



# Idades de eventos neoproterozóicos baseados em datação de cinzas vulcânicas: evidências de origem vulcanoclástica

Palavras-Chave: Neoproterozóico, datação, cinzas

Autores(as):

Julia Marly Pinheiro Americo, FT – UNICAMP

Prof. Dr. Bernardo Tavares Freitas (orientador), FT - UNICAMP

---

## INTRODUÇÃO:

As explosões vulcânicas, podem expelir fragmentos de materiais piroclásticos inconsolidados, como os depósitos de cinzas vulcânicas ou tufos, que possuem composição vítrea e granulação inferior a 2 mm, com aspecto maciço e poroso. (MCKAY, 2016; SCHMID, 1981). Esses materiais proporcionam a obtenção de idades absolutas, a partir de investigações que fornecem idades para sucessões sedimentares, por meio da associação de medidas e interpretações. Com o decaimento radioativo do núcleo atômico a evolução das razões entre urânio e chumbo presentes em minerais vulcânicos ultra-estáveis como o zircão registra o tempo decorrido desde sua cristalização. O zircão é um mineral muito utilizado em estudos geocronológicos pois possui resistência elevada a interferências ambientais externas e a ciclos erosivos intempéricos, além de possuir três razões isotópicas distintas para a determinação de idades com alta confiabilidade (ARAÚJO et al., 2015; HEAMAN et al., 1992; HONG, 2019).

Em vista disso buscou-se reconhecer na literatura datações de eventos, feitas por meio de tufos, e assim, analisar quais foram os argumentos utilizados para interpretar os materiais datados como de origem piroclástica. Enfatizamos a Era Neoproterozóica, por possuir eventos de abrangência global que influenciaram significativamente o surgimento da vida multicelular. O Neoproterozoico é dividido em três períodos: Toniano, compreendido no intervalo entre 1000 e 720 Ma, caracterizado pelo rompimento do supercontinente Rodínia e pelo primeiro aparecimento de macroalgas multicelulares, poríferos e registro de organismos unicelulares biomineralizantes; Criogeniano, compreendido entre 720 e 635 Ma, caracterizado por duas glaciações globais; e Ediacarano, compreendido entre 635 e 539 Ma, caracterizado pelo término da glaciação global Marinoana e aparecimento sucessivo de biotas multicelulares como White Sea, Avalon e Nama (BUSIGNY et al., 2018; COHEN et al., 2013; HOFFMAN et al., 2017; KERBER et al., 2013; ROONEY et al., 2018).

## METODOLOGIA:

A metodologia adotada para realização do presente trabalho consistiu na revisão bibliográfica da literatura disponível a respeito da datação de eventos extremos, que ocorreram nos períodos da Era Neoproterozóica, através da geocronologia de depósitos de cinzas vulcânicas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

- Criogeniano

O período Criogeniano é compreendido entre 720 e 630 Ma., limitado pelo início e fim de duas glaciações globais – o Sturtiano e o Marinoano – e abrangendo o interlúdio não-glacial (COHEN et al., 2013; HOFFMAN et al., 2017; MACDONALD et al., 2010). A glaciação Sturtiana tem o início pautado com mais precisão em datações de soleiras máficas e diques formados durante eventos ígneos na América do Norte, que se estendem até a Groenlândia e Sibéria. Seu fim é tido como globalmente marcado por deposição de calcário com a subida do nível do mar global associado à deglaciação e aquecimento do planeta.

Na pesquisa elaborada por Heaman et al. (1992), os pesquisadores obtiveram idades U-Pb com cristais de zircão marrom claro a avermelhado, com formas de agulhas alongadas e finas de 100 µm de comprimento, obtidos a partir de sete soleiras de gabro e um dique de diabásio, em Franklin, no Canadá. Os resultados geocronológicos indicaram atividades síncronas há  $723 \pm 4/2$  M.a.. Enquanto isso, em outro estudo, realizado por Macdonald et al. (2010), foi alcançada mais uma perspectiva da duração desta glaciação, através da datação de um tufo vulcânico distal, localizado em depósitos glaciais Sturtianos, possuindo compatibilidade de idade com província ígnea de Franklin,  $716,33 \pm 0,54$  M.a, determinada através de uma amostra de diabásio com mais de 20 m de espessura.

Por outro lado, a glaciação Marinoana é datada nas formações Tapley Hill (inferior), por meio de xisto rico em matéria orgânica, Ghaub e Datangpo, através de tufos vulcânicos, e aplicação de métodos radiométricos em zircões, localizados na Austrália, Namíbia e China, respectivamente (CONDON et al., 2005; HOFFMAN et al., 2017; ZHANG et al., 2008). Estudos identificaram, no sul da China, sucessões estratigráficas completas, com intervalos de diamictitos, nas formações Changan, Tiesiao e Nantuo. (ZHANG et al., 2008; ZHOU et al., 2004).

Dentre os resultados obtidos, em capas carbonáticas da Formação Doushantuo, localizada na China, foram obtidas datações entre 635 e 551 M.a., com base na coleta de três amostras de supostas cinzas vulcânicas, sem a apresentação de imagens ou descrição dos cristais, a primeira coletada em um leito de cinzas rico em argila, que forneceu uma datação U-Pb de  $635,4 \pm 1,3$  M.a., a segunda coletada em um leito de cinzas, que forneceu idades U-Pb de  $632,50 \pm 0,48$  M.a e, por fim, a terceira, coletada em um leito de cinzas no topo de um folhelho preto, que definiu uma datação média U-Pb de  $550,55 \pm 0,75$  M.a.. Essas datações, associadas aos registros do término da glaciação Marinoana, indicaram deglaciação síncrona e semelhança a datações obtidas anteriormente, de uma amostra coletada a 500 m abaixo de um leito de cinzas, na Namíbia, no valor de  $548,8 \pm 1,0$  M.a. (CORDON et al, 2005).

A duração anteriormente definida para Nantuo, obtida de um leito tufáceo localizado acima de uma capa carbonática dos diamictitos Sturtianos, restringia-o à idade de 663 a c. 635 M.a., eram relacionadas a ambas as glaciações em diferentes estudos (ZHOU et al. , 2004; CONDON et al. , 2005 ; ZHANG et al. , 2005). Em vista disso, Zhang et al. (2008) propôs novos dados estratigráficos e idades a partir da coleta de duas amostras, uma retirada de um leito de cinzas com 3 cm de espessura, no topo da Formação Datangpo, e a outra retirada de um leito tufáceo, de 0 a 5 cm de espessura, na Formação Nantuo basal; onde, foram alcançadas datas de  $654,5 \pm 3,8$  Ma e  $636,3 \pm 4,9$  Ma., respectivamente. A idade de início, de  $636,3 \pm 4,9$  M.a., é indistinguível a idade de  $663 \pm 4$  M.a. declarada na Formação Datangpo basal (ZHOU et al., 2004), sugerindo-se consecutivas glaciações Marinoanas caracterizadas por curtos intervalos de duração.

Em outro levantamento cronoestratigráfico, realizado a partir de uma amostra coletada em um leito de cinzas da Formação de Datangpo, de aproximadamente 150 µm de comprimento, com menos de 30 µm de espessura, com grãos de zircão incolores, foi definida uma idade média de  $663 \pm 4$  M.a.. A análise foi consistente para distinção das interpretações dos depósitos Stutianos, indicando que a Formação Nantuo é marionana, e sugerindo que as glaciações, Changan e Tiesiao, ocorreram entre  $761 \pm 8$  M.a. e  $663 \pm 4$  M.a. ( Zhou et al., 2004).

Por fim, na Formação Doushantuo, foram obtidas datações de amostras coletadas em dois supostos leitos de cinzas, um inferior - caracterizado por composição bentonítica e localizado na base da unidade, contendo grãos de zircão de 20 a 110 µm de comprimento, zonados e com formas subédrica a euédrica – e um superior – localizado no limite Doushantuo-Dengying, com grãos de zircão euédricos de 50 a 200 µm de comprimento. Os cristais datados permitiram o cálculo de idades radiométricas U-Pb de  $621 \pm 7$  e  $555,2 \pm 6,1$  Ma, respectivamente. (ZHANG et al., 2005).

- **Ediacarano**

O Ediacarano, compreendido entre 635 e 541 M.a., é o último Período do Neoproterozóico, e registra o fim da glaciação global Marinoana e a ascensão da vida multicelular por meio dos fósseis dos primeiros organismos macroscópicos – biotas Avalon, White Sea, e Nama – (COHEN et al., 2013; KERBER et al., 2013; MUSCENTE et al., 2019; VIEIRA, 2008).

O Grupo Avalon, é caracterizado por ocorrer em ambientes vulcanoclásticos e em águas profundas, possui a datação mais antiga e confiável, de  $565 \pm 3$  M.a., obtida da Formação Mistaken Point, no leste da Terra Nova, com a aplicação de técnicas radiométricas para o registro fóssilífero (Narbonne et al., 2003). Enquanto isso, o Grupo White Sea é datado, principalmente na Rússia e Canadá, entre faixas de 560 a 550 M.a., e é caracterizado pela presença de organismos bilaterais móveis (MUSCENTE et al., 2017). Por fim, o grupo Nama é o mais recente, com um conjunto de fósseis preservados em arenitos e carbonatos, datados principalmente na Namíbia, no sul da China, no Brasil e no oeste dos EUA, em uma faixa de 549 a 542 M.a, caracterizada pela presença de metazoários bilaterais calcificantes e folhas multifolhadas (MUSCENTE et al., 2019). No Brasil, fósseis da biota Nama foram encontrados nos Grupos Corumbá e Bambuí, com as ocorrências da Formação Tamengo, no Mato Grosso do Sul, sendo as mais estudadas, com idade publicada de aproximadamente 542 Ma.

Babinski et al. (2008) obteve idade de  $543 \pm 3$  M.a., através de datação U-Pb SHRIMP, em amostras retiradas na parte superior da unidade, caracterizadas pela presença de grãos detríticos e cristais euédricos interpretados como de origem piroclástica. Mais tarde, Parry et al., (2017) publicaram resultados geocronológicos obtidos a partir de intercalações de supostos tufos vulcânicos tanto na Formação Tamengo quanto na Formação Bocaina, subjacente. A interpretação de origem vulcanoclástica para essas amostras foi baseada em inclusões mediais de vidro nos cristais de zircão, mas sem imagens.

Ainda no Brasil, a partir de uma camada de tudo félsico, do Grupo Itajaí, foi obtida a idade de  $563 \pm 3,3$  M.a., correspondente à cristalização, com a aplicação de datação radiométrica U-Pb, que permitiu correlacionar a região à Assembleia Avalon. Nas amostras, encontraram-se grãos de zircão, prismáticos e euédricos, de 70 a 250 µm de comprimento (BECKER-KERBER et al., 2020).

## **CONCLUSÕES:**

Os depósitos de cinzas vulcânicas são caracterizados por porfiroclastos feldspáticos em uma matriz fina, que tende a ser rica em quartzo, feldspato e vidro vulcânico. A ocorrência de "glass shards", observáveis em petrografia ao microscópio, proporcionam identificação de cinzas vulcânicas no registro geológico.

Assim, nos estudos de Heaman et al. (1992) e Zhou et al., 2004, foram apresentados argumentos de descrição qualitativa de características morfológicas dos grãos de zircão, como características geométricas e colorações, que possuem relação com as características esperadas para cinzas vulcânicas. Para os trabalhos de Zhang et al., 2008 e Zhang et al., 2005 foi apenas mencionada a presença de "glass shards", citando a composição,

mas sem imagens. Enquanto isso, nos trabalhos de Babinski et al. (2008), Becker-Keber et al. (2020) e Parry et al., (2017), as interpretações de origem piroclástica foram feitas exclusivamente com base em características dos grãos de zircão analisados. E, por fim, no trabalho de Condon et al., 2005 os autores não apresentaram nenhum argumento. Concluiu-se, portanto, que a interpretação de origem piroclástica dos depósitos datados possui fragilidade em relação aos argumentos apresentados, pois não foram apresentadas características detalhadas dos depósitos estudados que permitam caracterizá-los de forma incontestável como tufo vulcânico.

## BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, Daniel; MÓL, Gerson. **A Radioquímica e a Idade da Terra**. Química Nova na Escola. São Paulo-SP, Vol. 37, N° 3, p. 164-171, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20150035>.

BOAG, Thomas H.; DARROCH, Simon A. F.; LAFLAMME, Marc. **Ediacaran distributions in space and time: testing assemblage concepts of earliest macroscopic body fossils**. Paleobiology, v. 42, n. 4, p. 574-594, 25 maio 2016. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/pab.2016.20>.

BECKER-KERBER, Bruno; PAIM, Paulo Sergio Gomes; CHEMALE JUNIOR, Farid; GIRELLI, Tiago Jonatan; ROSA, Ana Lucia Zucatti da; ALBANI, Abderrazak El; OSÉS, Gabriel Ladeira; PRADO, Gustavo M.e.M.; FIGUEIREDO, Milene; SIMÕES, Luiz Sérgio Amarante. **The oldest record of Ediacaran macrofossils in Gondwana (~563 Ma, Itajaí Basin, Brazil)**. Gondwana Research, v. 84, p. 211-228, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2020.03.007>.

BUSIGNY, Vincent; PLANAVSKY, Noah J.; GOLDBAUM, Elizabeth; LECHTE, Maxwell A.; FENG, Lianjun; LYONS, Timothy W.. **Origin of the Neoproterozoic Fulu iron formation, South China: insights from iron isotopes and rare earth element patterns**. Geochimica Et Cosmochimica Acta, v. 242, p. 123-142, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2018.09.006>.

COHEN, K.M.; FINNEY, S.C.; GIBBARD, P.L.; FAN, J.-X.. **The ICS International Chronostratigraphic Chart**. Episodes, v. 36, n. 3, p. 199-204, 1 set. 2013. International Union of Geological Sciences. <http://dx.doi.org/10.18814/epiugs/2013/v36i3/002>.

CONDON, Daniel; ZHU, Maoyan; BOWRING, Samuel; WANG, Wei; YANG, Aihua; JIN, Yugan. **U-Pb Ages from the Neoproterozoic Doushantuo Formation, China**. Science, v. 308, n. 5718, p. 95-98, abr. 2005. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1107765>.

FREITAS, B.T.; RUDNITZKI, I.D.; MORAIS, L.; CAMPOS, M.D.R.; ALMEIDA, R.P.; WARREN, L.V.; BOGGIANI, P.C.; CAETANO-FILHO, S.; BEDOYA-RUEDA, C.; BABINSKI, M.. **Cryogenian glaciostatic and eustatic fluctuations and massive Marinoan-related deposition of Fe and Mn in the Urucum District, Brazil**. Geology, v. 49, n. 12, p. 1478-1483, 30 ago. 2021. Geological Society of America. <http://dx.doi.org/10.1130/g49134.1>.

FREUNDT, Armin; SCHINDLBECK-BELO, Julie C.; KUTTEROLF, Steffen; HOPKINS, Jenni L.. **Tephra layers in the marine environment: a review of properties and emplacement processes**. Geological Society, London, Special Publications, v. 520, n. 1, p. 1-43, 6 dez. 2021. Geological Society of London. <http://dx.doi.org/10.1144/sp520-2021-50>.

GROTZINGER, John; JORDAN, Tom. **PARA ENTENDER A TERRA**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

HALVERSON, Galen P.; PORTER, Susannah M.; GIBSON, Timothy M.. **Dating the late Proterozoic stratigraphic record**. Emerging Topics In Life Sciences, v. 2, n. 2, p. 137-147, 13 jul. 2018. Portland Press Ltd.. <http://dx.doi.org/10.1042/etls20170167>.

HEAMAN, L.M.; LECHÉMINANT, A.N.; RAINBIRD, R.H.. **Nature and timing of Franklin igneous events, Canada: implications for a late proterozoic mantle plume and the break-up of Laurentia**. Earth And Planetary Science Letters, v. 109, n. 1-2, p. 117-131, mar. 1992. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0012-821x\(92\)90078-a](http://dx.doi.org/10.1016/0012-821x(92)90078-a).

HOFFMAN, Paul F.; ABBOT, Dorian S.; ASHKENAZY, Yosef; BENN, Douglas I.; BROCKS, Jochen J.; COHEN, Phoebe A.; COX, Grant M.; CREVELING, Jessica R.; DONNADIEU, Yannick; ERWIN, Douglas H.. **Snowball Earth climate dynamics and Cryogenian geology-geobiology**. v. 3, n. 11, p. 1-44, 3 nov. 2017. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1600983>.

HONG, Hanlie; ALGEO, Thomas; FANG, Qian; ZHAO, Lulu; JI, Kaipeng; YIN, Ke; WANG, Chaowen; CHENG, Shi. **Facies dependence of the mineralogy and geochemistry of altered volcanic ash beds: an example from Permian-Triassic transition strata in southwestern China**. Earth-Science Reviews, v. 190, p. 58-88, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.12.007>.

ISAKSON, Vincent H.; SCHMITZ, Mark D.; DEHLER, Carol M.; MACDONALD, Francis A.; YONKEE, W. Adolph. **A robust age model for the Cryogenian Pocatello Formation of southeastern Idaho (northwestern USA) from tandem in situ and isotope dilution U-Pb dating of volcanic tuffs and epiclastic detrital zircons**. Geosphere, v. 18, n. 2, p. 825-849, 18 fev. 2022. Geological Society of America. <http://dx.doi.org/10.1130/GES02437.1>.

KERBER, Bruno Becker; ROSA, Ana Lucia Zucatti da; GABAS, Sandra Garcia; LEME, Juliana de Moraes; PACHECO, Mírian Liza Alves Forancelli. **O registro fóssilífero de metazoários ediacaranos na América do Sul e suas implicações nos estudos sobre origem e complexificação da vida animal**. Geologia Usp. Série Científica, v. 13, n. 3, p. 51-64, 1 set. 2013. Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.5327/z1519-874x201300030006>.

KHALAF, Ezz El Din Abdel Hakim. **Syn-eruptive/inter-eruptive relationships in Late Neoproterozoic volcano-sedimentary deposits of the Hamid area, North Eastern Desert, Egypt**. Bulletin Of Volcanology, v. 75, n. 2, p. 662-693, fev. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00445-013-0693-6>.

KONIGER, Stephan & Stollhofen, Harald. (2001). **Environmental and Tectonic Controls on Preservation Potential of Distal Fallout Ashes in Fluvio-Lacustrine Settings: The Carboniferous-Permian Saar-Nahe Basin, South-West Germany**. IAS Special Publication. 30. 263 - 284. 10.1002/9781444304251.ch13.

LEINZ, V. & AMARAL, S.E. 1983. **Geologia Geral**. São Paulo. Ed. Nacional

LIU, Yongsheng; CHEN, Wei; FOLEY, Stephen F.; SHEN, Yan'an; CHEN, Chunfei; LI, Junhua; OU, Xiaobin; HE, Detao; FENG, Qinglai; LIN, Jie. **The largest negative carbon isotope excursions in Neoproterozoic carbonates caused by recycled carbonatite volcanic ash**. Science Bulletin, v. 66, n. 18, p. 1925-1931, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scib.2021.04.021>.

LI, Yanguang; SONG, Shuguang; YANG, Xiaoyong; ZHAO, Zi-Fu; DONG, Jinlong; GAO, Xiaofeng; WINGATE, Michael T.D.; WANG, Chao; LI, Meng; JIN, Mengqi. **Age and composition of Neoproterozoic diabase dykes in North Altyn Tagh, northwest China: implications for Rodinia break-up**. International Geology Review, p. 1-17, 31 dez. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2020.1857851>.

- MACDONALD, Francis A.; SCHMITZ, Mark D.; CROWLEY, James L.; ROOTS, Charles F.; JONES, David S.; MALOOF, Adam C.; STRAUSS, Justin V.; COHEN, Phoebe A.; JOHNSTON, David T.; SCHRAG, Daniel P.. **Calibrating the Cryogenian**. *Science*, v. 327, n. 5970, p. 1241-1243, 5 mar. 2010. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1183325>.
- MATTHEWS, Naomi E.; VAZQUEZ, Jorge A.; CALVERT, Andrew T.. **Age of the Lava Creek supereruption and magma chamber assembly at Yellowstone based on  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and U-Pb dating of sanidine and zircon crystals**. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, v. 16, n. 8, p. 2508-2528, ago. 2015. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1002/2015gc005881>.
- MCKAY, Matthew P.; COBLE, Matthew A.; HESSLER, Angela M.; WEISLOGEL, Amy L.; FILDANI, Andrea. **Petrogenesis and provenance of distal volcanic tuffs from the Permian–Triassic Karoo Basin, South Africa: a window into a dissected magmatic province**. *Geosphere*, v. 12, n. 1, p. 1-14, 7 jan. 2016. Geological Society of America. <http://dx.doi.org/10.1130/ges01215.1>.
- MERDITH, Andrew S.; COLLINS, Alan S.; WILLIAMS, Simon E.; PISAREVSKY, Sergei; FODEN, John D.; ARCHIBALD, Donnelly B.; BLADES, Morgan L.; ALESSIO, Brandon L.; ARMISTEAD, Sheree; PLAVSA, Diana. **A full-plate global reconstruction of the Neoproterozoic**. *Gondwana Research*, v. 50, p. 84-134, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2017.04.001>.
- MUSCENTE, A. D.; BYKOVA, Natalia; BOAG, Thomas H.; BUATOIS, Luis A.; MÁNGANO, M. Gabriela; ELEISH, Ahmed; PRABHU, Anirudh; PAN, Feifei; MEYER, Michael B.; SCHIFFBAUER, James D.. **Ediacaran biozones identified with network analysis provide evidence for pulsed extinctions of early complex life**. *Nature Communications*, v. 10, n. 1, p. 1-15, 22 fev. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-08837-3>.
- NARBONNE, Guy M.; GEHLING, James G.. **Life after snowball: the oldest complex ediacaran fossils**. *Geology*, v. 31, n. 1, p. 27, 2003. Geological Society of America. [http://dx.doi.org/10.1130/0091-7613\(2003\)0312.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1130/0091-7613(2003)0312.0.co;2).
- PU, Judy P.; MACDONALD, Francis A.; SCHMITZ, Mark D.; RAINBIRD, Robert H.; BLEEKER, Wouter; PEAK, Barra A.; FLOWERS, Rebecca M.; HOFFMAN, Paul F.; RIOUX, Matthew; HAMILTON, Michael A.. **Emplacement of the Franklin large igneous province and initiation of the Sturtian Snowball Earth**. *Science Advances*, v. 8, n. 47, p. 1-12, 25 nov. 2022. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.adc9430>.
- ROONEY, Alan D.; YANG, Chuan; CONDON, Daniel J.; ZHU, Maoyan; MACDONALD, Francis A.. **U-Pb and Re-Os geochronology tracks stratigraphic condensation in the Sturtian snowball Earth aftermath**. *Geology*, v. 48, n. 6, p. 625-629, 13 mar. 2020. Geological Society of America. <http://dx.doi.org/10.1130/g47246.1>.
- SATO, Ana María; LLAMBIÁS, Eduardo J.; BASEI, Miguel A.s.; CASTRO, Carlos E.. **Three stages in the Late Paleozoic to Triassic magmatism of southwestern Gondwana, and the relationships with the volcanogenic events in coeval basins**. *Journal Of South American Earth Sciences*, v. 63, p. 48-69, nov. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2015.07.005>.
- ŚRODON, Jan; GERDES, Axel; KRAMERS, Jan; BOJANOWSKI, Maciej J.. **Age constraints of the Sturtian glaciation on western Baltica based on U-Pb and Ar-Ar dating of the Lapichi Svita**. *Precambrian Research*, v. 371, p. 106595, abr. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2022.106595>.
- TANG, Qing; CUI, Huan; ZHANG, Feifei. **Neoproterozoic Earth-life system**. *Precambrian Research*, v. 368, p. 106486, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2021.106486>.
- VIEIRA, Lucieth Cruz. **A formação sete lagoas (grupo Bambuí) e as variações paleoambientais no final do proterozóico**. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 26, n. 4, p. 574-574, dez. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-261x2008000400019>.
- ZHANG, Shihong; JIANG, Ganqing; HAN, Yigui. **The age of the Nantuo Formation and Nantuo glaciation in South China**. *Terra Nova*, v. 20, n. 4, p. 289-294, ago. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3121.2008.00819.x>.
- ZHANG, Shihong; JIANG, Ganqing; ZHANG, Junming; SONG, Biao; KENNEDY, Martin J.; CHRISTIE-BLICK, Nicholas. **U-Pb sensitive high-resolution ion microprobe ages from the Doushantuo Formation in south China: constraints on late neoproterozoic glaciations**. *Geology*, v. 33, n. 6, p. 473, 2005. Geological Society of America. <http://dx.doi.org/10.1130/q21418.1>.
- ZHOU, Chuanming; TUCKER, Robert; XIAO, Shuhai; PENG, Zhanxiang; YUAN, Xunlai; CHEN, Zhe. **New constraints on the ages of Neoproterozoic glaciations in south China**. *Geology*, v. 32, n. 5, p. 437, 2004. Geological Society of America. <http://dx.doi.org/10.1130/q20286.1>.