# Glossário

**Aerogeofísica e magnetometria.** Levantamentos geofísicos aéreos medem propriedades físicas do terreno. A magnetometria registra variações do campo magnético que podem revelar litologias e estruturas ocultas.

**Afloramento.** Porção de rocha exposta na superfície, naturalmente ou por escavação, onde contatos, estruturas e minerais podem ser observados diretamente.

**Anatexia e migmatito.** Anatexia é a fusão parcial de uma rocha no interior da crosta. Migmatito é a rocha mista que resulta, com a fração fundida clara, o leucossoma, e o resíduo escuro que não fundiu, o melanossoma ou restito. O epílogo usa a imagem para o próprio livro.

**Antropoceno.** Termo para a transformação planetária produzida pela humanidade. É amplamente usado como conceito; em 2024 a Comissão Internacional de Estratigrafia rejeitou sua formalização como época da escala geológica.

**Astenosfera.** Faixa mais quente e mecanicamente fraca do manto superior, abaixo da litosfera, sobre a qual as placas se deslocam.

**Atlântica.** Paleocontinente paleoproterozoico proposto para reunir Amazônia, Oeste Africano e São Francisco-Congo após as colisões de aproximadamente 2,2 a 1,9 bilhões de anos. Área da ordem de dez milhões de quilômetros quadrados, na classe de grandeza da Laurentia.

**Atualismo.** Princípio que usa processos observáveis no presente para interpretar o passado, sem presumir que taxas, intensidades e condições ambientais tenham permanecido constantes.

**Aulacógeno.** Rifte continental abortado, frequentemente preservado no interior de um continente e passível de reativação ou inversão tectônica posterior.

**BIF.** Formação ferrífera bandada: rocha sedimentar química com camadas ricas em ferro e sílica, comum em oceanos antigos e importante minério de ferro. Em Carajás recebe o nome de jaspilito.

**Break-off.** Ruptura e desprendimento de uma placa subductada. A remoção da carga pode permitir subida de material quente, magmatismo, extensão e abertura de bacias.

**Canga.** Crosta ferruginosa endurecida por intemperismo, comum sobre formações ferríferas de Carajás; protege serras, hospeda cavernas e registra evolução superficial.

**Ciclo de Wilson.** Abertura de um oceano por rifte, expansão, fechamento por subducção e colisão, repetido ao longo da história da Terra; a unidade de repetição da tectônica de placas.

**Ciclos de Milankovitch.** Variações periódicas da excentricidade da órbita (cerca de cem mil anos), da obliquidade do eixo (quarenta e um mil anos) e da precessão (cerca de vinte e três mil anos), que alteram a distribuição de insolação e modulam o clima.

**Código de barras tectônico.** Sequência de idades de diques, suítes magmáticas, riftes e deformações de um bloco continental, desenhada como linhas numa escala de tempo. Blocos que viveram juntos têm barras iguais; a comparação de códigos é a base das reconstruções continentais.

**Columbia.** Supercontinente paleoproterozoico, também chamado Nuna, cuja montagem principal ocorreu aproximadamente entre 1,9 e 1,8 bilhão de anos.

**Cráton.** Núcleo antigo e relativamente estável de um continente, com-

posto por crosta e litosfera mantélica que sobreviveram a sucessivos ciclos tectônicos.

**Dique e enxame de diques.** Dique é uma lâmina de magma solidificada numa fratura, cortando as rochas em volta. Enxames de diques datados funcionam como linhas do código de barras de um bloco.

**Discordância.** Superfície que separa camadas de idades diferentes e registra um intervalo de erosão ou de não deposição; um hiato no registro.

**Domos e quilhas.** Padrão arqueano em que domos granitoides ascendem entre faixas supracrustais que afundam como quilhas, registrando deformação predominantemente vertical.

**Drip e overturn.** Drip é uma gota densa que afunda da base da crosta ou litosfera; overturn é a reorganização gravitacional mais ampla entre materiais densos e leves.

**Eclogito.** Rocha densa de granada e piroxênio em que o basalto se transforma sob alta pressão. Mais pesada que o manto ao redor, afunda; explica por que crosta oceânica velha e raízes espessas de orógenos caem.

**Equação de Drake.** Produto de fatores (estrelas, planetas, vida, inteligência, tecnologia, duração) usado para estimar quantas civilizações detectáveis existiriam na galáxia. O capítulo 15 a reorganiza como modelo de favorabilidade.

**Escala do tempo geológico.** Sistema hierárquico de éons, eras, períodos e épocas usado para ordenar a história da Terra. Neste livro as idades aparecem em Ga (bilhões de anos) e Ma (milhões de anos).

**Escapolita.** Silicato de estrutura parecida com a do feldspato que guarda cloro em sua rede cristalina. Em Carajás, registra a passagem de salmouras.

**Estromatólito.** Estrutura laminada construída por comunidades microbianas, sobretudo cianobactérias, que prendem sedimento e preci-

pitam carbonato, lâmina sobre lâmina. Os fósseis mais antigos e seguros da vida.

**Evento Sereno.** Deformação intracontinental de aproximadamente 2,01 a 1,96 bilhões de anos que sobrepôs estruturas mais antigas em Carajás após a colisão transamazônica.

**Fácies.** Conjunto de características de uma rocha ou camada (composição, textura, estruturas, fósseis) que registra o ambiente em que se formou. Mudar de fácies é mudar de ambiente.

**Félsico e máfico.** Félsica é a rocha rica em sílica e alumínio, clara e leve (granito, riolito, TTG). Máfica é a rica em magnésio e ferro, escura e densa (basalto, gabro). Os continentes são félsicos; o fundo oceânico, máfico. Ultramáfica é ainda mais rica em magnésio (komatiito, peridotito).

**Fotoferrotrofia.** Fotossíntese anoxigênica que usa ferro ferroso como doador de elétrons e produz ferro oxidado, sem liberar oxigênio como produto.

**Fractal.** Padrão que conserva relações de escala. Sua auto-similaridade pode ser estatística, sem cópia geométrica perfeita, e costuma ser expressa por leis de potência e dimensão fractal. Neste livro, o termo é matemático para populações de falhas e leis de escala e analógico quando estendido à história humana (capítulo 15).

**Geocronologia.** Determinação da idade de rochas, minerais e eventos geológicos, em geral por sistemas isotópicos baseados no decaimento radioativo, como U-Pb em zircão para cristalização e Re-Os em sulfetos para mineralização.

**Gondwana.** Supercontinente do hemisfério sul (América do Sul, África, Índia, Austrália, Antártida) montado por volta de 0,63 a 0,52 bilhão de anos. Sua montagem fechou os braços de rifte do Araguaia.

**Grande Evento de Oxidação (GOE).** Transição em torno de 2,4 bilhões de anos, entre aproximadamente 2,45 e 2,32, em que o oxigênio passou a acumular-se de modo duradouro na atmosfera e nos oceanos super-

ficiais.

**Granito tipo A.** Granito rico em álcalis e flúor, pobre em água, formado em ambiente de extensão intraplaca, não em arco. Em Carajás, os granitos de cerca de 1,88 bilhão de anos.

**Granulito.** Rocha metamórfica de alta temperatura formada na crosta profunda; sua exposição na superfície indica exumação de grande espessura de crosta.

**Hiperextensão.** Estiramento continental extremo, capaz de afinar profundamente a crosta, exumar manto subcontinental e anteceder a abertura oceânica.

**Holoceno.** Época geológica iniciada há cerca de 11.700 anos, após a última glaciação, marcada por relativa estabilidade climática e expansão das sociedades humanas.

**Horizonte.** Camada ou superfície reconhecível, capaz de assinalar um tempo e separar o que veio antes do que veio depois. O prólogo o define por uma perda; o epílogo fala do horizonte humano-máquina.

**Idade da Escolha.** Nome dado no epílogo ao intervalo em que a humanidade passou a prever as consequências de sua ação geológica e, por isso, não agir também virou escolha.

**Idade-modelo.** Idade isotópica inferida a partir de um modelo de evolução e mistura de reservatórios. Não equivale necessariamente à idade direta de cristalização ou mineralização.

**Ingassing.** Incorporação de gases nebulares por um planeta em formação; no livro, é uma das rotas consideradas para introduzir hidrogênio no inventário terrestre.

**IOCG.** Depósito de óxidos de ferro, cobre e ouro, pertencente a sistemas hidrotermais de grande escala e forte alteração das rochas hospedeiras.

**Jaspilito.** Nome dado em Carajás ao BIF, rocha em bandas alternadas de jaspe (sílica com hematita fina) e óxidos de ferro. Protominério das

minas de ferro da serra.

**Kimberlito.** Magma profundo, rico em voláteis, que sobe rapidamente do manto em chaminés estreitas e traz diamantes. Sua ausência conhecida em Carajás é o problema do capítulo 11.

**Komatiito.** Lava ultramáfica muito quente e rica em magnésio, quase exclusiva do Arqueano; testemunha de um manto mais quente que o atual.

**Kostomuksha.** Bacia vulcanossedimentar arqueana da Carélia, Rússia, usada no livro como experimento comparativo para Carajás por reunir ferro, vulcanismo e mineralização em idade semelhante.

**Laurentia.** Grande núcleo continental constituído principalmente pelos crátons da atual América do Norte e da Groenlândia.

**Linha de neve.** Distância do Sol jovem além da qual a temperatura permitia condensar água como gelo no disco protoplanetário, alterando a composição dos corpos que ali se formavam.

**Litosfera.** Camada rígida formada pela crosta e pela parte superior do manto; está fragmentada nas placas tectônicas.

**Margem continental, passiva e ativa.** Margem continental é a borda de um continente, onde a crosta continental passa à oceânica. Passiva quando não há limite de placa ativo, como a costa do Brasil; ativa quando coincide com subducção ou outra interação tectônica intensa, como a costa do Chile.

**Metalogênese.** Estudo da origem, evolução e distribuição dos depósitos minerais no espaço e no tempo, relacionando fontes, fluidos, estruturas, rochas hospedeiras e preservação.

**Metassomatismo e alteração hidrotermal.** Modificação química e mineralógica de uma rocha pela passagem de fluidos, com adição, remoção ou redistribuição de componentes.

**Modelo de favorabilidade.** Mapa que combina camadas de evidência (fonte, energia, caminhos, gradientes, preservação) com pesos para es-

timar onde um sistema mineral tem mais chance de ter formado depósito. Também chamado de modelo de prospectividade. O capítulo 15 leva o método a sistemas planetários.

**Monção e monções.** Monção é o regime de ventos e chuvas sazonais ligado ao aquecimento desigual de terra e mar, modulado pelos ciclos orbitais (capítulo 13). Monções são também as expedições fluviais que, no século XVIII, ligaram São Paulo a Cuiabá, estudadas por Sérgio Buarque de Holanda; o capítulo 14 usa o duplo sentido.

**Monte Carlo.** Método que repete um cálculo milhares de vezes sorteando os valores incertos dentro de faixas, para obter a distribuição dos resultados em vez de um número único.

**Noosfera.** Conceito associado a Vernadsky para a esfera de pensamento, conhecimento e ação técnica que passa a modificar conscientemente a biosfera.

**Oceano de magma.** Camada extensa de rocha fundida produzida por acreção, impactos e diferenciação nos primeiros estágios de um planeta ou satélite.

**Oceano ferruginoso.** Oceano pobre em oxigênio e rico em ferro ferroso dissolvido, condição comum em grande parte do Arqueano e Paleoproterozoico.

**Ofiolito.** Fragmento de litosfera oceânica e manto superior incorporado a um continente durante colisão ou fechamento de oceano.

**Onlap e transgressão.** Onlap é o empilhamento de camadas progressivamente mais jovens sobre uma superfície em direção ao continente, comum durante transgressão marinha ou criação de espaço de acomodação.

**Orógeno e orogenia.** Orogenia é o processo de construção de uma cadeia de montanhas; orógeno é o cinturão deformado e metamorfizado resultante.

**Paleomagnetismo.** Estudo do campo magnético antigo preservado nas rochas, usado para estimar paleolatitudes, rotações e posições re-

lativas de continentes.

**Pangeia.** Supercontinente de cerca de 320 a 180 milhões de anos que reuniu quase toda a terra firme; sua ruptura abriu o Atlântico.

**PGE.** Elementos do grupo da platina: platina, paládio, ródio, rutênio, irídio e ósmio, frequentemente associados a rochas máfico-ultramáficas.

**Pirita.** Sulfeto de ferro (FeS□). No capítulo 5, é o produto final da reação entre ferro dissolvido e sulfeto, que retira os dois do mar e os guarda no sedimento.

**Placa rasa (flat slab).** Trecho de placa subductada que avança em ângulo muito baixo sob o continente, afastando ou suprimindo o arco magmático e hidratando grande área do manto litosférico.

**Plataforma.** Área continental estável, rasa e extensa, onde o mar deposita camadas pouco deformadas sobre um embasamento antigo. Exige por baixo uma placa fria e flutuante; é o que o capítulo 3 explica como se fabrica.

**Pleistoceno.** Época entre cerca de 2,6 milhões e 11.700 anos atrás, das idades do gelo e da evolução humana; precede o Holoceno.

**Protocrosta.** Crosta inicial, anterior à organização duradoura dos continentes e das placas; pode ser intensamente reciclada e deixar poucos vestígios diretos.

**Quilha cratônica.** Raiz mantélica espessa, fria e quimicamente empobrecida sob um cráton. Favorece estabilidade prolongada e pode preservar diamantes por bilhões de anos.

**Razão D/H.** Razão entre deutério e hidrogênio comum. Funciona como traçador para comparar reservatórios de água e testar possíveis fontes do hidrogênio terrestre.

**Redox.** Conjunto de reações de oxidação e redução que controlam transferência de elétrons, estado químico dos elementos, metabolismo e mobilidade de metais.

**Relações de corte.** Princípio de cronologia relativa: a estrutura, intrusão ou veio que corta outra feição é mais jovem que aquilo que foi cortado.

**Retroarco (back-arc).** Região situada atrás de um arco magmático, onde a dinâmica da subducção pode produzir extensão, magmatismo e bacias.

**Rifte.** Zona em que a litosfera é estirada e fraturada. Pode formar bacias continentais, evoluir para oceano ou abortar e deixar uma fraqueza duradoura.

**Rodínia.** Supercontinente montado aproximadamente entre 1,1 e 0,9 bilhão de anos e fragmentado durante o Neoproterozoico.

**Rollback.** Recuo da zona de subducção e da trincheira à medida que a placa mergulhante se desloca para trás, favorecendo extensão e migração do magmatismo.

**Sagducção.** Afundamento gravitacional de crosta densa e quente em regime de tectônica vertical, acompanhado pela ascensão de materiais mais leves.

**Salmoura.** Água com alta concentração de sais dissolvidos, adquirida por interação com rochas, evaporação ou mistura. Em aquíferos profundos pode ser renovada; não implica um único fluido preservado por eras.

**Sanukitoide.** Granitoide rico em magnésio e potássio que exige um manto previamente enriquecido por fluidos de subducção; marcador de arco antigo em Rio Maria, por volta de 2,87 bilhões de anos.

**Sinéclise.** Grande bacia intracontinental de subsidência ampla e suave, geralmente preenchida por sucessões sedimentares pouco deformadas.

**Sistema hidrotermal.** Circulação de água aquecida por magma ou gradiente geotérmico através de rochas e fraturas, capaz de transportar calor, reagentes e metais.

**Sistema mineral.** Conjunto completo de processos necessários para formar e preservar um depósito: fonte dos componentes, energia, transporte, caminhos, armadilhas, deposição e conservação posterior.

**Subducção.** Mergulho de uma placa litosférica sob outra, levando material e água ao manto e reorganizando magmatismo, deformação e circulação de fluidos.

**Sulfetos de cobre.** Calcopirita (CuFeS□, cerca de 35 por cento de cobre), bornita (Cu□FeS□, 63) e calcocita (Cu□S, 80) formam a escada de teor que o capítulo 9 descreve. Quando um fluido substitui um pelo outro, o minério enriquece.

**Supercontinente.** Massa que reúne a maior parte dos continentes de uma época. Columbia, Rodínia, Gondwana e Pangeia são os bem documentados; no Arqueano houve agregados menores, de contorno incerto, como Vaalbara.

**Sutura.** Zona que marca a união tectônica entre blocos antes separados, em geral após o fechamento de um oceano ou bacia. Pode continuar sendo reativada muito depois.

**Tafrogênese.** Episódio regional de extensão e formação de riftes, falhas e bacias.

**Tecnometamorfismo.** Termo do autor, no epílogo, para a transformação técnica do conhecimento herdado (oralidade, escrita, imprensa, ciência, inteligência artificial), por analogia com o metamorfismo das rochas.

**Tectônica de placas.** Sistema em que placas litosféricas se movem, divergem, convergem e deslizam lateralmente, produzindo oceanos, montanhas, vulcanismo, terremotos e reciclagem de crosta.

**Tectonoestratigrafia.** Leitura que ordena unidades rochosas combinando sua posição estratigráfica com contatos, deformações, intrusões e eventos tectônicos, para reconstruir a sequência de formação e retrabalhamento.

**Terra preta.** Solo escuro e fértil da Amazônia, formado por séculos de

resíduos, carvão e cerâmica das aldeias; marca da ocupação anterior à conquista.

**Terra Rara (hipótese).** Proposta de Ward e Brownlee (2000) de que a vida complexa exige uma combinação rara de condições planetárias. A tese concorrente do manifesto, discutida no capítulo 15.

**Theia.** Nome dado ao protoplaneta que teria colidido com a Terra primitiva e participado da formação da Lua, há cerca de 4,5 bilhões de anos.

**Transamazônico.** Sistema de colisões e orogênese paleoproterozoica. Em Carajás-Bacajá, entre cerca de 2,10 e 2,05 bilhões de anos, amalgamou os blocos, produziu metamorfismo de alto grau, migmatização, magmatismo e empilhamento crustal. É distinto do Evento Sereno, de 2,01 a 1,96 bilhões de anos, e do pulso Uatumã, de cerca de 1,88 bilhão de anos.

**TTG.** Associação tonalito-trondhjemito-granodiorito, dominante em muitos núcleos continentais arqueanos e geralmente relacionada à fusão de crosta máfica hidratada.

**Uatumã.** Magmatismo paleoproterozoico de cerca de 1,88 bilhão de anos, com granitos tipo A e vulcanismo. Em Carajás, reaqueceu e reativou sistemas, promovendo redistribuição de metais já presentes, sem exigir metal novo.

**Vicariância.** Separação de uma população por uma barreira nova (um rifte, um mar, uma cordilheira), que leva ao surgimento de espécies diferentes de cada lado.

**VMS.** Sulfeto maciço vulcanogênico: depósito formado junto ao fundo marinho por descarga hidrotermal associada a vulcanismo, geralmente rico em cobre, zinco e outros metais.

**Younger Dryas.** Retorno ao frio de mais de mil anos que interrompeu o degelo, entre cerca de 12.900 e 11.700 anos atrás; batizado por uma flor ártica cujo pólen reaparece nos sedimentos daquela época.

**Zircão.** Mineral acessório muito resistente que incorpora urânio e per-

mite datar rochas pelo método U-Pb. Zircões detríticos são grãos erodidos de rochas mais antigas e redepositados em sedimentos, memória de fábricas de crosta que já não existem.

**Zona fótica.** Parte iluminada da coluna d'água onde a luz permite fotossíntese; sua profundidade depende da transparência e da química do meio.

**Zona habitável.** Faixa de distâncias de uma estrela em que a água pode permanecer líquida na superfície de um planeta rochoso.