

E se as geleiras de rampa demasiadamente íngreme apresentam uma difficuldade á theoria de Tyndall, as de rampa demasiadamente suave, as que se movem num plano quasi horisontal, não a apresentam menor. É, na verdade, muito difficil conceber como o peso das partes superiores as possa fazer mover em tão grandes extensões e em planos de tão fraca inclinação. Na geleira do Rhodano, por exemplo, ha uma extensão de 8 kilometros que se move quasi horisontalmente; e noutras acontece que o leito se eleva antepondo um obstaculo ao movimento, de fórma que a geleira move-se subindo. Evidentemente nestas circumstancias o peso só não póde fazer escorregar estas massas de gelo.

O que tudo isto quer dizer é que a theoria de Tyndall não basta para explicar o movimento das geleiras; é absolutamente necessaria a intervenção de algum outro factor.

Das theorias por *não escorregamento* nenhuma satisfaz só por si. Com effeito, como o nome está dizendo, em todas estas se suppõe que o gelo não

escorrega, e nenhuma explica o facto principal d'este movimento, a analogia com o das correntes de agua liquida. Mas se nenhuma é só por si sufficiente, não nos parece impossivel que nalguma ou nalgumas se descubra ao menos uma indicação do que falta para completar a theoria de Tyndall.

O que mais importante têm dito os partidarios das theorias por *não escorregamento* póde resumir-se no seguinte:

Dizem uns que as geleiras se movem, porque se dilatam no sentido em que encontram menor resistencia, em consequencia da agua liquida que o calor do Sol produziu, e que foi congelar-se de novo no interior (*theoria por dilatação* de Charpentier). Dizem outros, que são causa immediata do movimento das geleiras as contracções e dilatações que o gelo experimenta em virtude da entrada na sua massa e da sahida dos raios solares (*theoria* de Henry Moseley). Outros dizem ainda que a regulação, fazendo com que a agua se liquidifaca numas partes, onde a pressão é maior, para se solidificar

noutras, onde a pressão é menor, é a causa do movimento; e esta, não a de Tyndall, é que verdadeiramente parece dever chamar-se theoria do movimento *pela regelação*; é seu auctor J. Thomson. Emfim, ultimamente Ch. Grad lembra o papel importante que podem desempenhar, como causa determinante do movimento, a pressão exercida pela massa do gelo e a agua liquida que se solidifica nos veios capillares que são proprios do gelo de geleira ¹.

Ora não haverá em tudo isto alguma cousa verdadeira? Não terá alguma influencia sobre o gelo a acção do calor solar? Não desempenhará a *agua de alimentação*, e tambem, até certo ponto, a que resulta da ablação, um papel importantissimo neste facto do movimento? Parece-nos que a resposta não póde deixar de ser affirmativa.

O facto da velocidade do movimento estar ligada com a elevação de temperatura explica-se então

¹ *Les mondes*, octobre, 1874, pag. 306.

naturalmente, e desaparecem as difficuldades que não vencia a theoria exclusiva do escorregamento em virtude do peso.

Sendo assim, não duvidamos de que a theoria de Tyndall se completará quando outros estudos e mais observações permittirem o entrar em linha de conta com as acções d'aquelles agentes, quando fór possivel determinar qual de todos os factores é o predominante e em que circumstancias o é. Por ora ainda estamos longe d'este desiderato, e por isso não ha verdadeiramente uma theoria ácerca do movimento das geleiras.

Em resumo e conclusão: — as geleiras movem-se em virtude do seu peso, movem-se como uma substancia plastica em virtude da regelação; e o calor do Sol e as alternativas de fusão e solidificação que se dão no interior da sua massa contribuem em larga escala para este movimento, que depende evidentemente da alimentação e da ablação.

IV

Oscillações das geleiras
nos tempos historicos

Acabámos de ver a ligação íntima que existe entre o movimento das geleiras, a alimentação e a ablação. Vê-se como o primeiro é um facto onde se manifesta o equilibrio ou o desequilibrio entre as duas ultimas.

Com effeito, se ao cabo de annos ou seculos as geleiras não augmentam nem diminuem sensivelmente, se a sua parte terminal se conserva proximamente na mesma posição, se, emfim, o seu movimento não é sensivel, é claro que a alimentação e a ablação se têm equilibrado, é claro que tem havido compensação entre os ganhos e as perdas da geleira. Se as geleiras augmentam, se a sua parte terminal invade as regiões inferiores das mon-

tanhas, se se manifesta, emfim, um movimento progressivo, é signal necessario de que houve um desequilibrio entre a alimentação e a ablação, alimentação forte e ablação fraca. Se, finalmente, as geleiras diminuem, se a sua parte terminal parece recuar para as regiões superiores, se, emfim, ha aparentemente um movimento regressivo, deduz-se logo que houve uma alimentação fraca ao mesmo tempo que uma ablação forte.

Ora o equilibrio e o desequilibrio entre a alimentação e a ablação estão, como já sabemos, intimamente ligados com as circumstancias meteorologicas. São conhecidas as causas capazes de determinar uma ablação activa e uma alimentação abundante. É facil passar para o problema inverso, determinar, d'uma maneira geral, quaes são, dada a relação que existe entre a alimentação e a ablação, as condições climatericas que devem ter-se dado.

Se averiguarmos que em certa epocha as geleiras augmentaram podemos concluir que durante esse tempo os mezes mais frios do anno foram muito

abundantes em neve e *não muito frios*; a temperatura dos verões não devia ter sido muito elevada, mas a sufficiente para produzir as grandes quantidades de vapor d'agua. Se as geleiras diminuíram, é porque os mezes mais frios do anno foram muito sêccos, podendo ter sido muito frios, e a temperatura dos verões bastante elevada. Se as geleiras estacionaram, é porque não se alterou sensivelmente a relação entre o clima medio do verão e o clima medio do inverno.

D'ahi vem o grande interesse que apresenta o conhecimento de quanto as geleiras têm augmentado ou diminuido no decorrer dos annos, d'ahi vem o compararem-se as geleiras com grandes thermometros naturaes.

Tudo isto porém, forçoso é dizel-o, não é por emquanto mais do que um desiderato. Este estudo é muito moderno, e não se conhece, por isso, da vida das geleiras senão um espaço de tempo relativamente insignificante. Faltam, para se poderem tirar conclusões seguras, um numero conveniente de ob-

servações e, principalmente, documentos dignos de confiança. Num ou noutro caso esses documentos existem, alguns fornecidos pela tradição; mas são raríssimos e nem chegam a tempos sufficientemente atrasados ¹.

Sabe-se com certeza que as geleiras ora augmentam ora diminuem. Augmentam, em geral, no inverno, e diminuem no verão. Algumas ha que augmentam de annos a annos, outras que parecem estar em via de augmento desde seculos; e ainda outras que parecem achar-se em via de diminuição.

Segundo a opinião de Collomb ² as geleiras dos

¹ É claro que nos referimos aos tempos historicos. Para os tempos prehistoricos não faltam documentos de mui diversa ordem, importantissimos e de reconhecida authenticidade. A estes não podemos aqui referir-nos: a sua analyse e a sua discussão constituem uma parte vastissima e de grande interesse no estudo do problema geologico do periodo glacial.

² Collomb (Ed.) — *Envahissement séculaire des glaciers des Alpes*; Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude de glaciers*, tom. 1.^o, deuxième partie, pag. 176.

Alpes têm augmentado nestes ultimos seculos. Sendo assim, podemos ter como certo que nesta região a humidade do ar tem sido maior, a temperatura media dos mezes mais quentes tem diminuido; mas não tem com certeza diminuido, tem até provavelmente augmentado a temperatura media do anno.

E. Réclus resume nas seguintes paginas quasi tudo que ha sabido a respeito das oscillações das geleiras:

«Affirmam alguns auctores que, a pezar dos re-
cuos temporarios, certos campos de gelo têm ganho
ha seculos uma extensão bastante consideravel para
fechar passagens de montanhas noutro tempo acces-
siveis até aos cavallos. Assim diversas gargantas
dos macissos do monte Branco, do monte Rosa e
do Oberland, abertas ainda no seculo xv, e tri-
lhadas até por procissões, tornaram-se cada vez
mais difficeis de serem franqueadas, e finalmente
apresentaram-se durante o curso do seculo xviii
completamente inacessiveis ás cavalgadas e aos
peões. O Loetschenpass, proximo da Gemmi, fre-

quentado ha menos de um seculo, está hoje destruido. Citam-se factos analogos no Tyrol: uma das geleiras do Oetzthal, a do Gurgl, avançou com certeza dois kilometros desde o anno de 1717, porque foi então que começou a fechar o valle lateral de Langenthal, onde as aguas de um regato se juntaram a ponto de formarem lago. Da mesma fórma na Asia as geleiras do Karakorum parecem ter progredido uniformemente neste seculo. A garganta de Jusserpo, onde se passava a cavallo, hoje só póde ser atravessada a pé. A geleira do Baltoro e a antiga passagem do Mustack tornaram-se impraticaveis. Não é ainda tudo; citam-se geleiras dos Alpes que são de formação recente: tal é o Dreckgletschetri do Faulhorn, que ainda não existia no começo do seculo; um campo de gelo de Simplon, o Rothelch, data de 1731; outro, que desce do Galenhorn no valle de Saas, formou-se em 1811; emfim a bella geleira de Rosenloui poderia tambem ter origem moderna.

.....

Por outra parte é certo que, se algumas geleiras avançaram durante os tempos modernos, outras com certeza recuaram, e por consequencia a sua massa diminuiu. Assim, no grupo do Pelvoux as duas consideraveis geleiras de Bonnepierre e do Chardon não deixaram de encolher desde o anno de 1850. Da mesma maneira nos Alpes do Tyrol todas as geleiras do grupo do Adamello vão decrescendo regularmente. A do Mandron, de todas a mais consideravel, recúa pelo menos desde 1825, e notoriamente em 1864 perdeu pouco mais ou menos vinte metros de comprimento. No mesmo anno a geleira de Fargorida recuou quasi trinta metros, e os habitantes d'aquelle logar dizem que desde o fim do ultimo seculo ella não deixou de perder importancia. Têm desaparecido de todo alguns campos de gelo das regiões superiores.

Durante os quarenta annos decorridos de 1826 a 1866 as geleiras do Monte Branco têm tambem perdido muito do seu comprimento e da sua pos-
sança, porque as neves do inverno têm sido menos

abundantes e os verões, termo medio, mais quentes. Na geleira do Tour, que noutro tempo occupava o valle de Chamounix, tem havido desde 1854 uma retracção total de 520 metros, de sorte que a geleira não chega hoje a logares que d'antes ultrapassava. Uma pedra, que marca o logar preciso aonde chegava em 1826 o mar de gelo, achava-se em 1865 a 388 metros distante do arco do Arveiron, e nalguns sitios o gelo tinha baixado mais de 100 metros segundo o testemunho de M. Bardin. As duas outras grandes geleiras do valle, as de Bossons e d'Argentière, que ameaçavam, cada uma com a sua *moraine frontal*, a aldêa mais proxima, recuaram respectivamente 332 e 181 metros no periodo decorrido de 1854 até 1866. Se diminuíram de comprimento menos rapidamente do que a geleira de Tours, é evidentemente porque têm uma bacia de recepção muito mais consideravel, e porque os nevados superiores não deixaram de as alimentar. Convém accrescentar que durante estes doze annos a ablação superficial esteve em toda a parte

em relação com a retracção dos gelos. A geleira de Bossons perdeu em espessura, pouco mais ou menos, 80 metros; as *moraines laterales*, que antes de 1854 estavam situadas muito abaixo da massa da geleira, dominam-n'a agora d'uma altura media de 25 metros. Desde 1865 até 1869, em quatro annos, as duas geleiras do valle de Grindelwald recuaram, uma 594 e a outra 378 metros. Foi pelo anno de 1600 que ellas attingiram o seu maior desenvolvimento, e em 1750 que apresentaram as suas menores dimensões.

O verdadeiro regimen das geleiras parece estar indicado pelas alternativas de progresso e retrocesso que os documentos das communas e as observações scientificas têm verificado na parte inferior da geleira de Vernagt, no macisso do Oetzthal. As oscillações d'este rio de gelo são conhecidas ha tres seculos, e o chronista que pela primeira vez as menciona em 1599 accrescenta que estes vaivens são «o habito natural» da geleira. A geleira de Vernagt desce rapidamente para o valle, vem bater contra

uma muralha de rochedos que se lhe eleva de frente, e fecha a passagem ás aguas de Rosenthal, que se transformam em lago. Depois, pouco a pouco, o enorme obstaculo funde-se, a geleira recúa lentamente para as rampas superiores, até que novo impulso do nevado a precipite para o valle. Se desprezarmos as oscillações menos importantes, achamos que os intervallos entre cada grande cheia foram 78, 93 e 73 annos, o que dá uma media de 84 annos. Como os rios de agua corrente, a geleira de Vernagt tem tambem as suas cheias e estiagens. De 1843 a 1847, quando foi da ultima irrupção dos gelos, estes avançaram 1331 metros, e expandiram-se no valle numa largura total de 1264 metros; na parte inferior não tinham menos de 158 metros acima da torrente, e mais acima attingiam em certos logares uma espessura duas vezes maior. A velocidade da progressão dos gelos frontaes era sem exemplo até esta data. Durante os dois primeiros annos excedeu dois metros por dia; no fim do mez de maio de 1845 attingiu 12^m,67 em vinte e quatro

horas; no primeiro de junho pôde medir-se uma velocidade que não era inferior a um metro e nove decímetros por hora, isto é, quarenta e cinco metros e meio num dia; o movimento do gelo era sensível á vista desarmada. O estrondo das fendas que se abriam e das pilastras que abatiam era incessante. Desde esta epocha a geleira de Vernagt não deixou de fundir-se pela parte inferior; mas deixa ainda aqui e alli na parte abandonada do seu leito ilhas de gelo protegidas contra o calor do sol por montões de materiaes. Depois de ter resistido isoladamente, cada um d'estes macissos separados abate e desaparece por sua vez ¹.

Nada mais temos que acrescentar. Está conseguido o fim d'este capitulo, que era mostrar em que consiste a vida das geleiras, como esta é uma resultante das condições climatericas, e quaes são d'essas condições as que mais particularmente in-

¹ Elisée Réclus — *La Terre, description des phénomènes de la vie du Globe*. I. Les continents, pag. 252 e seguintes.

fluem. Estudámos isoladamente a alimentação, a ablação e o movimento, e vimos neste parographo como a acção combinada de todos estes tres agentes se traduz no progresso, estacionamento ou retrocesso das geleiras. É evidente a importancia capital que tudo isto tem no estudo geologico do periodo glacial. Não basta verificar que em certa epocha existiram geleiras com certa extensão; é necessario ainda relacionar esse estado de cousas com as circumstancias climatericas. Esta certamente não é, já noutro logar o dissemos, a parte menos importante d'esse estudo.

CAPITULO V

1891—Journal of the Royal Society of Medicine
and Natural History, London

Index

1891—Journal of the Royal Society of Medicine
and Natural History, London

Fendas — Estructura em laminas, em listas ou em veios
— Outros accidentes das geleiras.

I

Fendas

Parece á primeira vista que a materia d'este capitulo melhor ficaria se fosse tratada em seguida ao capitulo terceiro; vamos, porém, ver que é indispensavel para a boa intelligencia do que se segue o conhecimento previo da doutrina que expozemos no capitulo antecedente.

O gelo é uma substancia plastica sob a influencia da pressão, mas de fórma nenhuma resiste á tensão; foi o que a experiencia nos mostrou no laboratorio, e é o que devemos esperar que seja confirmado pela observação.

Com effeito, nos pincaros mais elevados dos Alpes, nos vastos *circos* que são reservatorio das neves e onde começam a formar-se os nevados, a 3000 ou 4000 metros de altura, vêem-se os picos e as cristas mais salientes, aonde fortemente adhere a agua solida que já principiou a transformar-se, circumdados d'uma especie de fosso que lhes impede o accesso. É a esta fenda que se abre na massa gelada que se chama *bergschrund* ou *rimaye*. Foi o peso que, forçando á descida o gelo amontado na parte inferior, o fez separar (por isso que o gelo não cede á tensão) d'aquelle que na parte superior o não acompanhou por estar preso á rocha.

Partindo dos *circos*, continúa a massa do gelo descendo pelos desfiladeiros e valles, e vai escorregando em planos de inclinação variavel. Esta inclinação augmenta ás vezes bruscamente, e outras vezes aquelles planos interrompem-se de repente, e fazem com que o gelo se despenhe de maiores ou menores alturas verticaes da mesma fórma que os rios se despenham em cataractas.

Quando se dá o primeiro caso, quando a inclinação muda d'um modo brusco, o gelo, porque não póde dobrar-se e estirar-se para continuar no seu movimento passando sobre a aresta que se fórma na mudança de declive, parte-se da mesma maneira que com o joelho quebramos um pedaço de madeira ainda verde. A aresta representa o joelho e o peso do gelo o esforço das mãos ¹. É assim que se formam, no sentido da largura das geleiras, as fendas que se chamam *transversaes*. Não é preciso, para que estas fendas se produzam, que o augmento da inclinação seja muito grande; uma variação de 5° basta para produzir estes effeitos.

Se as geleiras encontram o plano em que vêm descendo cortado verticalmente, vê-se bem que não deve formar-se simplesmente uma fenda. O gelo que vai chegando á beira do precipicio, actuado por tensões locaes dependentes das irregularidades

¹ Tyndall — *The glaciers of the Alps*, pag. 320; William Hüber — *Les Glaciers*, pag. 146.

do terreno e sollicitado pelo peso, cahe em pedaços na rampa inferior, onde, se esta é regular e pouco inclinada, depressa se une pela regelação. Chama-se estas quédas *cascatas de gelo*, e é nos lugares onde ellas existem que a superficie das geleiras é mais accidentada e revolta.

Mas não se reduzem sómente a variações de inclinação e a interrupções bruscas as irregularidades do leito das geleiras, capazes de produzirem aquellas modificações. Concebe-se bem como no fundo do valle, em que a geleira se move, póde haver elevações de tal maneira consideraveis e de tal dureza, que possam quebrar a superficie do gelo e produzir fendas. Este é um dos modos por que se formam as chamadas *fendas longitudinaes*, quando a aresta da elevação que as produziu corre, mais ou menos, ao longo da geleira no sentido do movimento.

Dizemos — um dos modos por que se formam as fendas longitudinaes — porque ainda outra origem podem ter as d'esta especie. Lembremo-nos d'aquella experiencia de Helmholtz, de que fallámos

quando tratámos da regelação (pag. 97), onde o gelo apertado dentro d'um cylindro era forçado a sahir pelo lado opposto áquelle em que se exercia a pressão, e sabia expandindo-se de tal fórma, que se fendia longitudinalmente no sentido do eixo do cylindro. É o que acontece com o gelo das geleiras quando, depois de apertado entre as paredes d'um valle estreito, sahe, impellido pelo proprio peso, para logares por onde livremente se espalha. Ás vezes tamanha é a pressão que sobre elle actua, e tão larga a bacia onde se dilata, que as fendas que se formam são muitas e apresentam o aspecto d'um leque, donde lhes vem o nome de *fendas em leque* ou *radiadas*. É isto o que se observa, por exemplo, na geleira do Rhodano.

Vimos que o movimento das geleiras obedece rigorosamente ás mesmas leis que o movimento d'uma corrente d'agua liquida; tanto basta para que saibamos que as tensões a que o gelo está sujeito em consequencia d'esse movimento não se exercem parallelamente ao sentido d'este. As partes

centraes movem-se mais rapidamente que os lateraes, e se considerarmos uma camada de gelo movendo-se d'este modo, veremos que as tensões se exercem normalmente a uma linha dirigida para o lado donde procede o movimento, com uma inclinação de 45° , pouco mais ou menos, sobre a margem. Foi o que W. Hopkins demonstrou, e o que se torna evidente quando representamos numa figura a camada progredindo segundo aquellas leis. Como o gelo se fende normalmente á linha segundo a qual se exerce a tensão, é claro que nestas circumstancias se abrirão fendas inclinadas sobre a margem para a parte superior das geleiras de, pouco mais ou menos, 45° . Estas são as *fendas lateraes*, que muitas vezes, unindo-se com as transversaes, formam uma só fenda curva com a convexidade voltada para a parte superior das geleiras.

Nos sitios onde a geleira descreve uma curva as fendas são, como ainda se deprehende das leis do movimento, em maior numero do lado da convexidade. Com effeito, quando isto se dá, a linha de

maior velocidade não coincide com o centro da geleira; aproxima-se da parte convexa, e por isso ali melhor se fazem sentir os efeitos da tensão.

Importa não confundir estas fendas com as *marginaes*. Estas ultimas são apenas uma solução de continuidade entre a geleira e o terreno da margem; são antes um muro de gelo do que uma fenda propriamente dita ¹. Estas soluções de continuidade são produzidas ou pelo calor do solo, que não deixa conservar-se solida a agua que está em contacto com elle, ou pela agua liquida, que, correndo das vertentes das montanhas, vem fundir o gelo ao pé das margens para penetrar no interior da geleira.

Os accidentes do terreno, posto que se reduzam em ultima analyse aos que apontámos, e que em theoria se possa conceber isoladamente a acção de cada um sobre a massa do gelo, variam, todavia, e succedem-se com a maxima irregularidade; e o que na realidade modifica a superficie das geleiras

¹ William Hüber — *Les Glaciers*, pag. 146.

é a acção de todos combinados uns com os outros e com as saliencias e reintrancias das margens. É por isto que, principalmente nos logares onde concorrem todas estas causas, a superficie das geleiras se apresenta fendida em todas as direcções possiveis, como se não tivesse havido na producção d'este phenomeno nem ordem nem leis de especie alguma.

As acções atmosphericas vêm depois, e pela sua parte não concorrem menos para accidentar e revolver a superficie das geleiras. Os pedaços do gelo, que destacam no meio do cruzamento das fendas, fundem-se uns mais, outros menos, e assim se deprimem uns, e outros ficam salientes, apresentando as figuras mais variadas e dando ao todo um aspecto extravagante e fantastico.

É curioso o modo de formação das fendas; e, effectivamente, como diz Tyndall, custa a acreditar na sua origem ao vel-as com a apparencia que têm de formidaveis abyssos. «É impossivel fugirmos a um certo pavor quando nos achamos numa geleira

no momento em que se abre uma fenda. O rio monstruoso, de repente começa a estalar e a mugir; detonações surdas, causadas por via* de rupturas bruscas, se ouvem de espaço a espaço na espessura da massa, em quanto que um longo ruído sibilante, egual ao que faz o diamante riscando o vidro, annuncia o augmento gradual da fenda. Todavia, quando se calam todas as vozes da geleira, de balde é que algumas vezes se procura signal da fenda, que é ainda extremamente estreita. A abertura alarga-se muito lentamente, e só depois de dias ou semanas se transforma num d'esses terriveis abysmos, que cortam a superficie da geleira '.

Não é só o peso do gelo o que faz com que a fenda depois de formada se vá abrindo pouco a pouco. A ablação fundindo-lhe os bordos, e as correntes de agua liquida corroendo-lhe as paredes, não contribuem menos para este effeito. Umas vezes a massa do gelo parte-se completamente, as fendas

¹ Elisée Réclus — *La Terre*. I. Les continents, pag. 231.

prolongam-se até ao leito da geleira, e a agua liquida que por ellas se introduz desaparece de todo, e só se ouveⁿ no fundo, que póde estar a 260 metros e mais ¹, um ruído surdo produzido pela corrente d'esta agua junta com a que vem d'outros logares. Outras vezes é incompleta a separação, e a agua que correu para a cavidade assim formada lá permanece durante mais ou menos tempo, e póde até, congelando-se, encobrir a fenda.

Algumas fendas fecham-se pela regelação quando a massa de gelo é de novo apertada. Outras são encobertas pela neve, que umas vezes se torna compacta e fórma as chamadas *pontés de neve*, e outras se conserva friavel e constitue um perigo gravissimo para os que se aventuram sobre ella, confiados na sua solidez ou ignorantes do abysmo que ella encobre. Finalmente outras conservam-se abertas, e vão-se deformando com as influencias atmo-

¹ Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude de glaciers*, tom. 5.º, première partie, pag. 422.

sphericas. Não é raro apparecerem nos bordos das fendas mais consideraveis, que são as das partes superiores das geleiras, verdadeiros stalactites de neve de 3, 6 e 9 metros de comprimento, cuja formação Tyndall explica pela recongelação á sombra da agua que se fundira sob a influencia directa dos raios solares ¹.

Vê-se bem a importancia que têm na economia das geleiras estas soluções de continuidade; é principalmente por ellas que se introduz na massa gelada a agua liquida, uma parte da qual é *absorvida* pelos veios capillares e serve para a alimentação, e outra vai engrossar a corrente que sahe pela parte terminal da geleira.

As fendas que descrevemos são as fendas typos, são as que todos os auctores descrevem quando tratam de expôr a theoria da sua formação. Mas, depois de tudo quanto acabámos de dizer, bem se vê

¹ Tyndall — *Les glaciers et les transformations de l'eau*, pag. 99.

como estas fendas typos se podem perder no labyrintho que todas formam, e como é possível que appareçam outras com inclinações diversas e fórmulas variadas. É por isso que geralmente não concordam os auctores nem emquanto ao numero das especies de fendas, nem emquanto ao nome que dão a cada uma d'essas especies. Agassiz, por exemplo, admite sete variedades de fendas. Outros admittem ainda mais; mas d'essas reduzem-se umas ás que já descrevemos, outras não são fendas propriamente ditas, embora d'ellas possam resultar, mas sim accidentes d'outra ordem, de que fallaremos noutra logar.

II

Estructura em laminas, em listas, ou em veios

Para melhor estudar o assumpto d'este paragrapho vamos, como noutra parte já fizemos, preparar-nos com a experiencia para mais claramente se comprehender o que observamos.

Quando uma bola de cêra se aperta entre duas placas de vidro molhadas, ao mesmo tempo que se achata, dispõe-se tambem em camadas normaes ao sentido da pressão, toma uma estructura em folhas, e, depois de resfriada pelo gelo, as camadas distinguem-se melhor e se transformam em verdadeiros planos de clivagem como os da ardosia.

Quando a ardosia se reduz a pó, e se molha e aperta, o que fica é uma ardosia tal como ella se encontra naturalmente nos seus jazigos. Aqui torna-se evidente que os planos de clivagem resultam da pressão e se dispõem perpendicularmente ao sentido em que esta se exerce, conclusão que já tinha por si um grande numero de probabilidades depois das observações e estudos de Sedgwick, Sharpe e Sorby.

Tyndall lembrou-se de que, sendo o gelo plastico sob a influencia da pressão, alguma cousa poderia apresentar analoga ao que se passa com aquellas substancias. Tomou um cylindro de gelo de duas pollegadas de altura e uma de diametro, e,

apertando gradualmente, viu apparecer linhas transversaes, que se pronunciavam melhor, e cujo numero augmentava ao passo que a pressão ia sendo mais forte. A observação attenta mostrou-lhe que estas linhas eram a indicação d'outros tantos planos transversaes, perpendiculares á direcção da força que apertava, onde o gelo se transformava em agua liquida e donde era expellido o ar. Para que não restasse a minima duvida a respeito do papel que a pressão representa na formação d'estes planos, repetiu a experiencia com um cylindro cortado obliquamente ao eixo. Aconteceu que as linhas, e por consequinte os planos, começaram a apparecer no lado mais alto do cylindro, só naquelle onde primeiro se fazia sentir o effeito da pressão, como devia acontecer sendo esta a causa do phenomeno.

Deu-se pois no gelo alguma cousa semelhante ao que se dá naquellas outras substancias plasticas: o effeito da pressão tambem se não manifesta uniformemente, mas segundo certos planos normaes ao sentido d'esta. Ouçamos Tyndall: « Em

primeiro logar a pressão actua sobre o gelo como sobre as rochas que apresentam a stratificação especial que se chama clivagem. Em segundo logar produz uma liquidifacção parcial do gelo: os espaços liquidos, assim formados, facilitam o desenvolvimento do ar para fóra da geleira; depois, quando a pressão deixa de actuar, a agua que se fórma regela e concorre para a formação dos veios azues ¹.» O gelo formado pela regelação d'esta agua deve estar, como se vê, quasi completamente expurgado de ar, e por isso deve apresentar um aspecto mais ou menos azulado. Já vimos noutra parte que o gelo d'onde se conseguia expulsar o ar, completamente ou quasi, era o gelo azul.

Tomemos pois nota d'este facto, que é o importante: — o gelo debaixo da influencia da pressão toma uma estructura em laminas como outras sub-

¹ Tyndall — *The glaciers of the Alps*; Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.^o, deuxième partie, pag. 61.

stancias plasticas, a sua massa apresenta-se atravessada por camadas distinctas, de côr azulada, normaes ao sentido da pressão.

Ora, porque o gelo está nas geleiras sujeito a muitas pressões em varios sentidos, devemos encontrar lá manifestações d'aquella estructura. Observa-se, com effeito, que o gelo das geleiras é, numas regiões mais e noutras menos, cortado por camadas de gelo mais duro, mais compacto e azulado. Quando estas camadas affloram ou são cortadas, natural ou artificialmente, no sentido transversal, apresentam no meio do gelo esbranquiçado, á superficie, ou nas paredes das fendas, o aspecto de faxas, listas ou veios azulados, com uma largura que póde variar entre um millimetro e dez ou doze centimetros ou ainda mais. Póde acontecer que certas impurezas se depositem nas camadas que affloram á superficie do gelo, e assim se formem as faxas de côr amarellada escura que cortam transversalmente as geleiras nalguns sitios e a que os inglezes chamam *dirt-bands*.

É a estas camadas que se chama estructura em

laminas (*structure laminaire*), estructura em faxas ou listas, (*structure rubanée*), e estructura em veios (*structure veinée*). Este phenomeno é importante por ter sido muito discutido e pela diversidade de opiniões que se têm expellido com o fim de o explicar.

Temos disposto as cousas de fórma que não precisamos demorar-nos na analyse e discussão de todas aquellas opiniões. Todas ellas, a theoria *por fendas* de Forbes, a theoria *por differença de velocidades*, que Whewell completou e desenvolveu, a theoria *por ondulações*, que é tambem de Forbes, e a que foi proposta pelos dois Weber, têm simplesmente valor historico, pois que é impossivel fazer prevalecer qualquer d'ellas depois que Tyndall propoz a sua theoria *por pressão*.

Ha no emtanto uma theoria, que de proposito não enumerámos, porque o muito que tem sido debatida e o estar ligada com um ponto importante da theoria das geleiras fazem-n'a merecedora de particular attenção.

Já vimos, quando tratámos dos nevados, como

era possível ahí distinguirem-se as camadas de gelo que resultavam da intermitencia das quédas de neve. Querem alguns que essas camadas se conservem distinctas em todas as regiões das geleiras, e que na estructura em laminas se revele a sua existencia e se torne clara a sua distincção. Assim as geleiras não teriam simplesmente uma apparencia de stratificadas, mas sel-o-iam realmente. O apparecimento das *dirt-bands*, a que já nos referimos, seria mais um facto para confirmar este modo de ver; estas não seriam senão os vestigios dos depositos de pó e de detritos que existem entre as camadas. E que tal seja, em grande numero de casos, a origem d'estas faxas escuras é que não nos parece ser ponto duvidoso depois das observações de Ch. Martins ¹.

Tal é a theoria da estructura em laminas *por stratificação*, que teve por ultimo propugnador John

¹ Ch. Martins — *Bulletin de la société géologique de France*, 3.º série, tom. 2.º; Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.º, troisième partie, pag. 318.

Ball, e que tem sido ponto de partida e incentivo para muitos estudos e discussões onde uns sustentam a possibilidade da stratificação em toda a geleira e outros a negam, ou, pelo menos, só a admittem como excepção.

O modo de ver dos ultimos é que nos parece mais razoavel. A stratificação póde dar-se, e dá-se effectivamente nos nevados, e até nas geleiras se póde conservar em quanto os accidentes de toda a ordem, cujo effeito já conhecemos, não revolvem o gelo de todos os modos possiveis, desviando as camadas da ordem por que vinham dispostas. Mas, depois que estes accidentes produziram o seu effeito, depois da geleira se ter quebrado em todos os sentidos, depois das *cascatas de gelo*, tambem nos parece impossivel conceber como se possa conservar a stratificação primitiva. E note-se agora que justamente na parte inferior das *cascatas*, quando a superficie da geleira se vai unindo, é que as faxas azues se apresentam mais distinctas; e, ainda mais: quando a verdadeirã stratificação é apparente, ob-

servou Tyndall ¹ que os veios azues cortam normalmente a direcção das camadas stratificadas.

Ha, no entretanto, um auctor que parece illudir esta difficuldade. Referimo-nos á opinião de Agassiz, segundo a qual as listas e veios azues (*bandes et veines bleues*) são cousa distincta das camadas (*couches*), que, afflorando, formam na superficie das geleiras as faxas de gelo azul mais largas. As primeiras são as que verdadeiramente constituem a estructura em faxas (*structure rubanée*), nada têm de commum com a stratificação, podem até cortar, e effectivamente cortam, os stratos em angulos de diversa grandeza; as segundas são as camadas stratificadas. Mas, note-se bem, esta stratificação póde não ser a primitiva ², póde ser uma stratificação ulterior. O gelo, depois de muito revolto, depois de se ter despenhado em cascata, póde

¹ Tyndall — *Les glaciers et les transformations de l'eau*, pag. 179.

² L. Agassiz — *Système glaciaire*, pag. 42.

dispôr-se novamente em camadas; e ahi está a razão por que as faxas azues, as camadas, apparecem mais distinctas justamente depois de o gelo ter soffrido maiores deslocações.

Eis como Agassiz illude a difficuldade. Mas bem se vê como ainda é difficil conceber esta stratificação ulterior; e, ainda quando se concebesse, ficava por explicar o facto de serem as camadas alternadamente azues e brancas. Julgamos pois que só excepcionalmente se pôde manifestar na geleira a stratificação que se pôde dar, e se dá, nos nevadós, e não acreditamos que a estructura em laminas possa indicar essa stratificação.

Só a theoria de Tyndall, já o dissemos, nos parece satisfactoria para explicar aquella estructura; é a unica que, por em quanto, tem por si maior numero de probabilidades, para não dizermos certeza. A experiencia deu-nos a previsão do facto, a observação confirma-o, e ainda faz mais, mostra-nos que a disposição dos veios, listas ou faxas é, como vamos ver, tal qual deve ser se tiver a pressão por causa.

Podem distinguir-se tres especies de estructura: a *estructura marginal*, a *transversal* e a *longitudinal*. Na primeira estão as listas nas partes lateraes da geleira inclinadas de 45° sobre a margem, para a parte inferior; na segunda atravessam a geleira formando uma curva com a convexidade voltada para a parte da descida; e na ultima correm ao longo da geleira numa direcção sensivelmente parallela ao eixo.

Dos trabalhos de Hopkins, a que já nos referimos quando tratámos das fendas, conclue-se que numa geleira, que se move num leito regular, as linhas de maior tensão são normaes ás de maior pressão, e umas e outras inclinadas sobre as margens de 45° proximamente, as segundas, como já vimos, para a parte superior, e as primeiras para a parte inferior. Tyndall representa isto numa figura, em que se dispõe tres circulos collocados em linha recta, suppondo-se dispostos transversalmente á geleira. Porque o movimento se dá segundo as leis que já conhecemos, o circulo do meio adiantar-se-á

sem se deformar, os outros dois irão ficando para traz e transformando-se em ellipses, onde o eixo maior representa a linha de tensão, e o menor a linha de pressão: normalmente á primeira linha sabemos já que se formam as fendas, normalmente á segunda ha de o gelo tomar a estructura em laminas. Tal é a origem da estructura marginal.

Quando á mudança brusca de inclinação do leito das geleiras succedem rampas de mais suave declive, acontece que o gelo que sobre estás assenta, oppondo resistencia á progressão d'aquelle que se amontôa na parte superior, supporta uma pressão normalmente a uma linha recta transversal á geleira. Em consequencia do movimento esta linha recta vai-se transformando numa curva com a convexidade voltada para a parte inferior, visto que as partes centraes andam mais depressa do que as lateraes. Explica-se d'este modo a estructura transversal.

Resta-nos a estructura longitudinal. Esta encontra-se nas grandes geleiras que têm confluentes, e

explica-se pelo facto da confluencia. Quando a geleira tributaria se junta com a principal ou *tronco*, a estructura d'uma das margens d'aquella passa para o centro d'esta, e ao mesmo tempo dispõem-se longitudinalmente, porque o gelo é ahi apertado, mais ou menos, normalmente ao eixo.

Acontece com a estructura o mesmo que vimos acontecer com as fendas. Porque o leito e as margens das geleiras apresentam irregularidades de toda a ordem, é tambem o gelo irregularmente apertado em muitas direcções diversas. As laminas azues podem pois dispôr-se em differentes sentidos, podem ter varias dimensões, prolongando-se mais ou menos na geleira e apresentando veios, listas ou faxas, que de todos os modos possiveis se combinam e se complicam umas com as outras. A pezar de tudo é sempre possivel, na maioria dos casos e depois d'um estudo attento, determinar a natureza primitiva d'uma dada estructura ¹.

¹ William Hüber — *Les Glaciers*, pag. 193.

III

Outros accidentes das geleiras

Chegados a esta altura, sabemos já tudo quanto é necessario para podermos fazer idéa do modo como se produzem á superficie e no interior das geleiras certos accidentes notaveis, aos quaes vamos consagrar um paragrapho especial. Procedemos assim não pela importancia que taes accidentes tenham na theoria geral das geleiras, essa póde dizer-se nulla; mas porque, pelo seu estudo e pela sua descripção, melhor fixamos as idéas ácerca de alguns phenomenos importantes, e mais claro e completo é o conhecimento com que ficamos do facto geologico de que nos vamos occupando. Não ha, de resto, auctor algum, que, estudando as geleiras, deixe de se referir a elles, de os descrever e de os explicar.

As modificações no interior e á superficie das geleiras, de que tratamos agora, são principalmente originadas pela agua liquida, já pela que provém da chuva, já, e muito mais, pela que resulta da ablação. Vimos, com effeito, quando estudámos a acção d'este ultimo agente, como elle póde influir sobre a fórma da superficie das geleiras, e como a agua liquida que provém da fusão corre por estas superficies em veios delgados ou em grossos regatos.

Estas correntes d'agua cavam no gelo o seu leito, que póde ser um pequeno sulco ou um verdadeiro valle de erosão, segundo a massa das aguas, que varía, como já sabemos, com as differentes estações do anno e com as differentes horas do dia. Os pequenos regatos e as grandes correntes póde dizer-se que desaparecem de todo durante o inverno, e diminuem consideravelmente de volume durante as horas mais frias do dia, podendo as segundas transformar-se em veios delgados e os primeiros deixar de existir. Os leitos abandonados pelas correntes d'agua mais consideraveis formam as chamadas

ravinas das geleiras; e as neves que durante a estação nevosa podem encher os sulcos ou regos de menores dimensões, formam as suturas *de gelo branco* (white-ice-seams), de que já fallámos noutro lugar.

Sabemos já que as superficies das geleiras raras vezes são lisas e unidas em grandes extensões; as fendas que as atravessam em muitos sentidos, e os materiaes e corpos estranhos que por ellas se espalham, e ainda certas saliencias das margens, são outros tantos obstaculos que impedem a livre circulação da agua liquida.

Os ultimos, os accidentes do terreno e os corpos estranhos, podem, estorvando a passagem da agua, fazer com que ella se junte em certos sitios, formando no meio do gelo, ou entre o gelo e as margens das geleiras, verdadeiros lagos de dimensões consideraveis. O lago Mergelen da geleira do Aletsch é um bom exemplo dos lagos d'esta ordem; está collocado a 2350 metros de altitude; quando está cheio tem 1500 metros de comprido e 330 de largo, e a profundidade media é de 7 a 8 metros, o

que faz com que o volume da agua por elle contido seja de 3.700.000 metros cubicos ¹. Dollfus-Ausset conta d'outro, que observou na geleira do Thierberg com pouco mais ou menos 200 metros de comprimento por 200 de largura e 65 de profundidade, e julga que este é o mesmo que já Agassiz tinha visto em 1842, 150 metros mais acima. Sendo assim, é certo que o lago acompanhou o movimento da geleira andando, termo medio, 7^m,50 por anno ². É muito frequente a formação de lagos de duração e dimensões variaveis, formados pela agua que se junta nas ravinas ou nas depressões de toda a ordem que a superficie das geleiras naturalmente apresenta.

Mas é nas fendas que a acção da agua corrente produz os mais variados effeitos. É por estas, como já vimos, que entra para o interior da geleira a

¹ Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 5.º, première partie, pag. 458.

² *Ibidem*, pag. 460.

agua que circula á superficie; e, quando entra em massa consideravel, a sua quéda dentro da fenda é acompanhada por um ruído semelhante ao que fazem os moinhos hydraulicos. Assim se produz o phenomeno que tem o nome de *moinhos das geleiras*.

Ao mesmo tempo que vai cahindo dentro da fenda, a agua vai, em virtude da sua temperatura, abrindo uma gotteira semi-circular no bordo por onde cahe, e corroendo tambem o bordo opposto, porque sempre a este vão dar algumas gottas quando a distancia das paredes o permite. Quando depois as circumstancias que já conhecemos fazem com que as fendas se fechem, ficam cavidades mais ou menos cylindricas, que se ramificam no interior da geleira. Estas cavidades cylindricas são os *poços*, e apresentam, assim como os *moinhos*, uma particularidade notavel: parece que não acompanham o movimento do gelo; dir-se-ia que occupam sempre o mesmo logar á superficie da geleira.

É facil de explicar esta anomalia aparente. A fenda, onde se fórma o *moinho* e donde deriva o

poço, move-se realmente com todo o gelo; mas, ao passo que muda de logar e se vai fechando, outra nova se vai abrindo no logar que ella primitivamente occupava. Por esta ultima cabe a agua que alimentava o primeiro *moinho* e formava o primeiro *poço*, e assim se fórma nas mesmas circumstancias novo *moinho* e novo *poço*, os quaes facilmente se tomam pelos primeiros, que já a este tempo podem ter desaparecido, obstruidos pelos materiaes que a agua acarretara, ou pelo gelo em que no inverno se transformou a agua liquida que se tinha juntado por se ter, por qualquer motivo, tapado a communição com o interior da geleira.

O caso de não haver communição com o interior da geleira dá-se muitas vezes nas fendas de menores dimensões ou em depressões d'outra ordem que possa haver. Acontece então que a agua, permanecendo liquida durante algum tempo dentro d'essas cavidades, vai-lhes gastando os bordos, tirando-lhes a fórma primitiva e dando-lhes outra sensivelmente elliptica. O que fica tem o nome de *baignoir*.

Póde ainda esta agua congelar-se dentro das cavidades, e ahi temos como o gelo d'agua póde apparecer no meio do gelo de geleira, e como esta congelação se póde fazer por zonas ou camadas enrugadas, ao que fica chama-se *estrellas* ou *rosas de geleira*.

O effeito da agua que provém da ablação não se faz sentir só no gelo superficial; tambem se manifesta no gelo das partes interiores, através do qual vai abrindo caminho a agua que ordinariamente sahe em corrente pela parte terminal da geleira. Assim se formam canaes interiores de dimensões consideraveis, os quaes muitas vezes ficam seccos por ter a agua mudado de caminho em virtude de circumstancias faceis de apreciar. Tal é a origem das *cavernas subglaciaes*, aonde é possivel muitas vezes penetrar, e das quaes Dollfus-Ausset conta maravilhas ¹.

Finalmente, a ultima acção das aguas sobre os

¹ Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 5.º, première partie, pag. 449.

gelos das geleiras é a abertura da caverna ou gruta por onde sahem. E porque a quantidade d'estas aguas e o caminho que ellas seguem podem variar constantemente, nada ha tambem mais variavel do que estas grutas: mudam com facilidade extrema de aspecto, de dimensões e de logar; é raro ver-se num anno a mesma que se viu no anno anterior, e podem até deixar de existir, correndo então a agua em veios delgados por pequenas excavações, como acontece, em regra geral, nas geleiras muito apertadas na extremidade e nas pequenas de rampa muito inclinada.

Muitos auctores têm descripto estas cavernas, e concordam todos em que é magnifico o effeito que apresentam; mas raras vezes podem uns verificar a descripção dos outros.

Não queremos deixar de fallar neste paragrapho dos *tubos de orgão* e *cavidades meridianas*. Estes accidentes não são produzidos pela agua, mas sim originados pelos corpos estranhos que se encontram á superficie do gelo. Pequenos fragmentos de rocha

de côr escura, e por conseguinte de grande poder absorvente para o calor, podem adquirir temperatura sufficiente para fundirem o gelo sobre que assentam, e ir assim abrindo um pequeno orificio por onde se sumam. Estes orificios são os *tubos de orgão*.

Quando monticulos de fragmentos de rocha estão sobre a superficie da geleira num logar onde actua directamente os raios do Sol, acontece (nas nossas latitudes) que a parte virada ao sul é mais aquecida do que a virada ao norte. O gelo que está por baixo d'estes monticulos funde por isso mais do lado do sul do que do lado do norte, e a cavidade formada é semi-circular e tem a corda voltada para o norte e o arco para o sul. São as *cavidades meridianas*.

Este effeito da posição do Sol faz-se sentir no modo por que a ablação se dá nalgumas ondulações das geleiras: esta ablação é sempre mais intensa (no nosso hemispherio) nas partes viradas ao sul do que nas viradas ao norte. Effectivamente já sabemos como os effeitos da ablação variam com a

orientação da parte que funde e com a presença dos corpos estranhos.

Esses de que fallámos não são todos os accidentes das geleiras, mas os mais importantes e os que, mais ou menos, se apresentam em todas as geleiras. Vê-se bem que era impossivel tratar aqui de todos os accidentes d'esta ordem, e nem d'ahi provinha, como já dissemos, utilidade alguma para o estudo da theoria geral das geleiras.

CAPITULO VII

Acção das geleiras sobre o seu leito — Transportes pelas
geleiras — Depositos glaciaes.

I

Acção das geleiras sobre o seu leito

As geleiras têm com os rios grande analogia; assim como estes movem-se no seu leito e são também um dos élos da cadeia em que se succedem os modos diversos por que se faz a circulação contínua das aguas. Mas a analogia não pára aqui; assim como os rios marcam a sua passagem sobre os terrenos de fórma que deixam prova evidente da sua existencia, também as geleiras escrevem no seu leito a propria historia, e nos logares onde chega a sua acção imprimem vestigio indelevel da sua passagem.

É esta acção das geleiras sobre o solo que vamos agora estudar, e não é preciso dizer mais nada para indicar a grande importancia do capitulo em que entramos. Bem se vê de que valor serão, para o estudo do problema geologico do periodo glacial os dados que vamos apurar. O conhecimento da acção dos gelos sobre o terreno não é só importantissimo, é absolutamente indispensavel para se poderem dar os primeiros passos no estudo complicado e difficil d'este problema geologico.

Principiando pela acção das geleiras sobre o seu leito, precisamos primeiro assentar num ponto, o qual, por muito tempo controverso e debatido, está felizmente hoje averiguado e fóra de todas as discussões.

Queremos fallar do modo por que o gelo assenta sobre o leito das geleiras. Uns dizem que elle adhere fortemente ao terreno e que a temperatura d'este não permite que se solte e escorregue; outros sustentam o contrario. Não têm faltado considerações theoricas, que parecem dar razão a uns

e outros, e Charpentier, partidario declarado do primeiro modo de ver, junta ao raciocinio alguns factos por elle observados, nos quaes é evidente a adherencia do gelo á rocha ¹.

É Dollfus-Ausset, o infatigavel e consciencioso explorador dos Alpes, quem, a nosso ver, põe termo ás discussões e diz a este respeito a ultima palavra. Diz este excellente observador que nos Alpes as geleiras adherem mais ou menos fortemente ao solo de 2600 metros para cima, e que d'ahi para baixo não ha adherencia nenhuma; e affirma repetidas vezes, e de maneira que é impossivel a duvida, que esta conclusão resulta de observações muito numerosas e muito positivas ².

Esta é a regra geral; concebe-se bem, no entre-

¹ De Charpentier — *Essais sur les Glaciers* — Lausanne, 1841; William Hüber — *Les Glaciers*, pag. 78 e seguintes.

² Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.º, troisième partie, pagg. 11, 230, 231, 315, 407, 418, 420, 488.....; tom. 5.º, première partie, pagg. 63, 69, 183.....

tanto, que num ou noutro caso se possa apresentar uma excepção; e assim é que, dando inteiro credito, como não podemos deixar de dar, ás observações de Dollfus-Ausset, não deixamos comtudo de ter por verdadeiros os factos apontados por de Charpentier, a que mais acima nos referimos.

Posto isto, lembremo-nos de que rigorosamente as geleiras se podem considerar não como um rio mas como dois, um de agua solida e outro de agua liquida, correndo ao mesmo tempo e no mesmo leito. Sendo assim, o que nos parece mais methodico para o estudo que vamos fazer é distinguir a acção da agua da acção do gelo, e tratar separadamente d'uma e d'outra. Tratar aqui da acção da agua liquida parece á primeira vista ocioso por ser muito conhecido e estar muito bem averiguado o effeito geologico da agua corrente sobre o solo; veremos, todavia, que nas geleiras este effeito se produz d'um modo particular e que importa conhecer. D'elle trataremos em segundo lugar; agora vamos ver quaes os effeitos do gelo.

É bem conhecida a força expansiva da agua que se solidifica; sabe-se como ella é capaz de desagregar as rochas insinuando-se-lhes pelas fendas, e de reduzir a pequenos fragmentos grandes pedaços de rochedo.

Nos sitios elevados, onde abunda a agua solida, ha de pois fazer-se sentir esta acção nas saliencias dos flancos, e em toda a parte onde pela sua posição, ou por qualquer outra circumstancia, os terrenos estiverem mais expostos a soffrer a acção d'este agente verdadeiramente destruidor, ao qual se junta a acção dos outros agentes atmosphericos, cujo poder de destruição não é menor. Depois as vastas agglomerações de gelo que constituem as geleiras, assentando com o seu enorme peso nos valles e nos desfiladeiros irregularmente accidentados, progredindo, como já vimos, e expandindo-se em todos os sentidos, hão de ir desagregando as rochas, fracturando-as e levando tudo de envolta comsigo no seu movimento vagoroso, mas irresistivel e continuo.

São de desigual dureza os materiaes que assim vão sendo arrastados envolvidos no gelo, e por isso, em virtude das grandes pressões a que estão sujeitos, uns pulverisam-se mais completamente, outros menos, e ainda outros, os mais duros, podem conservar-se inteiros, solidamente presos na massa do gelo, com as suas arestas e angulos mais ou menos afiadas e aguçados. Assim é que, no maior numero de casos, o gelo das geleiras não está verdadeiramente em contacto immediato com o fundo e com as paredes do leito em que se desloca; está separado d'este por uma camada de areias, mais ou menos grosseiras, e por uma especie de lama, que resulta do pó, a que as rochas se reduziram, humedecido pela agua liquida, que nunca falta de todo no interior das geleiras. O aspecto d'este lódo e a sua natureza dependem das diversas especies das rochas trituradas: umas vezes é manifesta a apparencia de lama propriamente dita, outras é-o menos, a côr é esbranquiçada, amarellada ou parda; a incoherencia e a aspereza não variam menos.

O enorme attrito, que o peso do gelo produz entre este lódo e algumas partes do leito das geleiras, vai desgastando as asperezas das rochas, polindo estas e arredondando-as, e tudo isto mais ou menos, conforme a maior ou menor dureza das partes do terreno que soffrem a acção d'este verdadeiro esmeril. Rochas ha, que, não sustentando o peso do gelo, se desaggregam e apparecem reduzidas a pó, e outras de tal dureza, que resistem sempre e por fim de tempos apparecem polidas e arredondadas, sobresahindo á superficie das geleiras, ou nos leitos que estas abandonaram, com o aspecto notavel que as fez designar em francez com o nome de *roches moutonnées*.

No estado de areias, de grãos mais ou menos grossos, e ás vezes com a fórma de calhãos com angulos e arestas vivas, podem, já o dissemos, ser os materiaes arrastados pelo gelo; neste caso a sua acção sobre as rochas reduz-se a riscal-as. As rochas, que soffreram o attrito dos materiaes neste estado, ficam com a superficie cheia de riscas, de

estrias ou de sulcos. As riscas e estrias são abertas pelos grãos das areias, os sulcos são cavados pelòs angulos e pelas arestas dos calhãos mais duros; e riscas, estrias e sulcos são, como é bem de ver, mais ou menos profundos, e conservam-se durante mais ou menos tempo conforme a natureza mineralogica da rocha riscada.

«Ainda que a superficie de todas as rochas se degrada e decompõe debaixo da influencia do ar, algumas ha que conservam quasi indefinidamente o polimento e as riscas, e, por pouco que estejam protegidas por uma camada de terra ou de *gazon*, estes signaes de attrito parecem susceptiveis de duração eterna. Tem-se observado rochas assim nos Alpes, a grandes distancias horisontaes e a grandes alturas acima das geleiras actuaes ¹.»

¹ Lyell — *Éléments de Géologie au changements anciens de la terre et de ses habitants tels qu'ils sont représentés par les monuments géologiques* — trad. de Ginestou, sixième édition — Paris, pag. 226.

Ora, se o movimento das geleiras se reduzisse á progressão, se os gelos se deslocassem sómente das partes superiores para as inferiores, escorregando sobre um leito que não apresentasse obstaculos, as areias e os calhãos riscariam as rochas lateraes, as das paredes do leito, sempre no mesmo sentido, pouco mais ou menos parallelamente á superficie da geleira. Não é, todavia, isto o que acontece. Ha obstaculos que podem fazer subir os gelos; quando são apertadas nos valles estreitos, as geleiras augmentam de espessura, os gelos deslocam-se de baixo para cima, do fundo para a superficie; quando se expandem nos logares mais largos, acontece o contrario; finalmente, muitos movimentos parciaes, resultando de causas diversas, podem fazer com que as rochas sejam riscadas em sentidos muito differentes, e as riscas e sulcos façam, por isso, entre si angulos de diversa grandeza.

Tal é a acção característica do gelo sobre o leito das geleiras. O gelo é o unico agente que, por meio d'aquelle pó e d'aquelles fragmentos duros, póde

assim desgastar as asperezas das rochas, polil-as, arredondal-as e riscal-as. Que a isto se reduz a erosão pelas geleiras é no que estão hoje de accordo os melhores observadores. Como se vê, é uma erosão *sui generis* e que muito bem se distingue da erosão pela agua liquida: a primeira produz rochas convexas ou *moutonnées*; a segunda produz concavidades ¹.

As geleiras são impotentes para excavar profundamente o solo e produzir, como as aguas liquidas, as grandes bacias e os grandes valles. «Ellas (as geleiras em actividade nos Alpes) dizem: nós somos muito mais pacificas.—Arredondamos, desgastamos, polimos, estriamos e riscamos parcialmente as rochas que nos formam o leito, até na base, mas não escavamos o solo senão parcialmente, e jámais a grandes profundidades. Não só-

¹ Studer — *Origine des lacs suisses* — *Arch. des sciences nat. de Genève*, fevrier, 1864; Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.^o, deuxième partie, pag. 251.

mente não excavamos, mas geralmente respeitamos as *moraines* profundas, passando-lhes por cima como um rolo ¹.

Convém não perder de vista este ponto, que é de grande importancia para a solução d'um problema complicadissimo, e ácerca do qual as opiniões, ha muito tempo encontradas e divergentes, não parecem ainda caminhar por um accordo. Referimo-nos ao famoso problema da origem e formação dos lagos, problema cujas soluções póde dizer-se que têm sido tantas quantas as escholas geologicas que se têm succedido, e que ainda hoje disputam umas ás outras o terreno. Basta dizer que nestas discussões figuram nomes tão notaveis como os de Buffon, Playfair, Werner, de Buch, Hoffmann, Ball, Desor, Mortillet, Ramsay, Tyndall e Lyell.

Para nos conservarmos dentro dos limites d'este estudo não devemos dizer mais nada a este respeito.

¹ Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.º, troisième partie, pag. 488.

Passamos já á acção exercida pela parte liquida das geleiras.

A agua liquida já sabemos que póde precipitar-se em correntes pelas cavidades abertas nas geleiras. Esta agua, batendo no fundo ou nas paredes do leito, é capaz de apagar o polimento das rochas e de destruir as riscas e as estrias, substituindo estes signaes da passagem do gelo pelos que são proprios da sua passagem.

Batendo no fundo do leito ou, de qualquer maneira, cahindo de alto sobre as rochas, esta agua, carregada de arcias e de cascalho, abre no terreno cavidades circulares, *marmitas*, cuja presença no meio dos signaes da erosão glacial constitue uma anomalia, que seria difficil ou até impossivel explicar se não attendessemos á acção d'este agente ¹.

Quando a agua é impellida contra as paredes do

¹ Studer — *Origine des lacs suisses*; Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.º, deuxième partie, pag. 251.

leito, ou quando corre sobre o fundo, cava nas rochas sulcos de maior ou menor profundidade, que perfeitamente se distinguem dos riscos e das estrias que o gelo abriu. Quando o leito é calcareo e susceptível de ser atacado pelas aguas, não só mechanicamente, mas ainda por via de dissolução, os sulcos, que na Suissa allemã se chamam *karrenfelder*, podem chegar, segundo de Charpentier, a ter 3, 5 e 7 metros de profundidade e até um metro de largura. É opinião do mesmo auctor que estes sulcos se devem antes attribuir a uma acção dissolvente da agua do que a uma acção mechanica, por quanto nunca os encontrou nos granitos, nos schistos quartzosos, micaceos ou talcosos, nem nos calcareos misturados com areia ou com argila ¹.

O que é certo é que esta acção da agua é uma

¹ De Charpentier — *Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône* — Lausanne, 1844; Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 5.º, première partie, pag. 91.

acção especial, não só porque se faz sentir entre os efeitos produzidos pelo gelo, mas ainda porque para que ella se produza é necessario que a agua actue sempre na mesma direcção, seguindo o caminho que os gelos a obrigam a tomar.

II

Transportes pelas geleiras

Se juntarmos á acção destruidora do gelo, a que nos referimos no paragrapho precedente, a acção destruidora dos outros agentes atmosphericos, não nos admiraremos de que os cumes das mais elevadas montanhas apresentem todos o aspecto de gigantescas ruinas. A acção d'aquelles agentes é, com effeito, a que basta para desgastar e pulverisar as rochas, para as fender, para as quebrar e para as arrancar da base precipitando-as das alturas.

Estes fragmentos de rocha assim desaggregados

vão parar á superficie das geleiras, e, em virtude do movimento progressivo que sempre anima estas, vão sendo levados de valle em valle até muitos e muitos kilometros de distancia dos sitios em que foram separados das rochas de que faziam parte. É assim que as geleiras são um agente de transporte de materiaes de todos os volumes desde o do pó fino até ao de muitos metros cubicos. Cita-se um fragmento de serpentina existente no valle de Saas, transportado ha quasi 100 annos pela geleira de Matmark ou de Schwarzberg, que tem 8360 metros cubicos de volume ¹.

Parte d'estes materiaes fica á superficie das geleiras e sobre ella vai sendo levada; outra parte penetra por modos diversos no interior do gelo. Umas vezes é pelas fendas que os fragmentos de rocha se somem na parte interna da geleira, ou-

¹ De Charpentier — *Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône*; Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 3.^o, pag. 10.

tras vezes, em virtude do calor que absorvem, vão fundindo o gelo sobre que assentam e desaparecendo da superficie; e acontece ainda em muitos casos que, augmentando as geleiras de volume, podem os materiaes que estavam descobertos ficar sepultados debaixo d'uma camada de gelo mais ou menos espessa.

Os materiaes que ficam á superficie das geleiras, e que sobre ella são transportados, estão nas melhores circumstancias para conservarem a sua integridade, e não é por isso raro encontrar, muito distantes das rochas de que faziam parte, fragmentos de grande volume com os angulos e as arestas em tão bom estado de conservação como se nesse mesmo sitio e nessa occasião tivessem sido arrancados do seu jazigo natural. Todos os materiaes transportados á superficie das geleiras se apresentariam neste estado, se alguns se não deteriorassem na quéda que dão quando se despenham das alturas e vêm de precipicio em precipicio até á geleira, e se outros de menores dimensões não fossem apanhados

pela agua liquida que corre á superficie do gelo e por esta arrastados e *rolados*.

Não acontece outro tanto com os materiaes que penetram no interior da geleira. Estes, como já vimos no paragrapho precedente, é certo que podem conservar a sua integridade, mas geralmente são mais ou menos triturados conforme a sua natureza. Os menos duros reduzem-se a pó ou a areia, e os mais duros ficam no estado de calhãos mais ou menos grossos, e ao mesmo tempo que riscam as rochas são por ella tambem riscados. A agua liquida humedece o pó e transforma-o em lama, leva comsigo em suspensão uma parte d'elle, e por isso sahe turva da geleira; arrasta tambem os calhãos que vai arredondando, e é assim que estes podem perder, no todo ou em parte, os signaes de terem sido transportados pelo gelo, as riscas e as estrias.

Todos estes materiaes são transportados pelo gelo com certa ordem, de maneira que até é possivel fazer uma classificação d'estes modos de transporte. Um grupo qualquer de fragmentos de rocha levado

pelo gelo chama-se *moraine* na Suissa franceza, e *gandeck* na Suissa allemã. Servir-nos-emos aqui do nome francez, porque não ha com certeza na nossa lingua palavra que lhe corresponda.

Do que temos dito depreheende-se já que é possível dividir as *moraines* em dois grandes grupos; num ficam os materiaes que são levados á superficie das geleiras, e noutro os que são transportados no interior da sua massa. É assim que se distinguem as *moraines superficiaes* e as *moraines profundas*.

Tomam differente nome as *moraines superficiaes* segundo o modo por que á superficie do gelo se dispõem os objectos transportados. Distinguem-se muito bem umas das outras as *moraines* que se chamam *lateraes*, *medias* e *terminaes*.

Quando dos terrenos que marginam as geleiras se destacam fragmentos, estes vêm cair sobre ellas num sitio proximo da margem; e, como o gelo se vai deslocando, vai andando defronte do terreno que se está esboroando e fazendo pedaços, os fra-

gmentos vão-se dispondo em fileira aos lados da geleira. Assim se formam as *moraines lateraes*.

O volume e a natureza mineralogica d'estas *moraines* variam com a natureza do terreno por onde a geleira vem descendo; e muitas vezes acontece que as duas *moraines lateraes* differem uma da outra, já quanto á abundancia e volume dos materiaes, já quanto á qualidade d'elles. Assim na geleira do Miage, por exemplo, a *moraine* do lado direito compõe-se de materiaes mais abundantes e de maior volume do que a do lado esquerdo, porque o terreno á custa do qual se fórma a primeira é composto de schistos crystallinos e rochas que facilmente se desaggregam; e o que dá logar á segunda é constituido por protoginia compacta, que difficilmente se fragmenta e cede á acção destruidora do gelo ¹. Póde dizer-se o mesmo a respeito de todas as outras especies de *moraines*. Todas são

¹ Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 5.º, première partie, pag. 411.

um excellento meio para conhecer a natureza das rochas que constituem o leito das geleiras.

Para fazermos idéa do modo de formação das *moraines medias* basta lembrar-nos do que dissemos noutra parte a respeito da origem da *estructura longitudinal*. Aqui é perfeitamente a mesma cousa: quando duas geleiras se juntam numa só, para o meio da geleira unica que se fórma passam duas partes lateraes das geleiras componentes e com ellas as *moraines* respectivas; de sorte que duas geleiras confluindo dão logar a uma *moraine media*, tres dão logar a duas, quatro a tres, e, em geral, n a $n-1$. É assim muitas vezes possível saber-se pela observação das *moraines medias* o numero de confluentes que uma geleira tem, e póde ainda acontecer que seja possível distinguir os materiaes que eram transportados por uma geleira confluyente dos que o eram por outra.

É, segundo Dollfus-Ausset, um bello exemplo de *moraine media* a da geleira inferior do Aar; conserva a sua fórma num comprimento de 4400

metros e a sua maior largura antes de se espalhar sobre a geleira é de 250 metros, ou, ao menos, assim era em 1862 ¹.

Ainda esta mesma geleira do Aar nos apresenta um exemplo de *moraine terminal*. Esta especie de *moraine* é constituída pelos materiaes que, na parte terminal da geleira, *ainda* estão envolvidos no gelo. Muitos auctores dizem — *moraine terminal* ou *frontal* — e applicam indistinctamente este nome a todos os materiaes que estão na parte terminal da geleira, quer envolvidos no gelo, quer depositados no solo. Dollfus-Ausset distingue entre uma e outra d'estas expressões; reserva o nome de *moraine frontal* para os materiaes já depositados. Esta distincção parece-nos bem feita e muito conveniente para facilitar este estudo; uma cousa são os transportes e outra os depositos; os primeiros dão a razão da natureza dos segundos, mas não devem

¹ Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 5.º, première partie, pag. 396.

confundir-se com estes, embora esteja consagrada pelo uso a mesma palavra — *moraine* — para designar uns e outros.

Se não fossem os accidentes de toda a ordem que abundam na superficie das geleiras, a agua liquida que nella corre e os variados effeitos da ablação, determinados pela presença dos corpos estranhos, as especies de *moraines superficiaes* seriam só as que apresentámos. Todas estas causas, no entanto, fazem sentir a sua acção, e o resultado é que os materiaes podem espalhar-se pela superficie das geleiras, ficando alguns de maior volume isolados, sendo outros de volume menor arrastados pelas correntes de agua liquida, e dispondo-se, enfim, muitos de muitos modos diversos.

Entre estes modos de dispersão alguns ha que dão resultados muito curiosos, merecedores de alguma attenção, e aos quaes se referem todos os auctores. D'esses fallaremos, e deixaremos outros modos de transporte superficial, que ou se reduzem a algumas das tres especies de *moraines* a que já

nos referimos, ou de alguma das tres derivam immediatamente.

Nalgumas cavidades que se encontram na superficie das geleiras, umas vezes cheias de agua e outras seccas, vão cahindo fragmentos de rocha a ponto de as encher completamente. Depois, em virtude da progressão da geleira e do abaixamento da superficie, devido á ablação, os materiaes vão apparecer mais abaixo accumulados, sobresahindo com uma fórma pyramidal. Foi Dollfus-Ausset quem primeiro notou na geleira inferior do Aar estas pyramides, e quem primeiro explicou o seu modo de formação; chamou-lhes *blocs accumulés* ¹.

Encontram-se tambem á superficie das geleiras monticulos de gelo cobertos d'uma camada mais ou menos espessa de areia grosseira ou de cascalho, que podem chegar até 10 metros de altura, como um que Dollfus-Ausset observou em 1862

¹ Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 5.º, première partie, pag. 403.

na geleira do Aar. São estes os *cones arenosos* ou de *cascalho*. A agua liquida que corre sobre o gelo muda frequentemente de leito, e as areias e cascalho que transportava preservam da ablação os sitios da geleira onde ficam depositados; estes vão-se pois destacando, com a fórma d'um cone, da superficie da geleira, que vai abatendo pela fusão. Tal é o modo mais usual de formação dos *cones arenosos*; mas póde dar logar a elles qualquer causa que faça com que um sitio da geleira isolado se cubra de areias ou de cascalho.

Para concluir o que temos que dizer a respeito das *moraines superficiaes* falta-nos fallar das *mesas de geleira*. São estas um phenomeno analogo ao dos *cones*, e é ainda, como já dissemos noutra parte, a ablação a sua causa immediata.

Quando um fragmento de rocha, achatado e de volume consideravel, assenta sobre o gelo, a parte coberta vai ficando superior á superficie circumvizinha e, a pouco e pouco, vai-se transformando num pedestal que sustenta a rocha a um metro e mais

de altura. Depois, continuando a actuar o calor do Sol, o pedestal vai-se adelgaçando, e a rocha inclinando até cair noutro sitio, onde da mesma fórma se póde levantar de novo (*tabler*). O pedestal desgasta-se, e, por conseguinte, a rocha inclina-se e cabe sempre para o lado aonde os raios solares actuam com maior intensidade; nas nossas latitudes, pois, a inclinação e a queda são para o lado do sul.

Esta ultima circumstancia faz com que as *mesas de geleira* sejam notaveis não só pela fórma que apresentam, mas ainda pela autonomia do seu movimento, permitta-se-nos que digamos assim. Como todos os materiaes, estes que formam *mesa (tablent)* vão sendo levados pelo gelo para a parte terminal da geleira; mas, como vão cabindo sempre para o mesmo lado, e ás vezes percorrem na queda distancias consideraveis, 10 metros e mais, o seu movimento póde ser menos vagaroso do que o da geleira, ou mais vagaroso, ou fazer-se de margem para margem, no sentido transversal. Se a geleira

corre de norte a sul, dá-se o primeiro caso, o movimento é menos vagaroso; se de sul a norte, é o contrario; se de leste a oeste, o movimento tende a fazer-se para a margem esquerda; se de oeste a leste, para a margem direita. É isto o que faz com que estes fragmentos de rocha appareçam ás vezes em logares onde a sua presença não se explicaria facilmente; razão por que Dollfus-Ausset chama aos que se acham nestas circumstancias *pedras sporadicas*.

A respeito das *moraines profundas* já dissemos o sufficiente; só diremos agora que alguns auctores distinguem entre *moraines profundas* e *moraines interiores*. Formam-se as primeiras quando a geleira, crescendo, sepulta materiaes que estavam descobertos; formam-se as segundas quando, accidentalmente, cahem no interior do gelo materiaes que estavam á superficie. Esta distincção não nos parece de grande importancia. Melhor fóra reservar o nome de *moraine profunda* para o deposito, e o de *moraine interior* para o transporte, como já se

fez com os termos *moraine frontal* e *terminal*. Isto, ao menos, evitava o termos que repetir logo a expressão *moraine profunda* num sentido differente d'aquelle que lhe damos aqui.

Não fecharemos este paragrapho sem fallar d'um modo de transporte muito notavel, a que dão logar as geleiras das latitudes mais elevadas, aquellas cujo limite inferior chega ao nivel do mar. Nestas geleiras não se fórma *moraine terminal* nem *frontal*; o mar, á proporção que até elle vem chegando o gelo, encarrega-se de o ir separando da geleira e levando em grandes pedaços para latitudes mais baixas, onde a temperatura é sufficiente para o fundir. Assim se vão sepultar no fundo do Oceano, a distancias enormes dos terrenos donde se separaram, os materiaes de toda a ordem que o gelo arrastava comsigo. A maior parte dos chamados *campos de gelo*, *gelos fluctuantes*, têm esta origem.

Scoresby diz ter encontrado entre 69° e 70° de latitude norte 500 d'estes *campos de gelo* com uma altura acima do nivel do mar de 30 a 60 metros,

e transportando fragmentos de rocha em tal quantidade e de tal volume, que o peso do todo se podia calcular entre 50000 e 100000 tonelladas ¹.

III

Depositos glaciaes

Dissemos que o modo de transporte dá a razão da natureza dos depositos; e, por ser assim, vê-se bem que, depois do que expozemos, muito pouco é o que nos resta que dizer ácerca do assumpto que vamos agora tratar. As consequencias do que fica escripto no paragrapho precedente são claras e evidentes; o que vamos aqui fazer é insistir nellas. Mas, attendendo á importancia do assumpto, não nos parece demasiada a insistencia, nem demais o que a este respeito dissermos.

¹ Lyell — *Principes de Géologie*, pag. 500.

A palavra — *moraine* — também serve, como já indicámos, para designar depositos, e, tomando-a neste sentido, temos a considerar as *moraines marginaes*, as *frontaes* e as *profundas*.

As geleiras depositam quando, em consequencia d'uma ablação superior á alimentação, se retiram do lugar que occupavam e deixam o solo descoberto de gelos. Basta que a superficie da geleira desça para que os materiaes que constituíam a *moraine lateral* fiquem, na mesma ordem em que estavam, depositados sobre o terreno das margens. Assim formam-se as *moraines marginaes*, que depois são documento que attesta não só a passagem da geleira, mas ainda qual a sua possança e qual a natureza do terreno que, ás vezes a grandes distancias, lhe servia de margem; emfim, a *moraine marginal* é a *moraine lateral* depositada.

Exceptuando estes materiaes que ficam depositados nas margens, todos os que estão á superficie das geleiras, e ainda os envolvidos no interior do gelo, por outras palavras, seja qual for a especie

de *moraine* a que pertençam, todos os materiaes que o gelo transporta hão de necessariamente chegar até ao sitio onde a geleira termina. Ahi uns abandonam a geleira e cahem sobre o terreno, outros ficam temporariamente envolvidos no gelo e constituem a *moraine terminal*, e todos ficam em grande quantidade depositados no solo quando a geleira recúa. Assim fica formada a *moraine frontal*.

É esta, por assim dizer, uma verdadeira synthese de todas as *moraines*; aqui reúnem-se todos os materiaes, em todos os estados e de todos os volumes desde os que estão triturados e riscados até aos que conservam vivos os angulos e as arestas, desde os que estão como areia e pó até aos que têm muitos metros cubicos de volume. Estas *moraines* podem ás vezes desaparecer e transformar-se em *moraines profundas* quando a geleira avança e as cobre; mas são sempre, quando descobertas, uma prova irrecusavel de que até alli chegou a geleira.

Muitas vezes estes montões de materiaes formam um dique de grande altura disposto em semicirculo;

mas noutros casos, quando a geleira termina numa rampa excessivamente ingreme, os fragmentos de rocha, cahindo de alto, espalham-se muito e dispõem-se de modo que mais parecem á primeira vista provir d'um esboroamento local do que constituir uma *moraine*. É, no entretanto, impossivel a confusão, sempre que se attender á natureza mineralogica das rochas espalhadas: o serem estas, em geral, mineralogicamente muito differentes do terreno em que estão depositadas exclue a idéa d'um esboroamento local.

Já mais d'uma vez neste capitulo nos referimos aos materiaes contidos no interior das geleiras. Temos visto como o peso do gelo e os attritos nas paredes e no fundo do leito reduzem parte d'estes materiaes a pó fino, que, depois de humedecido, se transforma em lama glacial, e outra parte a areia de grãos mais ou menos grosseiros. Sabemos tambem que os fragmentos mais duros se podem conservar inteiros e apresentar a superficie coberta de estrias e riscas; e até não são raros no interior do

gelo os pedaços de rocha de grande volume, dos quaes uns têm cahido accidentalmente pelas fendas e outros faziam parte da *moraine frontal* quando a geleira, augmentando, a sepultou.

Ora a agua liquida, que circula nas geleiras, e que sahe pela parte terminal em fórma de corrente, arrasta para fóra uma parte d'estes materiaes, transporta-os e deposita-os. Estes depositos são pois *aguosos*; o pó, as areias, os calhãos, e até ás vezes os fragmentos de maior volume, dispõem-se em ordem sedimentar, e, ao tempo que são abandonados, têm perdido os vestigios da acção glacial e tomado o character bêm conhecido dos materiaes que foram revolvidos, transportados e depositados pelas aguas. No meio d'estas alluviões é pois impossivel, ou, pelo menos, muito difficil descobrir vestigios de geleiras; o que importa é notar bem que esta acção aquosa de fórma nenhuma é incompativel com a acção glacial. Estas duas acções, longe de se excluïrem, coexistem, e é até possivel em muitos casos descobrir debaixo das alluviões os depositos glaciaes. Mas vol-

temos a estes ultimos, que são os que mais nos interessam.

Quando as geleiras se retiram, a parte dos materiaes que as agnas não levaram para fóra fica toda descoberta, e o pó, as areias e os calhãos, que o gelo sustinha em contacto com as paredes do leito, cahem todos sobre os que estão no fundo, e tudo fica assim depositado no valle onde a geleira se movia. Esta é a *moraine profunda* (deposito). Tal é o estado em que fica um valle que foi leito d'uma geleira.

De todos os depositos glaciaes este é o mais caracteristico e o mais importante pela sua grande extensão, porque se conserva melhor, protegido como está contra as influencias atmosphericas pela propria lama glacial, e porque, emfim, os signaes da sua origem são nelle mais evidentes, e excluem d'um modo muito positivo toda e qualquer origem que se lhe queira attribuir, a não ser a glacial.

Os materiaes, cujo estado de conservação e cujos volumes já conhecemos, acham-se aqui dispostos

sem ordem nenhuma, os de volume mais consideravel sobre os de menor volume, os que estão riscados ao pé dos que estão lisos, e com as arestas e angulos mais ou menos embotados, os que estão pulverisados envolvendo tudo e perservando da destruição os que têm os angulos e as arestas vivas e cortantes.

Emfim, para resumirmos tudo, vamos transcrever dois quadros, onde saltam aos olhos as differenças entre os depositos aquosos e os glaciaes. O primeiro dos quadros, que em seguida apresentamos, pertence a uma obra de H. Hogard ¹, o segundo é extrahido d'uma memoria de Gabriel de Mortillet ².

¹ H. Hogard — *Recherches sur les glaciers et sur les formations erratiques des Alpes de la Suisse*; Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 5.º, première partie, pag. 229.

² Mortillet (Gabriel de) — *Anciens glaciers du versant italien des Alpes* — *Bulletin de la Société italienne des sciences naturelles à Milan*, tom. 3.º; Dollfus-Ausset — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.º, première partie, pag. 561.

DEPOSITOS AQUOSOS

São compostos de grandes fragmentos de rocha, de areias, de calhãos, de detritos e de lama.

Os materiaes angulosos são gradualmente desgastados, polidos e arredondados mais ou menos perfeitamente segundo a extensão do caminho e o tempo que levaram a percorrel-o. Á medida que se afastam dos pontos de partida, o numero de calhãos angulosos diminue gradualmente e acabam por desaparecer de todo a uma certa distancia.

Estes materiaes formam agglomerações, dispostas em superficies curvas, apresentando zonas e anneis ou

DEPOSITOS GLACIAES

São compostos de grandes fragmentos de rocha, de areias, de calhãos, de detritos e de lama.

Estes materiaes estão desgastados, polidos e *muitas vezes estriados*, e isto quer se encontrem no proprio logar onde foram arrancados do seu jazigo natural, quer estejam a grandes distancias: apresentam muitas vezes faces planas e fórmãs polyédricas e estão juntos com materiaes brutos; angulosos ou com leves signaes de attrito, apparecem em todas as partes da superficie indistinctamente e em todas as profundidades.

Formam agglomerações

cones mais ou menos inclinados, cujos vertices estão voltados para o lado da subida.

Os fragmentos mais volumosos indicam a direcção dos veios fluidos; páram nas arestas superiores dos cones. Os materiaes menos volumosos ou são impellidos mais para diante ou se espalham lateralmente; as areias e os detritos são arastados para mais longe, e podem formar *superficies de alluvião* horisontaes um pouco inclinadas.

Nas correntes, as agglomerações de areia e de cascalho dispõem-se em bancos ou ilhas tendo para o lado da subida um fraco declive que raramente excede um gráu, e para o lado

com superficies planas, ligeiramente inclinadas, sem depressões, sem anneis nem ondulações.

Estão misturados sem ordem; não se descobre nem separação nem divisões por camadas distinctas, nem os signaes dos crescimentos successivos. Os fragmentos volumosos e os calhãos de grossura diversa estão como sepultados nas areias, e os materiaes miudos acham-se envolvidos na lama glacial que cobre os calhãos e os fragmentos.

As pedras volumosas e o cascalho não se dispõem em fileiras indicando movimentos de progressão ou de translação mais ou menos violentos.

Emfim, estes depositos

da descida taludes inclinados de 25 a 35 grãos.

Do lado da subida, os calhãos estão imbricados e dispostos como as telhas d'um telhado; do lado da descida cahem e formam accumulações irregulares ao pé dos taludes.

Os crescimentos successivos são marcados por bancos ou camadas alternadas de areia e de cascalho miúdo, separadas por leitos de calhãos imbricados, e estes calhãos sempre perfeitamente lavados.

Emfim, estes depositos estão *stratificados* e cobrem todas as formações indistinctamente.

não estão stratificados e estão inferiores a todos os outros depositos superficiaes.

DEPOSITOS AQUOSOS

1.º — Stratificação mais ou menos distincta;

2.º — As pedras sempre lavadas e separadas da terra;

3.º — Os diversos elementos das terras separaram-se pela lavagem e por decantação natural. A areia, as partes margo-calcareas e as argilas dispõem-se separadamente;

4.º — Os calhãos de diversas grossuras agrupam-se geralmente juntos, formando leitos separados;

5.º — Os calhãos estão sempre collocados com o eixo maior horizontal, assentando sobre a sua face mais plana, no equilibrio mais estavel;

DEPOSITOS GLACIAES

1.º — Stratificação nulla;

2.º — As pedras no meio da terra e misturadas com ella;

3.º — A terra é uma mistura de toda a especie de elementos: argila, areia e calcareo;

4.º — Os calhãos estão espalhados no meio da lama sem distincção alguma de grossura;

5.º — Os calhãos estão em todas as posições, com o eixo maior vertical, assentando sobre a face mais estreita, sem seguirem nenhuma lei de equilibrio;

6.º — Os calhãos são arredondados e geralmente regulares, sem vestígios de terem sido quebrados recentemente;

7.º — Os calhãos nunca são estriados.

6.º — Os calhãos são geralmente irregulares, com vestígios de terem sido quebrados em diversos pontos mais ou menos recentemente;

7.º — Muitos d'estes calhãos estão cobertos de estrias.

Nada mais nos diz o estudo das geleiras actuaes ácerca da acção do gelo sobre o terreno. Mas o que ha já sabido é importantissimo, é, com effeito, uma luz nova e indispensavel para podermos distinguir a acção da agua da acção do gelo em tempos remotos.

CAPITULO VII

CAPITULO VII

Distribuição geographica das geleiras

A distribuição geographica tem sempre importancia capital no estudo de qualquer phenomeno geologico, e muito mais no d'aquelles que, assim como este phenomeno das geleiras, estão intimamente ligados com circumstancias climatericas e particularidades do relevo orographico.

Chegados a este ponto, parecen-nos ser logar proprio e occasião opportuna de estudarmos a distribuição geographica das geleiras á superficie do globo. No modo por que as geleiras se acham actualmente distribuidas pela superficie da Terra deviamos ver realisado o resultado do que temos exposto nos capitulos precedentes, e assim é que esta ultima parte seria uma como prova e verificação das theorias da formação e desinvolvimento das geleiras, um como resumo e synthese do que temos escripto.

Com effeito, prevemos d'uma maneira geral que as geleiras devem ser mais abundantes, maiores e descerem até mais abaixo nas latitudes elevadas; e devem estar mais elevadas, ser menores e mais raras nas latitudes inferiores. Temos razões para esperar que as geleiras cheguem a ter maiores dimensões, menor altitude terminal, e sejam mais numerosas nos climas insulares, e que vão diminuindo de importancia e de numero nos climas peninsulares e de littoral até desaparecerem de todo ou se tornarem rarissimas nos continentaes. Sabemos tambem como as circumstancias orographicas são indispensaveis para que tudo isso se possa realizar, e como póde acontecer que as geleiras sejam pequenas, raras, e até não existam numa latitude sufficientemente elevada e num clima sufficientemente humido, ao passo que podem apparecer noutra latitude e noutro clima onde não se esperava ou a sua presença ou as dimensões que podem ter.

Reunir pois num mappa as principaes geleiras do mundo com a altitude terminal de cada uma,

suas respectivas dimensões, latitudes dos logares em que se encontram, e a natureza dos climas, era o melhor meio de verificar num lance de olhos a realidade das previsões que a theoria nos tinha suggerido, e ao mesmo tempo a melhor maneira de expor o que houvesse a respeito da distribuição geographica das geleiras.

Foi isso que intentámos fazer ¹; mas bem de-

¹ Os materiaes do que principalmente nos servimos para a confecção do nosso mappa foram os seguintes :

Charles Martins — *Glaciers du Spitzberg* — *Bibliothèque univ. de Genève*, juillet, 1840 — *Annales des sciences géologiques*, octobre, 1842; *Bulletin de la société géologique de France*, tom. xiv, pag. 123 — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. III, pag. 493 ;

Charles Martins — *Les glaciers actuels et la période glaciaire* — *Revue des Deux Mondes*, tom. 67, janv., 1867 — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.º, 3.º partie, pag. 325;

Charles Grad — *Distribution des glaciers a la surface du globe* — *Annales de voyages*, sept., 1867 — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.º, 3.º partie, pag. 489;

pressa nos convencemos de que, infelizmente, era impossivel levar a cabo a empreza de fórma que dêsse os resultados que queriamos tirar. Os estudos

Blake — *Les glaciers de Alaska* — Sillimann Journal, 1867 — *Archives des sciences physiques et naturelles de Genève*, tom. xxxi, pag. 143 — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.º, troisième partie, pag. 543 ;

Doughty — *On the Jösteldal-Brae glaciers in Norway, with some general remarks*, London, 1866 — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.º, troisième partie, pag. 87 ;

E. Trutat — *Les Pyrénées* — *Revue scientifique*, 1874, pag. 79 ;

Schlagintweit — *Géographie physique de la Haute-Asie* — *Annales de voyages*, aout., 1869 — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.º, quatrième, partie, pag. 153 ;

Collomb (Ed.) — *Glaciers en activité dans la chaîne des Alpes Pennines en 1869* — Lettre de Ed. Collomb adressée à Dollfus-Ausset, Paris, 23 novembre 1869 — *Matériaux pour l'étude des glaciers*, tom. 1.º, quatrième partie, pag. 255.

Élisée Reclus — *La Terre. Description des phénomènes de la vie du globe*.

Albert Dupaigne — *Les Montagnes*, Tours, 1873.

sobre a distribuição geographica das geleiras são poucos, e pela maior parte incompletos e insufficientes. Nuns sitios não se sabe ao certo se o que ha são geleiras ou simplesmente campos de neve; noutros sabe-se que ha geleiras, mas ignora-se o seu numero, e ainda noutros, conhecendo-se a existencia e o numero dos rios de gelo, desconhecem-se as dimensões da maior parte ou de todos.

Por motivos sabidos, e que não vale a pena mencionar, tem sido nos Alpes que melhor e quasi exclusivamente se tem estudado este phenomeno das geleiras; quasi tudo quanto ácerca d'este se tem escripto é sómente o resultado de observações e estudos feitos nesta região. Pois a pezar d'isso não podémos, a respeito dos proprios Alpes, obter os dados necessarios para completar o nosso mappa.

Junte-se a tudo isso a impossibilidade de haver á mão quanto se tem escripto a respeito da distribuição geographica das geleiras, e ahi estão as razões por que as tabellas que apresentamos estão cheias de lacunas. Não é isto o que desejavamos

fazer, nem se póde conseguir com isto quanto que-
riamos. Poderão ao menos estas tabellas servir de
meio simples e claro para mostrar o modo por que
as principaes geleiras estão dispostas na superficie
do globo? Acreditamos que sim, e nessa idéa as
apresentamos como remate do nosso trabalho.

DISTRIBUIÇÃO DAS GELEIRAS Á SUPERFÍCIE DO GLOBO

Distribuição das geleiras

LOCALIDADES		NOMES DAS GELEIRAS	
EUROPA	Ilhas de Spitzberg	Bahia de la Recherche	Geleira de la Pointe aux Renards
		Magdalena-Bay	Geleira de Bell-sound
			» de l'Entrée
			» de la Pointe aux Tombeaux
			» do fundo da bahia Sept-Glaciérs
		Nova Zembla	.....
		Ilha de Jean Mayen	Geleiras de Beeremberg
	Península Scandinavia	Montanhas de Jæstedal-Brœ	Geleira de Bergsœt
			» de Nigaard
			» de Lodal
			» de Stegahalt
		Laponia	Geleiras do Suli- telma
		Finmark	Geleira de Yökulfield
		» de Klofa-Yökul	
		» de Vatna	
Islandia ...	Plateau interior da ilha	» de Langé	
		» de Hof	
		» de Holar	
		» de Swinafells	

à superfície do Globo

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIENTO	LARGURA
			5556 ^m	466 ^m
74°-81° N	Insular		18519 ^m	5556 ^m
			1840 ^m	900 ^m
			1800 ^m	
			1840 ^m	1580 ^m
75° N	»			
70° N	»	390 ^m		
55°-71° N	Peninsular	318 ^m	14000 ^m	1609 ^m
		513 ^m	11000 ^m	1088 ^m
		»	16000 ^m	777 ^m
		426 ^m 778 ^m -974 ^m	14000 ^m	585 ^m
64°-60° N	Insular			

	LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS	
EUROPA	Pyreneus Macissos do Oô.....	Geleira de Vignemale	
		» do Monte Perdido	
		» do Maladetta	
		» do Nethou	
		» de Gavarnie	
		» do Boum	
		» do Maupas	
		» do Graoues	
		» do Crabioules	
		» do Passage	
	Alpes Penninos	Valle de Bagne	Geleira de Corbassière
		Grupos do	» de Zessata
		Grand-Combin, Monte-	» de Mont-Durand
		Branco, Cheillon, Mon-	» de Fenêtre
		te-Colon	» de la Crête-Sèche
			» de Gétroz
			» de Mont-Rouge
			» de Breney
	» de Otemma		
	Valle de Cleuson	Geleira de Mont-Fort	
Grupo do Mont-Fort	» de Grand-Desert		

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
41°-42° N	Peninsular	2197 ^m		
		2286 ^m		1600 ^m 4300 ^m
46° N	Littoral	1917 ^m	11000 ^m	
		2200 ^m (?)	6000 ^m	
		2050 ^m		
46° N	Littoral	2002 ^m	9000 ^m	
		3644 ^m	12000 ^m	

LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
Valle de Hérimence Grupos de Mont-Cheillon, e Mont- Pleureur	Geleira de Prazfleuri » de Ecoulaies » de Lendarey » de Tête-Noire » de Derbonnaire » de Durand ou de Chevillon
Valle de Arolla Grupo do Mont-Colon	» de Cijorenove » de Pièce » de Vuibez } reunem- » de Aollas } se numa } só geleira » de Chermontano » de la Za » de Bertol
Valle de la Valpelline <i>(Italia)</i>	» de Mont-Brûlé » de Valpelline
Valle de Ollomont <i>(Italia)</i>	» de Mont-Gelé » de Mont de la Balme
Valle de Herens	» de Mont-Faudery » de Vouasson » de Aiguilles - Rou- ges
Grupos de La Dent-Blanche, e Ga- belhorn	» de Ignes » de Mont-Miné » de Terpècle » de Grandes-Deuts » de Bouquetins

EUROPA
Alpes Penninos

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
46° N	Littoral	2350 ^m	5000 ^m	
		2037 ^m		
		1801 ^m	8000 ^m	

*

LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
Valle de Annivier	Geleira de Moiry
Grupo de	» de Zinal
La Dent-Blanche	» de Moming
	» de Dent-Blanche
	» de Steinbock-Horn
	» de Arben
	» de Trift
	» de Abberg
	» de Stelli
	» de Bies
Valle de Vipsbach	» de Schmal
Grupos de	» de Schall-Horn
La Dent-d'Hérens, Weis- shorn, Matter-Horn	» de Hohlicht
	» de Roth-Horn
	» de Schœn- bühl
	» de H o h - wang
	» de Stock
	» de Tiefen- matten
	» de Zmuth
Valle de Turtman	» de Turtman
	» de Pipi
Valle de Visp	» de Matter-Horn (Monte Cervin)
Systema do Matter-Horn	» de Furgen
	» de Ober-Theodul

EUROPA
Alpes Penninos

reunem-
se numa
só gelei-
ra

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIENTO	LARGURA
46° N	Littoral	2332 ^m	7000 ^m	
		2000 ^m (?)	7000 ^m	
		2112 ^m		
		2146 ^m		
			9000 ^m	
	8000 ^m			
		2500 ^m (?)		
		2500 ^m		

LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS	
Valle de Visp Grupo do Monte-Rosa	Geleira de Unter-Theodul » de Pequeno Matter-Horn » de Breit-Horn » de Schwaizlhor » de Zwillinge » de Grenz » de Monte-Rosa » de Gorner	
	» de Matter Jock » de Aventina » de Ayas » de Verra » de Petit-Verra » de Felix » de Hys » de Gastelet » de Indren » de Embours » de Piodi » de Vigne » de Macugnaga » de Rieghe » de Fillar » de Roffel	
		Vertente Italiana do Grupo Monte-Rosa

EUROPA
Alpes Penninos

Reunen-se na geleira de Gorner

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
		1823 ^m		
			15000 ^m	
46° N	Littoral	2066 ^m 2948 ^m		
		1800 ^m (?)		

LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
<p style="text-align: center;">EUROPA Alpes Penninos</p> <p style="text-align: center;">Valle de Visp (margem direita)</p> <p style="text-align: center;">Grupo do Monte-Rosa, Mischabel</p> <p style="text-align: center;">Valle de Saas (margem esquerda)</p> <p style="text-align: center;">Valle de Saas (margem direita)</p>	<p>Geleira de Findelen</p> <p>» de Triftje</p> <p>» de Adler</p> <p>» de Løengenfluk</p> <p>» de Hubel</p> <p>» de Mellichen</p> <p>» de Wand</p> <p>» de Weingarten</p> <p>» de Kien</p> <p>» de Graben-Horn</p> <p>» de Ferti</p> <p>» de Hohberg</p> <p>» de Gassenried</p> <p>» de Ried</p> <p>» de Balferm</p> <p>» de Bider</p> <p>» de Hochbalm</p> <p>» de Fall</p> <p>» de Fee</p> <p>» de Kessjen</p> <p>» de Hochlaub</p> <p>» de Allalin</p> <p>» de Schwarzenberg</p> <p>» de Seewinen</p> <p>» de Thalliboden</p> <p>» de Ofenthal</p> <p>» de Furgen</p>

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
46° N	Littoral	2184 ^m	11000 ^m	
		2613 ^m		
		2000 ^m (?)		
		1600 ^m (?)		
		2000 ^m (?)		
		2000 ^m (?)		
		2000 ^m (?)		
		1944 ^m	7000 ^m	
		2123 ^m	6000 ^m	

LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
<p style="text-align: center;">EUROPA Alpes Penninos</p> <p style="text-align: center;">Valle de Saas (margem direita)</p> <p style="text-align: center;">Valle de Ferret Grupo de Agulha d'Argentiere</p> <p style="text-align: center;">Valle de Entremont Grupo do Grand-Combin, e do Vé- lan</p>	<p>Geleira de Augstkummen</p> <p>» de Rothblatt</p> <p>» de Weissthal</p> <p>» de Trift</p> <p>» de Tletsch-Horn</p> <p>» de Ganiserthal</p> <p>» de Roththal</p> <p>» de Trient</p> <p>» de Orny</p> <p>» de Portalet</p> <p>» de Saleinoz</p> <p>» de Planereuse</p> <p>» de Truzbuc</p> <p>» de Danenvaz</p> <p>» de Mont-Dolent</p> <p>» de la Maya</p> <p>» de Triolet</p> <p>» de Jorasse</p> <p>» de des Angronet- tes</p> <p>» do Petit-Combin</p> <p>» do Mont-Rogneux</p> <p>» de Bonaire</p> <p>» do Sonadon</p> <p>» de Vassorey</p> <p>» de Tzeudet</p> <p>» de Proz</p>

formam uma sã
reunindo-se

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
		2370 ^m 1574 ^m 2600 ^m (?)	7000 ^m	
		1300 ^m (?)	8000 ^m	
46° N	Littoral		5000 ^m	
		2200 ^m (?)		

LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
EUROPA Alpes Penninos Valle do Simplon (margem esquerda)	Geleira de Raut » de Rosshoden » de Bodmer » de Laquin » de Thœli » de Schien-Horn
	Valle do Simplon (margem direita) » de Kaltenwasser » de Alpien
	Valle de Zwischberg » de Gemeine-Alp. » de Bottarello
	Valle de Steinen » de Steinen
	Valle de Binnen » de Helsen-Horn » de Guschi-Horn » de Ofen-Horn
Valle de Eginen » de Gries » de Merzenbach » de Blinnen » de Rappen	
Valle Formazza (Italia) » de Hohsaud » de Tamier	

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
		1815 ^m		
		2360 ^m		
		2533 ^m		
		2500 ^m		
46° N	Littoral	2210 ^m		
		2007 ^m	8000 ^m	
		2300 ^m		
		2200 ^m		

	LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS		
EUROPA	Alpes Penninos	Valle Bavona (Italia)	Geleira de Antabbia » de Caverigno » de Cavagnoli	
		Valle do Rhodano superior (margem esquerda)	» de Galmi-Horn » de Poncione de Mo- nigolo » de Kühboden-Horn » de Geren » de Mutten » de Gratschlucht » de Stelliboden » de Scheyenboden » de Wyttenwasser	
			Valle de San-Gottard	» de Lucendro
	Alpes centraes (Suissa)		Grupo Scopi (Medels)	» de Glitsché da Me- dels » de Crunas » de la Buora » de Plattas » de Cristallina » de Ufiern
			Valle de Blegno	» de Camadra
			Grupo Scopi	

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
		2910 ^m		
		2560 ^m		
		2133 ^m		
		2220 ^m		
		2170 ^m		
46° N	Littoral	2310 ^m		

LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
Grupo Scopi (Somvix)	Geleira de Lavaz
	» de Vigliocs
	» de Vial
	» de Gaglianera
	» de Garina
	» de Bianca
Grupo Rialpe (Somvix)	» de Corns
Grupo Rheinwaldhorn	» de Glaschär
	» de Ghiacciago
	» de Bresciana
	» de Fornei
	» de Scaradra
	» de Lenta
Valle de Misocco Grupo de Rheinwaldhorn	» de Kanal
	» de Güfer
	» de Fanella
	» de Kirchalp
	» de Hochberg
	» de Bheinwaldfirn
Valle de Misocco	» do Paradis
Grupo de Rheinwaldhorn	» de Zapport
	» de Weisshorn
Grupo de Rheinwaldhorn	» de Muccia

EUROPA

Alpes centraes (Suissa)

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
46° N	Littoral	2560 ^m		

LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
Valle de Blegno Grupo de Rheinwaldhorn	Geleira de Piotta » de Parrete
Grupo Tambohorn (Hinterrhein)	» de Ghiacciago » de Tambo » de Curciusa » de Lex
Grupo Surettahorn (Rheinwaldhorn)	» de Suretta
Valle de Bregaglia	» de Turbinesca » de Cinghel
Grupo Disgrazia	» de Bondasea » de Casnil » de Largo
Grupo Lischanna	» de Lischanna
Grupo Seesvenna	» de Seesvenna
Grupo Umbrail	» de Zuort

EUROPA

Alpes centraes (Suissa)

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
46° N	Littoral	2560 ^m		

*

LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS	
EUROPA Alpes Grisons (Suissa)	Geleira de Polaschin	
	» de La Grev	
	» de Suvretta	
	» de Trenterovas	
	» de Flix	
	» de Vedretta d'Err.	
	Grupo Pico d'Err.	» de Porschabella
		» de Viluoch
		» de Ducan
	Grupo Kesch	» de Scaletta
		» de Sur-Sura
		» de Schwarzhorn
	Grupo Scaletta	» de Pischa
		» de See
		» de Unter-Selvretta
Grupo Pico Buin sobre o monte Selvretta	» de Verstankia	
	» de Rogen	
	» de Miesboden	
	» de Muntanella	
	» de Tiätscha	
Valle Lavinuoz	» de Chama	
Grupo Scaletta		
Valle Tasna	» de Urezzas	
Grupo Scaletta	» de Chalaus	
Grupo Scesaplana	.....

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
46°-47° N	Littoral			

	LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
EUROPA Alpes de Berna (Suissa)	Grupo Dent do Midi	Geleira de Fonds » de Rosses
	Grupo Dent de Morcles	» de Martinets
		» de Plan-névé
		» de Paney-rossaz
	Grupo Diablerets	» de Diablerets
		» de Sansfleuron
	Grupo Wildhorn	» de Getten
		» de Dungal
	Grupo Wildstrubel	» de Rüzli
		» de Ammertens
		» de Rothe Kumm
		» de Lämmern
		» de Plaine-morte
	Grupo Altels	» de Zagen
		» de Altels
		» de Balmhorn
» de Flue		
Grupo Blümlisalp	» de Maing	
	» de Blümlisalp » de Gamchi	

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
46° N	Littoral	1957 ^m 1720 ^m		

LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
Grupo Tschingelhorn	Geleira de Kander
	» de Tschingel
	» de Schmadri
	» de Telli
	» de Ausserthal
	» de Innerthal
	» de Breitlaunen » de Roththal
Grupo Aletschorn	» de Aletsch
	» de Ober Aletsch
	» de Breithorn
	» de Gredetsch
	» de Baltschieder
	» de Bietsch
	» de Nest
	» de Birch
» de Standbach	
» de Lanin	
» de Distel	
Grupo Jungfrau	» de Guggi
	» de Eiger
	» de Grindelvald- Fiescherfirn
	» de Kallinfi » de Untern Grindel- wald

EUROPA

Alpes de Berna (Suissa)

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
			8000 ^m	
		2360 ^m		
		2310 ^m		
		2370 ^m		
		1639 ^m		
		2370 ^m		
		1566 ^m	24000 ^m	
		1556 ^m		
46° N	Littoral	2078 ^m		
		2130 ^m		
		1920 ^m		
		983 ^m		

	LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
EUROPA Alpes de Berna (Suissa)	Grupo Jungfrau	Geleira de Jägi
		» de Langen
		» de Grossen Aletschfirn
		» de Ebene Fluefirn
		» de Hranzbergfirn
	» de Jungfrau firn	
	» de Oberer Grindelwald	
	» de Wechsel	
	» de Krinnenfirn	
	» de Hühnergutz	
	» de Blau-Gletscherli	
	Grupo Finsteraarhorn	» de Lauteraar
		» de Finsteraar
		» de Unteraar
		» de Oberaar
		» de Trift
		» de Schönbühl
		» de Münster
		» de Hangende Firingen
		» de Schwarzwaidfirn
Grupo Wetterhorn		» de Rosenlaur
	» de Rensen	
	» de Gauli	

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
		2196 ^m		
		1195 ^m		
46° N	Littoral	1877 ^m	8000 ^m	
		2258 ^m	14000 ^m	
			7000 ^m	
		2280 ^m		
		1700 ^m		
		1800 ^m		

*

	LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
EUROPA Alpes de Berna (Suissa)	Grupo Wetterhorn	Geleira de Bächli » de Gruben » de Erien » de Wyssbach
	Grupo Triftgebiet	» do Rhodano » de Trift » de Gersten » de Gelmez » de Aelpli » de Diechter » de Rothlauri » de Gadenlauri » de Gigli » de Drosi » de Thaleggi » de Stein » de Thierberg » de Kalchthalfirn » de Griessenfirn » de Rütifirn » de Kartigelfirn » de Wallenbühlfirn
Alpes de Uri (Suissa)		

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
46° N	Littoral	1735 ^m		
47° N	Littoral			

		LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
EUROPA	Alpes de Uri (Suíça)	Grupo Triftgebiet	Geleira de Maasplank
			» de Dammafirn
			» de Sidein
			» de Tiefen
		Grupo Titlis	» de Wenden
			» de Oberthal
			» de Sustenlochfirn
	» de Klein-Sustlifirn		
	» de Stössenfirn		
	Grupo Rothstöcke	» de Seewenfirn	
		» de Spanortfirn	
		» de Schlossberg	
	Cadêa do Tödi (Suíça)	Grupo Crispalt	» de Krontlet
			» de Blümlisalpfirn
Grupo Oberalpstock		» de Griesen	
		
		» de Regenstalden- firn	
Grupo Scherhorn		» de Brunnifirn	
		» de Tschingel	
	» de Hüfi		
	» de Staffeli		
		» de Glariden	
		» de Sandfirn	

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPIMENTO	LARGURA
47° N	Littoral			
46°-47° N	Littoral			

		LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
EUROPA	Cadêa do Tödi (Suissa)	Grupo Tödi	Geleira de Tödifirn
			» de Bifertenfirn
			» de Limmerfirn
			» de Bisquolm
			» de Gliems
			» de Ponteglias
	Alpes de Glaris (Suissa)	Grupo Hausstock	» de Tumbif
			» de Frisal
			» de Ruchifirn
	Alpes Rheticos (Suissa)	Grupo Vorab	» de Sedesterfirn
			» de Hausstockfirn
		Grupo Sardona	» de Bündnerbergfirn
			» de Vorab
» de Ofen			
Alpes Rheticos (Suissa)	Grupo Bernina	» de Segnes	
		» de Glaser	
		» de Scheibe	
		» de Ritschli	
		» de Vadret	
		» de Corvatsch	
		» de Roseg	
		» de Bernina	
		» de Diavolezza	
		» de Arli	

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIENTO	LARGURA
46°-47° N	Littoral			

		LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
EUROPA	Alpes Rheticos (Tyrol)	Macisso do Brenner	.....
		» do Hochjoch	.....
		» do Oetzthal	.....
		» do Stubbay	.....
		» do Pflersch	.....
		» do KereuzJoch	.....
		» do Ortler	Geleira de Gonfinale » de Tresero
	Alpes Nosticos (Tyrol)	» do Marmolata	.....
		» do Pico dos Trez Se- nhores	.....
		» do Gross-Glo- kner	Geleira de Pasterzes
	Alpes de Salzbourg (Austria)	» do Venediger	.....
		» do Bertesch- goden	.....
		» do Grever	.....
Alpes de Styria (Austria)	» do Ferner- Waizfeld	Geleira de Sulzbach	
	» de Tœnnen Gebirge	.....

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
46° N	Littoral		9400 ^m	4110 ^m

	LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS		
ASIA	Montanhas do Himalaia	Caucaso	Geleira de Tschohari » de Zminda » de Desdarouki	
		Altai . . . . .	.....
		Provincia de Cachemira	(?)	
		Monte Nanda-Newi	» de Couphinié (<i>Inominada</i>)	
		Montes Karakoroum	.....
		Tibet	Districto de Chorkonda	Geleira de Balti
			de —	» de Pourkousti
			Balti Brahalto	» de Baltoro
			Ibi-Gamin	» Ibi-Gamin
			Spinchakbi-bianga	» Moustack » Biapho » Bepho
Garganta do Sassar	.....		

Na Africa é possível a existencia de geleiras; não está, todavia,

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
40 ^o -45 ^o N	Littoral	2185 ^m		
45 ^o -50 ^o N	Continental »	(?)		
		3450 ^m	4150 ^m	
		3650 ^m	3950 ^m	
30 ^o -35 ^o N	Continental	3000 ^m	58000 ^m	4000 ^m
		3000 ^m	58000 ^m	
		2950 ^m	103300 ^m	

positivamente averiguada.

		LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
AMERICA	Groenlandia Occidental	Peninsula de Hayes	Geleira de Porto-Foulke
		Estreito de Smith	» de Humboldt ¹
		Inspectorado do Norte	» de Jacobshaven
		» do Sul	» de Ball
			» de Arsat
			» de Igalliko
	Groenlandia Oriental		» de Sermitsialik
			» de Julianachaab
		Terra do Rei Guilh. ^{me}	» de Waltershausen
		Valle da Rainha Aug. ^{ta}	» do Imperador Francisco José
			» de Hünerberg
			» de Domberg
			» de Tyrolesa
	Columbia Ingleza		» de Fligely
		» de Loch fine	
		» do Pico Payer	
		» do Pico Petermann	
	Golpho do Terror	» do Glaube	
	Terra do Principe Christiano	» do Refugio	
	Costa de Bute	.....

¹ Esta é a maior geleira das conhecidas.

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIIMENTO	LARGURA
76° N	Peninsular		114000 ^m	
75° N				
68° N				
64° N				
63° N				
62° N				
60° N				
73° N				
72° N	Littoral		4000 ^m	
65° N				
66° N				
51° N				

	LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS
AMERICA	Nova Granada } Serra nevada de Sancta Martha	.....
	Baixo Perú } Cadêa de Avisca	Geleira de Ausangaté » de Tayangaté
	Chili } Macisso de Aconcagúa	.....

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES	
			COMPRIMENTO	LARGURA
12° S	Littoral			
13° S	Littoral			
33° S	Littoral			

LOCALIDADES	NOMES DAS GELEIRAS	
OCEANIA Nova Zelandia	Geleira de Forbes	
	Bacia do rio Ragitato	» de Clyde
		» de Havelock
		» de Lawrence
		» de Ashourton
		» de Godley
		» de Classen
	Bacia do Lago Tekapo	» de Separation
		» de Maccauley
		» de Huxley
		» de Faraday
		» de Tasman
	Bacia do Lago Pataki	» de Murchison
		» de Müller
		» de Hooker
	» de Richardson	
Bacia do Lago Olou	» de Schwin	
	» de Hourglart	
	» de François-Jo-	
	seph	

LATITUDE	NATUREZA DO CLIMA	ALTITUDE TERMINAL	DIMENSÕES		
			COMPRIMENTO	LARGURA	
40°-45° S	Insular	1155 ^m	4000 ^m	16000 ^m	2500 ^m
		1134 ^m			
		1180 ^m			
		1220 ^m			
		1450 ^m			
		1080 ^m			
		1060 ^m			
		1320 ^m			
		1315 ^m			
		1675 ^m			
		1420 ^m			
		835 ^m			
		1065 ^m			
		860 ^m			
		770 ^m			
215 ^m					

FIM.

INDEX	
Page	Subject
11	1000
12	1000
13	1000
14	1000
15	1000
16	1000
17	1000
18	1000
19	1000
20	1000
21	1000
22	1000
23	1000
24	1000
25	1000
26	1000
27	1000
28	1000
29	1000
30	1000
31	1000
32	1000
33	1000
34	1000
35	1000
36	1000
37	1000
38	1000
39	1000
40	1000
41	1000
42	1000
43	1000
44	1000
45	1000
46	1000
47	1000
48	1000
49	1000
50	1000
51	1000
52	1000
53	1000
54	1000
55	1000
56	1000
57	1000
58	1000
59	1000
60	1000
61	1000
62	1000
63	1000
64	1000
65	1000
66	1000
67	1000
68	1000
69	1000
70	1000
71	1000
72	1000
73	1000
74	1000
75	1000
76	1000
77	1000
78	1000
79	1000
80	1000
81	1000
82	1000
83	1000
84	1000
85	1000
86	1000
87	1000
88	1000
89	1000
90	1000
91	1000
92	1000
93	1000
94	1000
95	1000
96	1000
97	1000
98	1000
99	1000
100	1000

INDICE

~~~~~

|                 | Pag. |
|-----------------|------|
| INTRODUÇÃO..... | 11   |

## CAPITULO PRIMEIRO

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| O Sol e a Terra.....                             | 35 |
| Acção solar sobre as aguas e sobre as terras ... | 39 |
| Chuvas.....                                      | 43 |

## CAPITULO SEGUNDO

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Quédas de neve .....                           | 49 |
| Neves persistentes, altitude e latitude.....   | 53 |
| Limites das neves, avalanches e geleiras ..... | 60 |

## CAPITULO TERCEIRO

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| Nevados.....                   | 75  |
| Regelação .....                | 87  |
| Constituição das geleiras..... | 100 |

CAPITULO QUARTO

|                                                   | Pag. |
|---------------------------------------------------|------|
| Alimentação das geleiras .....                    | 117  |
| Ablação .....                                     | 127  |
| Movimento das geleiras.....                       | 140  |
| Oscillações das geleiras nos tempos historicos... | 155  |

CAPITULO QUINTO

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| Fendas.....                                     | 169 |
| Estructura em laminas, em listas, ou em veios.. | 180 |
| Outros accidentes das geleiras .....            | 193 |

CAPITULO SEXTO

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| Acção das geleiras sobre o seu leito ..... | 205 |
| Transportes pelas geleiras.....            | 218 |
| Depositos glaciaes .....                   | 232 |

CAPITULO SEPTIMO

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| Distribuição geographica das geleiras..... | 248 |
|--------------------------------------------|-----|

---



