

Notas Sobre Meteorização

MARIA HELENA WHATELY
Analista Especializado — IBGE

1 — INTRODUÇÃO

A crosta da Terra é um meio dinâmico em constante processo de modificação. Esta resulta da ação continuada de processos geomórficos, ou seja, de mudanças físicas, químicas e biológicas que, em última análise, são responsáveis pelo entalhamento da superfície terrestre. Os processos geomórficos decorrem, por sua vez, de dois grupos de forças distintas: as endógenas e as exógenas que tendem, respectivamente, a agradar e degradar, ou seja, a elevar e rebaixar as feições geomorfológicas. As forças endógenas são responsáveis pela formação de falhas, dobras, terremotos, vulcões etc., enquanto as exógenas provocam desgastes e acumulação. As paisagens geomorfológicas constituem, portanto, a resultante da ação global dessas forças.

A meteorização é um dos processos exodinâmicos que concorrem para a construção das paisagens geomorfológicas. Na realidade, nada na natureza se processa isoladamente, daí a dificuldade freqüente de se limitar claramente a passagem de um fenômeno para outro. Segundo Thornbury, embora seja difícil apontar formas de relevo resultantes unicamente de meteorização, nem por isto o fenômeno pode ser considerado de pequena significância geomorfológica. Este fenômeno está, no entanto, tão intimamente ligado a outros que seus efeitos não podem ser facilmente separados.

Para a maioria dos autores a meteorização constitui a primeira etapa no “abrandamento” das rochas, preparando o material rochoso a ser erodido pelos agentes que irão participar no modelado das en-

costas, dando, também, origem ao regolito que, posteriormente, sofrerá processos de edafização.

A meteorização é, ainda hoje, objeto de controvérsias que se devem, basicamente, ao fato de pertencer a matéria a um campo de conhecimento relativamente recente, a Geomorfologia. Desse fato resultam, provavelmente, diferentes opiniões e interpretações de especialistas.

No presente trabalho não pretendemos fazer mais que uma sinopse do pensamento desses especialistas e através da apresentação de definições do fenômeno, bem como de classificações dos processos de meteorização, estabelecer confronto de pontos de vista. A colocação em termos em inglês visou a indicar uma terminologia ainda não plenamente padronizada.

2 — ALGUMAS DEFINIÇÕES

Difícilmente as rochas são encontradas aflorando na superfície da Terra; quase sempre se apresentam cobertas por uma camada de alteração, variável em espessura, constituída de material não homogêneo que depende, basicamente, dos processos atuantes. Esta camada é resultante da ação da *meteorização* ou *intemperismo* * sobre a rocha sã. O uso do termo *intemperismo* tem sido combatido por autores que preferem *meteorização* por melhor corresponder ao inglês *weathering*.

Holmes — “Meteorização é o efeito total da soma dos diferentes processos subaéreos que cooperam para a corrosão e a desintegração da rocha, com a condição de que não esteja associada ao transporte em grande escala dos produtos do seu desmembramento.”

Lobeck — “O termo meteorização é aplicado aos processos de desintegração e decomposição da rocha. Estas resultam não somente na ruptura e destruição das massas rochosas como também no desenvolvimento de certas formas topográficas peculiares a esses processos. Na realidade, a meteorização é, simplesmente, o ajustamento das rochas às novas condições ambientais.”

Thornbury — “Meteorização é a desintegração ou decomposição da rocha *in situ* realizada por um grupo de processos que agem coletivamente na superfície ou perto da superfície terrestre e reduzem as massas rochosas ao estado clástico. É um processo estático e não envolve o ataque e remoção do material por agente de transporte.”

Penteadó — Cita a definição de Reiche: “Intemperismo é a resposta dos materiais que estavam em equilíbrio no interior da litosfera às solicitações da atmosfera, hidrosfera e talvez da biosfera.”

Leinz — “O intemperismo constitui o conjunto de processos operantes na superfície terrestre que ocasionam a decomposição dos minerais das rochas, graças à ação dos agentes atmosféricos e biológicos.”

Monkhause — “Meteorização é o afrouxamento, decomposição e fragmentação das rochas e formação de um manto de material mais ou menos desintegrado, resultante, em grande parte, da atuação de vários agentes atmosféricos.”

Tricart & Cailleux — “A meteorização é o conjunto das modificações mecânicas, físicas e químicas a que uma rocha é submetida quando em contato com os agentes atmosféricos.”

* No presente trabalho empregamos indistintamente os dois termos, à exceção de quando citados textualmente.

Strahler — “Meteorização é a ação combinada de todos os processos por meio dos quais a rocha é decomposta e desintegrada em função de sua exposição à superfície da terra ou perto dela. A meteorização, normalmente, transforma a rocha dura, maciça, num manto residual finamente fragmentado. Por esta razão, a meteorização é freqüentemente descrita como a preparação dos materiais rochosos pelos agentes erosivos terrestres, como a água corrente, o vento e as vagas.”

3 — DIFERENÇA ENTRE METEORIZAÇÃO, EROÇÃO E DIAGÊNESE

A meteorização é considerada ainda como parte da erosão, muito embora a tendência atual em separar os fenômenos venha aumentando. Há autores que afirmam serem os fenômenos completamente distintos, podendo a erosão ocorrer sem meteorização prévia (ação de ventos, geleiras etc.). Para Thornbury, embora a meteorização prepare a rocha facilitando a erosão, pode esta ocorrer sem aquela. Strahler considera, da mesma forma, a meteorização como preparação da massa rochosa a fim de ser erosionada pelos agentes do modelado terrestre. No entanto, para este autor, sem os processos de meteorização, as grandes massas rochosas não poderiam ser erosionadas pelos agentes de desnudação.

A maioria dos autores considera o intemperismo como fase inicial da erosão, etapa preliminar de abrandamento e alteração gradual dos materiais rochosos, tornando-se estes em condições de serem removidos e arrastados pelos agentes erosivos.

Lobeck admite que a meteorização não abarca todas as mudanças ocasionadas pelos agentes atmosféricos e pelos organismos, pois se essas forças produzem mudanças, em virtude de seus movimentos, tornam-se agentes de erosão e são classificadas como forças destrutivas que mudam a superfície da terra de uma forma ampla. No entanto, em algumas ocasiões é difícil marcar uma linha clara entre o que seja meteorização e erosão, afirma Lobeck. Chebataroff menciona que a água de um rio pode operar simultaneamente como agente de meteorização, erosivo e de transporte. Para Christofolletti “a meteorização ou intemperismo é responsável pela produção de detritos a serem erodidos, constituindo etapa na formação do regolito.” Paes Leme afirma que a ação mecânica atua de forma mais eficaz sobre a rocha que esteja decomposta e desagregada; no entanto, a raspagem superficial pelo vento, gelo e água pode dispensar qualquer ação preliminar.

Para vários especialistas na matéria, outro limite difícil de ser claramente definido é aquele entre meteorização e diagênese*. Segundo Chebataroff, “é tão absurdo limitar claramente esses dois processos como tentar marcar os limites entre erosão e meteorização.” Penteadó menciona que o intemperismo e a diagênese são processos essencialmente indivisíveis, podendo mesmo se completar. Esta autora cita como

* *Diagênese*: “sob esta designação compreendem-se as modificações químicas e físicas sofridas pelos sedimentos desde a sua deposição até a sua consolidação. Abrange a compactação, cimentação, solução diferencial, antigênese, metassomatismo. Excluem-se os processos provocados por modificações radicais de temperatura elevada ou pressão, atribuídos convencionalmente ao metamorfismo. Há uma certa discrepância entre os diferentes autores sobre o emprego do termo, restringindo-o, alguns, somente às modificações sofridas pelos sedimentos quando ainda em contacto com o ambiente em que foram depositados” (Leinz e Leonardos).

exemplo a alteração do feldspato em caulim, provocada pelo intemperismo. No caso, o fenômeno implica tanto na decomposição do feldspato como na formação, por cristalização, da argila. No entanto, refere Penteadó, a ocorrência de feldspato num afloramento rochoso, na costa oceânica, está sujeita tanto à decomposição (hidrólise) como ao seu transporte, deposição e, finalmente, sua transformação em minerais de argila (diagênese). Pergunta Penteadó: “qual seria a diferença entre o mineral de argila formado por intemperismo do formado por diagênese?”, e cita a observação de Keller de que a diferença marcante entre intemperismo e diagênese repousa no transporte do material formado por diagênese.

4 — ADAPTAÇÃO DAS ROCHAS ÀS NOVAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS

A alteração e perda da compacidade e estabilidade primitivas do material atacado constituem uma das mais importantes características da meteorização, começando os processos a atuar mesmo antes do afloramento do material rochoso.

A meteorização é o ajustamento das rochas às novas condições ambientais, afirma Lobeck. Pelo fato de se alterarem na superfície ou próximo dela, mostra que as mesmas não se encontram em estado de equilíbrio perfeito no que se refere às condições desse novo ambiente, distintas daquelas em que se originaram. É o caso do granito que poderá existir quase que indefinidamente se permanecer no meio em que foi gerado, onde as pressões e temperaturas são mais elevadas do que as reinantes na superfície da terra. Ao ser trazido à superfície, onde as condições ambientais são diferentes, começará a se alterar.

Certas rochas pouco consistentes, como alguns arenitos e sedimentos argilosos, apresentam maior resistência à meteorização do que as eruptivas. É que se encontram em estado de equilíbrio muito maior do que estas, pelo fato de resultarem de rochas preexistentes e, portanto, terem sido formadas em condições ambientais bastante parecidas com as encontradas na superfície da terra ou próximo dela.

Algumas rochas cristalinas são constituídas de minerais facilmente alteráveis em presença da água, como ocorre com as ferromagnesianas. Outras, como os arenitos, mais ou menos silicificados, resistem melhor à meteorização em função da presença do quartzo, um dos minerais mais estáveis da natureza.

5 — FATORES QUE INFLUEM NA METEORIZAÇÃO

Existem, pelo menos, cinco fatores que influem na meteorização: elementos climáticos, natureza da rocha, topografia, ação biológica e tempo.

5.1 — Elementos climáticos

Os principais elementos climáticos — temperatura e umidade — vão determinar a velocidade da meteorização e o predomínio do processo físico ou químico.

5.2 — Natureza da rocha

Compreende as características químicas (composição mineralógica) e físicas (dureza, textura, permeabilidade, juntas, planos de acamamento, falhas, fraturas, minúsculas fraturas entre os grãos etc.) das rochas. Tanto as características químicas quanto as físicas determinam, em grande parte, a sensibilidade das rochas aos processos físicos ou químicos de meteorização.

5.3 — Topografia

Influi na extensão da exposição da superfície rochosa, declividade da mesma, bem como sobre outros fatores, como a quantidade e o tipo de precipitação, temperaturas, e, indiretamente, no caráter e densidade da vegetação.

5.4 — Ação biológica

A vegetação exerce influência sobre o tipo e velocidade da meteorização, determinando a extensão do afloramento rochoso e a quantidade da matéria orgânica decomposta, da qual podem derivar o dióxido de carbono e ácidos húmicos.

A ação da fauna compreende a atividade de animais como minhocas, formigas, cupins e vários roedores que, afofando o solo, facilitam a penetração do ar e da água que intervêm na decomposição química.

5.5 — Tempo

O maior ou menor grau de alteração da rocha depende, basicamente, do tempo de duração da ação dos fatores.

6 — PROCESSOS DE METEORIZAÇÃO

Os fatores que influem na meteorização são vários e atuam de formas diversas. A essas diferentes maneiras de operar dá-se o nome de *processos*, que podem ser físicos ou mecânicos e químicos. Atuando na superfície da terra ou próximo a ela, ocasionam a alteração da rocha, ou seja, sua meteorização ou intemperismo. Embora os processos possam ser considerados isoladamente, agem, na maioria das vezes, em estreita cooperação. Nas diáclases, por exemplo, onde poderia haver processos de hidrólise, oxidação e carbonatação, os produtos resultantes, ao aumentarem de volume, produzem fenômenos físicos que conduzem à fragmentação de blocos rochosos.

Os *processos de meteorização* podem ser divididos em dois grupos: *físicos ou mecânicos*, responsáveis pela fragmentação das rochas; e *químicos*, responsáveis pela decomposição de alguns ou de todos os minerais da rocha.

6.1 — Processos físicos ou mecânicos

6.1.1 — *Expansão e contração térmicas*

A expansão e contração térmicas constituem um processo determinado pelo aquecimento e resfriamento repetidos da rocha em função das variações de temperatura.

As rochas são constituídas por minerais de diferentes coeficientes de dilatação que tendem a se expandir com o calor e a se contrair com o frio. Quando a massa rochosa é submetida a essa alternância, aquecimento-resfriamento, pode se fraturar. Para que isso aconteça é preciso, que o fenômeno se repita sucessivamente durante séculos, a fim de que os minerais componentes da rocha atinjam o estado de fadiga.

Esta matéria é, ainda, motivo de controvérsia quanto à eficácia das variações de temperatura como determinante do intemperismo físico. Experiências feitas em laboratório, no sentido de demonstrar a eficácia dessas oscilações térmicas resultaram negativas, pois, além de ser quase impossível medir-se experimentalmente a repetição de tais variações a longo prazo, as condições da natureza tornam-se também praticamente impossíveis de serem reproduzidas em laboratório. Especialistas afirmam que a presença da água é essencial nesse processo e que, portanto, algumas parcelas desse intemperismo é na realidade, mais químico do que físico.

Monkhause distingue: a *desintegração em bloco* (*block disintegration*), ou seja, o destacamento em numerosos blocos, determinado pelo alargamento das juntas das rochas em função da expansão e contração sucessivas, decorrentes da amplitude diurna muito marcada em regiões secas. Os blocos que se desintegram ao longo das juntas podem ser posteriormente arredondados pela esfoliação (*exfoliation*) — descamamento da rocha produzido pela separação da camada externa da camada interna que mantém temperatura mais baixa. Uma massa isolada de rocha pode ser arredondada e formar um domo de esfoliação (*exfoliation dome*); e, finalmente, os *fragmentos angulosos* (*angular fragments*) produzidos pela fragmentação das rochas heterogêneas (constituídas de minerais de diferentes coeficientes de dilatação), especialmente as de grânulos grossos, dilatações essa que determina fraturas na rocha, em função de resfriamento súbito da massa rochosa quando submetida a aguaceiros ocasionais que, nas regiões desérticas, podem atingir temperaturas relativamente muito baixas. Este autor discute a eficácia da alternância aquecimento-resfriamento como determinante da meteorização física. Para ele a *meteorização esferoidal* (*spheroidal weathering*) resulta de atividade química e seus efeitos são análogos aos da esfoliação (*exfoliation*). Rochas como o basalto são afetadas e, em função da expansão determinada pela água e reações químicas, cascas (*shells*) externas são desprendidas da rocha. A presença de diáclases facilita a velocidade desse fenômeno e os blocos tornam-se cada vez mais arredondados à medida que cada casca se desprende.

Segundo Thornbury, existe pouca evidência para se afirmar categoricamente que o fenômeno conhecido como *esfoliação em massa* (*mass exfoliation*) resulte da expansão e contração térmicas. Cita este autor que os estudos de Chapman e Greenfield sobre os processos envolvidos na formação de matações esferoidais (*spheroidal boulders*) mostraram que as cascas que lascaram continham muitos minerais secundários, como caolinita, sericita, montmorinolita e clorita, donde concluíram que o descamamento esferoidal (*spheroidal scaling*) resultou, em grande parte, da oxidação e hidratação dos minerais que continham silicato. Thornbury, apoiado nas conclusões de Blackwelder, menciona que as oscilações térmicas podem, no entanto, ser significativas na *esfoliação granular* ou *desintegração* (*granular exfoliation* ou *disintegration*) das rochas constituídas de minerais de diferentes coeficientes de dilatação pela expansão e contração dos minerais componentes da rocha, individualmente.

Para Garner a *esfoliação (exfoliation)* — separação das cascas externas da rocha da parte interna — e a *desintegração granular (granular disintegration)* — separação dos grãos de uma rocha, individualmente — constituem duas das mais importantes expressões da meteorização das superfícies rochosas nuas. No entanto, diz Garner, como ambos os fenômenos são conhecidos de uma variedade de climas, entre o úmido e o árido, não se pode afirmar que um ou outro caracterize um ambiente particular, mas existem certas evidências de que a atividade química também está presente.

Penteado afirma que somente a *desagregação granular* (soltamento dos grãos da estrutura original) é resultante da expansão e contração térmicas determinadas pelas oscilações diárias de temperaturas, especialmente em climas semi-áridos.

Segundo Leinz, a *esfoliação esferoidal* é determinada pela alternância sucessiva aquecimento-resfriamento de qualquer tipo de rocha, desde que seja homogênea quanto à resistência e contenha três direções de juntas aproximadamente perpendiculares. O maior aquecimento se dará, inicialmente, nos vértices, em seguida nas arestas e, finalmente, no meio da face, o que resulta num maior desgaste, respectivamente, nesses locais, determinando a formação de sólidos esféricos denominados matacões de esfoliação. Entretanto, diz o autor, a esfoliação esferoidal decorre mais de processo químico do que físico, pois é mais comumente verificada abaixo da superfície, onde a variação de temperatura é impossível. A esfoliação, neste caso, é conseqüência da decomposição química das rochas que apresentam fraturas dispostas ortogonalmente nos três planos do espaço. A decomposição química se dá, também, mais facilmente nos vértices e nas arestas, resultando, como no processo físico, formas arredondadas que darão origem aos matacões, em função de um desgaste erosivo posterior.

Para Branner, as rochas maciças, quer sejam gnaisses, granitos ou outras cristalinas e homogêneas, estão sujeitas às mudanças de temperatura que se verificam especialmente nas camadas superficiais. O efeito das alternâncias de temperatura (resultando em expansão e contração) determina a desintegração das rochas e sua esfoliação, dando lugar ao aparecimento de matacões de decomposição e arredondando morros e montanhas. Quando extensas superfícies de granito ficam expostas aos raios solares, a expansão faz com que grandes lâminas ou cascas de muitos centímetros de espessura se desprendam da massa inferior mais fria. Branner cita como exemplos os cones de granito do Rio de Janeiro, de Paquetá e de Vitória, cujas formas arredondadas devem-se a esse processo de descamamento e esfoliação. Outros blocos de decomposição ou matacões são os existentes nas Furnas da Tijuca (RJ). As mudanças de temperaturas sobre blocos de vários tamanhos produzem massas aproximadamente arredondadas. As lâminas ou cascas com espessuras desde poucos centímetros até muitos metros e as lâminas grossas podem ser divididas em outras mais finas, mas a separação é sempre paralela à laminação grossa. Nas encostas de vários picos do Rio de Janeiro aparecem arestas livres das grandes cascas que foram separadas, e essas fendas são utilizadas para a extração de blocos das pedreiras.

Strahler menciona que, embora a eficácia do aquecimento-resfriamento na desintegração da rocha ainda não esteja bem elucidada, talvez constitua um processo importante de meteorização física. As contrações e expansões térmicas alternadas decorrentes de intenso aquecimento da rocha durante o dia e resfriamento à noite poderão desenvolver fraturas mesmo nas rochas mais duras, que poderão tomar a forma de *cascas de esfoliação (exfoliation shells)*. A esfoliação, fenômeno também co-

nhecido como lascamento (*spalling*), corresponde à separação de cascas curvas da massa rochosa, sucessivamente, deixando atrás corpos esféricos menores. As fraturas que poderão ainda determinar a *desintegração granular* (*granular disintegration*) — separação dos grãos componentes da rocha, individualmente — verificam-se em rochas de grana grossa, produzindo material grosseiro. Segundo este autor, os *blocos de junta* (*joint blocks*) angulosos podem dar origem a matacões (*boulders*) ovalados ou arredondados em função da hidrólise do granito, acompanhada de desintegração granular e alguma esfoliação em escamas finas. Essas formas são muito comuns em regiões áridas, em decorrência da presença de certa umidade e ausência de vegetação. A hidrólise em rochas ígneas básicas de grana fina, como o basalto, produz, normalmente, cascas concêntricas finas (*concentric shells*), ou seja, uma esfoliação em pequena escala, denominada *meteorização esférica* (*spheroidal weathering*). Esses dois últimos casos resultam basicamente da atividade química.

6.1.2 — Congelamento

A expansão decorrente do congelamento da água produz grandes forças. Ao congelar, a água se expande cerca de 10% do seu volume, exercendo, assim, uma força expansiva que pode atingir o máximo na temperatura de -22°C , o que resulta numa pressão de 2.100 kg/cm^2 . Esta alternância gelo-degelo constitui um dos processos mecânicos mais eficazes no quebramento das rochas.

Todas as rochas contêm certa umidade. As rochas sedimentares estão mais sujeitas a esta influência pela maior quantidade de água que encerram. Quanto maior o número de poros preenchido pela água, maior sua ação destrutiva.

Quando a rocha é muito porosa, podendo absorver grande quantidade de água, fica sujeita à *desintegração granular* (*granular disintegration*). A água não ocorre somente entre os interstícios dos grãos, mas também nas juntas, fendas, ao longo dos planos de acamamento etc., áreas de fraqueza que facilitam o aceleração do fenômeno.

Em climas frios o crescimento de cristais de gelo (*gelivação*) determina o afastamento das paredes rochosas produzindo lascas (*cunhas de congelamento*) e fragmentos. Mesmo as rochas maciças podem ser fragmentadas pelo crescimento desses cristais. Onde o solo se congela tende a formar camadas de gelo paralelas à superfície, provocando seu soerguimento de forma irregular.

O congelamento da água afeta o solo e as rochas nas regiões de média e alta latitudes, onde o inverno é rigoroso. Seu efeito, porém, é mais acentuado nas altas montanhas, acima da linha de vegetação, onde a água de degelo satura as rochas durante o dia e congela durante a noite, produzindo sua fragmentação em *blocos angulosos* (*angular blocks*). O fato decorre da grande irradiação determinada pela ausência de vegetação e pela pequena umidade relativa, produzindo maior abaixamento de temperatura.

Uma superfície coberta de blocos angulosos é denominada mar de pedra (*felsenmeer*) ou campo de matacões (*boulder field*) ou ainda *canchales*. Esses matacões atestam a velocidade dos processos meteóricos em altitudes elevadas e muitos possuem forma esférica resultante da esfoliação de blocos de rochas maciças.

6.1.3 — *Cristalização de sais*

A cristalização e expansão de sais constituem um dos processos mecânicos de meteorização que determina a fragmentação da rocha.

Em climas áridos e semi-áridos os sais solúveis não são lixiviados pelas águas, pois a precipitação pluviométrica é insuficiente. São trazidos à superfície pela pouca água que ocasionalmente é precipitada e que sobe novamente à superfície pela ação da capilaridade. Com a evaporação da água os sais são cristalizados e se acumulam em diáclases ou nos poros das rochas, tendendo a aumentar as fendas em função do esforço por eles produzido. A repetição secular do fenômeno faz com que as rochas se desagreguem lentamente.

A força expansiva desses cristais é capaz, por exemplo, de produzir a *desintegração granular* (*granular disintegration*) de arenitos que se esmigalham, dando lugar ao aparecimento de areia que pode ser removida pelo vento e chuva. O *descamamento* (*scaling*) de superfícies rochosas, em função da força expansiva dos cristais de sais, é denominado *exsudação* (*exsudation*) por Thornbury.

Segundo Pentead, a desagregação mecânica das rochas pela cristalização de sais é precursora do intemperismo químico, pois as prepara para este.

6.1.4 — *Liberação de carga*

A liberação de carga deriva do alívio de pressão quando a massa rochosa é trazida à superfície da terra pela remoção da parte externa. Assim, ela se expande em volume e grandes cascas são separadas da parte subjacente do material rochoso. Segundo Strahler, as novas superfícies de fratura, denominadas de *estrutura em folhas* (*sheeting structure*), ocorrem mais facilmente em rochas maciças, como o granito e o mármore, pois em rochas que possuem juntas muito próximas (*jointed rocks*) a expansão dar-se-ia entre os blocos. As folhas (*sheets*) ou cascas (*shells*) produzidas pela liberação de carga são geralmente paralelas à superfície topográfica. A estrutura em folha, cita Strahler, pode ser bem observada em pedreiras e facilita em muito o desmonte das mesmas. Refere o autor que quando a estrutura em folha (*sheeting structure*) se forma sobre um grande bloco isolado de rocha maciça produz um *domo de esfoliação* (*exfoliation dome*), como no caso dos domos do parque Yosemite (Califórnia, E.U.A.), onde a espessura das cascas pode atingir de 6 a 15 metros. Segundo o autor, outros domos que não possuem cascas, como o Pão-de-Açúcar (RJ) e a Stone Mountain (Georgia, E.U.A.), não são verdadeiros domos de esfoliação, porém resultam da desintegração granular (*granular disintegration*) de um único bloco de rocha ígnea intrusiva de grana grossa que não possui juntas.

Monkhause, da mesma forma, considera a liberação de carga ou liberação de pressão (*unloading* ou *pressure release*) processo físico de meteorização, permitindo que a massa rochosa subjacente se expanda, formando novas juntas (*joints*) curvilíneas e determinando o soltamento de cascas (*rock shells*), o que refere como processo de folheamento (*sheeting*). Os granitos pouco diaclasados, menciona o autor, parecem ser mais propensos a este fenômeno, e cita como exemplo os domos do vale Yosemite (Califórnia, E.U.A.) como resultantes desse fenômeno.

Thornbury menciona que a expansão ou dilatação acompanhada da liberação de carga (*unloading*), principalmente nas rochas ígneas, formadas a grandes profundidades, determina o desenvolvimento de fraturas em grande escala, grosseiramente paralelas à superfície topográfica. Acredita-se, continua Thornbury, que a estrutura em folhas (*sheety*

structure) em rochas granitóides foi assim produzida e que a liberação de carga de rochas formadas a profundidades consideráveis pode ter contribuído acentuadamente para a formação de grandes monólitos, como a Stone Mountain (Georgia, E.U.A.), freqüentemente denominados domos de esfoliação (*exfoliation domes*). Esses domos constituem matacões esferoidais (*spheroidal boulders*) em grande escala. O autor cita as conclusões de Matthes de que a *esfoliação concêntrica* (*concentric exfoliation*), particularmente característica de muitos domos do parque Yosemite (Califórnia, E.U.A.), resultou da expansão determinada pelo alívio de carga (*relief of load*) e que o exame microscópico da rocha mostrou que a expansão foi mecânica em natureza e não consequência da hidratação ou de quaisquer mudanças químicas. As cascas de esfoliação (*exfoliation shells*) podem medir centenas de metros em horizontalidade.

Penteado denomina esfoliação ou acebolamento o processo resultante de expansão diferencial por alívio de pressões externas. Diz a autora que sua gênese está ligada tanto aos processos mecânicos quanto aos químicos que provocam alívio da carga interna da rocha, com expansão e destacamento de lascas. O fenômeno se verifica em blocos maciços, como certos tipos de arenito ou de granito pouco diaclasados, produzindo o destacamento de lascas ou chapas paralelas à superfície do bloco, formando camadas concêntricas. Refere Penteado que a esfoliação raramente atinge profundidades superiores a uma dezena de metros, pois o peso das rochas sobrejacentes impede a expansão em maiores profundidades. "A expansão provocada por diminuição de pressão e alívio de carga decorre de processos meteóricos atacando a integridade da rocha de fora para dentro, e nesse caso o processo é efeito do intemperismo, como também é causa de um processo de desagregação mecânica — a esfoliação."

Para Lobeck as rochas podem ser quebradas mecanicamente por alívio de pressão (*relief of pressure*) em virtude da remoção, por erosão, das massas montanhosas, sendo comumente impossível atribuir-se a esse fenômeno a presença de quaisquer juntas. Em pedreiras, diz o autor, os blocos de granito se quebram e se lascam provavelmente em consequência do alívio de pressão pelo desmonte das mesmas.

6.1.5 — Ação da vegetação

A desagregação mecânica produzida pela vegetação está relacionada à penetração e expansão das raízes que produzem uma grande força à medida que crescem, alargando as fendas e rachaduras das rochas. Plantas novas que nascem nas fendas das rochas separam-nas à proporção que crescem, atuando como cunha. Onde o solo é pouco espesso, as raízes freqüentemente penetram abaixo das camadas das rochas e essas são erguidas das camadas inferiores à medida que as plantas se desenvolvem. A profundidade alcançada pelas raízes varia muito, dependendo das espécies. Em regiões semi-áridas a penetração é provocada pela aridez superficial do solo; a planta é obrigada a buscar umidade e alimento a grande profundidade. A pressão determinada pelo aumento da espessura das raízes pode provocar a desagregação de uma rocha, desde que a mesma possua fendas por onde possam penetrar e desde que sua resistência não seja muito grande.

6.2 — Processos químicos

A meteorização química determina mudanças nas propriedades químicas dos minerais componentes das rochas, produzindo novos minerais

mais adaptados às condições de temperatura e pressão, relativamente mais baixas, existentes na superfície da terra.

Não existe praticamente próximo à superfície terrestre um material perfeitamente impermeável. A primeira condição para a decomposição é a presença da água. Nas regiões úmidas esta ocorre em abundância, mas, mesmo em áreas desérticas, ocorrem chuvas ocasionais e, embora a evaporação seja rápida, alguma água penetra na rocha. Por vezes a umidade relativa num deserto é alta, resultando em pesado orvalho que possibilita a penetração da água numa rocha permeável. O abaixamento da temperatura à noite provoca a condensação e a água, ao penetrar nas rochas, pode levar oxigênio e gás carbônico dissolvidos, que atuam sobre os minerais.

Os processos de decomposição podem ser classificados de acordo com a natureza da reação que predomina. Vale lembrar que, embora essas reações possam ser consideradas individualmente, duas ou mais operam simultaneamente, à medida que a rocha se intemperiza. As principais reações químicas são:

6.2.1 — *Carbonatação*

Consiste, fundamentalmente, na união do ácido carbônico com as bases, formando os carbonatos. Das reações ácidas que afetam os minerais constituintes das rochas, talvez a mais importante seja a causada pelo ácido carbônico formado quando o dióxido de carbono é dissolvido no solo pela água de percolação. O calcário (formado de calcita) — carbonato de cálcio — é muito sensível a este ataque. A ação do ácido carbônico sobre o calcário produz o bicarbonato de cálcio, sal que é dissolvido rapidamente.

6.2.2 — *Oxidação*

Quando qualquer elemento da rocha, como o ferro, manganês etc., se combina com o oxigênio, oxida-se. Os resultados da oxidação são mais comumente verificados quando a rocha contém ferro. A superfície de meteorização da rocha, nesse caso, apresenta uma coloração amarelada ou marrom. O estado ferroso no qual o ferro é mais comumente encontrado passa para o estado férrico. A oxidação dos minerais por oxigênio gasoso ocorre pela ação intermediária da água.

6.2.3 — *Redução*

Em certas jazidas metalíferas a ação do gás sulfídrico determina o fenômeno de redução por ser substância altamente redutora. Pode-se formar o ácido sulfídrico e também o hidrogênio nascente, outra substância de grande poder redutor, que, atacando o sulfato de cálcio dos sedimentos, forma água e sulfeto de cálcio que se transforma, posteriormente, em hidróxido e depois em carbonato de cálcio.

6.2.4 — *Hidratação e hidrólise*

Certos minerais possuem a propriedade de absorver a água e depois se expandir, estimulando, assim, a desintegração da rocha que os contém. O processo de hidratação envolve a absorção da água, convertendo, por exemplo, a anidrita (sulfato de cal anidro natural) em gipso (sulfato de cálcio hidratado). A conversão de hematita em limonita também envolve este processo. Estas duas reações são exotérmicas e facilmente

reversíveis sob a aplicação de calor, o que indica que não houve mudança química. Trata-se, pois, de um fenômeno físico ou mecânico.

A hidrólise é um fenômeno ou reação química e envolve a formação de hidróxila, sendo muito comum na meteorização dos feldspatos e micas.

6.2.5 — *Dissolução*

Os minerais carbonatados e bicarbonatados são mais comumente solúveis. Mesmo certos minerais considerados insolúveis podem passar, lentamente, para solução coloidal como, por exemplo, quando o feldspato se quebra em colóides e forma, em última análise, os minerais argilosos. A dissolução deve ser considerada como um processo físico, pois não muda a estrutura íntima da matéria.

6.2.6 — *Decomposição bioquímica*

Os agentes orgânicos produzem ou apressam a decomposição dos minerais e das rochas. A vegetação que primeiro se instala numa rocha é constituída por organismos inferiores que extraem sua alimentação diretamente dos minerais frescos, atacando a rocha e, portanto, alterando-a. Estes organismos são as bactérias, algas, fungos e, principalmente, os líquens. As bactérias atacam quimicamente a rocha através do ácido nítrico que sintetizam a partir do nitrogênio atmosférico. Os líquens crustáceos (plantas pioneiras) que se fixam à rocha agem mecanicamente através de rizóides e, quimicamente, pela eliminação de ácidos húmicos. Graças a estas plantas pioneiras criam-se condições (proto-solo) para a instalação de outros tipos de líquens mais exigentes. Os líquens crustáceos podem se fixar nas rochas mais duras, e rochas mais friáveis, como o calcário, podem ser corroídas por líquens que penetram em seu interior. Certos líquens são capazes mesmo de atacar o quartzo. Quando a desagregação da rocha atinge alguns milímetros, a atividade dos primeiros líquens se detém, pois a rocha se encontra muito separada para que possam penetrar mais com seus rizóides e extrair a alimentação. Instalam-se, então, os líquens foliáceos capazes de penetrar até alguns centímetros na rocha. Etapas subseqüentes são constituídas pelo estabelecimento de plantas mais exigentes. A partir da ação mais eficaz destas plantas, criam-se condições (solo) para a instalação de vegetais superiores que são as plantas vasculares com raízes.

As raízes das plantas atacam as rochas tanto mecânica quanto quimicamente. As extremidades das raízes em crescimento, quando em contato direto com rochas e minerais, decompõem parte da matéria mineral que é atacada por vários ácidos segregados pelas raízes. Além disso, todas estas, ao se decomporem, produzem ácidos orgânicos que atacam as rochas. Os tecidos mortos das plantas servem também de alimento a numerosos microrganismos. A matéria orgânica constituída pelos resíduos vegetais (raízes e parte aérea) e animais (inclusive os excrementos) em diferentes estados de decomposição ocorre no solo em relação íntima com os minerais. O material orgânico bem decomposto, transformado por via biológica, ocorrendo em estado coloidal, é denominado húmus ou humo.

A atividade de vários animais, como minhocas, cupins, formigas e roedores que perfuram e escavam a terra, influi na meteorização química, determinando o afofamento do solo e facilitando a penetração do ar e da água que vão agir na decomposição da rocha.

7 — CONSIDERAÇÕES GERAIS

Em português os termos meteorização e intemperismo são empregados indistintamente, embora alguns autores preferam o primeiro por melhor corresponder ao inglês *weathering*.

Certos especialistas consideram não existir limite definido entre erosão e meteorização. Para uns a meteorização é condição *sine qua non* para que se processe a erosão, enquanto para outros a última pode ocorrer sem a primeira. Outro limite difícil de ser estabelecido precisamente é aquele entre a meteorização e a diagênese.

Alguns estudiosos do assunto consideram a meteorização um processo *in situ*, enquanto outros admitem o transporte em pequena escala.

A própria classificação dos processos meteóricos ainda não está totalmente uniformizada. Não existe também unanimidade em alguns pontos do fenômeno meteorização, principalmente no que respeita à eficácia da expansão e contração térmicas como processo de intemperismo físico. Vários especialistas acreditam que parte desse intemperismo seja, na realidade, mais químico do que físico.

Para Strahler a esfoliação (*exfoliation*), que também denomina lascamento (*spalling*), pode resultar tanto de processo físico quanto químico. As fraturas decorrentes do aquecimento-resfriamento sucessivos da rocha podem tomar a forma de cascas de esfoliação (*exfoliation shells*); a esfoliação em escamas finas (*thin scales*) é um dos componentes na formação de matacões (*boulders*); a hidrólise de rochas ígneas básicas de grana fina comumente resulta em esfoliação em pequena escala (*small-scale exfoliation*), do tipo meteorização esferoidal (*spheroidal weathering*), produzindo cascas finas concêntricas (*thin concentric shells*); a estrutura em folhas (*sheeting structure*), determinada pela liberação de carga (*unloading*), é uma forma de esfoliação em grande escala, e quando esta estrutura se desenvolve sobre um grande corpo de rocha maciça produz domos de esfoliação (*exfoliation domes*).

Para Monkhouse a esfoliação (*exfoliation*) pode resultar do aquecimento-resfriamento sucessivos da rocha e uma massa isolada pode ser arredondada e formar um domo de esfoliação (*exfoliation dome*). Este autor também considera domos as grandes massas rochosas do parque Yosemite; esses, porém, resultantes, provavelmente, da liberação de carga que determina a formação de cascas curvas (processo de laminação — *sheeting*). A meteorização esferoidal (*spheroidal weathering*) apresenta efeitos análogos à esfoliação (*exfoliation*), porém é determinada pela atividade química.

Thornbury considera que não se pode afirmar que os matacões esferoidais (*spheroidal boulders*) resultem do aquecimento-resfriamento sucessivos da rocha. Refere o autor que o descamamento esferoidal (*spheroidal scaling*) apresentado decorre, provavelmente, da ação química. A esfoliação concêntrica (*concentric exfoliation*), no entanto, apresentada por grandes domos, é consequência da liberação de carga (*unloading*).

Segundo Leinz, a esfoliação esferoidal, determinando a formação de matacões de esfoliação, pode resultar tanto de processo físico quanto químico.

Branner afirma que a esfoliação e descamamento resultam das variações de temperatura, dando lugar ao aparecimento de matacões de esfoliação e mesmo arredondando morros e montanhas.

Guerra indica que os matacões ou *boulders* são produzidos pela esfoliação em casca de cebola ou desagregação cortical e resultam dos efeitos térmicos acompanhados de hidratação.

Para Penteadado a esfoliação ou acebolamento é processo decorrente da expansão diferencial por alívio de pressões externas.

A desintegração granular para Strahler, (*granular disintegration*), Garner (*granular disintegration*), Thornbury (*granular exfoliation* ou *disintegration*) e Penteadado resulta da expansão térmica. Monkhouse denomina processo de desintegração granular aquele conseqüente do congelamento (*frost*) em rochas porosas e Strahler atribui também a desintegração granular à força expansiva dos cristais de gelo atuando em arenitos.

A ação dos vegetais superiores no processo de meteorização física é considerada, por alguns autores, de grande importância e, por outros, pouco significativa. Para Tricart & Cailleux a meteorização é processo físico-químico em primeira instância e, por definição (convencionado), está eliminada a atuação dos seres vivos. No entanto, dizem os autores, como não existe nenhum meio natural de onde a vida seja totalmente excluída, a meteorização comporta, necessariamente, uma parte das ações biológicas.

No caso das reações químicas, alguns autores definem a hidratação e hidrólise como sinônimos, enquanto outros distinguem os dois fenômenos. A dissolução, embora alguns autores considerem um fenômeno químico, é, em realidade, físico, pois não muda a estrutura íntima da matéria.

Christofolletti utiliza uma terminologia distinta na classificação da meteorização física: termoclastia, crioclastia e haloclastia.

Como se pode verificar, portanto, através da observação de vários autores, a meteorização é ainda, em alguns pontos, matéria controversa; a terminologia não está inteiramente uniformizada e há pontos de vista distintos na interpretação de um mesmo fenômeno.

CHEBATAROFF (Meteorización)	CHRISTOFLETTI	HOLMES	LEINZ (Intemperismo)	LOBECK (Weathering)	MONKHAUSE (Weathering)	PENTEADO	STRAHLER (Weathering)	THORNBURY (Weathering) (Segundo Reiche)
<p>1. METEORIZAÇÃO FÍSICA</p> <p>a) Mudanças de temperatura (sazonais, diurnas e momentâneas).</p> <p>b) Aquecimento determinado pelo fogo dos incêndios artificiais ou naturais e pelo efeito dos raios e outras causas secundárias.</p> <p>c) "Clastação" devido a congelação da água nas fendas e nos poros das rochas, por dilatações e contrações do gelo e pela força expansiva devido a cristalização de certos sais.</p> <p>d) Impacto produzido pelas gotas de chuva e pelo granizo, e o causado pelos materiais que rolam encosta abaixo devido a força da gravidade. Os efeitos produzidos pelas partículas arrastadas pela água, gelo, vento e ondas constituem fenômenos típicos de erosão, mais que de meteorização.</p> <p>e) Dissolução simples levada a cabo pela água sobre determinados minerais.</p> <p>2. METEORIZAÇÃO QUÍMICA</p> <p>a) Absorção da água por colóides.</p> <p>b) Silificação e dessilificação, assim como todos os fenômenos relacionados com estes processos.</p> <p>c) Hidratação, carbonatação e oxidação.</p> <p>3. METEORIZAÇÃO DEVIDO AOS ORGANISMOS</p> <p>a) Ações bacterianas, principalmente de ordem química.</p> <p>b) Trabalho dos vegetais.</p> <p>c) Ação dos animais.</p> <p>4. FENÔMENOS CORRELATIVOS</p> <p>a) Processo de edafização.</p> <p>b) Deslizamento de rochas determinadas principalmente pela meteorização e ação da gravidade.</p>	<p>1. METEORIZAÇÃO FÍSICA</p> <p>a) Termoclastia (oscilações do calor entre o dia e a noite).</p> <p>b) Cricoclastia (alternância gelo-degelo).</p> <p>c) Haloclastia (cristalização e estufamento dos sais).</p> <p>2. METEORIZAÇÃO QUÍMICA E BIOQUÍMICA</p> <p>a) Dissolução.</p> <p>b) Oxidação.</p> <p>c) Hidratação.</p> <p>d) Formação de carbonatos.</p>	<p>1. MUDANÇAS FÍSICAS OU MECÂNICAS</p> <p>a) Desintegração por mudanças de temperatura.</p> <p>b) Desintegração por congelamento.</p> <p>c) Ação dos animais e plantas (mecânica e química).</p> <p>2. DECOMPOSIÇÃO QUÍMICA</p> <p>a) Dissolução.</p> <p>b) Oxidação.</p> <p>c) Hidratação.</p> <p>d) Formação de carbonatos.</p>	<p>1. DESINTEGRAÇÃO FÍSICA</p> <p>a) Variação da temperatura.</p> <p>b) Cristalização de sais.</p> <p>c) Congelamento.</p> <p>d) Agentes físico-biológicos.</p> <p>2. DECOMPOSIÇÃO QUÍMICA</p> <p>a) Decomposição por oxidação.</p> <p>b) Decomposição pela redução.</p> <p>c) Decomposição por hidratação e hidratação.</p> <p>d) Decomposição pelo ácido carbônico</p> <p>e) Dissolução.</p> <p>3. DECOMPOSIÇÃO QUÍMICO-BIOLÓGICA</p>	<p>1. MUDANÇAS MECÂNICAS (Mechanical changes)</p> <p>a) Mudanças de temperatura (temperature changes).</p> <p>b) Força expansiva do gelo (expansive force of ice).</p> <p>c) Ação das plantas e animais (action of plants and animals).</p> <p>d) Alívio de pressão (relief of pressure).</p> <p>2. MUDANÇAS QUÍMICAS (Chemical changes)</p> <p>a) Hidratação (hydration)</p> <p>b) Oxidação (oxidation)</p> <p>c) Carbonatação (carbonation)</p> <p>d) Dessilificação (desilication)</p>	<p>1. METEORIZAÇÃO MECÂNICA (Mechanical weathering)</p> <p>a) Mudanças de temperatura (changes of temperature).</p> <p>b) Congelamento (action of frost).</p> <p>c) Liberação de carga (unloading).</p> <p>2. METEORIZAÇÃO QUÍMICA (Chemical weathering)</p> <p>a) Solução (solution).</p> <p>b) Carbonatação (carbonation).</p> <p>c) Hidrólise (hydrolysis).</p> <p>d) Oxidação (oxidation).</p> <p>e) Hidratação (hydration).</p> <p>3. METEORIZAÇÃO BIOLÓGICA OU ORGÂNICA (Biological or organic weathering)</p> <p>Vegetação e animais.</p>	<p>1. INTEMPERISMO MECÂNICO OU METEORIZAÇÃO MECÂNICA</p> <p>a) Expansão diferencial por alívio de pressões externas.</p> <p>b) Crescimento de cristais estranhos a rocha:</p> <p>— expansão decorrente do congelamento;</p> <p>— expansão decorrente da cristalização de sais.</p> <p>c) Expansão e contração térmica diferencial.</p> <p>d) Ação biológica na meteorização mecânica (ação das raízes).</p> <p>2. INTEMPERISMO QUÍMICO</p> <p>a) Hidrólise.</p> <p>b) Oxidação.</p> <p>c) Carbonatação.</p> <p>d) Solução e hidratação.</p> <p>e) Quelação.</p>	<p>1. PROCESSOS FÍSICOS OU MECÂNICOS (Physical or mechanical processes)</p> <p>a) Crescimento e derretimento de cristais de gelo (growth and melting of ice crystals).</p> <p>b) Crescimento de cristais de sal (growth of salt crystals).</p> <p>c) Disjunção (slacking).</p> <p>Expansão e contração de partículas do solo (swelling and shrinking of soils).</p> <p>d) Expansão e contração térmicas.</p> <p>e) Liberação de carga (unloading).</p> <p>f) Ação de cunha das raízes (wedging of plant roots).</p> <p>2. PROCESSOS QUÍMICOS DE METEORIZAÇÃO (Chemical weathering processes)</p> <p>GRUPOS DE MUDANÇAS:</p> <p>a) Mudanças que envolvem a adição de oxigênio e água (addition of oxygen and water).</p> <p>b) Reação de ácidos naturais existentes nas soluções do solo com os minerais das rochas (reaction of natural acids of the soil solution with rock-forming minerals).</p> <p>c) Dissolução de certos sais como evaporitos (certain salts, as evaporites, are readily dissolved).</p>	<p>1. PROCESSOS FÍSICOS DE METEORIZAÇÃO (Physical weathering processes)</p> <p>a) Expansão resultante de liberação de carga (expansion resulting from unloading).</p> <p>b) Crescimento de cristais (gelo e sais) (crystal growth — ice and salts).</p> <p>c) Expansão térmica (thermal expansion)</p> <p>d) Atividade orgânica (organic activity)</p> <p>e) "Força" dos colóides (colloid plucking)</p> <p>2. PROCESSOS QUÍMICOS DE METEORIZAÇÃO (Chemical weathering processes)</p> <p>a) Hidratação e hidrólise (hydration and hydrolysis)</p> <p>b) Carbonatação (carbonation)</p> <p>c) Oxidação (oxidation)</p> <p>d) Solução (solution)</p>

BIBLIOGRAFIA

- BIROT, Pierre. *Tratado de Geografia Física General*. Barcelona. Vicens-Vives, 1962.
- BRANNER, John C. *Geologia Elementar*. Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1915.
- CHEBATAROFF, Jorge. *Mateorización de las Rocas. Boletim de Investigações Geomorfológicas y Geográficas*. Montevideo, 1950.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Geomorfologia*. São Paulo, Edgard Blücher, Ed. Universidade de São Paulo, 1974.
- DE MARTONNE, Emmanuel. *Panorama da Geografia*. Geografia Física, vol. 1. Lisboa, Cosmos, 1953.
- GARNER, H. F. *The Origin of Landscapes*. New York, Oxford University Press, 1974.
- GUERRA, Antônio Teixeira. *Dicionário Geológico Geomorfológico*. Rio de Janeiro, IBGE, 1966.
- HOLMES, Arthur. *Geologia Física*. Barcelona, 3.^a ed. Omega, 1960.
- LEINZ, Viktor & AMARAL, Sergio Estanislau do. *Geologia Geral*. São Paulo, Cia. Editora Nacional, 1962.
- LEINZ, Viktor & LEONARDOS, Othon Henry. *Glossário Geológico*. São Paulo, Cia. Editora Nacional, Universidade de São Paulo, 1971.
- LOPES DA SILVA, Zélia. *Sucessão Vegetal* (inédito).
- LOBECK, A. K. *Geomorphology; An Introduction to the Study of Landscapes*. New York and London, Mc Graw-Hill, 1939.
- MONIZ, A. C. *Elementos de Pedologia*. São Paulo, Ed. Universidade de São Paulo, 1972.
- MONKHAUSE, F. J. *Principles of Physical Geography*. London, University of London Press, 1972.
- PAES LEME, Alberto Betim. *História Física da Terra*. Rio de Janeiro, Briguiet, 1943.
- PENTEADO, Margarida M. *Fundamentos de Geomorfologia*. Rio de Janeiro, Ministério do Planejamento e Coordenação Geral, Fundação IBGE, 1974 (Biblioteca Geográfica Brasileira, Série D; Publicação, 3).
- STRAHLER, Arthur N. *Physical Geography*. 3.^a ed. Columbia University, 1968.
- TRICART, J. & CAILLEUX, A. *Introduction a la Géomorphologie Climatique*. Paris, Société D'Édition D'Enseignement Supérieur, 1965.
- THORNBURY, William D. *Principles of Geomorphology*. New York and London, John Wiley, 1954.
- WEAVER, John E. & CLEMENS, Frederic E. *Ecologia Vegetal*. Buenos Aires, ACME Agency, 1950.