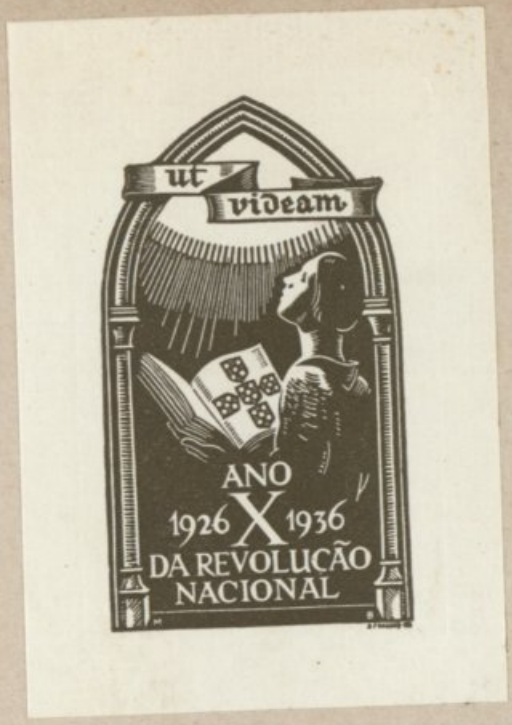

ESTUDO

SOBRE O

PERIODO GLACIARIO

ESTUDO

SOBRE O

PERIODO GLACIARIO

POR

FRANCISCO JOSÉ DE SOUSA GOMES

1.ª PARTE

PORTO
TYPOGRAPHIA OCCIDENTAL
66 — Rua da Fabrica — 66

1882

DISSERTAÇÃO INAUGURAL

PARA O

ACTO DE CONCLUSÕES MAGNAS

NA

FACULDADE DE PHILOSOPHIA

DA

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

A

MEU TIO

MANOEL JOSÉ DE SOUSA BRAGA

E

A MEU PRIMO

DR. JOAQUIM JOSÉ MALHEIRO DA SILVA

ESTUDO

SOBRE O

PERIODO GLACIARIO

I

SUMMARIO: Terreno erratico; sua descripção e hypotheses apresentadas para o explicar. Hypothese das geleiras; suas oscillações nos tempos historicos. Como deve demonstrar-se a necessidade d'esta hypothese.

Entre as formações cainozoicas, posteriores aos terrenos pliocenicos do periodo terciario, encontra-se nas altas latitudes de ambos os hemispherios, occupando grandes extensões em superficie, e formando camadas de uma espessura por vezes consideravel, o *terreno erratico* chamado tambem *diluviano, glaciario, drift, till* ou *boulder clay* e que marca as primeiras epochas do periodo quatemario.

O terreno erratico é formado por materiaes de volume muito variavel: uns de grande volume são chamados *penedos ou blocos erraticos*, os quaes por vezes attingem centenares e milhares de metros cubicos; o cascalho, a areia, e o lodo erratico constituem os fragmentos mais miudos.

Os elementos do terreno erratico não pertencem em regra á localidade em que se acham depositados; uns provêm de pontos muito afastados, e apresentam uma composição petrographica tam evidentemente em discordancia com a das rochas sobre que assentam, que por isso receberam o nome de *erraticos;* outros provêm de localidades proximas, apresentando os caracteres petrographicos das rochas da visinhança.

Estão depositados sem ordem alguma, os mais volumosos no meio dos mais miudos, os penedos envolvidos pelo cascalho, pela areia, e pelo lodo erratico, não se notando o augmento do volume dos materiaes á medida que cresce a profundidade das camadas. Tambem se não descobre lei alguma no deposito dos elementos d'este terreno em relação á sua proveniencia: materiaes de todos os volumes encontram-se a todas as distancias da origem. Egualmente se não nota sujeição a alguma lei de equilibrio no modo de jazer de cada um dos fragmentos que contituem o terreno erratico.

Os materiaes do terreno erratico apresentam-se-nos de dous modos differentes; uns conservam os angulos e arestas vivas, e raras vezes se notam n'elles as saliencias levemente embotadas; apresentam bem nitidas as superficies de fractura mostrando que não foram nada alterados pelo agente que os transportou. Outros apresentam formas arredondadas, de um polido caracteristico, e superficies estriadas. Quando o terreno erratico forma acervos (*dépôts accumulés* de Charpentier) estes materiaes arredondados e polidos occupam os niveis inferiores, em quanto que os materiaes angulosos se veem nas partes superiores. O terreno subjacente apresenta-se tambem com formas arredondadas, e as rochas duras apresentam-nos as estrias e o polido de que já fallamos.

O terreno erratico pode ainda achar-se disseminado em grandes superficies, com pequena espessura (*dépôts éparpillés* de Charpentier). Por via da regra a estratificação do terreno erratico é nulla: algumas vezes porem vê-se n'elle uma certa estratificação (*dépôts stratifiés* de Charpentier), mas nem por isso perde o seu caracter especial pela abundancia de materiaes angulosos nas camadas estratificadas. Vê-se bem que a agua actuou posteriormente a outro agente, que foi o que depositou o terreno; a agua não fez mais do que modificar o deposito primitivo.

Estes depositos de caracter tam excepcional, apresentando-se ao estudo dos geologos, n'uma epocha em

que a sciencia geologica estava ainda muito atrazada, constituiam um dos enigmas mais complicados da geologia. Não parecia que forças ou causas actualmente em acção podessem dar rasão de tam extranho phenomeno: como se faria o transporte de penedos de um volume por vezes espantoso, a distancias enormes da sua proveniencia, saltando por obstaculos que parece que os deveriam ter detido, para irem ser collocados a grandes alturas nos flancos das montanhas? A força que os transportou devia ter sido de uma enorme energia: mas ainda mais, como explicar a perfeita conservação das arestas e angulos de muitos dos materiaes, o polido e as estrias de outros, e do solo que os supporta, a distribuição e o modo especial de deposito do terreno erratico?

Partidarios da escola que admittia que em epochas anteriores á nossa o globo passou por espantosos cataclysmos, produzidos por causas que hoje já não actuam, os geologos d'então, em presença do enigma difficil, aventaram as mais extraordinarias hypotheses.

O terreno erratico em tôrno de massiço dos Alpes, era o mais conhecido; não se suspeitava a generalidade do phenomeno, por isso essas hypotheses menos bem fundadas aplicaram-se de um modo especial á cadeia dos Alpes.

Segundo De Luc na cadeia dos Alpes existiram outrora muitos vulcões, cujas erupções de extraordinaria força arremeçaram os erraticos ás enormes distancias a que se encontram.

Saussure e Buch aventaram a hypothese de grandes correntes de força e volume extraordinario, que levavam em suspensão os penedos erraticos, e os depositavam a grandes alturas nos flancos das montanhas, depois de terem transposto os lagos suissos. Suppunham que essas correntes eram de lama, para explicar como os penedos erraticos podiam ser levados em suspensão.

Darwin, e Lyell a principio, apresentaram a hypothese dos penedos erraticos terem sido transporta-

dos pelos gelos fluctuantes de um grande lago, a cujo nivel desciam as geleiras dos Alpes.

Dolomieu suppunha que os detritos erraticos tinham escorregado por um plano inclinado, e perfeitamente liso, que os Alpes teriam apresentado na occasião do seu levantamento.

A cada passo se apresentavam hypotheses d'estas, ou outras similhantes; cada uma d'ellas tinha um certo numero de partidarios, que combatiam as outras; porem, as que mais adeptos reuniram foram a das grandes correntes, e a dos gelos fluctuantes.

Hoje achamos tam absurdas estas hypotheses que quasi nem é preciso dizer coisa alguma para as refutar: de passagem todavia diremos que nada abona a existencia dos vulcões de De Luc, nem se pode admittir que os penedos erraticos, arremessados por elles a enormes distancias, não se esmigalhassem na queda.

Egualmente se não póde conciliar com os acidentes do terreno a distribuição dos erraticos na hypothese das grandes correntes: as particularidades do terreno erratico de modo algum se conformam com os caracteres dos depositos aquosos. O espantoso *débacle* de Bagnes, citado mal a proposito pelos defensores da hypothese das grandes correntes de lama, forneceu a Charpentier poderosos argumentos contra ella.

Demais o que nenhum dos geologos partidarios da theoria explica satisfatoriamente, é a origem da prodigiosa quantidade de agua que essas correntes suppoem.

Tambem não resiste á analyse dos factos a hypothese dos gelos fluctuantes, abandonada já hoje por Lyell, para explicar o terreno erratico em torno dos Alpes; e a hypothese de um plano inclinado tem contra si o pequeno declive que apresentaria, insufficiente para o escorregamento de enormes penedos erraticos, e não poder explicar a proveniencia d'esses detritos, visto que o plano inclinado seria perfeitamente liso.

No meio d'estas hypotheses phantasiosas appareceu finalmente a que attribuia o terreno erratico dos Al-

pes ao antigo desenvolvimento das geleiras alpinas. Indicada por Playfair em 1802, adoptada por Venetz em 1821, foi energicamente sustentada por Charpentier, que deve ser considerado o seu verdadeiro author.

A distribuição geographica dos materiaes erraticos, pelas altas latitudes septentrionaes, ou em tôrno dos massiços montuosos, indicava a intima connexão do phenomeno erratico com as accumulações de neve ou de gelo.

Um melhor conhecimento da dynamica das geleiras actuaes levaria immediatamente á apresentação e adopção d'essa hypothese, e assim quem a lembrou a Charpentier foi um montanhez — Perraudin — que, habituado a viver junto das geleiras, conhecendo os seus effeitos, guiado unicamente pelo seu bom senso natural, não hesitou em attribuir a geleiras gigantescas, o transporte dos penedos erraticos que encontraram junto de Martigny — «trop gros pour que l'eau ai pu les y ammener».

Egualmente um guia do celebre glaciarista Dolfuss Ausset visitando com este sabio um sitio dos arredores de Lyon, foi vivamente impressionado pelo aspecto *morenico* do terreno que percorria, e encontrando um calhau estriado guardou-o n'uma caixa para o mostrar a um dos seus camaradas dizendo:

«Il faut qu'il sache que nos glaciers sont venus jusqu'en France».

Suscitada em Charpentier esta ideia, que á primeira vista lhe pareceu absurda, estudou com muita attenção as acções das geleiras actuaes, e reconheceu que o terreno erratico representa em todas as suas particularidades o actual terreno glaciario; pelo que naturalmente foi levado a attribuil-o aos depositos de extensissimas geleiras que antigamente cobriram os Alpes.

Lá existem ainda hoje muito reduzidas, mas ainda consideraveis as geleiras alpinas: queria-se só que ellas tivessem avançado extraordinariamente.

O phenomeno não se antolhava impossivel, nem parece ter exigido um clima excessivamente rigoroso.

E' um facto que as geleiras oscillam annualmente:

augmentam em geral no inverno, e diminuem no verão. Alem d'estas oscillações annuaes, resultantes das oscillações diarias e até horarias, que pela sua pequenez não podemos medir, as geleiras tem oscillações seculares, de que temos noticias por documentos historicos.

Assim desde 1861 até 1872 pelo menos, as geleiras dos Alpes apresentaram um movimento retrogrado muito pronunciado; egual retrocesso se deu em 1811, avançando prodigiosamente as geleiras nos annos de 1815 a 1818. Venetz cita documentos que provam um estranho desenvolvimento das geleiras depois do seculo XV e no seculo XVIII: muitas passagens e caminhos praticaveis durante o o seculo XI e o seculo XV se tornaram impraticaveis depois. Os documentos das communas e cantões suissos relatam as oscillações de muitas geleiras, entre ellas a de Grindelwald, dizendo mesmo que a oscillação é o «habito natural» da geleira.

Consta de documentos seguros, segundo Agassiz, que o extraordinario desenvolvimento de gelos na Groenlandia data do seculo XV, começando desde esse tempo a serem impraticaveis as suas costas, antes occupadas em grandes extensões por florentissimas colonias dinamarquezas.

Reclus cita varios factos que demonstram o grande desenvolvimento dos gelos em tempos historicos — a congelação total do Baltico em 1323, a formação de gelos fluctuantes no mar Negro no anno 732 da nossa era, e muitos outros.

Estes factos preparam-nos a receber menos custosamente a ideia de um grande desenvolvimento das geleiras alpinas em epochas pre-historicas. Esse desenvolvimento não está, porem, menos bem demonstrado do que os que constam por documentos historicos.

A Geologia póde demonstrar e reconstituir as geleiras antigas com tanta segurança como a Paleontologia reconstitue os animaes extinctos. N'um caso, temos as peças esqueleticas a demonstrar a existencia, e fazernos suppor as formas de seres que outr'ora viveram na

terra: no outro, temos as morenas terminaes e lateraes, demonstrando a existencia, e traçando os limites das geleiras extinctas. N'alguns logares é tão completo o esqueleto glaciario, que apenas falta o gelo para termos uma geleira perfeita.

Como dissemos, não é constante a área occupada actualmente na superficie da terra pelas geleiras das montanhas. As alternativas de excesso de fusão, ou de excesso de alimentação, que as variações climatericas produzem, determinam ora a propulsão, ora a retracção da extremidade inferior das geleiras. N'estas oscillações as geleiras gravam sobre o seu leito vestigios evidentes da sua passagem, e a ninguem é licito duvidar, em presença d'esses vestigios, que a geleira n'uma das suas oscillações não tivesse occupado o logar em que elles se encontram.

Esses indicios são o polido e a estriação das rochas duras que formam o leito das geleiras; a formação das rochas *moutonnées;* o dar ao terreno as formas arredondadas que tão bem caracterisam os paizes das geleiras; o transporte de penedos erraticos, de um volume extraordinario por vezes, e com os angulos e arestas perfeitamente conservados; o transporte de outros fragmentos, que se encontram, pelo contrario, polidos, arredondados, e estriados; o deposito de morenas frontaes, ou terminaes, lateraes, e da lama glaciaria, que forma entre o gelo profundo e o leito das geleiras uma camada caracteristica; etc., etc.

E' licito ao geologo suppor que existiram antigamente geleiras em todos os logares em que evidentemente se encontrarem vestigios analogos, ainda mesmo que n'esses logares, nem perto d'elles, existam actualmente geleiras. A identidade de effeitos revela-nos a identidade de causas. Com a mesma certeza que uma corrente de lava nos revela a existencia de um vulcão, e que um banco de areia com conchas maritimas nos attesta a existencia do mar n'um dado logar, na epocha do deposito, egualmente a identidade dos caracteres do terreno erratico com os dos actuaes depositos glaciarios, nos de-

monstra que aquelle foi depositado por antigas e extensissimas geleiras.

A começar pelos Alpes, onde as acções das geleiras actuaes, e o terreno erratico foram melhor estudados, vamos procurar mostrar muito resumidamente que os caracteres do terreno erratico concordam, com a maior evidencia, com a hypothese da antiga extensão das geleiras.

II

Summario: Terreno erratico do massiço dos Alpes. Vestigios da acção glaciaria na sua vertente italiana.

Para explicar o phenomeno erratico em torno do massiço dos Alpes basta dizer que as geleiras alpinas, hoje diminutas e retiradas para os altos recessos das montanhas, desceram outr'ora, occupando os ridentes valles d'ambas as vertentes, até ás fertilissimas planicies da Suissa e da Lombardia.

O relevo mais avançado dos Alpes, do lado da Italia, é formado por uma serie quasi ininterrompida de collinas, de uma maravilhosa fertilidade, que limita, desenhando os contornos dos Alpes, a extensa planicie italiana das bacias do Pó e do Adiga.

Olhadas attentamente essas collinas, vê-se que ellas são verdadeiras morenas frontaes, gigantescas, depositadas em tempos remotos por enormissimas geleiras.

Demonstram esta asserção ao mesmo tempo a forma e a composição d'aquellas collinas.

Aquella serie quasi ininterrompida de elevações, decompõe-se em tantos systemas quantos os valles que dos Alpes descem para a planicie italiana; e em frente de cada uma d'essas desembocaduras formam um extenso semicirculo, concavo para o lado das montanhas, ou antes uma serie de semicirculos concentricos, que limitam e impedem o accesso dos valles, a não ser pelas grandes excavações, que as torrentes (que sahiam das

geleiras) abriram na sua massa, deixando em vez de semicirculos, series semicirculares de relevos. Trazendo pelo pensamento a occupar aquellas excavações os detritos espalhados nas planicies dos arredores, aquellas collinas apresentarão completamente a forma de arco ou ogiva que caracterisa as morenas actuaes.

A esta demonstração, tirada da forma das collinas, podemos junctar a que se deduz da sua composição.

São cumulos detriticos, formados de uma massa lodosa, no meio da qual, n'um cahos indescriptivel, se encontram materiaes de todos os volumes e dimensões, em que é facil encontrar vestigios glaciarios.

Muitos dos calhaus são arredondados, outros de forma irregularissima, com os angulos perfeitamente conservados, e fragmentados de mil modos diversos; não estão differenciados segundo o seu volume, encontrando-se mesmo, as mais das vezes, os mais volumosos nas partes superiores, ou na superficie; representam petrographicamente as rochas das montanhas de que descem os valles que as collinas fecham; muitos apresentam o polido glaciario, brilhante, essencialmente distincto do polido sem brilho produzido pelas torrentes, e — o que é ainda mais caracteristico — muitos apresentam as estrias, que só o transporte no fundo de uma geleira poderia produzir.

Sabemos que a acção aquosa é muitas vezes concomitante da acção glaciaria, distribuindo com uma certa estratificação os materiaes do deposito glaciario. Em algumas d'estas collinas, que, como vemos, representam morenas frontaes das antigas geleiras que dos Alpes desciam para os plainos italianos, vê-se bem que a agua actuou depois da acção dos gelos. Cita-se, por exemplo, a morena da Ponte de Lecco onde se nota uma certa estratificação, ficando, para attestar a acção anterior dos gelos, muitos calhaus estriados no meio dos estratos, e alguns calhaus de maior volume que não poderam ser arrastados pelas aguas, e que ficaram, destoando dos materiaes circumjacentes, como monumento irrefragavel da acção anterior da geleira.

Estas morenas não só attestam a existencia de antigas geleiras, muito desenvolvidas, mas marcam ainda o seu limite, a posição da sua extremidade na epocha da sua maior extensão; alem d'isto as phases de retrocesso estão marcadas nas series concentricas de collinas, cada uma das quaes representa uma morena frontal depositada n'um dos periodos em que a geleira, já em via de diminuição, estacionou durante algum tempo.

Dissemos como a grande cintura de collinas, que limita ao norte a planicie italiana, se pode decompor em tantos systemas quantos são os valles que dos Alpes descem para a planicie: podem, todavia distinguir-se entre elles certos systemas representando as mais notaveis geleiras de então, que correspondem aos principaes valles que dos Alpes desemboccam no plaino norte-italiano.

Começando do Oriente encontra-se em primeiro logar os restos da geleira do Tagliamento, bem definida pela sua morena frontal e terminal, perfeitamente conservada, porque o rio abriu caminho pela parte mais occidental da morena.

A esta seguia-se a geleira do lago de Garda, formada pela confluencia das geleiras que occupavam as bacias do Adiga, do Chiese e do Mincio, e uma multidão de valles de menos importancia, que dos Alpes Rheticos e das Montanhas do Tyrol descem para a Italia. As torrentes destruiram uma grande porção da morena terminal d'esta gigantesca geleira, deixando intacta somente a parte occidental e a oriental, espalhando pela planicie os detritos que constituiam a parte central. Existem porem, bem distinctos, detraz d'estes restos de morena terminal, muitos semicirculos de collinas, concentricos entre si, e com a morena terminal supposta completa, cada um dos quaes representa uma phase de repouso na retirada da geleira.

Encontra-se depois o systema glaciario do lago Iseo representando os vestigios da antiga geleira, que descendo dos cumes dos Alpes ainda hoje cobertos de neves permanentes se insinuava no Valle Camonica e

desembocava por duas vias — uma pelo leito do Oglio, outra pela depressão entre o Collo d'Adro e o Monte de Iseo, formando as notaveis collinas de Franciacorta, que representam o systema das morenas frontaes d'essa antiga geleira.

O lago de Como era occupado outr'ora por uma geleira: as suas morenas frontaes constituidas em vasto semicirculo entre Lecco e Mendrizzio, foram perforadas pelas trincheiras e galerias da via ferrea de Bergamo a Lecco, ficando bem evidente a sua origem glaciaria, que nem a outra causa se pode attribuir aquelle cahos de massas alpinas de todos os volumes envolvidas em lodo e areia.

Vê-se depois o systema glaciario do Lago Maior, cujas morenas, que se estendem entre Lugnano e Varése, são atravessadas pelo Tessino, e correspondem pela sua grandeza á multidão de pequenas geleiras, que pelos mil canaes de S. Gothardo e de Luccomagno desciam a lançar-se na extensa bacia de Verbano.

Encontra-se finalmente na extremidade occidental da planicie o maravilhoso systema da Dora Baltea: uma importantissima geleira occupava o valle de Aosta, que em Ivréa se aperta em estreita garganta. A geleira atravessava por essa garganta, e vinha alargar-se em frente de Ivrea, occupando a bacia do Dora Baltea, construindo a serie de collinas que de Turin se avistam, e que os geologos consideram o typo das morenas frontaes.

O estudo das morenas frontaes indicou-nos as principaes geleiras, a sua maior extensão em comprimento, e as phases do seu retrocesso: atravessada a cerca de collinas que nos representam as morenas frontaes, devemos aos lados dos valles encontrar os restos das morenas lateraes, que nos mostrarão a extensão em largura e altura das geleiras antigas. Do mesmo modo que as morenas frontaes constituem semi-circulos concentricos, as lateraes formam terrassos parallelos, correspondentes a cada phase de repouso das geleiras, que ao passo que

diminuiam em comprimento, diminuiam tambem em largura e espessura.

Atravessado o systema de morenas frontaes de cada uma das grandes geleiras de que fallamos, succede que nem sempre encontramos evidentes as morenas lateraes, que deviam mostrar-nos a antiga extensão em largura das geleiras dos Alpes. E' que as circumstancias do terreno sempre favoraveis á accumulação da massa enorme de detritos, de que são formadas as morenas frontaes, nem sempre o são ao deposito das morenas lateraes.

N'este caso, estão a maior parte dos valles alpinos, de paredes abruptas, cortadas quasi a prumo; n'ellas se depositaram as morenas lateraes, mas as primeiras chuvas, despenhando-se em torrentes dos altos dos montes, deviam arrastar aquelles detritos, de que só por excepção persistiram alguns. E assim é; todas as vezes que o terreno se apresenta n'estas condições, o que quasi sempre succede, apenas nos restam de longe em longe escassos vestigios de morenas lateraes, que todavia se encontram bem nitidas sempre que as condições de terreno são favoraveis; com estes elementos ainda é possivel delimitar o percurso das geleiras antigas pelos valles alpinos.

Ha um modo de ser particular das morenas lateraes em explendidas condições de poder conservar-se, e que por isso se encontra todas as vezes que se dão os accidentes do solo, necessarios para a sua formação, attestando-nos que antigamente foi o terreno occupado por uma geleira. São as *morenas insinuadas*, que se formam sempre que o leito da geleira se expande n'um seio ou valle lateral, que o gêlo occupa pela sua plasticidade, deixando-o ao retirar-se cheio de detritos morenicos muito bem caracterisados.

Restos d'esta especie de morenas lateraes são vulgarissimos nos Alpes; basta-nos só citar a morena de Tassano, na margem oriental do lago Iseo, que é exemplo classico d'estas morenas na Lombardia, e que apre-

senta evidentes os terrassos parallelos, os quaes marcam as phases da retirada da geleira.

O terreno erratico da bacia do Adda e do lago Iseo, muito bem conservado por se prestarem a isso as circumstancias do terreno, ao qual se deve a belleza e fertilidade a'aquella região, é explendido exemplo de morenas lateraes, apresentando-nos além d'isto na morena da ponte de Lecco, na base do Monte Baro, um exemplo muito nitido de morena insinuada.

Provas de uma antiga extensão das geleiras encontram-se ainda n'uma outra especie de morenas, a que os glaciaristas chamam *morenas de obstaculo*. São as accumulações detriticas que se depositam d'encontro aos obstaculos, que levantando-se no meio de um leito de geleira a obrigam a dividir-se em duas correntes, que se podem reunir de novo, depois de transposto o obstaculo.

Suba-se um d'esses leitos das antigas geleiras na vertente meridional dos Alpes, em que se encontram todos os caracteres das geleiras, com excepção do gelo; sempre que ao meio do valle se levante uma collina, um rochedo, qualquer obstaculo que forçasse a dividir-se o rio de gelo que outr'ora alli passou, teremos a certeza que, do lado d'onde descia a geleira, estará encostada ao obstaculo uma grande accumulação de detritos glaciarios com os caracteres das morenas.

São as *morenas de obstaculo* de que são exemplos notaveis a da ilhota que se vê no meio do lago Iseo; a morena da Selva, perto de Clusone, que ao mesmo tempo é tambem morena frontal; e mais frisante de todas a de S. Quirico, ao norte de Angera, na extremidade do lago Maior, em que se vê claramente um duplo terrasso, cuja indole detritica, alem da observação directa, é demonstrada pela exuberante vegetação que cobre o monte.

O terreno erratico ainda nos apresenta muitos outros accidentes, que egualmente se encontram nas geleiras actuaes.

E' do conjuncto de todas as analogias entre os terrenos erraticos e os depositos glaciarios actualmente

ainda em formação, que resalta evidente a communidade de origem dos dois terrenos e a prova geologica da antiga extensão das geleiras.

O estudo das geleiras actuaes diz-nos que é essencialmente differente a natureza dos depositos glaciarios segundo que os materiaes caminham á superficie, ou no fundo da geleira, premidos pela massa enorme do gelo contra a superficie do solo subjacente. Neste caso os materiaes transportados são polidos, arredondados, striados: no primeiro conservam todas as asperezas e angulos, e as superficies de fractura apresentam-se quasi do mesmo modo que na occasião em que se destacaram das massas de rocha de que faziam parte.

Quando attingem um volume consideravel, estes materiaes de transporte glaciario são chamados *penedos ou blocos erraticos*.

As morenas frontaes e lateraes das antigas geleiras abundam n'esta especie de rochas, cujo jazigo actual só o transporte pelos gelos póde cabalmente explicar, e que por isso são um dos melhores argumentos a favor da antiga extensão das geleiras.

Os penedos erraticos apresentam uma composição mineralogica em completa discordancia com a do terreno em que jazem; mas suba-se o valle em cujo leito suppozemos que existia a geleira que transportou os erraticos, e havemos de n'alguns dos seus pontos encontrar as rochas d'onde os erraticos se destacaram.

«*Les sommets sont des ruines*» disse Charles Martins; é dos altos cumes dos Alpes que provem todos os materiaes do terreno erratico, que em torno d'este massiço estão disseminados: aqui são os gneiss e micaschistos de S. Gothardo; alli os granitos porphyroides e as serpentinas de Valtellina; além os porphyros de Valle Camonica, que dos seus primitivos jazigos cahiram sobre a geleira, e foram conduzidos no dorso do gelo até aos logares onde hoje se encontram, em alturas consideraveis, e em posições de equilibrio por vezes maravilhosas.

Mais ou menos disseminados em todo o antigo leito das geleiras, os erraticos encontram-se todavia de preferencia nas partes mais elevadas das morenas, nos pendores dos montes, ou amontoados no leito das torrentes. Esta preferencia é originada do seu modo de transporte superficial: levados no dorso das geleiras, fazendo parte do systema de morenas superficiaes, ao passo que nos niveis inferiores se depositam os detritos arredondados e polidos, encontram-se com os outros detritos não modificados á superficie das morenas frontaęs, ou nòs pendores dos montes, onde se depositavam as morenas lateraes.

As chuvas torrenciaes varreram os detritos mais miudos, mas não poderam arrastar a maior parte dos erraticos de grande volume, os quaes ficaram a marcar a antiga posição das morenas destruidas. Dos erraticos, porem, aquelles que estavam n'um equilibrio mais instavel, sustentados por materiaes miudos que as aguas arrastaram, esses resvalaram pelo monte abaixo e foram parar ao leito das torrentes, onde hoje se encontram.

Por excepção, na queda das montanhas sobre as geleiras, os blocos poderiam resaltar até ao meio do rio solido, e não fazer parte das morenas lateraes, nem das morenas medianas; então dariam logar á formação de *mezas de geleiras,* e assim seriam transportados até alguma morena, podendo tambem, n'um periodo de rapido retrocesso das geleiras, ser deixados aqui e alli no leito das geleiras, constituindo com outros materiaes a especie de terreno erratico que Charpentier chamou *éparpillé.*

Se agora fossemos apresentar exemplos de penedos erraticos notaveis, n'esta vertente dos Alpes, poderiamos dar uma extensa lista: apontaremos só a já citada morena da Selva, perto de Clusone, onde os erraticos de todas as dimensões e fórmas se encontram em quantidade verdadeiramente prodigiosa; perto de Civate encontra-se um de mais de 2:000 metros cubicos, de serpentina da Valtellina, collocado no leito de uma torrente, n'um

ponto em que esta se precipita em cascata; é acompanhado de um grande cortejo de massas da mesma especie, algumas de volume muito consideravel; o monte de S. Primo e as collinas que d'elle dependem são abundantissimas em erraticos, entre os quaes avultam o *Sasso de Lentina*, a *Pietra Pendula* em singular posição de equilibrio sobre a ponta aguda de um rochedo, o *Sasso Luna*, a *Pietra Nairola* e outros a mais de 700 metros acima do nivel do lago de Como; sobre as margens do lago Maior o *Cavallaccio*, notavel pela sua forma prismatica e a integridade das suas arestas; etc. etc.

Outra classe de provas é tirada da acção do gelo sobre o leito da geleira.

As geleiras exercem sobre o seu leito uma poderosissima acção mechanica; são poderosos agentes de nivelação que tendem a fazer desapparecer todos os accidentes do solo, dando-lhes umas fórmas arredondadas, caracteristicas, visiveis sobre tudo nas *roches moutonnées*, e dando além d'isto um polido brilhante ás rochas duras sobre que deslisa. A acção mechanica não se reduz, porém, ao polido e ao arredondamento; é mais complicada. Os calhaus e areias duras, que se acham entre a geleira e o solo, são fortemente premidos pelo peso do gelo contra as rochas subjacentes, e estriam-n'as ao mesmo tempo que elles adquirem a estriação e o polido.

Ha só uma differença — é que os mesmos calhaus podem apresentar differentes systemas de estrias, ou serem estriados em diversas faces, em quanto que as rochas duras do solo apresentam as mais das vezes só dous systemas de estrias, um na direcção do movimento, que é em regra a do maior declive do valle, e é quasi sempre o mais evidente; formando angulo com o primeiro, encontra-se quasi sempre um segundo systema de estrias, que parece poder attribuir-se ás oscillações das geleiras no sentido vertical.

Os vestigios da estriação nas rochas são de muito difficil conservação: só nas rochas durissimas se conservam, se ellas estão expostas ás acções atmospheri-

cas, mas é facil encontral-os em quaesquer outras, comtanto que por qualquer fórma tenham sido protegidas da acção destruidora do ar. São mais evidentes os vestigios do arredondamento do antigo leito das geleiras, que nas suas fórmas geraes se conserva sempre, ainda mesmo quando as chuvas o accidentaram parcialmente.

Na vertente italiana dos Alpes são vulgarissimos estes vestigios; para exemplo citaremos sómente os arredores de Clusone, que fazem parte do systema glaciario do lago Iseo, onde se nota muito bem o arredondamento, apezar do terreno não ser dos mais convenientes para a conservação d'elle.

Por esta rasão o polido e as estrias desapparecem das rochas da superficie, mas encontram-se com a maxima facilidade, logo que se descubram quaesquer rochas, que o detrito sobre ellas depositado preservasse da acção atmospherica.

Todos os accidentes das geleiras actuaes, tiveram os seus representantes nas geleiras antigas, mas sem nos demorarmos mais em os apresentar, citaremos como ultima prova do antigo desenvolvimento das geleiras o modo de destribuição dos detritos erraticos, que é de uma importancia capital. Já dissemos como os detritos glaciarios provêm dos valles d'onde desce a propria geleira, apresentando uma composição mineralogica identica á das rochas d'esses valles; os detritos alluviaes tem tambem esse caracter, distinguindo-se, porém, os de transporte glaciario pela *sua distribuição segundo as vertentes*. Em virtude da convexidade das geleiras os detritos que cahem da margem esquerda, conservam-se sempre n'ella, e distinctos dos da margem direita, ou viceversa. E' esta a causa da formação das morenas lateraes, que jámais poderiam edificar-se, se os detritos das duas margens se podessem confundir. Quando as geleiras atravessam uma região em que as rochas das duas vertentes tem uma composição mineralogica differente, essa discordancia ir-se-ha encontrar mais longe nos depositos morenicos que provieram d'essa região.

Esta lei, perfeitamente estabelecida pelo estudo das geleiras actuaes, verifica-se no terreno erratico, e é talvez o argumento de mais pezo a favor da hypothese da antiga extensão das geleiras.

Não quer isto dizer que por vezes se não encontrem n'uma vertente rochas que pela sua composição pertencem evidentemente á margem opposta; mas esta excepção não invalida a lei, antes tem a sua explicação n'um dos accidentes das geleiras actuaes: — essas rochas cahiram um pouco mais desviadas da margem, e formaram *mezas de geleiras*, e podiam muito bem constituir depois de depostas *pedras sporadicas*, visto que o transporte das mezas de geleiras não é dependente da direcção do movimento da geleira, mas sim da incidencia dos raios solares.

Em muitos valles lateraes da vertente italiana, encontram-se depositos lacustre-glaciarios, provenientes de lagos formados pela obstrucção de valles lateraes, onde corria um pequeno rio, pela geleira que descia pelo valle principal.

D'esses depositos, de uma immensa importancia no importancia no estudo do periodo glaciario fallaremos mais adiante.

III

Summario: Vestigios glaciarios na vertente norte dos Alpes. As geleiras que os produziram, estendiam-se até ao Jura.

No terreno erratico da vertente italiana dos Alpes, encontramos nas minimas particularidades, com a maxima nitidez, todos os caracteres do terreno de formação glaciaria actual, d'onde concluimos o seu transporte por antigas geleiras muito extensas.

Não seremos agora tão minuciosos na descripção e analyse do terreno erratico das outras regiões — seria irmos contra a indole d'este trabalho. Vejamos rapidamente o antigo desenvolvimento das geleiras na vertente N. dos Alpes.

Actualmente as geleiras que dos Alpes descem para a Suissa, são muito mais desenvolvidas do que as que descem para os valles do lado da Italia. Na epocha quaternaria eram egualmente muito mais desenvolvidas as geleiras da vertente N., as quaes desembocando dos valles dos Alpes na planicie helvetica a enchiam de uma massa de gelo de enorme altura, transpunham os lagos da Suissa, e só eram detidos no seu caminho pela cadeia do Jura, que corre a 80 kilometros dos Alpes, parallelamente a esta cadeia de montanhas, a qual ficou coberta de penedos erraticos, e mais materiaes detritico-glaciarios.

As mais importantes geleiras antigas da Suissa desciam dos Alpes por seis valles principaes e penetraram

na planicie onde se desenvolviam. As que desciam das nascentes do Arve, do Rhodano, do Aar, do Reuss e do Linth, enchiam a extensa planicie entre os Alpes e o Jura; a do Rheno mais ao norte occupava os actuaes cantões de Saint-Gall, Zurich e Thurgovia, enchia o lago de Constança, e ainda se estendia na Allemanha, pela Baviera e Grão Ducado de Baden.

Além d'estas seis geleiras principaes havia muitas outras de somenos importancia: das seis citadas eram sobretudo notaveis a do Rheno, e a do Rhodano, cujas proporções gigantescas permittem comparal-as sem exageração a oceanos de gelo.

As provas da antiga extensão das geleiras n'esta vertente dos Alpes são as mesmas que já apresentamos a proposito da vertente italiana. São antigas morenas como a da geleira do Linth em que está edificada Zurich, e as collinas dos arredores de Berne; são as rochas polidas, estriadas, arredondadas, *moutonnées*, que se encontram a cada passo, a grande distancia das geleiras actuaes, tanto no sentido vertical, como horisontalmente, visiveis não só nos valles alpinos, como por exemplo no do Aar, onde são muito nitidas, mas ainda na planicie suissa e no Jura.

O polido e a estriação encontram-se tanto nas rochas duras, que por isso resistiram á acção atmospherica, como nas rochas menos resistentes que foram protegidas da acção do ar por alguma camada de detritos ou de relva.

Os blocos erraticos do Jura, repousam, com effeito, sobre um terreno de transporte evidentemente glaciario, em que ha muitos calhaus estriados, e que assenta sobre rochas polidas, estriadas, e niveladas, ainda mesmo quando as rochas proximas são de uma dureza muito desegual.

Os proprios penedos erraticos são uma das melhores provas de transporte pelos gelos. Que outro agente poderia transportar a tão grandes distancias blocos tão monstruosos como a famosa *Pierre à Bot*, que jaz perto

de Neuchatel, é proveniente de Valais, e mede mais de 12 metros de diametro?

Podemos citar ainda como notaveis entre os innumeros penedos erraticos da Suissa, o *Pflugstein*, que está perto de Zurich, vindo dos Alpes de Glarn, e que tem mais de 20 metros de altura; a *Pierre des Marmettes*, proveniente do valle de Ferret, que está situada perto de Monthey, e mede perto de 2:000 metros cubicos; um enorme bloco de granito talcoso, de 1:728 metros cubicos, que jaz em Steinhoff, e que fez, segundo Carpentier, uma viagem de mais de 240 kilometros; etc.

E' tambem importante considerar o modo de distribuição do material erratico.

Na vertente italiana dos Alpes, a distincção dos principaes systemas de morenas frontaes levou-nos a assignalar as mais importantes geleiras d'aquella região, no periodo glaciario: a cadeia do Jura, que foi o obstaculo que se oppôz a maior extensão horisontal das geleiras da vertente N. dos Alpes, impediu que ellas construissem a enorme mole de morenas frontaes, que tam bem caracterisa o terreno erratico na vertente italiana dos Alpes; a delimitação das geleiras na vertente norte foi feita, por isso, attendendo á distribuição dos penedos erraticos.

Como n'outra parte já dissemos, o que caracterisa as formações glaciarias, e as distingue perfeitamente do terreno de alluvião, é a distribuição dos detritos segundo as vertentes. Tanto os transportes aquosos, como os glaciarios tem por caracter commum o serem dependentes das elevações que se encontram subindo os valles ou depressões onde jazem os depositos, indicando pela sua composição mineralogica os logares da sua proveniencia; mas o caracter da distribuição segundo as vertentes é unicamente proprio do transporte glaciario, e é d'elle que lançaram mão os habeis glaciaristas que estudaram o terreno erratico da Suissa, para comprovarem a antiga extensão das geleiras e estabelecerem a sua topographia.

Esse trabalho verdadeiramente monumental foi feito por Guyot sobre os blocos erraticos do Jura, que elle estudou minuciosamente, conseguindo recompor a topographia da enormissima geleira do Rhodano, verdadeiro mar de gelo.

Esta geleira nascia dos cimos do Oberland bernez, do monte Rosa, e do Cervin, emfim de todos os valles lateraes das duas cadeias do Valais, que a geleira enchia; inflectia-se em angulo recto em Martigny, sem que ahi se confundissem os detritos das duas margens, caso que fatalmente succederia sendo qualquer outro o agente do transporte, e seguindo o curso actual do Rhodano, ia encher a depressão do lago de Genebra, e alargando-se para o norte e para o sul n'um immenso leque, cujo vertice estava na entrada do valle do Rhodano, cobria os plainos de Genebra, de Friburgo e de Neuchatel, uma parte dos cantões de Berne, Soleure e Argovia, detendo-se só de encontro ao Jura, que cobriu litteralmente de detritos erraticos, em que abundam muitos penedos, por vezes de grande volume, ficando depois da sua retirada a representar as suas morenas lateraes e medias, as fileiras de blocos que se acham na planicie helvetica, coberta d'aquella especie de terreno erratico, que Charpentier chamou *éparpillé* [1].

De encontro ao Jura, que não podia transpôr, a immensa geleira do Rhodano dividia-se em dous ramos:—um dirigia-se para o norte em direcção ao Rheno, até Soleure, recebendo como affluentes as geleiras do Reuss, e do Aar:—o outro partia para o sul, seguindo o curso do Rhodano, penetrava nos valles de Bougey, e vinha desenvolver as suas morenas frontaes perto de Lyon, que são a serie de collinas espalhadas em leque, desde Lyon

---

[1] Vide fig. 45, de *l'Ancienneté de l'Homme*, por Lyell. — Carte montrant le parcours supposé de l'ancien glacier du Rhône, et la distribution de ses blocs erratiques, et de son terrain de transport sur la grande vallée suisse et sur le Jura.

até Bourg. No seu percurso recebia as geleiras do Arve, dos arredores de Annecy, e um dos ramos da geleira do Isère, que se dividia contra os flancos do Granier em dous ramos, dirigindo-se um para o Rhodano, pelo valle de Aix, outro para Grenoble, onde se encontrava com as geleiras do Drac e do Romanche, e descia com ellas pela planicie do Delphinado até ao Rhodano.

Em toda esta extensão demonstrou Guyot que os blocos erraticos se acham distribuidos segundo as leis das morenas lateraes, medias e frontaes, não sendo de modo algum casual a sua distribuição, mas achando-se os erraticos dispostos em diversas regiões intimamente ligadas com os logares da sua proveniencia.

D'Archiac refere-se a este facto nos seguintes termos [1]:

«M. Guyot résume ensuite la distribution des roches erratiques do bassin (du Rhône), en faisant deux coupes transversales, l'une à l'est et l'autre à l'ouest, et partant chaque fois des Alpes pour aboutir au Jura. La première coupe, s'étendant des environs de Bulle au mont de Boudry, prés de Neuchâtel, montre qu'il existe, dans l'étendue de la vallée, trois regions principales: celle des poudingues de Valorsine le long des Alpes, celle des blocs du Mont-Blanc le long du Jura, et celle des roches pennines précédées de quelques granites du haut Valais et de roches du Mont-Rose au centre. La seconde coupe, des Fourches d'Aberre en Chablais au Marchairu, donne une serie analogue. Les roches se succedent dans le même ordre, et cet ordre est celui dans le quel elles viennent affleurer de bas en haut dans les vallées principales. «Ainsi, dit l'auteur, la répartition des espèces de «roches erratiques est soumise à une loi selon laquelle les «trainées de roches de même espèce conservent dans la «plaine une position determinée que leur est assignée par

[1] D'Archiac, *Histoire des progrès de la Geologie*, t. II, première partie pag. 263.

«la situation respective des vallées d'où elles sortent. Les «roches qui sortent des vallées latérales les plus rappro-«chées du débouché de la vallée principale gardent les «bords sur l'une et l'autre rive; celles qui proviennent «des affluents plus reculés tiennent le centre.»

Deve notar-se ainda que os blocos erraticos se acham accumulados em maior quantidade exactamente em frente das grandes depressões dos Alpes, facto que só o transporte pelos gelos póde explicar.

E' facil de suppôr que a espessura d'esta geleira estaria em perfeita concordancia com a sua enorme extensão horisontal. Ahi estão os blocos erraticos, as rochas *moutonnées*, as superficies polidas e estriadas para demonstrar que a geleira tinha, nas regiões montanhosas em quanto apertada em valles relativamente estreitos, a enorme espessura de pelo menos 1:200 a 1:600 metros.

A espessura da geleira diminuia, porém, á medida que ella desembocava na planicie; o terreno erratico encontra-se com effeito a 1:100 metros sobre a montanha de Lachat, a 924 metros em Ordonnaz, a 600 metros na collina de Talabois, e as morenas frontaes encontram-se em Thodure, em Fourvières, em Ars, e em Bourg ás cotas de 384, 320, 278 e 280 metros. No Jura o limite do terreno erratico fórma um grande arco ou ogiva, disposição caracteristica, e que bem se harmonisa com a fórma das geleiras actuaes.

Era tambem extensissima a geleira do valle do Rheno, cujos blocos provenientes das montanhas dos Grisões, e do Voralberg, isto é, dos Altos Alpes Rheticos, desciam por todos os valles lateraes para a complicadissima bacia do Rheno. Guyot, que estudou esta bacia com o mesmo cuidado com que tinha estudado a do Rhodano, demonstrou que a distribuição dos erraticos era conforme á lei das morenas lateraes e medias, e á distribuição segundo as vertentes. Como exemplo diremos que o córte da bacia de Jonschwyl, sobre o Thur, perto do Castello de Walburg, apresenta bem nitidas tres zonas de blocos: os granitos porphyroides de Ponteljas, provenientes dos

valles do Rheno anterior occupam sempre a margem direita; no centro estão os granitos verdes de Juliers; e na margem esquerda estão os gneiss verdes de Montafun.

Desembocando pelo valle do Rheno, esta extensa geleira cobria os cantões de Zurich, Saint-Gall e Thurgovia, enchia o lago de Constança, e estendia-se ainda pela Baviera, pela Suabia, e por todos os paizes limitrophes da Allemanha: toda esta extensa área está coberta pelos seus penedos erraticos.

A' sahida das montanhas em Mayenfeld, o valle do Rheno inflecte-se de um modo analogo ao do Rhodano em Martigny, sem que haja a mistura, a confusão dos detritos das duas margens, que ahi, como em toda a extensão da geleira occupam sempre as mesmas posições em relação com a topographia da região percorrida.

As áreas cobertas pelos blocos das outras quatro geleiras citadas, são menos extensas, o que demonstra que ellas eram de menor importancia que as do Rhodano e do Rheno; eram affluentes d'estas duas geleiras principaes.

Com as geleiras do massiço dos Alpes propriamente ditos, julgamos dever fallar dos vestigios de um extenso systema glaciario, que tinha a sua origem nos Alpes de Salzburg, e na vertente septentrional do Brenner, e que se encontram em muitas localidades da Alta Baviera, mesmo até Munich. Encontram-se n'esta região todos os vestigios glaciarios de que temos fallado a respeito das duas vertentes dos Alpes: são morenas, de que se veem especimens ao longo do Inn, até 1:400 metros de altura, rochas polidas, como as do valle do Inn, em Schaftlarn ao sul de Munich; calhaus e seixos estriados, e innumeros blocos erraticos: uma das localidades é mesmo tão abundante em blocos erraticos que recebeu o nome de *Steïnernemeer*—ou *mar de pedras*.

N'esta região encontram-se muitas formações lacustre-glaciarias, que, são muito vulgares em todas as regiões montanhosas em que existem ou existiram geleiras.

O lago de Bertesgarden, o de Koenigree e outros, foram formados pelo clausuramento de um valle por as morenas de uma geleira.

Estas formações lacustre-glaciarias, de que ainda havemos de fallar n'este trabalho, são importantissimas por que são os archivos que encerram os documentos paleontologicos do periodo glaciario, e que forneceram preciosos esclarecimentos sobre a fauna e a flora, e portanto sobre o clima da terra, n'este periodo.

Como conclusão do estudo do terreno erratico em torno do massiço dos Alpes, devemos dizer que elle não representa mais que os depositos glaciarios de uma epocha, em que as geleiras, hoje retiradas para os mais altos recessos d'estas montanhas, tiveram um enormissimo desenvolvimento, tanto no sentido horisontal, como em espessura.

IV

SUMMARIO: Terreno erratico dependente d'outros massiços montuosos da Europa, e da Asia. Terreno erratico nos montes da Peninsula. Vestigios da acção glaciaria em Portugal.

Os massiços montuosos de latitudes mais septentrionaes eram, como os Alpes, cobertos outrora por geleiras, a cujos transportes se deve a formação do terreno erratico que em torno d'elles se encontra.

Muitas d'essas montanhas não possuem hoje geleiras; outras têm-nas muito reduzidas; mas a analogia dos depositos erraticos, que d'ellas dependem, com os dos Alpes, e com os actuaes depositos glaciarios não póde deixar duvida de que a causa d'elles foi a mesma nos Alpes e n'esses massiços — o grande desenvolvimento de antigas geleiras.

A cadeia dos Vosgos, que ainda hoje possue geleiras diminutissimas, teve outrora geleiras importantes, que depositaram nos valles do Meuse, do Moselle, e em muitos outros valles d'aquella cadeia, o terreno erratico com todos os caracteres — morenas, blocos erraticos, calhaus estriados, rochas arredondadas, polidas e estriadas, etc. — que demonstram á evidencia a sua origem glaciaria, como o mostraram em interessantes memorias, primeiro Le Blanc, e mais tarde Hogard e E. Colomb. A disposição do systema de morenas nos valles que descem dos Vosgos demonstra que as suas geleiras, com quanto muito extensas, não lograram ir alem dos valles e desenvolver

nas planicies visinhas o complicado systema dos depositos glaciarios.

Da cadeia de montanhas da Floresta Negra que corre parallelamente aos Vosgos, na margem direita do Rheno, depende um systema de depositos que têm a maior analogia com os dos Vosgos. A proximidade das duas cadeias, e a extrema similhança dos seus caracteres physiographicos, vem apoiar a ideia de que a Floresta Negra, teve outrora, como a cadeia dos Vosgos, o seu systema de geleiras.

Extensas geleiras cobriram outrora as montanhas da Bohemia e da Austria, a cujos transportes se deve o terreno erratico d'estas regiões, estudado e descripto pelos Irmãos Schlagintweit.

Existiam tambem importantes geleiras em todas as montanhas que se acham entre as bacias do Danubio, do Oder, do Elba, e do Rheno, que eram centros de dispersão de blocos erraticos, os quaes se confundiam com os provenientes da Scandinavia, e que tinham chegado a zonas mais meridionaes.

Todos os valles dos Karpathos, onde ainda hoje a linha das neves eternas é mais baixa do que nos Alpes, eram outrora occupados por enormes geleiras.

O terreno erratico não está, porem, limitado a latitudes superiores á dos Alpes, encontra-se em latitudes inferiores e bem mais baixas do que ainda ha pouco se julgava.

Ha vestigios evidentes da acção glaciaria na Corsega; observações feitas no valle do Arno, e nos Alpes Apuanos, levam a crer que os Apeninos tiveram outrora as suas geleiras; citam-se tambem signaes da acção glaciaria nos Balkans e no Caucaso; Hooker encontrou-os a uma latitude muito mais baixa, no Libano, representados por morenas, situadas a 1200^{m} abaixo dos cumes d'aquella cadeia de montanhas, hoje isenta de neves perpetuas.

O mesmo sabio descreveu muito importantes vestigios de geleiras nas montanhas da India, principalmente no Sikkin, e mais ao norte encontrou provas de que as

geleiras do Himalaya tinham avançado outrora pelo menos 500 milhas alem dos seus actuaes limites.

A Peninsula Hispanica teve tambem outrora um desenvolvido systema glaciario.

Os Peryneus, que ainda hoje possuem geleiras, bem que de muito menor importancia do que as dos Alpes, tiveram-n'as outrora muito extensas chegando a transpor os limites d'esta cadeia de montanhas e a occupar as planicies circumjacentes. Os glaciaristas que tem estudado os Peryneus encontraram n'elles os mesmos vestigios que nos Alpes; na maior parte dos valles, em que ha rochas graniticas, schistosas, ou calcareas um pouco duras e difficies de desagregar encontram-se as estrias e superficies polidas; quasi todos os valles são occupados por morenas, entre as quaes se distinguem pela sua importancia as de Garen, perto de Bagnères sur Luçon, e as do valle de Venasco, na vertente hespanhola.

Segundo o snr. D. Cassiano do Prado o terreno erratico encontra-se na Cordilheira Cantabrica, uma das que limitam a bacia do Douro, onde aquelle geologo descreve rochas estriadas; nas serras de Léon e das Asturias; nas serras de Avila e de Guadarrama, na de Gredos e na Sierra Nevada, onde ainda hoje existe uma pequena geleira, com todos os accidentes das geleiras alpinas, apezar da sua latitude ser inferior á de Lisboa de 1°5'.

No nosso paiz deu-se outrora, e ao que parece com grande intensidade, o phenomeno glaciario.

O nosso distincto engenheiro de minas e notavel geologo snr. Frederico A. de Vasconcellos Pereira Cabral, estudando os depositos superficiaes da bacia do Douro, encontrou vestigios que evidentemente demonstram que em tempos remotos a acção glaciaria se exerceu com grande intensidade na bacia do Douro, pelo menos até ao actual nivel do mar [1].

A primeira prova de asserção do snr. Vasconcellos

---

[1] *Estudo de depositos superficiaes da bacia do Douro,* por o snr. F. de Vasconcellos P. Cabral.

está já na forma do relevo do solo, ao norte e ao sul do rio, que é a de planaltos, os quaes sendo constituidos por rochas de muito desegual dureza (granitos e schistos crystallinos) se apresentam comtudo perfeitamente nivelados. Esta forma de planaltos fazia suppor que outrora eram cobertos por um manto de gelo de consideravel espessura, em progressão para o mar, o qual produziu a nivelação do solo.

Se isto assim foi, deviam existir outros signaes da acção glaciaria, e o snr. Vasconcellos encontrou-os.

São em primeiro logar os vestigios da acção do gelo sobre as rochas duras representados ainda ha pouco pelo polido glaciario, o arredondado, os sulcos e as estrias que se viam n'um gneiss situado perto do mar junto ao Castello do Queijo.

Os trabalhos de assentamento de uma linha para carros americanos, destruiram a maior parte d'esses preciosos vestigios; existem todavia exemplares extrahidos da propria rocha na Secção Geologica, e no Gabinete de Mineralogia da Universidade, alem dos que possue o descobridor, e o nosso condiscipulo e especial amigo Wenceslau de Lima, a cuja amabilidade devemos o ter-nos mostrado no anno passado os vestigios glaciarios na rocha *in situ:* podémos n'essa occasião comparar o polido d'essa rocha, com o de outras, evidentemente produzido pela agua, e notamos uma differença clarissima entre as duas especies de polido; vimos tambem as estrias e sulcos, cujos caracteres condizem perfeitamente com as descripções das estrias e sulcos glaciarios que temos lido n'alguns tractados especiaes.

A posição d'estas estrias, abertas nas paredes verticaes de um caneiro, em cujo fundo se encontra um deposito de origem glaciaria, e que não existem na parte superior do gneiss, demonstra que ellas não foram gravadas por alguma jangada de gelo fluctuante, que casualmente desse á costa n'aquelle logar. São resultado de uma causa mais geral que produziu nas visinhanças outros phenomenos que tem o cunho do glaciarismo.

Referimo-nos ás *alluviões antigas* que o snr. Vasconcellos descreve e que merecem bem o nome de *alluviões glaciarias*, ou de *terreno erratico;* o seu caracter glaciario é attestado por os calhaus estriados que ellas contem, pela ausencia completa de estratificação, e pela falta de differenciação dos materiaes segundo o volume, encontrando-se amiudadas vezes materiaes bastante volumosos em niveis superiores a outros de muito menor volume, tudo depositado n'uma grande confusão, os calhaus polidos misturados com outros angulosos, e envolvidos por lodo ou areias aglutinadas.

Nas alluviões antigas de Agromonte, a um dos lados da rua da Boa Vista, encontram-se penedos de granito, bastante volumosos para merecerem com justiça o nome de *erraticos*, assentando sobre um burgau que se entrepõe entre elles e o solo subjacente, de granito tambem, mas de natureza differente da dos penedos. Estes foram evidentemente trazidos de longe para aquelle logar; tem as arestas quebradas e apresentam um certo polido, o que indica um transporte no fundo da geleira.

O snr. Vasconcellos encontrou tambem um tracto de terreno erratico, muito abundante em blocos erraticos, com seixos polidos e alguns estriados, apresentando vestigios evidentes da acção glaciaria, em Arnellas na margem esquerda do Douro, a 15 kilometros acima do Porto.

Na memoria citada descrevem-se tambem *alluviões antigas* no planalto do sul do Douro, desde Sampaio a Lavadóres, e alguns vestigios da acção glaciaria sobre a granitite d'aquella região.

Ao nosso condiscipulo Wenceslau de Lima devemos o distincto obsequio de podermos consignar aqui mais provas da acção glaciaria nos arredores do Porto, algumas encontradas pelo snr. Vasconcellos, outras pelo nosso condiscipulo.

A maior parte d'ellas tivemos occasião de as visitar na sua companhia, e pareceram-nos na realidade dignas de muita attenção.

As primeiras foram descobertas pelo snr. Vasconcellos mesmo nos arredores da capella da Boa Nova, a N. de Leça da Palmeira: consistem n'uns granitos, cujas fórmas arredondadas fazem suppôr que elles são rochas *moutonnées*, nos quaes se vêem sulcos com caracteres glaciarios.

Não longe d'ahi encontrou o nosso condiscipulo um outro grupo de granitos, com fórmas arredondadas, e com sulcos glaciarios muito nitidos: e caminhando para leste, na direcção de S. Gens, na ribeira que corre desde este massiço granitico em direcção á Boa Nova encontrou, entre as povoações de Aguiar e Gonçalves, uma outra rocha granitica muito arredondada, e com sulcos muito melhor conservados do que os que se vêem nas rochas dos arredores da capella da Boa Nova; na parte superior d'esta rocha encontrou tambem uma cavidade que parece ser uma *marmita de gigantes (pot hole)*, posto que um pouco deteriorada: além d'isto verificou a existencia de numerosos blocos erraticos n'esta mesma faxa.

Proximo da Boa Nova, e estendendo-se para o interior mostrou-nos o nosso amigo umas alluviões que pela desordem e diversidade dos elementos que as constituem parecem ser glaciarias.

Não se vê n'ellas nem vestigios de estratificação: os materiaes são de fórmas as mais diversas, uns arredondados e polidos, outros angulosos e irregulares; achamse todos misturados sem ordem alguma, os mais volumosos misturados com os de menor volume, no meio de uma massa terrosa que os circumda a todos; o volume de alguns indica claramente que elles não podiam ter sido transportados pela agua. Todas as pedras espalhadas em profusão nas visinhanças, e todas aquellas de que são construidos os muros das propriedades ruraes dos arredores apresentam a singularidade de terem uma face de escorregamento, discordando quasi sempre com a irregularidade das outras faces.

O snr. Vasconcellos e o nosso condiscipulo conti-

nuam nas investigações e estudos d'estes preciosos vestigios; esperamos que brevemente escrevam uma noticia circumstanciada sobre este assumpto tão digno de attenção.

O snr. Vasconcellos teve ainda occasião de estudar n'outros pontos do paiz alguns depositos, que classificou de erraticos, attribuindo-os a geleiras. São os depositos da Fonte de Sula, na vertente nordéste da Serra do Bussaco, fóra da matta [1]. O distincto geologo encontra n'elles todos os caracteres de terreno erratico, apezar de um d'elles, o mais inferior, apresentar uma certa estratificação: os caracteres, porem, d'essa mesma estratificação dão a entender que ella é posterior ao deposito do terreno em questão, tendo desempenhado alli a agua um papel evidentemente secundario. Os calhaus estriados, que o deposito contem, outros mais volumosos, que a agua não conseguiu arrastar, e que destoam pelo volume, dos que os circumdam, mostram bem que o deposito era uma antiga morena, cujos materiaes foram removidos pela agua proveniente da fusão dos gelos.

Para confirmar a opinião da origem glaciaria d'estes depositos, existe ainda no interior da matta um mais evidentemente de origem glaciaria. Foi posto a descoberto pela abertura da estrada que da Porta de Sula conduz á Cruz Alta, e contem calhaus estriados, materiaes não differenciados segundo o volume, alguns fragmentos bastante volumosos com os angulos bem conservados, emfim apresenta aquella desordem que caracterisa as morenas das geleiras. Devia ser uma morena lateral da mesma geleira que produziu os depositos da Fonte de Sula.

O snr. Carlos Ribeiro, n'uma nota sobre o terreno quaternario de Portugal, [2] citou os dous depositos da

---

[1] Snr. F. de Vasconcellos, loc. cit., pag. 71 e seguintes.

[2] Bulletim da Sociedade Geologica de França; cit. por o snr. F. de Vasconcellos no seu *Estado de depositos superficiaes da bacia do Douro....*

Fonte de Sula; do que se encontra no interior da matta não fallou o nosso notavel geologo, porque a estrada que o pôz a descoberto foi aberta ha ainda poucos annos; cita porem em varios pontos do paiz, muitos depositos a que suppõe uma origem glaciaria.

Diz o snr. Frederico de Vasconcellos: — «A' epocha quaternaria referiu o snr. Carlos Ribeiro grandes tractos de terreno dos valles dos nossos rios, e das encostas das nossas montanhas. Cita manchas de terreno d'essa edade nos ribeiros, que cortam a provincia do Minho, e nos affluentes do Douro, e prognosticou, que quando se tivessem estudado os depositos quaternarios da bacia d'este rio, então pouco conhecidos, se encontrariam para leste camadas d'este terreno a altitudes de 600 a 800 metros. Diz, que na bacia do Vouga existe um grande deposito de terreno quaternario, que corre pelo litoral até ao Douro. Refere ainda com certas reservas a esta epocha, os depositos da serra do Bussaco, de que fallamos, e os da serra de Louzã, de Arganil com grandes penedos de 2 metros de diametro maximo a 400 metros de altitude, de Mortagua e de Tondella. Falla no transporte de penedos de quartzite da Serra do Bussaco a 30 e 40 kilom. para oeste e noroeste pela intervenção dos gelos fluctuantes. No valle do Tejo entre muitos outros depositos menciona o de Mação, 25 kilom. a lésnordeste de Abrantes, com penedos de 5 a 20 decim. de diametro maximo, os do Rosmaninhal, Castello-branco, Fundão e Villa-velha, assim como o de Sarzedas, onde tambem viu os grandes penedos a 400 metros de altitude. Do mesmo modo descreve os terrenos quaternarios da bacia do Sado, de Odemira, e da costa do Algarve, onde encontrou, isolado sobre o terreno paleozoico, o canto de calcareo oolithico, de 2 metros de diametro, de que já fallamos, e cujo transporte tambem attribuiu aos gelos fluctuantes. Ainda reconheceu o snr. Carlos Ribeiro, que a altitude do terreno quaternario decresce em geral de leste a oeste, ou melhor, seguindo a direcção media dos thalwegs dos valles.»

Para explicar a origem d'estes depositos o snr. Carlos Ribeiro, que rejeita a hypothese das grandes correntes diluvianas, cahida em descredito, e a de uma depressão do solo, que tivesse levado o oceano até á altura actual dos depositos, que é de 480^{m} acima do nivel do mar, e da qual não ficaram vestigios alguns, apresenta a de um grande lago interior, em cujo seio se formavam gelos fluctuantes, que transportaram os materiaes dos depositos em que o snr. C. Ribeiro vê a origem glaciaria.

O snr. Vasconcellos não admitte, a nosso vêr com rasão, a existencia d'esse lago, nem attribue os depositos em questão a gelos fluctuantes.

Com effeito não se póde explicar por esse processo o transporte dos detritos em massa, e em direcções determinadas que são as dos valles e leitos dos rios, que do interior da peninsula correm para o littoral. Não se pode admittir que os gelos, formados n'um lago interior pelo resfriamento do clima, determinassem a erosão que presuppõe quantidade tão espantosa de detritos, como os que formam os depositos em questão, e que fossem elles que fizessem o seu transporte.

Pelo contrario antigas geleiras que seguissem o curso dos valles principaes do Douro, do Vouga, do Mondego e do Tejo seriam causa de força sufficiente para explicar a erosão dos terrenos, o transporte dos materiaes e o seu modo de jazer caracteristico. Presupposta esta hypothese, como muito bem diz o snr. Vasconcellos, explicam-se perfeitamente os caracteres dos depositos quaternarios do nosso paiz, que o snr. C. Ribeiro attribue a gelos fluctuantes.

Acresce que a lei do decrescimento da altitude dos depositos de léste para oeste, posta em evidencia pelo snr. Carlos Ribeiro, não se harmonisa com a hypothese dos gelos fluctuantes, estando pelo contrario perfeitamente de accordo, com a hypothese de grandes geleiras que antigamente cobrissem o nosso paiz.

Na memoria do snr. Vasconcellos, que por mais de

uma vez temos citado, discutem-se muitas questões, mais ou menos ligadas com esta hypothese, e que apresentam muito interesse: não seguiremos o author n'essas questões, ainda que as julguemos muito importantes, por não entrarem directamente, no quadro, já de si muito vasto, do nosso trabalho.

V

Summario: Vestigios glaciarios na Scandinavia. Conclue-se que esta peninsula era durante o periodo dos gelos, physiographicamente similhante á Groenlandia actual. De lá partiram os numerosos blocos erraticos espalhados na grande planicie do norte da Allemanha e da Russia.

Em latitudes mais septentrionaes o terreno erratico apresenta-se-nos com grande desenvolvimento.

Na Peninsula Scandinavica, onde actualmente não persistem as neves durante o verão, encontram-se em grande quantidade vestigios de uma acção glaciaria muito intensa em epochas remotas.

Esses vestigios são da mesma natureza que os que mais minuciosamente descrevemos em tôrno do massiço dos Alpes — rochas polidas, arredondadas, sulcadas e estriadas; depositos morenicos; transporte de erraticos, etc. — não nos demoraremos a descrevel-os detidamente, apenas faremos notar que as sulcaturas e as estrias não se encontram só na direcção dos valles, como succedia nos Alpes, mas parecem irradiar das montanhas mais altas do interior, como de um centro, e apparecem-nos muitas vezes a cruzar a direcção natural do movimento — os valles.

Tentou-se explicar a principio o phenomeno erratico d'estas regiões pela acção de correntes diluvianas muito energicas, mas é excusado insistir em faser notar que a acção aquosa não pode deixar os vestigios que caracterisam o terreno erratico.

Pretenderam explical-os depois por uma submersão

total da Scandinavia: n'esse estado os gelos fluctuantes, provenientes das regiões polares, poderiam ter depositado o terreno erratico, e produzido as estrias, sulcaturas, etc.

Na Peninsula Scandinavica deram-se outrora grandes oscillações de nivel, que ainda em nosso tempos continuam: ha signaes certos de uma depressão se ter dado de modo a estarem ao nivel do mar pontos que hoje estão a 180 metros acima d'elle, mas não restam vestigios nem provas de o mar ter occupado niveis superiores a este. Os depositos que se encontram a altitudes maiores que 180 metros, tem um caracter accentuadamente terrestre; por ultimo admittindo mesmo que os gelos fluctuantes possam produzir sulcos e strias tam regulares como as produzem as geleiras terrestres, o que nos parece duvidoso, apesar de ser tal a opinião muito authorisada de Lyell, os gelos fluctuantes não poderiam dar a rasão da multiplicidade de direcções das strias, que de modo algum concorda com a sua producção por gelos conduzidos em correntes polares.

Existe actualmente um continente — a Groenlandia — que parece reproduzir as condições em que antigamente se encontrou a Scandinavia: não é para admirar, com effeito, que, no periodo dos gelos, as condições climatericas actuaes de Groenlandia, se encontrassem 10° mais ao sul na Scandinavia.

A Groenlandia, estudada pelo seu governador, o dinamarquez Rink, é um vasto continente sepultado na sua quasi totalidade debaixo de um espesso manto de gelo, que nivella e faz desapparecer todas as depressões e desegualdades do solo.

Todo esse lençol de gelo está em progressão para o mar a partir de regiões centraes de grande altitude. O movimento faz-se em todos os sentidos, independentemente das direcções naturaes, mas é de notar que n'ellas todavia é maior a velocidade, e mais accentuado o movimento; Rink notou 22 correntes de gelo que do interior desemboccavam no mar, por as grandes aberturas

dos valles, os *fiords*, alguns dos quaes medem 6 kilom. de largura.

A progressão do espesso manto de gelo determina uma grande erosão do solo, que se dá em todos os pontos cobertos de gelo, mas que é mais intensa na direcção dos valles naturaes: as correntes que do mais profundo do gelo sahem para o mar vem sempre carregadas de grande quantidade de argilla, arrancada pelo gelo ao solo subjacente.

N'alguns pontos da costa, que os gelos não occupam, vê-se muito evidentes vestigios de uma acção glaciaria, em tempos anteriores ao nosso, o que demonstra que os gelos de Groenlandia já tiveram um muito maior desenvolvimento do que o actual.

Se actualmente os gelos de Groenlandia desapparecessem por uma causa qualquer, ficariam bem impressos os signaes de que aquelle continente tinha estado inteiramente coberto de gelos, e a direcção das strias irradiando em todos os sentidos de uma elevação interior, indicaria que um manto de gelo dotado de um movimento quasi independente da direcção dos valles e depressões naturaes cobria todo o paiz.

E' esta disposição das estrias a que se observa na Scandinavia; devemos, pois, concluir que esta peninsula esteve outrora coberta de um espesso manto de gelo, debaixo do qual desappareciam todas as desegualdades do solo, e que a partir das elevações do interior, progredia para o mar, movendo-se independentemente da direcção dos valles.

As geleiras scandinavicas desciam até ao mar: penetrando n'elle as geleiras, poliam, arredondavam, striavam, n'uma certa extensão, as rochas do solo sub-maritimo; depois, encontrando maior profundidade desprendiam-se d'ellas *ice bergs*, que levavam em todas as direcções blocos e materiaes erraticos.

A Scandinavia era, no periodo dos gelos, uma ilha do Oceano glacial, muito extenso, cujas aguas cobriam a Hollanda, a Allemanha do Norte, a Dinamarca, a Polo-

nia e o norte da Russia: devia succeder, pois, com as geleiras da Scandinavia, o que hoje succede com as da Groenlandia, e em geral com as das altas latitudes quando descem até ao nivel do mar.

As geleiras das altas latitudes desde que chegam até ao mar, continuam a progredir, produzindo no solo submaritimo todas as acções que produziam na sua passagem nos valles. Desde que attingem paragens de maior profundidade, o embate das ondas, as oscillações do mar, e o proprio peso do gelo forçam a destacarem-se da geleira monstruosas moles de gelo que ficam fluctuantes, constituindo os *ice-bergs* ou montanhas de gelo, que vão com todos os materiaes que deviam constituir a morena terminal da geleira, levados pelas correntes maritimas, fundirem-se a latitudes mais baixas, depositando no fundo do mar a massa enorme de detritos que acarretavam, entre os quaes é vulgar verem-se penedos erraticos de enorme volume.

Por este processo se tem constituido o banco da Terra Nova; e se as vastas zonas, percorridas pelos gelos fluctuantes, tanto arcticos como antarctitos fossem postas a descoberto por uma elevação do solo, nós veriamos um verdadeiro terreno marinho-glacial, muito abundante em erraticos.

No periodo dos gelos deram-se factos analogos.

Das geleiras scandinavicas, que não só attingiam o nivel do mar, mas ainda occupavam um certo espaço coberto por elle, destacavam-se grandes massas de gelo que partiam em direcções divergentes distribuir n'uma immensa área a grande quantidade de detritos e blocos erraticos que o gelo tinha destacado do solo d'aquella ilha.

Muitas d'essas jangadas de gelo partiram para o norte; as que partiram em direcções meridionaes dispersaram no leito e nas praias europeas do oceano glacial os blocos erraticos que hoje se encontram em tam grande quantidade na zona exondada que outrora foi o leito d'esse oceano.

Esses blocos cuja natureza petrographica, analoga á das rochas scandinavicas, indica claramente a sua origem, e que discordam tanto das rochas do paiz que os proprios habitantes os designam pelo nome de *Findlingsblocke*, acham-se disseminados á superficie e no meio de um extenso deposito de areia, argilla e cascalho a que Lyel dá o nome de *drift*, e que representa a innumera quantidade de materiaes miudos, que junctamente com os grandes blocos erraticos os gelos fluctuantes accaretaram.

Da grandesa a que alguns d'esses blocos attingiam póde fazer-se ideia citando os seguintes: a massa de granito que supporta a columna de Pedro o Grande em S. Petersburgo, e que pesa 30:000 quintaes; os dous *Markgrafensteine* de Rauenschberg, perto de Fürstenwald, o maior dos quaes se elevava a mais de 8 metros acima do solo; o *grand penedo* em Belgarde, na Pomerania, que mede 14 metros de comprimento, 12 de largura e 5 de altura, etc.

Quanto á sua distribuição, diz Credner [1].

«La repartition des blocs erratiques sur la plaine du nord de L'Europe est circonscrite par un grand arc de cercle au centre duquel sont la Scandinavie et la Finlande, et qui enferme 40.000 milles carrés. Les blocs de la partie nord de la Russie proviennent de Finlande, ceux de Pologne sont mêlés de roches de Suède, ceux de l'Allemagne du nord et de la Hollande sont d'origine suédoise, danoise et russobaltique.»

Depois do periodo da grande extensão das geleiras scandinavicas, deu-se uma submersão d'este paiz de que nos restam vestigios em pontos que estão actualmente a 180^{m} acima do nivel do mar.

Essa submersão foi seguida de um levantamento das costas e do leito do mar, que deu em resultado a se-

---

[1] Credner — Tractado de Geologia et de Palemtologia — trad. fraceza — pag. 627.

paração do Baltico do Mar Branco, e a configuração actual do paiz, e que ainda actualmente se continua.

Durante essa invasão do mar os depositos das geleiras no antigo litoral foram revolvidos pelas ondas, distribuindo os materiaes segundo o seu volume, estratificando-os emfim, apresentando-se-nos agora os depositos com o duplo caracter glacial e marinho.

Em antes da fusão total dos gelos da Scandinavia esta peninsula esteve sujeita a um regimem de geleiras separadas, occupando os valles principaes, estado de coisas que talvez se reproduzisse n'um segundo periodo glaciario. Os vestigios d'essas geleiras são bem evidentes nos depositos com o caracter de morenas superficiaes quer frontaes, quer lateraes, que se encontram em muitos dos valles scandinavicos.

VI

SUMMARIO: Vestigios glaciarios na Gran Bretanha e Irlanda.

No periodo dos gelos as condições physiographicas da Scandinavia reproduziam-se nas Ilhas Britanicas.

N'esse periodo a Gran Bretanha possuia tres centros independentes de dispersão de erraticos — os Grampians na Escossia; as montanhas do Cumberland e Westmoreland, na Inglaterra; e o massiço do Snowdon, no principado de Galles.

Chambers, Jamieson, Agassiz, Maclaren, e outros geologos notaveis são concordes em affirmar que as strias e sulcos nas rochas dos Grampians se encontram em todas as direcções principaes do escoamento das aguas, as dos valles e *fiords*, o que suppõe que os Grampians eram totalmente cobertos pelo gelo, que d'elles como de um ponto central progredia para o mar. Repetia-se, pois, ahi o estado actual da Groenlandia, e o antigo estado de Scandinavia.

Na Escossia são vulgarissimos os vestigios glaciarios de toda a naturesa. Muitas rochas polidas, estriadas e sulcadas; rochas *moutonnées;* muitos blocos erraticos, e muitos depositos com o caracter de morenas profundas, alem de outros com os caracteres das morenas superficiaes, occupando os valles, que revellam que a Escossia, na epocha da fusão dos gelos, ou talvez tambem n'um segundo periodo glaciario, esteve por algum tempo

sujeita ao regimen de geleiras isoladas, como tambem succedeu á Scandinavia.

Até uma certa altura o terreno erratico da Escossia apresenta-se-nos com o caracter de um deposito detritico marinho-glacial, cobrindo um solo cujas rochas são polidas, arredondadas, sulcadas e estriadas. Até 180^{m} encontram-se n'estes depositos conchas maritimas de especies que hoje habitam regiões arcticas.

Lyell para explicar estes depositos, e o transporte de alguns blocos erraticos a distancias consideraveis dos logares da sua proveniencia, faz intervir os gelos fluctuantes; julga, porem, que a Escossia esteve submersa mesmo em niveis superiores aquelles em que se encontram conchas maritimas; depositos n'estas condições só vão até 180^{m} acima do nivel do mar, e Lyell quer que a immersão fosse de 700^{m}.

A muitos dos depositos que outrora se apontavam como exigindo para a sua explicação a acção do mar, e provando portanto a immersão da Escossia até ao nivel em que elles se encontram, attribue-se hoje uma origem perfeitamente independente do concurso do mar.

Estão n'esse caso os depositos do valle de Tummel que parecem ser depositos morenicos, remexidos e estratificados pelas aguas de um lago, originado pelo clausuramento do valle por uma geleira.

Os terrassos do Glen Roy não podem ser melhor explicados do que referindo-os a lagos de geleiras, produzidos quando as geleiras do Ben Nevis interceptaram aquelles valles.

No valle de South-Esk ha todos os indicios da existencia de um lago de geleiras produzido por uma morena terminal, que tendo occupado transversalmente todo o valle, permittiu que se accumulassem alli as aguas do Esk, as quaes removendo a parte superior do deposito morenico, depositaram depois os detritos regularmente estratificados.

Os terrassos de Glen Roy, se foram realmente produzidos por um lago de geleiras, provam que o mar

nunca chegou até ao seu nivel, e são uma prova da existencia de um regimen de geleiras isoladas, antes de terminar o periodo dos gelos, na Escossia.

Não parece indispensavel a intervenção dos gelos fluctuantes para explicar mesmo os depositos que tem conchas maritimas. Se a Escossia esteve outrora coberta por um manto de gelo, que ia até ao mar como o provam os grés do periodo carbonifero, situados junto ao mar, perto de Glasgow, muito polidos e estriados, se n'uma palavra, se davam então na Escossia as condições actuaes da Groenlandia, as geleiras ao chegarem ao Oceano deviam continuar a progredir sobre o seu fundo até chegarem a pontos em que a profundidade fosse sufficiente para se detacarem jangadas de gelos, que se tornariam fluctuantes.

Emquanto caminhava sobre o solo submarino a geleira devia polir, arredondar, sulcar, e estriar as rochas, e depositar no fundo os detritos morenicos, como o faria n'um valle. Esse detrito seria depois remexido pelo mar, distribuidos os materiaes segundo o volume, habitado por animaes maritimos, e depois de emerso apresentar-se-nos-hia com o caracter de um deposito marinho-glacial.

Julgamos esta explicação mais satisfatoria do que a de Lyell, porque não podemos admittir que os gelos fluctuantes possam produzir strias e sulcos com aquella regularidade que caracterisa os que os gelos terrestres produzem: os sulcos ou estrias dos gelos fluctuantes devem por força ser muito irregulares, como produzidos por uma massa que tem grande facilidade de movimentos.

Não queremos todavia dizer que os gelos fluctuantes não concorressem para a formação do terreno glaciario da Escossia, e egualmente n'outros pontos da Inglaterra; apenas queremos fazer notar que a sua acção foi relativamente muito reduzida, e não teve a importancia que Lyell lhe attribue.

Da Scandinavia partiam, como n'outra parte dissemos, muitas jangadas de gelo fluctuante; muitas tomaram

a direcção da Gran Bretanha, arribaram a esta ilha, deixando n'ella exemplares de rochas que hoje só se encontram na Noruega. Das geleiras da Escossia deviam mesmo partir muitas jangadas de gelo fluctuante que deviam disseminar em extensa aréa, muitos exemplares de rochas d'este paiz: é possivel que algumas d'estas jangadas de gelo encalhassem nos arredores da propria Escossia, e que um levantamento do paiz pozesse depois a descoberto os blocos que ellas transportavam; não nos repugna que o grande fragmento de micaschisto que Lyell diz existir perto de Edimburg, a 80 kilometros da montanha mais proxima composta da mesma rocha, fosse transportado pelos gelos fluctuantes, como quer o notavel geologo inglez, mas apezar de ser enorme a distancia de 80 kilometros não nos admirariamos que elle a tivesse transposto no dorso ou no interior de alguma geleira.

Passando depois á Inglaterra, encontram-se abundantes vestigios glaciarios, que se referem aos montes do Cumberland e do Westmoreland. E' facil encontrar rochas polidas, sulcadas e estriadas, e são muito vulgares as rochas *moutonnées* nos condados de Lancashire, Cheshire, Derbyshire, Shropshire, Staffordshire, e Worcestershire: as mais notaveis são talvez as do valle de Rotha, perto de Ambleside.

Em muitissimos terrenos d'estas regiões é evidente o transporte glacial, mas aqui, como na Escossia o terreno erratico apparece debaixo de duas formas — os depositos puramente terrestres, e os depositos marinho-glaciarios, em que é muito vulgar encontrar conchas de especies arcticas; estes depositos encontram-se d'ordinario até as altitudes de 80^{m} acima do mar, em cotas superiores encontram-se só depositos de geleiras terrestres, não modificados pela intervenção do mar.

No principado de Galles existia outro centro de dispersão de erraticos; era o massiço de Snowdon no Caernarvonshire. As geleiras d'este massiço, irradiavam segundo Buckland, das regiões centraes, por sete valles principaes

as estrias e sulcos sobre as rochas polidas indicam isto mesmo pela sua orientação.

Encontram-se tambem indicando a acção glaciaria, depositos morenicos, penedos erraticos, rochas *moutonnées*, etc.

Aqui, como no Cumberland e nos Grampians vê-se nos niveis mais elevados o terreno glaciario de caracter puramente terrestre, e nos mais baixos os depositos marinho-glaciarios. No principado de Galles é que se tem encontrado conchas a cotas mais altas. Trimmer, Forbes Ramsay, e outros geologos inglezes, encontraram-nas em altitudes, entre 300 e 420 metros, o que demonstra que a immersão do solo no oceano foi mais pronunciada n'esta parte da Gran Bretanha.

A Irlanda soffreu tambem a acção glaciaria: Jukes descreveu os vestigios glaciarios de Killarney, e em alguns outros condados como no de Wicklow, Wexford, e Keuy.

N'esta ilha como na Gran Bretanha, os vestigios dependentes só da acção das geleiras terrestres encontram-se nos niveis mais elevados, e aquelles que tem juntamente com o caracter glaciario o marinho, encontram em altitudes mais baixas: não está, porem, bem determinado até onde chegou a acção do mar, mas parece que a altitudes maiores que a de 180^{m} as conchas maritimas são muito raras. O professor Jukes affirma que o estado da Irlanda no periodo dos gelos era analogo ao actual estado da Groenlandia, e que as suas geleiras chegavam até ao mar, não sendo por isso preciso invocar a intervenção de gelos fluctuantes para explicar a maior parte talvez dos depositos detriticos, com o caracter marinho-glaciario, como tratando Escossia, mais detidamente mostramos.

VII

SUMMARIO: Vestigios glaciarios no continente Norte-americano.

Phenomenos analogos aos que nos paragraphos anteriores temos mencionado passaram-se tambem na America do Norte, que atravessou outrora um ou mais periodos de grande desenvolvimento dos gelos.

O *drift*, ou terreno erratico, abundantemente espalhado no continente Norte-americano, é d'isso uma prova evidentissima.

Não se sabe ainda qual é o limite boreal da distribuição do drift, porque os vastissimos territorios da Nova Bretanha tem sido pouco explorados, mas acha-se muito espalhado no Canadá, no Labrador, e na região dos lagos. Nos paizes da União Norte-america tem sido descripto não só nos Estados mais do norte, como os de Nova York, Michigan, Wisconsin e Minnesota, mas em outros mais meridionaes como os da Pensylvania, Ohio, Illinois e Kansas.

Está abundantemente espalhado em torno dos principaes massiços montuosos d'esta região — nas Montanhas Verdes, e Montanhas Brancas, nos Montes Unaka, nos Alleghanis, nas Montanhas Rochosas, na Sierra Nevada, debaixo do parallelo de 35°, nas Cascade Mountains, e n'outras cadeias da bacia do Oceano Pacifico.

Se é extensa a superficie em que está distribuido o drift, não o é menos a escala das alturas em que elle se

encontra: o drift com effeito está espalhado desde os mais baixos niveis até ás altitudes, de 5:800 pés, como no monte Washington, o mais alto das Montanhas Brancas, e de 4:400 pés como no Mansfield, nas Montanhas Verdes.

O drift tem bem impresso o caracter de transporte pelos gelos na falta absoluta de ordem e arranjo no seu deposito, fazendo excepção para o drift estratificado de que já vamos fallar. No drift encontra-se uma estranha mistura dos materiaes mais diversos. Citando os materiaes do drift americano, Dana [1] aponta: *a)* leitos de argilla não estratificada, com muitas pedras; *b)* os depositos de argilla pedregosa chamados mais especialmente *bowlder clay; c)* areia; *d)* grandes depositos de cascalho; *e)* e penedos, pequenos ou grandes, distribuidos nos outros depositos, ou collocados em cima d'elles. Os materiaes d'esta ultima classe attingem muitas vezes grandes volumes, e constituem *penedos erraticos*, que como mais de uma vez dissemos, são uma excellente prova de transporte pelos gelos.

Das proporções de alguns pode-se ajuisar pelo que diz Dana, que cita um bloco em Bradford, no Massachussets que não peza menos de 1:250 tonelladas, e outro em Whitinghan, nas Montanhas Verdes que tem 4:000 pés cubicos de volume.

O drift com os seus penedos erraticos é acompanhado por muitos outros vestigios que demonstram a antiga acção dos gelos.

Em muitas rochas ha os sulcos e estrias glaciarias, perfeitamente conservadas quando casualmente tenham estado preservados da acção do ar os exemplares em que ellas se encontram. Além d'isto vê-se muitas vezes rochas polidas e arredondadas, com o brilho e fórma que só o gelo lhes póde dar, e que caracterisa as rochas que na Suissa tem o nome de *moutonnées*.

Teriamos só a difficuldade da escolha se quizesse-

---

[1] Dana, *Manual of Geology*, pag. 529.

mos agora citar localidades em que se encontrem exemplares, quer dos sulcos e estrias glaciarias, quer das rochas polidas e arredondadas. Dana appresenta no seu livro uma gravura muito nitida de uma rocha estriada e sulcada pelo gelo, e Lyell, na *Antiguidade do Homem* [1], uma outra representando um magnifico exemplar de rocha *moutonnée*.

Se, comparando os materiaes do drift com as rochas do paiz, e examinando a direcção das estrias e sulcos, quizermos saber qual era a direcção do movimento do gelo, das duas ordens de phenomenos concluiremos que, em regra geral, nas latitudes mais elevadas, a direcção do movimento era do norte a sul, ou do nordeste a sudoeste, ou do noroeste a sudeste. Algumas vezes a direcção do movimento do gelo não concorda com a dos valles ou com os declives da superficie, ainda que estas direcções eram as mais vulgarmente seguidas pelo gelo em movimento.

Na America como no norte da Europa, nota-se muitas vezes um dirft estratificado, contendo fosseis maritimos. Este drift estratificado encontra-se, em regra, nas margens dos rios e dos lagos, e nas proximidades das praias maritimas, e nunca attinge grandes altitudes; as maiores a que se tem encontrado conchas maritimas no drift são de 210^{m}, mas já são muito raras a altitudes de 180^{m}.

O drift não estratificado, em que não se encontram fosseis a não ser raras vezes alguns restos de vegetaes, está depositado quasi sempre no interior dos continentes.

Para explicar as formações glaciarias da America do Norte, tem-se invocado duas theorias principaes — a dos *Icebergs*, que atribue o drift, e todos os vestigios de erosão glaciaria que o acompanham, aos gelos fluctuantes, suppondo portanto a submersão do continente pelo menos até á altura de 5800 pés, a que se acham os ves-

---

[1] Segunda edição franceza, pag. 397.

tigios glaciarios mais elevados; — e a das *geleiras* que, pelo contrario, suppõe todo o continente exondado, e mesmo tendo uma altitude mais elevada de que a actual.

A analyse dos factos leva a dar toda a preferencia á theoria das gelerias, reduzindo muito a acção dos gelos fluctuantes, que apenas devia passar-se nas costas do Oceano Glacial, onde vinham encalhar as jangadas do gelo provenientes do norte, de um modo analogo ao que succedia na Europa com os gelos fluctuantes provenientes da Scandinaria.

Os depositos de drift estratificado com conchas maritimas, sempre que assentam sobre rochas polidas e regularmente estriadas e sulcadas, devem attribuir-se a geleiras terrestres que attingiam o mar, como succedia de certo no Canadá, no Labrador, e n'algumas ilhas mais boreaes do Oceano Glacial de então, que na America como na Europa era mais extenso do que o actual. Os gelos fluctuantes não podem, como já temos dito, produzir estrias e sulcos com a regularidade que caracterisa os que as geleiras produzem.

Tudo leva a crer que na America se reproduziam as condições physiographicas da Europa, no periodo dos gelos. Em latitudes meridionaes predominaram como na Europa as geleiras separadas, occupando os valles principaes das principaes cadeias de montanhas; mais ao norte parece que todo paiz era coberto por um espesso manto de gelo, que progredia do norte para o sul independentemente dos declives naturaes da superficie do solo; e nas praias maritimas depositavam-se os detritos que os gelos fluctuantes acarretavam do norte.

VIII

SUMMARIO: Vestigios da acção glaciaria no hemispherio sul. Terreno erratico na America do Sul, e na Nova-Zelandia.

Tambem no hemispherio sul houve outrora uma epocha em que os gelos tanto polares como alpinos tiveram um grande incremento. Não tem sido profundos os estudos feitos sobre o terreno erratico das regiões austraes; não o podemos, pois, conhecer nas suas suas particularidades, como succedia no hemispherio boreal, mas o que se sabe é sufficiente para podermos avançar que o hemispherio sul atravessou em tempos antigos uma epocha em que os gelos tinham um desenvolvimento, tam grande senão superior ao de que nos restam vestigios no hemispherio norte.

Os indicios glaciarios na America do Sul encontram-se desde a sua extremidade meridional, desde o cabo Horn, até regiões intertropicaes.

O drift ou terreno erratico, com caracteres e disposição muito similhante á que apresenta no hemispherio boreal, está espalhado desde o cabo Horn, pela Terra do Fogo, pela Patagonia e Sul do Chili, etc. n'uma e n'outra vertente das ultimas montanhas da Cordilheira dos Andes. N'essa região acham-se dispersos muitos blocos erraticos, de enormes dimensões, transportados pelo gelo a grandes distancias dos seus primitivos jazigos. N'esta mesma zona, alem do drift e dos blocos erraticos ha,

como vestigios de antiga acção glaciaria, rochas *moutonnées*, polidas e canneladas, e seixos estriados: estes indicios são bastante vulgares n'esta região.

Na ilha de Chiloé, na costa de Chili, segundo Agassir, o polido e as estrias encontram-se nas dejecções de vulcões extinctos: tambem alli existem muitos blocos erraticos, de rochas originarias da Cordilheira dos Andes.

No extenso valle que corre no Chili, entre as montanhas da costa, e a Cordilheira, proximamente pela latitude de Conceição, encontram-se profusamente vestigios da acção glaciaria, que levam a crer que aquelle valle foi outrora o leito de uma immensa geleira, que corria do norte a sul, e de que aquelles detritos representam as morenas.

Darwin assignala no valle de Portillo, no Chili, acervos de detritos, que provavelmente são antigas morenas.

Encontram-se vestigios glaciarios em muitas regiões das Provincias Unidas de La Plata: em torno de Montevideo, por exemplo, encontrou Agassiz muitos blocos erraticos e rochas arredondas, *moutonnées*.

A uma latitude muito mais baixa, já na zona tropical, nos arredores da cidade do Rio de Janeiro, assignalou S. M. I. o snr. D. Pedro II um drift muito espesso, com blocos erraticos, indicio seguro de antiga acção glaciaria áquella latitude.

Forbes assignala tambem rochas canneladas e seixos estriados a altitudes de cerca de 12000 pés nas montanhas da Cordilheira dos Andes, entre o 13.º e 30 graus de latitude.

Vê-se, pois, que na America do Sul, o phenomeno erratico se deu n'uma extensão e com uma intensidade egual, se não superior á da Europa: é todavia impossivel ir mais longe e distinguir no terreno erratico tudo o que é devido á acção de geleiras puramente terrestres, ás geleiras que tocavam o mar, e aos gelos fluctuantes, que de certo concorreram muito poderosamente para a sua formação; para essa distincção tornam-se necessarios estudos mais profundos em toda a vastissima superficie

em que estão disseminados os vestigios da acção glaciaria.

Na Nova-Zelandia, na Oceania, á latitude de 49°, encontram-se muitos vestigios de uma acção glaciaria muito intensa, a grandes distancias das actuaes geleiras d'aquelle archipelago, que ainda hoje são muito desenvolvidas.

Não temos noticias algumas ácerca da existencia do terreno erratico na região sul da Australia, e nas regiões do sul da Africa; apezar de estarem situadas em latitude bastante baixas, como na America encontramos muitos vestigios glaciarios a essas latitudes, podemos suppor que é somente á falta de observações n'essas zonas, que devemos attribuir o não podermos assignalar n'ellas o terreno glaciario.

Fica evidente pelo que deixamos dicto até aqui que o terreno erratico se acha espalhado em extensas zonas por toda a superficie do globo.

Como o terreno erratico tem uma origem glacial forçoso é concluir da universidade de dispersão das formamações erraticas que em eras anteriores á actual todo o globo terrestre atravessou uma ou mais epochas, de um clima mais rigoroso do que o actual, nas quaes os gelos tanto alpinos como polares tiveram um grande desenvolvimento, avançando as geleiras das montanhas muito alem dos seus limites actuaes, occupando regiões aonde hoje as neves não persistem, em latitudes bastante baixas, e muito mais do que até ha pouco se julgava: ao mesmo tempo que as geleiras alpinas tinham este desenvolvimento os gelos polares tomaram um incremento correspondente, e vastos lençoes de gelo estendiam-se por sobre regiões onde hoje a vida se exhibe com toda a sua exuberancia.

Do nivel estratigraphico das formações glaciarias, que se sobrepoem aos terrenos pliocenicos da epocha terciaria, devemos concluir que o periodo do grande desenvolvimento dos gelos, conhecido em Geologia pelo nome de *periodo glaciario*, teve logar nos primeiros tempos da epocha quaternaria, a que o terreno erratico serve de horisonte geologico.

Demonstrada a existencia de um periodo glaciario, da qual em face das provas geologicas, que enumeramos, já hoje não é licito duvidar, não fica dito tudo o que sobre este assumpto muito importante se póde dizer.

Surgem agora muitas questões para discutir, muitas difficudades sobre as quaes ha muito desaccordo entre os geologos, muitas das quaes ainda hoje é impossivel resolver definitivamente.

Precisamos de indagar se houve um ou mais periodos glaciarios; investigar qual era o clima da terra durante esses periodos; procurar quaes as causas que podiam determinar tam grande desenvolvimento de gelos; se as formações erraticas são syuchronicas ou se pelo contrario o periodo glaciario não se extendeu ao mesmo tempo a todo o nosso planeta, etc.

O estudo d'essas importantes questões constituirá o assumpto da segunda parte d'este trabalho.

FIM DA 1.ª PARTE

1882

S. GOMES - DISSERTAÇÃO INAUGURAL

PHILOSOPHIA