

UM BREVE ESTUDO SOBRE A IDADE DAS ROCHAS E A HISTÓRIA DA TERRA: UMA VISÃO DE ENSINO FUNDAMENTAL II

Alessandro Alves de Oliveira Junior¹

Alline Renally Xavier de Oliveira Nascimento²

Ellen Rafaela Costa Almeida³

Guilherme Oliveira Campos⁴

Igor Carvalho Cavalcanti⁵

Simone Kecia Silva Almeida⁶

Juvandi de Souza Santos⁷

RESUMO

O trabalho aborda a evolução do conhecimento sobre a idade da Terra, destacando a transição de estimativas iniciais de milhares de anos para a aceitação atual, impulsionada pelo desenvolvimento de métodos de datação. O ciclo das rochas é apresentado como um processo contínuo ao longo da história da Terra, dividido em três categorias principais: magmáticas, sedimentares e metamórficas. A importância dos métodos de datação radiométrica na determinação da idade das rochas é ressaltada, proporcionando uma compreensão mais precisa do tempo geológico. O texto destaca a relevância das rochas sedimentares na obtenção de informações sobre climas e formas de vida antigas, especialmente por meio da interação entre o ciclo das rochas e os fósseis. Os fósseis são essenciais como indicadores de idade, permitindo a reconstrução da evolução das formas de vida ao longo do tempo. O processo de fossilização e a divisão da história da Terra em éons, eras,

1 Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, Departamento de Biologia, graduando em Ciências Biológicas; Email: alessandro.junior@aluno.uepb.edu.br

2 Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, Departamento de Biologia, graduando em Ciências Biológicas; Email: alline.nascimento@aluno.uepb.edu.br

3 Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, Departamento de Biologia, graduando em Ciências Biológicas; Email: ellen.almeida@aluno.uepb.edu.br

4 Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, Departamento de Biologia, graduando em Ciências Biológicas; Email: guilherme.campos@aluno.uepb.edu.br

5 Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, Departamento de Biologia, graduando em Ciências Biológicas; Email: igor.cavalcanti@aluno.uepb.edu.br

6 Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, Departamento de Biologia, graduando em Ciências Biológicas; Email: simone.silva@aluno.uepb.edu.br

7 Universidade Estadual da Paraíba (LABAP – UEPB), professor e diretor do Museu de História Natural – MHN/UEPB; Email: juvandi@terra.com.br



períodos, épocas e idades também são mencionadas. Em resumo, o trabalho fornece uma visão abrangente da evolução geológica, enfatizando a importância dos métodos de datação e a interconexão entre o ciclo das rochas, os fósseis e a história da Terra ao longo de bilhões de anos.

PALAVRAS-CHAVES: Rochas, Fósseis, Paleontologia, história da Terra

ABSTRACT

The work addresses the evolution of knowledge about the age of the Earth, highlighting the transition from initial estimates of thousands of years to current acceptance, driven by the development of dating methods. The rock cycle is presented as a continuous process throughout Earth's history, divided into three main categories: magmatic, sedimentary and metamorphic. The importance of radiometric dating methods in determining the age of rocks is highlighted, providing a more accurate understanding of geological time. The text highlights the relevance of sedimentary rocks in obtaining information about climates and ancient life forms, especially through the interaction between the rock cycle and fossils. Fossils are essential as age indicators, allowing the reconstruction of the evolution of life forms over time. The process of fossilization and the division of Earth's history into eons, eras, periods, epochs and ages are also mentioned. In summary, the work provides a comprehensive view of geological evolution, emphasizing the importance of dating methods and the interconnection between the rock cycle, fossils and Earth's history over billions of years.

Keywords: Rocks, Fossils, Paleontology, Earth history

INTRODUÇÃO

A Terra possui cerca de 4,56 bilhões de anos, durante esses anos passou por diferentes processos, da Terra primitiva ao surgimento da vida como conhecemos hoje. O registro orgânico mais antigo, no caso bactérias, está em torno de 4.3 bilhões de anos. Atualmente, se tem várias áreas do conhecimento que estuda o processo evolutivo do planeta, como as geociências. Para entender a Terra como ela é hoje, se faz necessário investigar sua história, e as rochas são parte fundamental nesse cenário, a idade de uma rocha, pode-se falar de idade absoluta ou de idade relativa. Se a rocha contém fósseis, sua idade será a idade desses fósseis, é um método com algumas limitações.

Existem três tipos de rochas, as magmáticas, sedimentares e metamórficas, cada uma com suas características morfológicas, estruturais e composições próprias formadas do processo evolutivo do planeta. O ciclo das rochas, que engloba os processos de formação, transformação e reciclagem, desempenha um papel crucial na história da Terra. Em relação aos fósseis, e qualquer registro de forma viva que habitou o planeta no passado.

O processo de fossilização ocorre quando organismos, ao morrerem, são soterrados por camadas de sedimentos. O tempo geológico da Terra foi dividido pelos cientistas, para fins de estudo e de entendimento da evolução do planeta, em intervalos menores, chamados unidades cronoestratigráficas: éons, eras, períodos,



épocas e idades. A palavra éon significa um intervalo de tempo muito grande, indeterminado. Com o avanço das tecnologias e dos métodos de estudos de rochas e fósseis é possível a descobertas de novos dados para preencher lacunas do processo da evolução do planeta.

O trabalho buscou mostrar uma breve história da Terra e da idade das rochas, destacando sua importância na contribuição da história do planeta, além disso, o artigo aborda o conteúdo em uma perspectiva de ensino fundamental II, com finalidade de contribuir para o ensino de estudantes em diferentes áreas, como ciências.

A IDADE DAS ROCHAS

Em pouco mais de 200 anos, a idade da Terra admitida pela ciência passou de alguns milhares para cerca de 4,56 bilhões de anos. A rocha mais antiga que temos conhecimento é a Gnaise Acasta, com cerca de 4.8 bilhões de anos. Já o registro orgânico mais antigo, no caso bactérias, está em torno de 4.3 bilhões de anos. Métodos específicos são necessários para determinação da idade de rochas e sua aplicação mais direta: o estudo do tempo geológico. Métodos estratigráficos, paleontológicos e geocronológicos são empregados muitas vezes de forma integrada, para garantir resultados confiáveis; constituem parte essencial do conceito moderno de Geociências, área de estudo da idade da Terra e das rochas que formam sua crosta.

Quando se fala da idade de uma rocha, pode-se falar de idade absoluta ou de idade relativa. Sendo a idade relativa a que não nos diz quantos milhões de anos a rocha tem já a Idade absoluta pode ser determinada de duas maneiras: pelo conteúdo fossilífero ou pela datação radiométrica, que utiliza a radioatividade natural das rochas. Se a rocha contém fósseis, sua idade será a idade desses fósseis, é um método com enormes limitações. Outro problema é que alguns fósseis viveram durante um período de tempo muito grande, portanto o intervalo possível para a formação da rocha em que estão é muito amplo e de pouca utilidade. Por isso, são muito importantes os chamados fósseis-índices. São seres vivos que viveram durante um período de tempo curto (em termos geológicos) e em amplas áreas do planeta. Desse modo, são relativamente fáceis de encontrar e, quando descobertos, sabe-se que a rocha em que estão tem uma idade que está num intervalo de tempo não muito amplo. São fósseis-índices, por exemplo, trilobitas, foraminíferos, graptolitos e amonitas (Carneiro *et al.*, 2005)

Para superar as grandes limitações da datação pelo conteúdo fossilífero, usa-se a datação radiométrica, que só se tornou possível quando, há cerca de 100 anos, descobriu-se a radioatividade (processo de desintegração espontânea de átomos de alguns elementos químicos encontrados na natureza). O método rubídio-estrôncio permite datar rochas muito antigas, inclusive aquelas trazidas da lua. O método urânio-chumbo é usado principalmente para determinar a idade de minerais isolados, sobretudo cristais de zircão (silicato de zircônio). O método samário-neodímio é muito útil porque pode ser usado mesmo para rochas alteradas e/ou que sofreram metamorfismo, além de servir para rocha de qualquer composição. As rochas mais fáceis de datar são as ígneas.



TIPOS DE ROCHAS

Existem três tipos de rochas: magmáticas, sedimentares e metamórficas, cada uma com suas características próprias oriundas do processo de transformação. As rochas magmáticas (ou ígneas), tendo origem do magma encontrado no interior da Terra. Podendo ser formadas de dois modos, sendo o primeiro por resfriamento da lava dos vulcões quando chegam à superfície, como no caso do basalto, ou em segundo, o resfriamento do magma ainda no interior da crosta terrestre. Outro tipo de rocha são as metamórficas, que são caracterizadas por terem sido transformadas em outras rochas devido ao aumento da pressão e temperatura, como exemplo do calcário, quando submetido a pressões e temperaturas altas na natureza, se transformam em mármore. O último tipo é o das rochas sedimentares, sendo formadas da compactação de fragmentos de outras rochas, gerados por diferentes processos que ocorrem no ambiente natural (Pereira *et al.*, 2018). Na datação de rochas metamórficas geralmente o resultado que se obtém pode ser a idade do início, do meio ou do fim do evento metamórfico. E nas rochas sedimentares a dificuldade reside do fato de elas serem na maioria formadas por fragmentos de diversas outras rochas, de diferentes naturezas e até mesmo de áreas-fonte diversas.

O CICLO DAS ROCHAS

As rochas a todo momento passam por um contínuo processo de formação ao longo da história da Terra. Uma rocha sofre desgaste e, de seus fragmentos, forma-se uma rocha sedimentar. com o passar dos anos, a rocha sedimentar é submetida a um aumento de pressão por causa das camadas de sedimentos que estão acima dela e, com aumento da temperatura, transforma-se em rocha metamórfica. Caso o processo desse aquecimento continue a rocha pode se fundir tornando-se líquida e passando a fazer parte do magma, e ao se resfriar, torna-se uma rocha magmática, esse processo é conhecido por ciclos das rochas. As rochas sedimentares são espécies para entender um pouco a história da Terra. Se originando em depósitos de sedimentos, pode-se entender que as rochas mais profundas são mais antigas do que as que estão próximas da superfície. Desse modo, as escavações em rochas sedimentares trazem informações do clima em diferentes momentos do passado e de como eram as espécies de seres vivos, graças aos fósseis encontrados nesse tipo de rocha (Pereira *et al.*, 2018).

OS FÓSSEIS E AS ROCHAS

Os organismos que já viveram na Terra podem ser conhecidos por meio de fósseis, é considerado fóssil



qualquer registro de forma viva que habitou o planeta no passado. O processo de fossilização ocorre quando organismos, ao morrerem, são soterrados por camadas de sedimentos. Com o passar de milhões de anos, essas camadas se acumulam e, em determinadas condições, geram fósseis. Nesse contexto, os fósseis podem ser úteis para descobrir a idade das rochas sedimentares, porque todas as rochas com o mesmo tipo de fósseis têm a mesma idade, contudo, não é qualquer fóssil que pode ser usado para isso. As espécies a que pertencem esses fósseis devem ter sido abundantes em vários lugares do planeta, além de terem aparecido e sido extintas do planeta em pouco tempo (Pereira *et al.*, 2018; Lopes e Audino, 2018).

A HISTÓRIA DA TERRA

A história da terra está dividida em quatro éons: Hadeano, Arqueano, Proterozoico e Fanerozoico (Nisbet, 1991). Com exceção do Hadeano, todos os éons são divididos em eras. A era geológica é caracterizada pelo modo como os continentes e os oceanos se distribuem e como os seres vivos nela se encontravam. Já o período, uma divisão da era, é a unidade fundamental na escala do tempo geológico. Somente as eras do éon Arqueano não são divididas em períodos. A época é um intervalo menor dentro de um período. Somente os períodos das eras do éon Proterozóico não são divididos em épocas, e por último a idade, sendo a menor divisão do tempo geológico, com duração máxima de 6 milhões de anos, podendo ter menos de 1 milhão. Somente as épocas mais recentes são divididas em idades. A figura 1 mostra as três maiores divisões do tempo geológico, os éons, eras e períodos. Como no período Cambriano ocorrem grandes mudanças na vida no nosso planeta, como uma grande diversificação na vida multicelular, tudo que ocorre até lá é conhecido como o “pré-cambriano”. O que aconteceu de mais importante em cada uma dessas fases da história do nosso planeta é o que se verá logo após. É importante lembrar que os limites que marcam início e fim de períodos geológicos são aproximados e há algumas divergências entre os autores sobre essas cifras (Carneiro *et al.*, 2005).

O éon Hadeano é o primeiro na escala temporal da Terra, tendo acontecido entre cerca de 4,57 e 3,85 bilhões de anos atrás, onde seu início se dá com a formação do nosso planeta e seu fim com a formação das primeiras rochas. Os materiais sólidos mais antigos do sistema solar conhecidos possuem datação de cerca de 4,566 bilhões de anos atrás (Strachan *et al.*, 2020), portanto esta é a data limite para a formação planetária. Durante esse período, partículas de poeira se acumularam próximo da estrela nascente, enquanto materiais mais leves se distanciaram. Dos materiais leves se formaram os gigantes gasosos, e das partículas de poeira, os planetas, incluindo a Terra. Ainda durante esse período, ocorre a formação da lua, segundo a hipótese do *Big Splash* (Belbruno & Gott, 2005), um planeta de tamanho semelhante a Marte se chocou com outro planeta, medindo cerca de metade do tamanho da Terra, arremessando enorme quantidade de material da crosta para o espaço, ao qual se condensou para formar a Lua, enquanto as duas massas maiores se fundiram para formar a Terra. O éon Hadeano possui esse nome por se tratar de um período cataclísmico, com muitos impactos, remetendo ao reino de *Hades* da mitologia grega. O planeta Terra com seu núcleo rico



em ferro e níquel fundido era quente devido a grande quantidade de impactos e do decaimento radioativo dos materiais formativos, e os materiais menos densos como silicatos formam o manto, enquanto a crosta se formou com o resfriamento do planeta, em parte devido a condensação de vapor d'água que chegava ao planeta através de colisões com cometas.

O éon Arqueano foi marcado com o surgimento das primeiras rochas e das primeiras formas de vida unicelulares do planeta, graças à formação de uma crosta rígida como consequência do resfriamento da superfície e da diminuição do impacto de cometas na superfície da Terra. Tem início cerca de 4 bilhões de anos atrás até 2,5 bilhões de anos atrás. O Arqueano é dividido em eras, sua primeira era, o Eoarqueno, é marcada pela formação das rochas mais antigas que se tem registro, como a Gnaiss de Acasta, datada em 4,03 bilhões de anos atrás. O Paleoarqueno, que tem início 3,6 bilhões de anos atrás, é marcado pelo surgimento dos primeiros continentes, o *Vaalbara* se formou nessa era, junto com as primeiras evidências de vida na Terra. O Mesoarqueno teve início há 3,2 bilhões de anos atrás, é nele que o supercontinente *Vaalbara* se separa e ocorre a glaciação de Pongola, que são as geleiras mais antigas da Terra. Por fim, o Neoarqueno, compreendido entre 2,8 a 2,5 bilhões de anos atrás, é marcado pela formação da tectônica de placas e deposição de formações ferríferas bandadas (Salgado, 1994)

Proterozóico é o éon mais longo, tendo sua duração compreendida entre 2,5 bilhões de anos atrás até 538,8 milhões de anos atrás. Ele se divide em eras que se dividem em períodos. O Paleoproterozóico é a primeira era desse éon, compreendido entre 2,5 bilhões de anos atrás e 1,6 bilhões de anos atrás, e se inicia no período Sideriano, que sucede a formação do supercontinente *Kenorland*, que precede a formação do supercontinente Columbia. Durante o período Rhyaciano, houve significativa atividade tectônica, incluindo o movimento de placas continentais e o surgimento de novas cadeias montanhosas. Esses processos contribuíram para a formação e modificação de bacias sedimentares e influenciaram a composição e distribuição dos oceanos, como consequência das alterações na topografia do planeta, houveram alterações climáticas. O período Orosiriano é marcado por intensa atividade vulcânica, enquanto no período Statheriano, que encerra a era do Paleoproterozóico, ocorre estabilização geológica e formação de crátons. A era do Mesoproterozóico se inicia 1,6 bilhões de anos atrás e continua até 1 bilhão de anos atrás, e seu primeiro período é chamado de Calymmiano, onde ocorre notável diversificação de formas de vida, com a evolução de organismos unicelulares e diversificação de eucariotos, graças a formação de bacias sedimentares e modificação nos ambientes oceânicos. No período Ectasiano se formam grandes bacias sedimentares e possui uma estabilização dos continentes (que é algo contínuo), e no período Steniano, bem próximo ao final, o supercontinente Rodínia se formava, com a junção de continentes derivados de Columbia. A era do Neoproterozóico, a última era do éon Proterozóico, com duração de cerca de 1 bilhão de anos atrás até 541 milhões de anos atrás, se inicia com o período Toniano, marcada principalmente por alterações na atmosfera terrestre, segundo Hoffman, causada pela diminuição do CO₂ na atmosfera. Com a intensa diminuição de CO₂ na atmosfera, o período Criogeniano é marcado pela Terra bola de neve, onde todo o planeta sofreu glaciação. Finalizando o éon Proterozóico, o último período da última era, o Ediacarano é conhecido pela diversificação e complexificação da vida multicelular. Fósseis do Ediacarano fornecem algumas das primeiras



evidências de organismos multicelulares distintos, marcando uma transição significativa na evolução da vida na Terra.

O éon Fanerozoico, que começou há aproximadamente 541 milhões de anos, marca uma fase na história da Terra, caracterizada pela presença de formas de vida complexas e diversificadas e o fim do pré-cambriano. Este éon é subdividido em três eras principais - Paleozoica, Mesozoica e Cenozoica - cada uma marcada por eventos geológicos e biológicos significativos. Durante o Fanerozoico, ocorreram mudanças notáveis nas condições climáticas, nas configurações continentais e na evolução da vida, incluindo a explosão cambriana, quando houve uma rápida diversificação de organismos multicelulares. Este éon continua até os dias atuais, abrangendo a história geológica mais recente da Terra.

Os fósseis que registram a existência da vida no planeta revelam uma evolução gradual durante os primeiros bilhões de anos. Por um longo período, as formas de vida permaneceram predominantemente unicelulares. O Pré-Cambriano representa uma fase crucial, evidenciando o surgimento de formas pluricelulares, datando aproximadamente 700 milhões de anos atrás. No final do período Proterozóico, em locais como Ediacara, no sul da Austrália, foram descobertos registros fascinantes de uma fauna marinha multicelular. Esses organismos moles parecem ter enfrentado uma extinção em massa antes do término do Proterozóico.

A transição para o Cambriano, cerca de 570 milhões de anos atrás, foi marcada por um evento significativo conhecido como a “explosão cambriana”. Os registros fósseis indicam uma notável diversificação nas formas de vida. Além dos animais de corpo mole, surgiram novas espécies marinhas com corpos protegidos por carapaças duras, alguns dotados de pernas e outros apêndices. Este período marcou uma fase crucial na história da vida, caracterizada pela expansão e complexificação notáveis das formas de vida na Terra. No Ordoviciano aparecem os primeiros vertebrados, ancestrais dos peixes atuais. O siluriano aparece nas primeiras plantas terrestres e, junto com elas, os primeiros artrópodes terrestres. O período Devoniano foi característico do surgimento de insetos voadores mais antigos conhecidos são desse período, assim como os verdadeiros peixes (com mandíbulas), e no devoniano superior os anfíbios ocuparam o planeta. Além desses períodos já citados ocorreram outros, como o carbonífero nesse período, predominaram grandes florestas, que deram origem às reservas de carvão mineral. E com o surgimento dos répteis (Carneiro et al., 2005).

O Permiano durante a era Paleozóica, é marcado por acontecimentos de várias extinções em massa. A maior e mais famosa delas aconteceu no fim do Permiano, marcando o limite entre as eras Paleozóica e Mesozóica. Calcula-se que cerca de 80% das espécies animais então existentes desapareceram em alguns milhões de anos. No Triássico os vertebrados continuaram a evoluir, diferenciando-se em répteis e mamíferos. O Jurássico no Mesozóico, a Era dos Répteis, esses animais ganharam grande importância. Durante o Jurássico, surgiu a primeira ave, originada dos dinossauros. Surgiram também as primeiras plantas com flores. Além do período Cretáceo, com o seu fim marcado por uma grande extinção, que fez desaparecer quase metade das espécies viventes. Dos répteis só restaram crocodilos, lagartos, tartarugas e cobras, mas os dinossauros e outros répteis de grande porte, como os ictiossauros e os pterossauros, desapareceram. Adicionalmente,



o Terciário é famoso pelo domínio dos mamíferos. Animais pequenos, no princípio, se desenvolveram após a extinção dos grandes répteis. Evolução dos primatas e diversificação dos insetos e peixes. E no período Quaternário, os vertebrados evoluem rapidamente. Aparece o homem moderno (Carneiro *et al.*, 2005).

Devido a mudanças globais no meio ambiente, uma nova era é discutida, o antropoceno (Lewis & Maslin). Como o próprio nome sugere, o antropoceno seria uma era onde as ações do ser humano marcam seu início. Duas datas são propostas para o início dessa nova era geológica: 1610 e 1964. O ano de 1610 foi escolhido pois a globalização já estava estabelecida, rotas comerciais ligando a Europa, China, África e as Américas culminou na mistura de biotas, introdução de vida exótica em outros continentes, seja proposital como para alimentação, ou seja, não proposital como doenças e animais levados nas embarcações. Já o ano de 1964 é onde se inicia a elevação do CO₂ na atmosfera terrestre, resultado da grande expansão industrial no planeta e que continua a aumentar até os dias atuais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução do conhecimento sobre a idade da Terra é notável, indo de alguns milhares de anos para aproximadamente 4,56 bilhões de anos em pouco mais de dois séculos. A utilização de métodos como a datação radiométrica se revelou fundamental nesse progresso, permitindo a determinação mais precisa das idades das rochas. Métodos como rubídio-estrôncio, urânio-chumbo e samário-neodímio são essenciais para datar rochas antigas e até mesmo amostras trazidas da lua. Essa abordagem revolucionou o estudo do tempo geológico, proporcionando uma compreensão mais aprofundada da história da Terra.

Por fim, as rochas e seu processo de formação, transformação e reciclagem, desempenham um papel crucial na história da Terra. Rochas sedimentares, em particular, tornam-se testemunhas silenciosas dos eventos passados, revelando informações valiosas sobre climas e formas de vida antigas. A interligação entre o ciclo das rochas e os fósseis é evidente, especialmente na datação de rochas sedimentares. Fósseis-índices, como trilobitas e graptólitos, desempenham um papel crucial ao fornecerem pistas para a determinação precisa das idades das rochas. Essa conexão é essencial para reconstruir os eventos passados e compreender a evolução das formas de vida ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

BELBRUNO, E.; GOTT III, J. R. Where did the Moon come from? *The Astronomical Journal*, v. 129, n. 3, p. 1724, 2005. <https://doi.org/10.1086/427539>

CARNEIRO, Celso Dal Ré; MIZUSAKI, Ana Maria Pimentel; ALMEIDA, Fernando Flávio Marques. A determinação da idade das rochas. *Terra e Didática*, v. 1, n. 1, p. 6-35, 2005.



HOFFMAN, P. F.; KAUFMAN, A. J.; HALVERSON, G. P.; & SCHRAG, D. P., 1998. A Neoproterozoic snowball Earth. *Science* 281, 1342-46.

LEWIS, S. & MASLIN, M. Defining the Anthropocene. *Nature* 519, 171–180 (2015). <https://doi.org/10.1038/nature14258>

LOPES, S.; AUDINO, J. Inovar ciências da natureza 6º ano: ensino fundamental, anos finais. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

NISBET, E. Of clocks and rocks - The four aeons of Earth. *International Union of Geological Sciences*. 1991; 14(4): 327-330. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/1991/v14i4/003>

PEREIRA, A. M.; BEMFEITO, A. P.; PINTO, C. E.; ARCANJO-FILHO, M.; WALDHLM, M. Ciências 6º ano (Ensino fundamental). São Paulo: Editora do Brasil, 2018. Coleção apoema.

SALGADO-LABOURIAU, Maria Léa. História ecológica da Terra. Editora Blucher, 1994.

STRACHAN, R.; MURPHY, J. B.; DARLING, J.; STOREY, C.; & SHIELDS, G. Chapter 16 – Precambrian (4.56–1 Ga). Em F. M. GRADSTEIN, J. G. OGG, M. D. SCHMITZ, & G. M. OGG (Eds.), *Geologic time scale 2020* (pp. 481–493). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00016-4>.