifero são acompanhadas de tophos, ora solidos, ora argilosos, como os argilolithos do valle d'Ajol nos Vosgos. Tophos mais modernos, subordinados aos derramamentos

(1) Formado do lat. *tophus*, é a melhor traducção do *tuf* francez. (N. do T.).

de andesito e de basalto, observam-se no massiço de Cantal, onde contém numerosos fragmentos angulosos de rochas diversas. Abundam tophos na Sicilia e na Islandia, onde se chamam tophos *palagoniticos*, por causa do *palagonito*, silicato fusivel e hydratado de aluminio, ferro e outras bases, que é o seu principal elemento.

## § 3.º

## ROCHAS SEDIMENTARES

**Principaes variedades do sedimentos detriticos.**

— Mostrou-nos o estudo dos phenomenos actuaes que, entre as formações sedimentares, cumpria distinguir os depositos *detriticos* (tambem chamados *elasticos* ou fragmentosos), provenientes da destruição mechanica de rochas preexistentes, e os depositos de origem *organica* ou *quimica*. Comecemos pelos primeiros, e vejamos já o que devem tornar-se, quando submettidos á trituração n'agua, os elementos das rochas silicatadas mais communs.

O quartzo divide-se em fragmentos que formam *areias* mais ou menos grossas, de grãos rolados; as menores lascas de quartzo, que podem ficar em suspensão nas aguas agitadas, depositam-se mais longe da praia em areias finas de grãos angulosos notavelmente uniformes. O feldspatho dá primeiro fragmentos crystallinos lamellares, mas com o correr do tempo, perdendo seus alcalis, reduz-se a uma borra argilosa; quanto á mica, suas palhetas, apenas alteradas, tornam a associar-se ao quartzo ou á argila, mais frequentemente a esta ultima, porque sua grande leveza lhes permite fluctuar até nas aguas que têm em suspensão particulas de vasa. D'esta sorte ha duas grandes classes de formações detriticas: os depositos *arenaceos*, isto é, da natureza das areias, e os depositos *argilosos*.

**Sedimentos arenaceos.** — Os sedimentos arenaceos podem ser movediços, como as *areias*, os *cascalhos*. Podem tambem ser agglomerados, si por ventura se desenvolveu, depois do deposito, nos intersticios de seus elementos, em consequencia de uma longa circulação de aguas mineraes, um *cimento* silicoso, calcareo ou ferruginoso. N'este caso, as areias e os cascalhos tornam-se *grezes*, ás vezes *quartzitos* (quando o cimento silicoso agiu com bastante energia para apagar os contornos dos grãos de quartzo e dar ao todo a apparencia d'uma contextura uniforme). Pela mesma acção, transformam-se os cascalhos em *puddings*, os depositos de seixos angulosos em *brechas*, podendo aliás as duas variedades ser classificadas sob a denominação commum de *conglomerados*. Dá-se o nome de *arkosios* a grezes grosseiros fortemente cimentados, mas nos quaes os elementos, (muitas vezes os mesmos do granito, apenas modificados) facilmente se reconhecem. Nos *grezes micaceos*, concentram-se habitualmente as palhetas de mica nos planos de estratificação. Resultam d'ahi grezes, chamados *psammitos*, que se racham facilmente e de preferencia pelas superficies micaceas.

**Sedimentos argilosos. Eschistos (1), margas.** — Os sedimentos argilosos, sob sua fôrma usual, dão as *argilas* propriamente dictas, constituídas por grãos impalpaveis de silicatos hydratados de aluminio. São verdadeiras *vasas*, quasi inatacaveis pelos acidos, que pegam na lingua por causa de sua avidez pela agua, e nas quaes a sêcca dá logar a numerosas fendas de retracção.

As argilas ora são massiças, ora divididas em camadas finas ou *folheadas*. As dos terrenos mais antigos foram

---

(1) Derivado de *σχιστός* — *fendido*, — este vocabulo deve passar para o portuguez com a graphia — *eschisto* —, e pronunciar-se *eskisto* (Cf. *eschola*, *escholio*, *eschema*, *eschematico*). N. do T.).

em geral endurecidas pela acção do calor e das infiltrações silicosas. Distinguem-se pela facilidade com que uma pancada as parte em folhetas parallelas. N'este estado as argilas denominam-se *eschistos* ou *phylladios*. Os *phylladios* duros em camadas muito finas fornecem as *ardosias*. Ás vezes a facilidade que têm os *eschistos* de fender-se procede das proprias condições do seu deposito e das variações correspondentes da gran; mas tambem frequentemente os planos de *clivagem*, isto é, os planos segundo os quaes se destacam as *ardosias*, são obliquos á verdadeira estratificação, e a experiencia demonstra que foram produzidos por uma compressão energica, que impelliu os *phylladios* n'uma direcção differente do plano das camadas.

Os *eschistos* acarvoados que tisnam os dedos são conhecidos pelo nome de *ampelitos*.

A mixtura da argila com calcario dá *margas*, que fazem com os acidos effervescencia mais ou menos notavel, e que podem ser massigas, nodulosas, *eschistosas* ou *grezosas*.

**Depositos organicos, calcarios.** — De todos os depositos organicos, os mais importantes são os *calcarios*, caracterizados pela sua pouca dureza (o canivete risca facilmente o carbonato de calcio) e pela effervescencia que fazem com os acidos, desprendendo-se então o acido carbonico sob a fórma gazosa. Entre elles distinguem-se :

Os *marmores*, nos quaes o calcario, em grãos ou em laminas, está crystallizado; ora puro (*marmores saccharoides* de Paros e de Carrara), ora micaceo (*cebollinos*), ora manchado por materias diversas (*marmores communs* pretos, cinzentos etc), ou mixturado com nucleos argilosos verdes ou vermelhos (*marmore ginja*, *marmore de Campan*); os *calcarios* compactos, finos e *lithographicos*; os *calcarios oolithicos*, de grãos concrecionados, com envoltorios concentricos, de que já fallamos a proposito dos recifes corallinos e que, com variadissima finura de gran,

fornecem em França (Lorena, Berri, Poitou) bellissimas pedras de construcção; os calcarios de *entochios*, formados d'uma accumulacão de restos de hastes e articulos de crinoides ou de radiolas de ouriços do mar; os calcarios de *polypeiros*; os *limacinos* (1) constituídos por uma agglomeraçãõ de conchas de ostras de reflexos nacarados; os calcarios *grosseiros*, em que o carbonato de calcio está mixturado com diversas substancias, muitas vezes com grãos de quartzo ou granulos de *glauconio* (hydrosilicato de ferro e potassio); os calcarios de *foraminiferos*, especialmente de *nummulitos*, de *miliolithos*, de *alveolinas*, amassados com envoltorios calcarios dos pequenos seres correspondentes; os calcarios *silicosos*, os calcarios *margosos*, isto é mesclados de argila e que fornecem a cal hydraulica e os cimentos; finalmente o *giz*, rocha branca. com que se escreve, onde envoltorios de globigerinas e de algas microscopicas estão associados a grãos amorphos de carbonato de calcio.

A esta lista podem junctar-se certas margas lacustres, quasi inteiramente formadas por carapaças de pequenos crustaceos d'agua doce.

**Tripolis, combustiveis.** — Os *tripolis* ou *farinhas silicosas*, notaveis pela finura da gran, são constituídos por myriades de frustulos de diatomaceas ou de algas elementares. A composicão d'estes frustulos é a da silica hydratada ou opala commum.

Os *combustiveis mineraes* comprehendem a *turfa*, o *lignito*, o *carvão de pedra*, mais rico de carbono, e o *anthracito*, ultimo termo da transformacão da materia vegetal. Cumpre acrescentar ainda o *betume* e o *asphalto*, combinações de carbono, hydrogenio e oxygenio,

---

(1) Em francez — *lumachelles*. Limacino é formado de *limax*, o caracol. (N. do T.).



produzidas pela oxydação mais ou menos adelantada dos oleos mineraes.

O carvão de pedra, até o mais compacto d'elles, ainda conserva traços de organização que se póde reconhecer, ou com o microscopio ou com o auxilio de reactivos chimicos. Elle se apresenta formado de fragmentos vegetaes, folhas, cascas e caules, comprimidos e levados ao ultimo grão de alteração. Os que mais resistiram provêm de *cuticulas*, isto é, de camadas epidermicas; acham-se muitas vezes as *cuticulas* quasi intactas em certos leitos de combustiveis, sobretudo na Russia.

**Depositos chimicos.** — Os principaes depositos chimicos são; o *sal gemma*, que fórma veios e camadas de possança variavel no meio de argilas; o *gesso* ou sulfato de calcio hydratado, geralmente granuloso, ás vezes até como assucar (gesso saccharoide), ou crystallizado em laminas e apresentando-se em massas estratiformes que, quasi sempre, parecem derivar da seccoção de antigas lagunas maritimas; o *anhydrito* ou sulfato de calcio anhydro, que se apresenta em condições analogas; os *travertincs lacustres* ou calcarios depositados por fontes, em camadas compactas, muito frequentemente cavernosas; as *pedras mlares*, ora compactas, ora cariadas, que provêm da transformação, por infiltrações silicosas, de antigos calcarios lacustres.

Incluiremos aqui egualmente as *dolomias*, compostas de carbonato duplo de calcio e magnésio e que, quasi todas, parece que devem ser consideradas como antigas massas calcarias, progressivamente enriquecidas de magnesia por infiltração. Cumpre finalmente não esquecer os depositos de *minereos de ferro*, especialmente os de *limonito* ou peroxydo hydratado, tão abundantes, sob a fórma de camadas regulares, na crosta terrestre; os de *ferro carbonatado*, espalhados pelos terrenos carboniferos, e bem assim as *argilas refractarias*, silicatos d'aluminio hydratados e

muito puros, que se isolam em montões no meio de areias brancas.

**Depositos concrecionados.** — Os depositos chimicos e organicos, tendo-se formado no meio de aguas tranquillias, participam pela maior parte, em gráo maior ou menor, da disposição dos terrenos sedimentares. Poucos sedimentos ha que, debaixo da sua fôrma actual, não tenham tambem algum direito de figurar entre as formações chimicas, porque foram phenomenos de ordem chimica que transformaram em rochas solidas depositos primitivamente moveis. De mais, muitos sedimentos modificaram-se por si, no decurso do tempo, em consequencia da concentração progressiva de certos elementos em torno de centros especiaes de attracção, formados já por particulas mineraes, já por corpos organizados em decomposição. A experiencia ensina-nos que uma massa pastosa heterogenea, quando acaba de petrificar-se, não tarda a perder a uniformidade de sua composição, e que as substancias da mesma natureza tendem a grupar-se alli em concreções nodulosas. Assim é que, nos calcarios onde primitivamente o carbonato de calcio estava intimamente mixturado com particulas silicosas, estas se foram separando a pouco e pouco, dando

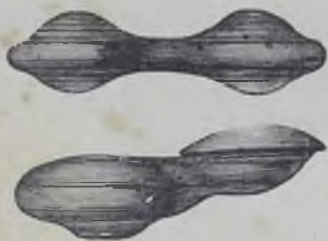


Fig. 34. — Melinito em fôrma de rim.

origem aos renhos de *silex* ou pederneira, particularmente abundantes no meio da greda. Outras vezes, foi a silica hydratada que se isolou n'uma marga, produzindo as concreções conhecidas nos arredores de Pariz com o nome de *melinito* (fig. 34).

Em muitas argilas calcariferas, concentrou-se o elemento calcario em nodulos, cuja superficie se consolidou mais rapidamente do que o interior. Por isso o progresso da secca d'estes nodulos trouxe a formação de fendas e de espaços ôcos, que mais tarde se

ferraram de *crystaes* diversos. A estes renhos de compartimentos dá-se o nome de *septarios*.

**Fosseis.** — As precedentes considerações levam-nos a fallar dos *fosseis*, isto é, dos restos animaes ou vegetaes que se encontram no meio dos depositos sedimentares, em cuja substancia quasi sempre se transformaram. São os restos dos seres contemporaneos do deposito das camadas, e que caíram ou ficaram no fundo, depois da morte dos individuos. Quando a quéda e o sotterramento se deram no seio d'uma vasa impermeavel, não só a substancia das conchas, como a côr e certas partes da materia organizada, puderam conservar-se sem ter havido outra alteração sinão o achatamento causado pela pressão das camadas superiores. O mais das vezes, porém, a rocha envolvente deixou que circulassem infiltrações. Ora estas dissolveram as conchas, deixando em lugar d'ellas um espaço vasio no qual se póde, com cera, tomar o molde da testa que desapareceu; ora o vasio interno encheu-se d'uma materia compacta que lhe tomou o molde; ora finalmente, as infiltrações transformaram a propria substancia da concha em calcario *crystallino*, em silica, em oxydo de ferro, em phosphato de calcio, etc. Esta transformação pode dar-se em outros productos, além das conchas ou dos ossos; por exemplo, ha nodulos de phosphato de calcio que não são sinão o resultado da fossilização de *coprolithos* ou excrementos de vertebrados.

Muitas vezes conservaram-se vestigios das pégadas dos vertebrados; areia, que depois se consolidou, encheu o signal deixado n'uma camada de argila pelas patas dos animaes, antes d'elle se apagar. O mesmo succedeu mais de uma vez com buracos de vermes na vasa, com traços do embate das vagas n'uma praia e até com as marcas feitas por gottinhas de chuva na superficie d'um terreno sem consistencia.

**Rochas metamorphicas.** — Os depositos sedimen-

tares, quando são atravessados ou cobertos por algumas rochas eruptivas, apresentam-se frequentemente modificados na sua composição ou na sua estructura. Si esta modificação é só devida ao calor da rocha injectada, não se manifesta sinão em zona muito limitada, o que era facil de prevêr pela fraqueza da acção calorifica exercida a distancia pelas lavas modernas. Em alguns centimetros fendem-se os grezes e os calcarios endurecem, ao passo que as argilas não refractarias soffrem fusão parcial, que as transforma em *porcelanitos* ou *thermantides*.

O caso é differente quando se tracta de rochas porphyricas e sobretudo graniticas, em cuja formação se pôde admittir que tomaram parte notavel os dissolventes, ou pelo menos as aguas e os vapores quentes comprimidos. N'este caso a modificação, chamada *metamorphismo*, faz-se sentir a muitas centenas de metros de distancia. Assim, na vizinhança do granito e do granulito, os eschistos tornam-se primeiro folheados, depois nodulosos, em consequencia d'um movimento molecular que concentra em certos pontos, endurecendo-a, a materia corante carbonada da rocha. Mais proximo, os nodulos individualizam-se em crystaesinhos prismaticos de *macula* ou *chiastolitho*, silicato d'aluminio quasi puro, resultante da crystallização do silicato aluminoso dos eschistos, que d'esta sorte se tornam *maculíferos*. Finalmente, no proprio ponto de contacto, numerosas palhetas de mica preta desenvolvem-se na rocha, onde penetram ao mesmo tempo finissimas venulas de materia granitica. Todo massiço de granito, injectado em eschistos, possui assim a sua *aureola metamorphica*, que ás vezes attinge a largura de 700 e 800 metros.

Com os calcarios, o metamorphismo produzido sob a influencia dos granitos traduz-se por uma especie de mistura do carbonato de calcio e dos silicatos graniticos. D'ahi resultam novos mineraes, silicatos d'aluminio, de calcio e de ferro, ás vezes de magnesio, dos quaes os mais fre-

quentes são as *granadas*, chamadas *grossularia* e *melanito*.

As rochas eschistosas que estiveram expostas, quando se formaram as montanhas, a compressões energicas, manifestam um metamorphismo do mesmo genero. Parece que, sob a influencia do calor desenvolvido, a humidade das rochas bastou para provocar uma *crystallização* parcial. Nas mesmas condições, os calcarios podem tornar-se marmores muito *crystallinos*.

#### § 4.º

### PRINCIPIOS DA ESTRATIGRAPHIA

**Noção da idade relativa.** — Não basta ao geologo ter definido a natureza d'uma formação, sedimentar ou eruptiva, e sua tarefa não está concluida quando reconheceu, por exemplo, que tal deposito deve ser classificado entre os calcarios ooliticos ou que tal massiço pertence á categoria dos granitos. Cumpre ainda precisar a idade d'estas formações, não a idade absoluta, avaliada em annos, o que não é possivel no estado actual da sciencia, mas a *idade relativa*, isto é, o logar occupado pela rocha massiça ou pelo sedimento na serie geral dos terrenos de que se compõe a crosta terrestre. Esta determinação, que faz o objecto da *Estratigraphia*, baseia-se n'um conjuncto de regras que convem enumerar aqui.

**Depositos sedimentares. Principio de superposição.** — Para os depositos sedimentares (suppondo que se tracte de terrenos que não soffreram revolução alguma) a *superposição* fornece um *critério* seguro da idade relativa. Todo sedimento é mais novo do que os que estão por baixo e formavam o fundo sobre que elle se depositou. Si

portanto, em certo poncto do globo, se pudesse cavar um poço vertical até a crosta primitiva e notar a successão dos depositos atravessados, conhecer-se-hia assim toda a serie dos acontecimentos que influiram neste poncto sobre a marcha da sedimentação. Veriamos os grezes cedendo o lugar ás argilas e estas aos calcarios, ou reciprocamente; ter-se-hia a certeza, pelo genero das conchas soterradas, de que o deposito se realizou ora n'uma praia, ora no alto mar, e verificar-se-hia algumas vezes que o regimen marinho, momentaneamente ou para sempre, cedeu o passo a formações de estuario, de agua doce ou até continentaes.

**Lacunas.** — Mas si, aproveitando pedreiras, córtes de estradas de ferro, trabalhos de minas e sondagens profundas, se pôde assim enumerar exactamente phenomenos sedimentares successivos, ninguem pôde todavia gabar-se de obter em toda a parte a serie completa d'elles. Com effeito, mais de uma vez, o jogo da erosão poude fazer desaparecer, n'um poncto dado, entre dous periodos de deposito, uma certa espessura de sedimentos, de fôrma que a successão offerece *lacunas*. De mais, produziram-se quiçá emersões mais ou menos prolongadas, durante as quaes a sedimentação, até d'agua doce, foi interrompida. Ainda suppondo que não houvesse emersão alguma, como sabemos que ha casos em que o fundo do mar não recebe depositos, pôde acontecer que, sem ter desaparecido um só sedimento, haja ao menos uma ou varias lacunas na *representação sedimentar* da serie dos acontecimentos; alguns d'estes, muito importantes pela sua influencia sobre as regiões vizinhas, não teriam n'este caso cousa alguma que lhes correspondesse, no poncto considerado.

Não é pois com observações feitas ao longo de uma só vertical que se deve procurar reconstituir a historia antiga do globo; é antes pela comparação dos resultados d'este genero obtidos no maior numero possivel de ponctos diversos.

**Principio de continuidade.** — Offerece-se aqui porém uma grave difficuldade, que depende do caracteristico essencialmente local da composição mineralogica nos sedimentos. Qualquer região de sedimentação é uma antiga *bacia*, maritima ou lacustre, que foi limitada por praias e cuja historia devia ser diversa da das bacias mais ou menos remotas. Ainda no interior de uma bacia dada, os depositos variavam já com a natureza da costa, já com a distancia da praia. Assim é que uma camada de argila, por exemplo, se transforma a pouco e pouco, n'uma determinada direcção. e passa lateralmente a areia ou calcario. Um deposito dado não representa portanto sinão um episodio local. O seguimento d'estes episodios, isto é a historia geologica, si a deduzirmos d'um poço perforado em A (fig. 35), atravez

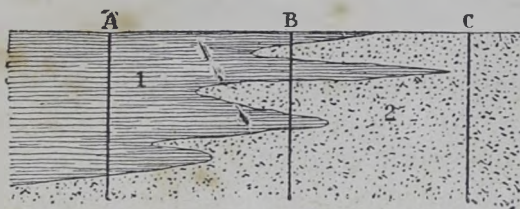


Fig. 35. — Passagem de um sedimento de vasa 1 para um sedimento arenaceo 2.

d'uma poderosa camada de argila, differirá notavelmente da que se deduzisse d'uma sondagem feita em B, onde a argila alterna com areia, e ainda mais em C, onde o elemento arenaceo predomina absolutamente. Importa pois achar certos caracteristicos que permittam estabelecer o *synchronismo* dos depositos de varias naturezas, ou, como se costuma dizer, dos differentes *facies* que uma mesma epocha sedimentar póde apresentar.

D'estes caracteristicos o primeiro é a *continuidade* das camadas. Sempre que a transformação lateral d'ellas póde ser acompanhada passo a passo, é licito admittir que o deposito foi simultaneo. Infelizmente o estado da superficie torna esta verificação muitas vezes impossivel, e ella é

difficillima nas regiões deslocadas, onde frequentemente as camadas interrompidas se encontram com outras totalmente diversas (fig. 36). A quebra que separa dous massiços, dos quaes um desabou em relação ao outro, no plano da fenda, chama-se

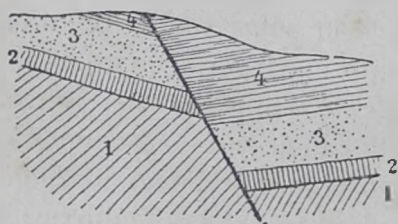


Fig. 36. — Exemplo de falha.

uma *falha*, e a proporção que elle caíu denomina-se o *rebatimento* da falha. O encontro de accidentes d'este genero, tão habituaes como complicados nas regiões

montanhosas, torna muito penoso o papel do *estratigrafo*, isto é do que procura seguir os *estratos* ou camadas sedimentares e traçar a *nivelação* d'elles, ou por outra as suas intersecções com a superficie do solo.

**Emprego do argumento paleontologico.** — É então que intervem com grande efficacia o *argumento paleontologico*. Cada sedimento, dissemo-lo já, contém de ordinario, no estado de fosseis, os restos mais ou menos distinguiveis dos seres contemporaneos do seu deposito. Por outro lado, o estudo d'estes seres do passado ou a *Paleontologia* ensina-nos que a população organica não cessou de renovar-se, na superficie do globo como no fundo dos mares; que a cada epocha correspondem typos especiaes, cada vez mais apartados da natureza actual á proporção que se recua no tempo; e finalmente que o todo fórma uma serie vital perfeitamente ordenada, onde não ha lacunas nem retrocessos.

Como os sedimentos marinhos têm muito mais extensão do que os depositos de origem continental, é sobretudo ás faunas oceanicas que deve ser applicado este criterio, e tanto mais que o meio marinho, pela sua massa e profundidade, está menos exposto ás variações accidentaes que podem influir sobre os seres terrestres. Ha sem duvida



animaes proprios de cada natureza de depositos, isto é, especies que frequentam as aguas limpidas, outras a vasa, e ainda outras as praias arenosas. Ao lado d'isto porém, si ficamos a certa distancia da praia, encontramos animaes que habitam sobretudo o alto mar e cujos restos, ou caiam no fundo ou sejam atirados á costa pelas vagas, têm uma significação paleontologica muito mais geral do que a das conchas littoraes. São seres *pelagicos*, que se tornam excellentes meios de assimilação á distancia para os sedimentos marinhos e, graças ao judicioso emprego d'este caracteristico, a successão das camadas estratificadas adquire cada dia mais precisão. Por exemplo : ha um certo *ammonites* cuja existencia, quer o deposito envolvente seja um calcario, quer uma argila ou um grez, é absolutamente decisiva para a determinação da edade relativa.

O methodo paleontologico permite solver, uma após outra, quasi todas as difficuldades causadas pela revolução das camadas, e certas anomalias, cuja chave debalde os stratigraphos procuravam, têm sido explicadas só com o auxilio dos fosseis, animaes ou vegetaes, porque o methodo applica-se egualmente, com as precisas precauções, aos depositos de origem continentaes.

**Estabelecimento das divisões. Discordancias.** — Tendo sido estabelecido o synchronismo das camadas com o concurso da stratigraphia e da paleontologia, falta grupa-las para que constituam divisões homogeneas, repartindo em periodos equivalentes a duração dos tempos geologicos. A successão dos episodios locaes observados em um ponto dão a conhecer uma *historia regional*. Sem pretendemos que todas as historias d'este genero possam accommodar-se no mesmo quadro, importa compara-las e tirar d'esta comparação os elementos de uma *chronologia* relativa, applicavel a todo o globo.

Para isso é mister que estejamos habilitados a apreciar o valor das *lacunas* observadas. Casos ha em que estas

lacunas são consideraveis e nitidamente reveladas pela disposição dos depositos, quando camadas horizontaes ou levemente obliquas repousam em discordancia sobre as camadas de sedimentos antigos levantadas em angulo notavel (fig. 37). Pode-se então affirmar que entre o depo-

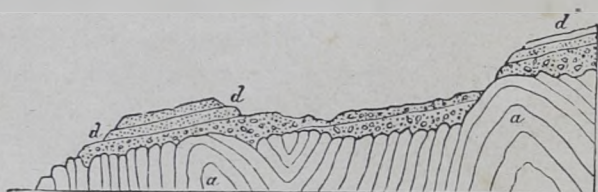


Fig. 37. — Grez devoniano *dd'*, sobreposto em discordancia a eschistos siluricos *a*.

sito das duas series deu-se um grande phenomeno de deslocamento, do qual resultou uma longa interrupção da sedimentação.

Outras vezes, sem que haja sido sensivelmente alterada a horizontalidade das camadas, vê-se um deposito sobreposto *transgressivamente*, isto é por transbordamento, a sedimentos desegualmente antigos, o que dá a demonstração do retrocesso do mar sobre terrenos que desde muito abandonára.

Mas as *discordancias de estratificação*, como ellas se denominam, longe estão de ter a generalidade que a principio lhes attribuiam. A certa distancia dos pontos onde se observam, a serie levantada mostra, para o fundo, uma inclinação cada vez menor (fig. 38), e sua posição acaba por tornar-se totalmente concordante com a das camadas sobrepostas. Foi portanto local o phenomeno de deslocamento que produziu a discordancia. É uma *data* importante na historia da região; mas ella nada significa para as regiões mais distantes, da mesma fórma que os successos occorridos na Europa podem passar despercebidos em outra parte do mundo.

Quando uma lacuna foi devida á emersão, acontece mui frequentemente que o facto se revela pelo estado da super-

fície dos depositos. Esta superficie está gasta, corroida, perforada por molluscos *lithophagos*, isto é, pertencentes a especies que habitualmente cavam alojamento, ao nivel do mar, nos rochedos da praia. É portanto indicio d'uma exposição mais ou menos prolongada ao ar.

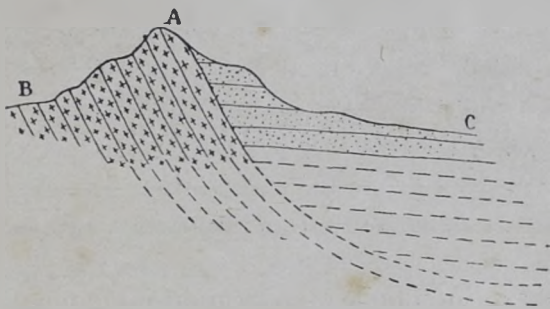


Fig. 38. — Localização das discordancias.

As *discordancias paleontologicas* têm significação mais extensa. Visto que foi perfeitamente ordenada a successão das fórmãs organicas, — si, entre dous sedimentos do mesmo *facies*, formados em condições analogas (por exemplo, entre dous calcarios gredosos ou duas argilas eschistosas) se notar uma grande differença de faunas, poder-se-ha d'ahi concluir com certeza que os dous depositos, embora stratigraphicamente concordantes, foram separados um do outro por longo intervallo, correspondente ao tempo que foi necessario para que se pudesse dar a renovação progressiva dos seres vivos.

**Valor relativo das divisões.** — Pela applicação d'estas diversas regras chegou-se a estabelecer, na historia da serie sedimentar, divisões de muitas ordens, desde as que correspondem a meros episodios locaes, de significação simplesmente regional, até os grupos que se póde reconhecer em toda a superficie do globo.

As primeiras divisões têm por base a distincção dos *leitos*, *camadas*, ou *estratos*, que se caracterizam quanto

á fauna por uma ou por varias especies dominantes, formando um *horizonte paleontologico*. Vêm depois as *camadas* ou *zonas* fossilíferas, grupadas em *andares* ou *sub-andares*; os andares por sua vez compõem pela sua associação *systemas*, cada um dos quaes abrange um *periodo*, — e a reunião de muitos *systemas* fórma um *grupo*, a que corresponde uma das grandes *eras* da historia terrestre. Algumas vezes, entre os *systemas* e os *andares*, é mister intercalar uma divisão em *series*.

Quanto mais elevada é a ordem de uma divisão, maior é a extensão em que podemos reconhecê-la. Mas tambem os seus limites tornam-se cada vez menos nitidos, não que seja impossivel defini-los em cada poncto, mas porque estes limites locaes, justificados individualmente pela mudança dos sedimentos e das faunas, não coincidem todos e podem representar momentos um pouco differentes da historia geral da crosta, visto como nenhum acontecimento se fez sentir em toda a parte ao mesmo tempo.

**Chronologia das erupções.** — Completemos agora a exposição dos principios da chronologia geologica, indicando as regras, com cujo auxilio se determina a *idade das rochas eruptivas*.

Qualquer rocha eruptiva é naturalmente mais moderna do que os terrenos, estratificados ou não, que ella atravessa em *veios*, ou nos quaes foi injectada em *lençoes de intrusão*, fazendo-os passar ás vezes por um metamorphismo notavel. Por outro lado, quando um conglomerado contém, no estado de seixos rolados, fragmentos de uma rocha eruptiva bem definida, é porque o derramamento e a consolidação d'esta rocha precederam o deposito do conglomerado. Assim, muitos porphyros quartzíferos puderam facilmente ser classificados, porque se acharam fragmentos identicos, já nas camadas do terreno carbonífero, já na do grez vermelho permiano.

**Grandes divisões geologicas.** — Na base de todos

os terrenos colloca-se uma formação, cuja origem ainda é muito discutida, porque sua natureza parece participar a um tempo da *crystallização* propria das rochas massiças e da *estratificação* que distingue as camadas de sedimento. Estuda-la-hemos á parte sob o nome de *terreno primitivo* ou *archeano*.

Sobre este terreno assenta-se a serie das formações fossilíferas, cujo estudo leva a dividir o passado do globo em trez grandes eras.

1.<sup>a</sup> A era *primaria* ou *paleozoica*, em que as massas continentaes estavam apenas esboçadas, e as condições *physicas* offereciam, em toda a terra, uniformidade notavel. Os vertebrados não tinham alli outros representantes sinão os *peixes*, e as faunas marinhas eram caracterizadas pelo immenso desenvolvimento dos molluscos *brachypodes*, assim como pelo reinado d'uma familia de crustaceos que se extinguiu antes de fechar-se a epocha primaria, — a familia dos *trilobites*.

2.<sup>a</sup> A era *secundaria* ou *mesozoica*, durante a qual começaram as condições *physicas* a differenciar-se com as latitudes, emquanto as plantas *dicotyledones angiospermas* surgiam nos continentes. Alli dominavam exclusivamente os *repteis*, e o imperio dos mares pertencia á familia dos *ammonites*, que nasceu ao despontar da epocha secundaria e não devia sobreviver-lhe.

3.<sup>a</sup> A era *terciaria* ou *neozoica*, durante a qual os continentes se definiram e adquiriram as suas grandes linhas actuaes de relevo, emquanto as zonas de climas e as provincias organicas tambem se desenhavam definitivamente. Os *mammiferos* ou *mammaes*, até então completamente atrophiados, tornaram-se senhores da terra firme, onde o mundo vegetal ostentou a maior exuberancia de fórmulas que nunca teve.

Quanto á era actual, ou *quaternaria*, esta caracteriza-se pelo apparecimento do homem, derradeira obra da Creação, que não se enriqueceu depois com typo novo algum.

## CAPITULO II

### TERRENO PRIMITIVO OU ARCHEANO

---

#### § 1.º

#### GENERALIDADES SOBRE O TERRENO PRIMITIVO

**Noção de crosta primitiva.** — Admittindo-se, como fazemos, a idéa da primitiva fluidez do globo, é preciso imaginar, na origem dos tempos geologicos, a nossa terra como uma esphera liquida, em grande parte metallica, na qual as materias fundidas deviam estar superpostas por ordem de densidades. A superficie era, pois, occupada por esses productos de oxydação que já analysamos ao tractar das rochas eruptivas, isto é, pelos varios *silicatos* que formavam verdadeiramente a *escoria* do nucleo metallico. Estes mineraes, porém, mais leves do que os metaes subjacentes, sendo ao mesmo tempo muito mais refractarios, deviam, com o progredir do resfriamento, estar expostos a solidificar-se primeiro. Verdade é que esta solidificação, augmentando-lhes a densidade, fazia com que descessem um pouco na massa fluida; então, no seio d'ella fundiam-se de novo, mas resfriando o banho envolvente. D'esta maneira, ao cabo de algum tempo, uma crosta continua se formou, interceptando para sempre o contacto da esphera

fundida com a atmospherá exterior. Demais, esta crosta era de certo composta, em sua maior parte, dos silicatos mais leves, dos que são habituaes nas rochas acidas; isto deixa prevêr que sua composição fosse analogá á do granito, com esta differença apenas : visto que a solidificação se realizára em presença da atmospherá, a crosta primitiva não podia apresentar a gran especial produzida, no granito, por uma solidificação muito lenta, sob pressão, em espaço fechado. Em particular, tendo-se ella formado no seio d'um liquido de superficie exposta, devia offerecer no arranjo dos seus materiaes uma certa ordem devida á intervenção do peso.

**Reacções iniciaes da crosta.** — Desde que se formou esta pellicula, teve ella de soffrer poderosas reacções phisicas e chemicas. Effectivamente a agua dos oceanos, e com ella os principios activos que encerra, taes como os chloretos alcalinos, eram primitivamente contidos em vapores na atmospherá quente das primeiras edades, produzindo só com o facto de sua presença uma pressão nunca inferior a *trezentas atmospheras*. O resfriamento que produzira a constituição da crosta forçou tambem a rapida condensação d'estes vapores, os quaes vieram formar na superficie da crosta um banho, de consideravel força chimica sufficiente para determinar, nos materiaes da crosta, uma crystallização similhante á que produzem as reacções por via humida.

O proprio banho não podia deixar de exercer tambem sobre a crosta uma acção mechanica analogá á que o mar exerce nas praias. Mal se formaram portanto, as rochas primitivas estiveram expostas a um desaggregamento, seguido logo de nova crystallização dos elementos que por instantes se haviam separado. De mais, as materias fundidas sub-jacentes deviam, ora fundir parcialmente a base da crosta, ora injectar-se nella muitas vezes em veios ou venulas.

Somos pois levados a imaginar o terreno primitivo como uma especie de producto mixto, filho do resfriamento, mas em que os signaes do estado igneo foram rapidamente apagados por uma crystallização chimica; massiço em começo, mas submettido, assim na base como no apice, a acções que forçosamente lhe imprimiram alguns dos caracteristicos dos depositos estratificados, — notavelmente um arranjo dos elementos em zonas mais ou menos parallelas.

**Difficuldades da questão.** — Supposto que a crosta primitiva se constituisse assim, chegou ella até nosso tempo? Constantemente refundida na sua base, não deveria ter paulatinamente desaparecido, subsistindo apenas como pedestal de todos os terrenos os restos dos primeiros sedimentos, nascidos da destruição da crosta e modificados por uma perpetua injecção de materias internas? Si o caso tem interesse pelo lado theorico, pouco importa pelo lado practico, visto como não haveria grande differença entre o resultado das varias reacções physicas, mechanicas e chemicas, cujo esboço procuramos fazer, e o de uma transformação de camadas primitivamente detriticas, por in-



Fig. 39. — Gneiss commun. — 1. Filas de quartzo e de feldspatho. — 2. Leitos de mica.

jecção da substancia das rochas eruptivas acidas. O certo é que, onde póde ser examinada a base das formações sedimentares, ella se apresenta sob um aspecto muito uniforme, que contrasta com a variedade dos sedimentos superpostos, e cujos caracteristicos parece que se explicam pelo menos tao bem pelo conjuncto das reacções acima indicadas como por um metamorphismo ulterior de antigos depositos detriticos.

A rocha fundamental d'este terreno é o *gneiss*, que se



define perfeitamente como um *granito de elementos orientados*, ao qual a disposição das palhetas de mica, em venulas ou em camadas sensivelmente paralelas, pôde dar um aspecto de fita (fig. 39). Este *gneiss* manifesta aliás, quasi em toda a parte, tendencia a tomar um estado granitoide, e tanto mais assignalado quanto mais profundo na terra.

Eis porque, sem dar por definitivamente resolvida a questão da origem d'esta formação, descreveremos á parte, sob o nome de *terreno primitivo*, este conjuncto tão homogeneo e tão crystallino. Lembraremos apenas que para os auctores de outro parecer ou que pelo menos abstem-se da questão d'origem, o terreno de *gneiss* constitue, sob o nome de *grupo* ou *systema archeano*, a primeira subdivisão da grande serie sedimentar.

### § 2.º

## DESCRIPÇÃO DO TERRENO PRIMITIVO

**Rochas primitivas.** — Os mineraes que constituem o terreno primitivo são exactamente os mesmos das rochas eruptivas. Cumpre só accrescentar-lhes o *chlorito*, silicato d'aluminio, ferro e magnésio, que fórma palhetas verde-escuras, flexiveis mas sem elasticidade.

De modo geral pôde dizer-se que cada uma das rochas eruptivas granitoides conhecidas está representada no terreno primitivo por uma variedade da mesma composição, mas que deixa vêr um arranjo estraliforme, sendo para a rocha massiça correspondente o que o *gneiss* é para o granito.

O *gneiss*, dissemos, é a rocha fundamental d'este terreno; no *gneiss* commum, a mica, em laminas finissimas, fórma filas delgadas, separadas umas das outras por fitas em que estão associados o quartzo e o feldspatho (fig. 39).

Por vezes a mica é assas abundante e regularmente distribuida para que o gneiss se torne *eschistoso* ou *folheado*, em consequencia da sua tendencia a abrir-se pelos planos de accumulção da mica.

Depois do gneiss, a rocha primitiva mais importante é o *micaschisto*, reunião muito *eschistosa* de quartzo e mica. Vem depois o *leptynito* ou gneiss sem mica, os *eschistos* de amphibolio ou *amphiboloschistos*, os de pyroxenio ou *pyroxenitos*, e finalmente os *eschistos* de chlorito ou *chloritoschistos*. Alguns *micaschistos* de gran fina têm a sua mica transformada em uma substancia de brilho sedoso, que por muito tempo foi tida como *talco* (hydrosilicato de magnésio), d'onde o nome de *talcoschisto* ou *talcito*, mas que de facto é uma variedade de mica, denominada *sericito*.

Em geral, occupa o gneiss a base do terreno primitivo, e a orientação da mica torna-se cada vez menos distincta á proporção que nos afastamos do apice da formação, passando pouco a pouco a granito o *gneiss granitoide* da base. Os *micaschistos* predominam mais em cima, e é em ultimo logar que se encontram as rochas *amphibolicas*. Muitas vezes termina a serie com rochas *eschistas* muito ricas de mineraes *crystallizados* de côres variadas. Aham-se ahi a *estaurotide* ou *pedra cruz*, o *disthenio* e o *andalusito* — silicatos *anhydros* de aluminio; a *gránada* — silicato de aluminio e ferro, o *glaucophanio* — especie azulada de amphibolio: Estas rochas, que se observam na ilha de Groix, em Syra e varios outros pontos dos massiços primitivos, foram denominadas *eclogitos*.

Em todo caso, o grande desenvolvimento dos *eschistos* e a constancia do seu estado *crystallino* justificam os nomes de *eschistos crystallinos* ou terreno *crystallophyllico*, que designam o conjuncto das rochas primitivas.

Algumas vezes amendoas ou camadas do marmore branco com palhetas de mica, chamado *cebollino*, acham-se subordinadas á parte superior do gneiss. Os que consi-

1) Schistos ou rochas schistosas.

Todas as rochas que se encontram no terreno primitivo  
 caracterizam-se por serem gneiss ou mica-chistos.

deram todos os calcários como de origem organica tiram d'ahi um argumento a favor do caracteristico metamorphico da serie gneissica.

O terreno primitivo, onde quer que venha á flôr da terra, dá origem a solos mui pouco fertéis. O gneiss fornece alvenaria e seixos para empedramento : o micaschisto, por causa da sua fendibilidade é ás vezes empregado, em falta de ardosias, para telhados de casas.

**Principaes massiços de terreno primitivo. França.** — O terreno primitivo vem á flor da terra em certo numero de regiões que, segundo parece, formaram os primeiros nucleos das massas continentaes, e no coração de algumas cadeias de montanhas, nas quaes foi bastante intensa a força dos recalcamientos para trazer á superficie porções da crosta cobertas anteriormente por grande espessura de sedimentos.

Em França, a mais importante d'estas regiões é o *Planalto Central*, que comprehende a Alvernia, o Limosino e as Cevennas. Por baixo das formações volcanicas, que vieram tardia-mente derramar-se na sua superficie, este planalto deixa vêr por toda a parte, graças á profundidade dos valles que o cortam, uma grande espessura de gneiss e de micaschistos, cuja parte superior é frequentemente rica de amphiboloschistos, pyroxenitos, serpentinas e montões de cebollinos, ao passo que na base, de- baixo dos gneiss de fitas delgadas se observa gneiss granitoide. Nas Cevennas, este conjuncto parece ter 6000 metros de espes- sura, sem contar os eschistos de sericito que o coróam.

Successão semelhante pôde notar-se no Morvan, que é tambem uma das antigas ilhotas do solo francez.

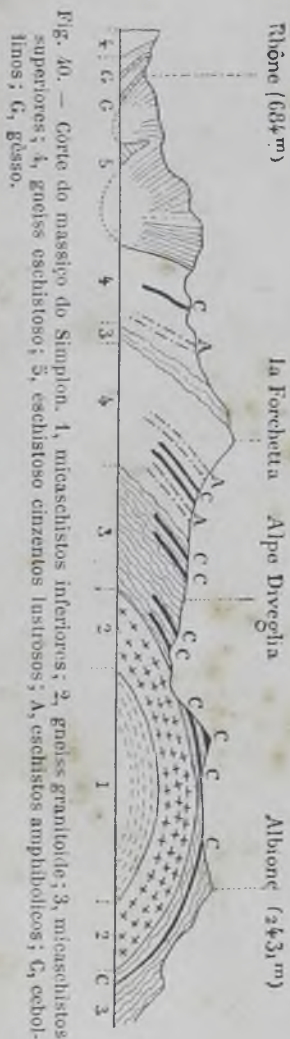
Na Bretanha, estão os sedimentos primarios emmoldurados entre duas fitas de terreno primitivo : a do Norte, que fórma o Léon, e a do Sul que constitue a Cornualha bretã e se estende alargando-se até o Loira. Nas cercanias de Quimperlé, pôde-se verificar que os gneiss um pouco granitoides, com micaschistos subordinados, supportam outros gneiss de grã mais fina, coroados pelos micaschistos e chloritoschistos de Pouldu. Os eclogitos, ou eschistos mineralizados da ilha de Groix, formam talvez a parte superior do systema.

Acha-se ainda o gneiss no centro dos Vosgos, nos Mauros e nos Pyreneos.

**Paizes estrangeiros.** — O Norte da Europa parece que possuiu

ontr'ora uma fita muito extensa de terreno primitivo, cujos fragmentos hoje separados são a Finlândia, a Escandinavia, a Escóssia e a Groenlândia. Prendia-se esta fita ao terreno primitivo da America do Norte que cobre grande parte do Canadá, onde fôrma os systemas *lourenciano* (de S. Lourenço) e *huroniano* (do lago Huron) dos geologos americanos.

O desenvolvimento dos gneiss e mica-schistos é alli consideravel, e as partes calcarias intercaladas assumem importancia muito maior do que na Europa. As rochas porém são as mesmas e alternam da mesma maneira.



É nos Alpes, na base do Simplon, que se pôde observar melhor o gneiss granitoide (fig. 40), o qual ali se apresenta n'uma espessura de muitos milhares de metros, ao passo que em cima dominam os mica-schistos e os gneiss eschistosos com amphibolitos e cebollinos. Estes ultimos gneiss formam tambem uma serie possante nos Alpes occidentaes. Finalmente, no S. Gothardo como nos Alpes austriacos, verifica-se em toda a parte que gneiss granitoides ou granitos gneissicos, com gneiss em fitas, supportam uma serie de mica-schistos e de gneiss de grã fina coroados por eschistos micaceos ou chloriticos, que passam por transições insensiveis a verdadeiros eschistos sedimentares.

É facto de grande alcance esta constante uniformidade do terreno primitivo. Parece difficil que o metamorphismo, actuando sobre sedimentos, tenha podido imprimir-lhes por toda a parte a mesma feição. Em todo caso, a recryst-

talização dos elementos teria sido muito completa para dar um producto que não differe, em characteristics essenciaes, do que teriam dado as condições complexas, sob cuja influencia parece-nos que a primeira crosta se constituiu.

### CAPITULO III

### ERA PRIMARIA

---

#### § 1.º

#### GENERALIDADES SOBRE A ERA PRIMARIA

**Characterísticos dos primeiros sedimentos primarios.** — Visto que a *era primaria* seguiu-se immediatamente á consolidação definitiva da primeira crosta, comprehende-se que seja muito difficil traçar uma linha de demarcação exacta entre os sedimentos do grupo e os ultimos eschistos crystallinos. Estes, resultado d'uma crystallização perturbada pela formação da massa oceanica, têm já, em parte ao menos, a feição *detritica*. Por outro lado, em razão da natureza especial do oceano primitivo, o elemento crystallino não poude deixar de tomar parte no começo da sedimentação. Eis o motivo porque ainda reinam tantas divergencias quanto á separação dos mica-schistos e talcoschistos, de um lado, e dos *Phylladios precambrianos*, de outro lado.

Estes phylladios, onde quer que se observem, offerecem grande uniformidade de composição. São eschistos primitivamente argilosos (*Urthonschiefer* dos Allemães), mas que se tornaram as mais das vezes duros, luzidios

e assetinados, salpicados de venulas de quartzo e cheios de crystaes microscopicos de mineraes duros.

**Phases da era primaria.** — Á medida porém que cresce a crosta sedimentar, apparece maior variedade nos depositos; o relevo do globo começa a accentuar-se, espalha-se a vida abundantemente no meio das aguas marinhas, até que os continentes se façam capazes de ter, com uma vegetação rica, os primeiros representantes dos seres terrestres. Este progresso realiza-se por phases, que motivam a divisão dos tempos primarios em cinco periodos :

1.º O periodo *precambriano*, denominação tirada de *Cambria*, nome latino do Paiz de Galles;

2.º O periodo *siluriano*, que tira o nome dos *Siluros*, antigos habitantes da Oeste da Inglaterra;

3.º O periodo *devoniano*, cujos sedimentos abundam no Devonshire;

4.º O periodo *carbonifero*, a que pertencem as grandes jazidas do carvão de pedra da Europa;

5.º O periodo *permiano*, composto de formações cujo typo foi escolhido no governo de Perm, na Russia.

**Periodo precambriano.** — É provavel que os primeiros oceanos fossem pouco proprios para a vida; isto explica talvez o porque os phylladios não contém outros fosseis além de impressões muito problematicas e indicios semelhantes a vestigios de vermes. É possivel todavia que os vestigios organicos tenham sido apagados dos eschistos precambrianos pelo metamorphismo, que em todos elles se revela. (1)

**Periodo siluriano.** — Mas após esta primeira phase quasi *azoica*, isto é, quasi desprovida de restos organicos certos, apparece, no meio de formações claramente estratificadas, eschistosas, calcarias ou de grez, uma fauna marinha notavel pelo seu desabrochar de certo modo

Sedimentar

*Wernerianer - a Oshania Antiqua*  
*Substrato da fauna da Oshania*  
*Wernerianer - a Oshania Antiqua*

immediato. É a que Barrande intitulou *fauna primordial*, na qual dominam os restos de crustaceos da familia dos trilobites e especialmente do genero *Paradoxides* (fig. 42),

assim como brachy-  
podes da familia das *lingulas* (fig. 43), destinada a atravessar, quasi sem alteração, todo o periodo dos tempos geologi-



Fig. 41. — *Oldhamia radia'a.*

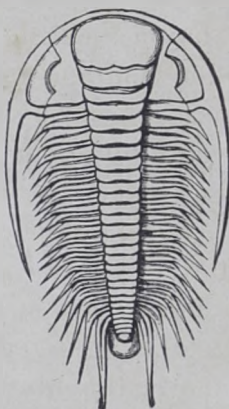


Fig. 42. — *Paradoxides Bohemicus.*



Fig. 43. — *Lingulella Davisi.*

cos, ao passo que a existencia dos trilobites vae ser ephemera. Tambem ahi se vêm impressões problematicas, qualificadas de *Oldhamia* (fig. 41).

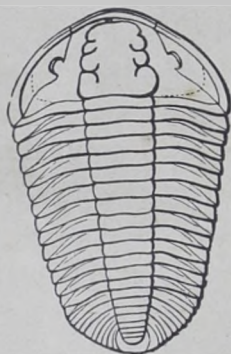


Fig. 44. — *Calymene Blumenbachi.*



Fig. 45. — *Orthoceras regulare.*

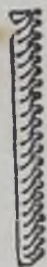


Fig. 46. — *Monograptus priodon.*

Depois d'estes preliminares, ilhotas de terreno primitivo, nucleos de futuros continentes, desenham-se, servindo de apoio aos sedimentos já variadissimos do periodo silu-

*americanas* *faunas do silu-*  
*Bohemio* *silu-*



riano. Observam-se alli eschistos, phylladios duros, conglomerados, grezes, grauwackes ou grezes argilosos, quartzitos, calcarios, minereos de ferro, etc. Estes depositos encerram primeiro numerosos trilobites, como a *Calymene* (fig. 44), depois uma fauna rica de molluscos, brachy-podes, cephalopodes, offerecendo já estes ullimos *nautilus*, cuja longevidade não será inferior á das lingulas, e *orthoceros* (fig. 45) de duração muito mais limitada; finalmente polypeiros e hydrozoarios como os curiosos *graptolithos* (fig. 46) exclusivamente d'este periodo.

Ainda ha ausencia de vertebrados, ou pelo menos elles não apparecem sinão tarde, sob a fórma de restos de peixes, e do reino vegetal mal se encontram alguns vestigios, o que prova quão rudimentares deviam ser ainda os continentes.

**Periodo devoniano.** — É no periodo seguinte, chamado *devoniano*, que se accusa definitivamente a constituição da terra firme, pelo menos nas altas latitudes do hemispherio boreal. Á roda d'estes massiços formam-se possantes camadas de conglomerados e de grezes, encerrando abundantes restos de peixes. Pertencem estes res-

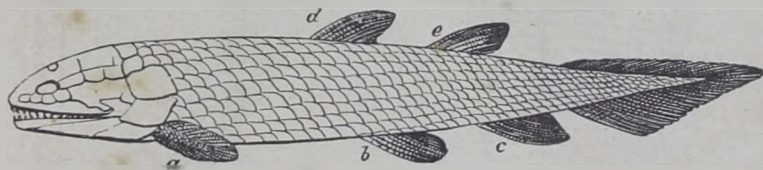


Fig. 47. — *Osteolepis*, peixe granoide devoniano.

tos, em grande parte, á familia dos *ganoides* (fig. 47) ou peixes *couraçalos* de pá caudal dyssymmetrica, cujo corpo era coberto por uma verdadeira carapaça escamosa.

Os ganoides já não são hoje representados sinão por um diminuto numero de especies dos rios d'Africa, da America do Norte e da Australia; d'onde é licito inferir que os con-

*Fam. ganoides, bifolium e  
Rhinichthys, aus. nos do Devonian.*

glomerados devonianos que os contém deviam ter sido depositos em aguas doces ou salôbas.

Mais longe, no dominio maritimo, encontram-se trilobites, como *Phacops* e *Cryphæus* (fig. 48), mas sobretudo



Fig. 48. — *Cryphæus Michelinii*  
(cabeça e abdomen).



Fig. 49. — *Spirifer Verneuli*.

brachypodes, particularmente *espiríferos* (fig. 49) e *estringocephalos*; depois cephalopodes, entre os quaes os *goniatites* (fig. 50); finalmente numerosos crinoides e poly-



Fig. 50. — *Goniatites retrorsus*.

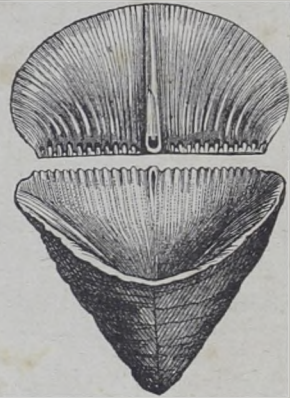


Fig. 51. — *Calceola sandalina*.

peiros de operculo, do genero *Calceola* (fig. 51), muito caracteristico da parte média do systema.

Facto consideravel é o apparecimento, em grande escala, com o periodo devoniano, dos calcarios construidos pela actividade organica. Os polypeiros propriamente dictos e os foraminiferos têm ahi pequena parte : seu papel é

preenchido pelos *estromatoporos* e outros organismos inferiores, da familia dos hydrozoarios, cuja accumulacão d origem a massiços regulares de muitas centenas de metros de espessura.

**Periodo carbonifero. Condioes do regimen marinho.** — Os depositos calcarios tomam ainda maior importancia no periodo *carbonifero*. Parece que o papel da sedimentaco detritica se reduz ahi, em certos mares,  sua menor expressão. Os foraminiferos que ordinariamente exigem para seu desenvolvimento aguas franquillas, figuram entre os mais activos operarios d'estes edificios calcarios, de parceria com os echinodermos, os brachypodes e os polypeiros. Verdadeiras gredas com silex mostram-se ahi, hoje mais ou menos transformadas em marmores, assim como dolomias cavernosas.

Em todo este conjuncto marinho, a fauna varia pouquissimo da base ao apice. Já quasi não ha trilobites. Entre os brachypodes domina o genero *Productus* (fig. 52), e, entre os gastropodes, o genero *Euomphalus*. Os cephalopodes, afora alguns goniatites e orthoceros, são pouco numerosos. No numero dos foraminiferos abundam as fusulinas (fig. 53). A uniformidade da fauna  aliás tão grande no espaço como no tempo. De Nebraska e do Brasil até o Ural e d'ahi até s Indias neerlandezas, encontram-se os mesmos typos, attestando a similhaça das condioes physicas nos mares.

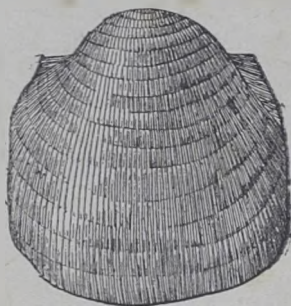


Fig. 52. — *Productus cora*.



Fig. 53. — *Fusulina cylindrica* (ampliada).

**Condioes do regimen continental.** — Ao mesmo tempo e por notavel contraste, floras numerosas e variadas succedem-se na superficie dos continentes. Estes tomaram

posição definitiva e, no hemispherio boreal, fazem recuar tanto as praias que, no fim do periodo, só pequenissimas porções do que hoje constitue a Europa e os Estados-Unidos se acham debaixo de um mar ou debaixo de mares apenas dignos d'este nome pela sua fraca extensão.

Graças á influencia do clima tropical, *então commun a todo o globo*, e d'uma atmospheria humida carregada de acido carbonico, desenvolve-se na terra firme uma vegetação pujantissima, mas quasi exclusivamente composta de typos de apparencia cryptogamica, sem cousa alguma que recorde o jogo das estações, e essa vegetação apresenta perto do polo arctico as mesmas fórmulas que nas latitudes temperadas e debaixo dos tropicos. Os restos vegetaes, riquissimos de principios gordurosos, soffrem, sob a acção dos microorganismos, uma transformação que faz com que predominem as materias ulmicas. Chuvas abundantes despejam no solo torrentes d'agua, as quaes arrastam os detritos das plantas com os do terreno subjacente e vão estratificar toda a massa, no fundo do mar ou dos lagos, em camadas de conglomerados, grezes, eschistos argilosos e materias vegetaes decompostas. Estas ultimas, de então em diante subtraídas do contacto do ar, comprimem-se e transformam-se em *carvão de pedra*. D'est'arte achar-se-ha armazenada, para as necessidades futuras da industria humana, uma parte notavel da energia calorifica e luminosa gasta pelo sol durante esta epocha unica no seu genero.

Ao passo que se reproduz muitas vezes este phenomeno de deposito, a flora, em vez de permanecer estacionaria como a fauna marinha, soffre incessantes transformações. Sem duvida a atmospheria modifica-se, á proporção que se purifica pela perda d'uma parte do carbono absorvido pelas plantas e fixado nos sedimentos. Sem duvida tambem o relevo e o clima se alteram, como parece attestar a vinda tardia das *coniferas*, cujo apparecimento indica um solo mais secco e mais accidentado.

**Flora carbonifera.** — Desprovida de *monocotyledones* (como as palmeiras) assim como de *dicotyledones angiospermas* ou plantas de folhagem caduca, indícios do jogo das estações, a flora carbonifera é rica de *cryptogamos*, com certa proporção de *cycadaceas* e de *coniferas*.

Mas os *cryptogamos* da epocha carbonifera excediam notavelmente em tamanho os seus actuaes congeneres.



Fig. 54. — *Lepidodendron elegans*.



Fig. 55. — *Sigillaria elegans*.

Eram *lycopodiaceas* gigantescas, *Lepidodendrons* (fig. 54) e grandes *Sigillarias* (fig. 55), que formavam arvores de 30 a 40 metros de altura, de folhagem rara e ponteaguda. Eram ainda fetos arborescentes (*Psaronius*) de 15 a 18 me-

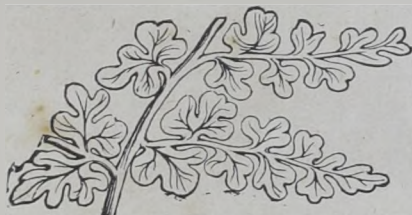


Fig. 56. — *Sphenopteris obtusiloba*.

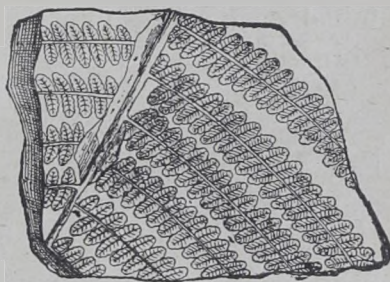


Fig. 57. — *Pecopteris arborescens*.

tros, e fetos herbaceos, *Sphenopteris* (fig. 56), *Pecopteris* (fig. 57), cujas frondes não mediam menos de 10 metros. Eram finalmente grandes equisetaceas, como os *Calamites*.

O caracteristico d'esta vegetação era antes a profusão do que a riqueza, mais o vigor do que a variedade. Não havia flôres de côres vivas e brilhantes, nem tão pouco as fôrmas graciosas das arvores dos climas temperados.

**Vertebrados e insectos carboniferos.** — Até esta epocha os vertebrados só eram representados, de modo authentico, por peixes. No periodo carbonifero apparecem muitos *amphibios*, que pela estrutura particular dos dentes receberam o nome de *labyrinthodontes*.

Os descobrimentos feitos em Commentry demonstraram que havia muitos *insectos* nas florestas carboniferas. Eram alguns de porte gigantesco, chegando a ter *setenta centimetros* de envergadura. Pertenciam pela maior parte a familias cujos actuaes representantes frequentam os logares humidos, o que está muito de accordo com a feição sobretudo cryptogamica da flora da epocha.

**Periodo permiano.** — Fecham-se os tempos primarios com um periodo, quiçá mais curto e menos variado do que os precedentes, mas no qual se dão dous factos paleontologicos de grande valor : o primeiro é o apparecimento dos *repteis* terrestres, o que parece indicar que se realizavam pela primeira vez as condições atmosphericas necessarias ao vertebrados de respiração aerea. O segundo facto é a transformação que soffrem os cephalopodes de septo. As suturas simples e angulosas dos goniatites complicam-se, gerando assim os verdadeiros *ammonites* que vão ser caracteristicos dos tempos secundarios.

E tambem nesta epocha que se estabelece uma distincção definida entre os continentes do hemispherio boreal, banhados ao Sul por um mar aberto, e a grande terra que acaba de individualizar-se debaixo dos tropicos, desde a longitude dos Andes até a da Australia Oriental. Esta terra é frequentada pelos repteis carnivoros, cujos ossos se assimelham em certos pormenores aos dos mammiferos. O

mesmo continente austral vê então desenvolver-se uma flora, na qual dominam os fetos do genero *Glossopteris* e que differe muito da flora permiana da Europa, na qual se multiplicam as coníferas.

## § 2.º

## SYSTEMA PRECAMBRIANO

**Regiões do Norte.** — Desde a epocha precambriana, existia nas regiões boreaes uma terra que, abrangendo todo o Canadá, se unia á Finlandia pela Groenlandia, Escossia e Escandinavia, chegando até á Siberia. Contra a praia meridional d'esta zona continental accumulavam-se sedimentos grosseiros, como os conglomerados dos arredores do lago Huron, o grez escossez de Torridon, e á formação detritica conhecida na Escandinavia pelo nome de andar do *sparagmito*. Mais ao Sul, porém, só se formavam depositos de gran fina, vasas impalpaveis, hoje transformadas em *phylladites*; em cujo meio constituem excepção as camadas de elementos graúdos.

A mais bẽm caracterizada d'estas series precambrianas é a da America do Norte. Com muitos milhares de metros de espessura, comprehende ella os depositos chamados *huronicos*, quartzitos, conglomerados, eschistos ferruginosos e jaspeados, importantes massas de minereos de ferro, e por ultimo as rochas fortemente impregnadas de minereo de cobre, sobretudo de cobre nativo, do lago Superior.

**Cotentino, Bretanha, Venda, Planalto Central, etc.** — Muitos terrenos precambrianos vêm a flôr do solo no Cotentino e na Bretanha, onde formam fitas geralmente allongadas de Leste para Oeste, e em cujas dobras se acham alojados os sedimentos mais recentes.

A este systema pertencem os *phylladios de Saint-Lô* em camadas habitualmente verticaes, duras e assetinadas, mas alteradas em alguns decimetros a partir da superficie, dando uma terra argilosa propria para o estabelecimento dos pastos; seria alli difficil qualquer outra cultura. A parte superior d'este systema eschistoso é constituida pelos *eschistos de Granville* com os quaes se mixturam conglomerados. Na Bretanha, é o precambriano representado pela serie possante dos *eschistos de Rennes*, bem como pelos *phylladios de Douarnenez*.

Os *phylladios* continuam na Vendea, onde são multissimas vezes lustrosos e assetinados, por causa do sericito que ali se desenvolveu em laminas delgadas. Esta transformação é effeito do metamorphismo. De mais, em contacto com o granito que os atravessou, muitos *phylladios* do Cotentino tornaram-se *maculiferos*, isto é, formaram-se nodulos ou *crystaes de macula*.

Da mesma idade são os *eschistos sericitosos de Saint-Léon* (Allier), os *phylladios* das cercanias de Brive, encerrando as ardosias d'Alassac e de Travassac, os *eschistos luzidios* ou *talcitos* das Cevennas, que formam por cima dos *gneiss* uma massa de 4000 metros de espessura, os *eschistos de Barr* e de *Andlau*, na Alsacia, que se tornaram metamorphicos pelo contacto do granito, os *eschistos e grezes eschistosos de gran fina de Prizibram* na Bohemia, com vestigios attribuidos a vermes arenicolas, etc.

## § 3.º

## SYSTEMA SILURIANO

**Divisões do systema.** — O deposito das camadas silurianas em geral foi separado, na Europa occidental, dos *eschistos precambrianos*, por um periodo de desloca-



mentos que deu lugar a uma discordancia caracterizada entre os dous systemas. É aliás variadissima a serie dos sedimentos silurianos, e contrasta por este caracteristico assim como pela abundancia das faunas marinhas com a monotonia e a pobreza dos depositos precambrianos.

Distinguem-se no systema trez andares : o da base ou *cambriano* (do nome latino do paiz de Galles), onde se desenvolve a *fauna primitiva* de Barrande ; o do meio ou *ordovicio* que contém a segunda fauna, e finalmente o andar superior ou *gothlandico*, bem representado na ilha de Gothland.

**Grã-Bretanha.** — A terra classica do siluriano, na Inglaterra, é a região do Shropshire e do paiz de Galles. Por cima dos eschistos precambrianos, e em discordancia com elles, apresenta-se um pudingue, onde se encontram os elementos do systema inferior sob a fórma de seixos rolados. Este pudingue é corôado pela possante camada dos eschistos verdes e côr de borra-de-vinho que fornecem as ardosias violetas tão profusamente exploradas em Penrhyn e em Llanberis. Em seguida, após algumas intercalações de grez, continúa a serie eschistosa sob a fórma de rochas negras ou cinzentas, que se fendem em lages e chamadas *lages de lingulas*. Os trilobites acham-se ali bem representados, sobretudo pelos generos *Olenellus*, *Paradoxides* e *Olenus*.

Todo este conjuncto é cambriano. Vêm depois camadas de transição com graptolithos, corôados pelos *eschistos de Llandeilo*, pelo *calcario de Bala* e pelo *grez de Caradoc*, como qual acaba o ordovicio ; ao passo que o gothlandico comprehende os *eschistos de Llandovery*, a camada notavelmente fossilifera de *Wenlock* (a que pertence o calcario de bellos crinoides de Dudley), e por fim a camada de Ludlow, onde apparecem os primeiros restos de peixes observados na Europa.

Na Escossia, a serie siluriana é muito menos variada,

e não comprehende, por cima do siluriano, sinão eschistos de côr carregada, com graptolithos.

**Escandinavia. Regiões balticas.** — O mesmo contraste, que attesta a variedade do regimen dos mares, renova-se nas regiões balticas. É sobretudo no estado de *eschistos aluniferos* pretos que se apresenta o cambriano da Suecia e da Noruega, e os eschistos de graptolithos abundam nos andares superiores d'estes dous paizes.

Pelo contrario, nas ilhas do Baltico, especialmente em Gothland, o andar superior pelo menos é representado por calcarios margosos e grezes muito fossiliferos, que lembram as camadas de Dudley na Inglaterra. Cumpre notar tambem que as camadas do siluriano russo são quasi de todo horizontaes e não offerecem vestigio algum de metamorphismo.

**Europa central.** — O siluriano da Bohemia, ha muito tempo conhecido pelas riquezas poleontologicas que Barrande exhumou, fórma um todo distincto do da fita anglo-baltica. Na base estão os eschistos argilosos cambrianos de Ginetz e de Skrey, perto de Praga, que encerram uma verdadeira profusão de trilobites, especialmente de paradoxides.

Por cima acham-se os eschistos e os grezes do andar *D* de Barrande, correspondentemente ás camadas da Inglaterra que estão por baixo da camada de Llandovery, ao passo que as de Wenlock e de Ludlow têm por equivalentes o andar *E*, notavel pelos seus calcarios marmoreos muito fossiliferos. Alli, assim como na Russia, representam os orthoceros um grandissimo papel.

Não obstante a sua proximidade, o Hartz e a Baviera differem sensivelmente do typo da Bohemia, tanto pela composição dos sedimentos como pela distribuição dos fosseis, o que mostra que progressos já fizera a differenciação do regimen dos mares.

**Bretanha, Cotentino.** — Pertencem ainda a outro typo os depositos silurianos do territorio francez, bem desenvolvidos na Bretanha assim como no Cotentino.

O cambriano é ahí totalmente desprovido de fosseis, como si se tivesse formado em mares improprios ao desenvolvimento da vida. Toma de ordinario a fôrma de *pudrigues purpurinos*, nos quaes grandes seixos de quartzo se destacam de uma pasta côr de borra de vinho, e que são separados do precambriano por eschistos vermelhos muitas vezes entremeiados de venulas verdes. Em Aurigny e em Jersey, a camada de pudrigues contém grandes blocos de granito, de porphyro e de outras rochas que irromperam por occasião do deposito dos eschistos precambrianos de Granville. Tudo atesta, nestes logares, o importante movimento do solo que inaugurou o periodo siluriano.

Este movimento de certo não se tinha concluido quando começou o ordovicio; porquanto uma possante camada arenacea, ligada por conglomerados ou *arkosios* aos pudrigues purpurinos do cambriano superior, forma-lhe a base em toda a parte, denunciando a vizinhança d'um antigo continente; é o *grez armorico*, rocha dura, alvadia, muitas vezes verdadeiro quartzito de excellente qualidade para empedramento. Observam-se bem os seus caracteristicos na cadeia pittoresca de rochedos que se estende de Domfront a Mortain, assim como em muitos pontos do Baixo-Loira, de l'Ille-et-Vilaine, da Mayenna, da Sartha, do Anjú, finalmente na Montanha do Roule perto de Cherburgo. Este grez, muito esteril, não contém sinão tubos de annelidas (*Scolithus*, *grypho*) e curiosas impressões bilobadas em relevo chamadas *bilobites* (fig. 58). Eram outr'ora os bilobites attri-

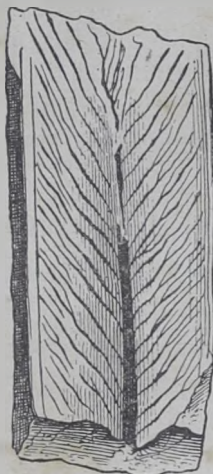


Fig. 58. — Bilobites (*Cruziana rugosa*).

buidos a algas; hoje consideram-n'os de preferencia como moldes formados por areia no interior dos vestigios que a passagem de varios animaes deixou talvez na superficie d'uma camada de vasa. Similhante sedimento só se pode depositar em aguas muito pouco profundas.

Ao grez de bilobites succede, com a intercalação d'uma camada assaz constante de minereo de ferro hydroxydado, a camada dos eschistos de *calymenes*. Argilosos no Norte da Bretanha, estes eschistos tornam-se mais duros ao Sul, e foi na sua massa que se abriram as immensas minas de ardosa de Angers. A deformação dos trilobites é ahi habitual e denuncia a compressão energica que supportaram as camadas depois do seu deposito.

No Calvados e no Cotentino, intercalam-se uma ou varias camadas arenaceas no apice da camada eschistosa e dão origem a uma nova massa de grez, habitualmente disposta em pequenos bancos, de côr rosada. É o *grez de May*, que tambem se encontra em Ille-et-Vilaine, supportando novos eschistos pretos, com trilobites chamados *trinucleos* (fig. 59) por causa da sua cabeça composta de trez nucleos bem distinctos.

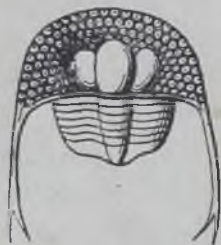


Fig. 59. — *Trinucleus Pongerardi*.

O andar gothlandico, que encerra as ricas jazidas fossilíferas da Inglaterra, da Bohemia e das regiões balticas, mal apparece representado em França, como si já o mar silurico tendesse a seccar-se. Devem referir-se a elle os ampelitos e eschistos pretos, com concreções calcarias de graptolithos e orthoceros, de Feuguerolles (Calvados) e de Saint-Sauveur-le-Vicomte (Mancha), assim como certos calcarios de Mena-e-Loira.

**Ardennas. Belgica. Planalto Central, etc.** — Devemos classificar no cambriano o possante massiço de phylladios da região das Ardennas, que o valle do Mosa ao

Norte de Mézières atravessa e descobre. Nas duas margens do rio mostram-se as camadas fortemente empinadas, ás vezes dobradas, dos *eschistos de ardosias* cinzentos de Deville, com *crystaesinhos* de ferro magnetico; os quartzitos duros de Monthermé explorados para empedramento; *ardosia* violetas, com quartzitos e *eschistos* verdes, de Fumay; finalmente *eschistos* pretos dos arredores de Revin, ponteados de *crystaes* amarellos cubicos de *pyrito* ou bisulfureto de ferro. Grande parte do sub-solo da Belgica é formada por este systema, hoje occulto debaixo dos sedimentos terciarios.

Em todas estas regiões ha ausencia completa de vestigios da fauna chamada *primordial*, a das lages com linguas da Inglaterra e das camadas de São-David no Paiz de Galles. Por muito tempo pensou-se que não existia em França esta fauna, caracterizada pelos trilobites do genero *Paradoxides*; mas ultimamente descobriram-n'a no massiço da montanha Negra, ao Sul do Planalto Central. É licito pois acreditar que na epocha do cambriano reinaram na Europa, entre a latitude do Sul da Inglaterra e a da Aquitania, condições desfavoraveis á existencia dos seres marinhos. Em certos pontos até, devia ser um regimen continental, como parecem attestar os conglomerados de grandes blocos e de cimento purpureo da Bretanha, do Cotentino e da ilha de Jersey. Ao Sul, porém, os mares tornaram a conquistar seu imperio, e é assim que a fauna de *paradoxides* da montanha Negra devia ligar-se por um lado á da Hispanha, e por outro á da Sardenha, onde foi bem verificado o cambriano.

As camadas de *paradoxides* da montanha Negra supportam *eschistos* com grandes nodulos, contendo em Neffiez os trilobites do ordovicio. O gothlandico, sob a fórma de calcarios pretos com *eschistos* carboniferos, existe em varios pontos, especialmente nas cercanias de Luchon, na parte central dos Pyreneus.

**Regiões diversas.** — O siluriano é magnificamente desenvolvido, com todos os seus horizontes fossilíferos, na America do Norte.

É na ilha da Terra-Nova e nos arredores que a fauna cambriana parece mais bem caracterizada; distinguem-se allí tres niveis successivos de trilobites: na base, a zona de *Olenellus* (que se torna a encontrar nas Montanhas Rochosas); no meio, a zona de *Paradoxides*; no apice, a de *Olenus*. Poude-se estabelecer a perfeita correspondencia d'estes horizontes com os da Escandinavia, que aliás fazem parte da mesma fita septentrional de sedimentos.

No Canadá é uma camada arenacea, o grez de Potsdam, com vestigios de vermes, que assignala a praia septentrional do mar cambriano, vindo banhar o continente boreal, á cuja borda um movimento orogenico levantára já os eschistos precambrianos. O mesmo mar cobria a região das Montanhas Rochosas. O principal representante do ordovicio, nos Estados-Unidos, é o calcario de Trenton, á altura do qual apparecem os primeiros restos de peixes, precedendo por esta fórma notavelmente os do Ludlow da Inglaterra. Finalmente é uma camada gothlandica, no estado calcario, que fórma o escoadouro da celebre queda do Niagara, e ella é corôada por camadas com jazidas de sal.

O siluriano encontra-se no Brasil, na India, na China e na zona arctica. Foi observado na latitude de 82° 40' N., e allí se colheram grandes polypeiros calcarios attestando que o clima dos tropicos, necessario ao desenvolvimento d'esses organismos, devia então estender-se até o polo.

§ 4.º

#### SYSTEMA DEVONIANO

**Divisões do systema.** — Ao passo que no Norte achamos o typo classico do systema siluriano, é em lati-

tude mais meridional que temos de procurar a representação completa do devoniano. Effectivamente accentuou-se na direcção do Sul a emersão das terras boreaes; uma nova cadeia de montanhas veio junctar-se ao longo das suas antigas praias; o regimen francamente marinho é repellido para o Sul e não se ostenta em toda a sua amplitude sinão no que hoje fórma a Ardenna e as provincias rhenanas.

Foi em Gedinne, na Ardenna, que se tomou o typo do andar inferior ou *gedinnico*. Os arredores de Coblença forneceram o do andar seguinte ou *coblencico*, caracterizado pelo grande desenvolvimento dos espiriferos. Vem depois dous andares com possantes massiços calcarios: o *eifelico* (de Eifel) na base, e o *givetico* (de Givet) por cima. Finalmente decompõe-se o devoniano superior em *frasnico* (de Frasnne) e *famennico* (de Famenne).

**Grã-Bretanha.** — Desde o começo do periodo devoniano, o continente boreal, que servira de apoio aos sedimentos marinhos do siluriano da Europa septentrional, faz para o Sul sensível progresso. Na Escossia e no Norte da Inglaterra, onde se haviam depositado as camadas fossilíferas do periodo precedente, formam-se lagos interiores ou pelo menos grandes lagunas, impróprias para a vida marinha, e a erosão continental alli amontoa milhares de metros de grezes escuros ou vermelhos, de eschistos, de margas e de conglomerados, constituindo o *velho grez vermelho* (*old red sandstone*) dos Inglezes, onde abundam os restos de peixes ganoides.

O mar é então repellido para o Sul, no Devonshire. D'ahi vem beijar o Boulonnais e dirige-se para Leste, onde é forçado a atravessar uma garganta estreita, no sitio do valle do Mosa, entre Namur e Charleville.

**Região ardennense.** — N'este momento, quasito da a Belgica está emersa, assim como uma parte da França

septentrional. No estreito do Mosa acumulam-se os sedimentos, variando de natureza com grande rapidez, e basta a distancia de Namur a Givet para que, no mesmo instante, camadas muito diversas venham depositar-se no fundo do mar.

Não longe de Fumay, em Fépin, no meio das vertentes arborizadas que dominam o Mosa, veem-se pudingues e arkosios, signal d'uma antiga praia, assentados em discordancia sobre os phylladios cambrianos. Por cima desenvolvem-se *grauwackes* cinzentos (isto é eschistos dos quaes desapareceu o elemento calcario, deixando pequenos espaços vazios) e grezes pretos ou esverdeados; depois eschistos muito vermelhos com pudingues (*pudingue de Burnot*) e minereos de ferro (oligisto de Couplevoie). Então parece que a sedimentação detritica produziu o seu principal esforço. Depositam-se em camadas regulares eschistos calcarios eifelicos, com calceolos, e apparecem marmores (marmores de Trelon e de Couvin) construidos pelos organismos e que chegam ás vezes á espessura de muitas centenas de metros. Este novo *facies* calcario e marmoreo torna-se de todo preponderante na epocha do *calcario de Givet* ou calcario de *estringocephalos*, cujas massas bem estratificadas se exploram largamente embaixo da cidadella de Charlemont. Mas logo depois recomeça a sedimentação de vasa, e o calcario já não fórma, no meio dos eschistos, sinão nodulos isolados d'um marmore ora azulado, ora de côres variegadas e chamado *griotte* (marmores de Frasn e de Fromelennes).

Em seguida o elemento calcario desaparece inteiramente e só se apresenta um eschisto esteril na região da Famenne, até que nas proximidades do Condros o *facies* arenaceo appareça sob a fórma de grezes micaceos, finalmente estratificados, chamados *psammitos*, com os quaes termina o devoniano ardennense.

**Eifel; região rhenana; Europa oriental.** — Para



lá das Ardennas o mar devoniano se expande novamente, cobrindo o Eifel e toda a Westphalia. Os sedimentos da base apresentam-se na cadeia do Taunus, transformados pelo metamorphismo em quartzitos e em eschistos mica-ceos ou *sericitosos* (o sericito é uma variedade de mica). Por cima vem a importante camada do *grauwack de Coblença* ou grez com espiríferos, sequencia de eschistos descalcificados, de grezes e quartzitos, bem visível nas margens do Lahn assim como no Rheno, entre Coblença e Bonna (1). Esta camada supporta no Nassau e no Eifel um calcario com estriangocephalos, ás vezes transformado em minereo de ferro e corôado por eschistos com goniatites, que contém a fauna do devoniano superior ou andar *famennico*.

Observa-se no Hartz uma serie bastante analogá á precedente. Na Bohemia porém o devoniano não é mais representado sinão pela sua parte inferior, sobretudo calcaria e tão intimamente ligada ao siluriano que por muito tempo com elle a confundiram. Não ha vestigios do devoniano marinho nas regiões balticas; para encontra-la é mister entrar na Russia. Alli, por feliz coincidencia, camadas de agua doce ou saloba, contendo os peixes do velho grez vermelho inglez, alternam com sedimentos marinhos, o que permittiu resolver a questão, por muito tempo controvertida, da edade do *old red*.

**Bratanha, Planalto Central, etc.** — No fim do periodo siluriano, parece que a região da Armorica e do Cotentino foi constituida no estado de ilha, mais ou menos nos seus actuaes limites. Só nas bordas, do lado de Brest como no baixo Loira e perto das divisas do Mena, do Anjú e da Normandia, o mar entrava por algumas chanfraduras, onde o andar coblencico foi quasi o unico que

---

(1) D'onde o antigo nome de andar *rhenano*.

deixou vestígios. São depositos já arenaceos e de côr clara (grez de Gahard), já calcarios e marinoreos, de côr carregada (calcarios de Gahard, de Néhou, de Brulon, do porto de Brest, de Chalannes e de Montjean), já eschistosos e descalcificados (grauwacke de Faouprès de Brest).

Muito raro nas vizinhanças do Planalto Central, onde só existe n'um poncto do Allier, o devoniano torna a apparecer no Languedoc, perto de Neffiez (onde resurgem os griottes), em varios ponctos da Hispanha, especialmente nas Asturias e na provincia de Leão; depois no Bosphoro, no Sahara e em Morrocos, na China, no Brasil, finalmente na America do Norte, onde é muito possante e variadissimo, mas difficil de pôr em exacta parallela com o devoniano da Europa.

## § 5.º

## SYSTEMA CARBONIFERO

**Condições geographicas da Europa durante o periodo carbonifero. — Divisões do periodo. —** Inicia-se o periodo carbonifero com movimentos do solo, que cavam nos continentes devonianos sulcos, por onde entra o mar. Em torno dos massiços antigos, como a Bretanha, os Vosgos, o Nassau, o Hartz, a Bohemia, a Escosia, forma-se uma franja espessa de depositos arenaceos e eschistosos, habitualmente comprehendidos na denominação geral de *Culm*, e onde os restos vegetaes por vezes se mixturam com os fosseis marinhos, e tambem frequentemente com tophos eruptivos. Mais ao largo porém, e sobretudo no espaço que separa o antigo continente boreal das ilhas a que ainda se reduz a parte média da Europa, são calcarios que se depositam em uma larga fleira que se póde seguir desde a Irlanda até a Westphalia e que depoiis

se torna a encontrar no territorio russo, quando se dobrou o cabo da Saxonia e da Bohemia.

Depois d'esta primeira epocha, chamada *dinantica* (1), reassume preponderancia o regimem continental. As praias maritimas recuam a pouco e pouco, e onde os organismos calcarios acabavam de edificar suas pujantes construcções, aguas torrencias vêm agora lançar ao mar, entupindo-o gradativamente com seus deltas, massas de materias vegetaes e de sedimentos detriticos. É a epocha *carbonifera*, em cujo principio se constituem as ricas bacias do Grã-Bretanha, do Passo-de-Calais, da Flandres, da Belgica, do Limburgo, da Westphalia e da Silesia, assim como pequenas bacias lacustres, isoladas nas depressões dos massigos antigos. Este conjuncto fórma o andar *westphalico*.

Logo depois um importante movimento do solo accentua as dobras do continente, fazendo com que d'isso participem os calcarios e os eschistos já depositados. O mar retira-se, e o phenomeno de accumulacão dos combustiveis prosegue não mais no mar, porém em lagos ou antes em estuarios, dando origem ás filas de bacias carboniferas do Planalto Central, das Cevennas, dos Vosgos, da Bohemia, dos Alpes e da Hispanha septentrional.

É a epocha *estephonica* (de Sancto Estevão), durante a qual as cordaiteas, os fetos e as calamodendreas tomam successivamente na flora, a preponderancia que no westphalico coubera ás sigillarias e calamodendreas.

Emquanto isto occorre nas regiões septentrionaes e médias da Europa, muito diversa é a condição da zona mediterranea. Para lá das ilhotas antigas, taes como o Planalto Central da Hispanha, o massigo dos Mouros, etc., são calcarios que vão depositar-se, não só durante a phase dinantica, mas ainda durante as outras duas. Vêm-se estes

---

(1) De Dinant, no Mosa; é o antigo andar *anthracifero*.

calcários na Carinthia e na Carniola, onde é possível verificar que a parte média (a que corresponde ao andar carbonífero das bacias inglezas e franco-belgas), abunda em foraminíferos do genero *Fusulina*. Finalmente, na Russia, alliam-se de alguma fôrma o *facies* continental e o *facies* pelagico. Emquanto verdadeiras camadas de carvão de pedra alli se intercalam entre os calcários do andar dinantico, apparecem *calcários com fusulinas*, frequentemente brancos e quasi gredosos, no logar dos feixes carboníferos da Europa occidental. Convem por isso basear sobre o estudo dos organismos marinhos do periodo o estabelecimento de duas divisões que correspondem respectivamente ao westphalico e ao estephanico : a primeira é o andar *moscovita*, definido pelos calcários de Moscou de *Spirifer mosquensis*; a segunda é o andar *uralico*, constituido pelos calcários de grandes fusulinas do Ural. Estas duas divisões podem ser reconhecidas, d'um lado na Asia até o Pacifico, do outro a Oeste do Mississipi e nas Montanhas Rochosas.

Assim, na epocha carbonifera, o regimem do alto mar foi atirado muito mais para o Sul do que precedentemente, e um verdadeiro *mediterraneo* bordava ao Sul as terras boraes, separando-as do continente tropical que acabava de individualizar-se.

**Grã-Bretanha.** — As divisões do systema carbonifero, na Grã-Bretanha, são ha muito tempo classicas, em razão da importancia que as explorações de minas tomaram n'este paiz antes de quaesquer outras.

Acha-se na base o *calcario de montanha* (*mountain limestone*), algumas vezes com 1,200 metros de espessura, inteiramente marinho e mais frequentemente marmoreo. Vem em seguida o *grez de amolar* (*millstone-grit*), com 120 a 1,700 metros de espessura. Este grez serve de base ao terreno carbonifero productivo ou *coal-mesures*, conjuncto de eschistos, grezes, argilas e mine-

reos de ferro, de 1,500 a 3,600 metros, com uma espessura média de carvão de pedra de 15 a 22 metros. Esta riqueza acha-se habitualmente repartida em grande numero de camadas, cuja possança é de 60 centímetros na média. Muitas repetições de fosseis marinhos, nos eschistos que envolvem o carvão de pedra, attestam que a formação se realizou em deltas.

Ao passo que o calcario de montanha pertence ao andar dinantico, o millstone-grit e os coal-mesures representam o andar westphalico. O estephanico está mal representado na Inglaterra, onde a emersão fizera então grandes progressos.

À medida que nos approximamos do Norte, diminue o elemento calcario no andar dinantico, o qual chega a conter as bacias carboniferas mais ricas da Escossia.

Pode-se assim verificar que o *phenomeno carbonifero* marchou constantemente para o Sul a partir do começo do periodo, o que concorda perfeitamente com o que dissemos sobre as aquisições successivas da terra firme nesta direcção.

**Flandres, Belgica, Westphalia.** — Em Flandres e no estreito que se pôde chamar franco-westphalico, que coincide com o valle do Sambre, e depois com o do Mosa de Namur a Liège, o *calcario carbonifero* é muito desenvolvido. Começa pelos calcarios eschistosos de Tournai, com o marmore azul cheio de fragmentos de encrinos de Écaussines, denominado *pequeno granito* por causa da sua estructura crystallina e granulosa. Vem depois calcarios cinzentos com bancos de silex, coroados pelo marmore ou *calcario de Visé*, rico de *Productus*; é-lhe subordinada uma dolomia cinzenta, massiça, cavernosa, que se apresenta nos arredores de Namur em pittorescas escarpas, que similham ruinas.

Por cima d'este conjuncto, cuja possança vae a um mi-lhar de metros, desenvolvem-se eschistos pretos durissi-

mos, depois *ampelitos* ou eschistos muito negros com fosseis marinhos. Então apparece o terreno do carvão de pedra, com quasi 3,000 metros de espessura e contendo até 160 camadas do combustivel, que variam entre 0<sup>m</sup>,10 e 1<sup>m</sup>,60 de espessura. Em geral occupam a base os carvões magros; seguem-se os meio gordurosos, depois os gordurosos ricos de materias betuminosas, e no apice, em Mons, os carvões de gaz ou *flenus*. Os eschistos que emmolduram o carvão de pedra são ricos de impressões vegetaes, pertencentes como as de Inglaterra á zona das *sigillarias*, e todo o andar superior ou estephanico deixa de apparecer n'esta região.

O terreno carbonifero d'estas regiões soffreu aliás consideraveis revoluções, das quaes se pôde fazer idéa pela estampa 60.

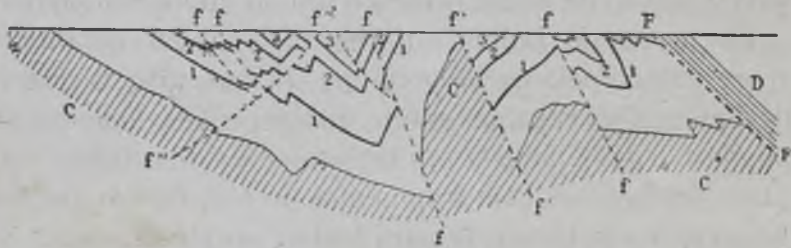


Fig. 60. — Corte da bacia carbonifera de Liège. — D, eschistos devonianos; C, calcario carbonifero; 1, 2, veios de carvão de pedra; 3, camadas de grez; F, F, grande falha; f, f, falhas secundarias.

Os conglomerados não existem no terreno carbonifero da Inglaterra, de Flandres e da Belgica. Raramente a gran dos grezes attinge alli ao tamanho de uma hervilha, e as mais das vezes estes grezes são *psammiticos*, isto é eschistosos e micaceos. A conservação das impressões vegetaes nos eschistos é muito notavel.

Camadas marinhas ou salobas repetidamente se intercalam pelo meio dos eschistos de vegetaes terrestres.

A bacia carbonifera belga prolonga-se, pelo Limburgo, até á Westphalia, onde 132 camadas de carvão de pedra, repartidas por 2,400 metros de sedimentos, formam 74 me-

tros de carvão exploravel. O calcario carbonifero, que as supporta, modifica-se gradualmente para Leste pela intercalação de camadas eschistasas e arenaceas.

**Bretanha, Bacia do Sarre, Vosgos.** — Manifesta-se uma completa mudança quando, deixando a lita marinha que beirava o continente boreal, caminhamos para o Sul, onde os massigos da Bretanha, das Ardennas, dos Vosgos, estavam em parte ou inteiramente emersos.

Ao passo que, nas bordas do continente armorico, se observam calcarios marinhos dinanticos em Sablé e em Changé, assim como jazidas de anthracito pertencentes ao mesmo andar, a bacia do Sarre, que occupa ao Sul das Ardennas uma larga depressão parallela á cadeia do Hunsrück, não contém sinão elementos d'agua doce, e quasi todo o carvão de pedra pertence alli ao andar estephanico.

Em torno de Ballon da Alsacia, o andar dinantico é representado pelo *grauwacke de Thann*, grez verduengo de impressões vegetaes muito distinctas das do andar carbonifero e que offerece, ora intercalações de conchas marinhas, ora brechas com fragmentos de *porphyrito* que estabelecem a sua transição para tophos eruptivos.

**Planalto Central.** — É ainda sob o *facies* detritico do Culm, com raras intercalações calcarias, que se apresenta o andar dinantico nas immedições do Planalto Central e do Morvan. Devem referir-se a elle o *grauwacke* e o *grez de anthracito* do Roannez, bem como os pudingnes e grezes com fragmentos de porphyrito do Morvan. A epocha westphalica, a das sigillarias, não deixou outros vestigios sinão os grezes e eschistos estereis de Rive-de-Gier. Em compensação, a epocha estephanica ou dos *fetos* é ricamente representada, primeiro pelo feixe carbonifero de Sancto-Estevão, depois pelas bacias de Decazeville e de Commentry. A abundancia dos conglomerados, a irregularidade dos veios de carvão, dos eschistos e dos grezes, a

ausencia de fosseis marinhos attestam um regimen ao mesmo tempo continental e muito mais violento do que o que presidiu á formação das bacias do Norte.

**Saxonia, Russia, America, etc.** — Não conviria descrever aqui os diversos territorios carboniferos do globo. Só accrescentaremos, ás notas precedentes, algumas indicações relativas aos typos mais notaveis.

Na Russia, como já dissemos, emquanto o andar dinantico contém camadas de carvão de pedra na base, os andares superiores são representados por *calcarios brancos*, gredosos, de *fusulinas*, que se encontram tambem na Estyria.

Na America, finalmente, a bacia dos Appalaches e sobretudo a do Illinois mostram bem a transição do *facies* continental carbonifero para o *facies* pelagico; porque numerosas camadas calcarias de fosseis marinhos intercalam-se no meio dos grezes e eschistos carboniferos. Mais para Oeste, nas Montanhas Rochosas, toda a formação, da base ao apice, acha-se no estado de calcarios marmores e de grezes marinhos, como aquelles em que está talhado o Grande Cañon do Colorado.

Concluiremos esta rapida enumeração dizendo que o carbonifero marinho é desenvolvido no Spitzberg e até na terra de Grinnel, e por fim que a flora carbonifera da ilha dos Ursos apresenta os mesmos typos vegetaes da do Culm europeu. Nota-se a mesma uniformidade quanto á flora do carbonifero inferior da Australia. A partir porém do westphalico, ha grande differença entre a Europa e o continente tropical indo-africano. Este ultimo não tem *lepidodendreas* nem *sigillarias*, mas tem já os fetos do genero *Glossopteris* desconhecidos na Europa e que têm de perdurar muito tempo nestas paragens.



## § 6.º

**MODO DE FORMAÇÃO DO CARVÃO DE PEDRA**

**Estructura do carvão.** — É a formação do combustível mineral o acontecimento mais característico do período carbonífero. Posto que o mesmo phenomeno se tenha reproduzido em outras epochas, nunca desde então assumiu tal magnitude. Convem por isso que nos detenhamos por momentos no exame das circumstancias que o determinaram.

O carvão de pedra é uma substancia francamente mineral, insolúvel nos hydrocarbonetos e que em geral não offerece á primeira vista vestigio algum de organização. Entretanto o microscopio e certos reactivos químicos descobrem nelle cellulas vegetaes, sempre mais ou menos comprimidas e, nas jazidas do centro da França, acontece muitas vezes que se póde reconhecer, a olhos desarmados, troncos achatados de fetos arborescentes ou de outras arvores, cascas e folhas de *Cordaites*, *Calamodendron*, etc. Graças a observações d'este genero conseguiu-se estabelecer que cada camada de carvão foi formada de residuos vegetaes, em diversos grãos de desorganização, comprehendendo caules, cascas, ramos, folhas, e que todos estes restos se acamaram, postos uns sobre outros, como materiaes que fluctuaram livremente n'um liquido. Aos elementos vegetaes que ainda se reconhecem associou-se uma substancia amorpha, *humica* ou *ulmica*, similhante á que se obtem submettendo á acção do calor e da pressão o assucar, o amido, as gomas e outros productos derivados de vegetaes.

**Characteristico sedimentar do carvão do pedra.**

— Por outro lado, o carvão apresenta-se em verdadeiras

camadas, muitas vezes de maravilhosa regularidade, encaixadas em estratos argilosos e arenaceos, cuja origem sedimentar não pôde ser objecto de duvida. Os eschistos carboniferos em que está encaixado o combustivel são argilas cheias de restos fragmentados de vegetaes, e ha muitas camadas de carvão que, pelas suas impurezas, estabelecem uma transição gradual entre estes eschistos chamados *betuminosos* e o combustivel mineral propriamente dicto.

São sobretudo frequentes estas transições nas bacias lacustres do centro da França. Os estudos feitos em Comentry (1), onde a amplitude das explorações a céu aberto offerecia á observação excepçoes facilidades, demonstraram que o carvão d'estas regiões era uma *alluviação vegetal*, despejada n'agua de um lago pelas enxurradas

que desbastaram as encostas vizinhas. Enquanto os seixos e cascalhos caíam na testa do talude de dejecção, as materias argilosas eram arrastadas para mais longe, e os detritos vegetaes para mais longe ainda. Os caules, carregados por estas enxurradas ora se depositavam deitados, ora encailhavam nos cascalhos em todas as posições possiveis, até verticaes. Assim se explica a abundancia no meio de certos grezes carboniferos, de caules e rectos

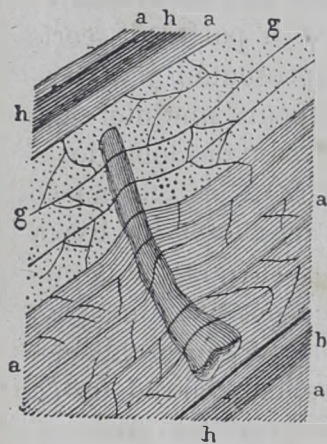


Fig. 61. — Caule fossil no terreno carbonifero d'Anzin. — a, argila esdhistosa; g, grez; h, carvão e eschisto betuminoso.

de *Calamites* (fig. 61), ordinariamente desprovidos de raizes e de folhas, que outr'ora foram considerados sem razão como arvores que houvessem vivido no proprio sítio em que se encontraram os seus restos.

(1) Pelo snr. H. Fayol.

As camadas de carvão de pedra são sempre superpostas a eschistos argilosos, nunca a grezes. Aqui está mais uma razão para vêr n'isso o resultado de uma *preparação mechanica*, que amontoou no seio da agua, segundo suas respectivas densidades, as materias arrastadas pela enxurrada. Esta preparação foi mais ou menos completa conforme a violencia do regimen das aguas, e por esta fórma, — ora as finas parcelas vegetaes ficaram intimamente mixturadas com a argila, dando simples *eschistos betuminosos*, — ora a camada de residuos vegetaes, parcialmente decompostos, e bem separados das materias terrosas, se assentou regularmente com espessura uniforme, — ora formou ella, no meio dos sedimentos de vasa, montões deseguaes, dando origem a camadas de carvão em *rosario*, isto é, com tumefacções e estrangulamentos. Outras vezes, uma enxurrada violenta de materiaes cobriu talvez outra de formação mais tranquilla, e a partir de certo poncto as duas camadas vegetaes se apresentam juxtapostas e confundidas, quando áquem as separa um intervallo esteril, como si uma só camada se houvesse desdobrado.

D'este modo, em vez de exigir para a sua formação grande numero de annos (como se acreditava na hypothese de uma vegetação decomposta no logar), cada camada de carvão poude ser producto de uma só inundação, capaz de depositar, ao lado, muitos metros de cascalhos e vasa. A transformação dos vegetaes em carvão fez-se então antes da fluctuação sob a influencia dos microorganismos. A prova de que esta transformação não exigiu longos seculos, como se admittia outr'ora, é que certas bacias do centro da França encerram, nos seus conglomerados, *seixos rolados de carvão de pedra* bem definido. A mineralização das camadas de restos vegetaes estava pois realizada completamente na base da bacia, quando os sedimentos da parte superior se formaram.

**Condições das bacias maritimas.** — A hypothese

da formação do carvão de pedra por fluctuação, que explica todas as particularidades das bacias lacustres, e notavelmente a passagem progressiva de certos conglomerados a camadas de carvão regulares, parece que deve também estender-se ás jazidas da grande faixa septentrional europea. Effectivamente, n'estas ultimas, ainda é mais accentuada a feição sedimentar dos depositos, e os elementos dos leitos de carvão de pedra são os mesmos posto que n'um estado de divisão mais adeantado. Este facto porém, reunido á ausencia dos conglomerados e até dos grezes graúdos, prova só que as aguas tinham menor velocidade e que o deposito se fazia a maior distancia do poncto de origem dos materiaes. Isto é facil de comprehender, pois que se tracta, não mais de jorros passageiros nas bordas de um lago, mas de massas d'agua que se despejam no mar e ahi estratificam as suas alluviões como no delta d'um grande rio. Concebe-se que estas alluviões, mais ou menos espalhadas pelas vagas, tenham adquirido ao mesmo tempo menos espessura e mais extensão; que as conchas marinhas appareçam de tempos a tempos; que outras vezes ellas cedam o logar a molluscos d'agua saloba (*Anthracosia*, *Anthracomya*), analogos aos mexilhões de rio; e finalmente que nunca fosseis terrestres ou de agua doce se associem ás camadas de carvão, o que não teria deixado de dar-se, si o carvão resultasse da transformação *in loco* d'uma vegetação turfosa, como por muito tempo se admittiu. Pelo progresso natural do delta n'um mar profundo, combinado com um amontoamento gradual, as camadas deviam aliás acabar superpondo-se umas ás outras em numero consideravel. Não é pois necessario, para explicar esta superposição, admittir uma serie indefinida de abatimentos, hypothese inconciliavel com o facto dominante do periodo carbonifero, que é o avanço progressivo da terra firme sobre o mar.

Accrescentemos que, si pela maior parte as camadas de carvão foram formadas por fluctuação, não é impossivel

que algumas d'ellas resultem do enterramento d'uma vegetação de natureza tropical, estabelecida na superficie dos aterros d'um delta, durante uma emersão momentanea. Explicar-se-hiam d'est'arte certos casos em que se julgou reconhecer, com certeza, a presença de raizes nas argilas que servem immediatamente de base ao carvão de pedra.

**Idéa geral do phenomeno carbonifero.** — Eis portanto a idéa geral que parece licito fazer do phenomeno carbonifero : sob a influencia d'uma temperatura elevada, d'uma atmospheria humida e pesada, os continentes recém-emersos achavam-se cobertos de uma luxuosa vegetação, cujo desenvolvimento nenhuma intemperie vinha jamais interromper. O solo, á proporção que tombavam ramos e caules, juncava-se d'uma forte camada de restos vegetaes, uns apenas alterados, outros quasi totalmente decompostos e deixando escapar os principios gordurosos e feculentos de que estavam carregados. De vez em quando, violentas chuvas desabavam sobre o solo, arrastando, ora para o mar, ora para as depressões lacustres, as arvores desenraizadas, os fetos arrancados, a camada de detritos vegetaes que cobriam a terra. Uma vez submergidos, separavam-se todos estes destroços por ordem de densidades, conservando-se sempre em cima os vegetaes. Mas logo sepultada debaixo de uma nova enxurrada de alluviões, a camada vegetal não chegava á superficie e concluia, fóra do contacto do ar, a sua transformação, que consistia principalmente em sécca e na aquisição de maior compacidade.

D'esta sorte comprehende-se facilmente que as diversas camadas de carvão possam ser desigualmente ricas de principios volateis e que haja carvões *magros*, pauperimos de productos betuminosos, e carvões *gordos* abundantemente providos d'esses mesmos productos. Basta recordar que as materias resinosas e gordurosas que se tiram das folhas dão, pelo calor e pela pressão, um producto ana-

logo ao betume. Não, é pois, indifferente que uma camada de carvão seja antes constituida de cascas do que de folhas, nem que certa familia vegetal livesse maior parte do que outra na formaçãõ carbonifera, nem finalmente que a camada de detritos tenha soffrido, antes do arrastamento, uma decomposição mais ou menos completa. O que os mineiros chamam *fusano* (1), ou carvão opaco que mancha os dedos, tão frequente em muitos carvões de pedra, representa fragmentos meio podres de caules ou de ramos, que caíram no meio das cascas e das folhas ainda não decompostas.

Cumpre tambem dizer que estes carvões, em consequencia do calor desenvolvido nos movimentos do solo, soffreram uma distillação parcial, que os privou talvez dos seus principios volateis e transformou-os em *anthracito*.

Outros, muito ricos de materias volateis, devem a sua composição especial á parte preponderante que algas de agua doce, da familia das *flôres d'agua*, tomaram na sua formação. Foi dos restos de algas d'esta natureza que se constituiu sobretudo o *bog-head* ou carvão de gaz dos eschistos betuminosos do Autunex, que aliás pertence ao permiano.

**Minereos de ferro do terreno carbonifero.** — O minereo de ferro acha-se muitas vezes subordinado ao carvão de pedra. Na Inglaterra e na Escossia, muitos leitos de *ferro carbonatado*, (*black band*), alternam com os eschistos carboniferos. Na America são frequentemente frondes de fetos que occupam o centro de taes renhos, e todas as minucias das nervuras alli se conservam com maravilhosa nitidez. O minereo explorado na bacia de Alais, em Palmesalade, tambem é carbonatado e subordina-se a uma

---

(1) Parece ser a melhor fórma portugueza para o vocabulo francez *fusain*, (N. do T.)

camada de grez e de pudingues, que separa dous feixes carboníferos.

O ferro carbonatado representa o primeiro estado de oxidação do ferro. Não pôde elle produzir-se sinão nos meios em que dominam as influencias reductoras, e a menor oxidação transforma-o em *limonito* ou peroxydo hidratado. A origem das acções reductoras que presidiram á sua formação é aliás facil de reconhecer-se na massa dos miudos restos organicos contidos no seio dos eschistos que envolvem o carbonato. Pela acção d'estes restos, sufficiente para absorver todo o oxygenio disponivel, o ferro do carvão ficou, ora no estado de carbonato de protoxydo, ora no estado de *pyrito* ou *bisulfureto*, cujas laminas amarellas brilham tantas vezes sobre o fundo negro da maior parte dos carvões de pedra.

## § 7.º

## SYSTEMA PERMIANO

**Divisões do systema.** — O systema permiano parece representar uma divisão menos importante, pelo lado chronologico, do que os systemas que o precederam. Sua propria fauna marinha é tão pouco desenvolvida que muitas vezes se empregou, para designa-lo, o nome de *peneano*, que lembra a sua pobreza paleontologica. Mas o apparecimento dos repteis, o dos ammonites, finalmente a constituição definitiva do continente tropical, são factos bastante notaveis que justificam a autonomia do systema.

Podem distinguir-se nelle trez andares : o *autunico*, de Autum, intimamente ligado ao estephanico, e tendo por equivalente marinho, no Ural, o *artinskio* ou andar do grez d'Artinsk ; o *saxonico* ou grez vermelho da Saxonia, ao qual corresponde o *penjabico* marinho da India ; final-

mente o *thuringico* que tem seu typo em certas camadas marinhas da Thuringia.

Na Allemanha emprega-se muitas vezes o nome *Dyas* para designar o conjuncto das camadas permianas.

**Regiões do Sarre e dos Vosgos. Planalto Central, etc.** — Na bacia do Sarre, como nos Vosgos, ha intima junção do autunico com o estephanico por meio de camadas que contêm os generos de plantas *Callipteris* e *Walchia*. Por cima estão os grezes vermelhos do Palatinado e dos Vosgos, entremeiados de muitos *tophos porphyricos* e de coadas de rochas eruptivas. No Val d'Ajol estes tophos contêm troncos silicificados de fetos arborescentes. Encontra-se a mesma formação na Floresta-Negra

O typo do autunico está nos *eschistos betuminosos* d'Autum, com camadas ricas de oleo mineral, onde se observam muitos restos d'uma alga de agua doce assim como restos de salamandroides, de peixes e de repteis terrestres. Assentam sobre esta camada os grezes vermelhos de Blanzý e de Creuzot, aos quaes correspondem os grezes vermelhos, com margas eschistosas vermelhas e verdes, dos arredores de Brive.

Cumpre emfim mencionar o permiano das vizinhanças de Lodève, onde um conglomerado autunico supporta eschistos ricos de impressões de coniferas do genero *Walchia*, e sempre coroados por grezes vermelhos.

**Saxonia. Inglaterra.** — O permiano classico da Saxonia começa por uma possante camada de agua doce, o *grez vermelho* (ou *rothliegendenes*), com impressões de *Walchia*. Serve este grez de apoio a um eschisto betuminoso pouco espesso, mas notavel ao mesmo tempo pelos seus peixes (*Palæoniscus*) e pelos minereos de cobre e de prata que o impregnam. É o *eschisto cuprico* de Mansfeld. Finalmente a volta do mar é denunciada pelo *Zechstein*, calcario dolomitico de fauna marinha, onde os indi-



viduos estão todos atrophiados, como si tivessem vivido em condições inhospitas. E de facto, os mares do *Zechstein* deviam ser theatro de uma activa evaporação que lhe exaggerava a salinidade, como se vê pelos importantes depositos de sal gemma, de gesso e de anhydrito da região, especialmente na curiosissima jazida de Stassfurt.

As circumstancias do zechstein saxonico encontram-se novamente no *calcario magnesiano* da Inglaterra. Este ultimo assenta sobre um grez variegado meio vermelho, que denominam *novo grez vermelho* ou *new red* para distingui-lo do *old red* devoniano.

Assim, ao longo do antigo eixo continental da Europa central, o mar, no fim da epocha permiana, ensaiou voltar para os districtos septentrionaes, da Silesia á Inglaterra. Durante esse tempo, eram grezes, eschistos e conglomerados tintos de vermelho e verde (*verrucano*) que se formavam na região dos Alpes.

**Typos pelagicos do permiano.** — Para tornar a encontrar um facies do permiano que comporte faunas marinhas em todos os seus andares, é mister ir á Russia oriental. Alli, o grez de Artinsk mostra a associação de verdadeiros ammonites com goniatites. Mais acima, as camadas marinhas de *Productus* entremeiam-se de depositos terrestres com flora do grez vermelho allemão.

Accentua-se o facies pelagico, quando avançamos ou para a Armenia, ou para a Asia central, e é no Penjab, na India, que se acha o verdadeiro typo marinho do systema. Por outro lado, os Alpes meridionaes deixam tambem vêr um calcario pelagico de *Bellerophon*, da idade do zechstein; e na Sicilia apparecem calcarios de fusulinas, com ammonites.

Assim o antigo mediterraneo uralico continuava a existir, e o mesmo dava-se na America do Norte, onde o Texas e a California offerecem o permiano pelagico com ammonites.

**India, Africa austral, Brasil.** — Em compensação, o permiano da India meridional é formado de grez e de eschistos com *Glossopteris*, que tornam a apparecer na Australia, na Tasmania e na Africa austral. N'esta ultima região, é ao permiano que pertencem as camadas inferiores do *grez de Karoo*, com seus curiosos restos de vertebrados. Como, além d'isso, a flora de *Glossopteris* se encontrou no Brasil meridional, estamos auctorizados a concluir que, do Prata á Australia, extendia-se então uma grande terra tropical em 220 grãos de longitude e uns 60 grãos de latitude, o que devia dar-lhe clima completamente diverso do das terras boreaes banhadas ao Sul pelo mediterraneo de que fallamos.

## § 8.º

## ERUPÇÕES DA ERA PRIMARIA

**Characteristicos geraes das erupções primarias.**

— Durante toda a era primaria, parece que houve como uma serie continua de manifestações da actividade interna. Ora as rochas eruptivas chegaram até á superficie da crosta, expandindo-se em lençoes submarinhos ou em coadas ao ar livre accompanhadas de projecções e de tophos, dos quaes alguns podem ser antigos cineritos ; ora ellas atravessaram, em veios mais ou menos possantes, uma espessa serie de terrenos ; ora finalmente limitaram-se a encher cupulas de sublevamento, alojando-se no eixo de *dobras anticlinicas*, isto é de abobadas allongadas, sem virem á flôr da terra.

Nos paizes havia muito tempo emersos, como a Bretanha e sobretudo o Planalto Central, a erosão, continuada durante uma serie incalculavel de seculos, acabou por desnudar estas rochas de crystallização profunda, que em geral são

*granitos*, fazendo desaparecer os cocorutos das dobras que as cobriam. Mas este trabalho não poudo realizar-se sem trazer a destruição de uma grande espessura de rochas de superficie, entre as quaes se achava talvez mais de uma coada eruptiva, cujo vestigio teria d'est'arte desaparecido, si se não encontrassem ás vezes alguns signaes d'ellas entre os conglomerados formados nas epochas geologicas que assistiram a taes destruições.

De outro lado, ha regiões, como o Trégor, a ilha de Jersey, o paiz de Galles, etc., onde ainda se póde observar, *in loco*, rochas antiquissimas de expansão superficial e até tophos, assim como productos de projecção que datam quasi da aurora dos tempos sedimentares.

Limitar-nos-hemos aqui a mencionar alguns dos principaes typos eruptivos da Europa occidental, referindo-os, quanto possivel, aos periodos durante os quaes devia ter-se realizado a saída das rochas.

**Erupções precambrianas.** — Observam-se no Norte do paiz de Galles rochas eruptivas da idade precambriana, sob a fôrma de *porphyros petrosilicosos*, em coadas no meio dos eschistos do systema. Estes porphyros tornam aliás a apparecer em seixos rolados, no conglomerado cambriano que serve de base ás ardorias violetas de Llanberis, de fôrma tal que não póde ser objecto de duvida a idade das erupções.

Centro, mais importante ainda, existe na ilha de Jersey. Alli um conglomerado, da idade do podingue purpureo do Cotentino, encerra seixos das rochas eruptivas que atravessam os phylladios subjacentes. A serie d'elles porém é muito mais variada; por quanto comprehende *granito* propriamente dicto, *granito amphibolico* e *syenito*, *dioritos*, *pegmatito*, como rochas profundas; depois, constituindo lençoes e veios, *porphyritos*, *porphyros petrosilicosos* e *granulophyros*, acompanhados de brechas e de tophos de projecção.

Existe serie muito analoga na costa da Bretanha, no Trégor.

Os phylladios precambrianos dos arredores de Granville encerram seixos de *granito* commum, identico ao das ilhas Chausey. Nos phylladios do Cotentino, emfim, o *granito* chamado de Vire foi injectado em longas faixas, antes da formação dos podingues purpureos. Esta injeção determinou, nos eschistos

envolventes, um metamorphismo que fez d'elles *eschistos maculiferos*, pelo desenvolvimento de pequenos nucleos e até de crystaes de macula. Na Alsacia e em muitas outras regiões observaram-se factos analogos.

**Erupções silurianas.** — O Norte do paiz de Galles e especialmente a região do Snowdon offerecem incontestaveis exemplos de erupções de idade siluriana, representadas por *porphyros*, *porphyritos* e *tophos*, que se encontram intercalados no meio do siluriano medio.

Na Bretanha, as camadas do siluriano superior da bahia de Douarnenez apresentam frequentes intercalações de *diabasios*, acompanhadas de brechas e de *tophos de projecção*. Convem talvez approximar d'estes lençoes os grandes veios da mesma rocha que atravessam o precambriano do Cotentino na extensão de mais de 12 kilometros. A rocha, de côr verde escura, é compacta e fornece materiaes procurados para empedramento.

São tambem *diabasios*, em lençoes regulares, que alternam na Bohemia com os primeiros sedimentos do siluriano superior, os que contém graptolithos.

**Erupções devonianas e carboniferas.** — Entre as erupções cuja idade devoniana é incontestavel, pode-se citar as coadas de *diabasios*, com *tophos* que se observam no Nassau e no Hartz. É provavel que datem da mesma epocha muitos *pegmatitos* e *granulitos com turmalina*, como os de Cornualha na Inglaterra e do Monte-São-Miguel em França, posto que a formação d'elles continuasse talvez até o começo do periodo carbonifero. É a esta ultima phase que devem ser referidos pela maior parte os *porphyros quartziferos* ou *granophyros* de França, nomeadamente os do porto de Brest (cuja erupção foi quasi immediatamente seguida pela saída de veios de *Kersanton*), e os *porphyros* de Morvan, assim como os do Planalto Central; porque todas estas rochas tornam a achar-se em seixos nos conglomerados do terreno carbonifero superior.

Quanto ao *granito* de Flamanville, que certamente metamorphoseou o devoniano do Cotentino, a sua erupção data ou do devoniano superior ou do carbonifero.

Os granitos posteriores ao siluriano abundam na Bretanha. Assim foi que os *eschistos silurianos* com calymenas, de Salles de Rohan, foram mudados em *eschistos maculiferos*, contendo crystaes muito grandes de macula, pela influencia de massiços graniticos ou granuliticos vizinhos. Outro massiço d'estes tez com

que soffressem o mesmo metamorphismo os eschistos carboniferos das cercanias de Carhaix. O granito que produziu esta acção, o de Rostrenen, é notavel pela extraordinaria dimensão dos seus crystaes de feldspatho. Da mesma idade é o bello granito porphyroide de Huelgoat, que fórma tão pittorescos grupos de rochedos.

Os *pegmatitos* e os *granulitos* representam importante papel no Limosino e no Planalto Central da França. São estas mesmas rochas muito desenvolvidas na Inglaterra, no paiz de Cornualha, onde a sua frequente associação com minereos de estanho fez dar-lhes o nome de *granito de estanho*. O que distingue estas rochas granulíticas, em geral devonianas ou dinanticas, é, além da presença frequente da *turmalina* (silicato d'aluminio com acido borico), a abundancia da mica branca argentina e a presença de mineraes que contém fluor.

Nas epochas, de que fallamos, devia haver verdadeiros apparelhos volcanicos, cujas projecções engendrassem tophos, como os *tophos porphyriticos* de Morvan, subordinados á base do carbonifero. Finalmente, o periodo carbonifero foi muitas vezes assignalado pela saída de porphyros globulares e pela de rochas basicas ou neutras, de textura compacta, verde-escuras, conhecidas pelo nome generico de *trappes*. Muitos d'estes trappes são *porphyritos* ricos de mica. São alguns accompanhados de *tofoss*, que têm grande analogia com os *cineritos*.

**Erupções permianas.** — Continuaram as erupções na epocha permiana. Sòmente não conhecemos com certeza rochas graniticas que datem d'essa epocha. Os proprios *porphyros* que formam coadas muito distinctas e ás vezes divididas em prismas, são alli mais frequentemente *petrosilicosos*, como si a força de crystallização tivesse diminuido com o correr do tempo. A sua saída foi por vezes accompanhada da de rochas inteiramente vitreas, como os *pechsteins* da Saxonia e do Var, ou ainda de rochas de globulos chamadas *pyromerides*.

Ha prova de que numerosas manifestações thermaes e sulfureas se deram no tempo do permiano inferior. Deve attribuir-se a esta causa a formação dos *tophos* argilosos violetas ou *argilolithos* do valle d'Ajol, nos Vosgos, tophos meio sedimentares, que contém muitos restos silicificados de vegetaes, e a cujo lado se observam grandes veios de quartzo, mais ou menos metalliferos todos elles.

Abundam no Palatinado as rochas basicas da epocha permiana, especialmente os *melaphyros*; estas rochas parecem-se a muitos

respeitos com os actuaes basaltos. Muitas são vacuolares, e suas cavidades se encheram de varios mineraes, como a agata.

**Resumo.** — Em resumo, parece que a actividade eruptiva foi quasi continua durante todo o curso dos tempos primarios. De modo geral, predominam as rochas acidas, ao menos até a epocha carbonifera. A posição d'ellas é aliás bastante characteristica. Os granitos, como já dissemos, formam largas filas, occupando as mais das vezes o eixo das dobras convexas ou *anticlinicas*. Tiveram portanto de solidificar-se no fundo, debaixo de uma pressão que mantinha os dissolventes ao abrigo de qualquer perda rapida de temperatura. A estas circumstancias devem talvez attribuir-se, primeiro o estado tão crystallino dos granitos, depois a influencia que elles exerceram sobre as rochas vizinhas, fazendo penetrar n'ellas a pouco e pouco os gazes e vapores espalhados na sua massa.

Longe de haverem forçado a entrada dos terrenos envolventes deslocando-os, os granitos e as rochas analogas abriram alli seu caminho *corroendo-os*, até certo ponto, como faria um acido. Póde-se dizer, de mais, que todas as rochas eruptivas representaram, nos deslocamentos, um papel passivo, aproveitando, para se injectarem por ellas, as fendas ou pregas produzidas por phenomenos mechanicos, dos quaes as erupções foram em geral consequencia e não causa.

Os veios destacados dos massiços graniticos ou granuliticos têm sempre gran mais fina, e tomam ás vezes uma estrutura porphyrica, que denuncia dous tempos de consolidação. Estes dous tempos são claramente visiveis nos veios e sobretudo nos lençoes dos diversos porphyros, cujas differenças devem provir de que uns se derramaram ao ar livre, ao passo que outros romperam no fundo do mar e dos lagos. Tendo sido bastante rapida a ultima consolidação, os effeitos metamorphicos dos porphyros sobre as rochas vizinhas são em geral fraquissimos.

Cumpre notar o desenvolvimento que, segundo parece, tomaram na Europa, na epocha do grez vermelho permiano, as emissões sulfureas e thermaes. Na natureza actual, este genero de emanacões assignala habitualmente o declinio da actividade volcanica. Ora exactamente, nos nossos paizes, as erupções tinham de cessar, de modo quasi completo, durante toda a era secundaria. Os argilolithos e as emissões silicosas do permiano denotariam portanto o declinio d'uma actividade interna que ia dentro em pouco adormecer.

## CAPITULO IV

### ERA SECUNDARIA

---

#### § 1.º

#### GENERALIDADES SOBRE A ERA SECUNDARIA

**Characterísticos geraes e divisões da era secundaria.** — O grupo secundario ou *mesozoico* comprehende as formações sedimentares que se depositaram desde a purificação definitiva da atmospherá terrestre até o despertar da actividade interna. Esta ultima, depois de haver sido particularmente efficaç no fim dos tempos primarios, parece que, na Europa pelo menos, adormeceu durante todo o tempo da era secundaria, da qual só o começo foi assignalado por algumas erupções analogas ás da epocha permiana. Durante este periodo de calma, em que as fendas da crosta se forraram de diversas substancias mine-  
raes, os vertebrados da classe dos repteis reinaram como soberanos na superficie do globo; mal se encontram vestigios de alguns mammiferos inferiores, precursores da idade futura, e as aves, que appareceram no fim d'esta divisão dos tempos geologicos, possuem característicos mixtos que as approximam muito dos repteis. A vegetação terrestre perdeu a estupenda força que tivera na epocha



carbonifera, e a preponderancia pertence, não mais ás especies de terras baixas e humidas, mas ás da familia das cycadaceas e das coniferas. Só tarde apparecem os primeiros representantes dos monocotyledones e dos dicotyledones angiospermos, que hão de prevalecer na epocha terciaria, graças ás novas condições physicas creadas de um lado pelo relevo mais accentuado do solo, de outro lado pela distribuição cada vez mais desigual do calor e da luz. Até lá, a flora secundaria offerce, como a fauna, uma feição mixta, que valeu á era correspondente o epitheto de *mesophytica*.

Nos mares, onde o desenvolvimento das formações calcarias e a raridade relativa dos conglomerados attestam a tranquillidade do regimen oceanico, vê-se que predominam os molluscos e sobretudo os cephalopodes da familia dos *Ammonites*, que apparecem em grande numero desde o começo da nova era, cujas phases todas elles caracterizam, não devendo sobreviver-lhe. Finalmente a classe dos peixes enriquece-se com um typo novo, o dos *teleosteos* ou peixes osseos.

O grupo secundario foi dividido em trez grandes systemas. O primeiro é o systema *triasico*, tão intimamente ligado ao permiano que alguns geologos preferiram não separa-lo e descreveram sob o nome de grupo *pecilico* (*poikilitic*) este conjuncto caracterizado por suas côres variegadas. Por cima d'elle vem o systema *jurassico*, comprehendendo a serie *liasica* ou *infrajurassica* (1), a serie *mediojurassica* (2) e a serie *suprajurassica* (3). Por fim fecha-se a era com o systema *cretaceo*, no qual convenem distinguir uma serie *cretacea inferior* ou *infracre-*

---

(1) Com os andares *rhetico*, *hettangico*, *sinemurico*, *charmuthico* e *toarcico*.

(2) Com os andares *bajocico* e *bathonico*.

(3) Com os andares *callovico*, *oxfordico*, *rauraico*, *sequanico*, *kimerigico*, *portlandico*.

tacea (1) e uma serie *cretacea superior* ou *supracretacea* (2).

**Periodo triasico.** — No principio do periodo triasico, os mares interiores que cobriam parte da Europa septentrional seccaram; mas um mar largamente aberto occupa o lugar da bacia do Mediterraneo e não tarda a destacar para o Norte braços que, por momentos, chegam até ao pé da Ardenna e do Hunsrück. Sempre limitadas ao Oeste da Europa, onde não attingem a Inglaterra, estas invasões marinhas tornam-se a regra na região oriental. Por isso esta ultima é theatro de uma activa formação de calcarios

com organismos pelagicos, ao passo que, a Oeste assim como na America do Norte, predominam os lagos salgados e as lagunas, cujo fundo se enche de argilas e de grezes de côres vivas e variadas.

As margens incertas d'estas lagunas são frequentadas por muitos *reptislabirynthodotes*, como o *Chirotherium*, cujas pégadas

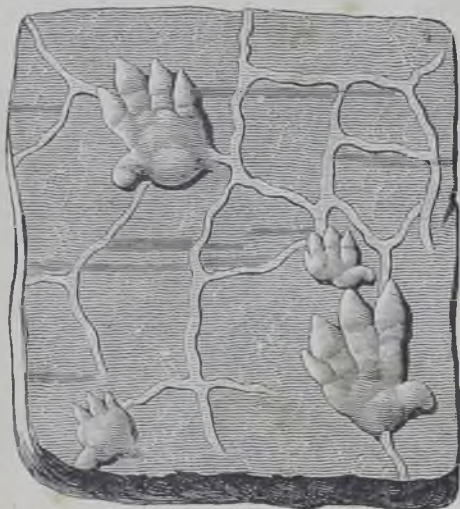


Fig. 62. — Vestigios de *Chirotherium*.

(fig. 62) abundam na Saxonia e no Connecticut, e por outros repleis, bipedes, os *dinosaurios*, indicados por pégadas de trez dedos muito analogas ás das aves.

Nos mares largamente abertos desenvolve-se, entre os

(1) Com os andares *neocomico*, *barremico*, *aptico* e *albico*.

(2) Com os andares *cenomanico*, *turonico*, *senonico* (*emschero* e *aturico*), *danico*,

cephalopodes, a grande familia dos *Ammonites*, representada por *Ceratites* (fig. 63), *Trachyceras* (fig. 64), em

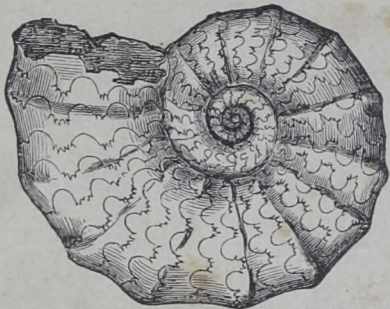


Fig. 63. — *Ceratites nodosus*.



Fig. 64. — *Trachyceras*  
(*Ammonites*) Aon.

quanto, no numero dos acephalos, prospera o genero *Halobia* (*Daonella*) (fig. 65), e innumeros echinodermos da familia dos Encrinos (fig. 66) deixam seus restos nos calcarios da epocha. Com estes generos novos persiste certo numero de typos antigos de brachy-podes e de cephalopodes, graças aos

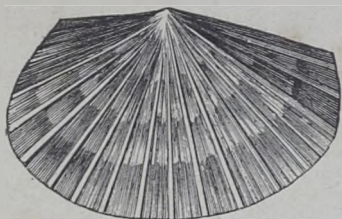


Fig. 65. — *Halobia* (*Daonella*) Lommeli.



Fig. 66. — *Encrinurus liliiformis*.

quaes a fauna marinha triasica offerece em alguns pontos um caracteristico de transição.

Quanto á flora, esta não contém mais as sigillarias da epocha carbonitera ; os verdadeiros equisetos (*Equisetum*) são numerosos alli, e abundam as coniferas como a *Voltzia*, as cycadaceas e os fetos arborescentes,

O triasico tem tres andares : o *werfenico*, de Werfen nos Alpes, o *virglorico* (do calcario de Virgloria no Tyrol) e o *tyrolico*. Accrescentam-lhe alguns auctores, no apice, um andar *juravico* (de Juvavo, em Salzburgo).

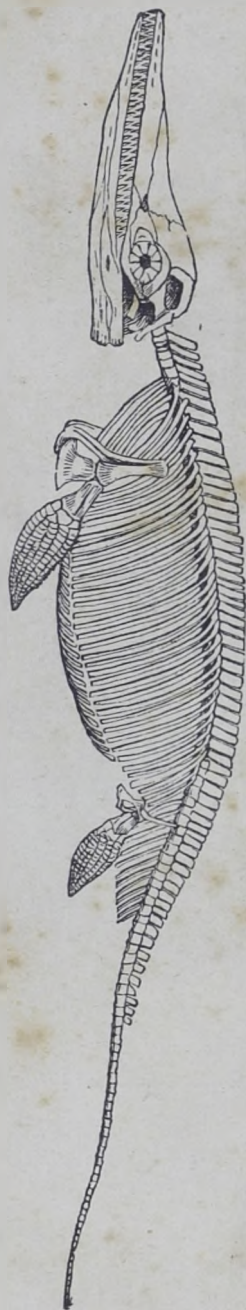


Fig. 67. — *Ichthyosaurus communis*.

**Periodo liasico.** — As invasões successivas do mar, que se haviam dado na Europa por occasião do periodo triasico, prenunciavam o proximo termo do regimen continental, cujo nascimento a ultima epocha carbonifera vira nas latitudes médias do hemispherio boreal. Ao passo que, na parte oriental da America do Norte, o solo vae permanecer emerso durante todo o tempo da epocha secundaria, o novo regimen marinho estabelece-se na Europa com a entrada do periodo *liasico*, inaugurando a serie dos depositos chamados *jurassicos* por causa do seu desenvolvimento nos montes Jurá.

Como prova d'este retrocesso do mar para regiões desde muito emersas, vê-se por toda a parte, no Norte da Europa, que os depositos liasicos começam por grezes, em que os grãos rolados e graúdos de quartzo empastam restos numerosos de vertebrados assim como dentes de peixes. É um verdadeiro ossuario, como indica o nome classico *bone-bed* ou leito de ossos. Estão alli de envolta seres marinhos e

terrestres, e lá apparecem restos dos pequenos *marsupios*, primeiros representantes da classe dos *mammiferos*.

Começa então na Europa uma epocha de sedimentação marinha, porém littoral, em que os restos de vegetaes e de *insectos* terrestres se mostram mais de uma vez associados ás conchas de mar. As praias são frequentadas por grandes repteis nadadores, os *saurios*, *ichthyosauros* (fig. 67), *plesiosauros* (fig. 68), etc., cujos esqueletos inteiros abundam em certas jazidas da Inglaterra e do Wurtemberg. Os peixes ganoides da epocha (*Lepidotus*) deixaram de ter a sua pá natatoria caudal *dysymmetrica*.

São numerosos os verdadeiros *ammonites*, de septos punctuados (fig. 69, 70 e 71). Com elles apparece uma nova familia de cephalopodes, a dos *belemnites*, representados pelos seus ossinhos ou esporões (fig. 72, 73). As ostras desenvolvem-se pela primeira vez com grande amplitude, juncando os depositos argilosos de conchas de *gryphéas* (fig. 74), ás quaes se junctam ás vezes *plicatulas* (fig. 75). Ao lado de brachypodes de typo antigo, como *Spiriferina*, pullulam as *rhynchonellas* e *terebratulas* (fig. 76). São finalmente frequentes os crinoides e muitas vezes bem conservados.



Fig. 68. — *Plesiosaurus dolichodetrus*.

Quanto á flora, faz-se ella notar pelo apparecimento dos



Fig. 69. — *Ammonites (Arietites) Bucklandi*.



Fig. 72.  
*Belemnites*  
*brevis*.



Fig. 73.  
*Belemnites*  
*clavalus*.



Fig. 70. — *Ammonites (Amaltheus) margaritatus*.



Fig. 74. — *Gryphæa arcuata*.



Fig. 71. — *Ammonites (Shlotheimia) angulatus*.

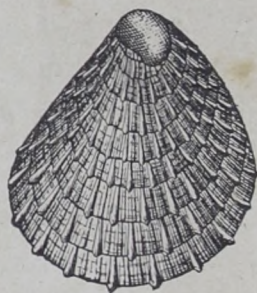


Fig. 75. — *Plicatula spinosa*.

primeiros monocotyledones e pelo grande numero de cyca-

daceas que contém. No mais, os característicos da vegetação do periodo accusam ao mesmo tempo grande monotonia e a ausencia de zonas climatologicas bem definidas.

**Periodos mediojurassico e suprajurassico.** — Ao passo

que, na bacia anglo-franceza, dominou a sedimentação detritica na epocha liasica, parece que os depositos seguintes se

formaram em condições especiaes de calma. Constituem excepção os sedimentos arenaceos e os conglomerados, e o que domina em todas as alturas é o *facies oolithico*, indicio quasi certo de formações corallinas. De mais, em muitos pon-



Fig. 76. — *Terebratula* (*Waldheimia*) *numismalis*.



Fig. 77. — *Archropteryx lithographica*. a, placa descripta por Owen; b, aza; c, pata.



Fig. 78. — *Pterodactylus elegans*.

ctos, os antigos recifes de polypeiros desenham-se do modo menos equivoco, offerecendo na sua fauna e na sua estru-

clura os caracteristicos que ainda hoje são peculiares a este genero de formações. Assim, durante este periodo exemplo de qualquer manifestação violenta da actividade interna, os organismos edificaram, na Europa occidental



Fig. 79. — *Ammonites (Stephanoceras) macrocephalus*.



Fig. 80. — *Ammonites (Caadioceras) cordatus*.

e central, poderosas construcções calcarias que occupam o meio das bacias, cujas bordas e cujo fundo eram formados pelos sedimentos liasicos.

A tendencia geral, no Norte e no Oeste da Europa, é a emersão progressiva e lenta dos estreitos que, até então, separavam as ilhotas do primitivo terreno. Assim se prepara a vinda d'uma epocha sobretudo continental que, n'estas regiões, assignalará o termo dos tempos jurasicos.



Fig. 81. — *Ammonites (Harpoceras) crenatus*.

Nas paragens mediterraneas, os depositos são de outra natureza e



Fig. 82. — *Ammonites (Neumayria) trachynotus*.

indicam que o regimen pelagico continuava a prevalecer. Dominam ahi os calcarios, muitas vezes marmoreos, com organismos de alto mar.

A presenca de recifes corallinos até o 55.º gráo de latitude, e a existencia de uma vegetação subtropical no pa-



rallelo 71.º attestam aliás quão pouco sensíveis deviam ser as diferenças na distribuição geographica do calor e da luz.

Os mammíferos jurássicos são ainda pequenos marsupios, notavelmente roedores analogos ao rato-kangurú. Uma ave com afinidades de reptil, o celebre *Archæopteryx* (fig. 77), encontra-se ao lado de lagartos voadores, os pterodactylos (fig. 78), de saurios, dinosaurios bipedes, de crocodilos e das primeiras tartarugas.

Os *ammonites* (fig. 79 a 82) e os *belemnites* (fig. 83) continuam a ser copiosamente representados, assim como as ostras, gryphéas ou *exogyras* (fig. 84), as pernas, as pholadomyas, as *ryncho-*



Fig. 83. — *Belemnites hastatus*.



Fig. 84. — *Exogyra virgula*.



Fig. 85. — *Rhychnella decorata*.



Fig. 86. — *Terebratula* (*Waldheimia*) *digona*.

*nellas* (fig. 85), as *terebratulas* (fig. 86 e 87). Nos calcários de recifes apparece o genero *Diceras* (fig. 88), cujas conchas espessas eram bem dispostas, assim como as das nerineas (fig. 89), para este embate das vagas, que é uma condição de prosperidade dos animaes coralligenos. Finalmente os *ouriços do mar* (fig. 90, 91 e 92) tomam notavel incremento, da mesma fórma que os polypeiros e os espongiarios.

Quanto á flora, esta corresponde ao apogeu das cycadaeas, como a *Zamites* (fig. 93), e vê-se que ali apparecem assim os cyprestes como as sequoias. No seu todo, porém, é pobre, monotona, e parece que foi pouco apropriada á nutrição dos animaes, o que explica por que são raros os herbívoros. É no fim do periodo que surgem, em Portugal, os pri-

meiros angiospermos, acompanhados de monocotyledones.



Fig. 87. — *Terebratula (Eudesia) cardium*.



Fig. 88. — *Dicerias arietinum*.



Fig. 89. — *Nerinea tuberculosa*.



**Periodo infracretaceo.** — No começo do periodo infracretaceo, enquanto um mar boreal, com generos espe-



Fig. 90. — *Echinobrissus clunicularis*.



Fig. 91. — *Acrosalenia spinosa*.



Fig. 92. — Radiola de *Cidaris florigemma*.



Fig. 93. — *Zamites Moreanus*.

ciaes de ammonites e de belemnites, banha o Norte da

Inglaterra, o Hanover e a Russia até Moscou, o resto da Europa septentrional está emerso, e lagos de agua doce occupam o logar do Jurá. O mar cobre sómente o sudeste da Hispanha, o Languedoque, a Provença, a região dos Alpes (excepção feita de algumas ilhotas) e a bacia do baixo Danubio. Em uma palavra, é o Mediterraneo actual, transportado para o Norte. No continente reinam os *dinosaurios*, repteis bipedes, e entre elles o gigantesco *Iguanodon* de dentes enrugados (fig. 94) e cauda comprida. Logo depois recomeça o mar a ganhar terreno. Esta invasão faz-se sentir ao mesmo tempo no Norte, isto é, nas costas orientaes da Inglaterra assim como na Allemanha, e no Sul, do lado do Jurá. Ao cabo de algum tempo, a antiga bacia jurassica de Pariz acha-se inundada; o mar porém avança menos para Oeste do que nas epochas precedentes, de fórma que ao Sul da Inglaterra como na Normandia, os depositos de agua doce ou de estuario predominam largamente, ao passo que na Champanha e na Borgonha prepondera ao contrario o elemento marinho. Só no fim do periodo, nesta epocha albina (1) que mais de um auctor reúne ao cretaceo superior, o mar é senhor do Terreno no Norte, preparando, com sedimentos de vasa ou de areia, o fundo sobre o qual a greda vae logo formar-se.

Durante estas vicissitudes, continuam os cephalopodes a ser os molluscos caracteristicos dos mares. Todavia o esporão dos *belemnites* alpinos tende a achatar-se (fig. 95)



Fig. 94. — Dente de *Iguanodon Mantelli*.

(1) Nome tirado do departamento d'Aube.

e, ao lado dos verdadeiros ammonites (fig. 96 e 97), appa-



Fig. 95. — *Belemnites Emeriei*.

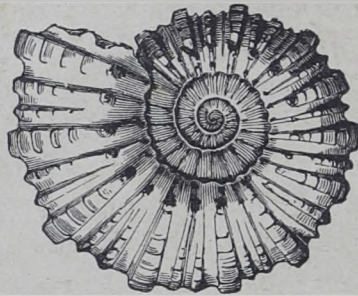


Fig. 96. — *Ammonites (Acanthoceras) mamillaris*.



Fig. 97. — *Ammonites (Hoplites) interruptus*.

recem os cephalopodes de voltas desenroladas ou torcidas,



Fig. 98. — *Ancyloceras (Crioceras) Matheroni*.

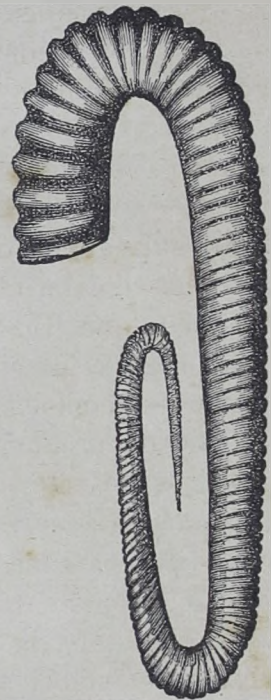


Fig. 99. — *Hamites attenuatus*.

*Ancyloceras* ou *Crioceras* (fig. 98), *Hamites* (fig. 99), *Turrilites*.

Nas regiões mediterraneas, onde os calcários construídos pelos organismos estão agora encantoados, os *Diceras* jurássicos cederam o logar a generos vizinhos, como *Requienia* (fig. 100) e, mais perto das costas, abundam os ouriços *spatangoides* como o *Toxaster* (fig. 101).



Fig. 100. — *Requienia* (*Chama, Caprotina*) *ammonia*.

A flora infracretacea, na qual dominam as cycadaceas e as coníferas, é ainda uma flora jurássica, excepto na America, onde se apresentam angio-



Fig. 101. — *Toxaster complanatus* (*Spatangus retusus*).

spermos. As mesmas associações de typos tropicaes com pinheiros e cedros encontram-se ao mesmo tempo na Europa central e, perto do polo, na Groenlandia. Os choupos todavia apparecem neste ultimo paiz, como indicio de uma differenciação dos climas já pronunciada na zona arctica.

**Periodo sapracretaceo.** — A invasão marinha que acabamos de assignalar chega ao seu maximo no periodo *supracretaceo*, que traz para o hemispherio boreal não só o triumpho do regimen marinho, mas o eclipse quasi completo da sedimentação detritica, como si uma absoluta calma tivesse então reinado nos mares.

Os primeiros depositos *supracretaceos* extendem-se quasi por toda a parte *transgressivamente*, já sobre o jurássico, já sobre os proprios terrenos primarios. Mas da mesma fórma que a emersão do norte da Europa, no fim dos tempos jurássicos, havia sido progressiva e exemplar de abalos, assim se estabeleceu tranquillamente o novo regimen marinho. Apenas uma delgada camada de grez grosseiro assignala a base da nova serie ; depois apparece a *greda*, a principio mosqueada de grãosinhos verdes de glauconito, em seguida levemente margosa, afinal inteiri-

ramente branca e mixturada com leitos de silex. Quando as possantes camadas d'ella se depositaram nas regiões do Norte, produziu-se uma nova emersão, preludio dos tempos terciarios, e assim os ultimos sedimentos cretaceos, que representam um *facies* littoral, não occupam sinão uma superficie insignificante relativamente ao seu *substratum* gredoso.

Durante o mesmo tempo, nas regiões mediterraneas que



Fig. 102. — *Hesperornis regalis*.



Fig. 103. — *Belemnite quadrata*.

ficaram pelagicas, surgiu um novo modo de actividade organica. Os *rudistas* propriamente dictos tornaram-se os principaes artistas da formação dos calcarios; morrem porém com o fim do periodo e cedem o logar aos *foraminiferos*.

A raridade dos depositos supracretaceos d'origem continental explica o por que se sabe tão pouco a respeito dos vertebrados terrestres: tal epocha devia ser pouco propicia ao desenvolvimento dos mammiferos. Conhecem-se, na America, grandes aves marchadoras, algumas das quaes se alliam aos repteis, como o *Hesperornis* (fig. 102);

com ellas observam-se dinossauros e crocodilos. O grande

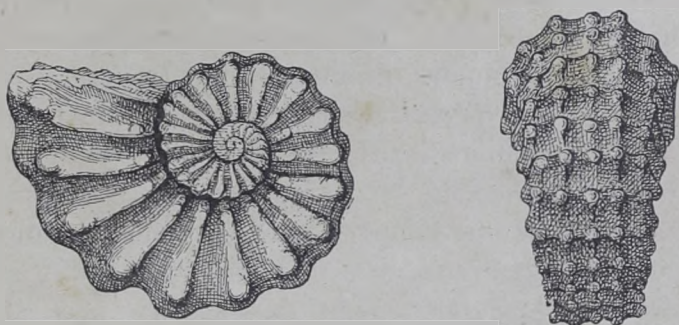


Fig. 104. — *Ammonites (Acanthoceras) rotomagensis*.

*Mosasaurus* de Maëstricht pertence ao fim do periodo.



Fig. 106.  
*Baculites anceps*.



Fig. 103. — *Scaphites æquelis*.



Fig. 107. — *Micraster coranguinum*.

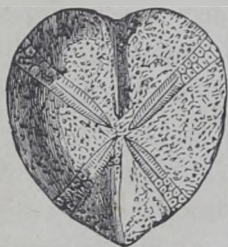


Fig. 108. — *Micraster cortestudinarium*.

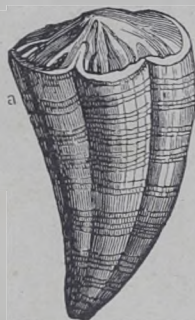


Fig. 109. — *Hippurites galloprovincialis*.



Fig. 110. — *Sphærulites alatus*.

Si ainda os belemnites (fig. 103) são bastante abun-

dantes, estão já em declínio os ammonites (fig. 104); observam-se todavia os generos *Scaphites* (fig. 105) e *Baculites* (fig. 106). Os ouriços são numerosos na greda, especialmente o genero *Micraster* (fig. 107, 108). Finalmente, entre os *rudistas* abundam os generos *Hippurites* (fig. 109) e *Sphaerulites* (fig. 110).

O caracteristico da flora cretacea consiste no desenvolvimento completo das plantas dicotyledones angiospermas, ou de folhas caducas, que annunciam o jogo das estações. Desde então a flora das nossas regiões apresenta a juxtaposição de duas categorias de typos, uns que têm de desaparecer ou de ser recalçados para o Sul, outros que devem formar a base da nossa vegetação indigena. Assim os choupos, as faias, as heras, os castanheiros e os platanos acham-se ali associados ás palmeiras, aos louros e ás pandanaceas. Além d'isso a amplidão quasi geral das fórmãs do periodo indica um conjuncto de condições muito propicias ao desenvolvimento do mundo das plantas.

## § 2.º

## SYSTEMA TRIASICO

**Typos e divisões do systema.** — O systema triasico apresenta-se na Europa debaixo de trez fórmãs distinctas : 1.º um *facies pelagico* ou de alto mar, bem desenvolvido no Tyrol e nos Alpes austriacos; 2.º um *facies mixto*, cujos typos existem na Franconia, na Suabia e nos Vosgos, offerecendo esta triplice divisão, d'onde procedeu o nome de *triasico*, fundado na intercalação d'um andar marinho (*virglorico*) entre dous andares d'agua doce ou de lagunas (*wersenico* ou *vosgico* na base, *tyrolez* ou *keuper* no cume); 3.º um *facies continental* ou *littoral*, que parece dominar desde as Ardennas, e ao qual pertence



a maior parte do *novo grez vermelho* (*new red sandstone*) dos Inglezes. São característicos dos sedimentos triasicos os matizes vivos e variegados; elles se encontram até no typo pelagico do systema, onde os calcarios marmoreos são muitas vezes manchados de vermelho.

**Triasico pelagico.** — O typo pelagico do triasico estende-se pelo Tyrol, Salzburgo, Alpes venezianos, Transylvania, Silesia meridional, Carpathos da Bukowina e Dobrudscha. Reina alli a grande familia dos ammonites da base ao apice, representada primeiro por *Tirolites*, depois por *Ceratites*, e afinal pelo genero *Trachyceras* que já pertence aos verdadeiros ammonites de septos punctuados. Entre os sedimentos notam-se eschistos (especialmente eschistos pretos com *Daonella*), calcarios, dolomias e marmores variegados, como o de Hallstadt, em cuja base se acha a importante formação de sal gemma dos arredores de Salzburgo.

A dolomia fórma no Tyrol massas homogeneas de consideravel espessura (1,000 metros no Schlern), recortadas em picos, agulhas e plataformas abruptas que, pela sua côr rosea e pela ausencia completa de vegetação, imprimem á paizagem uma excepcional feição de originalidade. Estas dolomias, frequentemente consideradas como antigos recifes de polypeiros, resultam, ao que parece, d'uma transformação soffrida por enormes montões d'algas calcarias.

Outra particularidade do triasico superior no Tyrol é a intercalação, entre as dolomias, de *tophos pyroxenicos*, em relação com o importante massiço eruptivo do valle de Fassa, o mais recente dos centros europeus de actividade interna anteriores á era terciaria.

**Typo franconio e vosgico do systema.** — O triasico da Suabia e da Franconia, como o da Lorena, comprehende trez camadas: na base está o *grez variegado*,

com plantas terrestres e vestígios de *Chirotherium*, cujas primeiras camadas, nos Vosgos, consistem em grez vermelho crystallino e conglomerados de grandes seixos de quartzo (*grez dos Vosgos*), ao passo que no apice, formado sobretudo de margas vermelhas e verdes, se encontram na Franconia jazidas de sal gemma e gesso. E o grez variegado que, na Alsacia e nas margens do Rheno, fornece aquellas pedras vermelhas faceis de cortar, tão empregadas na construcção dos edificios.

O *muschelkalk*, ou calcario *conchylico*, que vem depois, é uma camada marinha, formada d'um calcario cinzento, ás vezes amassado com *entochios* ou fragmentos crystallizados de hastes de encrinos, e cuja parte média contém as jazidas salinas da Thuringia, do Wurtemberg e da região do Neckar. Esta parte é essencialmente dolomitica e encerra, além do sal, gesso e anhydrito (sulfato anhydro de calcio). Ao *muschelkalk* succede o andar do *Keuper* ou das *margas irizadas*. É um andar de agua doce ou salôba. com intercalações marinhas pouco possantes, e notavel em geral pela vivacidade e variedade de côr das margas, principalmente vermelhas e verdes. Na Alemanha, a base do *Keuper* encerra leitos de carvão eschistoso chamado alli *Lettenkohle*. Na Lorena, o meio do andar é gessoso e contém montões de sal gemma, explorados em Dieuze, em Vic, em Varangéville, etc.; é em cima que se observam em varios logares jazidas de carvão de pedra muito pyritoso (Norroy).

Os grezes vermelhos e as margas do triasico tornam a encontrar-se no Morvan e em muitos pontos do planalto central da França. Observam-se elles ainda na região pyrenaica assim como na Hispanha.

**Typo continental ou littoral do triasico.** — Á excepção d'um conglomerado, calcario ou dolomitico, que occupa o centro do systema, e no qual se acharam em Bristol restos de dinosaurios, todo o triasico da Inglaterra

ou *novo grez vermelho* está no estado de margas vermelhas, com veios de gesso e de sal, e de grezes escuros ou côr de tijolo. Este conjuncto attinge a 1,500 metros de espessura no Noroeste da Inglaterra; e como é alli tambem que se observam os maiores seixos de quartzo, é licito pensar que ao Norte ou a Noroeste se devia achar o continente que forneceu, pela sua erosão, os materiaes dos conglomerados triasicos.

Ao mesmo *facies* continental pertencem, na Belgica, o podingue de Malmédy, que parece proceder da erosão das rochas devonianas do Eifel e, em França, certos conglomerados de seixos calcarios variegados, que se vêem por cima do terreno carbonifero em varios pontos do Norte e do Passo-de-Calais.

**Varios typos do triasico.** — A Oeste dos terrenos primitivos do Oisans, o systema triasico, geralmente muito delgado, compõe-se de gesso, de anhydrito, de dolomia e de sal gemma com grezes e eschistos variegados. Nos Alpes occidentaes, a base do triasico está no estado de grezes quartzosos muito duros. Por cima occorrem calcarios magnesianos, ás vezes cariadados e cheios de septos; finalmente conclue-se a serie com os possantes depositos de gesso e de anhydrito, muitas vezes impregnados de sal, de Moutiers e de Burgo-São-Mauricio, aos quaes succedem eschistos lustrosos.

Aqui como na Lorena e no Tyrol, ao envez do que se dá na Franconia, o sal está concentrado no andar superior ou tyrolez. Por esta razão d'Orbigny puzera-lhe o nome de andar *salifero*.

Digamos ainda que si, na costa do Pacifico septentrional como no Spitzberg, se apresenta o triasico sob seu *facies* pelagico alpino, na parte Leste dos Estados-Unidos, especialmente no Connecticut, acha-se no estado de grezes avermelhados de formação continental. Os vegetaes do andar são os mesmos do triasico loreno, e as pégadas

de repteis labyrinthodontes contam-se ali aos milhares.

Em summa, sempre que o triasico não é exclusivamente marinho, a sua composição demonstra uma especie de lucta entre a terra firme e o oceano, em lagunas onde o sal e o gesso vinham concentrar-se e depositar-se, sem duvida por evaporação da agua do mar. Vendo as dolomias tão frequentes no triasico, e lembrando-nos de que um calcario, percorrido por aguas magnesianas, deve tender a enriquecer-se de carbonato de magnesio ao passo que perde carbonato de calcio mais soluvel, é difficil fugir á idéa de que a formação das dolomias foi um dos phenomenos accessorios da secca das lagôas triasicas, porque a agua do mar encerra sempre chloreto de magnesio.

§ 3.º

SYSTEMA JURASSICO. — SERIE LIASICA

**Divisões do systema.** — A serie liasica pôde ser dividida em cinco andares. O de baixo, que corresponde ao preludio da invasão marinha e comprehende as jazidas de *bone-bed* de dentes de peixe e ossadas de vertebrados, é o andar *rhetico*, que tira seu nome dos Alpes rheticos. Abrange elle uma parte do *infraliasico* dos auctores antigos. A outra parte fórma o andar *hettangico*, cujo typo foi escolhido no grez d'Hettange, perto de Luxemburgo. Vem depois o *sinemurico*, bem caracterizado no Auxois e especialmente nos arredores de Semur; é a parte inferior do *liasico* propriamente dicto (que tira seu nome de uma designação usada na Inglaterra entre os canteiros.

O systema termina com os andares *charmuthico* (1), e *toarcico* (2).

1. Derivado de Charmouth (na Inglaterra). É o antigo *liasico* de d'Orbigny.

2. De Thouars no Poitou, localidade onde elle é muito fossilifero.

**Bacia anglo-pariziense, 1.º Andares rhetico e hettangico.** — Inaugura-se o periodo liasico com a volta do mar a quasi toda a bacia anglo-pariziense. Flandres, o Artois, a Picardia e a Alta Normandia, a Ardena, os Vosgos, pequena parte do Morvan, o Planalto Central, a Vendéa, a Bretanha com o bordo do Cotentino, a região de Cornualhas, são os unicos que estão emersos. Por dous largos estreitos, situados um no Poitou, outro no sitio da Costa-d'Ouro, o mar anglo-pariziense communica-se com os que cobrem na mesma occasião a Aquitania, a Gasconha, o Languedoque, o Jurá. Entre Hunsrück e a Ardena, elle se dilata em profundo golfo, o golfo de Luxemburgo, onde todos os sedimentos vão tomar o *facies* arenoso.

O andar rhetico é representado, principalmente na margem oriental da bacia de Pariz, por grezes (*grez infra-liasico* da Lorena, ou por arkosios, com alguns leitos de ossadas e bancos calcarios que encerram um fossil caracteristico do andar, a *Avicula contorta* (fig. 111). Vem por cima o *grez de Hettange*, comprehendendo a maior parte do grez de Luxemburgo. Mas o hettangico deixa de ser arenoso da Lorena por deante, e só é representado na Borgonha pelos calcarios conhecidos dos operarios pelos nomes de *figado de vitella* e *limacinos*; minereos de ferro, subordinados a este horizonte, são explorados em Mazenay, perto de Creusot, e em Thostes, perto de Semur. O *calcario-de-calçada* de Santo Amando (Berri) e a pedra de lages de Lienessa, associada a leitos de argila com pequenas grypneas, são tambem do hettangico. Acha-se finalmente este andar na Normandia, perto de Valonhes, sob a fórma do *calcario* d'Osmanvilla, exacto equivalente do *liasico branco* dos Inglezes.



Fig. 111. — *Avicula contorta*.

**2.º Liasico propriamente dicto.** — Confundido no

Luxemburgo com a parte superior do grez de Hettange, o liasico inferior ou sinemurico toma depressa, nas Ardennas como na Lorena, a fórma classica do *calcario de grypheas arqueadas*, um dos termos mais constantes do systema. São bancos delgados d'um calcario cinzento (ás vezes hydraulico) que alternam com leitos argilosos onde abundam grypheas. D'ahi resultam em geral terras fortes e fertejs, cujo melhor typo é o Auxois. Este andar mereceu na Inglaterra o nome de *liasico azul*, por causa da sua côr predominante. Encontram-se ahi mui frequentemente ammonites de dimensões gigantescas, assim como concreções nodulosas de phosphato de calcio.

O liasico medio toma, nas Ardennas, a fórma de um *calcario arenoso*, que é explorado nas margens do Mosa em Mézières e em Sedan. Bancos duros, capazes de fornecer material para calçamento, alternam alli com camadas irregulares de areia amarella e fina. Na Lorena, o andar é constituido por uma possante camada de margas ou de calcario noduloso com concreções ferruginosas que tem fórma ovoide. Este mesmo calcario noduloso, caracterizado por grandes gryphéas, torna-se a vêr na Borgonha, cobrindo as camadas de cimento de Venarey e de Pouillyno-Auxois, bastante ricas de belemnites para terem o nome de *calcario de belemnites*, que o andar merece ainda no Calvados, nos arredores de Velha-Ponte. No mesmo plano apresentam-se, no Berri, margas que contêm grande copia de pequenos ammonites pyritosos e, na Inglaterra, um grez margoso (*marly sandstone*).

Em muitos ponctos, especialmente nas vizinhanças de Hirson (Aisne) e a Sudoeste de Caen, os sedimentos do liasico médio vieram formar pequenas poças fossilíferas na superficie dos terrenos primarios. As mais celebres são as de Maubert-Fontaine e de Fontaine-Etoupefour.

O toarcico da Lorena começa por uma possante camada de margas, cujas laminas são crivadas de pequenas bivalves chamadas *posidonias*. Em cima apparece uma

camada de *oolitho ferruginoso* explorado em Longwy, Villerupt, etc. Este oolitho, nas Ardennas, torna-se um calcario simplesmente ferruginoso e as margas com posidonias, muito carregadas de pyrito, são acolá exploradas após calcinação, como *cinzas* para adubo de terras.

Menos desenvolvidas no Auxois do que na Lorena, as margas de posidonias encerram bancos de calcario argiloso azul que dão o *cimento* de Vassy, perto de Avallon, e alternam com leitos de eschisto betuminoso. A este andar pertencem as argilas da Caina e de Curey (Calvados), celebres por grossas concreções ou *michas*, nas quaes se encontram peixes inteiros encerrando ás vezes, na sua cavidade estomachal, os pequenos ammonites de que se alimentavam.

O toarcico inglez é uma argila azul com calcario noduloso e eschistos contendo *azeriche*, formado á custa de caules de coniferas. A formação é facil de acompanhar atravez da ilha de Skye e das partes vizinhas da Escossia.

**Typos diversos da serie liasica.** — Não conviria descrever aqui, nem sequer summariamente, os varios typos regionaes da serie liasica. Contentemo-nos com aponetar as suas particularidades mais notaveis.

E ao hettangico que pertence o calcario crystallino chamado *escheno-bastardo* do Monte d'Ouro lyonnez, ao passo que o minereo de ferro oolithico da Verpillière, tão rico de ammonites, corresponde ao toarcico superior da Lorena.

O rhetico da Suabia abunda de leitos de ossadas e coprolithos, que fizeram dar á sua porção superior a denominação de *cloaca*. O liasico propriamente dicto d'esta região tem o nome de *jurá preto*. É no toarcico que se classificam os eschistos betuminosos de Boll (Wurtemberg), ricos de ictyosauros, e onde muitas vezes se conservou a bolsa de tinctoria de cephalopodes analogos ás sepias.

Na Escania, o andar rhetico, tão pouco espesso aliás em

outros silios, attinge a possança de muitas centenas de metros e encerra muitos vegetaes terrestres assim como leitos de carvão de pedra. Pronuncia-se ainda mais esta nova maneira de ser no hettangico dos Carpathos, ao qual pertencem as jazidas carboniferas de Fünfkirchen (Hungria) e de Steierdorf (Banat). Achamo-la ainda no Tonkim, cujos combustiveis contém, quanto a fetos e cycada-ceas, especies conhecidas na flora rhetica de Europa. Finalmente parece conveniente referir tambem á base do systema liasico ascamadas com vegetaes e combustiveis de Rajmahal, na India.

D'est'arte, desde a Escania até á China, estende-se talvez uma fita de depositos rheticos ou hettangicos, formados em condições analogas ás do terreno carbonifero, ao longo de um continente situado ao Norte.

Ao Sul, pelo contrario, dominava o regimen pelagico. Assim, em toda a Italia, é representado o liasico sobretudo por calcarios, dos quaes os mais notaveis são os *calcarios vermelhos ammonitiferos* chamados *ammonitico rosso*. Quanto ao marmore de Carrara, este parece corresponder ao rhetico.

Foi sob a fórma de eschistos de grande espessura que o liasico se depositou no Oisans e n'uma parte da Suissa, entre o nucleo crystallino da cadeia e os massiços de Pelvoux, do Monte-Branco, etc. Estes eschistos, indicio de um modo particular de sedimentação, e não encerrando sinão belemnites, estenderam-se para Léste, formando os *eschistos dos Grisões*, que se tornaram extraordinariamente metamorphicos.

Cumpre acrescentar que a existencia do liasico fossilifero foi verificada nas Indias neerlandezas, perto da ilha de Timor. Assim o Pacifico extendia-se já até aquellas regiões. Na Africa porém o liasico só é conhecido em Madagascar, o que prova que uma só brecha se abriu n'essa epocha no continente indo-africano. Este continente proseguia sempre para Oeste até a região dos Audes. De



mais, toda a America do Norte estava emersa, excepto talvez a região das Montanhas Rochosas.

§ 4.º

SERIES MEDIOJURASSICA E SUPRAJURASSICA

**Extensão e divisões do jurassico superior.** — Os andares superiores do systema jurassico foram estudados pela primeira vez na Inglaterra, onde os sedimentos d'esta epocha encheram a bacia, cujo fundo as argilas e as margas do liasico haviam préviamente guarnecido. O que os caracteriza é o apparecimento, em diversos niveis, de calcarios *oolithicos*, indicios de formações corallinas. Por isso muitas vezes os reúnem sob o nome de *systema* ou *serie oolithica*. Neste todo, William Smith, o pae da Estratigraphia, distinguiu, desde o começo d'este seculo, uma serie de camadas cujos nomes, mal modificados, serviram depois para designar os andares oolithicos do continente.

Si porém as divisões inglezas se applicam sem difficuldade á Normandia e ao Bolonhez, o mesmo já não acontece quando se tracta dos sedimentos da parte oriental e meridional da bacia de Pariz. Quanto mais nos approximamos da Costa d'Ouro, de um lado, do Poitou, do outro, mais preponderante se torna o elemento calcario, annunciando a vizinhança do alto mar. D'esta fórma, ao lado do typo *anglo-francez* do Norte e do Noroeste, é licito distinguir, primeiro um typo *jurassico*, depois um typo *pelagico* ou *mediterraneo*, que só de poucos annos a esta parte é bem conhecido.

A historia d'estas trez regiões não passou por eguaes vicissitudes. Todavia póde-se, de um modo geral, reconhecer n'ellas quasi por toda a parte os seguintes andares :

1° o andar *bajocico* (de Bayeux); 2° o *bathonico* (de Bath na Inglaterra); 3° e 4° os andares *callovico* e *oxfordico*, cujo typo é a argila de Oxford (com o *Kelloway-rock* na base); 5° o *rauracico* (da antiga Rauracia, região do Jurá) correspondente ao *coral-rag* inglez; 6° o *sequanico*, bem caracterizado no Jurá; 7° o *kimeridgico* (do *Kimeridge clay*); 8° finalmente, o *portlandico* (do ilha ou península de Portland).

Os dous primeiros andares constituem a serie médio jurassica, que na Allemanha tambem se chama, ora *jurá escuro*, ora *Dogger*. Os outros constituem a serie supra-jurassica, que é o *jurá branco* ou *malm* dos Allemães.

**Inglaterra, Bolonhez, Normandia.** -- O *oolitho inferior*, base do bajocico, é um calcario cheio de oolithos ferruginosos, e notavelmente fossilifero nos arredores de Caen e de Bayeux. É o mesmo andar representado, no Yorkshire, por um grez ferruginoso de grossas concreções, chamado *Dogger*, e no Bolonhez por areias brancas e violaceas com lignitos, directamente applicados sobre o calcario carbonifero.

A *terra de pisoeiro* ou *fuller's earth*, que vem em seguida, é uma argila, entremeiada em Port-en-Bessin de calcario margoso, e que se transforma em Caen n'aquella bella pedra oolithica de grã fina, com que se construíram tantos edificios na edade média. Em Stonesfield, na Inglaterra, o andar torna-se eschistoso e encerra vegetaes terrestres; o mesmo succede no Yorkshire, em Scarborough, onde são ainda mais accentuadas as condições continentaes, notavelmente por conchas de *Unio* (marisco de rio) que conservaram sua situação normal.

O *grande oolitho* das cercanias de Bath é um calcario amarello, que dá excellente pedra de cantaria com muitos fosseis, polypeiros e gastropodes. Cobre-o a *argila de Bradford*, que ás vezes se transforma em um calcario chamado marmore das florestas (*forest-marble*) coroadado

por um calcario conchylifero, de laminas finas, cujos oolithos se desaggregam ao ar e a que deram o nome de *corn-brash*.

Na Normandia, o grande oolitho e as camadas que estão immediatamente sobre elle são representadas pelos calcarios oolithicos fossiliferos de Ranville, de Luc e de Langrune.

O que merece ser posto em evidencia é a *transgressão* assignalada do bathonico no golfo anglo-parisiense. Provaram as sondagens que faltavam os andares inferiores do systema jurassico desde a foz do Oisa. Em compensação, tanto no Havre como no Bolonhez, o bathonico repousa directamente sobre os terrenos primarios erectos e o mesmo acontece no Sudeste da Inglaterra. Assim o inicio do periodo bathonico foi assignalado por um avanço notavel do mar para Nordeste.

O *Oxford-clay* é uma possante camada de argila azul, com leitões duros (*Kelloway rock*) na base. Esta argila supporta *grezes calcarios*, no meio dos quaes apparecem aqui e acolá recifes de polypeiros sob a fórma de um calcario cavernoso chamado *coral-rag*. Na Normandia, o callovico e o oxfordico, argilosos e ricos de ammonites, formam a faleja de Dives a Deauville, ao passo que o coral-rag, encravado em grezes calcarios apparece perto da igreja de Trouville, com seus polypeiros e seus ouriços do mar caracteristicos.

Sobre o coral-rag inglez repousa uma espessa camada de argila azul chamada *Kimeridge clay*, que, em Hève e no Bolonhez, se subdivide em camadas distinctas. Observam-se na base as margas de *pteroceiros*, com bancos de pedra de cimento, formando o pé da faleja do Havre, depois as *argilas* e os limacinos de *grypheas virgulas*, bem desenvolvidas no cabo Gris-Nez e em Bolonha. Em seguida n'esta mesma região do Bolonhez, torna-se mais violento o regimen sedimentar; apresentam-se verdadeiros podiungues, e com elles argilas entremeiadas de grezes e de

areias, ao passo que em Kimeridge (Inglaterra) o deposito se mantem de vasa até em cima.

A serie completa-se com os depositos da ilha de Portland, especialmente com o *calcario de Portland*, pedra notavel pela finura da sua gran e que forneceu os materiaes de S. Paulo de Londres. Finalmente as *camadas de Purbeck*, que terminam a serie, são depositos d'agua doce ou salôba, onde se acharam restos de mamíferos e raizes implantadas d'arvores.

N'este momento 1era completa a emersão da região ingleza, assim como a da bacia de Pariz.

**Orla oriental e meridional da bacia de Pariz.** — Em quanto na Inglaterra e no Noroeste de França os mares jurassicos recebiam numerosas contribuições detriticas, a sedimentação mechnica tinha cada vez menos importancia á medida que se caminhava para Sudeste. As Ardennas formam, a este respeito, uma região de transição, onde os depositos argilosos guardam ainda, em certos niveis, um desenvolvimento real. Todavia os polypeiros, que se ensaiavam timidamente nos mares anglo-francezes, tornam-se muito abundantes ao longo da Ardenna. Bastante desmantelada pelas erosões que, em sua borda, haviam atirado os sedimentos argilosos e arenosos do liasico, esta região estava já assaz plana e não dava grande margem aos agentes externos de destruição. D'ahí, na orla da região, um regimen marinho que offerecia facilidades especiaes aos organismos constructores. Por isso, repetidas vezes, estes ultimos alli construirão possantes camadas. Este caracteristico porém vae ser ainda mais assignalado em torno dos Vosgas e do Morvan, onde abundarão, já os calcarios directamente construidos pelos polypeiros, já as vasas calcarias resultantes da destruição progressiva das construcções corallinas.

**1º Andar bajocico.** — Desde as Ardennas e sobretudo desde o Mosa, o termo principal do bajocico é um *calcario de polypeiros*, cuja base tem o nome de *calcario de entrochios* por causa da grande copia de laminas calcarias brilhantes, provenientes de restos de encrinos, que contém.

O calcario de entrochios torna-se o traço dominante do bajocico ao Sul da Lorena, onde fórma terraços regulares, limitados por escarpas com aspecto de ruinas, e que corôam como outras

tantas velhas fortalezas os taludes regulares das margas toarcicas. Este *facies* está sobretudo bem caracterizado no Auxois. É tambem a plataforma bajocica que constitue o notavel promontorio chamado Planalto de Langres.

Ainda espathico, isto é lamellar, mas muito menos regular a Leste do Berri, o bajocico transforma-se a Oeste em calcarios amarellos com silex.

**2º Bathonico.** — O bathonico das Ardennas e da Lorena começa por calcarios amarellos, entremeiados de leitões argilosos, e que dão, nos valles do Mosa e do Chiers, uma boa pedra de construção. Vem depois as bellas massas de calcario branco, ora gredoso, ora oolithico, das Ardennas, terminado por uma camada amassada de *Rhynchonella decorata*. Este calcario, evidentemente de origem corallina, interrompe-se entre Etain e Toul, para dar lugar á formação de vasa que occupa uma parte das planicies do Woëvre. *O grande oolitho branco* torna a achar-se porém para lá de Toul e faz-se cada vez mais compacto até Neufchâteau. Elle é muito desenvolvido nos arredores de Chaumont, em bancos espessos e regulares, por cima de calcarios amarellentos. No Auxois, todo o bathonico está no estado de calcario margoso branco amarellado, e este mesmo *facies* reaparece na Costa d'Ouro, onde entretanto a parte média do bathonico fornece a excellente pedra dura de Comblanchien. No Berri, o andar transforma-se em uma massa calcaria de bella gran, idonea para esculptura (pedra de Charly). Depois os calcarios brancos oolithicos reaparecem a Oeste, dando as bellas pedras de Vallenay, do valle do Cher e do Creusa, finalmente e sobretudo os magnificos massiços do Vienna (pedra de Chauvigny) explorados, graças ás condições tão favoraveis de sua jazida, em enorme escala.

**3º Callovico e Oxfordico.** — Os andares callovico o oxfordico de Nordeste, difficeis de separar, começam por um minereo de ferro argiloso (minereo de Poix), coroado por argilas que supportam ora bellas campinas, ora as partes mais ricas das mattas do Argonna. Vem em seguida, formando *cristas* escarpadas, uma camada silicosa, com grez poroso (*gaize*) que se transforma no Mosa em concreções duras chamadas *chailles*. O apice consiste em um *oolitho ferruginoso*, que se explora em Neuvizy e em Launois, onde elle é muito fossilifero.

O conjuncto diminue a pouco e pouco de espessura entre a Lorena e o Berri, ao poncto de reduzir-se ora a uma simples ca-

mada de minereo oolítico, ora a uma camada de margas com pequenos ammonites pyritosos. Mais a Oeste, a base torna-se calcária e mal se distingue do bathonico. Muitas das bellas camadas de pedra branca do Poitou pertencem ao callovico.

**3º Rauracico e Sequanico.** — O rauracico (antigo corallino dos auctores), todo calcario, chega a grande espessura nas Ardennas e no Mosa, onde se apresenta, não mais em massiços irregulares de calcario cavernoso, mas em possantes camadas bem regulares, geralmente oolíticas, como os calcarios de S. Mihiel, de Lérrouville e de Commercy, que fornecem estimada pedra de cantaria. Vêm por cima calcarios lithographicos em bancos finos regulares, muitas vezes com pequenas bivalves chamadas *astartes*, d'onde o nome de *astartico* que se tem applicado ao mesmo andar.

O rauracico transforma-se no Alto-Marne, na passagem do antigo estreito que unia a bacia de Pariz ao mar do Jurá. Torna-se elle cada vez mais margoso e lithographico. A Oeste do Morvan, na Caridade, reaparecem os oolithos por um momento. No Berri porém, volta o *facies* de vasa, ao passo que os oolithos es transportam para o sequanico, dando a pedra bronca coralligena do Castello, perto de Burges. O mesmo factó já se havia dado no Yonna, onde a pedra de Tonnerre pertence a este horizonte superior. Assim, para o lado de Sudoeste, as construcções corallinas manifestaram-se mais tarde do que na Lorena; mas seu apparecimento foi apenas passageiro, e vemos surgirem por cima, pondo fecho ao sequanico, novos calcarios lithographicos, faceis de confundir com os que supportam o calcario do Castello e que constituem as planicies uniformes dos arredores de Chateauroux. Margas com *espongiarios* separam estes calcarios inferiores do oxfordico, lembrando um *facies* ainda mais desenvolvido no Franco-Condado e na Argovia.

Em resumo, a partir do oxfordico, os calcarios construidos pelos polypeiros mostram-se diversas vezes na orla da bacia de Pariz. Mas, como era de esperar, não são alli continuos, e seu encontro depende da distancia do poncto considerado ás antigas praias, como tambem do regimen do mar nesta região. Assim é que não os ha no logar do estreito que separava então o Morvan dos Vosgos e onde as correntes não permittiram sinão o regimen de vasa.

**5º Andares kimeridgico e portlandico.** — Margas ou argilas cheias d'*Exogyra virgula* formam o kimeridgico nas Ardennas e

no Mosa. Assim os sedimentos detriticos assumiram preponderancia nesta epocha, mas o calcario lithographico ainda volta frequentes vezes. Neste momento aliás, a extensão do mar anglo-pariziense restringe-se cada vez mais e, para achar camadas superiores ás *margas virgulinas* é mister entrar no Barrois. Estas camadas são leitos calcarios regulares, mas pouco espessos, com folhetas margosas intercaladas, que formam, em mais de 100 metros, os *calcarios lithographicos do Barrois (portlandico inferior)*. No alto, tornam-se estes calcários cavernosos, cariados, e perto do ponto onde vão definitivamente desaparecer debaixo dos sedimentos infracretaceos, encontra-se na sua parte superior um oolitho amarellado chamado *vacuolar* (pedra de Chevillon e de Savonnières).

**Região do Jurá.** — Como na Lorena, o bajocico do Jurá começa pelo *calcario de entochios* que representa, no Franco-Condado, o mesmo papel orographico que na Borgonha. Mas o bathonico inferior está no estado de margas com pequenas ostras (margas de Vesul ou *vesulinas*). Quanto ao grande oolitho, muitas vezes qualificado de *forest-marble* pelos geologos do Franco-Condado, esse é branco, compacto e termina por laminas calcarias de elementos crystallinos (*lage nacarada* de Thurmann).

O oxfordico é constituido por margas de ammonites pyritosos, assim como por calcários argilosos hydraulicos de *chaille* (concreções silicosas que frequentemente encerram articulos de crustaceos). Attenta a predominancia dos elementos argilosos, o oxfordico resistiu menos á erosão do que os calcarios bathonicos e rauracicos, entre os quaes se intercalou. Por isso cavaram-se numerosas depressões, dominadas de um lado e d'outro por cristas de calcario rauracico. Estes valles são occupados por campinas, e o apice do oxfordico serve de superficie de emergencia para as nascentes que reúnem o producto das infiltrações vindas atravez dos calcarios.

No Jurá francez e argovio, o rauracico não se distingue mineralogicamente do oxfordico. São ahi frequentes as margas com espongiarios, e os calcarios oolithicos de polypeiros só apparecem em nivel mais elevado do que o do corallino oolithico da Lorena. Em compensação, o *facies* oolithico invade o sequanico e o kimeridgico. Bellos recifes de pedra branca de grã fina, com generos particulares de diceras, pertencentes ao segundo d'estes andares, mostram-se nos arredores de São-Claudio (Valfin, Oyonnax) e de Nantua (Charix), e attingem a uma amplidão especial nas margens do Rhodano, em Pierre-Châtel. Recifes da mesma

idade ou quasi, transformados em marmores roseos, dão as pedras de Sto.-Ylia e de Damparis, perto de Dôle. Aparecem tambem alguns leitos de oolithos no kimerigico superior, coroados por *dolomias*, e estas por sua vez coroadas em alguns pontos por margas e calcarios lacustres de fosseis d'agua doce, correspondentes ao *Purbeck* inglez. Assim como na epocha do triasico, parece que as dolomias ou calcarios magnesianos annunciam a emersão do massico jurassico. Esta emersão era facto realizado no fim do periodo jurassico. Mas o mar não estava longe e ia brevemente readquirir a posse do seu velho dominio.

**Typo mediterraneo do systema jurassico superior.** — Apenas passado o Jurá, chegamos a regiões em que os mares jurassicos eram largamente abertos. Si esta mudança não se traduz de modo muito manifesto nos sedimentos inferiores ao rauracico, pelo menos, d'este ultimo andar em deante, observa-se uma notavel modificação no modo de ser das camadas. O rauracico e o sequanico são todos pelagicos e terminam com uma zona de calcarios margosos celebre sob o nome de zona do *Ammonites tenuilobatus*. Por cima apresentam-se, no Salève perto de Genebra, no Échaillon juncto a Grenoble, no Hérault em Ganges, calcarios brancos coralligenos, de aspecto frequentemente ruiforme. Mais longe porém da antiga praia, já



Fig. 112. — *Aptychus*.



Fig. 113. — *Terebratula* (*Pygope*) *diphya*.

não ha sinão eschistos margosos contendo *Aptychus* (fig. 112), isto é orgãos internos d'ammonites, ou calcarios compactos, com um typo especial de terebratulas perforadas (fig. 113), *Terebratula diphya*, *T. janitor*. São, por exem-



plo, os calcários compactos da Porta de França em Grenoble. Bem no apice occorrem os calcários e margas de Berrias (Ardèche), com *Terebratula diphyoides*, equivalente marinho das camadas de Purbeck e que se tornam, em Grenoble, os calcários de cimento da Porta de França.

O typo pelagico dos calcários de *Diphya*, para o qual Oppel creou o nome de *lithonico*, acha-se ainda na Italia, na Hispanha meridional, na Sicilia e nos Carpathos, onde aqui e acolá se encontram calcários de nerineas e de polypeiros (Rogoznik, Stramberg). Mas muitas vezes tambem não ha fosseis, e só se acham calcários marmoreos com silex.

Os calcários do jurassico superior dos Carpathos apresentam-se, em consequencia de deslocamentos, recortados em recifes (*Klippen*), d'onde lhes veio a denominação de *Klippenkalk*.

**Recúo dos recifes jurassicos.** — O recúo das construcções corallinas para o Sul é facto sobre o qual convem que nos detenhamos por um momento. Na epocha do *coral-rag* propriamente dicto, havia recifes até á Inglaterra. Pouco mais tarde, vê-se que os calcários coralligenos de *Diceras arietinum* se desenvolvem sobretudo na Lorena e no Jurá septentrional. Depois os recifes transportam-se para o Sul na epocha que corresponde aos calcários de Tonnerre e de Burges. Mas logo após, já não ha n'estas regiões sinão tenues vestigios oolithicos no sequanico, ao passo que no mesmo momento se erguem os bellos recifes de Bugey. Finalmente, ainda mais tarde, é no Languedoque, no Delphinado e na Provença, até então desprovidos de construcções carallinas, que os devemos ir procurar.

Não considerando sinão este conjuncto de factos, poder-se-hia crêr que, durante o fim da epocha jurassica, a zona tropical diminuiu progressivamente de largura. Reflectindo porém que existem, no Wurtemberg e na Baviera, recifes contemporaneos do de Valim, parecerá mais pro-

vavel que a causa da recuo dos coraes deve ser procurada na emersão progressiva da Europa. Similhante emersão, atirando o mar para o Sul, não podia deixar de repellar ao mesmo tempo os polypeiros constructores, que formam sempre, na orla dos continentes, uma franja voltada para a mar alto. É certissimo todavia que, desde a epocha jurassica, a fauna dos mares boreaes estava muito claramente differenciada da do oceano mediterraneo.

**Typos diversos do jurassico superior.** — Só nos resta mencionar alguns modos de ser particulares dos sedimentos jurassicos em diversas regiões. Primeiro cumpre assignalar a composição especial do kimeridgico e do portlandico em certos pontos da Baviera e do Wurtemberg, particularmente em Solenhofen. São calcarios em finas laminas, onde se encontram, notavelmente conservados, *Archæopteryx* com a impressão de suas pennas, pterodactylos, peixes, insectos e até medusas. Muitos bancos dão, graças á finura de sua gran, excellente pedra lithographica.

De mais, existem calcarios analogos em França no lago d'Armaille, perto de Belley, em Cerin e em Morestel (Isère),

O oolitho inferior occupa, no Norte da Russia e da Asia, consideravel superficie; é representado por grezes e eschistos com jazidas de combustivel e impressões vegetaes similhantes ás de Scarborough. Entre estas impressões, ha algumas que são identicas desde a Inglaterra até o fundo da Siberia, e uma differença de latitude de 20 graos parece não ter influencia sobre a flora, em toda a parte composta dos mesmos typos.

O continente ao longo do qual se formavam estes depositos era banhado ao Norte por um mar que tomou, desde a epocha callovica, grandissima extensão, espalhando pela maior parte da Russia argilas, de côr escura, com os restos de uma fauna marinha boreal. Esta fauna, charac-

terizada por grandes belemnites e pelo desenvolvimento particular de certas familias de ammonites, encontra-se desde Speeton na Inglaterra até o alto Volga. Colhe-se ali abundantemente um lamellibranchio, *Aucella*, que tambem apparece na Siberia septentrional, no Spitzberg e na Colombia ingleza. Este mar do Norte communicava-se aliás livremente com o da parte média da Europa. Parece portanto que a grande differença das faunas não se pôde explicar sinão pela influencia da latitude, que pela primeira vez se sentiu nos mares.

O jurassico superior marinho observa-se na Abyssinia e em Madagascar. Havia crescido pois a brecha do continente indo-africano. Não existe porém vestigio algum de depositos d'esta idade, nem no littoral occidental da Africa, nem na costa oriental da America do Sul. N'esta ultima, o mar só cobria então a região dos Andes. Da mesma fórma, na America do Norte, elle apenas attingia á foz do Mississipi, mas alagava em parte o territorio das montanhas Rochosas. Na sua orla formavam-se depositos lacustres ou salôbos, encerrando restos de repteis extraordinarios, como o *Atlantosaurus*, dinosaurio gigantesco, cujo comprimento chegava a 34 metros!

§ 5.º

**SYSTEMA CRETACICO : 1.º SERIE INFRACRETACEA**

**Characterísticos geraes do periodo.** — Quando se abre o periodo infracretaceo, o mar boreal conserva o mesmo regimen, ao poncto que uma transição absolutamente continua, entre o jurassico e o cretacico, se observa no que os geologos russos denominaram os depositos *volgicos*. Desaguam grandes rios neste mar, trazendo para seus estuarios sedimentos particulares chamados *weal-*

*dicos* (de Weald, na Inglaterra), que vão do Sul de Inglaterra, pela Normandia, Flandres e Belgica, até o Hannover.

N'este interim, os paizes mediterraneos conservam o privilegio dos depositos pelagicos, e alli tambem o facies *tithonico* tanto continua, que a transição do jurassico para o cretaceo é insensivel no Delphinado, nos Alpes meridionaes e na Italia. N'estes mares meridionaes, é uma familia nova, a dos *rudistas*, que vem representar, nas construcções devidas á actividade organica, o papel que coube aos diceras na epocha jurassica. Finalmente o inicio do periodo assignala-se, na America como na Europa, pelo apparecimento das primeiras plantas dicotyledones angiospermas; facto importante, si ponderarmos que estas plantas são mais particularmente proprias para a nutrição dos mammiferos, ao mesmo tempo que, pela sua organização, ellas se accommodam com o jogo das estações.

A serie infracretacea, nas regiões onde é inteiramente marinha, offerece uma interessante successão de faunas, que motiva a sua divisão em quatro andares. O andar inferior ou *neocomico* (de Neufchâtel na Suissa) prende-se intimamente, pela sua base, aos ultimos depositos jurassicos. É nas partes superiores do neocomico que principia o desenvolvimento dos cephalopodes de voltas desenroladas, os quaes logo preponderam, emquanto uma repelição das condições coralligenas traz, em certos pontos, o deposito de calcarios brancos de *requienias*. Esta segunda epocha comprehende os andares *barremico* (de Barrême, nos Baixos Alpes) e *aprico* (de Apt). Finalmente a quarta epocha, chamada *albica*, corresponde á volta do mar para as regiões do Norte, e sua fauna, conforme os grupos organicos que considerarmos, pôde ser ligada tanto ao que precede como ao que se segue. Conservaremos o albico na serie infracretacea, para não termos, no cretaceo propriamente dicto, sinão os depositos correspondentes áquella

phase de calma oceanica que a formação da greda tanto caracteriza.

**Typo pelagico da serie.** — O typo pelagico da serie infracretacea, que abarca toda a região mediterranea e começa a manifestar-se, em França desde o Delphinado, comprehende na base margas de belemnites chatos, calcarios margosos e compactos, e por fim camadas de pequenos ammonites ferruginosos que formam o neocomico propriamente dicto. Por cima apparecem os *calcarios de crioceros*, que dão a cal hydraulica de Cruas e de Teil, e em cujo horizonte se mostram, em Orgon e na Grande-Cartuxa, os calcarios brancos chamados *urgonicos de requienias* (*caprotinas* dos auctores antigos), verdadeiros recifes corallinos, ou calcarios com silex.

A esta camada succedem os calcarios margosos de grandes crioceros (*Ancyloceras*) da Bedoule, supportando as margas *aplicas* de pequenos ammonites, plicatulas e belemnites, de Apt e de Gargas.

Neste momento, retira-se o mar para o Sul e o andar albico não é representado, na região, sinão por grezes verdes de formação littoral. E a jazida dos nodulos phosphatados de Clansayes e de São-Paulo-Trez-Castellos.

**Região jurassica.** — No Jurá e nas vizinhanças de Neufchâtel, onde as condições eram mais littoraes, sensivelmente diversa é a natureza dos sedimentos. Por cima de um calcario branco, coralligeno (*valanginico* dos geologos suissos) coroado por um minereo de ferro ou por um calcario ruivo, vêm as *margas d'Hauterive* e os *calcarios amarellos* de spatangos ou de *Toxaster* de Neufchâtel e de Pontarlier. O barremico está ainda no estado de calcarios brancos de requienias, que formam as escarpas da Porta do Rhodano; o aptico porém é apenas indicado por grezes e areias, e o albico não se revela sinão por fragmentos de insignificante extensão fincados em dobras ou falhas do massico jurassico. Estes fragmentos e outros do neocomico, preservados nas mesmas condições juncto á costa de Chalon, bastam para mostrar que o mar infracretaceo chegou pelo Jurá á bacia de Pariz.

**Parte oriental da bacia de Pariz.** — No bordo oriental da bacia pariziense, durante a epocha infracretacea, o mar, voltando depois de uma emersão contemporanea dos depositos de Purbeck, esteve em constante lucta com as aguas continentaes. Observam-se por isso frequentes alternativas entre os sedimentos marinhos e os d'agua doce. No Alto-Marne, a serie começa por uma marga de ossadas de tartarugas, a qual supporta um minereo de ferro constituido por um grez ferruginoso cavernoso ou geodico, sem fosseis. Os *calcarios de spatangos*, que vêm em seguida, annunciam a invasão do mar que, chegando de Sudeste, avançou para Oeste até Sancerrois, e persistiu por algum tempo, depondo no Aube e no Alto-Marne, em seguimento aos calcarios de spatangos, argilas cheias de ostras (*argilas ostreicas*) e limacinos (*marmore de Chaource*). Depois a volta das condições continentaes trouxe o deposito de grezes variados e de *argilas multicores* (vermelha e branca), com minereo de ferro em grãos, contendo fosseis fluviaes. Por fim o mar aptico inundou novamente a região, depositando argilas azues com *plicatulas*. Vieram em seguida *areias verdes*, extendendo-se não só sobre a Argonna e a Champanha, mas guarneecendo toda a bacia de Pariz e formando, graças á sua porosidade, o reservatorio d'agua subterraneo onde virão alimentar-se os poços artesianos da capital. Foi então que os sedimentos argilosos do *gault* ou andar albico cobriram de novo este conjuncto, e o mar, em livre communicação com o Norte, atirou sobre as praias das Ardennas, do Aube, do Yonna, numerosos restos de ammonites, muitas vezes transformados em *phosphato de calcio*. Depois as aguas clarificaram-se e um grez argiloso de cimento de silica hydratada, a *gaiza*, rocha porosa com concreções de silex fundidas na massa, cobriu toda a Argonna, em cuja orographia esta *gaiza* se desenha hoje pela sua tendencia a formar cristas escarpadas.

**Europa septentrional.** — A mixtura de sedimentos marinhos e de depositos d'agua doce, que vimos produzir-se desde a orla oriental da bacia de Pariz, deixava prever que, avançando ainda na direcção de Noroeste, veriamos prevalecer cada vez mais o regimen continental. É de facto o que acontece, e, desde a Normandia e a Inglaterra meridional até ao Hanover, a parte inferior da serie infracretacea é constituida quasi exclusivamente por formações

d'agua doce. O typo d'estes depositos existe na Inglaterra, na região denominada *Weald*, o que fez dar ás formações o nome de *wealdicas*. São sedimentos de lagos, de rios ou de estuários, onde dominam areias brancas, violaceas ou ferruginosas, com restos de fetos; grezes ferruginosos ás vezes bastante ricos para servirem de minereos de ferro; argilas cinzentas, vermelhas ou variegadas, frequentemente refractarias, antes em montes ou em ninhos do que em camadas regulares. Em alguns pontos, intercalam-se leitões de fosseis marinhos, mostrando que se tracta de depositos formados na vizinhança do mar, quando a principal massa do continente era situada a Oeste para o lado da Inglaterra e da Normandia, ao Norte para a Flandres e o Hainalto, ao Sul para o Hanover.

Este modo de sedimentação prevaleceu em toda a Normandia e até além do meridiano de Beauvais, como testemunham as camadas sublevadas, com argila de louça, do Paiz de Bray. Estendeu-se sobre o Bolonhez, Flandres e o Hainalto (onde argilas d'esta idade, caídas n'uma fenda do terreno carbonifero, deram uma esplendida colheita de esqueletos de *Iguanodon*); finalmente sobre o Hanover, onde a *argila wealdica* é rica de *paludinas*, molluscossilhos d'agua doce, ao passo que o *grez wealdico*, no qual estão intercaladas camadas de combustivel mineral, proveniente de coniferas, fornece uma boa pedra de cantaria.

É só inteiramente ao Norte da Inglaterra, nas falejas de Speeton, que o facies marinho apparece desde a base da serie, continuando sem interrupção o que se deu no mesmo ponto no fim dos tempos jurassicos. E este mar boreal, sempre caracterizado pela abundancia dos belemnites, torna-se a encontrar na Russia, em Moscou assim como no Volga. A datar do barremico, manifestam-se symptomas de submersão, trazendo na Inglaterra e no Bolonhez o deposito do *grez verde inferior*, logo seguido do da argila azul de *gault*, muito desenvolvida e muito fossilifera em Folkestone. Esta ultima termina na Normandia por um

grez argilo-silicoso ou *gaiza*, identico á rocha que se observa na Argonna no mesmo nivel.

Os mesmos andares aptico e albico são marinhos no Hanover, onde se apresenta o ultimo no estado de *margas tostadas*. É a approximação do mar boreal que se faz sentir. Até o fim, este mar semeou depositos fossiliferos no Volga.

**Regiões diversas.** — Ausente da Aquitania propriamente dicta, a serie infracretacea reaparece nos Baixos-Pyreneus, onde o gault se torna coralligeno. O mesmo succede na Hispanha e nas Corbières, onde os calcarios de *Toucasia*, outr'ora confundidos com os do barremico, se escalam em alturas differentes no aptico e no albico. Isso prova ainda, como para a epocha jurassica, que houve um recúo meridional das condições coralligenas, que, no Norte, nunca se apresentaram tão em cima.

Portugal é curioso pelos depositos de estuario de edade aptica ou albica, e offerece os primeiros vestigios europeus de vegetaes angiospermos. Esta classe appareceu porém mais cedo na America, onde ella se apresenta nas *camadas do Potomac*, intermediarias entre o jurassico e o infracretaceo. O mar infracretaceo não cobriu aliás sinão a região do Texas.

Este mesmo mar invadiu apenas a orla da Africa e a America do Sul, excepto na região dos Andes.

O verdadeiro regimen pelagico da epocha reinou nas regiões mediterraneas, ao menos por occasião do neocomico, representado nos Alpes venezianos e no Apennino por calcarios de cephalopodes e de *Aptychus*, no Friul, na Istria e na Dalmacia por calcarios de rudistas. Ao longo porém dos Alpes orientaes, cujo eixo crystallino devia então estar emerso, em uma especie de depressão que havia ao Norte desde a Suissa até os Carpathos, depositavam-se grezes eschistosos, chamados *grezes de Vienna* ou *grezes carpathicos*; estes grezes estabelecem uma



transição continua entre o cretaceo e o terciario, e denunciavam uma sedimentação muito especial, sem duvida em relação com os movimentos precursores da sublevação alpina.

## § 6.º

## SERIE SUPRACRETACEA

**Extensão e divisões da serie.** — A serie *cretacea* ou *supracretacea* é bem desenvolvida nas partes temperadas do hemispherio boreal, onde offerece dous *facies* distinctos : um, septentrional, caracterizado pela *greda*, rocha branca sem consistencia, rica de envoltorios calcarios de globigerinas e de belemnites ; outro, meridional e essencialmente mediterraneo, onde dominam os *rudistas*, representantes hoje extinctos d'um modo de actividade organica analogo (mas não identico) ao dos animaes coralligenos.

O primeiro andar cretaceo é o *cenomanico*, assim chamado de Mans, onde existe no estado de areias e de grezes. O segundo é o *turonico*, formado pela *greda tophacea* de Turena. O terceiro ou *senonico* (1) corresponde á *greda branca* de Sens e da Champanha. Finalmente um ultimo andar, chamado *danico* porque o seu typo foi tomado na Dinamarca, comprehende os depositos muito raros, cuja formação precedeu e, de alguma fórma, preparou a vinda da era terciaria.

**Bacia de Pariz : 1.º Andar cenomanico.** — No começo da epocha cenomanica, o mar que, por occasião do *gault* não pas-

---

(1) O *senonico* pode ser sub-dividido, graças á existencia de duas faunas distinctas de cephalopodes, em dous andares : na base, o *emscherico* (do *Emscher grund* na Westphalia ; no apice, o *alurico* (das margens do Adur).

sava a Oeste além d'uma linha do Sancerrois á foz do Sena, invadiu até os confins da Bretanha. Emquanto porém os sedimentos calcários têm de dominar em todo o Norte e Leste da bacia de Pariz, um regimen mais agitado vae provocar o deposito de areias desde o Berri até ás proximidades da Normandia.

Á roda de Mans, estas areias, muitas vezes ferruginosas e agglomeradas em grezes, dividem-se em duas camadas: na base, as *areias e grezes do Maina*; no apice, as *areias do Percha*, coroadas por um cordão de *margas* brancas de *ostraceos*, assim denominadas por causa da abundancia das ostras, e que attestam a invasão da bacia de Pariz por um regimen que tinha então sua principal expansão na Aquitania. Afastando-se para Nordeste, vê-se, como em Nogent-le-Rotrou, que uma camada calcaria se intercala primeiro entre as duas massas de areias, e depois substitue-se a ellas totalmente. No valle do baixo Sena, todo o andar é só formado d'uma *greda glauconica*, isto é, salpicada de pontos verdes de *glauconia* (1) e celebre pela camada fossilifera da costa Santa Catharina em Ruão.

Continuando a avançar para o Norte, a glauconia concentra-se cada vez mais na base do cenomanico e o resto fórma, nas falejas do Passo-de-Calais, um massiço de *marga gredosa (chalk marl)* ou de *greda cinzenta*, que alimenta as fabricas de cimento do Bolonhez. Em Flandres, estas margas tornam-se verdadeiras argilas, azues ou verdes (*dièves* dos mineiros), e a glauconia da base muda-se n'um podingue de seixos rolados, chamado *tourtia*, que quasi em toda a parte repousa sobre os terrenos primarios, accusando o effeito da invasão marinha sobre um solo desde muito emerso.

Á medida porém que nos afastamos da antiga illota das Ardenas, reaparece o *facies* gredoso, e o cenomanico, superposto em concordancia com o gault ou com a gaiza, é uma greda com ou sem silex, com moldes d'ammonites, que continúa até o Loira. Mal se atravessa este rio, começam as areias a mostrar-se em diferentes niveis no meio das margas aproveitadas para o melhoramento da Solonha, agglomerando-se em Vierzon em grezes. De mais, os ostraceos apparecem no apice, preparando o *facies* destinado a prevalecer a Oeste.

2.º **Andar turonico.** — Ainda bastante variavel de uma ponta á outra da bacia, o andar *turonico* é todavia mais homogeneo do

---

1. Outr'ora confundida com o *chlorito*, d'onde o nome de *greda chloritada*.

que o precedente e denuncia um regimen mais uniforme. Na Turena é uma greda micacea chamada *tophello*, muito facil de cortar (pedra de Bourré), que vem á flôr do solo nos valles do Loir e do Cher, onde as antigas pedreiras se tornaram habitações subterraneas muito caracteristicas; mas na Normandia, o andar é formado d'uma greda margosa de *inoceramos* (fig. 114), que se acha outra vez quasi identica no Bolonhez, e que é explorada quasi por toda a parte como cal. São raros ali os silex, sobretudo na vizinhança do Passo-de-Calais. Argiloso nas Ardennas, margoso na Champanha onde dá, perto de Valmy, cal hydraulica, o turonico mostra-se cada vez mais gredoso para o Sul, até ao ponto onde desaparece debaixo de espessos depositos terciarios, que impedem de o acompanhar entre o Loira e o baixo valle do Cher.

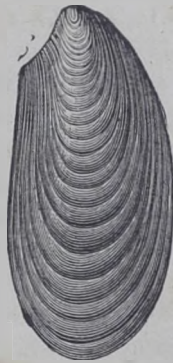


Fig. 114. — *Inoceramus labiatus*.

3.º Andar senonico. — A uniformidade das condições de deposito accusa-se ainda mais claramente com o *senonico* que, até á vizinhança das margens da bacia, denota pela sua composição um regimen marinho extraordinariamente calmo, propicio ás *globigerinas*. Salvo algumas differenças na gran da rocha, assim como no numero e na disposição dos nodulos de silex, é por toda a parte uma greda branca, quasi sempre tenra, ás vezes marcante como giz, propria para o adubo das terras ou para fabrico de cal e de acido carbonico para os engenhos de assucar.

Os silex formam ali cordões horizontaes de nodulos, espaçados de 1 a 2 metros na media, e ás vezes, como no valle do Sena, os nodulos reúnem-se em bancos continuos. Os silex resultam da concentração, em torno de fragmentos de conchas ou de outros centros de attracção, da materia silicosa que, na origem, se achava intimamente mixturada com os restos calcarios miudos que constituem a massa da greda. É provavel que esta materia silicosa tenha sido fornecida ao mesmo tempo por espiculas de esponjas e por algas microscopicas, da familia das diatomaceas. A concentração da silica foi effeito d'um phenomeno molecular analogo ao que, n'uma pasta homogenea entregue a si mesma, determina a *separação* dos diversos elementos, que só um remechimento artificial mantinha em mixtura intima.

Si a greda é com certeza uma formação de mar calmo, não ha motivo para pensar que o mar onde ella se depoz fosse muito

profundo. O papel das globigerinas não era ali preponderante. Bryozoários, ostras e bivalves associaram-se aos foraminíferos.

O conjuncto da greda senonica é muito homogêneo, e por isso, sem o auxílio da Paleontologia, é difícil estabelecer-lhe as divisões. Similhante dificuldade é sobretudo sensível na Champanha, onde o senonico e o turonico, ambos quasi desprovidos de sílex, vêm á flôr da terra em vastas planicies onduladas e estercis, que formam a *Champanha miseravel*.

Pode-se distinguir no senonico uma massa inferior caracterizada pelos ouriços de mar do genero *Micraster*, e uma massa superior, onde apparecem os *belemnitellos*. A primeira é algumas vezes dura e *nodulosa*, como na Normandia e na Picardia, onde se extrahem d'ella pedras de cantaria, por exemplo em Caumont, em Vernon e no valle do Noya. As partes superiores são frequentemente endurecidas e amarelladas por infiltrações magnesianas (Beynes, Breteuil, Villers-Carbonnel, Marle, etc.). A greda de *belemnitellos* comprehende primeiro a *greda de Reims* com *Bel. quadrata*, depois a *greda de Meudon* com *Bel. mucronata*.

Muito possante e mineralogicamente muito homogênea em torno de Sens, a greda branca muda um pouco de feição no Norte, onde o apparecimento de alguns ammonites indica a junção com uma bacia septentrional mais largamente aberta. Da mesma forma, na Turena, o senonico, pouco espesso, consiste em uma greda amarella, chamada *greda de Villedieu*, com ammonites, depositada num estreito que estabelecia a communicação da bacia de Pariz com o mar aquitanico.

A actual distribuição dos depositos senonicos só dá idea incompleta da extensão do mar em que elles se formaram. Em muitos pontos das Ardennas, do Morvan, do Sancerrois, encontram-se sílex, muitas vezes fossilíferos, da greda branca. Ora estes sílex são esparsos, ora se encontram em conglomerados espessos, cujos materiaes não soffreram transporte algum e provêm da destruição *in loco*, por agentes mais chemicos do que mechanicos, d'um antigo massiço gredoso. O mar senonico, no principio pelo menos, teve portanto mais extensão do que os outros mares cretaceos.

É licito então affirmar que um braço d'este mar, passando pela Borgonha, foi reunir-se ao oceano cretaceo da região alpina e provençal. E ainda melhor: a presença, no Drôme e nos Alpes-Maritimos, de ouriços identicos aos da bacia de Pariz, attesta que então o regimen septentrional conseguia fazer-se sentir aqui e acolá até á latitude de Nice, no meio de uma região onde se

desenvolviam normalmente os rudistas característicos do regimen mediterraneo.

Indubitavelmente era determinada esta invasão por correntes vindas do Norte, e que formavam de alguma sorte o reverso das que, pelo Poitou e pela Turena, traziam no mesmo momento, para a bacia de Pariz, uma invasão da fauna da Aquitania.

Mas, na epocha dos belemnittellos, o dominio do mar senonico do Norte achava-se sensivelmente reduzido, e, em varios pontos da Picardia, a composição dos depositos d'esta idade denota o restabelecimento das condições littoraes. Devem ser classificadas n'esta categoria as *gredas phosphatadas* recentemente descobertas no Oisa, no Somma e no Passo-de-Calais, gredas cuja destruição parcial, por agentes chimicos, deu logar ulteriormente á formação das *areias phosphatadas* ricas de Beauval e de outras localidades. Estas gredas estão na base da camada de belemnittellos.

Para termos o apice do senonico, faz-se preciso ir ao Cotentino, ás cercanias de Valognes, onde desponta o *calcario de baculites*, rocha branca-amarellada, com ammonites e escaphites. A serie completa-se porém no Hainalto, com a *greda de Cibly*, e no Limburgo com a *greda de Maestricht*. Foi nas pedreiras de *tophello* d'esta localidade que se colheram as ossadas do grande reptil chamado mosasauro.

4.º **Andar danico.** — O mar *danico* não deixou, na superficie da bacia parisiense, sinão fragmentos esparsos de um calcario fino chamado *pisolithico*. É encontrado elle em Meudon, em Vigny, em Laversine perto de Beauvais, e no Monte Amado, defronte de Vertus. Este calcario, em geral discordante com a greda, só representa o apice do andar danico.

**Europa septentrional.** — A greda da Inglaterra pertence á mesma bacia que a da França do Norte. Distingue-se n'ella o *gres verde superior* (em parte), depois a greda cinzenta e margosa, em seguida a greda sem silex (turonico) e a greda com silex (senonico), sem vestigio algum do danico.

Nos arredores de Aquisgrão, torna-se o senonico arenoso e argiloso. Para lá d'esse ponto desenvolve-se, na Westphalia e no Hanover, um *faeies vasoso pelagico*, proprio da Europa septentrional e que continúa até á Galicia, sob

a forma de margas gredosas com ammonites, cobertas na Dinamarca e na Escania pela *greda danica de Faxe*.

Si nos approximamos porém dos antigos massiços da Saxonia e da Bohemia, vemos que o cenomanico, no estado de grez (*Quadersandstein*) repousa directamente sobre o micaschisto, com uma camada que encerra os primeiros vestigios de plantas dicotyledones. Depois as margas (*Plæner*) e os grezes (*Quader*) alternam por varias vezes no luronico e no senonico da Suissa saxonica.

**Sudoeste da França, Pyreneus.** — Na bacia de Charentes, a *transgressividade* da greda denuncia-se pela superposição directa do cenomanico aos depositos oolithicos, sem traços de infracretaceo. Ao mesmo tempo, desde este andar, começam os rudistas a representar papel importante, e certos calcarios, chamados de *Ichthyosarcolithos*, estão cheios de grandes impressões de caprinas. A Champanha charentense é formada pelo senonico (*campanico*) bem desenvolvido nas falejas de Talmont e de Cailiau, ao passo que a *greda de Royan* representa o senonico inteiramente superior.

Revela-se composição analoga nos Pyreneus do Alto-Garonna, onde o senonico superior e o danico apresentam particular interesse. São primeiro os calcarios amarellos de Gensac, com hippurites e grandes ouriços do mar (*Hemipneustes*), depois o *garumnico*, onde camadas salbas alternam com as camadas marinhas, ainda mais bem desenvolvidas nos arredores de Tercis (Landes). N'esta ultima localidade, varios indicios attestam analogia do regimen dos mares senonicos de Sudoeste com o do mar westphalico.

**Bacia do Mediterraneo.** — O cretaceo mediterraneo contrasta singularmente com o do Norte pelo grande desenvolvimento que ali tomam os bancos de *rudistas* (hippurites, spherulites, radiolithos). Superpostas a calcarios

cenomanicos de caprinas, as construcções dos rudistas, ou *calcarios de hippurites*, apparecem desde o turonico (algumas vezes transformadas em grezes avermelhados, como em Uchaux) e continuam até o senonico superior.

Além d'isso, nesta ultima epocha, manifestam-se symptomas de emersão. Observam-se verdadeiros depositos de carvão de pedra ou de lignites (bacias de Fuveau e de Piolenc). Vêm por cima *argilas rutiantes*, que reapparecem no Languedoque e tambem nas Corbières, coroando as camadas senonicas de hippurites da montanha de Cornes, perto de Rennes-les-Bains.

Assim, na epocha danica, o regimen pelagico abandonava a Provença e os Pyreneus para transferir-se mais para o Sul, para as peninsulas mediterraneas, onde os calcarios de rudistas começam a mixturar-se com bancos de foraminiferos.

**Cretaceo americano.** — Muito poderiamos dizer sobre os typos cretaceos das regiões extranhas á Europa. Contentar-nos-hemos porém com assignalar a semilhança do regimen dos mares americanos com o das nossas regiões. Assim a greda propriamente dicta, repousando sobre o triasico sem intermediario algum, occupa a bacia do Mississippi, e não é sinão no Sul, no Texas, que se encontram hippurites. Estes reapparecem nas Antilhas, onde o cretaceo apresenta uma analogia notavel com o dos Alpes austriacos (Gosau). Faz isto pensar que uma cadeia de ilhas, sinão um continente propriamente dicto, unisse então as nossas regiões á America, e que o *regimen mediterraneo* continuasse desde o golfo das Antilhas, não só até a Asia Menor, sinão ainda até ás Indias Orientaes.

§ 7.º

## ERUPÇÕES DA ERA SECUNDARIA

**Erupções propriamente dictas.** — Na Europa occidental a era secundaria foi notavelmente pobre de manifestações da actividade interna. Parece que só na epocha triasica houve verdadeiras erupções. A base do triasico alpino é muitas vezes formada por um grez que é um ver-

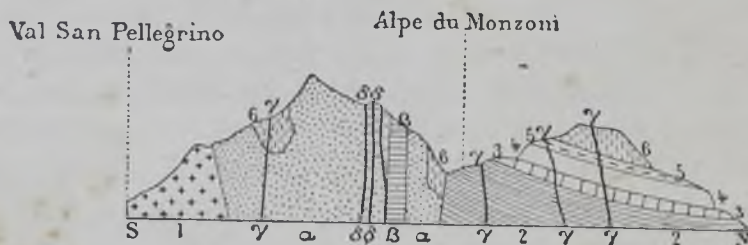


Fig. 115. — O massiço eruptivo do Monzoni (Tyrol). — 1, porphyro quartzifero; 2, 3, 4, 5, 6, camadas triasicas;  $\alpha$ , syenito chamado monzonito;  $\beta$ , porphyro pyroxenico;  $\gamma$ , melaphyro;  $\delta$ , porphyrito.

dadeiro topho de porphyro quartzifero, e no Tyrol (fig. 115), derramamentos d'um *granulito de turmalina*, d'um *syenito*, d'um *porphyro pyroxenico*, d'um *melaphyro* e d'um *porphyrito* mais de uma vez interromperam o deposito das camadas do triasico superior. Da mesma fórma, lençoes d'*euphotide* ou rocha granitoide com laminas de diallagio, transformando-se nos bordos em *variolito*, abriam caminho pelo triasico dos Alpes, e outras rochas basicas, de côr verde, classificadas na categoria dos *ophitos*, appareceram na mesma epocha no massiço pyrenaico.

Durante este tempo, lençoes de *melaphyro* espalhavam-se pelo meio das camadas triasicas dos Estados-Unidos, no Connecticut.

Na Europa oriental, especialmente na Silesia, parece



que houve algumas erupções de rochas basicas, analogas aos *diabasios*, no meiado da epocha cretacea. Outras erupções, de idade secundaria, deram-se na Criméa e na Volhynia, e é sem duvida á mesma data que cumpre referir os derramamentos granitoides, de natureza *syenitica*, do Banat austriaco.

Foi porém sobretudo nos Andes da America do Sul que, segundo parece, a actividade eruptiva se desforrou, de alguma fórma, do silencio que guardara nas nossas regiões durante os tempos jurassicos e cretaceos. Enormes emissões *porphyriticas*, em coadas e em lençoes, parcialmente submarinhas, e accompanhadas de tophos fossiliferos, effectuaram-se entre os grãos 13° e 33° de latitude meridional. Deve notar-se que erupções da mesma natureza se deram no Afghanistan, durante a epocha jurassica. O neocomico é alli quasi totalmente constituido pelos restos d'estes porphyros. Como, por outra parte, os *porphyritos* do Estado de Montana são attribuidos ao jurassico, e como no Colorado uma massa de *porphyros* e de *porphyritos* apparece em condições que parecem marcar a sua saída no fim dos tempos cretaceos, vê-se que as manifestações volcanicas estão longe de haver faltado durante a era secundaria, como por muito tempo se acreditou segundo as observações relativas á França e aos paizes vizinhos.

**Phenomenos thermaes.** — Posteriormente aos derramamentos que assignalámos, parece que houve sobretudo, na Europa, phenomenos *thermaes*. Assim é que o triasico do Morvan é percorrido por grossos veios de quartzo e certos sedimentos liasicos foram de todo silicificados por emanções semelhantes. Depositavam-se ao mesmo tempo substancias metallicas. Os fragmentos de *carbonato de cobre* abundam no triasico e no arkosio rhetico. Às vezes a *galena* (sulfureto de chumbo) enche as camadas do calcario de grypheas arqueadas, attestando que os veios de chumbo argentifero de Morvan, como os do Hartz e da

Saxonia (em parte ao menos) resultam de emanações immediatamente posteriores ao triasico e que se seguiram ás grandes erupções primarias, quasi como as enxofreiras e as fontes thermo-mineraes seguem hoje as manifestações violentas do volcanismo.

## CAPITULO V

### ERA TERCIARIA

---

#### § 1.º

#### GENERALIDADES SOBRE A ERA TERCIARIA

**Characterísticos geraes da era terciaria.** — A era terciaria ou *neozoica* póde definir-se em breves palavras: é a era em que as condições physicas e biologicas, até então notavelmente uniformes, se differenciaram ao poncto de produzirem a variedade que characteriza a era moderna.

No fim dos tempos cretaceos a Europa, reduzida a um pequeno massiço central e dotada de fraco relevo, começava a pronunciar um movimento de emersão. Através de muitas vicissitudes, este movimento vae d'aqui em diante accentuar-se, e as suas diversas phases serão assignaladas pela sublevação de altas cadeias de montanhas. Ao passo que na vizinhança da depressão mediterranea os depositos vão em geral manter a feição marinha, nas regiões septentrionaes terá larga parte o elemento lacustre ou salòbo, e a pouco e pouco o mar será atirado para os seus actuaes limites. A zona quente, depois de ter por muito tempo defendido a integridade do seu dominio, recuará inteiramente para o Sul; bastará logo a differença de latitude que se-

para a Provença da Inglaterra para passar de uma flora subtropical a florestas de coníferas, até que o resfriamento polar aos poucos ganhe terreno, e traga a retirada de todos os vegetaes que não podem accommodar-se a longos invernos.

O crescimento das massas continentaes e a variedade das condições que ellas offerecem d'ora em diante traduzem-se por notavel mudança nas faunas e floras terrestres. Vê-se apparecer ahi esta complicação organica que caracteriza o progresso physiologico, como a divisão do trabalho é signal do aperfeiçoamento das civilizações materiaes.

Os mamíferos, por longo tempo atrophiados, desenvolvem-se com extraordinario vigor e tomam posse do globo, enquanto o mundo vegetal ostenta, antes da invasão final dos frios septentrionaes, uma amplidão e diversidade até então desconhecidas. Está findo o reinado dos gymnospermos : a preponderancia pertence ás palmeiras e ás arvores de folhas caducas, cujo apogeu se verá no meio da era terciaria. Nos mares, os cephalopodes só representam um papel restricto, são pobremente representados os brachypodes, e a familia dos ammonitidas disse a sua ultima palavra. Em compensação, abundam os lamellibranchios e com elles os gastropodes, cujo desenvolvimento se explica pelo caracteristico littoral da maior parte das formações da epocha hoje emersas. Nas regiões mais francamente marinhas prosperam os foraminiferos, pelo menos no começo do periodo, e edificam construcções calcarias que se constituem a fôrma terciaria do regimen mediterraneo, como os bancos de rudistas haviam sido a sua fôrma secundaria. As faunas locais multiplicam-se, sob o imperio de condições exteriores cada dia mais diversificadas, preparando a variedade das provincias zoologicas modernas.

Ao mesmo tempo a actividade interna, que por muitos seculos adormecera na Europa, desperta outra vez dando logar, em toda a superficie do globo, a grandiosas manifestações, das quaes são apenas um echo muito enfraque-

cido os phenomenos volcanicos actuaes. Reabrem-se as antigas fendas da casca, rasgam-se novas, e nas paredes de umas e outras as emanções internas depositam materias diversas, em que dominam o ouro e a prata. Assim, pouco a pouco, prepara-se a terra para receber dignamente o homem, que tem de reinar como senhor na sua superficie.

**Divisões da era terciaria.** — A era terciaria ou *neozoica* foi dividida por Lyell em trez periodos, chamados *eoceno*, *mioceno* e *plioceno*, distinctos uns dos outros segundo a proporção das fórmas actuaes de conchas que as respectivas faunas encerram.

O progresso das observações levou alguns geologos a proporem a creação de novos termos, como o de *paleoceno* para os primeiros depositos terciarios e de *oligoceno* para o periodo de transição entre o eoceno e o mioceno, invadindo ao mesmo tempo a ambos.

Em geral concordamos hoje em reconhecer que basta dividir os tempos terciarios em dous grandes systemas: o primeiro ou systema *eogeno*, subdividido em serie *eocena* e serie *oligocena*, corresponde a um estado de cousas ainda muito differente, quanto á geographia e á fauna, do estado actual; o segundo, chamado systema *neogeno*, começa por um grande movimento de transgressão, e inaugura os enrugamentos alpinos e com elles a transformação organica de que resultam a fauna e a flora presentes. Este por sua vez póde ser dividido em serie *miocena* e serie *pliocena*.

**Periodo eoceno.** — O periodo eoceno viu dar-se um esforço caracterizado dos continentes, sobretudo da Europa, para conquistarem as suas actuaes dimensões e o seu presente relevo. Si, no principio, se faz sentir uma transgressão marinha, pelo menos ella é localizada, e, quasi em toda a parte, os sedimentos eocenos attestam a

lucta do Oceano e da terra firme, notavelmente nas regiões do Norte, onde abundam as formações de agua doce destinadas a estender-se cada vez mais ao Sul até á epocha da sublevação dos Pyreneus.

Esta lucta porém não se effectua na bacia do Mediterraneo, onde as formações marinhas conservam alguma cousa da feição particular que distinguia esta região nos periodos anteriores; quer isto dizer, vemos que ali dominam, em grande espaço, calcarios em cuja construcção os organismos tomaram parte notavel. Sómente não é mais a diceros nem a rudistas que cabe esta tarefa; é a simples protozoarios e sobretudo a *nummulites*, que mereceram dar seu nome ao conjuncto do eogeno mediterraneo ou terreno *nummulitico*.

No momento em que se abre o periodo eoceno, o clima da Europa é antes temperado do que muito quente; o inverno é ainda nullo ou quasi nullo, e a vegetação continental parece não experimentar variações sensiveis entre os grãos 40.º e 60.º de latitude. Logo depois porém, na Europa meridional, o mar nummulitico installa-se em longos sulcos. A Europa toma então physionomia africana. Debaixo da influencia d'um mar quente, que ao Sul chega até o tropico, estabelece-se um regimen de estações seccas e ardentes, alternando com estações chuvosas e temperadas, sendo a temperatura media de cêrca de 25º na latitude da Provença. Realiza-se n'essa occasião a maior elevação thermica que a Europa conheceu nos tempos terciarios. As palmeiras são abundantes em França, os coqueiros ou arvores analogas prosperam na Inglaterra, e as arvores de folhas caducas parecem ainda encantoadas nas alturas, d'onde só descerão no fim do eoceno. O periodo acaba quasi nestas condições, sem que as regiões mais vizinhas do polo cessem de nutrir uma vegetação que attesta uma média annual 28º graos superior á que hoje se encontra nos mesmos logares.

É com o eoceno que principia o desenvolvimento dos

mammiferos. Os pachydermos são preponderantes e representados por animaes analogos ás antas, cujos principaes generos são: na base da serie, o *Coryphodon*; no meio,



Fig. 116. — *Cerithium lapidum*.



Fig. 117. — *Cerithium tricarinalum*.



Fig. 118. — *Cerithium mutabile*.

*Lophiodon*; no apice, *Palæotherium*, o animal do gesso pariziense. Abundam os peixes da familia dos *esqualos*, que deixam seus dentes ponteagudos em muitos depositos da epocha. Entre os sedimentos littoraes pullulam os indi-



Fig. 119. — *Turritella fasciata*.



Fig. 120. — Cortes de nummulitesnum calcario.

viduos do grande genero *Cerithium* (fig. 116, 117 e 118), assim como as *turritellas* (fig. 119). Finalmente os mais caracteristicos dos foraminiferos eocenos são os *nummu-*

*lites* (fig. 120), assim denominados em virtude da sua similhaça com moedas, e capazes de constituir pela sua accumulacão bancos inteiros, privilegio que tambem têm outros protozoarios, como as *alveolinas*, com fôrma de fuso, e os *miliolithos* similhaentes a grãos de milho.

**Periodo oligoceno.** — O periodo oligoceno está engravado entre a sublevaçã principal dos Pyreneus e as mudanças geographicas que inauguraram o levantamento definitivo da grande cadeia alpina. Seu começo é assignalado, nas latitudes temperadas frias, por uma invasão marinha vinda do Norte, que retalha a Europa em golfos profundos. Faz-se sentir esta invasão, em França até o Gâtinais e ainda em Limagne, no valle do Rheno até Basilea, ao passo que, nas regiões meridionaes, o dominio maritimo parece antes recuar para o Sul. Na Russia, um mar, cuja praia septentrional corre do Baltico a Kiew, contorna o Ural a Léste e vae encontrar-se com a zona arctica. Sob a influencia d'este mar, o clima europeu torna-se mais temperado e menos extremado. Os typos vegetaes africanos e austro-indicos começam a retrogradar, emquanto ganham extensão os lençoes lacustres do eoceno superior.

Após esta primeira phase, o mar retira-se para o Norte, e toda a Europa, ou quasi toda, torna-se terra firme. É uma epocha de grandes lagos, tanto no Beauce e em Limagne como em Manosque na Provença, perto de Narbonna no Languedoque, na Saboia, na Suissa, finalmente em varios pontos da Allemanha, da Austria, da Italia e da Grecia. Ao mesmo tempo a Allemanha do Norte vê que predominam as lagunas propicias á producção dos lignites. A extensão dos lagos e a abundancia dos depositos de agua doce, assim como a opulencia das fôrmas vegetaes, attestam a crescente humidade do solo, reunida a um calor egual e moderado. As arvores de folhas caducas tomam visivel expansão n'esta segunda phase, sem excluir todavia



as palmeiras, que ainda prosperam além do paralelo 50.º, nem as camphoreiras, cujo limite boreal passa do gráo 55.º. A uniformidade das condições climaticas é attestada pela similhaça das floras que se tem colhido, já no Baltico em 54.º de latitude Norte, já na Eubea em 38.º.

O que caracteriza os mammiferos oligocenos é a coexistencia do pachydermo *Palæotherium* com o ruminante *Anthrocotherium*. Os ruminantes do periodo não tem chifres e os proboscideos ainda não appareceram. Entre os mammiferos nadadores, são numerosos os sirenios como o *Halitherium*. Além d'isso, abundam nos depositos littoraes os dentes de esqualos, e o genero *Potamides* (fig. 121) se desenvolve perto dos estuarios.

A flora oligocena ostenta incomparavel riqueza, associando, no lugar que é hoje o lago de Genebra, as palmeiras aos louros, ás figueiras, ás camphoreiras, ás canelleiras, aos carvalhos, ás acacias e aos bordos.

**Periodo mioceno.** — No periodo mioceno realizam-se, na geographia do antigo continente, notaveis mudanças. Desde o principio, os grandes lagos da epocha precedente exvasiam-se e os valles fluviaes se desenham. O relevo torna-se logo mais accentuado, e o mar da molassa invade uma parte notavel da Europa, ao mesmo tempo que se derrama sobre a Asia Menor oriental até o Euphrates e o lago Urmiah. Por este mar a Europa fica recortada como uma especie de archipelago indico, onde as condições se tornam eminentemente favoraveis á expansáo do mundo vegetal. Por isso, no seu todo, nunca a vegetação foi mais opulenta. O inverno ainda é particularmente brando, nunca suspende de todo a actividade da vegetação, e quando se



Fig. 121. — *Cerithium* (*Potamides*) *margaritacem*.

fecha o periodo, a camphoreira conserva o privilegio de florescer, desde o mez de Março, nas margens do lago de Constança, como hoje acontece na Madeira. Para encontrar as associações vegetaes do periodo mioceno, fôra mister actualmente descer 25 a 30 grãos para o Sul.

Depois d'esta transgressão marinha levanta-se a grande cadeia dos Alpes e o mar deixa de passar pela Suissa. De mais, correntes vindas do Norte, graças sem duvida a uma brecha nas terras que até então haviam opposto barreira ao Atlantico, trazem para certa parte dos mares mediterraneos uma fauna que



Fig. 122. — *Amphiope perspicillita*.

offerece affinidades septentrionaes. Em seguida uma ultima dobra acaba de dar fôrma aos Alpes. Isola-se o Mediterraneo quasi completamente, em consequencia do fechamento do estreito que d'antes facilitava a sua comunicação com o Oceano, entre o planalto central da Hispanha e a Cordilheira

betica. Então toda a sua porção oriental transforma-se n'uma serie de bacias salobas, á roda das quaes evoluem os herbivoros. Por ultimo, constitue-se, da Sardenha ao centro da Asia, uma larga depressão, cada vez menos salgada, na qual desponta a fauna do Caspio.

Parece que no periodo mioceno atingiram os mamiferos o seu mais alto grao de desenvolvimento. Os *proboscidos* manifestam-se com o *mastodonte* de dentes mamillosos e com o *dinotherio* de robustas presas. O *rhinoceronte* fez-se rei dos pachydermos e os herbivoros tendem a assumir preponderancia, graças á abundante vegetação de graminaceas da região meridional. É no fim do periodo que innumeros rebanhos de antilopes, veados e gazellas percorrem

as pastagens mediterraneas, em companhia dos *hipparios*, precursores dos cavallos.

Os cerithios, ou melhor, os *potamides* e os *Murex* ou rochedos são numerosos nos depositos de conchas da praias ou *faluns* do periodo. Alli se apresentam frequentemente associados a cones, a cyprestes (porcelanas) e a ouriços de mar achatados, como *Scutella*, *Amphiope* (fig. 122) e *Clypeaster* (fig. 123).

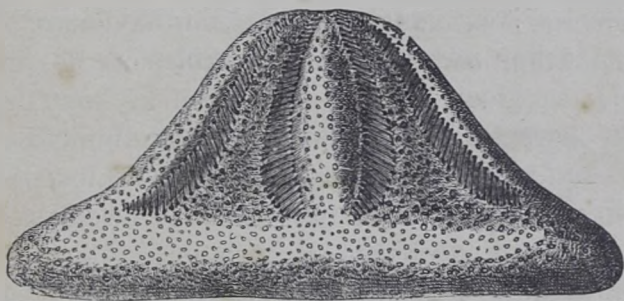


Fig. 123. — *Clypeaster allecostatus*.

A flora miocena accusa, na Europa, uma temperatura igual, clemente no inverno, chuvosa durante o verão. O resfriamento da zona temperada não se manifesta sinão pela marcha invasora das arvores de folhas caducas, notavelmente dos choupos e dos bordos, e pela raridade maior das palmeiras europeas. Mas a proporção realmente consideravel das plantas de folhas persistentes deixa vêr que a natureza vegetal não atravessava, nas nossas latitudes, phases de completo repouso.

**Periodo plioceno.** — O periodo plioceno foi inaugurado por um movimento do solo, que, desmoronando o eixo da cadeia hispano-africana recentemente levantada, creou o estreito de Gibraltar. N'este momento, viu-se o Mediterraneo invadido por uma fauna de origem atlantica, que não encerra mais nenhum dos typos subtropicaes das epochas precedentes. Uma serie de esboroamentos produziu suc-

cessivamente a cava tyrrhenica e outra que vae da Tunisia ás Cyclades sem attingir o mar Egêo, continuando toda a bacia oriental da Europa a estar sujeita ao regimen *aralocaspico*. N'este entrementes, fendia-se o Planalto Central da França e imponentes erupções volcanicas alli se produziam.

Logo depois chega ao Mediterraneo uma fauna marinha francamente boreal, a qual demonstra que as ultimas barreiras atlanticas se romperam definitivamente, e o periodo conclue-se sob a influencia d'um notavel resfriamento, com o qual começam, nos massiços montanhosos, as primeiras manifestações glaciaes.

A nota characteristic da fauna terrestre pliocena é dada pelos *mastodontes* e *elephantes*; ao mesmo tempo os *rhinocerontes* e *hippopotamos* estão no aug. de sua expansão, e afinal apparece o genero *cavallo*.

Quanto á fauna marinha, esta só se distingue da fauna actual por pequenas variantes, muitas vezes difficeis de definir.

## § 2.º

## SYSTEMA EOGENO. — SERIE EOCENA

**Divisões da serie.** — A serie *eocena* era dividida em dous andares. O primeiro au *suessonico* (cujo nome provém do Soisson), correspondia na bacia de Pariz a um regimen de sedimentação *detritica*, ora marinha, ora lacustre. A flora terrestre apresentava alli characteristics bastante antigos para que a particularizassem com o nome de flora *paleocena*. O segundo andar ou *parisiense* comprehendia, com os calcarios e com as jazidas de gesso dos arredores de Pariz, a maior parte dos *calcarios nummullicos* da bacia mediterranea. Accusava elle ao Norte uma lucta

constante do Oceano com a terra firme, lucta que terminou com a victoria d'esta.

Hoje divide-se cada um d'estes andares em trez, a saber; quanto ao primeiro: *thanetico* (da ilha de Thanet na Inglaterra), *esparnacico* (de *Sparnacum*, Epernay), e *ypresico* (de Ypres em Flandres); quanto ao segundo: *lutecico* (de *Lutetia*, Pariz), *bartonico* (de Barton, na Inglaterra), e *ludico* (de Ludes) ou *priabonico* (de Priabona no Vicentino). Ao passo que o thanetico corresponde a uma invasão das correntes frias do Norte, o lutecico revela ao contrario a influencia das correntes do meio dia, traduzindo-se pelo desenvolvimento dos nummulites na bacia de Pariz, assim como pela expansão, n'estas paragens, d'uma vegetação de palmeiras e coqueiros.

**Bacia de Pariz; 1º andares inferiores.** — Parece que o mar danico do calcario pisolithico, que não deixou vestigio algum ao Norte de Beauvais, teve por limites o Vexim, os arredores de Montereau e a margem Sud-Este da Ilha de França até Vertus. D'ahi ganhou sem duvida o Hainalto por um estreito orientado de Sul a Norte. O primeiro mar eoceno cobre a Belgica, Flandres, a Picardia, parte da Normandia, mas apenas ultrapassa o Beauvaisis, d'onde vai encontrar, pelo Soissonnez, as cercanias de Reims. Por toda a parte, elle deposita areias, geralmente finas e glauconiosas, conhecidas pelo nome de *areias de Bracheux*, por causa dos fosseis que encerram n'esta localidade, situada ás portas de Beauvais. Outra jazida fossilifera da mesma idade é a de Châlons-sobre-Vesle, perto de Reims. No Norte, a areia glauconiosa agglomera-se frequentemente em *tophello*, tendo ás vezes por base um cordão de silex esverdeados, que descança directamente sobre a greda branca, e ahi se acha uma cyprina, do typo da de Islandia, que denuncia uma influencia septentrional.

Na margem meridional d'este mar, a principio formam-se depositos lacustres, como as *margas brancas de Meudon* e o *calcario de Rilly*, que vêm intercalar-se no apice das areias de Châlons-sobre-Vesle. Depois, mais longe da praia, são *conglomerados de silex*, produzidos pela destruição e pela dissolução da greda. Estes conglomerados cobrem o Thimerais, parte do Sancerrois, o Gâtinais, a Flandres oriental, etc.

Logo após o mar tende a retirar-se. O Norte, inclusive a Normandia, cobre-se até Compïenne de lagunas, ás quaes chegam em algumas occasiões as aguas do mar. A região pariziense está então occupada por tanques d'agua doce, cujas margens são frequentadas por pachydermos do genero *Coryphodon* e por grandes aves marchadoras como o *Gastornis*, e onde se deposita a *argila plastica esparnacica*, sarapintada de vermelho na base, cinzenta e mixturada com lignites no apice. Os dous facies soldam-se no Soissonnez; alli, leitos de seixos rolados e de ostras, alternam com fragmentos de *travertino* e com camadas de argila onde se encontram *lignites pyritosos*, explorados como cinzas para adubo de terras ou como minereos de caparosa e pedra lume. No Laonnez, areias brancas e amarellas ou grezes intercalam-se neste nivel, e seus fosseis, que são sobretudo cyrenes, annunciam um regimen salôbo. Mais ao Sul, para os lados de Montereau, a argila plastica, mais pura e sem estratificação, toma feições d'um deposito de nascentes e entremeia-se com grandes seixos rolados, formando o *podingue de Nemours*.

É no fim d'esta epocha que se depositam, nos lagos ou nas lagunas da Picardia e da Normandia, argilas variegadas e areias, muitas vezes agglomeradas em blocos de grez, hoje espalhados na base do lodo dos planaltos.

Por fim, nova invasão marinha, a invasão *ypresica*, submerge o Norte e o Nordeste, chegando ao Sul até S. Dionysio e depositando, em todo o Soissonnez e no Laonnez, uma possante camada de areias finas, de côr cinzenta amarellada, chamadas *areias nummuliticas*, por que em certos leitos abundam pequenos especimens de *Nummulites planulata*. Estas areias, muito fossilíferas assim em Cuise-la-Motte, como nas vizinhanças de Laon, ligam-se ás que no mesmo momento cobrem a Flandres e a Belgica, transformando-se aqui e acolá, sobretudo em Ypres, em argila (*argila de Flandres*).

**2.º Andares superiores.** — Depois d'esta epocha, emquanto os depositos de areias, com concreções grezosas, vão continuar na Belgica e em Flandres, dá-se uma notavel mudança na região parisiense. D'esta vez, o mar avança, ao Sul, um pouco alem de Paris: a Oeste, até Gaillon e Houdan. Cobre toda a Ilha-de-França e vae morrer nas planicies da Champanha.

A principio, o regimen d'este mar *luteico* é um pouco perturbado a Oeste, como attesta a camada *glauconiosa* de seixinhos de quartzo rolados e de dentes de esqualos, que fórma a base do andar no lugar onde faltam as areias nummuliticas (por exemplo

em Pariz). As aguas porém não tardam a tornar-se mais calmas e o *calcario grosso* allí se deposita, glauconioso a principio e caracterizado pelo *Cerithium giganteum*, depois amassado de foraminiferos (*miliolites*) e fornecendo os bancos regulares de pedra molle, chamada *vergelé*, de tão grande uso nas construcções parisienses.

Durante este tempo, nas regiões de Leste, o regimen calcario, preparado desde o apice das areias ypresicas, reina de baixo para cima, traduzindo-se no começo do andar pelo deposito dos bancos de calcario branco de nummulites (*pedra liar*) do Soissonnez, para continuar na Champanha pelos *faluns*, tão ricos de conchas, das cercanias de Damery.

Depois da formação das camadas de miliolites, dão-se symptomas de emersão na região pariziense. Um banco lacustre, chamado *banco verde*, interrompe a sedimentação marinha, que recomeça depois, mas não francamente, com as *rochas de cerithios* cheias de pequenos individuos de *Cerithium*, dos quaes muitos são typos salóbos. As *calhassas* que vem por cima, são margas e calcarios compactos de agua doce ou de lagunas. O gesso, producto da evaporação d'estas lagunas, deixou numerosos vestigios, obliterados nos ponctos de emergencia pela transformação do sulfato de calcio em calcario ou em silex.

Os fosseis d'este conjuncto ensinam-nos que então os pachydermos do genero *Lophiodon* habitavam a terra pariziense, onde cresciam livremente as palmeiras, os louros e arvores analogas aos coqueiros. Mas o mar ainda volta, na epocha *bartonica*, quasi nos mesmos limites, e deposita as *areias e grezes de Beauchamp*, em cuja parte superior o *calcario lacustre de S<sup>o</sup>-Uão* e o de Ducy annunciam frequentes tendencias á emersão. Depois a bacia transforma-se em lagôas, que se enchem aqui de margas, allí de espessas massas de gesso. É a epocha *priabonica*. No começo reaparece o mar por instantes, mas afinal retira-se. As ossadas do *Palæotherium*, que frequenta as praias vizinhas, são arrastadas para as lagôas gessosas, que se acabam de encher com margas lacustres de limneas (*margas de Pantin*). Já em muitos ponctos da bacia, aliás, *travertinos* compactos ou cavernosos, como o de Champinhy, se substituiram na parte superior do gesso, attestando a actividade das fontes contemporaneas.

Em resumo, as condições da sedimentação pariziense tornaram-se tão variaveis no espaço como no tempo. Assim acontece, aliás, desde o principio do lutecico. Por exemplo, a mesma camada que no Norte do Vexim fórma um cascalho movel de

seixos de quartzo esverdeado, torna-se perto de Mantes um calcario glauconioso muito solido, ao passo que em Grinhão é uma areia fina, notavel pela copia e excellente conservação dos fosseis. Em Provins e nos arredores, depositos d'agua doce occupam toda a altura do calcario grosso superior.

**Inglaterra.** — A mesma variabilidade de depositos, mas com menor proporção de sedimentos marinhos, e uma completa ausencia de camadas calcarias dão-se na Inglaterra, tanto na bacia de Londres como na do Hampshire, a que pertence a ilha de Wight. Enquanto as areias finas e glauconiosas de *Thanet* se reconhecem facilmente como o equivalente das de Bracheux, e os lignites do Soissonnez tem por contemporaneos as areias e argilas de *Woolwich* e de Reading, a argila de Londres (*London clay*) é um possante deposito de estuario, synchronico das areias nummuliticas. É só por areias, com camadas de argila, que é representado o nosso calcario grosseiro, ao passo que as areias de Beauchamp têm por equivalente a *argila de Barton* celebre pelos seus fosseis marinhos bem conservados. Finalmente, em Headon-Hill, na ilha de Wight, acham-se camadas salóbas, que a presença dos *paleotherios* e *anoplotherios* liga ao nosso gesso.

Ha de certo, pela Mancha, ligação entre a bacia terciaria do Hampshire e os pequenos pedaços da mesma idade que se observam, na costa franceza, de um lado em Dieppe, e de outro em Montreuil-sobre-o-Mar.

**Região mediterranea.** — Totalmente diversa é a condição dos depositos eocenos no Meio-dia, n'aquella zona extensa que abrange os Pyreneus, os Alpes, a Hungria, o deserto da Lybia, a Persia e até uma parte do Himalaya. Calcarios e grezes amassados com *nummulites*, *miliolites* e *alveolinas*, visiveis nas falejas de Biarritz e no Egypto, como a 3,000 metros de altitude nos Pyreneus e nos Alpes, attestam de um lado a submersão de todas estas regiões, e d'outro, a existencia de um regimen particularmente propicio ao desenvolvimento dos foraminiferos. Entretanto, não é mais aquelle Mediterraneo, tão francamente pelagico, que, desde o triasico até os tempos cretaceos, abrigava uma população animal de alto mar. Os depositos nummuliticos concentram-se em filas que desenham como sulcos na vizinhança das terras onde vão erguer-se logo as grandes cadeias de montanhas.

No flanco septentrional dos Pyreneus, o deposito dos calcarios nummuliticos foi seguido da formação de um conglomerado cha-



mado *podingue de Palassou*, equivalente do gesso de Pariz e do de Castelnaudary. Este conglomerado annuncia um movimento do solo, inicio da sublevação pyrenaica, que teve contra-pancada nos Alpes e nos Apenninos, e depois do qual se interrompeu para sempre a communicação entre o golfo da Aquitania e o Mediterraneo, porque aos calcarios nummuliticos succedeu, n'estas regiões, um possante conjuncto de grezes e de eschistos, chamado *flysch* e sem outros fosseis sinão vestigios de algas. O grande Mediterraneo desapareceu. Deixa de estender-se além da Asia-Menor. Sua bacia passará ainda sem duvida por muitas vicissitudes; mas nada mais veremos que se pareça com as formações que haviam começado pelos calcarios de cephalopodes e diceros, para chegar, pelos calcarios de hippurites, ao seu ultimo termo — os calcarios nummuliticos.

**America.** — Os mares eocenos deixaram vestigios em varios pontos da costa atlantica dos Estados-Unidos. E porém no massiço das Montanhas Rochosas que são particularmente interessantes as formações d'esta idade. Observa-se alli uma serie de camadas d'agua doce e d'agua saloba, conhecida pelo nome de *grupo de Laramia*, onde se verifica uma transição insensivel do cretaceo para o terciario. Acham-se ahí numerosos depositos de lignites, e os restos de mammiferos se apresentam estreitamente ligados aos que, na Champanha, caracterizam a base do eoceno.

### § 3.º

## SERIE OLIGOCENA

**Divisão do systema.** — Dos dous andares do systema *oligoceno*, o primeiro ou *tongrico*, que tira o nome de Tongres no Limburgo, corresponde á invasão marinha que se fez sentir em toda a Europa septentrional, trazendo o mar ainda mais para o Sul, do que o fizera no fim da epocha senonica. Sem duvida, esta invasão foi

contra-pancada da sublevação pyrenaica e da emersão provocada por este facto nas regiões meridionaes, onde só o golfo da Aquitania e alguns pontos da Provença deixam perceber depositos marinhos d'esta idade.

O tongrico pôde ser dividido em *sannoisico* (de Sannois perto de Pariz) e *estampico* (d'Étampes) no apice.

O segundo andar ou *aquitânico* assignala um estado de cousas todo differente. O mar deixou para sempre as regiões do Norte, onde só invadirá insignificantes territorios. Na superfície do continente europeu, uma abundante humidade entretem grandes lençoes lacustres, rodeados d'uma vegetação luxuosa, e a sublevação alpina é preparada por movimentos do solo que activam na Suissa a sedimentação, determinando o deposito de conglomerados e de grezes molles, chamados *mollassas*, destinados a ser ainda mais caracteristicos do periodo seguinte.

**Bacia de Pariz.** — Annuncia-se a invasão do mar na bacia de Pariz por *gredas de cyrenes*, isto é de fosseis salóbos, que vêm cobrir as margas do gesso e são logo substituidas por um deposito de *gredas verdes* muito constantes. Verdade é que a agua doce por um momento triumphia, dando origem na Brie a um grande lago, onde se depositam, com margas, calcarios silicosos e borneiras (*borneiras da Brie*), travertinos compactos, como o bello calcario de Château-Landon e de Souppes, ao qual se ligam os travertinos de Briare e de Cosne, no Loira.

Chega porém pelo Norte o mar estampico, e d'esta vez attinge as fronteiras do Orleanez. No seu fundo, desde Beauce até além do Soissonnez, depositam-se primeiro margas cheias de ostras, o mais habitual nivel d'agua das collinas do campo pariziense, ou grezes margosos fossiliferos (Étrechy), jazida da grande *Natica crassatina*. Vem depois as *areias de Fontainebleau*, massa possante e regular de areias ora brancas, ora amarellas, coroada no Sul por uma camada de grez de calçada, cujos blocos, juncando as encostas arenosas dos arredores de Estampas (Étampes) e de Fontainebleau, imprimem á paisagem um aspecto particularmente pittoresco.

Acaba ali o tongrico. Camadas de *potamides* (fig. 124) fosseis de estuario, annunciam a chegada do regimen aquitanico, o qual tambem se accusa pelo apparecimento das ossadas de *Anthraco-*

*therium*. Um grande lago toma conta do solo : calcários ou travertinos lacustres (calcários da Beauce), ás vezes borneiras (*borneiras de Montmorency*), forram-lhe o fundo, envolvendo na sua massa os restos dos *planarbes*, das *limneas* e das *helices* que viviam nas aguas do lago, e algumas vezes os dos mamíferos das terras vizinhas.



Fig. 124.  
*Potamides*  
*Eamarchi*.

**França central.** — Emquanto o lago da Beauce cobria a região pariziense, outros lençoes lacustres, os de Limanhe, Velay e Cantal, occupavam as depressões do Planalto Central. O fundo d'estes lagos começara guarnecendo-se, na epocha tongrica, d'um revestimento de *arkosios*, resultante da degradação das encostas graníticas vizinhas. Por cima depositaram-se depois calcários com potamides (Issoire, Aurillac), attestando com a sua fauna que a agua salgada devia ter chegado no começo a estas depressões. Mais tarde, vieram calcários com *helices*, cheios de vestígios de *phryganos*, isto é de estojos de larvas de insectos. Estes calcários contêm em certos pontos abundantes ossadas de mamíferos, especialmente de ruminantes. Encontram-se ali grandes aves, por cima dos ovos que chocavam, como si tivessem sido repentinamente asphyxiadas por emanções mephiticas.

**Languedoque, Provença.** — Davam-se factos analogos no Sul da França. O antigo lago d'Armissan, perto de Narbonna, encerra uma flora que corresponde a transição do tongrico para o aquitanico e denuncia a existencia d'uma grande matta de arvores resinosas.

É ao tongrico que se referem as jazidas de gesso de Aqua (Aix) na Provença, intercaladas no meio de margas onde tantos peyinhos (*Lebias*, *Smerdis*) deixaram restos. São da edade aquitanico os eschistos de Cereste (Baixos-Alpes), onde pennas de aves ficaram conservadas ao lado dos peixes e dos vegetaes terrestres, e os lignites de Manosqua com restos de palmeiras e de *Sequoia*.

A flora dos gessos d'Aqua (Aix) attesta que então reinavam na Provença um calor e uma sêcca bastante grandes para sustar a vegetação na segunda metade do verão.

**Aquitania, Bretanha.** — Na mesma occasião eram muito diferentes as condições geographicas no golfo da Aquitania. Depo-

sitava-se alli um calcario marinho, o *calcario de asterias*, onde abundam articulos de estrellas do mar. Mas ao passo que o regimen maritimo persistia no Bordelez, dando origem ao deposito de *faluns* ou areias conchosas aquitanicas de Bazas, de Saucats, de Santo-Avito, o Agenez (Agenais) desaparecia debaixo d'um lago, onde se formavam calcarios lacustres brancos e cinzentos, superpostos a uma mollassa (mollassa do Agenez), cujo equivalente lateral é o calcario de Cordes.

O tongrico marinho da Aquitania encontra-se tambem na Bretanha, perto de Rennes, sob a fórma de um calcario grosso de foraminiferos, depositado n'uma pequena bacia, que devia comunicar por Nantes com Bordeos e Dax.

**Depositos siderolithicos.** — Ao oligoceno refere-se a maior parte dos curiosos depositos de *minereos de ferro em grãos* e de calcario, ás vezes entremeiados de gesso, que constituem o *terreno siderolithico* do Jurá, do Berri, do Poitou, etc. São depositos de nascentes, cuja idade é indicada pela sua posição em baixo d'um travertino identico ao da Brie, calcario de S. Florencio (Saint-Florent) e da Chapelle, perto de Burges.

Devem ligar-se a elle tambem as jazidas de *phosphorito* ou phosphato de calcio concrecionado de Quercy, que occupam nos calcarios jurassicos subjacentes, bolsas e fendas frequentemente ricas de ossadas, onde se encontram junctos os generos *Palæotherium* e *Anthracotherium*.

**Europa septentrional e oriental.** — Resta-nos fallar da Europa septentrional, onde o tongrico é marinho e fossilifero no Limburgo, na bacia de Moguncia e em parte da Allemanha do Norte. Mas desde as margens do Elba até á Cracovia, encontra-se no mesmo nivel uma grande formagão *lignitifera*, na qual o lignite resulta principalmente da alteração das coniferas, que segregavam *ambar* ou succino; fragmentos d'esta substancia acham-se hoje disseminados, no meio de areias glauconiosas, nas margens do Baltico. O aquitanico, lignitifero no massiço das Sete-Montanhas, perto de Bonna, offerece em Moguncia uma

míxtura de depositos marinhos e de depositos d'agua doce com helices. Todos estes symptomas indicam um territorio em via de sécca definitiva.

A Russia experimentou os effeitos da transgressão oligocena, e o mar, vindo de Königsberga, deixou depositos nas margens do lago Aral, bem como a Leste do Ural, extendendo-se ao Norte pela Siberia. Foi por alli sem duvida que se fez a introduccão das fórmas boreaes no mar oligoceno do Norte da Europa.

§ 4.º

**SYSTEMA NEOGENO. — SERIE MIOCENA**

**Divisões da serie.** — O periodo *mioceno* representa na historia da Europa uma phase de excepcional importancia. Constituiu-se então o massiço dos Alpes, com todas as suas dependencias, e o Mediterraneo começou claramente a retalhar-se.

Durante uma primeira epocha chamada *bordegalense* (de Bordeos), e muitas vezes tambem denominada *langhica* (das Langhes, collinas italianas), um movimento do solo provocou o escoamento das aguas dos lagos aquitanicos, e começaram a desenhar-se os valles dos grandes rios actuaes, como o Loira. Em seguida novos e mais violentos abalos, inaugurando com grandes dobramentos a epocha *mollassica* ou *helvetica*, trouxeram o mar para Oeste até ás portas de Blois, no centro do continente. Foi n'este momento que se formou na Suissa a *mollassa marinha*, que deu ao andar correspondente o nome de *helvetico*. Mas na epocha seguinte, ou *tortonica* (de Tortone na Italia), as aguas marinhas tinham deixado a Suissa; o massiço dos Alpes estava quasi de posse do seu relevo definitivo, e si o

mar ainda occupava a bacia da Hungria, estava prestes a deixal-a.

Effectivamente, com a epocha seguinte ou *sarmatica*, o estreito betico fecha-se, e os depositos testemunham com sua fauna a instabilidade da proporção de sal na grande depressão oriental.

A diminuição de sal accentua-se com o ultimo andar ou *pontico*, que vê a Leste a eclosão da fauna caspica, emquanto as aguas doces triumpham na bacia do Baixo-Danubio, e o regimen salôbo, com depositos de gesso e de sal, caminhando do Oriente para Occidente, acaba por attingir a Corsega e até os arredores de Barcelona.

Durante estas duas epochas, o regimen marinho parece encantado na vizinhança da Algeria e faz suspeitar uma communicação com o Atlantico, por Marrocos.

**França septentrional.** — Desde o começo do mioceno, na parte meridional do antigo lago de Beauce já sêcco, um grande curso d'agua, esboço do actual Loira, vem derramar areias grossas, chamadas *areias do Orleanez*. As ossadas contidas nestas areias annunciam a chegada de uma nova fauna de mammiferos terrestres, caracterizada sobretudo pelos proboscidios dos generos *mastodonte* e *Dinotherium* associados a rhinocerontes.

O deposito d'estas areias foi seguido do das *areias e argilas da Solonha*, que cobrem, na bacia do Loira, grandes superficies conhecidas pela impermeabilidade e pela esterilidade do solo.

Produz-se então a invasão do mar helvético, que penetra pelo valle do Loira até ás portas de Blois, emquanto um dos seus braços vae reunir-se á Mancha por Ille-e-Vilaine, isolando a Armorica que se transforma em ilha. N'estes sitios depositam-se *faluns*, isto é sedimentos compostos de conchas mais ou menos roladas, polypeiros, bryozoarios, etc., mixturados com areia silicosa. Os mais antigos são os *faluns* da Turena afamados pela sua riqueza em fosseis (Manthelan, Pontlevoy). Vem depois os do Anjú e da Bretanha, onde apparece uma ostra de gancho muito espesso, *Ostrea crassissima*, destinada a representar um grande papel no mioceno do Meio-dia. Observam-se ali dentes de esqualos e restos de peixe-boi.

Depois do deposito d'estes faluns, o mar foi pouco a pouco

deixando os territorios que invadira, e a epocha tortonica só fracamente está n'elles representada.

**Bacia da Aquitania.** — No golfo aquitanico, á roda de Bordões, são faluns marinhos, com fosseis numerosos e bem conservados, que representam ao mesmo tempo o bordegalense e a base do helvetico. Observam-se em Leognan, em Merignac, em Dax, Cestas, Gabarret, etc. Em seguida vem a *mollassa cinzenta* da Chalosse, com grandes ouriços do mar, depois da qual o deposito de faluns conchosos reaparece em Salles e Orthez. É ainda por faluns, mas argilosos e muito ricos de pleurotomos, de affinidades septentrionaes, que o tortonico é representado n'estas paragens, notavelmente em Saubrigues.

Não se estendeu muito longe para Leste esta invasão marinha. Na epocha miocena, lagos occupavam o Armagnac e ahí depositavam os calcarios de Sansan e de Simorra, celebres pelos seus mamíferos, similliantes aos do Orleanez. Verdade é que o mar voltou a esta região e ahí depoz até Lectoure uma *mollassa marinha* de *Ostrea crassissima*, contemporanea dos faluns do Anjú.

**Bacia do Rhodano, Suissa.** — O mar bordegalense penetrou largamente pelo valle do Rhodano e pela Provença, depositando em Beaucaire e em Aqua (Aix) o calcario mollassa. A mollassa marinha d'esta idade, frequentemente arenacea, com grande numero de ostras e de pentes penetra no Contato (Comtat) mas não vae além da Droma. Em compensação, com o helvetico, pronuncia-se a invasão marinha, e uma nova serie de mollassas, onde abunda muitas vezes a *Ostrea crassissima*, cobre o Delfinado e Bressia, chegando no Ain até Coligny e attingindo ao proprio departamento do Jurá. Nestas diversas regiões, offerece a mollassa numerosos bancos de *podrigues*, que attestam a força dos agentes de erosão durante esta epocha de movimentos do solo, que devia resolver-se pela formação dos Alpes. Muitas vezes os seixos calcarios d'estes podrigues apresentam impressões resultantes do mutuo contacto, o que se attribue a um phenomeno de dissolução superficial.

Na epocha tortonica, o mar retrocede até o Contato. Em seguida durante o sarmatico, os depositos marinhos dão logar a sedimentos de agua doce, lignitíferos, que se pronunciam mais no pontico. É então que se formam, no monte Luberon, os celebres limos vermelhos com ossadas tão ricos de restos de herbívoros. Parece que datam da mesma epocha as camadas salobas informes de Vauclusa.

É tambem por *mollassas* ou grezes molles, faceis de cortar, entremeiadas de podingues e de conglomerados chamados *nagelfluh*, que se caracteriza o mioceno da Suissa. Distingue-se uma mollassa inferior marinha em Basilea, d'agua doce em Lonsanna, e uma mollassa helvetica marinha, que se eleva em Berna a grande altura, confundida aliás com camadas de agua doce, o que attesta a lueta constante do mar com a terra firme na Suissa. O triumpho d'esta ultima é completo com o tortonico, a que pertence a *mollassa d'agua doce superior*. Os grandes lagos suissos começavam então. a desenhar-se e, nas margens do de Constança, em Eningen, depositavam-se calcarios em laminas delgadas, que forneceram sobre a flora e a fauna de insectos da epocha, documentos tão numerosos quanto exactos. O clima d'esta região devia ser então semelhante ao da Madeira.

**Allemanha, Austria, Italia, etc.** — O mar mioceno só deixou vestigios na Allemanha no Schleswig. A bacia de Moguncia tornara-se um lago, no qual se depunham camadas de *littorinellos*, com uma fauna de mamíferos analoga á do Orleanez, ao passo que se formavam jazidas de lignites nos arredores de Bonna, de Colonia, no Westerwald, na Wetteravia e no Vogelsgebirge, finalmente no Mecklemburgo, no Brandeburgo e na Pomerania.

Em quanto isto se passava, a bacia do Danubio, para baixo de Vienna continuava a ser occupada pelo mar, e seu fundo forrava-se, conforme era mais ou menos pronunciada a intervenção das correntes frias, ora de uma argila rica de pleurotomos (Baden), ora d'un calcario (*calcario do Leitha*), muitas vezes composto d'uma agglomeração de algas calcarias da familia das nulliporas. Mas a proxima emersão da região fazia-se já sentir na Galicia, na Polonia e na Transylvania, onde se depositavam ricas jazidas de gesso ou de sal, como a de Wieliczka.

O sarmatico, cujos depositos se seguem desde Vienna até o lago Aral, é sobretudo caracterizado pela abundancia dos *cerithios* de estuario, aos quaes succede uma fauna que denuncia proporção insufficiente e variavel de sal.

Dá-se em seguida um abattimento do solo, produzindo depressões onde se vão alojar os depositos ponticos, isto é, as camadas confundidas, com sua fauna aralo caspica. Na Croacia porém, na Rumania, na Esclavônia, na Dalmacia, as aguas ainda mais pobres de sal hospedam em porção paludinas e mariscos de rio. Assim se formam depositos *levantinos*, que estabelecem uma transição continua entre o mioceno e o plioceno.



É ao pontico que se refere a celebre jazida ossifera de Pikermi (Attica), que encerra os mesmos herbivoros da do monte Luberon.

Quanto á Italia, é ainda por depositos totalmente marinhos que o mioceno inferior é ali representado; um d'elles é o conglomerado da Superga, perto de Turim, onde seixos de serpentina servem de ganga a fosseis semelhantes aos da Turena. Outro, afamado pela sua riqueza de pleurotomos, é a marga argillosa azul de Tortona. Mas depois do sarmatico de cerithios, apparecem camadas confundidas, assim como depositos de gesso e de cal, que se observam no Livornez, no Sicilia, na Corsega.

As camadas com clypeastros da Corsega, de Hispanha, do Egypto, são bordegalenses ou helveticas.

Nas Antilhas, é representado o tortonico por um calcario fossilifero identico ao que se formava na mesma epocha na ilha de Malta, d'onde se póde concluir que uma praia quasi ininterrupta devia então facilitar a propagação da fauna mediterranea na America. De mais, o mar mioceno invadia apenas o littoral oriental d'este ultimo continente, e isto só na Marylandia, na Virginia e na Carolina.

O *crag preto* de Antuerpia pertence ao andar pontico.

### § 5.º

## SERIE PLIOCENA

**Divisões da serie.** — A serie pliocena póde ser dividida em trez andares. O de baixo, ou *placentino*, corresponde á invasão que, depois de formado o estreito de Gibraltar, permittiu ás aguas atlanticas o voltarem francamente para o Mediterraneo, para trazer-lhe uma fauna inteiramente desprovida dos typos subtropicas das epochas precedentes. Foi então que se depositaram as margas azues do Placentino e as dos arredores de Frejus.

Depois do placentino, o mar, que conseguira penetrar por longas chanfraduras nos valles do Rhodano e do Guadalquivir, abandona estas conquistas, e estabelece-se um

regimem fluvial bem franco. caracterizado pelo deposito das areias do valle d'Arno, tendo por equivalente marinho as areias de Asti (d'onde o nome de *astico*, dado ao andar).

Fazem-se então sentir novos deslocamentos que, na Italia, levam ás vezes os depositos placentinos e asticos da Calabria a altitudes comprehendidas entre 800 e 1200 metros. Na mesma occasião, uma fauna francamente boreal invade o Mediterraneo, que acaba de dilatar-se em virtude d'uma serie de desmoronamentos, e é assim que chegam conchas arcticas a estebelecer-se nas paragens da Sicilia e da ilha de Rhodes. É o andar *siciliano* assignalado no continente por uma primeira invasão das geleiras.

Encerra-se o periodo sem que o mar tenha ainda readquirido a posse das regiões situadas além do Peloponoso, e onde a fauna aralo-caspica, descendente da fauna pontica, continua a desenvolver-se.

**França meridional e oriental. Suissa.** — O mar placentino, ao mesmo tempo que depositava, perto de Frejus como no Rossilhão e perto de Mompilher (Montpellier), margas e areias muito fossilíferas, subia o valle do Rhodano até ás portas de Lyão. Depois o regimen salôbo tornava a prevalecer com areias e margas de *Potamides Basteroti*.

O mar retira-se (excepto em Cannes e em Mompilher) e formam-se, no Valentinez como na Bressia, margas lacustres de helices e paludinas (*margas d'Hauterives*) cobertas por areias fluviaes com mastodontes (*Mastodon arvernensis*).

Afinal um movimento do solo, sem duvida o que deu aos Alpes seu ultimo relevo, imprime aos agentes de erosão particular actividade. Ao passo que possantes deltas torrenciacas, como o do Var, se formam na foz dos cursos d'agua caudalosos da costa ligurica, cobre-se a Bressia de cascalhos ou *alluviões antigas*, contendo aqui e acolá grandes seixos de quartzitos oriundos, como os outros materiaes, da cadeia alpina que, depois de erguida, vac retalhar-se em valles profundos até o amago do massiço. N'estas alluviões deixou seus restos o *Elephas meridionalis*.

As margas de paludinas estenderam-se pelo valle do Saona até Auxonna, e as ultimas phases do plioceno são representadas no mesmo valle por cascalhos com mastodontes e elephantes, que

chegam até as vizinhanças de Dijon. Cascalhos analogos, mais ou menos entremeiados de depositos volcanicos e glaciaes, observam-se na Limagne, em Perrier, perto de Issoire, onde são ricos de ossadas de mamíferos. Cavavam-se portanto em toda a parte os valles actuaes. É sobretudo na Suissa que se observam, na altura do plioceno superior, alluviões fluvio-glaciaes, com seixos estriados, que correspondem a uma primeira extensão dos gelos do massiço. Constituem estes depositos o que se chama o *Deckenschotter* ou ainda a *nagefluh furada*.

**Europa septentrional.** — O mar plioceno invadia um pouco, na Inglaterra, a costa de Norfolk e de Suffolk, emquanto na Belgica occupava o estuario do Escalda. N'estas duas regiões, formou elle depositos de conchas conhecidos pelo nome de *crag*. O *crag corallino* da Inglaterra, abundante de bryozoarios (por muito tempo confundidos com corallinas ou algas calcarias), representa o placentino. Quanto ao astico, pôde elle reclamar o *crag vermelho* d'Inglaterra, o *crag fluvio-marinho* com mamíferos de Norwich e as areias superiores de Antuerpia extraordinariamente ricas de ossadas de cetaceos.

Porfim, na Inglaterra, na altura do siciliano, apresenta-se uma camada com detritos vegetaes, celebre sob o nome de *forest-bed*, que contém restos de elephantes, rhinocerontes, hippopotamos, etc., identicos aos do continente. Pôde-se considerar paralela esta camada aos cascalhos com *Elephas meridionalis* de S. Presto, perto de Chartres. Posto que a flora do *forest-bed* seja temperada e composta, em sua maioria, de especies que depois emigraram para o Sul, ella attesta que n'esta epocha a vegetação ingleza differia sensivelmente da do meio-dia da França.

Observam-se alguns depositos pliocenos no Cotentino assim como na Bretanha. Na primeira d'estas regiões, o plioceno garante o antigo golfo de Valognes, e especialmente o estuario do rio Douva. Acham-se ahi areias com buccinos, por cima de um conglomerado no qual abundam, entre seixos, os ossos de vertebrados marinhos tirados dos faluns, notavelmente os dos sirenios do genero *Halitherium*. Na Bretanha, é sobretudo no estuario do Loira que se encontram os vestigios do plioceno, aliás muito fragmentados hoje.

Não se conhecem depositos pliocenos nas costas occidentaes das ilhas Britannicas, e como tambem os não ha na costa oriental dos Estados-Unidos, pôde-se d'ahi inferir que a fôrma actual do Atlantico septentrional é de data muito recente. É tanto mais provavel semelhante conclusão que, como já dissemos, compa-

rando a fauna terciaria das Antilhas com a do Mediterraneo, verifica-se analogia tal que é força admittir nesta epocha, entre as duas bacias, uma communicação quasi continua, ao longo d'uma cadeia de ilhas ou d'um continente, que depois desappareceram, produzindo ou pelo menos aprofundando a depressão do Norte do Atlantico.

**Regiões mediterraneas.** — Durante o deposito das margas marinhas do Placentino, do Bolonhez e do Vaticano, o regimen lacustre das regiões orientaes accusa-se pelo deposito das *argillas de paludinas* da Croacia e da Esclavonia, logo seguido pelo das camadas com *viviparos* da Rumania, contemporaneas das areias amarellas marinhas de Asti. Então, ao passo que o mar entra nos seus limites actuaes, o valle do Arno vê a formação dos cascalhos pluviaes com ossadas de *Elephas meridionalis*. É a epocha em que o buccino da Groenlandia, a cyprina da Islandia e muitas outras especies dos mares frios apparecem repentinamente na Sicilia e na Calabria, graças sem duvida a se ter momentaneamente aprofundado o estreito de Gibraltar; porquanto vae ser apenas ephemera a existencia d'estas especies no Mediterraneo.

### § 6.º

## ERUPÇÕES DA ERA TERCIARIA

**Primeiras erupções terciaras.** — Depois de haver adormecido na Europa, durante quasi toda a era secundaria, a actividade interna despertou com a era terciaria. Desde o principio, manifestou-se ella na grande zona mediterranea e notavelmente na India, onde derramamentos *basalticos* cobriram, no Dekkão, uma superficie consideravel, entrelaçando seus lençoes com depositos lacustres que estabelecem a transição do cretaceo para o eoceno. Depois fizeram-se as erupções no Occidente, sob a fôrma de *basaltos* intercalados, no Vicentino, pelo meio do eoceno superior. Pensamos que convem referir á mesma epocha a saída das *euphotides* e das *serpentinias* da Toscana, da

Liguria e da Emilia, assim como muitas das emissões de *ophites* dos Pyreneus.

Foi tambem n'este momento talvez que surgiram os *granitos* recentes da ilha d'Elba, de Portugal e da costa de Tunisia. Estas rochas, que parecem indicar um esforço das massas acidas para reproduzir os *typos* graniticos das primeiras edades, são *granulitos* ou *micro-granulitos*, que se approximam dos *trachyts* pelo estado viireo do seu feldspatho.

**Alvernia (Auvergne).** — A grande phase de actividade das erupções terciarias é o periodo que vae do mioceno ao fim do plioceno, isto é, coincide com os movimentos do solo que produziram a cadeia dos Alpes.

São primeiro *basaltos* que, na Alvernia como nas provincias rhenanas, apparecem desde o mioceno. Depois desenham-se os notaveis centros volcanicos do Cantal e do Monte-Dore. O primeiro, depois de grandes erupções de *andesito* e de *brecha andesitica*, com projecções de *cineritos*, derrama em torno de si um verdadeiro diluvio de *basalto*, que transborda por toda a parte sobre os *eschistos* *crystallinos*, formando os planaltos de Mauriac e da Planezia.

No Monte-Dore a serie começou por *cineritos*, como os da Burbule (Bourboule), com algumas coadas discontinuas de *trachyto* e de *phonolitho*. Deramou-se então, terminando o plioceno inferior, um *basalto* porphyroide ou de grandes *crystaes*, o de Pardines perto de Issoire. N'este momento, deram-se deslocamentos importantes, e uma nova chuva de *cineritos* precedeu as grandes coadas de *trachyts*, de *andesitos* e de *phonolithos* da região. Depois d'isso fechou-se o plioceno com a saída de um

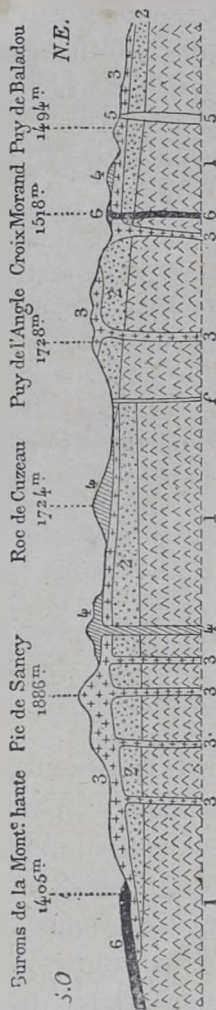


Fig. 125. — Corte através do Monte Dore, segundo o sr. Michel Lévy. — 1, Granito; 2, cinerito superior; 3, trachyto; 4, andesito; 5, phonolitho; 6, basalto plioceno; f, supposta falha.

*basalto* que corresponde ao dos planaltos do Cantal (fig. 125). Mas as erupções não terminaram com isso, e vê-las-hemos continuando nos tempos quaternarios para edificar os cones volcanicos da cadeia do Puy de Dome.

No Velay, deram-se importantes erupções de *phonolithos* por occasião do plioceno medio; em seguida vieram coadas de um *basalto* sem feldspathio, ou *limburgito*, ás quaes são subordinadas as celebres brechas igneas do Puy. Tudo foi coberto por toplos de projecção, da epocha do plioceno superior, precedendo a saída d'um *basalto* contemporaneo do dos planaltos do Cantal. Nova coada basaltica, a da Denise, veio então formar o fundo sobre o qual se espalharam os cascalhos quaternarios.

Osapparelhos volcanicos que produziram estas erupções terciarias estão hoje obliterados, porque a erosão das chuvas e dos gelos teve muito tempo á sua disposição para fazer desaparecer as crateras e os cones de detritos. Só entre os ultimos basaltos do plioceno superior se podem ainda encontrar crateras meio conservadas.

**Allemanha, Hungria, Italia.** — Durante a saída dos primeiros basaltos d'Alvernia, a região das Septe-Montanhas, no Rheno, lançou *trachytos* e *andesitos*, precedidos e seguidos de basaltos.

Na Hungria e na Transylvania, as erupções que produziram a saída dos *andesitos de pyroxenio*, são um pouco mais antigas e datam do oligoceno. Foram seguidas dos derramamentos mioceenos de *andesitos de amphibolio*. Finalmente ao plioceno pertenceriam os *rheolithos* da região, rochas muito acidas, ás vezes porphyricas e vacuolares (*porphyros molares*), ás vezes espherolithicas, em globulosinhos brilhantes (*perlitos*).

De modo geral, póde-se pois dizer que a actividade volcanica foi continua desde o começo da era terciaria até os nossos dias. A medida que se esboçava o continente europeu, as manifestações eruptivas encaminhavam-se cada vez mais para as praias do Mediterraneo, onde se acham hoje exclusivamente concentradas. Em todo o tempo occuparam a bordo das fracturas que limitavam os compartimentos esboroados.

## CAPITULO VI

### ERA MODERNA OU QUATERNARIA

---

#### § 1.º

#### GENERALIDADES SOBRE A EPOCHA PLEISTOCENA

**Definição da epocha pleistocena.** — A parte da era moderna que se chamou *epocha quaternaria*, mas que chamaremos com Lyell *pleistocena*, reservando o outro qualificativo para o conjuncto d'esta epocha e dos tempos actuaes, é caracterizada pelo apparecimento do homem no globo.

Depois que se deu este grande facto, o mundo organico não se enriqueceu com especie nova alguma; muitas formas porém desapareceram entre as que faziam cortejo aos primeiros homens, e os grandes mammiferos herbivoros, já no seu declinio em fins do periodo plioceno, viram seus principaes representantes deixar a pouco e pouco a scena do mundo ou retirar-se para as regiões meridionaes.

Parece portanto que o estudo da epocha pleistocena não se deveria separar do dos phenomenos actuaes, si esta phase da historia do globo não tivesse sido assignalada por um grande acontecimento; queremos fallar d'uma mu-

dança momentanea de clima a qual, imprimindo em toda a zona temperada uma actividade extraordinaria ás precipitações atmosphericas, permittiu que os phenomenos de erosão e de alluvião se manifestassem em grandiosa escala. Como consequencia d'esta mudança, grandes lençoes de neve e de gelo cobriram os massiços montanhosos assim como as regiões septentrionaes, produzindo um resfriamento notavel, pelo menos em toda a Europa. Só mais tarde a temperatura suavizou-se, e estabeleceu-se o regimen actual com a edade das turfeiras e das habitações lacustres. D'esta maneira, emquanto hoje a acção das geleiras e dos rios sobre a superficie terrestre está reduzida a proporções quasi insignificantes, esta acção bastou, no começo da era moderna, para estender sobre grandes trechos depositos ás vezes muito espessos.

A invasão dos gelos não foi repentina. Acabamos de vêr que uma primeira extensão glacial assignalára na Suissa o termo da epocha pliocena. Os vestigios d'esta primeira extensão foram igualmente verificados na Allemanha do Norte. Depois reproduziu-se o phenomeno por duas vezes, e a era historica realmente não começou, pelo menos para a Europa, sinão com a partida dos ultimos gelos. Tem portanto interesse todo especial a epocha pleistocena. Si é inexacto qualifica-la de *epocha glacial*, visto como a occupação do solo pelos gelos não foi permanente, foi pelo menos durante o seu periodo que esta occupação se fez sentir mais amplamente.

Fôra erroneo aliás acreditar que o periodo pleistoceno só presenciasse mudanças geographicas sem importancia. A abertura do mar Egêo, sua communicação com o mar Negro, e afinal o desmoronamento das ultimas terras atlanticas, formam um conjuncto de successos que bem justifica a autonomia do periodo.

**Characterísticos geraes dos depositos glaciaes.** — O facto dominante da epocha pleistocena foi o deposito nas



regiões boreaes de um terreno de transporte, chamado terreno *erratico*, que cobre toda a Europa septentrional em mais de 6 milhões de kilometros quadrados (fig. 126), enquanto, na America do Norte, occupa pelo menos 15 milhões.

Este deposito, mescla de argilla e de blocos angulosos, muitas vezes estriados, é o producto da trituração do terreno subjacente por immensas massas de gelo que, vindo



Fig. 126. — Charta do territorio occupado na Europa pelos gelos pleistocenos no momento de sua maior extensão.

das alturas da região laurenciana, na Escocia, na Escandinavia e na Finlândia, vinham construir uma linha continua e mais ou menos caprichosa de morenas terminaes, no lugar onde hoje se desenha o limite meridional do lençol erratico.

Ao mesmo tempo que se formava este deposito, essencialmente septentrional, e do qual certos blocos fizeram um percurso para o sul de 1500 kilometros pelo menos, todos os massiços montanhosos da Europa, Alpes, Caucaso, Pyreneus, Vosgos, Alvernia, assim como as Mon-

lanhas Rochosas, eram invadidos por grandes geleiras, que espalhavam por toda a redondeza um terreno analogo ao precedente, a distancias ás vezes enormes do massico d'onde provinham os materiaes.

Não só a composição do terreno erratico não deixa duvida sobre a sua origem glacial, mas ainda a abundancia das superficies polidas e acanaladas, na sua base, attesta que o terreno se formou sob o peso de verdadeiras gelei-



Fig. 127. — Charta das duas ultimas extensões glaciaes na Suissa (segundo Bruckner) 1, antigo delta da Dransa; 2 a 6, jazidas interglaciaes classicas.

ras, de sorte que é impossivel attribuir esse deposito a ge-  
los fluctuantes.

O estudo minucioso do terreno erratico, assim como o exame das estrias produzidas nas rochas pelas antigas geleiras, permittiu aos geologos affirmar que, posteriormente á invasão pliocena, se deram duas grandes exten-  
sões glaciaes na Europa e na America.

A primeira em geral avançou até mais longe um pouco do que a ultima, como mostra a fig. 127 quanto á Suissa.

No intervallo d'estas duas grandes extensões, o solo ficou totalmente desimpedido de gelos, e importantes cur-

sos d'agua tiveram tempo para depositar, até em pontos elevados, alluviões chamadas *interglaciaes*, onde se encontram, com ossadas de elephantes e de hippopotamos, os restos de uma flora essencialmente temperada. Assim, durante esta phase interglacial, o clima foi pelo menos tão brando como hoje.

**Phases da epocha pleistocena.** — Os restos authenticos do homem, bem como os vestigios de sua industria, faltam de todo no terreno erratico inferior da Europa e da America. As ossadas e os silex lascados apparecem pela primeira vez nas alluviões interglaciaes, em companhia de uma fauna caracterizada pela associação do *Elephas antiquus* com *Rhinoceros Merckii* e *Hippopotamus major*. Os silex d'esta epocha, mui grosseiramente lascados, são typicos para a primeira phase da industria *paleolithica*.

Uma segunda phase, denotando civilização um pouco mais adeantada, manifesta-se nos depositos contemporaneos da ultima extensão glacial. Então não ha mais hippopotamos, e o elephante que predomina é o *mammuth* ou *Elephas primigenius* acompanhado do *Rhinoceros tichorhinus*. Estas especies, hoje extinctas, tinham organização adequada para accomodar-se a uma temperatura menos clemente do que a da primeira epocha.

No momento em que as geleiras se retiraram definitivamente, reinou, na Europa pelo menos, um frio secco e rigoroso, que levou o homem a refugiar-se nas cavernas. Desenvolveu-se então a terceira phase da industria paleolithica, que apresenta esculpturas feitas em marfim e em chifres de rennas. A *renna* ou *Cervus tarandus*, hoje emigrada para as regiões extremas do Norte, é o animal caracteristico d'esta epocha.

No começo da edade da renna, as planicies da Europa eram habitadas por pequenos roedores analogos aos que hoje frequentam os pantanos gelados ou *tundras* da Si-

beria. Em seguida mostrou-se uma *fauna de estepes*, á qual succedeu a *fauna florestal* que preparou a vinda do actual regimen. Com este abrandamento do clima e com a volta da humidade começou a *idade das turfas*, correspondendo á industria *neolithica*, caracterizada por utensilios de pedra polida, a que se vieram logo junctar os instrumentos de bronze.

Posto que taes divisões sejam bastante geraes na Europa, não se lhes póde attribuir alcance universal. Regiões ha em que a influencia dos gelos se não fez sentir, e parece assentado que a antiga civilização egypcia estava em plena expansão quando ainda os Iberos ignoravam o uso dos metaes. O bronze só appareceu na Escandinavia dez seculos antes da nossa era.

### § 2.º

## DESCRIPÇÃO DOS DEPOSITOS PLEISTOCENOS

**Divisões dos depositos quaternarios.** — Os depositos pleistocenos resentem-se necessariamente, na sua composição, da causa particular que lhes deu origem. Consequentemente ha razão para distinguir: 1º os depositos formados sob a influencia do grande lençol glacial das regiões septentrionaes; são os que constituem o *drift*, *till* ou *terreno erratico*, ou ainda o *Diluvio do norte*; 2º os depositos resultantes da acção directa das geleiras propriamente dictas nas regiões montanhosas; são sobretudo as antigas *morenas* e os *blocos erraticos*; 3º finalmente os depositos produzidos pela acção directa dos grandes cursos d'agua e das chuvas, isto é, as *alluviões* e as *vasas*.

**Terreno erratico do Norte.** — O terreno erratico do Norte é sobretudo formado por uma vasa argilosa com

seixos angulosos ou rolados, chamada *argila de pedregulho* ou *boulder-clay*. É a morena profunda do antigo lençol glacial, que espalhou pelo Brandeburgo, pela Pomerania e pela Russia, numerosos blocos de procedencia escandinava ou finlandeza. A dimensão d'estes blocos diminue á proporção que se afastam dos centros de dispersão. Muitos d'elles percorreram com certeza 1000 kilometros, e ha-os na Pomerania que medem mais de 800 metros cubicos.



Fig. 128. — Rochas calcarias cobertas de drift, na ilha Kelley, no lago Érié.

As rochas sobre as quaes o gelo teve de passar foram estriadas e polidas, como se vê bem no Sul da Escandinavia e até nos arredores de Berlin, na illota triasica de Rüdersdorf. O mesmo acontece na America, onde a região dos Grandes Lagos apresenta bellos especimens d'estas rochas acanaladas e polidas (fig. 128).

Distinguem-se dous lençoes de argila de pedregulho, separados no Brandeburgo por arcias fluviaes interglaciaes. Todo o espaço occupado pelo lençol superior recobria-se pela multidão das cavidades lacustres. Estas desapareceram da zona que o lençol superior não cobriu, porque a erosão teve bastante tempo para facilitar o escoamento.



curso. Taes são a *Pedra-de-Bot*, procedente do Valais e atirada nos flancos do Jurá, perto de Neuchatel, e o *Pflugstein*, que veio dos Alpes de Glaris até Zurich. O primeiro bloco tem 16 metros de comprido sobre 5 de largo e 13 de alto. O segundo tem 20 metros de altura. Foi por meio de taes blocos que se poudo ter certeza de que as antigas geleiras da Suissa galgaram o Jurá a 1,200 metros de altitude, e que os Vosgos, assim como a Alvernia, tiveram tambem suas geleiras.



Fig. 130. — Bloco trepado perto de Bourget (segundo os snrs Falsan e Chantre).

Além d'isto, um vestigio incontestavel da passagem dos gelos consiste nos *polidos glaciaes*, que hoje se observam em todos os valles em que os agentes atmosphericos não os fizeram desaparecer, e que demonstram, melhor do que qualquer outra cousa, a altura primitivamente occupada pelos gelos nessas gargantas cavadas nos ultimos tempos pliocenos.

**Alluviões, loess e vasas.** — Nas terras em que a acção glacial não se fez sentir, os cursos d'agua deixaram em alturas diversas, sobre os flancos dos valles actuaes, em consequencia das alternativas de aterro e desaterro (devidas sem duvida a movimentos contrarios do solo),

lençoes de alluviões, formadas de seixos rolados, cascalhos, areias e vasas. Em geral a superposição é a seguinte (fig. 131) : em baixo, um *cascalho de fundo*, com pedra graúda, que vae diminuindo de volume para cima, e mixturada com areias; depois *areia gorda* ou alluvião de praia, depositada em aguas mais tranquillias; finalmente um lodo calcarifero amarellado, de grã fina, chamado *loess*, que na superficie toma a cõr vermelha escura.

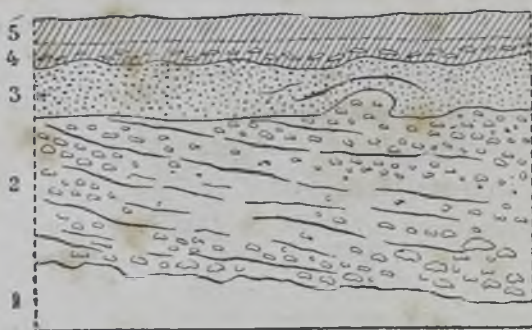


Fig. 131. — Disposição das alluviões pleistocenas na Picarcia : 1, groda; 2, cascalhos; 3, areia gorda; 4, loess de seixos angulosos; 5, lodo escuro.

Nas planaltos, onde a acção fluvial de certo se não exerceu, nas planicies da Picardia e da Normandia por exemplo, encontra-se o *loess* amarellado, coberto pela *vasa dos planaltos* ou *terra de tijolo*. É facil reconhecer no loess um *producto de enxurrada* devido ás chuvas abundantes da epocha pleistocena. As aguas das chuvas, corroendo os sedimentos terciarios moveiços, outr'ora espalhados na superficie dos planaltos ou, em geral, os productos da alteração local das rochas superficiaes, deixavam nos logares altos os restos impalpaveis debaixo da fôrma de loess. Mais tarde, a acção das aguas de infiltração, e mais ainda as alternativas da temperatura, na epocha em que o solo estava gelado profundamente, *oxydaram* e *rubificaram* a superficie do loess, dissolvendo o calcario, transformando o loess em vasa de tijolo e fazendo



estalar os silex que elle continha. Esta rubefacção não chegou á mesma profundidade em todos os pontos, de fórma que, attendendo á côr, julgar-se-hia vêr um *diluvio vermelho* superposto em discordancia tanto á vasa como ao pedregulho não rubificado ou *diluvio cinzento*.

O phenomeno de enxurrada que produziu o loess reproduziu-se necessariamente varias vezes, e de facto a observação demonstra que houve periodos de recrudesimento. No todo porém, parece que a idade dos depositos de loess das nossas regiões fica sobretudo entre a ultima extensão glacial (epoca do mammoth) e a epocha da renna.

**Depositos das cavernas.** — Para completar a enumeração dos depositos pleistocenos, é necessario fallar dos que se formaram nas grutas ou *cavernas*, situadas em alturas diversas nos flancos calcarios de certos valles.

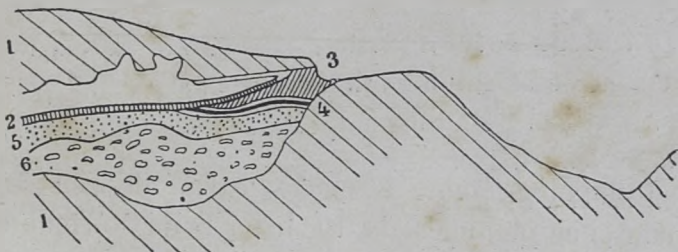


Fig. 132. — Corte de uma caverna pleistocena. — 1, calcario; 2, assoalho estalagmitico moderno; 3, brecha com ossadas; 4, camada preta; 5, lodo das cavernas; 6, seixos volados.

Durante os periodos muito humidos, o phenomeno da infiltração deu-se com grande actividade, gerando espessos revestimentos e assoalhos *estalagmiticos*, onde se encontram encrustadas as ossadas dos animaes que frequentavam as cavernas. Às vezes as chuvas e até as torrentes entraram nellas, dando logar a depositos de cascalhos, mais ou menos mixturados com lençoes de estalagmitos (fig. 132), ou até com camadas de cinzas, prova de que o homem habitou temporariamente as mesmas

grutas. Finalmente por occasião do ultimo periodo frio, que interrompera completamente as infiltrações, o loess de fóra, durante os degelos do verão, penetrou muitas vezes no estado de lama molle nas cavernas por fendas abertas na sua superficie. Assim o solo de muitas grutas ficou forrado d'um *lodo vermelho das cavernas*, com estilhaços angulosos de silex, frequentemente com ossos de rennas, os quaes por vezes abundam de maneira a transformar-se o deposito em uma *brecha ossifera*. Depois, a formação dos estalagmitos recommçou ao voltar a humidade do periodo actual.

## § 3.º

## CAUSAS DOS PHENOMENOS GLACIAES

**Hypotheses astronomicas.** — Tendo sido a invasão dos gelos o facto saliente da epocha pleistocena, procuraram naturalmente explica-la por meio de combinações de circumstancias astronomicas, que julgaram capazes de augmentar a differença de temperatura média entre os dous hemispherios. Assim é que suppondo a excentricidade terrestre muito maior, e admittindo que o pequeno eixo da orbita terrestre veio a coincidir com a linha dos solsticios, acreditou-se poder affirmar que cada hemispherio poderia, por sua vez, soffrer invernos tão rigorosos, que a influencia do verão não bastasse para derreter as neves caídas; d'ahi procederiam estados glaciaes alternativos.

Mas, por uma parte, eminentes physicos tiveram de reconhecer que as circumstancias invocadas não pareciam capazes de provocar augmento na quéda das neves. E por outra parte, para encontrar no passado condições astronomicas laes, preciso fóra remontar a mais de duzentos mil

annos. Ora, parece que as observações accordes de varios geologos estabeleceram bem claramente que não decorreu muito mais de oito ou dez mil annos desde que partiram os ultimos gelos americanos, e a notavel frescura das fórmas topographicas, nas regiões attingidas pela ultima invasão, não permite suppôr que uma longa serie de seculos tenha passado sobre este terreno. No caso contrario, seus caracteristicos ter-se-hiam em grande parte apagado.

**Condições necessarias ao estabelecimento das geleiras.** — Cumpre observar que não é o frio que gera as grandes geleiras, mas sim um augmento notavel da quantidade de neve. Ora o que cae de neve, nas montanhas ou nas altas latitudes, cae de chuva nas regiões temperadas. Portanto, para ter grandes geleiras, é mister haja uma causa poderosa de evaporação combinada com causas egualmente poderosas de condensação. Em uma palavra, é á exaggeração momentanea das precipitações atmosphericas que devemos pedir a explicação do phenomeno.

De mais, não se tracta aqui de uma simples hypothese. Na America, no territorio hoje tão secco da Grande Bacia, encontram-se vestigios de dous lagos enormes, que occupavam a região na epocha pleistocena. Terraços de tophos, que estes lagos deixaram em suas bordas, em varias altitudes, permitem verificar as suas variações de nivel e dão a prova de que por duas vezes, coincidindo exactamente com as duas extensões glaciaes, a allura dos lagos, verdadeiros *pluviometros* da epocha, chegou ao seu maximo.

A actividade muitas vezes revelada pelos cursos d'agua pleistocenos, e testemunhada por importantes depositos de alluviões, vêm ainda apoiar este modo de vêr.

**Considerações geographicas.** — Por outro lado basta olhar para as chartas do terreno erratico para vêr até

que poncto a distribuição d'este terreno é independente da latitude. Assim é que *não ha vestigio d'elle na Siberia*, o mais frio paiz do mundo; no Himalaya, o mais possante de todos os massiços montanhosos, nada se observa que denuncie uma antiga extensão, por minima que seja, das geleiras da cadeia. Estes factos bastam para excluir as hypotheses cosmicas.

N'este estado, só resta invocar as razões geographicas. Qualquer se convencerá immediatamente da importancia d'estes razões, ponderando que o phenomeno glacial impera com toda a sua força na Groenlandia, onde é incomparavelmente mais intenso do que nas terras mais vizinhas do polo, o que não póde ser explicado sinão pela altitude e pela posição especial que occupa a ilha groenlandeza, no poncto de encontro de muitas correntes de ar, das quaes algumas alli chegam fortemente carregadas de vapor d'agua.

Occorre então estudar de mais perto os limites do terreno erratico do Norte. Reunindo, sob este aspecto a Europa e a America, não se póde deixar de perceber que o limite meridional do grande deposito glacial desenha um circulo cujo centro está no Atlantico Norte, e que foi seguindo o proprio eixo d'este oceano que o phenomeno teve mais intensidade.

Si recordarmos que o fim dos tempos terciarios foi exactamente assignalado pelo definitivo esboroamento das terras que trancavam o Atlantico Norte, tanto que só com a terminação do plioceno, por occasião do siciliano, colonias de molluscos arcticos puderam entrar no Mediterraneo, parecerá razoavel que assentemos na seguinte hypothese :

**Hypothese atlantica.** — Antes do levantamento dos Alpes, erguia-se uma terra no lugar em que está o Atlantico Norte, e essa terra impedia que se mixturassem as aguas frias do polo com as aguas subtropicaes do golfo das

Antilhas ou do Mediterraneo. Quando esta *Atlantide* se espedaçou bastante para permittir a mixtura das aguas, sobreveio forçosamente grande perturbação na distribuição das correntes. Ventos procedentes da região tropical puderam chegar com as correntes marinhas até ás terras circumpolares, e descarregar sobre ellas subitamente o seu vapor d'agua. D'ahi quédas extraordinarias de chuva e de neve nas paragens atlanticas. As terras que então se desmoronavam, ora abatidas, ora levantadas, deviam offerecer em certos momentos uma altitude muito propicia a estas condensações. E como o equilibrio definitivo não se pode estabelecer sem que a medida fosse ultrapassada mais de uma vez n'um sentido ou n'outro, explica-se que o phenomeno tenha tido alternativas, e que muitas invasões glaciaes hajam sido separadas por intervallos de regimen totalmente diverso.

Quanto ás condições actuaes, estas poderiam explicar-se, não só pelo assentamento definitivo adquirido pelas terras boreaes, como pelo tardio estabelecimento da corrente do Gulf Stream, cuja influencia assegura a uma parte da Europa uma doçura de clima que a sua latitude pareceria contraindicar.

#### § 4.º

### ERUPÇÕES PLEISTOCENAS

**Alvernia.** — Na Alvernia (Auvergne) as erupções pleistocenas seguiram sem interrupção as do fim do plioceno. Formou-se n'esta epocha, no flanco do Monte-Dore, a cratera de Tartaret, e despejaram-se, no fundo dos valles de Bessa e de Compains, bellas coadas de lava de superficie retalhada. Ao mesmo tempo, uma antiga fenda, que outr'ora dera passagem a granito, abriu-se de novo

sobre a chapada que domina a Limanha (Limagne). As projecções edificaram alli os notaveis cones da cadeia do Puy-de-Dôme, cuja formação parece ter coincido com a idade da renna. D'estas crateras saíram lavas, umas *andesiticas*, por exemplo a de Volvic, outras *basalticas*, como a que, dividida em bellos prismas verticaes, occupa o valle de Siula (Sioule), perto de Pontgibaud.

N'este interim, no Velay, accumulavam-se *tophos*, nos quaes foram encontradas ossadas humanas, em Denise.

**Região mediterranea, Islandia.** — Emquanto as erupções da Alvernia cessavam com o periodo historico, as da Italia, que só tinham começado no fim do plioceno, continuaram até os nossos dias.

É ao começo do quaternario que se referem os celebres *tophos* dos Campos Phlegreos, perto de Napoles, tophos marinhos, mas hoje erguidos a grande altura. Sobre estes tophos, essencialmente *trachyticos*, edificou-se o volcão da Somma, em cujo centro surgiu o Vesuvio propriamente dicto com a explosão do anno 79 da nossa era.

Os *tophos palagoniticos* da Sicilia, que servem de base ao Etna, datam do fim do plioceno ou do principio do quaternario. É pois a este ultimo periodo que pertence de todo a formação do volcão, que não tem cessado de vomitar lavas *basalticas* ricas de labrador, mas privadas de peridoto.

Os volcões do Archipelago grego, como o de Santorino, iniciaram egualmente as suas manifestações no fim do plioceno, coincidindo as erupções com os movimentos do solo que determinaram a tardia abertura da mar Egeo.

Finalmente as erupções pleistocenas foram consideraveis na Islandia, terra em que repercutiram tão intensamente os desmoronamentos atlanticos.

## CAPITULO VII

### VEIOS METALLIFEROS PHENOMENOS OROGENICOS

---

#### § 1.º

#### VEIOS METALLIFEROS

**Definição das jazidas metalliferas.** — Sabe-se que, hoje, as manifestações volcanicas são habitualmente seguidas de desprendimentos sulfurosos e thermomineraes, que dão logar, nos seus canaes de ascensão, ao deposito de varias substancias. A emanações do mesmo genero, que sobrevieram depois dos antigos periodos eruptivos, é devida a formação da mór parte das *jazidas metalliferas*. Sua feição ordinaria é a de *veios*, isto é, fendas abertas através dos terrenos da crosta terrestre, e que se encheram de *minereos metallicos*, as mais das vezes *sulfuretos*, associados a gangas pedregosas.

**Formação dos veios.** — As fendas onde se estabelecem os veios metalliferos são em geral muito inclinadas e quasi verticaes. Resultam dos esforços de tensão e sobretudo de *torsão*, a que foram submettidas as partes mais

resistentes da crosta por occasião de se formarem as montanhas.

Todas as vezes que se produziram estas fendas em rochas sufficientemente solidas, ellas ficaram bastante abertas para permittir a lenta circulação das aguas de infiltração vindas da superficie, e ao mesmo tempo das aguas quentes ascendentes vindas da profundeza. Estas ultimas, entre gazes chloretados, sulfuretados e hydrocarbonetados procedentes do reservatorio interno, traziam em geral sulfuretos alcalinos, e á sombra d'estes, diversos sulfuretos metallicos. De mais, ellas ao passar, dissolviam no estado de silicatos e carbonatos, uma parte dos elementos das rochas que atravessavam. Perto da flôr da terra, sendo menos elevadas a pressão e a temperatura, davam-se, sob influencias ao mesmo tempo physicas, chemicas e electricas, reacções que produziam o deposito nas paredes das fendas, ora por evaporação, ora por precipitação, de substancias concrecionadas ou crystallizadas. Onde o ar exterior não tinha accesso, fazia-se o deposito no seio d'um meio reductor e formavam-se, com as gangas, sulfuretos metallicos crystallizados. Mais acima, porém, as reacções complicavam-se pela mixtura das aguas ascendentes com as aguas frias superficiaes, pois que estas traziam consigo ar e varias substancias dissolvidas no atravessar das rochas, e si as fendas se abriam no fundo do mar, saes, chloretos, brometos, sulfatos, etc. Por isso encontra-se notavelmente *oxydada* a parte superior dos veios. O *limonito* ou peroxydo de ferro hydratado domina alli, d'onde o se lhe ter dado o nome de *chapéo de ferro*. Muitas vezes encontram-se tambem metaes nativos, produzidos por dupla decomposição, sob influencias analogas ás que se aproveitam na galvanoplastia.

**Minereos de estanho.** — Os minereos de estanho sempre acompanharam a saída dos *granulitos* de mica branca e turmalina. Enchem elles, não fendas definidas,



mas redes de veias ou venulas, formando uma especie de aureola na periphèria dos nucleos granuliticos (Cornualhas, Bretanha, Limosino). Debaixo de qualquer fôrma que o estanho tenha vindo da profundeza, a facilidade com que elle se oxyda determina o seu deposito sob a fôrma de *estanho oxydado* ou *cassiterito*, disseminado em graos ou em crystaes escuros no *quartzo* leitoso, muitas vezes com esmeralda e com apatito (phosphato de calcio).

**Minereos de ouro.** — Parece que o *ouro* veio no estado de sulfureto, em companhia do *pyrito de ferro*, no momento da erupção de rochas *dioriticas*. Mas as dissoluções metalliferas, que depositavam no fundo, com *quartzo*, um *pyrito* mais ou menos carregado de ouro, tiveram de abandonar o ferro no estado de oxydo, ao chegarem perto da superficie, ao passo que o *ouro nativo* se precipitava, em grãos ou em *pepitas*, no seio do *quartzo*. Tendo sido levadas pela erosão as cabeças dos veios, o ouro, graças á sua densidade e inalterabilidade, ficou muitas vezes intacto entre as alluviões. D'esta sorte se formaram as ricas jazidas (*placers*) da California e da Australia.

No Gard, a vinda do ouro é anterior ao terreno carbonifero, cujos conglomerados contêm *quartzo aurifero*. Mas houve tambem uma vinda de ouro moderna, como a que formou no Nevada o celebre veio chamado *Comstock lode*.

**Minereos de cobre.** — Foi tambem com rochas basicas e especialmente com *melaphyros* ou *dioritos*, que surgiram as emanções de *cobre*. Foram ellas particularmente abundantes nas epochas permiana e triasica, dando origem a depositos de sulfuretos (cobre pyritoso, cobre variegado), ás vezes de arsenietos e de antimonietos (cobre cinzento), transformados perto da superficie em carbonato azul (*azurito*) ou carbonato verde (*malachito*). Por vezes os saes de cobre derramaram-se pelo meio dos sedimentos contempo-

raneos, como no Mansfeld, onde o cobre pyritoso, argentífero, impregna um eschisto betuminoso permiano, rico de peixes, e no Var, onde os carbonatos de cobre servem de cimento a um podingue triasico.

**Minereos de chumbo argentifero e de zinco.** — As jazidas de minereos de *chumbo*, geralmente *argentifero* e

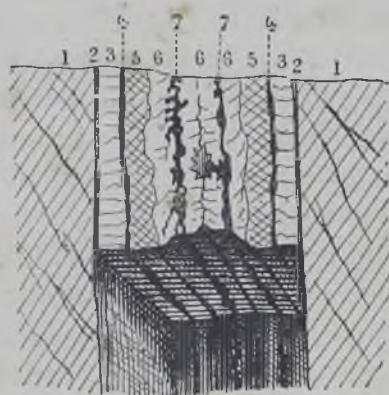


Fig. 133. — Côte d'um veio concreccionado em exploração. — 1, 1, *épontes* do veio ou da rocha envolvente; 2, 2, paredes argilasas chamadas *salbandes*; 3, quartzo; 4, pyrito de ferro; 5, calcito; 6, quartzo e barytina; 7, blenda o galena.

mui frequentemente associados aos minereos de *zinco*, aos de cobre ás vezes, realizam melhor do que todos os outros o typo dos veios *concreccionados* ou de *incrustação* (fig. 133), isto é formados pelo deposito regular, sobre as paredes de uma fenda, de fitas alternadas de gangas e de minereos, que se repelem symmetricamente á direita e á esquerda.

Os minereos são : a *galena* ou sulfureto de chumbo, a *blenda* ou sulfureto de zinco, o *cobre pyritoso* ou sulfureto de ferro e de cobre, algumas vezes a *prata vermelha*, combinação de prata com enxofre e antimonio ou arsenico. As gangas dominantes são o quartzo, o calcito ou carbonato de calcio, o carbonato de ferro, a barytina ou sulfato de baryo e algumas vezes a fluorina ou fluoreto de calcio.

Para muitos veios plumbiferos, tem-se a prova de que se encheram na epocha do triasico ou na do liasico inferior.

**Riqueza dos veios. Jazidas calaminicas.** — A riqueza de um veio está muito longe de ser a mesma em todas as suas partes. São muito caprichosas as circumstan-

cias d'esta distribuição, o que se explica pela natureza das reacções multiplas que de certo influiram para o deposito dos minereos. Verifica-se, em muitos casos, uma estreita relação entre a riqueza d'um veio e a qualidade das rochas que formam as paredes. D'esta sorte, si um veio atravessa successivamente varios terrenos, a sua riqueza não é constante. Explica-se facilmente este resultado notando, primeiro que o modo de formação das fendas e sua boa conservação, tão necessaria á circulação das dissoluções metalliferas, dependem no mais alto gráo da especie das rochas; e depois, que as reacções chimicas que provocam o deposito dos minereos não podem deixar de soffrer a influencia, já da composição, já do estado physico e da conductibilidade dos terrenos envolventes.

Exemplifiquemos. Quando um veio de blenda passa d'um eschisto para um calcario, alarga-se subitamente e transforma-se em uma massa irregular, ás vezes muito possante, de carbonato e de silicato de zinco (*calamina*). É evidente que as aguas, que atravessavam a massa eschistosa sem poder ataca-la, dissolveram e corroeram aos poucos o calcario, cujas fendas punham-n'as além d'isso em contacto com elementos oxydantes. Dá-se o nome de *jazidas calaminicas* a estes veios dilatados, dos quaes ha bons exemplos na Velha-Montanha e no Laurio. É licito admittir que contribua muito para esta dilatação a impermeabilidade dos eschistos, obrigando as aguas a espalharem-se por todos os lados no calcario.

## § 2.º

## PHENOMENOS OROGENICOS

**Principio dos phenomenos.** — O estudo dos periodos geologicos successivos mostrou-nos que muitas vezes, modificações mais ou menos consideraveis se haviam dado na

distribuição relativa das terras e dos mares. Denunciam taes mudanças, por parte da crosta terrestre, uma mobilidade cuja causa parece facil indicar, desde que se acceta a hypothese da massa ignea interna. Effectivamente, com o correr do tempo, o nucleo igneo deve contrahir-se, porque perde calor e porque uma parte da sua substancia é lançada fóra pelas erupções. Mas, por muito espessa que seja a crosta solida, é provavel que ella não corresponda sinão a uma pequena fracção do raio terrestre, cujo comprimento excede a 6,000 kilometros. Conserva portanto, no seu todo, flexibilidade bastante para ter necessidade de apoio, e quando este apoio vem a enfraquecer-se, é mister que ella se deforme.

**Feição geral das deformações.** — Esta deformação, como indicou Elias de Beaumont, deve ser analoga á que se dá n'um panno a principio bem extendido, e que depois por qualquer motivo perde a sua tensão.

N'este caso, o excesso d'amplitude determina a formação d'um *refego*, isto é d'uma juxtaposição de duas dobras, uma saliente, outra reintrante, das quaes a primeira tende a cair sobre a segunda. Ha, pois, a um tempo *levantamento* d'uma parte do panno e *depressão* da parte immediatamente contigua.

Tal parece que é, com effeito, a feição geral dos deslocamentos terrestres. Observa-se quasi em toda a parte que as linhas mais fortes de relevo, preparadas por ondulações successivamente crescentes, occupam uma situação littoral, voltando o flanco mais ingreme para uma depressão oceanica, que reproduz a mesma disposição em sentido inverso (fig. 134). Si pois as deformações da crosta resultam d'um movimento geral *centripeto*, provocado pela contracção progressiva do nucleo fluido, não é menos verdade que as montanhas representam porções da crosta *sublevadas* em relação ao nivel medio primitivo, ao passo que as depressões oceanicas correspondem a porções *abat-*

*tidas*. Tudo resulta de movimentos *lateraes* de *recalca-*  
*mento*, que podem ter *componentes* ao mesmo tempo se-  
gundo a *horizontal* e segundo a *vertical*, e cujos effeitos  
determinam os traços principaes do relevo terrestre, em  
primeiro logar as *montanhas*, o que permite classifica-los  
sob a denominação geral de *phenomenos orogenicos*. Cada

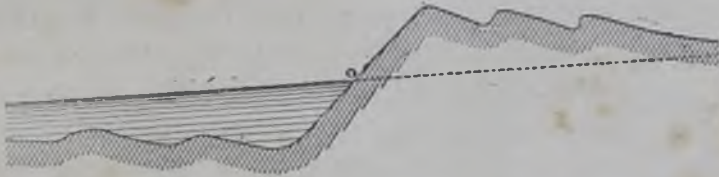


Fig. 134. — Corte geral das deformações da crosta.

modificação d'este relevo influe sobre o jogo das forças  
exteriores; mas estas ultimas limitam-se a recortar, de  
modo mais ou menos caprichoso, as partes da crosta que  
os movimentos orogenicos fizeram surgir deslocando-as.

**Fórmias diversas dos deslocamentos.** — A ten-  
dencia á deformação, cujo principio acaba de ser indicado,  
produz effeitos muito differentes, segundo o estado parti-  
cular dos terrenos que soffrem a sua influencia. Os mas-  
siços de antiga consolidação, demasiado rigidos para  
dobrarem-se, taes como as primeiras ilhotas de terreno  
primitivo, quebram-se em compartimentos limitados por  
*falhas*, ao longo das quaes estes compartimentos *jogam*  
uns em relação aos outros, como se vê no Morvan e no  
Planalto Central. Systemas espessos de sedimentos solidos,  
quando o recalcaemento não os impelle de encontro a um  
nucleo resistente, sublevam-se em massa (ás vezes em  
varias partes limitadas por fendas) e dão origem a altas  
chapadas de estratificação regular, como aquellas em que  
a erosão cavou as celebres gargantas ou *cañons* do Colo-  
rado. Si camadas sedimentares relativamente plasticas são  
recalcadas de encontro a um obstaculo rijo, como o foram

as camadas secundarias e terciarias do Jurá contra o massiço subterraneo de terreno primitivo que liga o Planalto Central aos Vosgos, ellas dobram-se em ondulações parallelas, umas salientes ou *anticlinicas*, outras reítrantes ou *synclínicas*, e que tendem por vezes a cair para o lado d'onde vem o impulso. Finalmente quando, como nos Alpes, o recalçamento foi bastante energico para trazer á flôr do solo o *substratum* primitivo, as fendas que o accidentam repercutem-se, sobre os retalhos da sua antiga cobertura sedimentar, já por *falhas*, já por dobras mais ou menos caprichosas si as camadas são bastante plasticas.

**Desmoronamentos.** — No numero dos accidentes que podem sobrevir á crosta, cumpre incluir os grandes *desmoronamentos*, como o que produziu o valle do Rheno ou o que deu origem ao mar Morto. Cumpre observar porém que pela mór parte estes accidentes resultam da quéda d'um compartimento da crosta, situado exactamente na *chave de uma abobada* em via de formação. Assim os Vosgos e a Floresta-Negra constituíam um massiço homogeneo sublevado em massa, e cuja parte culminante se rompeu sob o esforço soffrido, deixando que se esbo-roasse um *fecho d'abobada*, cuja quéda originou o valle do Rheno. Da mesma fôrma, o mar Morto occupa o logar de uma falha muito evidente, que sobreveio no cume de uma dobra *anticlinica* notavelmente rectilínea, que comprehende com este mar o valle do Jordão. A falha prosegue em cotovello com os córtes do Wadi-Arabah e do golfo de Akaba e chega ao mar Vermelho, cujo alinhamento determina até Massuah, para continuar depois sob a fôrma de uma faleja que constitue o limite oriental da Abyssinia, e que é prolongada até Zanzibar por uma linha de fractura onde estão enfileirados immensos cones vulcanicos. Assim os desmoronamentos alinhados entram na formula geral do phenomeno orogenico. Cada um d'elles

indica um *maximo de tensão*, que a crosta solida não poude supportar sem romper-se.

Outros desmoronamentos são os que se dão em consequencia d'um grande esforço orogenico, e como compensação d'uma sublevação que houvesse ultrapassado de alguma fôrma os limites. Assim é que depois da epocha tortonica, quasi toda a região mediterranea se deixou arrastar pelo levantamento da cadeia alpina. Mas então deram-se amontoamentos, e muitos desmoronamentos, progredindo de Oeste para Leste, constituiram successivamente a depressão tyrrhenica, a depressão adriatica, a depressão siciliana, e por fim o mar Egeo. Todos estes desmoronamentos eram limitados por fracturas, onde logo se estabeleciam os volcões. D'est'arte o Vesuvio, as ilhas de Lipari, o Etna balizam a fractura que define o compartimento tyrrhenico desmoronado. O equilibrio d'estes compartimentos está aliás de tempos a tempos exposto a algumas perturbações, o que explica os terremotos tão frequentes e tão graves nas regiões mediterraneas.

De mais, estabeleceram os geologos suissos que, durante os tempos pleistocenos, o massiço alpino devia ter-se abatido em massa cerca de 300 metros, dando isto origem, em todo o seu contorno, ás cavidades lacustres que alli se notam em tão grande numero.

**Exemplos de deslocamentos.** — Como exemplo bem typico de um deslocamento, onde as dobras se entulham com falhas, pode citar-se o accidente que determinou a situação actual do terreno carbonifero da zona franco-belga. No começo do siluriano, as camadas cambrianas da Ardenna foram levantadas e formaram no Condros uma aresta, pela qual ficou a bacia de Dinant separada da de Namur. Depois d'este movimento, chamado *enrugamento da Ardenna*, depositaram-se nas duas depressões os sedimentos devonianos e carboniferos. Em seguida, antes do periodo triasico, deu-se o *enrugamento do Hainalto*. As camadas da bacia de Namur, já transgressivas sobre o cambriano, foram recurvadas primeiro em uma dobra anticlinica (fig. 135) cuja vertente septentrional, ficando logo mais rija do que a outra

(fig. 136), acabou por deitar-se (fig. 137) cedendo ao esforço da pressão. Continuando o recalçamento a se fazer sentir, a pressão



Fig. 135.

lateral não tardou a ser bastante forte para determinar, ao longo da junção com o cambriano, uma falha muito obliqua, sobre a



Fig. 136.

qual o labio meridional escorregou de baixo para cima, de modo a vir cavalgar as camadas da outra vertente (fig. 138). Foi tal a

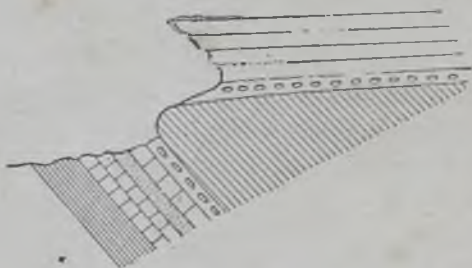


Fig. 137.

compressão que as camadas derrubadas dobraram-se mais de uma vez em muitos zig-zags, ao mesmo tempo que um retalho, solto

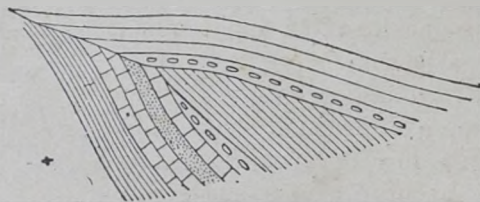


Fig. 138.

de um dos labios foi arrastado no movimento de ascensão do labio meridional.





ultimos venham a ser mais tarde levados pela erosão. Então encontram-se salientes, isolados no estado de pequenos recifes, eguaes a enormes blocos erraticos, e em todas as inclinações imagina-

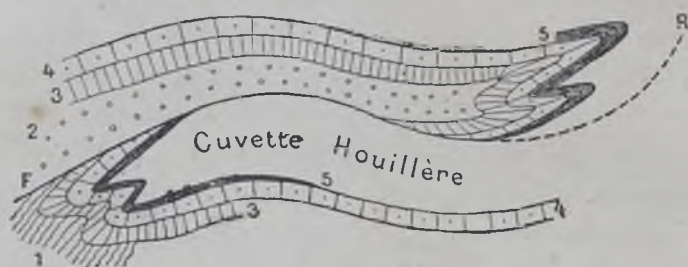


Fig. 140. — Eschema do accidente da bacia carbonifera franco-belga. (segundo o snr. Marcello Bertrand). — 1, siluriano; 2, devoniano inferior; 3, devoniano superior; 4, calcario carbonifero; 5, eschistos carboniferos; F, grande falha; R, encaixe de volta.

veis, pedaços de estratos calcarios que parecem repousar, de qualquer fôrma, sobre terrenos de idade mais recente. Tal é o caso dos celebres *Klippen* ou recifes dos Carpathos, assim como dos *Mythen* de Schwyz.

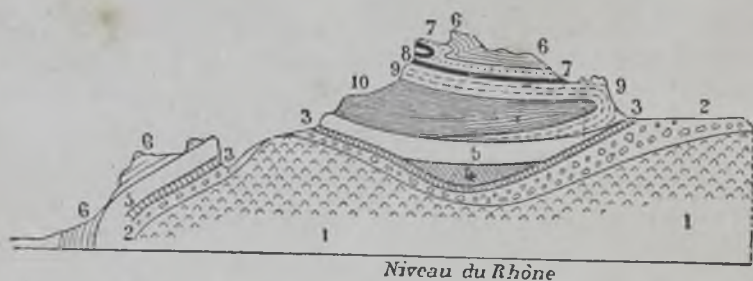


Fig. 141. — Corte dos Dentes de Moreles (Suissa). — 1, eschistos crystallinos; 2, terreno carbonifero; 3, carnholas; 4, liasico; 5, calcario jurassico; 6, neocomico; 7, barremico; 8, gault; 9, terreno nummulitico; 10, flysch ou prega deitada.

**Importancia das direcções.** — O esforço de recalca-mento vem, em geral, de uma *direcção* determinada, e tende a traduzir-se por accidentes *parallelas*. Encontrando porém um obstaculo, esta direcção póde modificar-se sensivelmente. Assim é que as dobras do Jurá, dirigidas de S. a N. na parte meridional, porque é esse o alinhamento do bordo oriental do Planalto Central, cur-

vam-se progressivamente para N.E. no Franco-Condado, de accordo com o percurso do massiço subterraneo cuja existencia é attestada pela illota granitica da Serra, para tomar em seguida a direcção Leste-Oeste, ao longo da orla meridional dos Vosgos e da Floresta Negra. Si pois os alinhamentos dos serrotes apresentam, no estudo das montanhas, incontestavel importancia, não devemos esquecer, d'um lado, que direcções multiplas podem corresponder a um mesmo exforço; d'outro lado, que a mesma direcção póde reproduzir-se em epochas differentes.

**Edade relativa dos deslocamentos.** — A *edade relativa* dos deslocamentos é de apreciação muitas vezes delicadissima. Naturalmente todo accidente orogenico é mais recente do que os terrenos cuja estratificação elle desarranjou. Mas como muitos massiços soffreram a influencia de exforços successivos, póde ser difficillimo averiguar o que toca a cada um d'elles. Quando se tracta de fracturas, faz-se intervir utilmente a consideração dos *jactos*. De facto, tendo-se dado uma fractura em certo terreno, com ou sem quebra do nivel das paredes, si mais tarde sobrevem outra fractura, esta produzirá em geral um deslocamento relativo das duas partes da fractura precedente que ella atravessa, e cujo vestigio no solo deixará portanto de ser continuo.

O mais seguro meio de determinar a edade relativa dos accidentes do solo seria reconstituir, em qualquer epocha, as costas maritimas, necessariamente influenciadas por cada novo deslocamento. Mas esta tarefa é difficil, porque os sedimentos littoraes, unicos sobre os quaes se possa fundar a determinação, muitas vezes desappareceram sob o exforço das erosões. O estado de retalhamento dos terrenos é extremo nos districtos montanhosos, e ha muitas planicies onde se não poderia avaliar em menos de *mil metros* a espessura das camadas que o trabalho dos agentes erosivos arrebatou no curso das edades, aproveitando

innumeras fracturas que os movimentos da crosta haviam alli produzido.

Além d'isso, cada dia mais se vem a reconhecer que a formação de uma cadeia de montanhas é obra de longo folego, realizada através de muitos periodos geologicos, e ás vezes interrompida por tão longas phases de repouso, que a erosão poude não deixar sinão insignificantes provas dos exforços primilivos. Torna-se extremamente difficil distinguir o que pertence propriamente a cada uma das phases successivas, e toda a prudencia é pouca neste genero de determinações.

**Principaes epochas de deslocamentos.** — Feitas estas reservas, eis como parece possivel, no estado actual da sciencia, considerar a successão dos phenomenos orogenicos :

A mais antiga terra que emergiu, no hemispherio septentrional, parece ter formado uma fita circumpolar, cuja praia meridional passava pela região dos grandes lagos da America, pelos Highlands da Escossia e pela Escandinavia. Contra esta terra *palearctica*, um impulso vindo do mar alto levantou, desde o começo do precambriano, uma cadeia de morros, que se chamou *huronica*, e cuja degradação forneceu os materiaes dos depositos grosseiros do precambriano do lago Huron, da Escossia e da Noruega.

Deram-se novos movimentos durante o periodo siluriano, e attingiram ao seu apogêo no fim d'este periodo, derribando o gneiss por cima do siluriano da Escossia. Então uma cadeia nova, a *caledonica*, vindo junctar-se ao territorio conquistado pela precedente, formou a costa de encontro á qual se accumularam os conglomerados do velho grez vermelho devoniano.

Em seguida, com o deposito dos carvões de pedra westphalicos, a zona dos enrugamentos transferiu-se mais para o Sul, abarcando a Armorica, a Ardenna, a Saxonia e a

Bohemia. As dobras *armoricanas* ou *hercynicas* accentuaram-se desde o westphalico até o fim do permiano, onde o mar se achava encantado no Mediterraneo. As mesmas dobras continuavam na America, dando origem á cadeia dos Appalaches e aos primeiros rudimentos das Montanhas Rochosas.

Os movimentos orogenicos cessaram, na Europa, durante os tempos secundarios, e transportaram-se para a Asia bem como para a America do Sul. Recomeçaram porém na Europa com o eoceno, no fim do qual se ergueram os *Pyreneus*. Ao mesmo tempo formava-se uma primeira *cadeia alpina*, que tinha de ser desmantelada antes de surgir a cadeia principal.

Esta ergueu-se definitivamente depois do tertonico, em consequencia d'um esforço gigantesco que accumulou, entre o antigo continente boreal da *Eurasia* e o planalto tropical indo-africano, as dobras da Cordilheira betica, dos Alpes, dos Apenninos, do Jurá, dos Carpathos, dos Balkans, do Caucaso, das Cadeias ivanicas, do Himalaya; dobras muitas vezes recurvadas na proximidade de antigas ilhotas, das quaes ainda umas subsistem, enquanto outras se desmorraram.

Parece que os ultimos movimentos tiveram como effeito a producção de fracturas de N. a S., como as que rasgaram as duas extremidades do Atlantico ou crearam as depressões do mar Vermelho, do Jordão e dos lagos africanos. Foi assim que á configuração remotissima, isto é, a dous continentes allongados de *Oeste para Leste*, um boreal (de Alaska á Siberia), outro tropical (dos Andes á Australia), substituiu-se a pouco e pouco a configuração actual, na qual se nota a tendencia ao allongamento de *Norte a Sul* nas unidades continentaes.

## CAPITULO VIII

### CONSIDERAÇÕES GEOGENICAS

---

#### § 1.º

#### CAUSAS DAS VARIAÇÕES DO CALOR EXTERNO

**Principio do phenomeno paleothermico.** — A concepção da primitiva fluidez do nosso planeta, trazendo como consequencia a conservação, até nossos dias, de uma massa ignea interna, explica de modo satisfactorio, com a fôrma actual do globo, a constituição da crosta assim como o jogo dos phenomenos eruptivos e orogenicos. Mas ha uma cousa que esta hypothese não explica sufficientemente, é a uniformidade climatica das primeiras edades geologicas.

Si ha factos que a paleontologia, e particularmente o ramo d'esta sciencia que se occupa do mundo vegetal, tenha posto em plena evidencia, é de certo a progressiva diminuição do calor nas altas latitudes do nosso globo. Vimos que, durante os tempos primarios, um clima semelhante ao dos tropicos parecia ter reinado desde o equador até os polos, e só pelo meio da era secundaria começou a manifestar-se o estreitamento progressivo da zona tropical. No começo da era terciaria, possuia ainda a Groen-

landia uma vegetação semelhante á que hoje caracteriza a Luiziania, e as mesmas plantas floresciam tanto no Spitzberg como na península de Alaska. O apparecimento dos gelos polares foi tardio portanto, e quasi o podemos considerar como tendo posto fecho aos tempos geologicos propriamente dictos, para inaugurar a era actual.

Por outro lado, um augmento do calor solar no passado não poderia explicar o privilegio de que por tanto tempo gozaram as altas latitudes: porquanto o equador deveria ter tido a sua parte, e este exaggero de temperatura teria de certo tornado impossivel a vida na sua vizinhança. Ora, a qualquer latitude que desçamos, mostra-nos a paleontologia especies, fetos e cycadaceas, que estão longe de exigir um gráo de calor superior ao da zona torrida actual. Além d'isso, as mais antigas, os fetos, são plantas que procuram a sombra, e os primeiros insectos cujos restos observamos pertencem a familias que hoje vivem de preferencia nos logares escuros. Consequentemente não é *nem por excesso de calor nem por excesso de luz* que se caracteriza o que foi chamado justamente o phenomeno *paleothermico*: é por uma *distribuição uniforme do calor dos tropicos*, que se extendia, sem variações sensiveis, de uma extremidade do globo á outra. Achar a causa d'esta uniformidade, tão contraria á distribuição actual dos climas, eis o problema que se tracta de resolver.

**Insufficiencia das causas geographicas.** — Póde por acaso este facto ser explicado pela mudança das condições geographicas? Parece-nos que é impossivel sustental-o. De certo reconhecemos a influencia que exercem sobre os climas a disposição reciproca das terras e dos marés, a situação tropical ou temperada dos continentes, a predominancia, mais ou menos notavel em cada poncto, do elemento liquido, o valor do relevo finalmente. Si pois se tractasse de explicar factos locaes, admittiriamos de bom

grado que o calor houvesse variado, n'este ou n'aquelle ponto, em consequencia d'uma modificação da altitude, da exposição ou do percurso das correntes marinhas. A supressão do *Gulf Stream*, por exemplo, pareceria causa sufficiente para produzir, no Atlantico Norte, uma notavel diminuição da temperatura.

Mas mudanças d'este genero não actuariam sobre todo o globo terrestre ao mesmo tempo e, conservando-se o mesmo o calor total que o sol emite, elle apenas se distribuiria de modo differente. Nunca modificações d'esta natureza impediriam que houvesse no globo uma zona torrida e uma zona glacial, e como quer que imaginemos a distribuição das terras e dos mares, ha de ser sempre impossivel produzir, na superficie do globo, esta egualdade absoluta de temperatura, independente da latitude, que o exame da flora carbonifera attesta.

**Estabilidade do eixo terrestre.** — Quanto ao recurso muitas vezes invocado de um deslocamento do eixo terrestre, capaz de fazer com que todas as partes do globo aproveitassem successivamente do calor equatorial, — esta concepção, admissivel em these, esbarra de facto com invenciveis difficuldades. Em primeiro lugar, os que estudaram a questão pelo calculo estabeleceram que, para deslocar o eixo dos polos uma simples fracção de gráo, fôra mister se dessem, no relevo do globo, modificações incomparavelmente maiores do que as que puderam acompanhar a formação das mais altas cadeias de montanhas. De mais, por mais longe que nos conduza a botânica fossil, ou se tracte do mioceno ou do periodo jurasico, as zonas de vegetação, já desenhadas ou esboçadas, parecem concentricas ao polo actual, como si a sua posição nunca tivesse variado de modo apreciavel. Além d'isso, um deslocamento do polo só faria transportar para novas regiões o beneficio das condições climaticas da zona tropical e nunca poderia produzir a uniformidade que



assignalamos como a characteristic das primeiras edades.

**Insufficiencia do calor interno.** — Deixando pois de parte o eixo terrestre, cumpre procurar o principio da referida uniformidade n'uma causa que agisse por toda a parte e ao mesmo tempo. Esta causa julgaram muitos encontrar na irradiação do calor interno, o qual, graças á menor espessura da crosta nos tempos paleozoicos, poderia contribuir efficazmente para a temperatura da atmosphaera. Esta hypothese porém não resiste ao exame. Onde quer que o terreno primitivo de gneiss e de mica-schistos se offerece á flôr da terra, conta-se por milhares de metros a sua espessura, e portanto é evidente que, nas epochas paleozoicas, já uma casca de muitos kilometros protegia o calor central impedindo que se perdesse. Ora, para quem conhece a má conductibilidade das rochas, isto é mais do que o preciso para reduzir a quasi nada a hypothese a que alludimos.

Para produzir uma temperatura corallina, isto é, uma média de  $+ 20^{\circ}$  pelo menos, nos logares onde hoje reina a média de  $- 15^{\circ}$  a  $- 20^{\circ}$ , fôra preciso, através da crosta, um fluxo de calor capaz de augmentar de  $40^{\circ}$  a temperatura exterior. Ora semelhante augmento, que deveria dar-se tambem nas regiões tropicaes, bastaria para anniquilar toda a actividade physiologica, e o mar se tornaria inhabitavel para qualquer organismo, ainda inferior. Finalmente não era só de calor, era tambem de luz que careciam os vegetaes terciarios da Groenlandia, e a hypothese que examinamos não lh'a dá.

**Causas astronomicas.** — Si as causas proprias do globo terrestre se mostram impotentes para produzir o resultado desejado, faz-se mister então procurar o principio fóra da terra, em algum factor astronomico. O primeiro em que se pensou foi a variação da excentricidade

da ecliptica, combinada com a produzida pela precessão dos equinoxios.

A unica virtude, porém, de uma influencia d'este genero seria produzir estações extremadas e ao mesmo tempo uma consideravel differença entre os dous hemispheros; ora, ainda mais do que outra qualquer, semelhante disposição seria impropria para realizar a uniformidade thermica dos tempos paleozoicos.

**Hypothese da concentração do sol.** — Muito diverso é, aos nossos olhos, o valor de uma concepção ha pouco introduzida na sciencia pelo sr. Blandet, e que tem por base a diminuição do diametro apparente do sol. Tivemos o cuidado de fazer notar que a actual distribuição dos climas tinha por principio essencial, com a inclinação do eixo terrestre, o *parallelismo dos raios solares*. Em razão da grande distancia que nos separa do astro e da fraca amplitude angular sob a qual o disco d'elle nos apparece, apesar das suas enormes dimensões, os raios do sol formam um feixe cylindrico, que toca na terra em largo circulo. Mas mui differente seria, si o sol fosse mais dilatado, porque os seus raios tudo envolveriam, supprimindo a noite total nas regiões polares. Sem duvida um sol assim dilatado deveria ser mais ou menos nebuloso e daria, para cada unidade de sua superficie, calor e luz menos intensos; mas a terra, estando muito mais vizinha da periphèria d'essa nebulosa e achando-se de alguma sorte banhada na sua atmosphera, poderia aproveitá-la como hoje, e assim o globo gozaria de uma completa uniformidade de climas.

**Manutenção da energia solar pela concentração.** — Ora esta idéa, que ao apparecer, pode afigurar-se extranha aos espiritos accostumados ao principio da estabilidade dos elementos astronomicos do nosso systema planetario, parece-nos estar de perfeito accordo com a

idéa que devemos fazer da genese do mesmo systema. Na hypothese tão plausivel da nebulosa primitiva, a terra é um fragmento infinitamente pequeno, destacado do astro central em uma das epochas da sua progressiva condensação, e para elle a phase estellar teve de ser extremamente breve em virtude das suas fracas dimensões. Pelo contrario, a massa enorme do sol e, ainda melhor, o encurtamento gradual de suas dimensões, permittiram-lhe que conservasse, não obstante a irradiação, uma provisão consideravel de energia, que, após tantos seculos decorridos, ainda basta ás necessidades exteriores do nosso globo.

Sem esta concepção, é de todo inexplicavel a manutenção do calor solar. É debalde que pretendem alimentá-lo com uma chuva continua de meteoritos. Não só se exgottaria muito depressa a reserva, mas ainda os astronomos demonstraram que a massa do sol cresceria á custa d'elles bastante para modificar rapidamente as condições do systema planetario. Uma causa unica, graças ás leis da thermodynamica, é capaz de preservar a energia solar sem appellar para o insufficiente concurso de fóra: é o phenomeno da condensação do astro. Com ella, o poder calorifico do sol póde manter-se sem perda sensivel, graças a uma diminuição de diametro apparente, que exigiria muitos milhares de annos para que os nossos mais delicados apparatus. pudessem regista-lo.

Si porém, em nossos dias, o sol reduzido como está soffre ainda este movimento de concentração necessario para manter a sua energia, quão differentes do que são hoje deveriam ter sido as suas dimensões em outras epochas? Nada é portanto mais logico do que esta hypothese, e já que, irreprehensivel pelo lado da astronomia, só ella dá meio de explicar o phenomeno paleothermico, nada ha de melhor a fazer do que acceita-la, affirmando, em contrario ás doutrinas da eschola *uniformista*, que a historia antiga do nosso planeta se desenrolou no meio de condi-

ções exteriores muito diversas das que nos cercam. Em particular, foi de certo tardia a formação do astro central, considerado como individualidade distincta.

## § 2.º

## RESUMO COSMOGONICO

Si ainda ha em Geologia mais de um ponto obscuro, é todavia hoje bastante consideravel o conjuncto dos factos definitivamente assentados na sciencia para podermos, sem grande temeridade, tentar grupa-los em uma synthese geral. É o que vamos fazer, resumindo as observações e as hypotheses que tivemos ensejo de formular n'esta obra.

O estudo das manifestações da dynamica terrestre mostrou-nos que realmente não havia por toda a parte si-não duas forças em jogo : a gravidade ou attracção centripeta, e o calor ou principio centrifugo, — calor externo provindo do sol e calor interno armazenado nas profundezas do globo. Ora estes dous elementos podem reduzir-se a um principio unico, si suppuzermos que na origem toda a energia do nosso systema planetario esteve encerrada n'uma nebulosa, isto é, n'uma immensa massa de materia vibrante e luminosa, animada do duplo movimento de rotação e de concentração centripeta. N'este caso, á luz da Thermodynamica, o movimento de concentração apparece-nos como uma consequencia da grande lei da *conservação da energia*, porque é graças a esta condensação que um systema resguarda a provisão que possui do desperdicio exterior.

Admittida portanto a concepção da nebulosa primitiva, é-se levado a dividir a historia terrestre em duas phases, de duração sem duvida muito desigual: uma phase *estellar*, muito breve, durante a qual o globo, destacado da

nebulosa solar, se condensou e depois se resfriou, até cobrir-se a sua superficie de uma crosta obscura; e uma phase *planetar*, que ainda continúa e é a unica de que se deve occupar a Geologia. O papel d'esta sciencia começa na passagem da primeira phase para a segunda, quando a reacção dos fluidos exteriores sobre o envolucro superficial do globo vae produzir, em condições ainda mysteriosas de pressão, de temperatura e de meio chimico, esta reunião de camadas *crystallinas* que fôrma o *terreno primitivo*.

D'este momento em deante, a actividade dos elementos materiaes soffreu no globo uma distribuição definitiva. Ao passo que a energia interna, concentrada debaixo da crosta, devia manifestar-se fóra antes por jactos do que de modo continuo, pelos deslocamentos da crosta terrestre, a energia externa, proveniente da acção do sol, combinada com a do peso, estava destinada a evoluir de continuo. Sujeita porém a sentir a contra-pancada das variações mais ou menos bruscas da actividade interna, esta propria evolução ia progredir de modo desigual, recebendo de tempos a tempos um novo impulso por parte dos phenomenos produzidos sob o imperio de causas profundas.

Em primeiro logar, a crosta original, pouco espessa e mal sustentada, teve de procurar seu equilibrio até que se definissem os primeiros lineamentos da geographia do globo. Foi então que se desenharam na sua superficie as zonas fracas e as zonas resistentes, constituindo estas ultimas, sob a fôrma de ilhotas os primeiros nucleos dos continentes, emquanto nas depressões se accumulava o elemento liquido mal dividido em oceanos distinctos.

Uma vez realizado isto, a vida tomou posse do globo, não, ao que parece, de maneira progressiva e por evolução lenta de organismos inferiores, mas, tanto quanto é licito julgar, pelo apparecimento quasi immediato de typos com toda a perfeição compativel com as circumstancias

ambientes. Além d'isso, esses typos foram os mesmos em toda a superficie terrestre, e si, quanto aos organismos marinhos, tal simillhança se explica em rigor pela immensa extensão e pela communicação livre dos mares, pelo menos o characteristico das primeiras floras continentaes força-nos a admittir uma distribuição do calor e da luz muito differente do que a que hoje prevalece. Viu-se que em nosso entender esta distribuição, produzindo a egualdade absoluta dos climas, reclamava um sol nebuloso e muito dilatado.

Os inicios da vida continental foram characterizados pelo reinado quasi exclusivo de vegetaes, cujo crescimento nada contrariava, e que se desenvolveram, em temperatura simplesmente tropical, no seio de uma atmospherá humida, sem duvida carregada de nuvens, que não deixavam chegar á terra sinão raios diffusos. Os unicos animaes terrestres que esta vegetação abrigou são aquelles, cujos actuaes congeneres procuram a sombra; o brilho de côres que faz hoje o encanto da natureza não tinha razão de ser n'aquella epocha.

Em compensação, submettida a um regimen particular de chuvas torrencias, esta luxuosa vegetação, em vez de se decomporem os seus destroços ao ar livre, era arrasada a pouco e pouco para os lagos ou para as lagunas. Ahi, sob a protecção de sedimentos argilosos, devia ella soffrer, quasi sem perda de substancia, uma compressão lenta, transformando-se em carvão de pedra, onde o homem viria um dia encontrar outra vez, immediatamente disponivel, a energia calorifica e luminosa que a nebulosa solar despendera durante aquella epocha notavel.

A atmospherá porém purificára-se em virtude d'esta propria vegetação e do soterramento d'ella. Apareceram os animaes terrestres, representados pela classe dos repteis. A energia interior, que já se traduzira muitas vezes por erupções profundas e projecções, attingiu a uma especie de paroxysmo, produzindo os grandes derramamentos

carboniferos e permianos; veio depois a calma, e abundantes emanações, consequencia natural das erupções, forraram de mineraes diversos as fendas abertas na crosta.

Durante esta era de socego, em que foi fraco o trabalho mechanico da sedimentação, os organismos puderam devotar-se, em notavel escala, ao crescimento da crosta. Foi n'este periodo que, na vegetação terrestre, se manifestaram os signaes primeiros de uma differenciação, isto é, de uma individualização mais bem assignalada do astro central. Esta transformação porém é lenta, e ainda por muito tempo os polos vão desfructar de uma temperatura clemente. Para perderem este privilegio, será mister que de novo desperte a actividade interna, e, fazendo emergir grandes massas continentaes, imprima á crosta, por uma serie de sobresaltos successivos, esses movimentos que vão levantar os Pyreneus, os Alpes, e outras grandes cadeias de montanhas. Sobre o globo, afinal dotado de relevo que por muito tempo lhe faltára, os mammiferos, condemnados (póde-se dizer) desde seu primeiro apparecimento a uma especie de parada de desenvolvimento, vão espalhar-se e multiplicar-se até encontrarem a sua suprema expansão nos gigantescos proboscidios do mioceno superior e do plioceno. Graças á variedade das condições externas, a vegetação reveste uma amplitude e diversidade de fórmas até então desconhecidas, e fornece por toda a parte aos herbivoros abundante alimento.

Prosegue todavia a condensação do sol, e com ella o resfriamento das extremidades polares. N'este momento, quando o levantamento das grandes cadeias acaba de erguer ás altas regiões poderosos instrumentos de condensação, um conjuncto de circumstancias que procurámos explicar imprime, em latitudes temperadas, uma extraordinaria actividade ás precipitações atmosphericas. É a era das geleiras e dos grandes cursos d'agua, em que valles se rasgam, alluviões fertéis se depositam, e torrentes fazendo o papel de exploradores e mineiros não só tornam

as montanhas accessiveis, mas estratificam na base de suas enxurradas os metaes preciosos arrancados ao quartzo dos veios.

Póde então surgir o homem: a terra está preparada para recebê-lo! Cabe-lhe d'ora em deante reconhecer e aproveitar essas riquezas, tão liberalmente amontoadas para suas necessidades, com uma providencia que o obriga por isso mesmo a fazer d'ellas bom uso.



QUADRO RESUMIDO  
DOS  
PERIODOS GEOLOGICOS

| ERAS                     | PERIODOS                  | ELEMENTOS ORGANICOS CHARACTERISTICOS |                           |  | DESLOCAMENTOS  |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--|--|
|                          |                           | VERTEBRADOS                          | INVERTEBRADOS             | VEGETAES   |  |
|                          | PRIMITIVO<br>OU ARCHEANO  |                                      |                           |  | Primeiro esboço<br>dos continentes.<br>Pregas huronicas. |
| PRIMARIA                 | PRECAMBRIANO              |                                      |                           |  |  |
|                          | SILURIANO                 |                                      |                           |  | Dobras<br>do massiço caledonio<br>e das Ardennas.        |
|                          | DEVONIANO                 | REINADO<br>DOS PEIXES                | REINADO<br>DOS TRILOBITES |  |  |
|                          | CARBONIFERO               | REINADO<br>DOS LABYRINTHO-<br>DONTES | PRIMEIROS<br>AMMONITIDAS  | REINADO<br>DOS ACROGENOS<br>E DOS<br>GYMNOSPERMOS                  | Enrugamento<br>do Hainalto.<br>Pregas hercynicas.        |
|                          | PERMIANO                  |                                      |                           |  |  |
| SECUNDARIA<br>(in part.) | TRIASICO                  | PRIMEIRA<br>EXPANSÃO DOS<br>REPTAIS  |                           |  | Falhas do Morvan.  |
|                          | JURASSICO                 | SERIE<br>LIASICA                     |                           |  | Invasão marinha<br>no golfo<br>anglo-pariziense.         |
|                          |                           | SERIE MEDIO-<br>JURASSICA            | REINADO<br>DOS SAURIOS    | REINADO<br>DOS AMMONITES<br>DOS BELEMNITES<br>E DOS<br>BRACHYPODES | PRIMEIROS<br>ANGIOSPERMOS                                |
|                          | SERIE SUPRA-<br>JURASSICA |                                      |                           |  |  |

|                          |                     |  |  |   |  |  |
|--------------------------|---------------------|--|--|---|--|--|
| SECUNDARIA<br>(in part.) | CRETACEO            | SERIE INFRA-CRETACEA                                       | REINADO DOS DINOSAURIOS                  | CEPHALOPODES DE VOLTAS DESENLROLADAS E RUDISTAS |  |  |
|                          |                     | SERIE SUPRA-CRETACEA                                       | AVES REPTAIS                             |   |  |  |
| TERCIARIA                | EOGENO              | EOCENO   | REINADO DOS MAMMIFEROS                   | REINADO DOS GASTROPODES E DOS ACEPHALOS         | PALMEIRAS NA BACIA DE PARIZ                    | Mar nummulítico. Sublevação dos Pyreneos.                  |
|                          |                     | OLIGOCENO  |  |   |  | Invasão septentrional marinha. Periodo dos grandes lagos.  |
|                          | NEOGENO             | MIOCENO  |  |   |  | Mar mollássico. Sublevação dos Alpes.                      |
|                          |                     | PLIOCENO   |  |   |  | Rompimento do Atlantico Norte. Apparecimento dos invernos. |
| MODERNA OU QUATERNARIA   | PLEISTOCENO RECENTE | Extinção dos grandes proboscídios. Apparecimento do homem. | Invasão da fauna boreal no Mediterraneo. | Flora actual.                                   | Grandes geleiras. Abrandamento da temperatura. |  |

## APPENDICE

---

### AS INVESTIGAÇÕES GEOLOGICAS DO BRASIL

Bem que, durante grande parte do periodo colonial, a importancia das possessões brasileiras de Portugal proviesse principalmente aos olhos da metropole, da exploração de suas riquezas mineraes, não consta que tivesse havido o menor exforço, official ou particular, para se estudar scientificamente a constituição geologica da colonia, ou o modo de ser das suas ricas jazidas mineralogicas. Não se póde duvidar que entre os mineiros practicos de Minas-Geraes, Goyaz e Malto-Grosso houve muitos bons observadores dos phenomenos que podiam servir de guia para o melhor aproveitamento das suas lavras, e para o descobrimento de outras novas. O facto de nas regiões então occupadas haverem escapado ás vistas dos mineiros coloniaes poucas jazidas importantes de ouro e diamante, indica que elles deviam ter feito as suas observações e experiencias de um modo quasi scientifico. A quem houver estado em contacto com os garimpeiros da epocha actual terá surprehendido muitas vezes o tino e perspicacia com que o homem rude, e ás vezes analphabeto, observa e coordena os factos que he caem debaixo dos olhos. Nos bons tempos da mineração devia, do mesmo modo, ter havido muitos mineiros intelli-

gentes e observadores, de vasta experiencia, cujas informações, a terem sido registadas, teriam sido da maior valia e do maior interesse practico e scientifico. Sem imprensa nem outros estímulos para a communição e conservação das suas observações, nada nos deixaram d'esse cabedal de conhecimentos practicos; e o investigador de hoje só póde formar idéa do tempo aureo da mineração pela inspecção dos montes de cascalho lavado e das cavas abandonadas, e pela leitura das noticias acerca do valor intrinseco das riquezas extorquidas á colonia em beneficio da metropole.

Pelo lado official o interesse manifestado pelos recursos mineraes da colonia era exclusivamente o do fisco, assim mesmo entendido do modo mais acanhado e desintelligente, visto que não se procurava augmentar aquelle interesse por medidas legislativas e administrativas tendentes ao bom aproveitamento e á boa conservação das minas. Sómente quasi no fim do periodo colonial é que se fez uma tentativa fraca e inefficiente, quasi sem resultados practicos, para introduzir um pouco de sciencia na legislação mineira e nos methodos e pessoal da sua administração. O interesse predominante do fisco e o carrancismo dos agentes puramente fiscaes, em cujas mãos ficava a direcção superior dos negocios mineiros, fizeram abortar estas tentativas.

O primeiro passo neste sentido parece ser a commissão dada em 1798 ao dr. José Vieira Couto, medico residente em Tejuco (Diamantina) para « fazer observações e exames mineralogicos e metallurgicos em toda a comarca de Serro Frio pelo interesse que d'elle poderia provir ao real erario e ao publico ». Devido á opposição do intendente da demarcação diamantina, que entendeu excluir dos taes estudos a dicta demarcação, no pretendido interesse do fisco, pouco resultado deu esta commissão. O dr. Couto escreveu em 1799 uma « Memoria » sobre a capitania de Minas-Geraes (publicada na *Revista do Instituto Historico*, 1848), uma « Memoria » sobre as salitreiras naturaes de Monte Rorico (escripta em 1803 e publicada em 1809

na Imprensa Regia do Rio de Janeiro), uma « Memoria » sobre as minas da capitania de Minas Geraes (escripta em 1801 e publicada em 1842 por E. e H. Laemmert), e uma « Memoria » sobre as minas de cobalto da capitania de Minas-Geraes escripta em 1805, mas ao que parece, nunca publicada. Estes trabalhos são interessantes para o quadro historico da epocha, porém de pouco valor scientifico; perdendo mesmo este valor em virtude da sua publicação tardia quando já tinham apparecido outros trabalhos mais completos.

Em 1804 foi nomeado o dr. Martim Francisco Ribeiro de Andrada, inspector das minas e bosques da capitania de São Paulo, não sabemos com que auctoridade e funcções. Da sua penna temos um *Diario da Viagem* feita em 1805 na região da Ribeira de Iguape, que só veio á luz da publicidade em 1847 na *Revista do Instituto Historico*. Estas notas revelam um atilado observador das cousas do homem e da natureza, porém na epocha em que foram publicadas não constituiram contribuição importante para o conhecimento da geologia da região, sendo isto em parte devido ao facto de ser o districto um tanto desfavoravel a observações de grande alcance. É de presumir que, durante a sua longa residencia em São Paulo antes da independencia, tivesse Martim Francisco feito outras viagens e estudos, mas não se conservaram notas a tal respeito.

Em 1803 dois brasileiros, José Bonifacio de Andrada e Silva e Manoel Ferreira da Camara de Bittencourt e Sá, que tinham, em commissão do governo, feito extensas viagens pela Europa e estudado nas melhores escholae (1),

---

(1) Como resultado da sua viagem na Suecia, José Bonifacio publicou descripções dos mineraes scapolito, wernerito, spodumene, petalito, sablito, coccolito, akanthikonio, indicolito, apthrizito, allochroito e ichthyophtalma. Com excepção de akanthikone (epidoto) e ichthyophtalma (apophyllito) estes nomes são correntes na litteratura mineralogica alleman e ingleza como nomes de especies mineraes ou de variedades bem definidas

foram encarregados da confecção de um novo código de mineração, o qual, porém, nunca teve execução sinão muito imperfeitamente e por partes. Camara foi nomeado intendente do districto diamantifero em 1808, posição esta que occupou até a independencia, epocha em que a deixou para entrar na vida politica. Das suas observações geologicas, si é que as fez, só temos noticia pelos escriptos de Spix e Martius e de St. Hilaire, a quem elle communicou uma theoria sobre a origem do diamante, que não indica estudo muito critico e profundo da região. As noticias biographicas referem que elle deixou uma memoria escripta sobre os mineraes da demarcação diamantina; porém esta nunca foi publicada. José Bonifacio voltando ao Brasil na vespera da revolução, e entrando logo na agitada politica d'aquelle epocha, pouco tempo tinha para estudos scientificos. Da sua lavra só existem publicadas as notas de uma viagem na região do Tieté entre São Paulo e Itú e no districto de Ipanema, estampadas em francez no *Journal des Voyages* (as referencias não dão o anno) e reproduzidas em portuguez como appendice ao *Manual de Geologia* de Boubée impresso em 1846. Estas notas são interessantes; porém são antes de mineralogista que geologo.

Em 1807 o mineralogista inglez John Mawe obteve permissão de viajar no interior do Brasil, e visitou as regiões auríferas e diamantíferas. O seu livro publicado em 1812 e traduzido em varias linguas, sem ser propriamente scientifico, dava observações valiosas sobre o modo de

---

(sahlito e coccolito de pyroxenio, indicolito e ahrizito de turmalina, e allochroito de granada). Na litteratura franceza os nomes spodumene e scapolito têm sido substituidos pelos de triphanio e paranthina dados posteriormente por Hauy. O primeiro d'estes dois ultimos mineraes se apresenta no Brasil entre os conhecidos pelo nome de *grisoltas*, e por patriotismo os patricios de José Bonifacio devem seguir o costume allemão e inglez conservando o nome de spodumene, que aliás é imposto pelas leis de prioridade.

occurrencia do ouro e das pedras preciosas nas lavras do Brasil.

Passando para o Brasil a côrte portugueza, entraram na administração das minas dois engenheiros de minas allemães, que tinham estado por alguns annos ao serviço do reino no Real Corpo de Engenheiros, e que inauguraram uma nova éra na technica da mineração e na investigação das sciencias correlativas. Eram o tenente-coronel Wilhelm L. von Eschwege e o sargento-mór Frederic Luiz Wilhelm Varnhagen. O primeiro foi occupado de 1811 até 1822 em varias commissões, principalmente na capitania de Minas, em quanto o segundo foi encarregado da reorganização da fabrica de ferro de Ipanema. Ainda que as suas funcções officiaes fossem exclusivamente industriaes, ambos se occuparam com a investigação geologica e mineralogica do paiz. De Varnhagen temos uma só contribuição escripta, uma interessante nota das suas observações entre Santos e Ipanema communicada em carta a Eschwege, e estampada por este no seu *Jornal von Brasilien*. É, porém, evidente que grande parte das informações dadas por Eschwege e Spix e Martius sobre Ipanema são devidas a communicações verbaes de Varnhagen.

Eschwege, depois de uma viagem por terra do Rio Janeiro a São Paulo e Ipanema, passou para Minas pela estrada de Campanha e São João d'El-Rey e estabeleceu-se em Ouro Preto, donde fez varias excursões na região aurifera e diamantifera, chegando ao Oeste até a então fronteira de Goyaz. Pelo lado industrial, Eschwege fundou perto de Ouro Preto uma pequena fabrica de ferro pelo processo directo, a qual serviu de modelo para as numerosas fabricas que depois se estabeleceram em Minas; e na mina da Passagem introduziu os processos e machinismos mais aperfeiçoados d'aquelle tempo para a extracção e tractamento do minereo de ouro. Em outras condições de meio e com uma população mais avida de progresso, qualquer destas tentativas teria sido de grandes conse-



quencias, tornando o seu auctor merecedor da gratidão nacional. Aconteceu, porém, que os mineiros inglezes que começaram as suas operações alguns annos mais tarde tiveram as honras dos melhoramentos introduzidos na mineração de ouro, e que, na industria de ferro, a construção de fornos altos por Varnhagen em Ipanema e por Camara no Morro do Gaspar Soares, que nenhuma influencia tiveram para o desenvolvimento da industria, tem attrahido muito mais attenção do que o mais modesto esforço de Eschwege. São porém, os seus trabalhos scientificos os que mais nos interessam no presente estudo. Em 1818, estando ainda no Brasil, Eschwege publicou o seu *Jornal von Brasilien*, especie de diario de viagem, cheio de informações valiosas sobre o paiz, incluindo muitas observações geologicas. Voltando á Europa em 1822, publicou immediatamente a *Geognostisches Gemälde von Brasilien*, pequeno folheto de 44 paginas em que esboçou com mão de mestre o systema orographico do paiz e resumiu as suas observações geologicas de onze annos, com uma discussão da matriz provavel do diamante. Este foi seguido em 1827 por *Brasilien, die Neue Welt*, collecção de varios estudos pouco importantes para o presente estudo, em 1832 pelo *Beiträge zur Gebirgskunde Brasiliens*, e em 1833 pelo *Pluto Brasiliensis*. O primeiro é a ampliação de *Geognostisches Gemälde*, dando na sua primeira parte passo por passo as observações sobre as quaes se basea, e na segunda parte um apanhado das notas de interesse geologico espalhadas na narrativa das viagens de Spix e Martius interpretadas á luz das investigações do auctor em Minas Geraes. O *Pluto* é um tractado historico, estatistico e technico da industria de mineração no Brasil e dos mineraes de importancia industrial então conhecidos. Graças a estas diversas obras nenhum paiz do novo mundo era, n'esta epocha, melhor nem tão bem estudado como o Brasil sob o poncto de vista da sua estructura geologica e tecnologia mineral.

Quem tiver tido, como o auctor d'estas linhas, occasião de seguir as pegadas de Eschwege, fica pasmo ante a minuciosidade e exactidão das suas observações e o criterio das suas deducções. Em parte alguma do mundo tem o investigador de hoje menos a criticar e corrigir na obra de *pioneer*; o nome de Eschwege merece ser collocado bem alto na lista dos notaveis geologos que receberam a inspiração do grande mestre Werner.

O casamento do principe real com a archiduqueza Leopoldina da Austria em 1817 abriu o Brasil, em todos os ramos de historia natural, ás investigações de um notavel grupo de naturalistas que ou vieram na comitiva da princeza ou em commissão das sociedades scientificas da Europa e debaixo da sua protecção. A grande viagem de Spix e Martius, tendo em mira principal os estudos zoologicos e botanicos, trouxe muitas observações geologicas cujo valor foi muito augmentado pela já referida discussão de Eschwege; o mineralogista Johann Pohl viajou no Oéste de Minas e Goyaz e apresentou um *Beiträge zur Gebirgskunde* que pouco mais é do que uma relação das rochas e mineraes colleccionados; o secretario da legação prussiana, dr. Olfers, accompanhado por Franz Sellow visitou as regiões auríferas e diamantíferas, e remetteu ao museu de Berlim uma grande collecção que nunca foi descripta; Sellow posteriormente, de 1821 a 1829, occupou-se no Rio-Grande-do-Sul e na Banda Oriental, em fazer collecções para os museus de Berlim e Rio de Janeiro, e uma grande serie de rochas remettidas para Berlim com copiosas notas serviu ao dr. Weiss para um valiosa contribuição sobre a geologia do Sul do Brasil, publicada em 1827 na *Revista* da Academia de Sciencias de Berlim.

Com a publicação das diversas obras acima enumeradas fechou-se o primeiro periodo (que se póde chamar allemão) da investigação geologica do Brasil. Os resultados, que têm sido frequentemente negligenciados por investigadores subsequentes, foram notaveis, mórmente tendo em vista a

novidade do assumpto e o numero limitado de investigadores. O systema orographico do paiz foi determinado com bastante exactidão por Eschwege assim como o foi tambem, de modo geral, o character e distribuição sobre grande parte da area do paiz, de quatro grandes terrenos geologicos que, conforme a nomenclatura da epocha, foram denominados Primitivo, de Transição, Rothleigende e Terciario. O primeiro com a sua riqueza mineral foi descripto um tanto detalhadamente, estabelecendo-se o facto importante de que grande parte do Brasil septentrional e central acha-se coberto por uma grande formação de grez horizontal referida por Spix e Martius ao *Quadersandstein*, (Cretaceo) e por Eschwege ao *Rothleigende* (Triasico). No Brasil austral foi estabelecido por Sellow e Weiss o grande desenvolvimento e extensão de uma serie eruptiva (trappa, melaphyro e basalto), associada com grez denominado *Rothleigende* por Sellow, e Terciario por Weiss.

Para esta primeira classificação dos terrenos brasileiros faltava inteiramente a base paleontologica, visto que os poucos fosseis então conhecidos só muito tempo depois foram estudados. Eschwege em 1823 sabia da existencia de madeiras fosseis na Bahia e da dos peixes fosseis do Ceará, dos quaes uma grande collecção tinha sido remetida para o Museu no Rio de Janeiro, onde ainda se acha sem descripção. Um destes peixes foi figurado por Spix e Martius, que tambem mencionam conchas fosseis na Bahia referidas por elles a especies existentes. Parece que os mesmos viajantes remetteram para a Europa a bella amostra de feto fossil (*Psaronius*) do Piauhy, que foi descripto em 1872 por Brongniart, bem que este não vem mencionado na narrativa da viagem. Sellow tambem deu noticia de madeiras fosseis e de carvão no Rio-Grande-do-Sul, e de conchas terciarias nas margens do Uruguay. Weiss descreveu restos de mammiferos fosseis do Rio-Grande e Uruguay, os quaes, porém, nada adiantam sobre a classificação geologica dos terrenos. A referencia feita

por Weiss da formação de grez do Rio-Grande ao terreno terciario baseou-se n'uma amostra com fosseis e sem rotulo no material remettido por Sellow da viagem do Rio-Grande para São Paulo; parece que houve aqui algum equivoco.

D'Orbigny na sua grande viagem á America do Sul (1826-1833) explorou a região de Chiquitos que incluye a parte do Brasil ao Sul do Guaporé, e examinou ligeiramente a margem do planalto ao Norte d'aquelle rio. A grande formação de grez que cobre a maior parte de Matto-Grosso foi comparada, porém sem evidencia paleontologica, com o terreno carbonifero de Santa Cruz de la Sierra na Bolivia, e os estratos levantados, que lhe jazem por baixo na região de Chiquitos, foram referidos ás formações devoniana, siluriana e gneissica.

Em 1831 o navio inglez *Beagle* na sua viagem de circumnavegação tocou em diversos pontos do territorio brasileiro, e o naturalista da expedição, o celebre Darwin, fez algumas observações geologicas, das quaes a mais importante foi a determinação da natureza volcanica da ilha Fernando de Noronha. Em 1841 o dinamarquez Pedro Claussen, colleccionador de mineraes, que tinha estado com Sellow no Rio-Grande e depois com Lund em Lagôa-Sancta em Minas Geraes, publicou no *Boletim* da Academia Real da Belgica um pequeno trabalho sobre Minas Geraes, cujo interesse principal está na noticia da localidade Grão-Mogol, descoberta em 1839, onde o diamante se encontra na rocha. A mesma localidade foi melhor descripta, com uma secção geologica da Serra do Espinhaço, n'uma memoria publicada em Vienna pela dr. Virgil von Helmreichèn, em 1846. Este habil geologo e engenheiro de minas tinha viajado extensamente em Minas, e esteve por algum tempo empregado nas companhias inglezas de mineração, e parece haver accumulado um grande cabedal de observações geologicas que se perderam por ter elle morrido prematuramente de febre amarella na Bahia, em 1851. Diversos escriptos seus, remettidos á Academia

de Vienna, foram aproveitados por Foetterle na confecção do seu mappa geologico da America do Sul (1854), porém com a excepção do acima mencionado, nunca foram publicados. Distribuiram-se particularmente diversas secções goologicas, mas parece que não foram regularmente publicadas.

Dalam da mesma epocha, cerca de 1840, as importantes investigações de Lund sobre a fauna extincta das cavernas de Minas Geraes, investigações que são de grande interesse biologico, porém de pouco alcance no estudo da estructura geologica do paiz, a qual, na epocha desta fauna estava, para assim dizer, acabada. O mesmo não acontece com a contribuição do botanico inglez George Gardner, que em 1841 visitou e descreveu as localidades dos peixes fosseis no Ceará e forneceu a Agassiz material para a primeira determinação sobre base paleontologica da idade (Cretacea) de uma formação brasileira.

O geologo francez, E. Pissis, que depois se tornou celebre no Chile, viajou por algum tempo no Brasil e apresentou em 1841 uma « Memoria » acompanhada de um mappa geologico, extendendo-se da Bahia até Paranaguá e do littoral até o São-Franciso, e de um mappa ideal do Brasil no principio da idade siluriana. A julgar pelas excellentes descripções que o auctor dá dos ponctos visitados, as suas observações pessoaes se limitaram ás vizinhanças da Bahia e Rio de Janeiro e ás estradas desta cidade a Ipanema em São Paulo, e a Ouro Preto e Sabará em Minas. Elle não menciona os trabalhos anteriores; mas parece ter conhecido os de Spix e Martius e o de Claussen, sendo este ultimo provavelmente por communição verbal; não conheceu porém o de Eschwege. Esta segunda tentativa de classificação dos terrenos geologicos brasileiros differe da primeira de Eschwege em algumas particularidades importantes, sem comtudo ser mais acertada. Os dois têm um grupo primitivo dividido do mesmo modo, com o gneiss e granito n'uma subdivisão, e as rochas

eschistosas menos crystallinas que o gneiss, n'outra. Eschwege, porém, tracta conjunctamente o gneiss, granito, syenito, etc.. ao passo que Pissis estabelece trez subdivisões no gneiss e considera o granito, etc., como eruptivos posteriores : o primitivo eschistoso de Pissis incluye o grupo do mesmo nome de Eschwege e mais parte do seu grupo de transição, ao passo que o terreno de transição (siluriano) de Pissis é o Rothleigende de Eschwege.

Grande parte da « Memoria » de Pissis occupa-se com o estudo dos movimentos orographicos dos quaes elle reconheceu trez : um presiluriano formando cadeias com a orientação de N. E. e S. O. na região primitiva, outro caracterizado por elevação em bloco e por phenomenos eruptivos ao longo de linhas E. O., sem dobramento pronunciado, e outro de idade terciaria, do qual só achou evidencia nas vizinhanças da Bahia e, ao que parece, elle não considera como sendo geral este ultimo movimento. Ao seu mappa do Brasil primitivo só falta a incorporação dos trabalhos de seus predecessores para ser uma contribuição tão valiosa como original para o assumpto.

A grande viagem do Conde de Castelnau em 1848 e annos subsequentes devia ter sido mui rica em resultados geologicos; porém por infelicidade o geologo da expedição, E. d'Osery, perdeu a vida na Bolivia, tendo apenas contribuido com uma pequena nota sobre uma região já conhecida pelos trabalhos de Eschwege e Pohl. Na narrativa da viagem pelo Conde de Castelnau pouca cousa de interesse encontra o geologo além das feições topographicas da região atravessada, e o facto de ser grande parte della composta de grez jazendo sobre rochas inclinadas e em parte crystallinas. A insistencia com que é notada cada occurrencia de *ganja*, como si esta fosse a unica cousa importante, é especialmente exasperadora.

Nos vinte annos decorridos de 1840 a 1860 poucos foram os accrescimos feitos ao conhecimento da geologia do Brasil, além dos já acima referidos. Explorações que deram

em resultado a descoberta de camadas de carvão foram feitas em Sancta-Catharina, em 1841, pelo dr. Perigot, e alguns annos mais tarde em São-Paulo pelo dr. Carlos Rath; porém estes estudos, publicados em folheto no Rio de Janeiro e em São-Paulo, só muito mais tarde chegaram ao conhecimento dos geologos. Em 1859 Heusser e Claraz deram uma noticia interessante da região diamantifera de Minas-Geraes, sem todavia accrescentarem grande cousa ao que já era conhecido pelos trabalhos anteriores de Eschwege e Helmreichen. Em 1857 o governo, por iniciativa do Instituto Historico, organizou uma grande Commissão Scientifica para a exploração das provincias do Norte, da qual, pelo menos na parte relativa á geologia, só appareceu um relatorio administrativo. Dois dos membros da secção geologica desta commissão, o dr. (depois Barão) de Capanema e o dr. João Martins da Silva Coutinho, tendo depois viajado extensamente e sendo atilados observadores geologicos, deviam ter feito muitas observações da maior valia, porém não as tornaram conhecidas, por se acharem, como os seus antecessores Andrada e Camara, demasiado sobrecarregados de deveres administrativos. O primeiro delles, que ainda vive, talvez ainda possa dar-nos uma valiosa contribuição de origem puramente brasileira. Em 1850 Allport deu no jornal da Sociedade Geologica de Londres uma noticia minuciosa do terreno cretaceo das vizinhanças da Bahia, e alguns annos mais tarde Nathaniel Plant fez o mesmo em relação ao terreno carbonifero do Rio-Grande-do-Sul, sendo ambas estas contribuições acompanhadas de descripções e figuras de fosseis que fixaram a edade geologica dos terrenos descriptos.

A viagem do prof. Agassiz em 1865 trouxe uma nova phase ao estudo da geologia do Brasil, phase que tem continuado até hoje. O fim principal do chefe da expedição era o estudo da fauna fluviatil e, pelo lado geologico, o dos depositos superficiaes que elle attribuiu á acção glacial, e as suas observações proprias se dirigiram exclu-

sivamente para este ponto. Na qualidade de geologo veio o prof. Ch. Fred. Hartt, que, depois de algumas excursões nas vizinhanças do Rio de Janeiro, foi commissionado para examinar as bacias fluviaes entre o Rio e a Bahia. Assim iniciado no assumpto, o prof. Hartt resolveu dedicar-lhe toda sua vida. Em 1867 voltou sósinho e extendeu o exame do littoral até Pernambuco. Os resultados destas duas viagens foram encorporados n'um volume publicado em 1870 com o titulo de *Geology and Physical Geography of Brazil*, no qual, além das observações do auctor, foram colleccionadas e discutidas todas as informações que lhe foi possivel obter sobre o assumpto.

As contribuições novas deste volume foram a determinação dos characteres physicos e geologicos da zona do littoral entre Rio de Janeiro e Pernambuco com uma secção através da Serra das Aymorés até Minas Novas; o descobrimento de um terreno fossilifero, provavelmente devoniano, no baixo Rio Pardo, na Bahia; o de um terreno cretaceo nos Abrolhos, ao longo da Estrada de Ferro Bahia e S. Francisco, e em Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Parahiba; um estudo detalhado do mar corallifero dos Abrolhos, e a determinação da natureza e modo de origem dos singulares recifes de grez, como os de Pernambuco, Porto Seguro, etc.

No estudo dos depositos superficiaes, o prof. Hartt seguiu a opinião de seu mestre e amigo Agassiz, porém com reservas quanto á extensão de geleiras sobre as partes mais planas do paiz, e especialmente na região amazonica que elle proprio depois desapprovou. Os grandes chapadões de grez horizontal do interior, que o auctor não teve occasião de examinar pessoalmente, foram considerados como sendo provavelmente de idade terciaria, hypothese erronea, porém provavel á vista dős poucos factos então conhecidos a seu respeito.

A extranha hypothese do prof. Agassiz sobre a historia geologica do valle do Amazonas chamou a attenção do



prof. Hartt para aquella região, e as ferias dos annos de 1870 et 1871 foram empregadas em explorações no baixo Amazonas. O que era então sabido da geologia deste valle era a presença de granito (referida por varios viajantes) nas cachoeiras dos tributarios de cada lado, e a do terreno cretaceo, determinado por Agassiz, baseado em collecções feitas por Chandless, no rio Purús. A primeira expedição do prof. Hartt, em que foi acompanhado por uma turma de estudantes, deu em resultado o descobrimento do terreno devoniano no lado do Norte, e do carbonifero no lado do Sul, ambos ricamente fossiliferos. Na segunda expedição, com um só auxiliar procurou-se completar as collecções de fosseis destes dois terrenos, descobrindo-se tambem o carbonifero no lado do Norte; examinar os taboleiros terciarios de Almeirim, e os restos archeologicos da ilha de Marajó e das terras pretas das vizinhanças de Santarem. Os resultados foram publicados em diversos artigos preliminares nos jornaes scientificos americanos, sendo os fosseis devonianos descriptos pelo prof. Hartt em associação com o sr. Richard Rathbun, e uma parte dos carboniferos pelo auctor destas linhas, que tinha acompanhado as duas excursões. A communicação de fosseis colleccionados por Chandless no rio Maué-assú e pelo prof. Orten no rio Pichis, no Perú oriental, deu occasião de estender os limites da bacia carbonifera do Pará quasi até o Madeira, e de determinar a existencia de outra com a mesma fauna na região do alto Ucayali.

Em traços geraes, os resultados das duas expedições amazonicas foram a refutação da theoria do prof. Agassiz sobre a glaciação daquelle valle e a determinação dos elementos principaes da sua verdadeira historia geologica com muitos e importantes detalhes sobre diversos dos mais importantes terrenos que entram na sua composição. Fóra do terreno geologico, outro resultado importante foi a iniciação de estudos profundos sobre a archeologia brasileira baseados no exame dos sambaquis, *mounds*, e outros

restos dos habitantes primitivos da região amazonica, especialmente notaveis pelo desenvolvimento artistico que mostraram na ornamentação dos seus productos ceramicos. Uma excursão, que fizeram até Pernambuco dois ajudantes da primeira expedição, deu a conhecer a bacia cretacea das vizinhanças da ilha de Itamaracá, cujos fosseis foram em parte descriptos pelo sr. Rathbun.

Voltando ao Brasil em fins de 1874, o prof. Hartt foi, em meados de 1875, encarregado da organização, em escala modesta, de um serviço geologico official com o titulo de « Comissão Geologica do Imperio do Brasil », para a qual chamou quatro dos seus antigos estudantes, entrando tambem dois engenheiros nacionaes. Depois de pouco mais de dois annos de trabalho, durante os quaes se fez um reconhecimento geral de grande parte do paiz e se ajunctou um riquissimo material scientifico nos ramos da geologia, paleontologia, archeologia e zoologia, foi suspensa a Comissão, a pretexto de economia, no principio de 1878. Não podendo conciliar-se com o naufragio dos seus projectos, para os quaes o Brasil evidentemente ainda não estava preparado, nem com a ameaça da perda total do material scientifico accumulado, o prof. Hartt demorou-se no Rio de Janeiro na esperança de obter do governo qualquer providencia para salvar os resultados de um trabalho que lhe era tão caro. Assim expondo-se á forte epidemia da febre amarella que n'aquelle anno reinou, veio a fallecer victima della a 18 de Março de 1878; e d'esta arte perdeu o Brasil, victima do seu clima e em parte, talvez, do seu atrazo em materias scientificas, um dos mais (sinão o mais) activos, profundos, e desinteressados investigadores que jamais pisaram o seu solo. Quasi se pode dizer sem exaggero que na litteratura da geologia e archeologia do Brasil, as contribuições de Hartt valem tudo o mais reunido; e não é fóra de proposito lembrar que todas estas contribuições foram feitas sem auxilio directo dos cofres publicos, visto que pouco dos resultados

dos seus trabalhos officiaes chegou ao ponto de estar preparado para o prelo, e d'este pouco uma parte ainda está inedita.

Dissolvida a Commissão Geologica, o seu material passou para o Museu Nacional. Um dos companheiros de Hartt, o auctor do presente esboço, desejoso de salvar em parte para a sciencia o fructo de tanto trabalho, que custara uma vida tão preciosa, resolveu ficar no Brasil e dedicar-se a este fim. Após um anno de fastidiosa demora foi collocado, por contracto annual, no lugar de director da secção geologica do Museu Nacional que lhe dava o desejado dominio sobre o material da extincta commissão. O que foi encontrado entre os trabalhos em elaboração em estado de se imprimir, foi dado á estampa, pela maior parte em fórma resumida, nos Archivos do Museu, ou foi confiado a outros collegas da extincta commissão que o publicaram nos jornaes scientificos dos Estados-Unidos. As collecções que estavam por estudar foram em parte confiadas a diversos especialistas estrangeiros que gentilmente se prestaram a preparar monographias para os *Archivos do Museu*. Assim já foram publicados no Brasil : uma contribuição para a ethnologia e archeologia pelo prof. Hartt; um esboço da geologia do Baixo-Amazonas por O. A. Derby; um esboço da geologia das vizinhanças da Bahia de Todos os Sanctos por O. A. Derby e Richard Rathbun; uma monographia dos fosseis invertebrados das bacias cretaceas do littoral pelo dr. C. A. White, de Washington, e outra sobre os trilobites do terreno devoniano do Amazonas pelo prof. J. M. Clarke, de Albany. Em diversos jornaes scientificos norte-americanos foram publicados uma noticia resumida dos brachypodes devonianos do Amazonas, e um resumo dos estudos da commissão sobre os recifes brasileiros pelo prof. Richard Rathbun; memorias sobre a geologia de Sergipe e Alagoas, e sobre a geologia da ilha Fernando de Noronha (acompanhadas de uma monographia das

rochas pelo dr. G. H. Williams), e sobre a questão da glaciação do Brasil pelo dr. J. C. Branner, e uma noticia resumida dos fosseis carboniferos do Amazonas por O. A. Derby. Além destes trabalhos, acham-se no Museu esperando publicação monographias sobre os fosseis silurianos e devonianos pelo prof. J. M. Clarke; e o prof. E. D. Cope tem em mão uma monographia sobre os vertebrados fosseis que promette acabar logo que haja perspectiva razoavel de poder ser publicada. Eis o que tem sido possivel, graças á boa vontade do antigo director do Museu o conselheiro Ladislau Netto, salvar do naufragio da Commissão Geologica, restando ainda muita cousa que talvez algum dia possa ser em parte aproveitada.

Os estudos effectuados pelo auctor deste esboço, quando empregado no Museu, ou depois, são resultados tão directos dos mallogrados esforços do prof. Hartt que podem, ainda que fóra da ordem chronologica, ser mencionados neste lugar. Uma excursão por conta de um particular com fim industrial na provincia do Paraná deu occasião de reconhecer algumas das feições principaes da grande bacia do Paraná, e obter material paleontologico para a determinação da idade geologica dos trez grandes terrenos devoniano, carbonifero e triasico, que a caracterizam. Indo como auxiliar das commissões encarregadas de estudar a navegabilidade dos rios São Francisco e das Velhas, houve occasião de se fazer um reconhecimento geologico de grande parte da bacia do São Francisco em que se reconheceu a extensão, sobre uma grande area n'aquella bacia, do terreno cretaceo fossilifero já conhecido na provincia do Ceará; a existencia de um terreno independente, confundido com o itacolumito de Eschwege, a matriz original do diamante, e outros pontos de menor importancia. Excursões menores nos estados do Rio de Janeiro, Minas e São Paulo deram occasião de se estender um tanto o conhecimento da distribuição de alguns dos terrenos já conhecidos; de determinar que a propriedade

de flexibilidade do itacolumito era um phenomeno de desaggregação da rocha, e que as madeiras silicificadas tão abundantes na parte austral da republica eram um excellente padrão paleontologico. Foi começado um estudo petrographico e stratigraphico das rochas crystallinas dos trez Estados mencionados, cujo resultado principal foi reconhecer a natureza verdadeiramente volcanica de um grupo de rochas ainda não reconhecido como tal, e que constituem alguns dos pontos mais salientes na topographia dos trez Estados. Com a applicação da batêa como instrumento de investigação, ficou demonstrado que diversos mineraes considerados como raros, e especialmente interessantes por conterem varios elementos chimicos raros, são muito geralmente distribuidos.

Em 1886 foi-lhe confiada pelo conselheiro João Alfredo Corrêa de Oliveira, então presidente de São Paulo, a direcção do levantamento topographico e geologico que se projectava n'aquelle Estado. N'este serviço os trabalhos puramente geologicos (nos quaes tive por algum tempo a cooperação de dois alumnos da Eschola de Minas de Ouro-Prelo, os drs. Gonzaga de Campos e Paula Oliveira, e depois a do bem conhecido especialista dr. Eugen Hussak) têm sido até o presente subordinados aos topographicos, limitando-se a reconhecimentos geraes e estudos preliminares, pela maior parte ainda ineditos. Os que já saíram publicados são — um estudo do valle do Paranapanema pelo dr. Francisco de Paula Oliveira; estudos sobre as jazidas de ferro de Ipanema e Jacupiranga pelo chefe da commissão, conjunctamente com o dr. Luiz Philippe Gonzaga de Campos, e diversas contribuições petrographicas e mineralogicas pelo dr. Eugen Hussak.

Em 1872 o director do Observatorio Nacional, dr. Emmanuel Liais, publicou uma grande obra, tendo 299 paginas denominadas *Géologie*, que são de difficil caracterização. A maior parte pôde ser considerada como a memoria de Pissis diluida e peorada; e o que deve ser

attribuido a observações proprias é dado de modo tão vago que é impossível precisar os pontos para uma verificação. O auctor d'este esboço, fazendo o mesmo tracto em centenas de leguas, procurou com todo o empenho fixar os pontos em que o sr. Liais registava observações que pareciam de certa importancia e só o conseguiu em um unico onde, por excepção e talvez por descuido, o lugar foi designado com precisão. Alli teve a prova palpavel da sua nullidade suspeitada como observador geologico e paleontologico, encontrando as massas de origem puramente mineral que na referida obra figuram como fosseis, dando base para a classificação geologica dos terrenos.

A criação de uma Eschola de Minas em Ouro-Preto em 1875 abriu uma era nova ao estudo e aproveitamento dos recursos mineraes do paiz e incidentemente ao da sua geologia. Bem que tractem principalmente de metallurgia e mineralogia, as publicações do primitivo grupo de lentes os drs. Gorceix, Bovet, Thiré e Ferrand, e dos alumnos Corrêa da Costa, Leandro Dupré, Paula Oliveira, Gonzaga de Campos, Chrispiniano Tavares, Costa Sena, Antonio Olyntho e Calogeras, contêm valiosissimas contribuições geologicas e são demais um attestado vivo do character da instrucção e da orientação dada á mocidade n'aquella eschola, e este facto levanta involuntariamente a seguinte questão : que tem feito que corresponda a isto a secção de minas estabelecida mais ou menos na mesma epocha na Eschola Polytechnica e as cadeiras de historia natural mantidas por muitos annos em diversos estabelecimentos de instrucção superior? Infelizmente, pelo menos, sob o ponto de vista scientifico, parece que, como aconteceu com José Bonifacio e Camara, a politica vai desviando a muitos das carreiras scientificas tão brillantemente estreadas e ao mesmo tempo transformando o character da Eschola de Minas.

Desde 1872, um engenheiro de minas, allemão, dr. Henrique E. Bauer, embrenhado no sertão da Ribeira de

Iguaape, tem empregado as horas de descanso de uma vida extremamente laboriosa e penosa em investigações mineralogicas e geologicas, sendo o primeiro a empregar no Brasil os methodos modernos de microscopia applicada á geologia. O material colleccionado e generosamente cedido a especialistas dentro e fóra do paiz por este modesto investigador é da maior valia, e prova que aquella região é uma das mais variadas e interessantes do mundo inteiro.

Collecções de rochas brasileiras mandadas á Europa pelo Museu Nacional, pelo dr. Bauer ou por outros, têm despertado vivo interesse entre os petrographos e dado assumpto para quatro theses de doutoramento, verdadeiras monographias preparadas sob as vistas dos notaveis especialistas Rosenbusch e Hussak, além de frequentes referencias descriptivas no grande tractado do professor Rosenbusch (que tambem viajou no Brasil em 1870 e publicou uma pequena nota sobre rochas de Rio de Janeiro e São Paulo), e uma nota pelo fallecido professor Lasaulx.

Estas monographias são a de Graaf sobre rochas da Serra do Tinguá, a de Hunter, em associação com o prof. Rosenbusch, sobre um grupo especial de rochas basicas do Tinguá e outras localidades, a de Hovey sobre os diabasios das vizinhanças do Rio de Janeiro, e a de Jordano Machado sobre as rochas levadas por elle proprio da Serra de Caldas. Para os brasileiros este ultimo trabalho é especialmente interessante não sómente pela importancia do assumpto e pelo modo magistral por que é tractado, como pelo facto de ser firmado por um patricio, do qual, depois de tão brilhante estréa, é legitimo esperar outras contribuições importantes.

Além dos trabalhos puramente petrographicos acima mencionados, ha ainda um de Renard sobre rochas de Fernando de Noronha e diversas notas por Hussak sobre alguns typos de especial interesse.

O grande trabalho metallurgico de Henwood sobre as operações das companhias inglezas em Minas-Geraes, publicado em 1871, contém muitas e valiosas notas sobre a estrutura geologica da serie aurifera, e devemos a outro engenheiro de minas inglez, Williamson (1867), o pouco que é conhecido do interior da Parahyba do Norte. Para o interior da Bahia temos apenas as interessantes notas de viagem do dr. Theodoro Sampaio, de 1880 a 1884. Para o alto Amazonas, além das notas de Steere, editadas pelo prof. Hartt (1872) e de Brown (1879) sobre a exploração feita por conta da Companhia do Amazonas, temos descripções dos fosseis terciarios por Conrad, Gabb e Woodward (1870-71). Um relatorio official pelo dr. Gonzaga de Campos (1890) dá informações importantes sobre a bacia carbonifera e a geologia geral de Sancta-Catharina. Devemos importantes contribuições á geologia e paleontologia de Matto-Grosso a Smith (1890), aos membros da expedição Von den Stein e Claus (1884) e Vogel (1894) e a Evans (1894); ao passo que Hussak fez ultimamente uma importante contribuição á geologia de Goyaz (1894).

Além dos escriptos já mencionados sobre a geologia superficial e a questão de glaciação por Agassiz e Hartt, ha discussões em opposição ás opiniões destes auctores por Capanema (1866), Mills (1889) e Branner (1894); e a hypothese de geleiras antigas, no tempo permiano, foi ligeiramente tratada por Waagen e Derby (1888). Afóra os trabalhos paleontologicos já referidos, existem tambem descripções de alguns repteis fosseis por Marsh (1869), Cope (1885), e Woodward (1887); de peixes fosseis por Cope (1871 e 1885), e Woodward (1887), e de vegetaes fosseis por Brongniart (1872) e Regnault (1890).

No que diz respeito a trabalhos chartographicos nada existe que mereça o nome de charta geologica; nenhuma região por limitada que seja tem sido levantada com precisão. A charta ja referida de Foetterle, as diversas edições da charta geologica do mundo de Marcou, a publicada ha



annos pelo auctor destas linhas, e a recente charta da America do Sul por Steinmann no Atlas de Geographia Physica de Berghans são antes esboços, representando eschematicamente o estado dos conhecimentos na epocha de sua publicação do que chartas exactas baseadas sobre dados precisos. A de Steinmann inclue quasi todos os estudos recentes e representa muito regularmente o estado actual dos conhecimentos sobre a geologia do Brasil.

O. DERBY.

---

## ESTRUCTURA GEOLOGICA E MINERAES DO BRASIL

Pelo Professor ORVILLE DERBY

A geologia da vasta área do Brasil é relativamente desconhecida. Antes de 1867 não se tinham encontrado fósseis, e as investigações de Eschwege, Sellow, Martius, Pissis, d'Orbigny e outros eram exclusivamente geognósticas. Embora de grande valor, a identificação e a classificação de terrenos que apresentaram eram muito deficientes, por não se fundarem na Paleontologia.

A base de uma verdadeira divisão paleontológica foi lançada pelas recentes investigações de Hartt e seus colaboradores. Ainda ha muito que fazer, porém já se conseguiu uma noção mais clara da estrutura geologica do paiz.

### I

A base do grande planalto brasileiro consta de antigas rochas metamórficas, as quaes formam a quasi totalidade das montanhas e apparecem isoladas em todas as provin-

cias, em quasi todos os pontos em que as planicies têm sido profundamente denudadas.

Dividem-se em duas grandes series. A mais antiga, constando de rochas altamente crystallinas como granito, syenito, gneiss e micaschisto, Hartt referiu-a ao systema laurenciano, referencia confirmada pelo encontro, em varios pontos, do *Eozoon canadense* que o caracteriza. A segunda serie, menos perfeitamente crystallina, compõe-se de quartzitos, eschistos, minereos de ferro e calcarios, e póde referir-se com certeza quasi igual ao systema huroniano.

O systema laurenciano desenvolve-se principalmente nas regiões da serra do Mar e da Mantiqueira, de que fórma os picos principaes. Occorre igualmente em todas as outras montanhas, mas subordinado ao systema huroniano, ou ás formações mais modernas, onde quer que estas se acham levantadas em fórma de dobras montanhosas.

Na serra do Mar, as rochas mais abundantes e characteristics são *gneiss graniticos* que, em consequencia da abundancia e tamanho dos crystaes feldspathicos, apresentam muitas vezes um aspecto porphyritico, e, sendo estratificadas de modo muito indistincto, apparecem nos magnificos zimbórios e agulhas que caracterizam a parte mais elevada d'esta cadeia, ao longo da costa do Rio de Janeiro, S. Paulo e Paraná. Grande parte d'este gneiss é *granitifero*.

Na serra da Mantiqueira, si bem que as principaes alturas sejam formadas de granito ou gneiss granitoide, as rochas predominantes são *gneiss eschistosos* e *micaschistos*. São raros os marmores n'esta formação, porém apparecem algumas camadas tenues que persistem por modo notavel em longas distancias.

O systema laurenciano brasileiro não é notavelmente rico de mineraes de valor economico, e a este respeito fica muito aquem da outra serie. Occorrem n'elle extensos depositos de minereos de ferro, e nos seus membros superiores

o ouro está parcamente distribuido. A E. de Minas-Geraes apparecem em abundancia pedras preciosas, taes como : chrysolitho, agua marinha, turmalina verde e vermelha, amethysta, andalusito e triphanio transparentes, que têm sido mais ou menos exploradas. Na mesma região conhecem-se bellos depositos de graphito.

O systema *huroniano* é especialmente caracteristico das regiões da serra do Espinhaço, da Canastra, Matta da Corda e das montanhas de Goyaz, em que as suas rochas formam as principaes elevações da superficie. Apparece tambem, conjunctamente com o systema laurenciano, no chapadão montanhoso do Sul de Minas-Geraes, na parte meridional das serras da Mantiqueira e do Mar, na parte accidentada do valle do alto Paraguay, e geralmente nos valles, em todas as partes em que as rochas metamorphicas fundamentaes são expostas á vista pela denudação.

Eschistos hydromicaceos e chloriticos, e quartzitos eschistosos e micaceos, ás vezes flexiveis, que receberam o nome de *itacolumito*, são as rochas predominantes d'esta serie. A mica d'esta serie é muitas vezes substituida por ferro micaceo, dando uma rocha peculiar chamada itabirito, a qual com o desaparecimento do quartzo passa a camadas massiças de hematito, ou mais raramente, de magnetito. Estas camadas de ferro, de abundancia e extensão extraordinarias, collocam as regiões huronianas do Brasil entre as mais ricas do mundo em minereos de ferro.

Os affloramentos d'estas rochas ferruginosas dão origem a uma crosta de conglomerado de formação mais recente, constando de massas de minereos de ferro cimentadas por limonito, conhecido pelo nome de *tapanhoacanga*, e que cobre áreas ás vezes de muitas milhas de extensão. Como membros d'esta serie occorrem tambem extensas camadas de marmore.

O character quasi universalmente eschistoso dos estratos huronianos, que em toda a parte se inclinam em angulos muito elevados, communica uma apparencia peculiar,

denteada, ás montanhas de que ellas formam as principaes elevações, em notavel contraste com os zimbórios e agulhas do systema laurenciano.

Como já foi dicto, jaz nesta serie o grande repositório mineral do Brasil.

É extraordinaria a abundancia do *ferro* de primeira qualidade, no qual trabalham em escala muito limitada pelo processo directo um numero consideravel de pequenas forjas.

Quasi todo o ouro extrahido em Minas-Geraes, S. Paulo, Paraná, Goyaz, Matto Grosso, Bahia foi tirado de minas d'esta serie ou, principalmente, de alluviões d'ella derivadas. O *tapanhoacanga* tem sido extensamente lavrado, porque o itabirito de que elle se compõe é ás vezes extraordinariamente rico de ouro, que apparece em linhas irregulares n'uma mixtura peculiar de ferro e oxydo de manganéz chamada pelos mineiros *jacutinga*, formação, ao que parece, peculiar aos terrenos auríferos brasileiros. Nas outras rochas da serie, apparece o ouro em veios de quartzo acompanhado de sulfuretos de ferro, arsenico, e raramente de cobre, bismulho, chumbo e antimonio. Alguns dos veios pyritiferos são extraordinarios pelo tamanho e pela constancia.

As minas de topazio de Ouro-Preto estão situadas em veios de lithomarga e quartzo, que atravessam os eschistos d'esta serie.

Desde muito tempo suspeitou-se que existia connexão entre as rochas huronianas e as *alluviões diamantiferas* de Minas Geraes, Goyaz, Matto Grosso e Bahia, e recentes investigações de Derby e Gorceix provaram definitivamente que juncto a Diamantina apparecem os diamantes em veios associados ao eschisto huroniano e semelhantes aos que contem topazios juncto a Ouro-Preto. É portanto provavel que em todo o Brasil tivessem a mesma origem, e que os cascalhos, de que com uma unica excepção têm sido exclusivamente tirados, se derivem quer directamente d'estas

rochas, quer de formações ulteriores constituídas pelos detritos das mesmas rochas.

A serra do Espinhaço em parte de sua extensão pelo N. de Minas e pelo centro da Bahia é revestida de um grande lençol de *grez*, que ás vezes passa a conglomerado e apresenta, em suas porções menos grosseiras, grande similhaça com o itacolumito do systema huroniano, com o qual tem sido geralmente confundido. As suas dobras são simples e elle jaz inconformavelmente sobre as arestas levantadas dos estratos huronianos e laurencianos. Como ainda não foram encontrados fosseis, é duvidoso o seu horizonte geologico; podemos porém referi-lo com alguma certeza ao *siluriano*. Muito provavelmente parte dos grezes do divisor do S. Francisco-Tocantins, e talvez dos da vertente do Amazonas e Paraguay, devem ser referidos a esta mesma serie.

O extremo meridional da Mantiqueira no Sul de S. Paulo e no Paraná e algumas das montanhas da orla do planalto continental a L. da serra do Espinhaço, no N. da Bahia e de Sergipe, apresentam ainda uma formação ou formações constantes de *grez*, *eschistos argillosos* e *calcarios*, provavelmente mais modernos que o huroniano e portanto, provavelmente siluriano.

## II

O chapadão da bacia do Paraná compõe-se em grande parte de camadas horizontaes ou quasi horizontaes de *grez* e *eschisto argilloso* e *calcario*, de que uma porção consideravel, sinão todo, pertence ás epochas *devoniana* e *carbonifera*.

Até agora não foram determinados de modo definitivo a distribuição e os limites d'estas duas formações.

Pelos fosseis, sabe-se que a formação *devoniana* occupa uma área extensa nos campos geraes do Paraná. Os estratos carboniferos cobrem uma região muito grande, mais para Oeste na mesma provincia, no Sul e no centro de S. Paulo, em Sancta-Catharina e no Rio-Grande-do-Sul. Provavelmente ambas as formações occorrem a Oeste de Minas Geraes e em Matto Grosso. Tem-se achado carvão em todas as provincias desde S. Paulo até Rio-Grande-do-Sul e já existem minas trabalhadas n'esta ultima provincia.

As camadas d'estas duas formações são atravessadas por numerosos e immensos diques de diorito, que pela decomposição produzem um terreno vermelho-escuro, chamado terra-roxa, celebre pela sua fertilidade.

A Oeste das zonas devoniana e carbonifera uma área muito extensa da bacia do Paraná está coberta por um vasto lençol de grez associado a numerosos diques e lençoes de trappa amygdaloide, muito semelhante pelo aspecto e pelos mineraes que contém ás rochas da Europa e da America do Norte da edade triasica, á qual esta formação é provisoriamente referida. Esta formação cobre em Sancta-Catharina a margem oriental do planalto e fórma extensas lombadas e planicies no Oeste das provincias do Rio-Grande-do-Sul, Paraná e S. Paulo.

A formação amygdaloide apresenta quasi por toda a parte bellas amethystas e agatas, que são exportadas em quantidades consideraveis das provincias meridionaes do Brasil e da vizinha republica do Uruguay.

O chapadão amazonico do planalto compõe-se, pela maior parte, como o da bacia do Paraná, de grez e eschisto argilloso encostados a rochas metamorphicas, que apparecem nos valles dos rios.

É desconhecida a edade geologica d'estes estratos, pois ainda não se encontraram fosseis n'esta região. D'Orbigny referiu á edade carbonifera as camadas adjacentes á barra do Guaporé, apparentemente por se assimellharem ás ca-

madras carboníferas da Bolivia Oriental, na qual se tem encontrado fosseis. Tanto a formação *devoniana* como a formação *carbonifera* são representadas ao longo das margens amazonicas do planalto.

É muito provavel que taes camadas se extendam pelo planalto adeante e constituam, ao menos em parte, o chapadão de que tractamos. A apparente semilhança dos chapadões do Amazonas e do Paraná favorece este modo de vêr. Por outro lado pôde-se suppôr que os estratos de idade secundaria das bacias do Parnahyba e do S. Francisco se extendem pelo divisor das aguas do Tocantins e formam parte do chapadão amazonico.

Além das formações já mencionadas como formadoras das montanhas de ambos os lados do S. Francisco, tem-se reconhecido duas e talvez trez em sua bacia.

**A.** — A primeira e a mais antiga consta de *grez duro e azulado*, de *eschisto argilloso*, em parte alterado em ardósia e calcario que, conforme as indicações dos poucos fosseis n'elle encontrados, pertencem á epocha *siluriana* ou *devoniana*.

Estas camadas estão perturbadas e apresentam dobras simples. Dando isto motivo a trazer o calcario muitas vezes á superficie, originou-se a idéa que é elle a rocha predominante na serie, idea pouco exacta, pois, si tivermos em vista a espessura, outras ha muito mais importantes.

Estes estratos formam altas lombadas nas duas bandas do valle, que se estende parallelamente ás montanhas huronianas; porém, ao que parece, não formam as alturas culminantes do divisor das aguas. Formações similhantes e quiçá identicas occorrem no valle do Tocantins e no centro da Bahia, a Leste da serra do Espinhaço. No calcario d'esta serie abundam grutas salitrosas, que forneceram a Lund importantes restos de mamíferos da idade quaternaria. A galena argentifera ocorre em diversos pontos.

**B.** — A segunda formação consta de estratos horizontaes

de grez e eschisto argilloso, que compõem extensos taboleiros a Oeste de Minas Geraes e da Bahia. Ainda não ha fosseis que permittam determinar a sua idade geologica. Alguns auctores tem-n'a referido á epocha secundaria e outros até á terciaria; é porém egualmente provavel que corresponda á *formação carbonifera* ou *devoniana* da bacia do Paraná.

C. — Na parte inferior do alto valle nas provincias de Pernambuco, Bahia e Alagôas apparecem grezes e eschisto argilloso, nos quaes se tem encontrado *fosseis cretaceos*, que apparentemente correspondem á formação da bacia do Parnahyba. Podem pertencer á mesma formação que as camadas um tanto semelhantes da parte superior do valle (B), porém ha razões para suppôr que na realidade são distinctas. Em toda esta região está o solo impregnado de *sal* e é provavel que occorram camadas saliferas n'esta formação.

A bacia do Parnahyba é quasi exclusivamente occupada por uma grande formação de grez, na qual existem nodulos calcarios que contêm bellas amostras de peixes fosseis da idade cretacea. A mesma formação apparece egualmente na provincia do Ceará, um tanto retirada dos limites da bacia.

A formação *terciaria* é representada em varios pontos do planalto, como nos valles do alto Parahyba e do alto Tieté em S. Paulo e em diversos pontos entre as montanhas de Minas-Geraes, por pequenas bacias de depositos d'agua doce, que muitas vezes contêm lignites.

Depositos semelhantes occorrem provavelmente em outros pontos nos valles dos rios, porém no grande planalto continental ainda não se conhece de modo positivo formação alguma terciaria de origem marinha.

A epocha *quaternaria* é representada por depositos fluviaes e lacustres e por uma camada terrosa á flôr do solo, que cobre grande parte do planalto e resulta de denudação.



Não está provada a existencia no paiz de verdadeiros depositos glaciaes. Alguns geologos porém têm referido á acção de geleiras certos depositos superficiaes cuja origem é ainda problematica.

Do pouco que se sabe sobre a parte brasileira do planalto da Guyana, é provavel que não diffira muito, quanto á estructura geologica, do planalto brasileiro. As rochas fundamentaes são laurencianas e huronianas, e as montanhas mais elevadas são cobertas de um grande lençol de grez de idade desconhecida, que póde talvez comparar-se ao da serra do Espinhaço. Ao longo da margem meridional do planalto as camadas da depressão amazonica jazem sobre as rochas crystallinas. Mas não se sabe até onde se extendem por estes estratos nas terras mais elevadas do planalto.

Na depressão amazonica, as formações *siluriana superior*, *devoniana* e *carbonifera*, cada qual com os seus fosseis caracteristicos, que são muito abundantes e variados nas duas ultimas, occorrem na estreita porção do valle que fica abaixo da barra do rio Negro. Constam de grez e eschisto argilloso, a que se ajuncta o calcario na formação carbonifera, e apparecem em faixas relativamente estreitas de ambos os lados do rio, dirigindo-se para as terras elevadas dos planaltos e talvez extendendo-se por elles adeante. Parte do eschisto argilloso siluriano é aluminifera. Os diques de diorito são numerosos e grandes.

As camadas d'estas trez formações estão um pouco perturbadas e apresentam geralmente uma inclinação suave de cada lado para a linha central do valle. Nas proximidades da villa de Monte-Alegre apresentam-se em uma dobra anticlinica, tendo o levantamento incluido egualmente camadas de grez com folhas fosseis, dicotyledones, que provavelmente são de idade cretacea.

Cobrindo estas formações mais antigas encontram-se camadas horizontaes de grez molle e argilla brilhante diversamente coloridas, formando morros achatados de

cêrca de 300 metros de altura, que parecem pertencer á epocha terciaria. As planicies baixas adjacentes á embocadura são provavelmente formações mais modernas da mesma epocha.

Na região do alto Amazonas apparece a formação *cretacea* com repteis fosseis caracteristicos no Purús, e depositos *terciarios* com lignites, e muitos molluscos fosseis do typo dos molluscos de agua salôba occupam uma área consideravel ao longo do Amazonas dos dous lados da fronteira peruana.

As extensas áreas de terras baixas da depressão amazonica são formadas por depositos da epocha *quaternaria* e talvez das *ultimas epochas terciarias*; elevam-se a alguns metros apenas acima do nivel do rio e estão em grande parte sujeitas á inundação.

A depressão do Paraguay é occupada por cabeços degradados das differentes formações do planalto e pela grande formação dos pampas, celebres por seus gigantescos mamiferos fosseis. Esta formação é da epocha *terciaria* e da *quaternaria*; porém é provavel que se encontrem formações mais antigas proximo aos limites da bacia.

As feições geologicas da região littoral são (além dos cabeços degradados das formações do planalto, das recentes planicies arenosas e das lagunas) uma serie de rochas cretaceas, que apparecem em bacias isoladas nas provincias da Bahia para o Norte, e uma serie terciaria, que apparece ao longo de quasi toda a costa desde as proximidades do Rio de Janeiro até á embocadura do Amazonas.

A formação cretacea das ilhas e margens da bahia de Todos-os-Sanctos consta de deposito de agua doce de grez e eschisto argilloso, contendo fosseis abundantes de repteis e peixes. As camadas estão ligeiramente levantadas e elevam-se em morros de 30 a 40 metros acima do nivel do mar.

Nas provincias de Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Parahyba e Pará, nas quaes esta formação tem sido reconhe-

cida, as camadas são de origem marinha, tambem ligeiramente levantadas, e de pouca elevação acima do nivel do mar. O membro mais interessante d'esta serie é um calcario arenaceo, que contém uma fauna variada e abundante, principalmente de molluscos. A relação d'esta serie littoral com as camadas cretaceas do planalto, que demoram em nivel mais elevado, é desconhecida.

A formação *terciaria* estende-se horizontalmente e fórma chapadas que se elevam á altura de cêrca de 100 metros. As margens d'estas chapadas apresentam para o mar longas linhas de escarpas de areia e argilla brilhantemente coloridas, que constituem uma feição muito caracteristica da costa septentrional do paiz.

Volcões não existem no Brasil, e de volcões extinctos não ha vestigios certos na parte continental. A pequena ilha montanhosa de Fernando de Noronha é o unico ponto conhecido de origem volcanica no territorio brasileiro.

# VOCABULARIO

ETYMOLOGICO, ORTHOGRAPHICO E PROSODICO

DOS TERMOS TECHNICOS

DERIVADOS DA LINGUA GREGA E USADOS N'ESTA OBRA (1)

## A

**Amorpho** [amórfo], adj. — De ἀ priv. e μορφή *forma*.

**Amphibolio** [anfíbólio], s. m. — De ἀμφίβολος *incerto*.

**Amygdaloide** [amigdalóide], adj. — De ἀμύγδαλον *amendoa* e εἶδος *forma*.

**Angiospermo** [angiospérmo], adj. — De ἀγγεῖον *vaso* e σπέρμα *semente*.

**Anoplotherio** [anóplotério], s. m. — De ἀνοπλος *sem armas* e θηρίον *animal*.

**Anorthito** (2) [anortíto], s. m. — De ἀν priv. e ὀρθός *direito, recto*.

**Anticlinico** [anticlínico], adj. — De ἀντι *contra* e κλίνω *inclinare*.

**Archeano** [arkeáno], adj. — De ἀρχή *origem, principio*.

1. Vae indicado entre chaves o modo exacto de pronunciar os vocabulos.

2. Longo e descabido seria aqui demonstrar a discordancia dos lexicographos portuguezes a proposito dos nomes de mineraes terminados em *ito, ita* ou *ite*, todos correspondentes a vocabulos francezes com a desinencia *ite*. Para não citar sinão o mais moderno d'ellos, Caldas Aulete, basta considerar que auctoriza, ao lado de *granito* : a *pyrite*, a *graphite*, o *diorite*, o *apatite*, dando a uns genero masculino e a outros feminino. Mero arbitrio!

Propomos portanto para todos estes nomes de mineraes, sem excepção, o genero masculino e a terminação *ito*, á semilhança de *granito* que é vocabulo já de uso commun e que não é possível nem conveniente modificar.

Para os nomes de fosseis, que procedem da mesma terminação franceza *ite*, parece util adoptar a desinencia especial *ites* approximada da desinencia grega ἴτης; e da latina *ites*, d'onde os francezes tiraram a sua.

A adopção d'este alvitre facilitará a distincção das duas familias de vocabulos, o que é de certo uma vantagem.

## B

- Belemnites** [helenítes], s. m. — De βέλεμον, *dardo*.  
**Brachypodes** [bral ípodes], s. m. pl. — De βραχύς *curto* e ποῦς, *podós* *pe*.  
 É forma preferível a « brachiopode. »  
**Bryozoarios** [briozoários], s. m. pl. — De βρύον *musgo* e ζῶριον *animal*.

## C

- Cassiterito** [cassiterito], s. m. — De κασίτερος *estanho*.  
**Cephalopodes** [cefalópodes], s. m. pl. — De κεφαλή *cabeça* e ποῦς *pe*.  
**Chalcedonia** [calcedónia], s. f. — De Χαλκηδῶν *Chalcedone* (nome de cidade).  
**Chiastolitho** [kiastólito], s. m. — De χιαστός *cruzado* e λίθος *pedra*.  
**Criocero** [criócero], s. m. — De κριός *carneiro* e κέρα *chifre*.  
**Cryptogamo** [criptógamo], adj. — De κρυπτός *occulto* e γάμος *casamento*.

- Diabasio** [diabázio], s. m. — De διάβασις *passagem*.  
**Diallagio** [dialágio], s. m. — De διαλλαγή *troca*.  
**Dicero** [dicero], s. m. — De δι; *duas vezes* e κέρα *ponta*.  
**Dicotyledone** [dicotilédone], adj. — De δις *duas vezes* e cotyledone.  
**Dinosaurios** [dinossáurios], s. m. pl. — De δεινός *prodigioso, terrível* e σαῦρος *lagarto*.  
**Dinotherio** [dinotério], s. m. — De δεινός *feroz* e θηρίον *animal*.  
**Diorito** [diorito], s. m. — De διορίζειν *distinguir*.  
**Disthenio** [disténio], s. m. — De δις *duas vezes* e σθένος *força*.

## E

- Echinodermos** [ekinodérmos], s. m. pl. — De ἐχίνος *ouriço* e δέρμα *pelle*.  
**Eclogito** [eclogíto], s. m. — De ἐκλογή *escolha*.  
**Entrochio** [entrókio], s. m. — De ἐν *em* e τροχός *roda*.  
**Eoceno** [eocêno], adj. — De ἔως *aurora* e καινός *recente*.  
**Eogeno** [eógeno], adj. — De ἔως *aurora* e γένος *nascimento*.  
**Eschisto** [eskísto], s. m. — De σχιστός  *fendido*. Esta graphia e prosodia é por todas as razões preferível a « schisto » [xisto] que se tem abusivamente introduzido.  
**Esparagmito** [esparagmíto], s. m. — De σπαραγμός *despedaçamento*.  
**Estalactito** [estalactíto], a. m. — De σταλακτός *que gotteja*.  
**Estalagmito** [estalagmíto], s. m. — De σταλαγμός *gota que filtra*.  
**Estaurotide** [estaurótide], s. f. — De σταυρός *cruz*.  
**Estromatoporo** [estrómátoporο], adj. — De στρώμα *tapete* e πύρος *passagem*.

**Euphotide** [eufólide], s. f. — De εὖ *bem* e φῶς. φωτός, *luz*.

**Exogyra** [escogira], s. f. — De ἔξω *para fora* e γῦρος *volta*.

## G

**Ganoides** [ganóides], s. m. pl. — De γάνος *brilho* e εἶδον *forma*.

**Gastropodes** [gastrópodes], s. m. pl. — De γαστήρ, γαστήρ, *estomago* e ποῦς, ποδός *pé*. É melhor do que « gasteropodes ».

**Geognosia** [geognosía], s. f. — De γῆ *terra* e γινῶσις *conhecimento*.

**Geologia** [geologia], s. f. — De γῆ *terra* e λόγος *tractado*.

**Geothermica** [geotérmica], s. f. — De γῆ *terra* e θερμή *calor*.

**Glauconio** [glaucónio], s. m. — De γλαυκός *azulado*.

**Glaucophanio** [glaucofánio], s. m. — De γλαυκός *azulado* e φαίνεσθαι *parecer*.

**Graptolitho** [graptólito], s. m. — De γραπτός *riscado* e λίθος *pedra*.

## H

**Hippario** [ipário], s. m. — De ἵππιον *cavalo pequeno*.

**Hippurites** [ipurítes], s. m. — De ἵππος *cavalo* e οὐρά *cauda*.

**Hydrozoarios** [idrozoários], s. m. pl. — De ὑδρῶς *agua* e ζῴριον *animalculo*.

## I

**Ichthyosarcolitho** [iktiosarcólito], s. m. — De ἰχθύς *peixe*, σὰρξ *carne* e λίθος *pedra*.

**Ichthyosauro** [iktiossáuro], s. m. — De ἰχθύς *peixe* e σαῦρος *lagarto*.

## L

**Labyrinthodonte** [labiríntodónte], s. m. — De labiríntos *labirinto* e ὄδους, ὀδόντος *dente*.

**Leptynito** [leptínito], s. m. — De λεπτόν *adelgaçar*.

**Lithoide** [litóide], adj. — De λίθος *pedra* e εἶδον *forma*.

**Lithologia** [litología], s. f. — De λίθος *pedra* e λόγος *tractado*.

**Lithophago** [litófago], adj. — De λίθος *pedra* e φαγεῖν *comer*.

## M

**Mastodonte** [mastodónte], s. m. — De μαστός *mamilla* e ὄδους, ὀδόντος *dente*.

**Megatherio** [megatériο], s. m. — De μέγας *grande* e θηρίον *animal*.

**Melaphyro** [meláfiro], s. m. — De μέλας *negro* e φυρο (desinencia de « porphyro »).

- Mesophytico [mézofítico], adj. — De μέσος, *médio* e φύτον *planta*.  
 Mesozoico [mezozóico], adj. — De μέσος, *médio* e ζῶον *animal*.  
 Microgranito [microgranito], s. m. — De μικρός, *pequeno* e granito.  
 Microlitho [micrólito], s. m. — De μικρός, *pequeno* e λίθος, *pedra*.  
 Mioceno [miocêno], adj. — De μείων, *menor* e καινός, *recente*.  
 Monocotyledone [monocotilédone], adj. — De μόνος, *só, único* e cotyledone.

## N

- Necgeno [neúgeno], adj. — De νέος, *novos* e γένος, *nascimento, formação*.  
 Neozoico [neozóico], adj. — De νέος, *novos* e ζῶον *animal*.

## O

- Oligisto [oligísto], s. m. — De ὀλίγιστος, *o menor*.  
 Oligoceno [óligocêno], adj. — De ὀλίγον, *pequeno* e καινός, *recente*.  
 Oligoclasio [óligoclásio], s. m. — De ὀλίγος, *pequeno* e κλάσις, *acção de quebrar*.  
 Oolitho [oolíto], s. m. — De ὠδὸν, *osso* e λίθος, *pedra*.  
 Orogenico [orogénico], adj. — De ὄρος, *montanha* e γένος, *formaçãõ*.  
 Orthocero [ortóceros], adj. — De ὀρθός, *direito* e κέρας, *ponta, corno*.  
 Orthosio [ortózio], s. m. — De ὀρθός, *direito, recto*.  
 Oxygenio [ocsigénio], s. m. — De ὄξύς, *acido* e γένος, *geraçãõ*.

## P

- Palaerctico [palaerctico], adj. — De παλαιός, *antigo* e ἀρκτικός, *septentrional*.  
 Paleoceno [paléocêno], adj. — De παλαιός, *antigo* e καινός, *recente*.  
 Paleotherio [paléotério], s. m. — De παλαιός, *antigo* e θηρίον, *animal*.  
 Paleothermico [paléotérmico], adj. — De παλαιός, *antigo* e θερμή, *calor*.  
 Paleozoico [paléozóico], adj. — De παλαιός, *antigo* e ζῶον, *animal*.  
 Pecilico [pecílico], adj. — De ποικίλος, *variado*.  
 Pegmatito [pegmatíto], s. m. — De πήγμα, *πήγματος, concreção*.  
 Pelagico [pelágico], adj. — De πέλαγος, *mar*.  
 Phonolitho [fonólito], s. m. — De φωνή, *voz, som* e λίθος, *pedra*.  
 Phrygano [frígano], s. m. — De φρύγανον, *graceto*.  
 Phylladio [filádio], s. m. — De φυλλάξ, *φυλλάδος, folhagem*.  
 Pleistoceno [pleistocêno], adj. — De πλειστος, *maximo* e καινός, *recente*.  
 Plesiosauro [pleziossáuros], s. m. — De πλησίος, *vizinho* e σαύρος, *lagarto*.  
 Pleurotomos [pleurótomos], s. m. pl. — De πλευρὸν, *lado* e τομή, *corte*.  
 Plioceno [pliocêno], adj. — De πλείων, *maior* e καινός, *recente*.  
 Porphyro [pórfiro], s. m. — De πορφύρα, *purpura*.  
 Proboscidos [proboscídios], s. m. pl. — De προβοσκίς, *ídios tromba*.  
 Pyromeride [piroméride], s. f. — De πῦρ, *pyròs fogo* e μερίς, *ídios fragmento*.  
 Pyroxenio [pirocésenio], s. m. — De πῦρ, *pyròs fogo* e ξένος, *estranho*.

## R

**Rheolitho** [reólito], s. m. — De ῥέος *corrente* e λίθος *pedra*.

## S

**Schisto**. — V. *Eschisto*.

**Siderolithico** [sidérolítico], adj. — De σίδηρος *ferro* e λίθος *pedra*.

**Sismico** [sísmico], adj. — De σεισμός *tremór*.

## T

**Teleosteos** [teleósteos], s. m. pl. — τέλειος *final* e ὀστέον *osso*.

**Trachycero** [trakícero], s. m. — De τραχὺς *duro* e κέρας *cornu*.

**Trachyto** [trakító], s. m. — De τραχὺς *duro, aspero*.

---



# INDICE

---

ALGUMAS PALAVRAS, p. v. — PREFACÃO, p. x.

## LIVRO PRIMEIRO PHENOMENOS ACTUAES

---

### CAPITULO PRIMEIRO. — FÓRMAS ACTUAES DO GLOBO TERRESTRE.

1.º Dados astronomicos, p. 4. — § 2.º Relevo terrestre, p. 6. — § 3.º Distribuição da temperatura, p. 11. — § 4.º Distribuição da vida, p. 14.

### CAPITULO II. — DYNAMICA TERRESTRE EXTERNA.

1.º Definição da dynamica terrestre, p. 16. — § 2.º Acção da atmosphaera, p. 18. — § 3.º Acção das aguas correntes, p. 20. — § 4.º Acção do mar, p. 38. — § 5.º Acção do gelo, p. 43. — § 6.º Acções chemicas, p. 51. — § 7.º Acção dos seres vivos, p. 58.

### CAPITULO III. — DYNAMICA TERRESTRE INTERNA.

1.º Phenomenos volcanicos, p. 66. — § 2.º Phenomenos thermaes, p. 82. — § 3.º Geothermica. Theoria dos phenomenos eruptivos, p. 89. — § 4.º Movimentos da crosta terrestre, 95.

---

LIVRO SEGUNDO

**GEOLOGIA PROPRIAMENTE DICTA**

OU

**HISTORIA ANTIGA DO GLOBO**

---

CAPITULO PRIMEIRO. — NOÇÕES GERAES SOBRE A CROSTA TERRESTRE.

§ 1.º Composição geral da crosta, p. 102. — § 2.º Rochas massiças ou eruptivas, p. 106. — § 3.º Rochas sedimentares, p. 121. — § 4.º Principios de Estatigraphia, p. 129.

CAPITULO II. — TERRENO PRIMITIVO OU ARCHEANO.

§ 1.º Generalidades sobre o terreno primitivo, p. 138. — § 2.º Descripção do terreno primitivo, p. 141.

CAPITULO III. — ERA PRIMARIA.

§ 1.º Generalidades sobre a era primaria, p. 146. — § 2.º Systema precambriano, p. 155. — § 3.º Systema siluriano, p. 156. — § 4.º Systema devoniano, p. 162. — § 5.º Systema carbonifero, p. 166. — § 6.º Modo de formação do carvão de pedra, p. 173. — § 7.º Systema permiano, p. 179. — § 8.º Erupções da era primaria, p. 188.

CAPITULO IV. — ERA SECUNDARIA.

§ 1.º Generalidades sobre a era secundaria, p. 188. — § 2.º Systema triassico, p. 204. — § 3.º Systema jurassico, serie liassica, p. 208. — § 4.º Series medio-jurassica e supra-jurassica, p. 213. — § 5.º Systema cretaceo, serie infra-cretacea, p. 223. — § 6.º Serie supra-cretacea, p. 229. — § 7.º Erupções da era secundaria, p. 236.

CAPITULO V. — ERA TERCIARIA.

§ 1.º Generalidades sobre a era terciaria, p. 239. — § 2.º Systema eogeno, serie eocena, p. 248. — § 3.º Serie oligocena, p. 253. — § 4.º Systema neogeno, serie miocena, p. 257. — § 5.º Serie pliocena, p. 261. — § 6.º Erupções da era terciaria, p. 264.

## CAPITULO VI. — ERA MODERNA OU QUATERNARIA.

§ 1.º Generalidades sobre a epocha pleistocena, p. 267. — § 2.º Descripção dos depositos pleistocenos, p. 272. — § 3.º Causas dos phenomenos glaciaes, p. 278. — § 4.º Erupções pleistocenas, p. 281.

## CAPITULO VII. — VEIOS METALLIFEROS, PHENOMENOS OROGENICOS.

§ 1.º Veios metalliferos, p. 283. — § 2.º Phenomenos orogenicos, p. 287.

## CAPITULO VIII. — CONSIDERAÇÕES GEOGENICAS.

1.º Causas das variações do calor externo, p. 298. — § 2.º Resumo cosmogonico, p. 304.

Quadro resumido dos periodos geologicos, p. 310.

## APPENDICES

As Investigações geologicas do Brasil, por Orville A. Derby, p. 312.

Structura geologica e mineraes do Brasil, por Orville A. Derby, p. 333.

Vocabulario etymologico, orthographico e prosodico dos termos technicos derivados da lingua grega e usados n'esta obra, por B. F. Ramiz Galvão, p. 344.

