



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE BIOLOGIA

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Estado da arte sobre o uso de isótopos de carbono em análises paleoclimáticas e suas  
implicações.

por

Leonardo Trigo Méndez

**TCC** apresentado ao Instituto de Biologia  
da Universidade Federal Bahia como exigência para  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas

Salvador,BA

2018

Data da Defesa:13/12/2018

**Banca Examinadora**

---

**Doriedson Ferreira Gomes, Dr.**  
**Universidade Federal da Bahia**

---

**Angélica Yohana Cardozo Vargas, Dr<sup>a</sup>**  
**Universidade Federal da Bahia**

---

**Fernando Ribeiro de Oliveira, MSc**  
**Universidade Federal da Bahia**

## **Resumo:**

Paleoclimatologia é o estudo do clima antes do período de medições instrumentais, que fornece bases para a reconstrução de climas do passado e para testar hipóteses sobre as causas da mudança climática. Dessa maneira as previsões das variações climáticas no futuro serão mais coesas e confiáveis devido ao conhecimento e compreensão das causas das flutuações climáticas passadas. Dentre os indicadores atualmente disponíveis para inferir as condições passadas, a análise isotópica de carbono é um método analítico biofísicoquímico cada vez mais utilizado. Sendo assim, torna-se importante abordar e avaliar sua contribuição nas diversas áreas da geofísica, ecologia e paleoclimáticas por meio de análise quantitativa. Para tanto, existem metodologias que permitem avaliar a produção científica em uma determinada área, como as análises cienciométricas. O objetivo deste estudo foi caracterizar a produção científica sobre a análise isotópica de carbono do banco de dados *ScienceDirect*, a fim de avaliar as tendências e traçar perfis desses tipos de trabalho com o uso deste método por meio de uma análise cienciométrica. Com os resultados encontrados na busca, constatou-se que os trabalhos paleoclimáticos sobre isótopos de carbono teve um crescimento enquanto possuía uma estabilidade financeira, porém uma queda em um momento de crise, mostrando o interesse da comunidade científica e seu potencial de crescimento. Foi visualizada uma predominância das publicações encontradas estarem indexadas principalmente em 3 periódicos e os principais autores são da América Latina. Dentro do espectro das publicações brasileiras foi verificada uma predominância de artigos originários do sudeste. O Período geológico com maior significância foi o Neogeno, principalmente na era Holoceno, deixando uma possibilidade de novos trabalhos em outros tempos geológicos.

**Palavras-Chave:** Isótopos de carbono; Paleoclimatologia; Ciencimetria.

**Abstract:**

Paleoclimatology is the study of climate before the period of instrumental measurements, which provides bases for the reconstruction of past climates and to test hypotheses about the causes of climate change. In this way the predictions of future climate variations will be more reliable due the better understanding of the causes of climate fluctuations on past times. Among the indicators currently available to infer conditions, the carbon isotopic analysis is a biophysicalchemical analytical method that is used more often. Therefore, is important to evaluate its contribution in the various areas of geophysics, ecology and paleoclimatic by approaching through quantitative analysis. For that, there are methodologies that allow evaluating the scientific production in a certain area, such as the scientometry analysis. The focus of this study was to characterize the scientific production on isotopic carbon analysis of the ScieceDirect database. With the results found in the research, it was verified that the paleoclimatic works on carbon isotopes had an increase while a global financial stability, but a decrease in a financial crisis, showing the interest of the scientific community in this subject. It was noticed a predominance of the publications found to be indexed mainly in 3 journals and the main authors are from Latin America. Within the spectrum of Brazilian publications, a predominance of articles originated in the southeast states was observed. The most significant geological period was the Neogene, mainly in the Holocene era, leaving a possibility of new work in other geological times.

**Keywords:** Carbon isotopes; Paleoclimatology; Scientometry.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal da Bahia (Instituto de Biologia).

Ao Prof. Dr. Doriedson Ferreira Gomes, pela oportunidade e orientação.

Ao Prof. Dr. Gilberto Cafezeiro Bomfim, pela ajuda e compreensão.

À Dr<sup>a</sup> Angélica Yohana Cardozo Vargas por aceitar o convite para participar da minha banca.

Ao MSc Fernando Ribeiro de Oliveira por aceitar o convite para participar da minha banca.

Aos meus amigos, familiares, meu irmãos Daniel e Rebecca, meu pai.

Especialmente à minha mãe.

## ÍNDICE

RESUMO

ABSTRACT

AGRADECIMENTOS

ÍNDICE.....	(i)
ÍNDICE DAS FIGURAS .....	(ii)
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. METODOLOGIA.....	4
4. RESULTADOS.....	4
5. DISCUSSÃO.....	10
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	12
8. ANEXOS.....	13

## ÍNDICE DAS FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Entradas classificada pelo ano que foi indexado.....	5
<b>Figura 2.</b> Entradas classificada pelo Periódico indexado.....	6
<b>Figura 3.</b> Entradas classificada pelos isótopos trabalhados.....	7
<b>Figura 4.</b> Entradas classificada pelo Tempo Geológico.....	8
<b>Figura 5.</b> Entradas classificada pela origem.....	10
<b>Figura 6.</b> Entradas brasileiras classificadas por estado.....	11

## 1. Introdução

Paleoclimatologia é a área da ciência que se debruça sobre o estudo do clima antes do período de medições instrumentais, os quais abrangem apenas uma pequena fração ( $<10^{-7}$ ) da história climática da Terra e, assim, fornecem uma óptica limitada sobre as mudanças climáticas e a evolução do clima atual (Bradley, 2015). Indicadores (*proxys*) do clima são sinais deixados por fenômenos naturais e os estudos desses registros naturais são a base da paleoclimatologia (Bradley, 2015). À medida que a construção de um registro mais detalhado e confiável sobre as flutuações climáticas do passado acontece, aumenta a possibilidade de identificação das causas e dos mecanismos de flutuações das mudanças climáticas. Assim, os dados paleoclimáticos fornecem a base para a reconstrução de climas do passado e também a possibilidade de testar hipóteses sobre as causas dessas mudanças climáticas, pois quando as causas das flutuações climáticas forem compreendidas, as previsões das variações climáticas do futuro serão mais coesas e confiáveis (Bradley, 2015).

A palavra isótopos é oriunda do grego, onde “iso” significa (mesmo) e “topos” (lugar), e, apesar de possuírem diferenças em números de nêutrons, possuem o mesmo número de prótons e elétrons. Mesmo com essas variações, estes ainda ocupam o mesmo local na tabela periódica, sendo o mesmo elemento químico. Os isótopos são chamados de estáveis devido ao fato de não emitirem radiação (Ducatti, 2007). Existem cerca de 300 isótopos estáveis, mais de 1.200 radioativos e apenas 21 elementos que possuem unicamente um isótopo (Hoefs, 2009). Os isótopos ambientais estáveis de hidrogênio (H), carbono (C), N), oxigênio (O) e enxofre (S) são frequentemente utilizados como *proxies* para identificação de vários processos naturais, como também antrópicos, tais como identificação de fontes sedimentares, mas também na determinação de processos biológicos, estimativa de taxas de acumulação de diferentes elementos em várias matrizes, determinação de inputs proporcionais e criação e avaliação de modelos (Sulzmann, 2008). Os elementos químicos possuem um isótopo estável dominante, mais leve, como por exemplo: nitrogênio-14 ( $^{14}\text{N}$ ), hidrogênio-1 ( $^1\text{H}$ ), carbono-12 ( $^{12}\text{C}$ ) e oxigênio-16 ( $^{16}\text{O}$ ). Outro, por vezes até dois isótopos pesados, exemplificado por nitrogênio-15 ( $^{15}\text{N}$ ), hidrogênio-2 ( $^2\text{H}$ ), carbono-13 ( $^{13}\text{C}$ ), e oxigênio-17 ( $^{17}\text{O}$ ) e oxigênio-18 ( $^{18}\text{O}$ ) (Ducatti, 2007).

Os isótopos estáveis são assim denominados por não alterarem a massa ao longo de sua existência, ao contrário dos chamados instáveis, que, por sua vez, mudam suas massas por emissão de energia ou partículas subatômicas (Martinelli et al., 2009). Na natureza, os elementos são misturas dos seus isótopos com diferentes porcentagens em massa. Por



exemplo, o carbono possui dois isótopos naturais: o  $^{12}\text{C}$  e o  $^{13}\text{C}$ , mas a abundância desses isótopos na natureza é diferente, uma vez que a ocorrência do  $^{12}\text{C}$  é de aproximadamente 99% e do  $^{13}\text{C}$  de 1% (Boutton, 1996). O carbono pode ser encontrado na forma de compostos inorgânicos (formando carbonatos, dióxido de carbono atmosférico [ $\text{CO}_2$ ] e bicarbonato [ $\text{HCO}_3^-$ ] nas águas marinhas e continentais) e orgânicos (constituindo tecidos de animais e vegetais). No entanto, a taxa dos isótopos estáveis de um dado elemento pode variar como resultado do fracionamento durante processos físicos, químicos e biológicos (Caxito; Silva, 2015). Normalmente, os isótopos com menor massa atômica são mais abundantes, enquanto os isótopos com maior massa atômica são mais raros. A razão isotópica de um dado elemento é expressa pela relação entre o isótopo raro e o isótopo mais abundante (Martinelli et al., 2009). No entanto, a diferença isotópica entre os vários materiais é extremamente pequena, e por isso a razão isotópica é expressa em relação a um padrão internacionalmente conhecido em partes por mil (‰) (Michener; Lajtha, 2007), onde  $\delta = \text{razão isotópica relativa de uma amostra} - \text{Ramostra} = \text{razão isotópica medida na amostra} - \text{Rpadrão} = \text{razão isotópica de um padrão internacional}$ .

O uso de isótopos estáveis em estudos ambientais baseia-se nos efeitos do fracionamento isotópico, ou seja, nos efeitos dos processos que causam mudanças nas abundâncias naturais dos isótopos (Martinelli et al., 2009; Pereira; Benedito, 2007). O fracionamento isotópico ocorre na natureza e é decorrente de reações físico-químicas e/ou biológicas, que promovem o enriquecimento ou empobrecimento do isótopo pesado da amostra em estudo (Caxito e Silva, 2015).

A análise de isótopos estáveis é um método que possibilita distinguir as fontes de contaminação mesmo de substâncias quimicamente idênticas na medida em que a composição isotópica de uma substância é única (Benbow; Frew; Hayman, 2013). Essa técnica, juntamente com dados convencionais, permite obter informações que não são acessíveis por outros métodos ou são difíceis de serem obtidas.

Nas últimas décadas, diversos estudos foram desenvolvidos utilizando os isótopos estáveis do carbono da matéria orgânica de solos com intuito de avaliar a dinâmica da vegetação e inferir sobre variações paleoclimáticas (Vidotto, 2008). O carbono entra na biosfera na forma de  $\text{CO}_2$  atmosférico, que é fixado pelas plantas por meio da fotossíntese. A matéria orgânica produzida durante a fotossíntese tem um valor de  $\delta^{13}\text{C}$  que indica a rota metabólica da planta (Smith; Epstein, 1971). Os principais processos que influenciam no fracionamento isotópico do carbono nas plantas são a difusão de  $\text{CO}_2$  e o processo de carboxilação. A diferença no fracionamento isotópico do carbono em plantas  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$  é

devida principalmente às diferenças no fracionamento isotópico entre as enzimas RuBisCO e a PEP-carboxilase (Farquhar, et al. 1989). De uma maneira geral, plantas C<sub>3</sub>, representadas pela maioria das plantas lenhosas (vegetação arbórea e arbustiva), assimilam CO<sub>2</sub> através do ciclo de Calvin-Benson, apresentando valores  $\delta^{13}\text{C}$  que variam de -32 a -22‰, com uma média de -27‰, uma vez que assimilam preferencialmente moléculas do isótopo <sup>12</sup>C. Gramíneas C<sub>4</sub> utilizam o ciclo de Hatch-Slack e apresentam valores de  $\delta^{13}\text{C}$  que variam de -9 a -17‰, com uma média de -13‰. Existem ainda plantas CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), como as Crassulaceae, Euphorbiaceae, Orchidaceae, Bromeliaceae e Cactaceae, que apresentam valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de -10 a -28‰ (CAM facultativas), sendo que para algumas espécies CAM obrigatórias, os valores isotópicos foram comparáveis aos de plantas C<sub>4</sub> (Boutton, 1996). A variação isotópica <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C é útil na determinação do tipo de vegetação do local estudado. Isto se deve às características isotópicas bem marcadas das plantas, de acordo com a via fotossintética do carbono (C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> e CAM) (Farquhar, et al. 1989). Tecidos de plantas dos ciclos fotossintéticos C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> apresentam valores médio de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -27 e -12‰, respectivamente (Smith; Epstein, 1971). As características isotópicas da vegetação seriam transmitidas, ao menos parcialmente, à matéria orgânica do solo, uma vez que esta última resulta diretamente da transformação dos resíduos vegetais. Sob este aspecto, a matéria orgânica de solos cobertos por campo ocupado por gramíneas deveria se diferenciar nitidamente da de solos sob florestas (Nadelhoffer; Fry, 1988). Medições isotópicas do carbono orgânico do solo estão sendo utilizadas com sucesso para documentar os efeitos das práticas de uso do solo e mudança da vegetação nos ecossistemas naturais (Frank et al., 1995). O padrão universal ao qual se comparam todas as amostras a serem analisadas é um fóssil de *Belemnitella americana* da formação Peedee (PDB) da Carolina do Sul, Estados Unidos da América (Lajtha; Marshall, 1994).

Como os ciclos C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> apresentam valores isotópicos que diferem entre si em aproximadamente 14 parte por mil ao nível do mar, é possível, assim, determinar a origem da matéria orgânica do solo a diferentes profundidades, tornando possível a reconstrução da dinâmica da vegetação durante o tempo geológico.

A cienciometria busca encarregar-se da avaliação da produção científica, mediante técnicas, indicadores e estatísticas discutidos e validados. Segundo Vanti (2002), os indicadores, dados cienciométricos e conjunto de regras são usados para “[...] traçar um perfil dos campos científicos [...], a posição dos principais atores dentro do mapa e as representações específicas de cada um dos ramos do conhecimento”. Generalizando, os

componentes desse universo “[...] brindam um panorama do comportamento de um grupo de conhecimento a partir da produção científica publicada” (MAZ et al., 2009).

## **2. Objetivo**

A partir do método cienciométrico, a proposta desta pesquisa foi efetuar uma avaliação quantitativa das publicações sobre isótopos, especificamente sobre os estudos de isótopos de carbono analisando-se parte da produção científica encontrada nos bancos de dados Science Direct ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)) no dia 19 de novembro, usando as palavras-chaves: “paleoclimatic”, “isotopic \*” “carbon” e “brazil”, no período de 2011 a 2018. Dessa maneira poder inferir: Em quais periódicos esses tipos de estudos são publicados? Quais os autores mais frequentes? Houve crescimento do número de publicações com o passar dos anos? Qual tempo geológico mais comum trabalhado nesses trabalhos? Quais são os isótopos mais comumente trabalhados?

## **3. Metodologia**

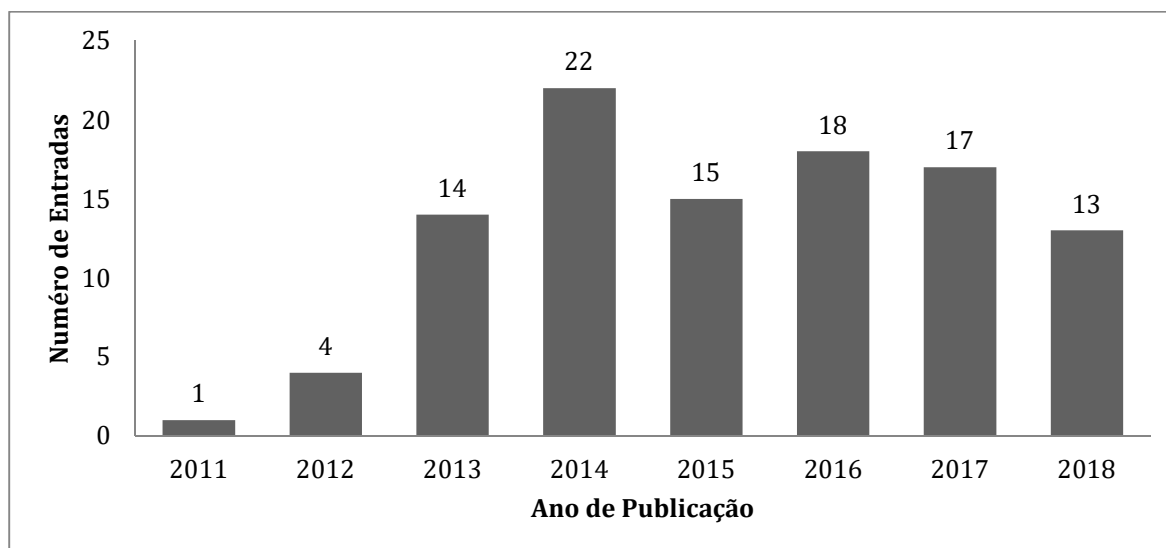
A pesquisa realizada foi elaborada combinando técnicas bibliográficas e bibliométricas. Foi dividido em dois períodos, o primeiro foi realizada uma busca no acervo do banco de dados eletrônicos de literatura científica da empresa *Science Direct* ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)) no dia 19 de novembro de 2018, constituída de coleta, filtragem e normatização dos dados. O segundo período se constituiu da análise e seleção dos dados coletados. Finalizando com a elaboração de um documento. Para a realização das buscas bibliográficas no banco de dados científicos foi utilizado os termos em inglês “paleoclimatic”, “isotopic \*” “carbon” e “brazil”, no período de 2011 a 2018.

Foram aplicados os seguintes critérios para seleção dos artigos: 1) exclusão de artigos duplicados, 2) retirada de artigos no qual não possuíam os textos completos; 3) retirada de artigos que estavam fora do contexto deste estudo; e 4) exclusão de artigos sem autoria. Desse modo, buscou-se a normatização dos mesmos a fim de que não houvesse ambiguidades.

#### 4. Resultados

Foram encontrados no banco de dados *Science Direct* 634 entradas com as palavras-chaves selecionadas e quando o resultado foi filtrado para as entradas localizadas nos anos de 2011 a 2018, limitado até o dia da pesquisa, foram encontrados 195 artigos. Retirando-se as entradas sem textos completos, índices e entrevistas, o número de entradas encontradas foi reduzido para 104.

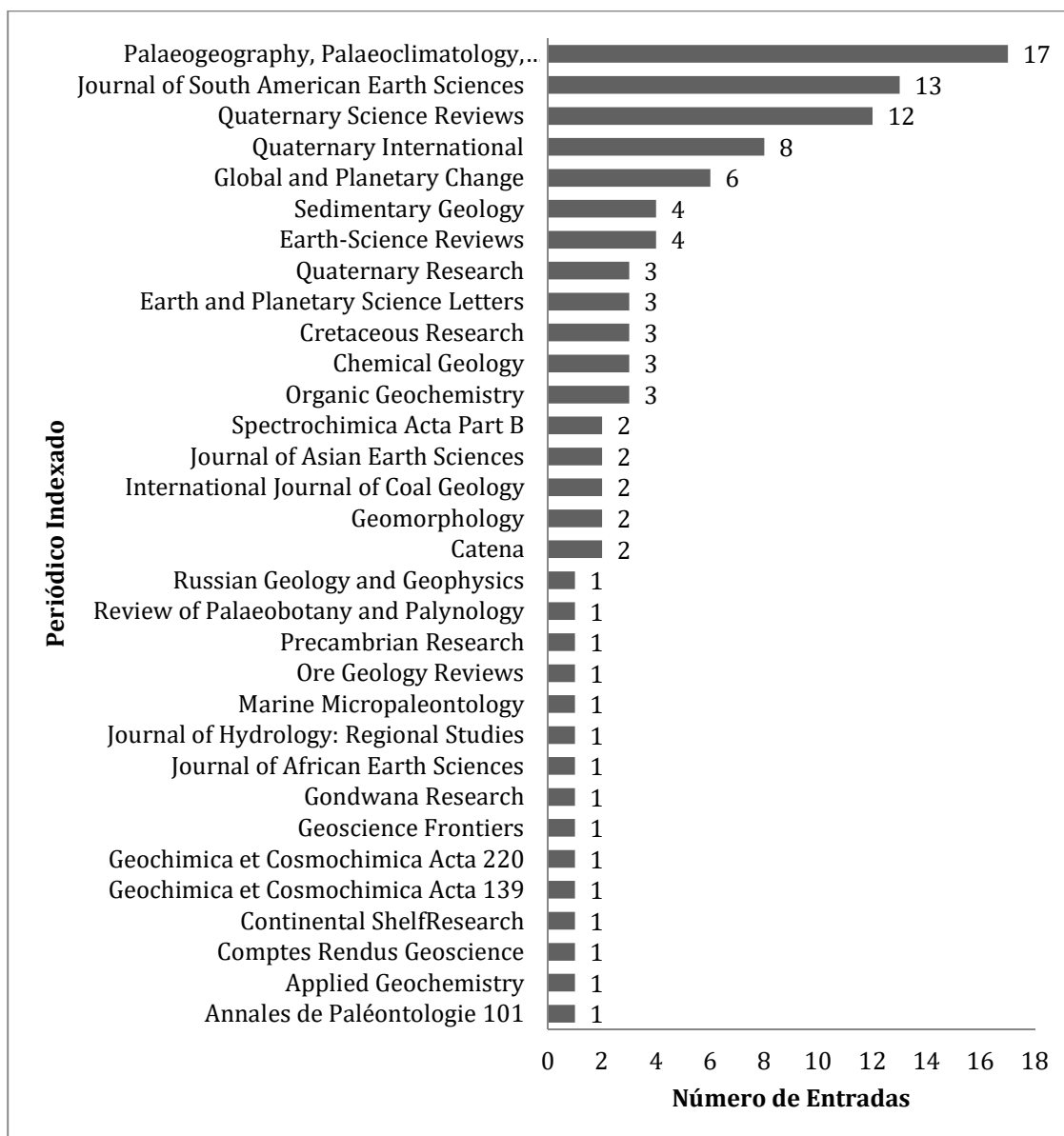
Dentro das entradas do banco de dados, o ano mais proeminente foi 2014 com 22 (vinte e duas) entradas; destacou-se, também, o ano de 2016, com 18 entradas. Abaixo estão ilustradas por meio da Figura 1, as 104 entradas classificadas pelo seu ano que foi indexado ao banco de dados.



**Figura 1.** Entradas classificadas pelo ano que foi indexado.

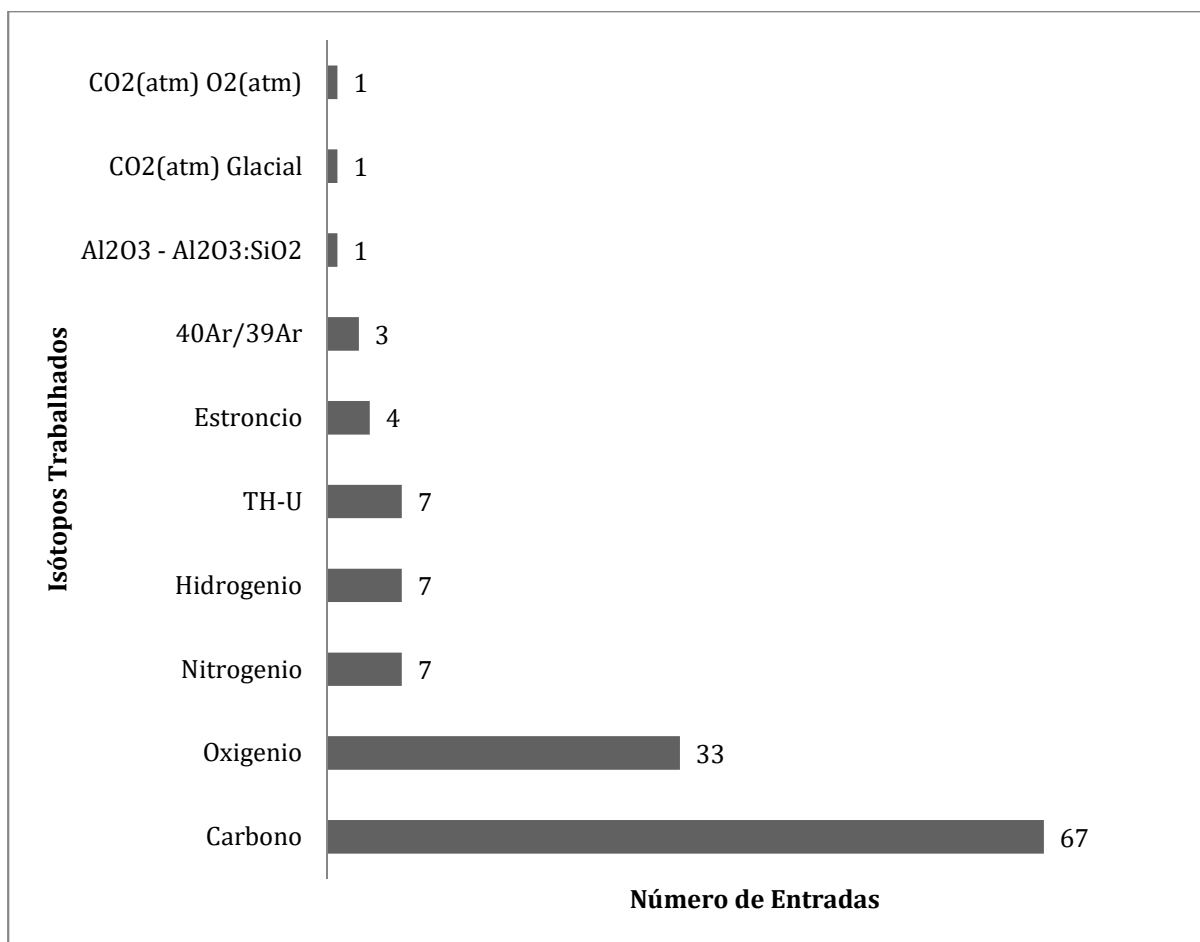
Na Figura 1 é possível verificar também o crescimento acentuado das entradas encontradas do ano de 2011 a 2014 voltando a decrescer após 2015 e nos anos seguintes.

Trazendo o foco da análise para os periódicos onde as entradas foram indexadas, é possível destacar três periódicos que possuem os maiores números de entradas na busca no banco de dados, *Palaeogeography*, *Palaeoclimatology*, *Palaeoecology* é o principal dos três periódicos destacáveis com 17 entradas, os outros são *Journal of South American Earth Sciences* possuindo 13 entradas e *Quaternary Science Reviews* com 12. A Figura 2 ilustra em quais periódicos as entradas encontradas estão indexadas. Os cinco periódicos com maior número de entradas comportam mais de 50% das entradas encontradas.



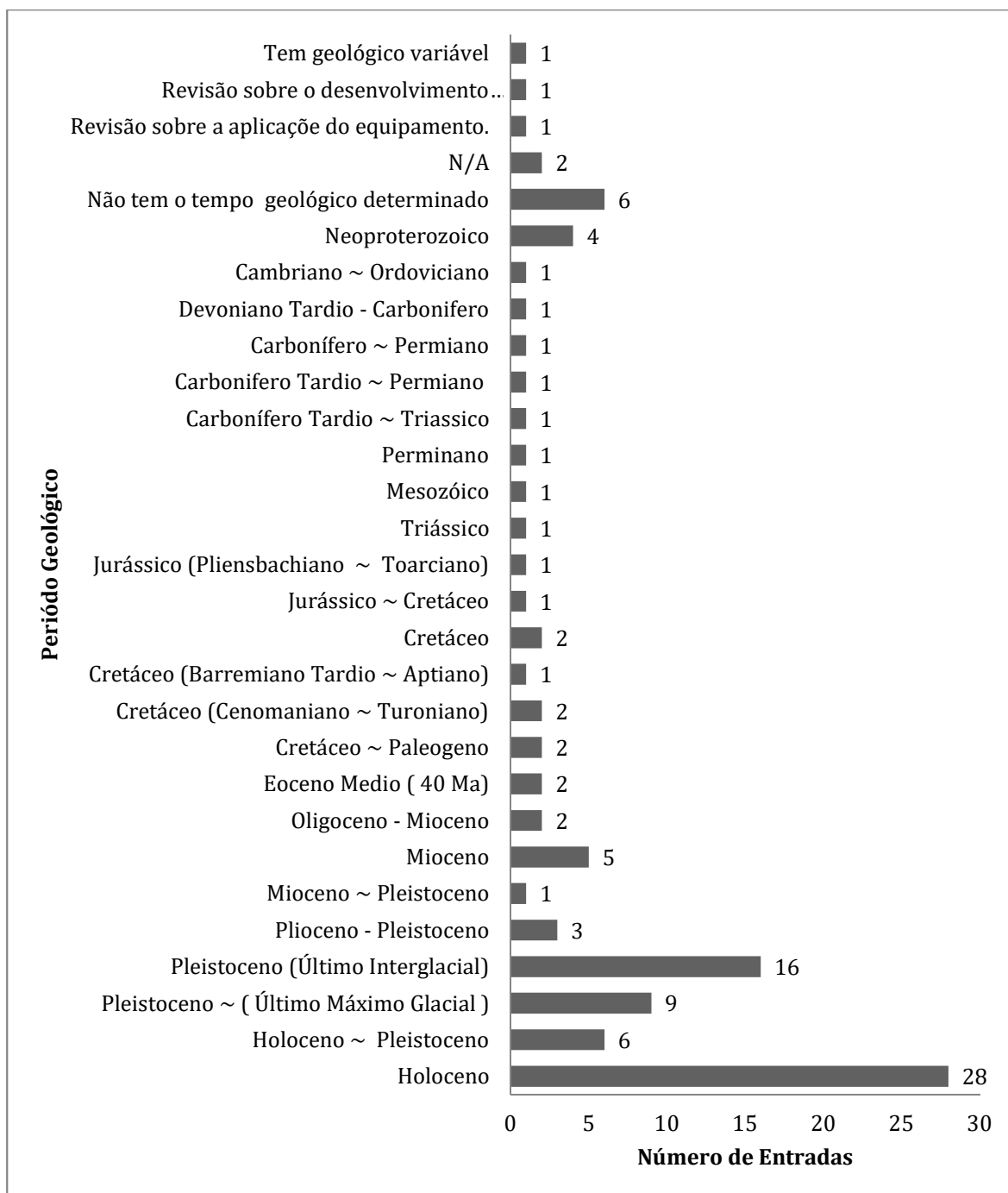
**Figura 2.** Entradas classificada pelo Periódico indexado.

Na Figura 3 foram ilustradas quantas vezes o isótopo foi identificado nas entradas dessa pesquisa. Apesar de uma das palavras-chave usadas na coleta ser “carbon” pode-se destacar que em 35 entradas não trabalham com os isótopos de carbono,. Foram encontradas 69 entradas trabalhando com carbono sendo 67 diretamente com os isótopos de carbono e 2 trabalhando com CO<sub>2</sub> atmosférico. Outro isótopo que se destacou nessa pesquisa foi o Oxigênio com 34 entradas encontradas. Também foi verificada a presença 14 entradas, nas quais não é relatado ou não trabalha com isótopos e 1 trabalhando com múltiplos isótopos sem um foco específico.



**Figura 3.** Entradas classificada pelos isótopos trabalhados.

Outro parâmetro analisado nessa pesquisa foi o tempo geológico. Dentro desse parâmetro o tempo geológico que se destacou é o Holoceno com 28 entradas com seus trabalhos exclusivamente dentro desse tempo geológico, 6 entradas com seu trabalho estendendo-se do Pleistoceno ao Holoceno e 9 entradas no Último Máximo Glacial (Pleistoceno). Na figura 4 ilustra quais são os tempos geológicos onde os estudos realizados pelas entradas se localizam.

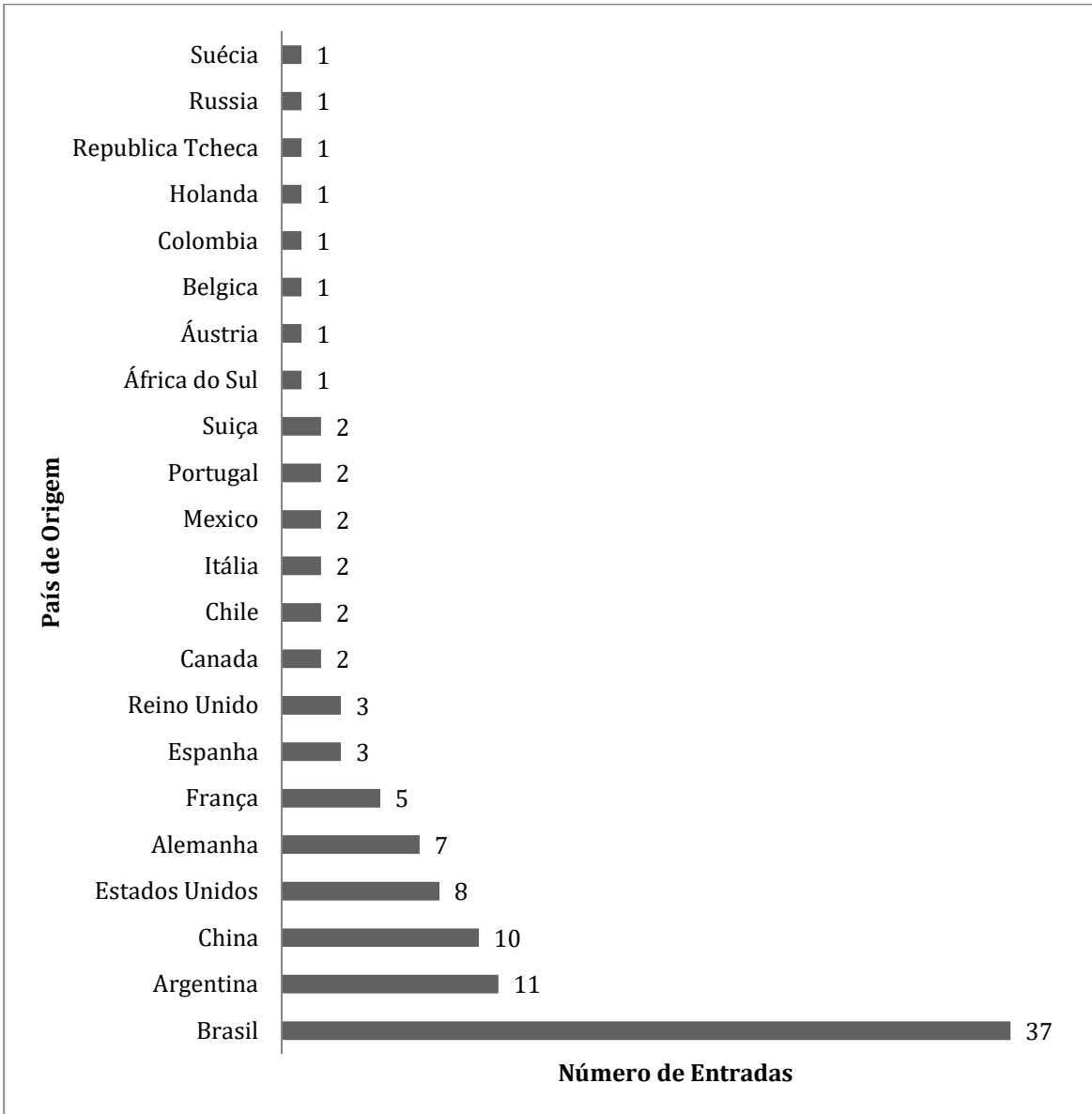


**Figura 4.** Entradas classificada pelo Tempo Geológico.

Também foi analisado dentro das 104 entradas encontradas se havia algum autor ou grupo de autores que se destacaram com um grande volume de publicações, porém isso não foi possível de ser verificado uma vez que a maioria dos autores aparece apenas uma única vez, exceto *Prafulla Kumar Sahoo et al.* que apresentou 3 entradas, *Lucas de Melo França et al.*, *Lucía E. Gómez-Peral et al.*, *Marcia R. Calegari et al.* e *Xiao-Dong Deng et al.* apresentando 2 entradas cada um deles.

O ultimo ponto analisado, foi se havia a existência de algum tipo de predominância sobre a origem das publicações encontradas. Neste ponto analisado foi possível verificar uma predominância de produzidos na América Latina com 51 publicações, destacando-se Brasil com 37 publicações sendo o país com mais publicações nessa pesquisa. Também se pode destacar a presença da Argentina com 11 publicações, China com 10, Estados Unidos com 8 e Alemanha com 7, somando com o Brasil formando 5 países com mais publicações, possuindo mais de 70% de todas as publicações encontradas como seu local de origem, representado na Figura 5. Dentro das publicações brasileiras também foi analisado se havia algum tipo de padrão regional para essas publicações, sendo observado São Paulo com 11 publicações e Rio de Janeiro com 7 os estados predominantes nessas publicações, observado na Figura 6.





**Figura 5.** Entradas classificada pela origem.

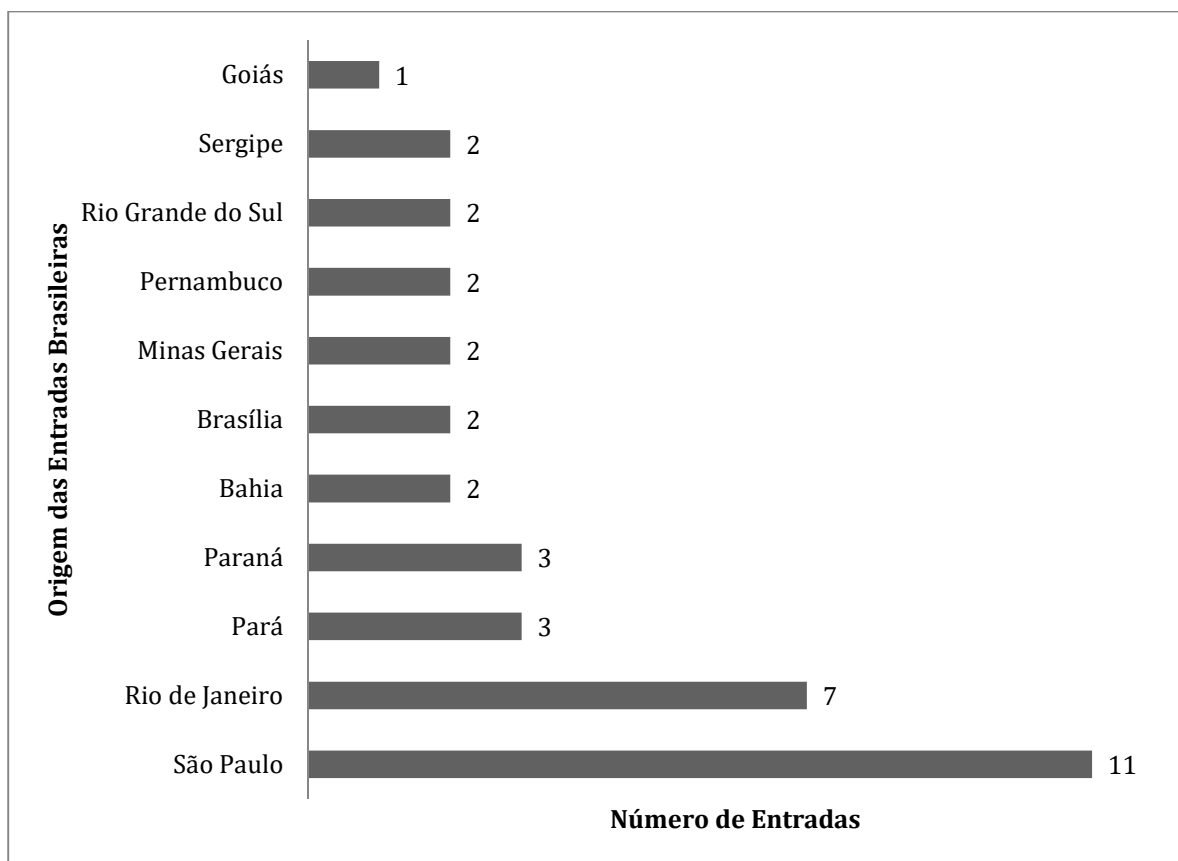


Figura 6. Entradas brasileiras classificadas por estado.

## 5. Discussão

Os resultados apresentados mostram que durante o período de 2011 a 2014 teve um crescimento bem acentuado nas publicações, subindo o seu número de um artigo publicado nesse ano para 22 entradas, porém nos anos seguintes teve uma queda. Isso provavelmente é devido a intensificação da crise financeira mundial e brasileira, como também a queda de projetos e bolsas aceitas pela CNPq nesses anos.

Dentro dos periódicos identificados foi detectado, que o periódico *Palaeogeography*, *Palaeoclimatology*, *Palaeoecology*, *Journal of South American Earth Sciences* e *Quaternary Science Reviews* se destacaram com os maiores números de entradas indexado encontrados nesse período de tempo, o que demonstra que a palavra-chave “brazil” direcionou os artigos encontrados para os periódicos, mais utilizados por autores sul-americanos para suas publicações. Um resultado inusitado foi encontrar 36 entradas nos quais não se trabalham com o isótopo de carbono sejam eles os estáveis ( $^{12}\text{C}$  e  $^{13}\text{C}$ ) ou o radioativo também chamado de radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ), devido a uma das palavras-chaves utilizadas para fazer a busca foi “carbon”, o que se esperava que todos os artigos trabalhassem com este isótopo, porém

também foi verificado que alguns dos artigos têm carbono orgânico outra forma deste elemento explicado o encontrado.

Também foi possível verificar que mais de 50% dos trabalhos encontrados nessa pesquisa estão enquadrados dentro do período geológico Quaternário e Neogeno (Período geológico que engloba o Holoceno, Pleistoceno, Plioceno e Mioceno [0 – 23,03Ma]), pois devido estes serem eras mais recentes o registro estão mais completo, tornando os dados de reconstrução isotópicos mais coesos e confiáveis.

Sobre as origens das entradas foi notada uma predominância dos artigos produzidos no América Latina, mas predominantemente no Brasil possuindo 37 publicações encontradas dessa origem, algo esperado uma vez que a foi utilizado à palavra-chave “brazil” durante a busca, onde das 37 publicações brasileira 11 tem origem em São Paulo e 7 no Rio de Janeiro, se destacando como os dois estados com maior numero de publicações, pois esses são os estados brasileiros com maiores centros de pesquisas e com maiores renda e investimentos para a área de pesquisas. Outro ponto importante é que 70% das publicações encontradas possuem sua origem em um dos 5 países com maior numero de publicações encontradas nessa pesquisa

Com esses resultados é possível inferir que os trabalhos paleoclimáticos sobre isótopos de carbono teve um crescimento em publicações nos anos com maior estabilidade econômica o que mostra a importância e interesse sobre essa área da comunidade científica, mostrando que é uma área potencial e interesse para crescer ainda mais. Os resultados encontrados estenderam-se à todos os períodos geológicos, apesar do mesmo ter sua maioria, dentro do Quaternário e Neogeno, principalmente no Holoceno, devido sua a facilidade de seus registro, mostrando uma lacuna de possibilidade de trabalhos paleoclimáticos abrangido os diferentes tempos geológicos.

## **6. Considerações Finais**

Em conformidade com o objetivo pretendido, foi possível verificar que os trabalhos de isótopos de carbono teve uma tendência de crescimento dos trabalhos indexados em período economicamente favorável. Foi verificado um padrão predominante do Quaternário e Neogeno como o tempo geológico mais trabalhado, devido serem períodos mais recentes, assim possuem um registro mais completo e conservado. Também foi notado que apesar de usar as palavras-chave “carbon” 36 dos resultados analisados não trabalhavam com um dos

isótopos de carbono, o que pode ser um sinal de uma falha no sistema de palavras-chave do banco de dados *ScienceDirect* ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)).

Esse estudo cienciométrico buscou aumentar a visibilidade das possibilidades que os estudos isotópicos podem abranger, como também mostram a diversidade, e o crescimento que houve dessa temática e sua importância para a comunidade científica e a sociedade.

## 7. Referência Bibliográfica:

1. BENBOW; HAYMAN, A; FREW, RUSSELL, **A rapid method to prepare aqueous fatty acids for hydrogen and carbon compound specific stable isotope analysis**. 2013. *Marine and Freshwater Research*. 64. 294-302. 10.1071/MF12192.
2. BOUTTON, T.W. **Stable carbon isotopes of soil organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change**. In: BOUTTON, T.W. YAMASAKI, S.I. (Ed.). *Mass spectrometry of soils*. New York: Marcel Dekker, 1996.
3. BRADLEY, R. **Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary**. 3rd ed. 2015. Oxford, Academic Press.
4. CAXITO; SILVA, **Isótopos estáveis: Fundamentos e técnicas aplicadas à caracterização e roveniência geográfica de produtos alimentícios**. 2015. *Geonomos*, 23(1), 10-17.
5. DUCATTI, 2007. **Aplicação dos Isótopos Estáveis em aquicultura**, *Revista Bras. Zootec.*, v.36, suplemento especial, 2007.
6. FARQUHAR, et al, **Carbon Isotope Discrimination and Photosynthesis**. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 1989.
7. FRANK, M et al, **Sediment redistribution versus paleoproductivity change: Weddell Sea margin sediment stratigraphy and biogenic particle flux of the last 250,000 years deduced from  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{10}\text{Be}$  and biogenic barium profiles**. 1995. *Earth and Planetary Science Letters*.
8. HOEFS, J. **Stable Isotope Geochemistry**. 6th edition. 2009. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
9. LAJTHA, K. e MARSHALL, J. **Stable isotopes in ecology and environmental science**. 1994. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
10. MARTINELLI, L.A. et al. **Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis**. São Paulo, Oficina de Textos, 2009.
11. MAZ, A. et al. **La educación matemática en la revista Enseñanza de las Ciencias: 1983-2006**. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 27, n. 2, 2009.
12. MICHENER; LAJTHA. **Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science**. 2nd Edition. 2007. Carlton, Victoria 3053, Australia.
13. NADELHOFFER, K. F., & FRY, B. **Controls on Natural  $^{15}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}$  Abundances in Forest Soil Organic Matter**. *Soil Science Society of America Journal*, 52. 1988.

14. PEREIRA; BENEDITO, **Isótopos estáveis em estudos ecológicos: Métodos, aplicações e perspectivas**. 2008. Rev. Bio. 13.
15. SMITH, B N. & EPSTEIN, S. **Two Categories of  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  Ratios for Higher Plants**. Plant Physiol. Vol. 47, 1971.
16. SULZMANN, E.W. **Stable Isotope Chemistry and Measurement: A Primer, em Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science**, 2nd ed (eds R. Michener and K. Lajtha), Blackwell Publishing Ltd, Oxford, Reino Unido 2008.
17. VANTI, N. A. P. **Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento**. Ciência da Informação, Brasília, v. 31, n. 2.
18. VIDOTTO, E. **Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no Parque Estadual da Ilha do Cardoso – SP durante o Quaternário Tardio**. 2008. 199 f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

## 8. Anexos

Fonte dos dados analisados:

1. ALESSANDRETI, L. et al. **Septarian carbonate concretions in the Permian Rio do Rasto Formation: Birth, growth and implications for the early diagenetic history of southwestern Gondwana succession**. 2015. Sedimentary Geology.
2. ALLARD, T. et al. **Combined dating of goethites and kaolinites from ferruginous duricrusts**. Deciphering the Late Neogene erosion history of Central Amazonia. 2018. Chemical Geology.
3. ALMEIDA, C. M. et al. **Palaeoecology of a 3-kyr biosedimentary record of a coral reef-supporting carbonate shelf**. 2013. Continental Shelf Research.
4. BARROS L. F. de P. et al. **Paleobiogeoclimatic scenarios of the Late Quaternary inferred from fluvial deposits of the Quadrilátero Ferrífero (Southeastern Brazil)**. 2016. Journal of South American Earth Sciences.
5. BERMAN A. L. et al. **On the differences between Last Glacial Maximum and Mid-Holocene climates in southern South America simulated by PMIP3 models**. 2018. Quaternary Science Reviews.
6. BERNAL J. P. **High-resolution Holocene South American monsoon history recorded by a speleothem from Botuverá Cave, Brazil**. 2016. Earth and Planetary Science Letters.
7. BERTRAND, G. et al. **Groundwater isotopic data as potential proxy for Holocene paleohydroclimatic and paleoecological models in NE Brazil**. 2017. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.
8. BOMOU, B. et al. **The expression of the Cenomanian–Turonian oceanic anoxic event in Tibet**. 2012. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.
9. BONI M. et al. **The “Calamines” and the “Others”**: The great family of supergene nonsulfide zinc ores. 2014. Ore Geology Reviews.
10. CADENA, E.A. et al. **Late Miocene freshwater mussels from the intermontane Chota Basin, northern Ecuadorean Andes**. Journal of South American Earth Sciences. 2018

11. CALEGARI, M. R. et al. **Opal phytolith extraction in oxisols**. 2011. Quaternary International.
12. CALEGARI M. R. et al. **Phytolith signature on the Araucarias Plateau e Vegetation change evidence in Late Quaternary (South Brasil)**. 2016. Quaternary International.
13. CASSINO, R. F. et al. **A Late Quaternary palynological record of a palm swamp in the Cerrado of central Brazil interpreted using modern analog data**. 2017. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.
14. CELARINO, A. L. de S. et al. **Paleoenvironmental reconstruction of the Lower Mogi Guaçu River Basin (São Paulo State — Brazil), morphopedosedimentary records and fluvial processes**. 2013. Catena.
15. CÉSARI, S. N. et al. **Palynology of the Late Triassic Ischigualasto Formation, Argentina: Paleoeological and paleogeographic implications**. 2016. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.
16. CREMON É. H. et al. **The role of tectonics and climate in the late Quaternary evolution of a northern Amazonian River**. 2016. Geomorphology.
17. D'APOLITO C. et al. **The movement of pre-adapted cool taxa in north-central Amazonia during the last glacial**. 2017. Quaternary Science Reviews.
18. DENG, X-D et al. **Geochronology of the Baye Mn oxide deposit, southern Yunnan Plateau: Implications for the late Miocene to Pleistocene paleoclimatic conditions and topographic evolution**. 2014. Geochimica et Cosmochimica Acta 139.
19. DENG, X-D et al. **<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating of supergene Mn-oxides from the Zunyi Mn deposit ,Guizhou Plateau, SWChina: Implications for chemical weathering and paleoclimatic evolution since the late Miocene**. 2016. Chemical Geology.
20. DESJARDINS, T. et al. **d<sup>13</sup>C variation of soil organic matter as an indicator of vegetation change during the Holocene in central Cameroon**. 2013. Comptes Rendus Geoscience.
21. DEXTER, T. A. et al. **A continuous multi-millennial record of surficial bivalve mollusk shells from the São Paulo Bight, Brazilian shelf**. 2014. Quaternary Research.
22. DILL, H. G. **Kaolin: Soil, rock and ore From the mineral to the magmatic, sedimentary and metamorphic environments**. 2016. Earth-Science Reviews.
23. DOMINGO, M. S. et al. **Taphonomy of mammalian fossil bones from the debris-flow deposits of Somosaguas-North (Middle Miocene, Madrid Basin, Spain)**. 2016. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.
24. ELLIOT, T. et al. **Hydrogeochemical and isotopic indicators of vulnerability and sustainability in the GAS aquifer, São Paulo State, Brazil**. 2017. Journal of Hydrology: Regional Studies.
25. ELLIS, R. et al. **Modulation of ice ages via precession and dust-albedo feedbacks**. 2016. Geoscience Frontiers.
26. FRANÇA, L. de M. et al. **Radiocarbon dating and stable isotopes analyses of Caiman latirostris (Daudin, 1801) (Crocodylia, Alligatoridae) from the late Pleistocene of Northeastern Brazil, with comments on spatial distribution of the species**. 2014. Quaternary International.

27. FRANÇA L. de M. et al. **Review of feeding ecology data of Late Pleistocene mammalian herbivores from South America and discussions on niche differentiation.** 2014. Earth-Science Reviews.
28. FRANKLIN J. et al. **Paleodistribution modeling in archaeology and paleoanthropology.** 2015. Quaternary Science Reviews.
29. FONSECA C. et al. **Organic facies variability during the Toarcian Oceanic Anoxic Event record of the Grands Causses and Quercy basins (southern France).** 2017. International Journal of Coal Geology.
30. FUCKS E. et al. **Stratigraphy of the fluvial deposits of the Salado river basin, Buenos Aires Province: Lithology, chronology and paleoclimate.** 2015. Journal of South American Earth Sciences.
31. GOMEZ F. J. et al. **Sedimentology and sequence stratigraphy from a mixed (carbonate–siliciclastic) rift to passive margin transition: The Early to Middle Cambrian of the Argentine Precordillera.** 2014. Sedimentary Geology.
32. GÓMEZ-PERAL, L. E. et al. **Paleo-climatic and paleo-environmental evolution of the Neoproterozoic basal sedimentary cover on the Río de La Plata Craton, Argentina: Insights from the  $\delta^{13}\text{C}$  chemostratigraphy.** 2017. Sedimentary Geology.
33. GÓMEZ-PERAL, L. E. et al. **Paleoenvironmental implications of two phosphogenic events in Neoproterozoic sedimentary successions of the Tandilia System, Argentina.** 2014. Precambrian Research.
34. GONZÁLEZ-GUARDA, E. et al. **Late Pleistocene ecological, environmental and climatic reconstruction based on megafauna stable isotopes from northwestern Chilean Patagonia.** 2017. Quaternary Science Reviews.
35. GONZÁLEZ-LEMONS, S. et al. **Sediment transport during recent cave flooding events and characterization of speleothem archives of past flooding.** 2014. Geomorphology.
36. GOVIN, A. et al. **Sequence of events from the onset to the demise of the Last Interglacial: Evaluating strengths and limitations of chronologies used in climatic archives.** 2015. Quaternary Science Reviews.
37. GRUNERT, P. et al. **Mg/Ca-temperature calibration for costate *Bulimina* species (*B. costata*, *B. inflata*, *B. mexicana*): A paleothermometer for hypoxic environments.** 2017. Geochimica et Cosmochimica Acta 220.
38. HARMON, R. S. et al. **Applications of laser-induced breakdown spectroscopy for geochemical and environmental analysis: A comprehensive review.** 2013. Spectrochimica Acta Part B.
39. HARRIS, N. B. et al. **Soils, slopes and source rocks: Application of a soil chemistry model to nutrient delivery to rift lakes.** 2015. Sedimentary Geology.
40. HOLZ, M. **Mesozoic paleogeography and paleoclimates e A discussion of the diverse greenhouse and hothouse conditions of an alien world.** 2015. Journal of South American Earth Sciences.
41. HORÁK-TERRA, I. et al. **Holocene climate change in central–eastern Brazil reconstructed using pollen and geochemical records of Pau de Fruta mire (Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais).** 2015. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.

42. HUANG, C. et al. **Evolution of the Indian summer monsoon during the interval 32.7–11.4 cal. ka BP: Evidence from the Baoxiu peat, Yunnan, southwest China.** 2016. *Journal of Asian Earth Sciences*.
43. IZART, A. et al. **Paleoclimate reconstruction from petrography and biomarker geochemistry from Permian humic coals in Sydney Coal Basin (Australia).** 2015. *International Journal of Coal Geology*.
44. JACOBEL, A. W. et al. **Climate-related response of dust flux to the central equatorial Pacific over the past 150 kyr.** 2016. *Earth and Planetary Science Letters*.
45. JINANG, X. et al. **Decoupling of the East Asian summer monsoon and Indian summer monsoon between 20 and 17 ka.** 2014. *Quaternary Research*.
46. KERN, A. K. et al. **Radiometric dating re-evaluating the paleoenvironment and paleoclimate around the Plio–Pleistocene boundary in NE China (Changbai Mountains).** 2015. *Review of Palaeobotany and Palynology*.
47. KUMAR, A. et al. **Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in laminated Santa Barbara Basin sediments.** 2017. *Organic Geochemistry*
48. KUMAR, M. et al. **Environmental changes recorded in the Holocene sedimentary infill of a tropical estuary.** 2018. *Quaternary International*.
49. LACASSE, C. M. et al.  **$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  dating and preliminary interpretation of magnetic susceptibility logs of giant piston cores from the Rio Grande Rise in the South Atlantic.** 2017. *Journal of South American Earth Sciences*.
50. LIMARINO, C. O. et al. **A paleoclimatic review of southern South America during the late Paleozoic: A record from icehouse to extreme greenhouse conditions.** 2013. *Gondwana Research*.
51. LINDSEY, E. L. et al. **Tanque Loma, a new late-Pleistocene megafaunal tar seep locality from southwest Ecuador.** 2014. *Journal of South American Earth Sciences*.
52. LIU, J. et al. **Soil nitrogen isotopic composition of the Xifeng loess-paleosol sequence and its potential for use as a paleoenvironmental proxy.** 2016. *Quaternary International*.
53. **reveal what caused their extinction during the mid-Pleistocene Climate Transition?** 2013. *Marine Micropaleontology*.
54. MARTÍNEZ, C. et al. **Angiosperm leaves and cuticles from the uppermost Cretaceous of Patagonia, biogeographic implications and atmospheric paleo-CO<sub>2</sub> estimates.** 2018. *Cretaceous Research*.
55. MARGALEF, O. et al. **A 70,000 year multiproxy record of climatic and environmental change from Rano Aroi peatland (Easter Island).** 2013. *Global and Planetary Change*.
56. MECKLER, A. N. et al. **Glacialeinterglacial temperature change in the tropical West Pacific: A comparison of stalagmite-based paleothermometers.** 2015. *Quaternary Science Reviews*.
57. MENDOZA, P. L. et al. **Reconstructing drowned terrestrial landscapes. Isotopic paleoecology of a late Pleistocene extinct faunal assemblage: Site GNL Quintero 1 (GNLQ1) (32° S, Central Chile).** 2016. *Quaternary International*.



58. MEUNIER, J. D. et al. **Peatland ferruginization during late Quaternary in the Uberaba Plateau (South-Eastern Brazil)**. 2012. *Journal of South American Earth Sciences*.
59. MILLO, C. et al. **Last glacial and Holocene stable isotope record of fossil dripwater from subtropical Brazil based on analysis of fluid inclusions in stalagmites**. 2017. *Chemical Geology*
60. MOLLIER-VOGEL, E. et al. **Rainfall response to orbital and millennial forcing in northern Peru over the last 18 ka**. 2013. *Quaternary Science Reviews*.
61. MOQUET, J. S. et al. **Calibration of speleothem  $^{18}\text{O}$  records against hydroclimate instrumental records in Central Brazil**. 2016. *Global and Planetary Change*.
62. MOREIRA, L. S. et al. **A mineralogical and organic geochemical overview of the effects of Holocene changes in Amazon River flow on three floodplain lakes**. 2014. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
63. MOURELLE, D. et al. **Mid and late Holocene multiproxy analysis of environmental changes linked to sea-level fluctuation and climate variability of the Río de la Plata estuary**. 2015. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
64. MUKHERJEE, P. et al. **Investigating the dynamical behavior of the Intertropical Convergence Zone since the last glacial maximum based on terrestrial and marine sedimentary records**. 2016. *Quaternary International*.
65. OLIVEIRA, F. M. et al. **Evidence of strong storm events possibly related to the little Ice Age in sediments on the southern coast of Brazil**. 2014. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
66. PAISANI, J. C. et al. **Paleosols in low-order streams and valley heads in the Araucaria Plateau e Record of continental environmental conditions in southern Brazil at the end of MIS 3**. 2014. *Journal of South American Earth Sciences*.
67. PEREZ FILHO, A. et al. **Evolutionary interpretation of Holocene landscapes in eastern Brazil by optimally stimulated luminescence: Surface coverings and climatic pulsations**. 2018. *Catena*.
68. PESTILHO, A. L. S. et al. **Hyperpycnal-fed lacustrine turbidites in rift basins: Facies analysis and diagenesis of the Early Cretaceous Pendência Formation, Potiguar Basin, Brazil**. 2017. *Journal of South American Earth Sciences*.
69. PORTILHO-RAMOS, R. da C. et al. **Variability of the upwelling system in the southeastern Brazilian margin for the last 110,000 years**. 2015. *Global and Planetary Change*.
70. PRADO, J. L. **Megafauna extinction in South America: A new chronology for the Argentine Pampas**. 2015. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
71. RAIGEMBORN, M. S. et al. **Multiproxy studies of Early Miocene pedogenic calcretes in the Santa Cruz Formation of southern Patagonia, Argentina indicate the existence of a temperate warm vegetation adapted to a fluctuating water table**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2018
72. RAKOVSKÝ, J. et al. **A review of the development of portable laser induced breakdown spectroscopy and its applications**. 2014. *Spectrochimica Acta Part B*.

73. RASHID, H. et al. **Signature of the Gold Cove event (10.2 ka) in the Labrador Sea.** 2013. Quaternary International.
74. RAZIK, S. et al. **Interaction of the South American Monsoon System and the Southern Westerly Wind Belt during the last 14 kyr.** 2012. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.
75. REGO, E. S. et al. **Mineralogical evidence for warm and dry climatic conditions in the Neo-Tethys (eastern Turkey) during the middle Eocene.** 2018. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.
76. REGNERY, J. et al. **Comparison of the paleoclimatic significance of higher land plant biomarker concentrations and pollen data: A case study of lake sediments from the Holsteinian interglacial.** 2013. Organic Geochemistry.
77. REIMOLD, W. U. et al. **Impact structures in Africa: A review.** 2014. Journal of African Earth Sciences.
78. RIBEIRO, M. S. L. et al. **Obstinate Overkill in Tasmania? The closest gaps do not probabilistically support human involvement in megafaunal extinctions.** 2014. Earth-Science Reviews.
79. ROBERTS, D. L. et al. **Palaeoenvironments during a terminal Oligocene or early Miocene transgression in a fluvial system at the southwestern tip of Africa.** 2017. Global and Planetary Change.
80. ROTTI, A. et al. **Diet reconstruction for an extinct deer (Cervidae: Cetartiodactyla) from the Quaternary of South America.** 2018. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.
81. ROY, P. D. et al. **Late Quaternary paleohydrological conditions in the drylands of northern Mexico: a summer precipitation proxy record of the last 80 cal ka BP.** 2012. Quaternary Science Reviews.
82. SAHOO, P. K. et al. **Geochemical characterization of the largest upland lake of the Brazilian Amazonia: Impact of provenance and processes.** 2017. Journal of South American Earth Sciences
83. SAHOO, P. K. et al. **Geochemistry of upland lacustrine sediments from Serra dos Carajás, Southeastern Amazon, Brazil: Implications for catchment weathering, provenance, and sedimentary processes.** 2016. Journal of South American Earth Sciences.
84. SAHOO, P. K. et al. **Use of multi-proxy approaches to determine the origin and depositional processes in modern lacustrine sediments: Carajás Plateau, Southeastern Amazon, Brazil.** 2014. Applied Geochemistry.
85. SALLES, L. O. et al. **A new record of a Scelidotheriine ground sloth (Xenarthra, Mylodontidae) from Central Brazil: Quaternary cave stratigraphy, taxonomy and stable isotopes.** 2016. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.
86. SANCHEZ-HERMANDEZ, Y. et al. **Assessing the factors controlling high sedimentation rates from the latest Barremian-earliest Aptian in the hemipelagic setting of the restricted Organy a Basin, NE Spain.** 2014. Cretaceous Research.
87. SANTOS, A. da S. dos et al. **Palynofacies evidence of dysoxia and upwelling in the Turonian of the Sergipe Basin, Brazil.** 2013. Cretaceous Research.
88. SAVIAN, J. F. et al. **Environmental magnetic implications of magnetofossil occurrence during the Middle Eocene Climatic Optimum**

- (MECO) in pelagic sediments from the equatorial Indian Ocean. 2015. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
89. SCHERER, C. S. et al. **Chronological, taphonomical, and paleoenvironmental aspects of a Late Pleistocene mammalian fauna from Guanambi, Bahia, Brazil.** 2017. *Journal of South American Earth Sciences*.
  90. SCHWAB, C. et al. **A coccolithophore based view on paleoenvironmental changes in the open ocean mid-latitude North Atlantic between 130 and 48 ka BP with special emphasis on MIS 5e.** 2013. *Quaternary Science Reviews*.
  91. SIAL, A. N. et al. **High-resolution Hg chemostratigraphy: A contribution to the distinction of chemical fingerprints of the Deccan volcanism and Cretaceous–Paleogene Boundary impact event.** 2014. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
  92. SOUZAM, Jr. G. R. et al. **Organic matter in the Neoproterozoic cap carbonate from the Amazonian Craton, Brazil.** 2017. *Journal of South American Earth Sciences*.
  93. TRIPALDI, A. et al. **Eolian depositional phases during the past 50 ka and inferred climate variability for the Pampean Sand Sea, western Pampas, Argentina.** *Quaternary Science Reviews*. 2016.
  94. VAN BREE, L.G.J. et al. **Origin, formation and environmental significance of des-A-arborenes in the sediments of an East African crater lake.** *Organic Geochemistry*. 2018
  95. VAJDA, V. et al. **The global vegetation pattern across the Cretaceous–Paleogene mass extinction interval: A template for other extinction events.** 2014. *Global and Planetary Change*.
  96. VLEESCHOUWER, D. De et al. **The astronomical rhythm of Late-Devonian climate change (Kowala section, Holy Cross Mountains, Poland).** 2013. *Earth and Planetary Science Letters*.
  97. WALDE, D. H. G. et al. **New aspects of Neoproterozoic-Cambrian transition in the Corumbá region (state of Mato Grosso do Sul, Brazil).** 2015. *Annales de Paléontologie* 101.
  98. YU, W. et al. **Climatic and hydrologic controls on upper Paleozoic bauxite deposits in South China.** 2018. *Earth-Science Reviews*.
  99. ZHAMOIDA, A. I. et al. **General Stratigraphic Scale of Russia: state of the art and problems.** 2014. *Russian Geology and Geophysics*.
  100. ZHANG, H. et al. **East Asian Summer Monsoon variations in the past 12.5 ka: High-resolution <sup>18</sup>O record from a precisely dated aragonite stalagmite in central China.** 2013. *Journal of Asian Earth Sciences*.
  101. ZHANG, P. et al. **Variability of the Indonesian Throughflow thermal profile over the last 25-kyr: A perspective from the southern Makassar Strait.** 2018. *Global and Planetary Change*.
  102. ZHANG, T-T. et al. **Stalagmite-inferred centennial variability of the Asian summer monsoon in southwest China between 58 and 79 ka BP.** 2017. *Quaternary Science Reviews*.
  103. ZHOU, H. et al. **Heinrich event 4 and Dansgaard/Oeschger events 5–10 recorded by high-resolution speleothem oxygen isotope data from central China.** 2014. *Quaternary Research*.
  104. ZULAR, A. et al. **The effects of mid-Holocene fluvio-eolian interplay and coastal dynamics on the formation of dune-dammed lakes in NE Brazil.** 2018. *Quaternary Science Reviews*.