

RECONSTITUIÇÃO PALEOAMBIENTAL DA BACIA DO RIO GRANDE (BA), POR MEIO DA ANÁLISE DE FITÓLITOS E LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA (LOE)

PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION OF THE RIO GRANDE BASIN (BA), THROUGH PHYTOLITH ANALYSIS AND OPTICALLY STIMULATED LUMINESCENCE (OSL)

RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO GRANDE (BA), MEDIANTE EL ANÁLISIS DE FITOLITOS Y LUMINISCENCIA ÓPTICAMENTE ESTIMULADA (LOE)

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BRG) localiza-se no oeste do Estado da Bahia, sendo caracterizada principalmente pelo contraste altimétrico de cuestas e áreas de topografia suave, como também por se configurar como uma área de transição entre os biomas Cerrado e Caatinga. Este trabalho tem como objetivo compreender a dinâmica e transformação da paisagem no médio curso da BRG durante o Quaternário, tendo como base a investigação de coberturas superficiais de terraços fluviais, inferindo variações da vegetação e dos processos geomorfológicos associados a episódios de pulsações climáticas. A metodologia consistiu numa análise integrada envolvendo fitólitos; análises granulométricas e cronologia por datações por Luminescência Opticamente Estimulada. Não foram registradas grandes mudanças na cobertura vegetal para a BRG no Holoceno, com predomínio de vegetação aberta com pontual ocorrência de remanescentes florestais. No entanto, foi possível observar pequenas variações que identificaram períodos relativamente mais secos no Pleistoceno Superior e no Holoceno Médio, mais úmidos por volta de 1.430 anos AP, e variações de umidade nos últimos 420 anos.

Palavras-chave: Quaternário; Terraços Fluviais; Fitólitos; Luminescência Opticamente Estimulada;







ABSTRACT

The Rio Grande Hydrographic Basin (BRG) is located in the west of the state of Bahia, being characterized mainly by the altimetric contrast of cuestas and areas of smooth topography, in addition to being a transition area between the Cerrado and Caatinga biomes. This study aims to understand the landscape dynamics and transformation in the middle course of the BRG during the Quaternary, based on the investigation of surface covers of river terraces, inferring variations in vegetation and geomorphological processes associated with episodes of climatic pulsations. The methodology consisted of an integrated analysis involving phytoliths, granulometric analysis, and chronology through dating by Optically Stimulated Luminescence. No major changes were recorded in the vegetation cover for BRG in the Holocene, with a predominance of open vegetation with the occasional occurrence of forest remnants. However, it was possible to observe small variations that identified relatively drier periods in the Late Pleistocene and the Middle Holocene, greater humidity around 1,430 years BP, and humidity variations in the last 420 years.

Keywords: Quaternary; River Terraces; Phytoliths; Optically Stimulated Luminescence.

RESUMEN

La cuenca hidrográfica de Río Grande (BRG) está ubicada en el oeste del estado brasileño de Bahía, y se caracteriza por el contraste altimétrico de cuestas y áreas de topografía suave. Además de eso, es un área de transición entre los biomas Cerrado y Caatinga. La presente investigación tiene como objetivo comprender la dinámica y los cambios en el paisaje del medio curso de la BRG a lo largo del período geológico Cuaternario, teniendo como base la observación de terrazos fluviales, implicando variaciones de la vegetación y de los procesos geomorfológicos

 David Oldack Barcelos Ferreira Machado ^a
 Archimedes Perez Filho ^a
 Heloisa Helena Gomes Coe ^b
 Karina Ferreira Chueng ^b
 Mateus Moriconi Prebianca ^a
 Marcel Hideyuki Fumiya ^c

^a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brasil

^b Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^c Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil

DOI: 10.12957/geouerj.2023.74515

Correspondência:

david_barcelos1@hotmail.com;
archi@unicamp.br; heloisacoe@gmail.com;
karinachueng@yahoo.com.br;
moriconi.cone@gmail.com;
marcel.hideyuki@gmail.com

Recebido em: 29 mar. 2023

Revisado em: 09 mai. 2023

Aceito em: 06 jun. 2023



asociados a episodios de pulsaciones climáticas. La metodología consistió en un análisis integrado de fitolitos, análisis granulométrico y cronología por datación a través de luminiscencia ópticamente estimulada. No fueron registrados cambios significativos en la cobertura vegetal de la BRG en el período Holoceno, siendo predominante la vegetación abierta, con ocurrencia puntual de sobrantes forestales. Sin embargo, fue posible observar pequeñas variaciones que identificaron periodos relativamente más secos en los períodos Pleistoceno Superior y Holoceno Medio, más húmedos cerca de 1.430 años antes del presente (AP), y variaciones de humedad en los últimos 420 años.

Palabras-clave: Cuaternario; Terrazas fluviales; Fitólitos; Luminiscencia Estimulada Ópticamente.



INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo principal ampliar as discussões sobre a evolução e reconstituição da paisagem em ambientes tropicais que, de alguma forma, estiveram submetidos a condições ambientais específicas ao longo do Quaternário, suficientes para elaborar e reelaborar seus atributos morfológicos. Considerando a importância dos aspectos paleoambientais na esculturação e dinâmicas da paisagem, essa busca compreender a dinâmica e transformação da paisagem no médio curso da bacia do rio Grande (BRG), Bahia, durante o Quaternário, inferindo variações da cobertura vegetal e dos processos geomorfológicos associados a episódios de pulsações climáticas. Além disso, agrega novas considerações a respeito da evolução de sistemas fluviais continentais, como também procura reduzir o hiato de dados paleoambientais para essa porção do Brasil.

Os terraços fluviais são definidos morfológicamente como patamares aplainados de largura variada, limitados por escarpas e com suave inclinação no sentido do canal fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1980; SUGUIO, 2010). Além disso, podem apresentar diferentes níveis de altura em relação ao canal fluvial e diferenças em sua composição, sendo denominados: (1) Baixos terraços fluviais, variando entre 3 e 5m altura em relação ao rio; (2) Médios terraços fluviais, apresentando altura entre 11 e 15m; e (3) Altos terraços fluviais, com altitudes maiores que 70m (CHRISTOFOLETTI, 1980; SUGUIO, 2010; PEREZ FILHO & RUBIRA, 2018; MOREIRA & PEREZ FILHO, 2020).

A Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) é um método de datação absoluta, utilizado para estabelecer a cronologia de eventos a partir de minerais encontrados em depósitos sedimentares (eólicos, fluviais, coluviais, etc.) (SALLUM *et al.*, 2007). A aplicação da LOE é associada a análises granulométricas e geoquímicas para compreender interações entre a morfogênese e a pedogênese (solos-relevo). Baseando-se, principalmente, nas coberturas superficiais de terraços fluviais e marinhos, são potenciais indicadores pedogeomorfológicos, por estarem associadas às pulsações climáticas, como demonstrado em Dias & Perez Filho (2015); Storani & Perez Filho (2015); Souza & Perez Filho (2016, 2018, 2019); Perez Filho & Rubira (2018); Rubira & Perez Filho (2018, 2019, 2021a, 2021b); Aderaldo & Perez Filho (2020); Souza *et al.* (2020); Silva *et al.* (2021); Lima *et al.* (2021); Moreira & Perez Filho (2019, 2020); Perez Filho *et al.* (2020, 2021, 2022).

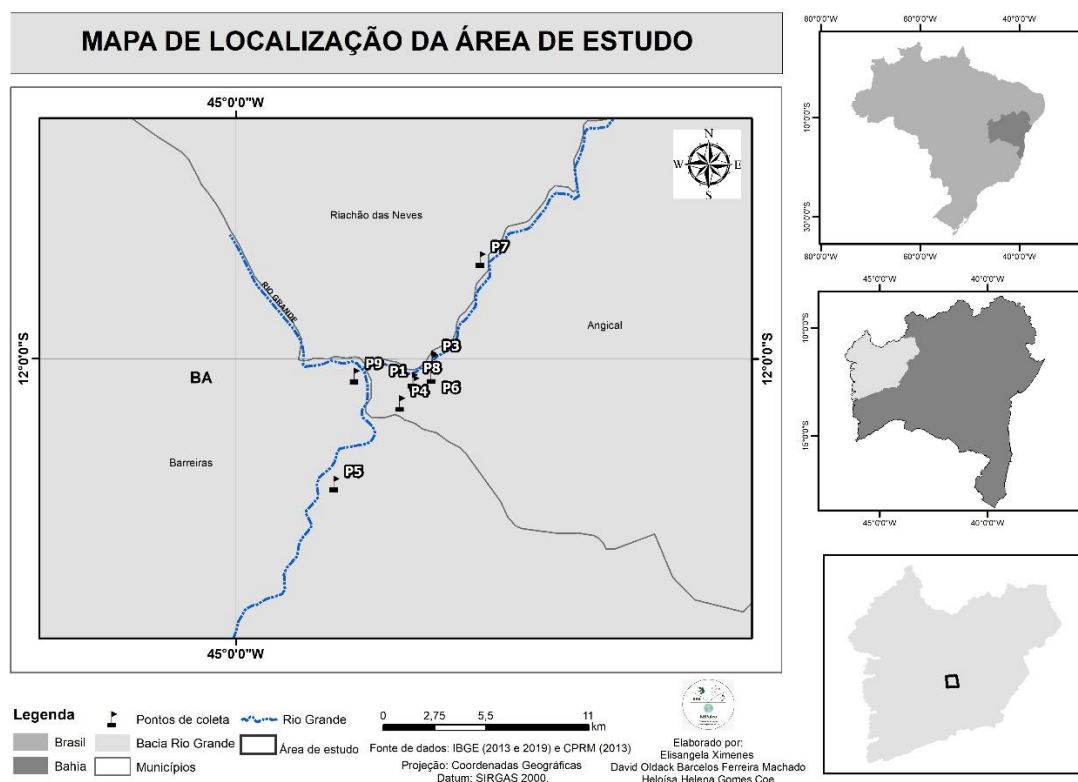
Os fitólitos são partículas de opala biogênica, com tamanhos geralmente entre 60-100µm, que se formam através da precipitação de sílica amorfa oriunda da solução de ácido silícico $[\text{Si}(\text{OH})_4]$, entre e no interior das células vegetais das plantas vivas (PIPERNO, 1985, 1988). O processo de evapotranspiração desses organismos vegetais permite que a solução se polimerize em diversas partes da planta (PIPERNO, 2006), gerando os fitólitos. Após a morte e/ou perda de partes da planta, esses restos se incorporam ao solo, onde a parte orgânica se decompõe e a parte mineral permanece na composição do solo, ficando sujeita ao ciclo da sílica e podendo ser utilizada como indicador paleoambiental (COE & OSTERRIETH, 2014), como demonstrado

em: Alexandre *et al.* (1999), Coe *et al.* (2012a, 2012b, 2013, 2014, 2015a, 2015b, 2017, 2018), Calegari *et al.* (2015), Barros *et al.* (2016), Chueng (2016, 2020), Chueng *et al.* (2018, 2019), Ramirez *et al.* (2019), Rasbold *et al.* (2020), Salgado *et al.* (2020), Machado *et al.* (2021, 2022), Costa *et al.* (2022), Santos *et al.* (2022), entre outros.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

A bacia hidrográfica do Rio Grande (BRG) localiza-se no oeste do Estado da Bahia, Brasil, inserida entre as coordenadas geográficas 10°10'S e 13°20'S de latitude e 43°08'O e 46°37'O de longitude (MOREIRA & SILVA, 2010) (Figura 1). É caracterizada pelo contraste altimétrico das cuestas e áreas de topografia suave ocorrente em grande parte da bacia (ALVES *et al.*, 2009).

Figura 1. Área de estudos e pontos de coleta.



Fonte: Os autores.

O regime climático é do tipo Aw (clima de savana) (KÖPPEN, 1936), apresentando duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco. As médias anuais são variáveis, apresentando de 20° a 26°C de temperatura e 800 a 1100mm de pluviosidade (SANTOS & CASTRO, 2016).

O bioma predominante na bacia é o Cerrado, que ocupa toda a porção centro-oeste; já na porção centro-leste se configura uma área de transição entre Cerrado e Caatinga (MOREIRA & SILVA, 2010; SANTOS & CASTRO, 2016). Dentre as fitofisionomias encontradas na BRG estão: as savânicas (campo-limpo-de-



Cerrado, campo Cerrado, Cerrado Sensu Strictu e Cerradão), as estepes (Caatinga arbórea e Caatinga arbustiva), as florestais (floresta estacional decídua e semidecidual) e ecótonos (sistemas de transição ou áreas tensão ecológica) (MOREIRA & SILVA, 2010; IBGE, 2012).

MATERIAL E MÉTODOS

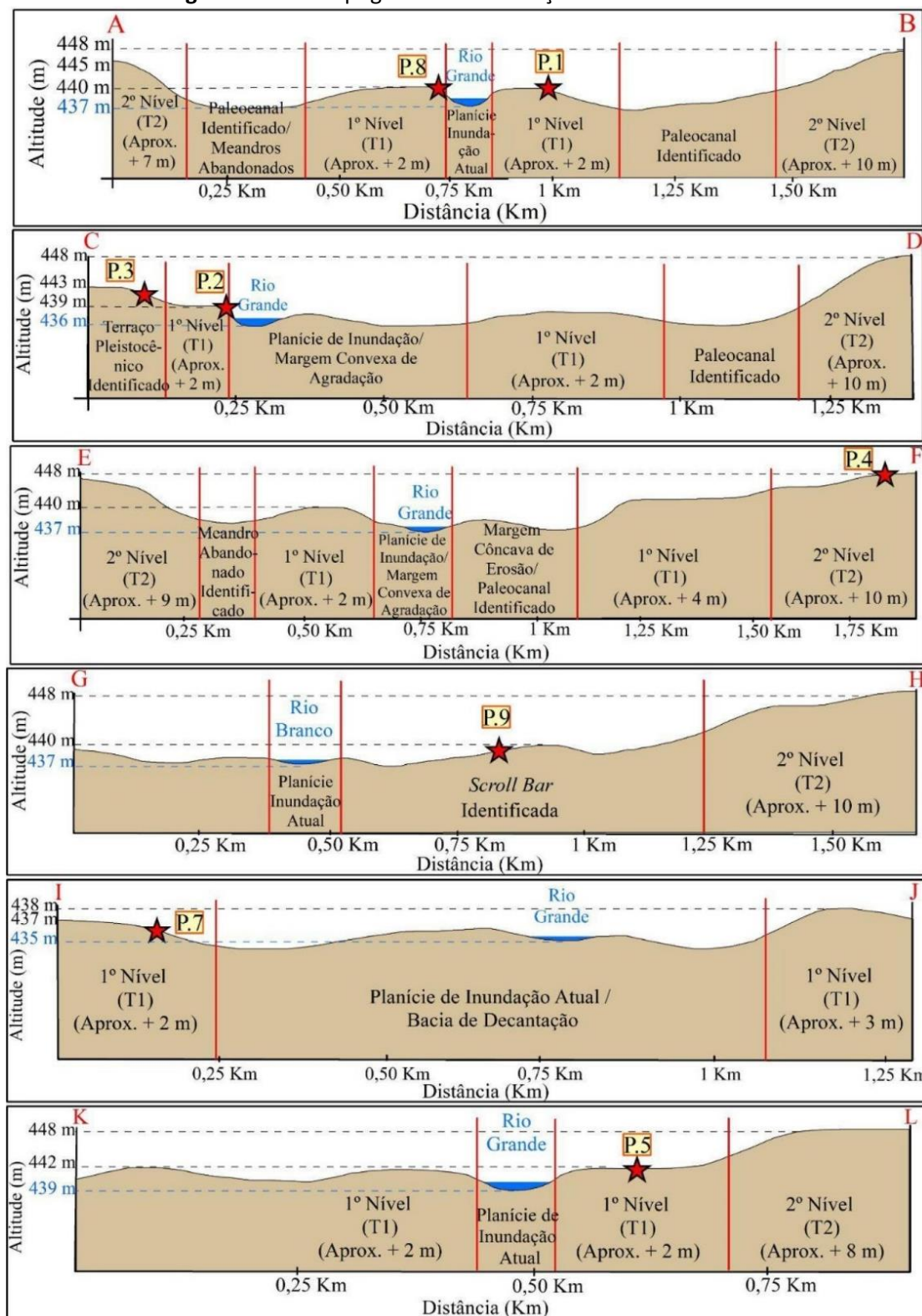
O trabalho de campo para reconhecimento da área e coleta de amostras foi realizado em janeiro de 2021. Foram selecionados 9 pontos em coberturas superficiais de diferentes níveis de terraços fluviais existentes no médio curso do Rio Grande (Tabela 1, Figuras 1 e 2).

Tabela 1. Amostragem da Bacia do rio Grande (BA)

Ponto de coleta	Rio	Nível de terraço	Coordenadas	Altitude (m)	Altitude em relação ao rio (m)	Margem
P1	Grande	T1	12°0'43"S 44°54'43"O	440	3	Direita
P2	Grande	T1	12°0'3"S 44°54'10"O	439	3	Esquerda
P3	Grande	TP	12°1'18"S 44°54'12"O	443	7	Esquerda
P4	Grande	T2	12°1'18"S 44°55'8,12"O	448	11	Direita
P5	Grande	T1	12°3'38"S 44°57'5"O	442	3	Direita
P6	Grande	T1	12°0'29"S 44°54'13"O	437	2	Direita
P7	Grande	T1	11°57'7"S 44°52'46"O	437	2	Esquerda
P8	Grande	T1	12°0'37"S 44°54'46"O	440	3	Esquerda
P9	Branco	T1	12°0'30"S 44°56'29"O	440	3	Direita

Fonte: Adaptado de Perez Filho *et al.* (2022), Prebianca (2022) e Machado (2022)

Figura 2. Perfis topográficos dos terraços fluviais analisados.



Legenda: Transecto (A-B): pontos 1 e 8; transecto (C-D): pontos 2 e 3; Transecto (E-F): ponto 4; Transecto (G-H): ponto 9; Transecto (I-J): ponto 7; e Transecto (K-L): ponto 5.

Fonte: Prebianca (2022)



Luminescência Opticamente Estimulada (LOE)

A seleção dos intervalos e a coleta das amostras seguiram os protocolos propostos por Perez Filho *et al.* (1980) e Sallun *et al.* (2007), que consiste na inserção de canos pvc opacos de cor escura, a fim de evitar que possíveis feixes luminosos alterem as idades, com cerca de 30cm de comprimento para 6cm de diâmetro no intervalo selecionado. Os tubos são inseridos horizontalmente para coleta com auxílio de marreta, onde é preenchido com o material existente e vedado em suas extremidades. Em seguida, as amostras são nomeadas e armazenadas em sacos plásticos pretos, evitando o alcance da luz solar; posteriormente as amostras são enviadas ao laboratório para análise.

As datações por LOE foram realizadas no laboratório DATAÇÃO (Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA - São Paulo/SP), utilizando o protocolo SAR (Single Aliquot Regenerative-dose) com 25 alíquotas (WINTLE & MURRAY, 2006), a fim de se obter a idade absoluta dos eventos deposicionais, bem como as informações complementares de taxa de dose, dose equivalente e análise de incertezas. Esses dados foram correlacionados com os demais para elaboração da cronologia dos eventos paleoambientais que atuaram na formação dos níveis de baixo terraço analisados.

Granulometria e Condições hidrodinâmicas de deposição

A granulometria das amostras foi realizada no laboratório UNITHAL (Unithal Tecnologia e Comércio de Produtos Agropecuários LTDA – Campinas/SP), conforme a metodologia de análise granulométrica (Dispersão Total) encontrada no Boletim técnico 106 de Camargo *et al.* (1986) do Instituto Agrônomo de Campinas e no Manual de métodos de análise de solos da EMBRAPA (1997), onde o material é pré-tratado de acordo com suas características. Após a preparação inicial, seleciona-se 10 a 20g de material para submetê-lo à dispersão com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH), seguindo pela dissipação dos agregados em agitador rotatório de Wagner. Posteriormente é realizada a pipetagem e determinação das frações areia, silte e argila para classificação textural de acordo com EMBRAPA (2018).

Após esse processo é realizada a análise das condições hidrodinâmicas da deposição de sedimentos dos pontos coletados, a partir do diagrama ternário de Flemming (2000). Esse diagrama funciona baseando-se nas componentes areia e lama (soma da fração silte e argila). A partir da correlação desses dados, esses sedimentos seguem as 6 classificações propostas por Flemming (2000), onde a relação dada entre as frações arenosas e argilosas são indicativas de condições hidrodinâmicas de maior ou menor energia de deposição, maiores em frações arenosas e menores em frações lamosas.



Fitólitos

A extração dos fitólitos seguiu uma adaptação dos protocolos descritos em Calegari (2008) e Coe *et al.* (2021), que consiste na: preparação inicial, onde 10g de material seco é peneirado a 2mm; remoção dos carbonatos, utilizando ácido clorídrico (HCl); oxidação da matéria orgânica, utilizando peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a 30%; desferrificação, utilizando citrato de sódio (Na₃C₆H₅O₇) e ditionito de sódio (Na₂S₂O₄); remoção das frações arenosas, através da peneiração do material a 0,052mm; remoção da fração argila, utilizando hexametáfosfato [(NaPO₃)₆] e EDTA (C₁₀H₁₆N₂O₈); e separação densimétrica, utilizando cloreto de zinco (ZnCl₂).

Após realizado o processo de extração, toma-se uma alíquota do material a partir da pipetagem com volume fixo de 25μl para confecção de lâminas temporárias, com resina epóxi, e permanentes, utilizando resina de alta viscosidade. A identificação das biomineralizações foi realizada com um microscópio óptico com aumento de 500x a 630x. Para a quantificação dos fitólitos foi realizada a contagem de 3 transectos com o objetivo de: estimar a frequência relativa dos distintos morfotipos, segundo o *International Code for Phytolith Nomenclature 2.0* (IPCN 2.0) de Neumann *et al.* (2019); analisar o grau de fitólitos classificáveis e não classificáveis; e calcular o estoque total de fitólitos em cada amostra. A partir da quantificação foram calculados os índices fitolíticos: **D/P** (densidade de cobertura arbórea) = [SPHEROID ORNATE/(BILOBATE + CROSS + SADDLE + ACUTE BULBOSUS + BULLIFORM FLABELLATE + BLOCKY)]; **Pa/P** (densidade de cobertura de palmeiras) = [SPHEROID ECHINATE/(BILOBATE + CROSS + SADDLE + ACUTE BULBOSUS + BULLIFORM FLABELLATE + BLOCKY)]; e **Bi%** (estresse hídrico) = [(BULLIFORM FLABELLATE + BLOCKY)/(BILOBATE + POLYLOBATE + RONDEL + CROSS + TRAPEZOID + ACUTE BULBOSUS + BLOCKY + BULLIFORM FLABELLATE)]*100.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As coberturas superficiais dos terraços fluviais obtiveram cronologias que abrangem três períodos do Quaternário: Pleistoceno Superior, nesse período encontram-se as duas datações obtidas no P3; Holoceno Médio (*Northgrippian*), onde foram encontradas três datações em amostras do P1, P4 e P7; Holoceno Superior (*Meghalayan*), onde foram encontradas 8 datações para as amostras nos perfis P2, P4, P5, P8 e P9 (Tabela 3) (PREBIANCA, 2022; PEREZ FILHO *et al.*, 2022; MACHADO, 2022).



Tabela 2. Resultados LOE

Amostra	Profundidade (cm)	Taxa Dose Anual ($\mu\text{Gy}/\text{ano}$)	De (Gy) - (CAM)	Taxa de Radiação Cósmica ($\mu\text{Gy}/\text{ano}$)	Conteúdo de água (%)	Idade (anos AP)
P1.C3	70	3.300 ± 100	$17,3 \pm 0,8$	190 ± 20	$15,7 \pm 1,6$	5.260 ± 305
P2.C3	80	2.710 ± 110	$0,4 \pm 0,03$	180 ± 20	$9 \pm 0,9$	155 ± 10
P2.C4	130	3.440 ± 110	$4,75 \pm 0,25$	170 ± 20	$14,4 \pm 1,5$	1.380 ± 85
P3.C3-1	100	540 ± 90	$13,7 \pm 0,6$	190 ± 20	$4,5 \pm 0,5$	25.500 ± 4.250
P3.C3-2	210	550 ± 80	$19,0 \pm 0,9$	170 ± 20	$4,2 \pm 0,4$	34.360 ± 4.930
P4.C3-1	60	570 ± 90	$1,9 \pm 0,1$	200 ± 20	$3 \pm 0,3$	3.350 ± 570
P4.C3-2	110	570 ± 80	$3,6 \pm 0,2$	180 ± 20	$3,2 \pm 0,3$	6.295 ± 935
P5.C3	50	740 ± 90	$0,26 \pm 0,01$	210 ± 20	$2,2 \pm 0,2$	350 ± 45
P5.C5	110	800 ± 70	$0,34 \pm 0,01$	180 ± 20	$16,1 \pm 1,6$	420 ± 40
P7.C3	60	1.380 ± 80	$6,3 \pm 0,3$	200 ± 20	$11,4 \pm 1,2$	4.560 ± 335
P8.C3	70	1.160 ± 90	$0,3 \pm 0,02$	190 ± 20	$3,2 \pm 0,3$	275 ± 30
P8.C4	130	1.320 ± 90	$0,4 \pm 0,02$	170 ± 20	$4,4 \pm 0,05$	305 ± 25
P9.C3	60	2.600 ± 100	$3,7 \pm 0,2$	200 ± 20	$6,6 \pm 0,7$	1.430 ± 85

Fonte: Prebianca (2022), Perez Filho *et al.* (2022) e Machado (2022).

A análise granulométrica permitiu classificar os perfis em 3 categorias, conforme as similaridades texturais e as condições hidrodinâmicas de deposição. Os perfis argilosos (P1, P6 e P9) (Figura 3 e Tabela 3), que apresentaram todas as camadas com contribuições entre 70 e 97% de material lamoso (silte + argila), são indicativos de condições de menor energia de deposição. Os perfis arenosos (P3, P4 e P8) (Figura 4 e Tabela 3), com camadas apresentando entre 67 e 97% de frações arenosas (textura média, fina e/ou muito fina), indicativos de uma maior energia de deposição. Os perfis com variações texturais entre camadas (P2, P5 e P7) (Figura 5 e Tabela 3) sugerem diferenças e/ou transição das condições hidrodinâmicas entre as camadas.

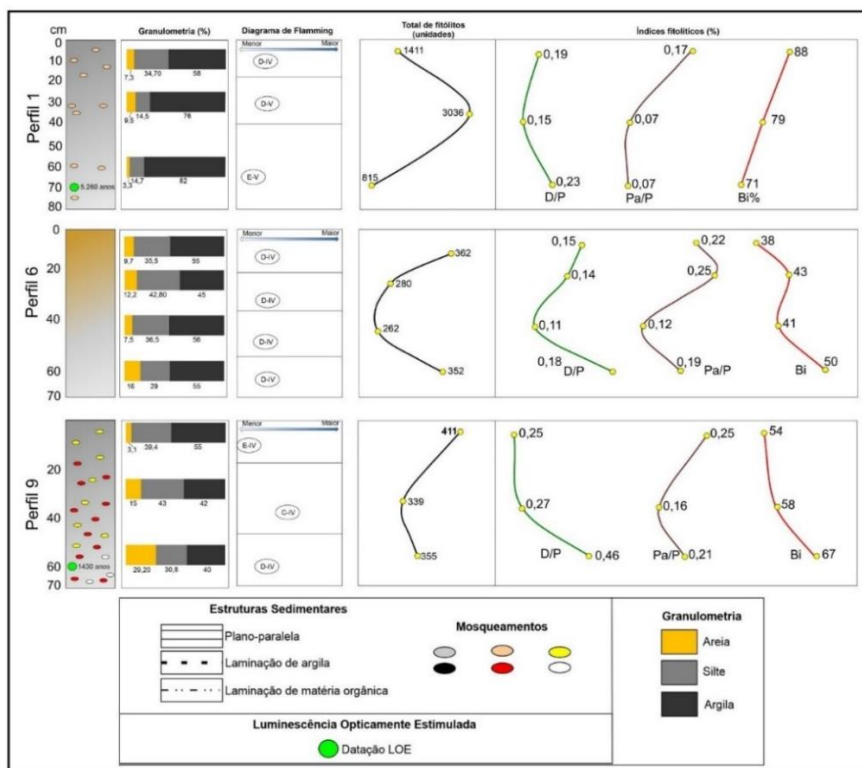


Tabela 3: Resultados das análises texturais

Perfil	Prof. ^a	AT ^b	Sil ^b	Arg ^b	AMG ^b	AG ^b	AM ^b	AF ^b	AMF ^b	Textura (Embrapa)	Diagrama ternário de Flemming
P1.C1	0 – 20	7,30	34,70	58,00	0,10	2,20	2,70	0,40	1,90	Argilosa	D-IV
P1.C2	20 – 40	9,50	14,50	76,00	0,90	3,10	2,90	0,20	2,40	Muito argilosa	D-V
P1.C3	40 – 80	3,30	14,70	82,00	0,10	0,40	0,80	0,10	1,90	Muito argilosa	E-V
P2.C1	0 – 20	76,70	2,30	21,00	0,00	0,10	6,40	37,40	32,80	Média-arenosa	A-II
P2.C2	20 – 45	83,70	1,30	15,00	0,00	0,00	3,20	34,20	46,30	Média-Arenosa	A-II
P2.C3	45 -110	19,70	48,30	32,00	0,00	0,00	0,20	1,50	18,00	Média-Siltosa	D-III
P2.C4	110-140	5,40	36,60	58,00	0,00	0,30	0,80	0,40	3,90	Argilosa	D-IV
P3.C1	0 – 20	86,80	0,20	13,00	0,00	2,80	38,30	21,70	24,00	Arenosa média	A-II
P3.C2	20 – 80	84,00	0,20	15,80	0,00	1,90	34,30	20,30	27,50	Média-arenosa	A-II
P3.C3-1 P3.C3-2	80 – 250	83,40	0,10	16,50	0,00	2,50	37,90	21,10	21,90	Média-arenosa	A-II
P4.C1	0 – 28	91,00	0,10	8,90	0,10	6,70	54,20	26,40	3,60	Muito arenosa	A-II
P4.C2	28 – 40	87,90	0,20	11,90	0,30	9,20	53,70	20,50	4,20	Arenosa média	A-II
P4.C3-1 P4.C3-2	40 – 150	93,10	2,90	4,00	0,00	7,70	57,50	23,50	4,40	Muito arenosa	A-II
P5.C1	0 – 10	8,00	32,00	60,00	0,50	1,70	2,20	0,20	3,40	Muito argilosa	D-IV
P5.C2	10 – 37	51,70	13,30	35,00	0,00	0,10	2,30	3,10	46,20	Muito argilosa	C-IV
P5.C3	37 – 73	92,80	0,20	7,00	0,00	0,30	24,00	20,00	48,50	Muito arenosa	A-II
P5.C4	73 – 91	88,90	0,10	11,00	0,00	0,20	2,30	4,70	81,70	Arenosa-média	A-II
P5.C5	91 – 130	89,50	0,20	10,30	0,00	0,30	1,10	11,80	76,30	Muito arenosa	A-II
P6.C1	0 – 20	9,70	35,30	55,00	0,00	1,90	1,90	1,70	4,20	Argilosa	D-IV
P6.C2	20 – 35	12,20	42,80	45,00	1,00	3,40	3,20	1,60	3,00	Argilosa	D-IV
P6.C3	35 – 50	7,50	36,50	56,00	0,30	1,20	2,00	0,50	3,50	Argilosa	D-IV
P6.C4	50 – 70	16,00	29,00	55,00	0,30	0,70	0,50	1,20	13,30	Argilosa	D-IV
P7.C1	0 – 15	11,50	12,50	76,00	0,00	0,10	0,50	0,50	10,40	Muito argilosa	D-V
P7.C2	15 – 37	25,30	29,70	45,00	0,00	0,00	0,10	0,20	25,00	Argilosa	D-IV
P7.C3	37 – 70	66,20	18,80	15,00	0,00	0,10	1,20	2,40	62,50	Média arenosa	B-II
P8.C1	0 – 10	76,00	4,00	20,00	0,00	0,10	1,70	21,20	53,00	Média-arenosa	A-II
P8.C2	10 – 55	85,60	0,10	14,30	0,00	0,00	3,00	28,70	53,90	Arenosa-Média	A-II
P8.C3	55 – 110	84,50	0,50	15,00	0,00	0,10	5,10	29,90	49,40	Arenosa-Média	A-II
P8.C4	110 – 150	66,90	3,10	30,00	0,00	0,00	2,50	13,20	51,20	Média-argilosa	B-IV
P9.C1	0 – 18	5,60	39,40	55,00	0,00	0,30	1,40	0,20	3,70	Argilosa	E-IV
P9.C2	18 – 53	15,00	43,00	42,00	0,20	0,30	1,10	1,50	11,90	Argilosa	D-IV
P9.C3	53 – 70	29,20	30,80	40,00	0,00	0,10	1,30	4,00	23,80	Argilosa	C-IV

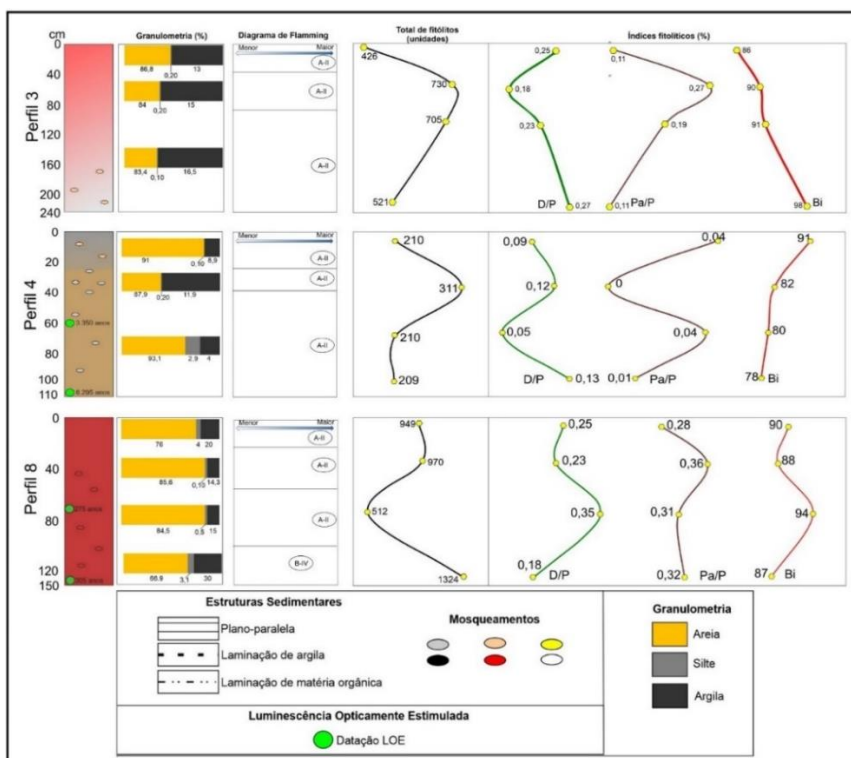
Legenda: a – cm; b - %; AT – Areia total; Sil – Silte; Arg – Argila; AMG – Areia muito grossa; AG – Areia Grossa; AM – Areia média; AF – Areia fina; AMF – Areia muito fina.

Figura 3: Perfis argilosos (P1, P6 e P9)



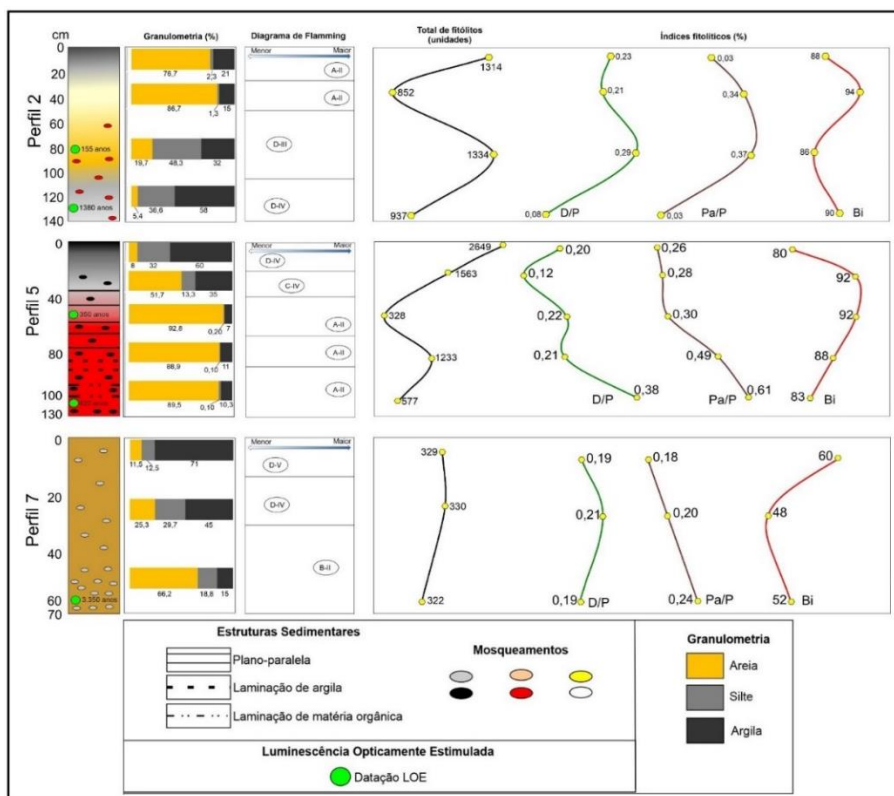
Fonte: Os autores.

Figura 4: Perfis arenosos (P3, P4 e P8)



Fonte: Os autores.

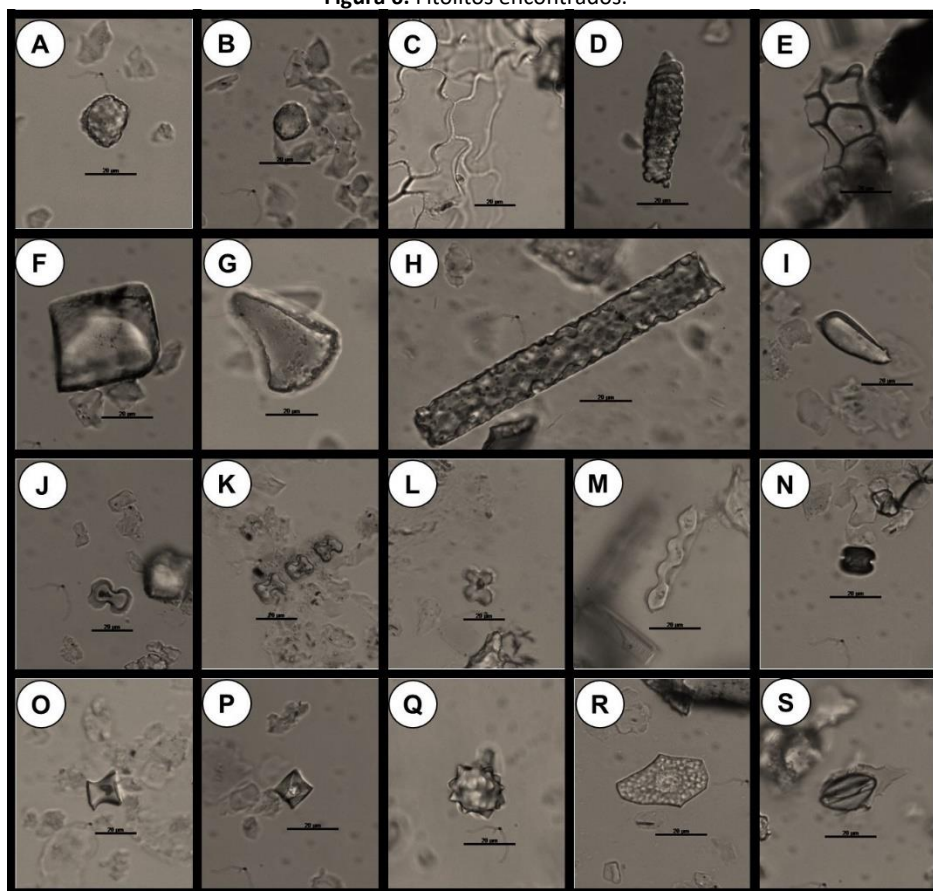
Figura 5: Perfis com variação textural entre camadas (P2, P5 e P7)



Fonte: Os autores.

De maneira geral, os fitólitos foram observados em todas as camadas e perfis, com estoques apresentando um total de 18 morfotipos (Figura 6, Tabela 4 e 5), sendo 5 característicos de eucotiledôneas lenhosas (SPHEROID ORNATE, SPHEROID PSILATE, PUZZLE, TRACHEARY, POLYHEDRAL) (Figura 6, Tabela 4 e 5); 10 característicos predominantemente de Poaceae (BLOCKY, BULLIFORM FLABELLATE, ELONGATE, ACUTE BULBOSUS, BILOBATE, CROSS, POLYLOBATE, SADDLE, RONDEL e TRAPEZOID) (Figura 6, Tabela 4 e 5); 1 característico de Arecaceae (SPHEROID ECHINATE) (Figura 6, Tabela 4 e 5); 1 característico de Cyperaceae (PAPILLATE) (Figura 6, Tabela 4 e 5); e 1 não diagnóstico (produzido nos estômatos de herbáceas e lenhosas) (STOMATE) (Figura 6, Tabela 4 e 5).

Figura 6: Fitólitos encontrados.



Legenda: A) SPHEROID ORNATE (P3.C3-1); B) SPHEROID PSILATE (P3.C3-2); C) PUZZLE (P1.C2); D) TRACHEARY (P8.C2); E) POLYHEDRAL (P1.C3); F) BLOCKY (P3.C1); G) BULLIFORM FLABELLATE (P3.C3-1); H) ELONGATE (P8.C3); I) ACUTE BULBOSUS (P2.C1); J) BILOBATE (P3.C3-1); K) BILOBATE articulados (P2.C3); L) CROSS (P2.C3); M) POLYLOBATE (P1.C2); N) SADDLE (P3.C2); O) RONDEL (P2.C3); P) TRAPEZOID (P8.C2); Q) SPHEROID ECHINATE (P8.C3); R) PAPILLATE (P3.C2); e S) STOMATE (P1.C2). Fonte: Os autores.

Os estoques apresentaram boa preservação dos fitólitos em todos os perfis, apresentando um mínimo de 50% de fitólitos classificáveis, exceto na camada mais profunda do perfil 3, que apresentou apenas 32% (Figuras 3, 4, 5 e Tabela 4).



Tabela 4: Resultados das análises fitolíticas

Perfil	Prof. ^a	Estoque ^b	Classificáveis ^c	Não classificáveis ^c	D/P ^d	Pa/P ^e	Bi% ^f
P1.C1	0 – 10	1411	73,4	26,6	0,19	0,20	87,9
P1.C2	30 – 40	3036	79,4	20,6	0,15	0,10	78,8
P1.C3	60 – 70	815	64,0	36,0	0,23	0,10	70,8
P2.C1	0 – 10	1314	53,3	46,7	0,23	0,22	87,9
P2.C2	30 – 40	852	50,0	50,0	0,21	0,34	93,6
P2.C3	80 – 90	1334	64,1	35,9	0,29	0,37	86,1
P2.C4	130 – 140	937	69,7	30,3	0,08	0,03	90,3
P3.C1	0 – 10	426	61,0	39,0	0,25	0,11	85,8
P3.C2	50 – 60	730	56,8	43,2	0,18	0,27	89,8
P3.C3-1	100 – 110	705	53,2	46,8	0,23	0,19	90,6
P3.C3-2	210 – 220	521	31,9	68,1	0,27	0,11	97,6
P4.C1	0 – 10	210	49,5	50,5	0,09	0,04	91,2
P4.C2	30 – 40	311	67,2	32,8	0,12	0,00	81,9
P4.C3-1	60 – 70	210	49,5	50,5	0,05	0,04	80,3
P4.C3-2	90 – 100	209	60,8	39,2	0,13	0,01	78,5
P5.C1	0 – 5	2649	69,3	30,7	0,20	0,26	79,6
P5.C2	20 – 25	1563	67,7	32,3	0,12	0,28	92,2
P5.C3	50 – 55	328	52,4	47,8	0,22	0,30	92,3
P5.C4	80 – 85	1233	62,4	37,6	0,21	0,49	87,7
P5.C5	110 – 115	577	58,9	41,1	0,38	0,61	83,1
P6.C1	0 – 20	362	92,5	7,5	0,15	0,22	37,6
P6.C2	20 – 35	280	85,0	15,0	0,14	0,25	43,3
P6.C3	35 – 50	262	85,1	14,9	0,11	0,12	41,4
P6.C4	50 – 70	352	90,6	9,4	0,18	0,19	49,7
P7.C1	0 – 10	329	83,9	16,1	0,19	0,18	59,9
P7.C2	20 – 30	330	85,2	14,8	0,21	0,20	48,1
P7.C3	50 – 60	322	80,1	19,9	0,19	0,24	52,1
P8.C1	0 – 10	949	61,7	38,3	0,25	0,28	90,1
P8.C2	30 – 40	970	64,9	35,1	0,23	0,36	88,3
P8.C3	70 – 80	512	53,1	46,9	0,35	0,31	94,2
P8.C4	120 – 130	1324	62,1	37,9	0,18	0,32	87,1
P9.C1	0 – 10	411	85,9	14,1	0,25	0,25	54,1
P9.C2	30 – 40	339	86,4	13,6	0,27	0,16	57,7
P9.C3	50 – 60	355	88,7	11,3	0,46	0,21	66,7

Legenda: a – cm; b - unidades; c - %; d – índice D/P; e – índice Pa/P; e f - Índice Bi%. Fonte: Os autores.

A densidade arbórea é sempre baixa (D/P entre 0,08 e 0,46) em todas as amostras (Figuras 3, 4, 5 e Tabela 4), reforçando a hipótese de que a cobertura vegetal não sofreu grandes mudanças no decorrer do tempo. Os valores do D/P para as camadas superficiais e as tendências observadas foram muito semelhantes em todos os perfis, com exceção do P4 (Figuras 3, 4, 5 e Tabela 4). As pequenas variações observadas nos perfis podem ser indicativas de: uma modesta expansão ou retração da vegetação arbórea no decorrer do tempo; e/ou maior conservação dos morfotipos mais robustos de gramíneas em camadas mais arenosas e/ou condições hidrodinâmicas de maior energia.



Tabela 5: Morfotipos de fitólitos (%)

Perfil	Profund. ^a	Lenhosas					Predominantemente de Poaceae										Outros		
		SPH_ORN	SPH_PSI	PUZ	TRA_ANN	PHD	BLO	BUL_FLA	ELO_ENT	ACU_BUL	BIL	CRO	POL	SAD	RON	TRZ	SPH_ECH	PAP	STO
P1.C1	0 – 10	4,2	5,4	0,3	0,5	0,3	26,4	18,7	28,2	2,4	0,5	0,5	0,3	0,5	0,9	1,2	8,9	0,5	0,5
P1.C2	30 – 40	2,8	5,1	1,2	0,9	0,2	25,6	15,3	32,2	2,3	2,7	1,9	0,9	0,4	1,6	1,3	3,7	1,1	0,9
P1.C3	60 – 70	4,0	7,5	0,0	0,8	1,7	23,8	11,5	30,5	2,1	4,2	4,0	0,8	1,1	1,3	1,0	3,4	1,7	0,6
P2.C1	0 – 10	3,0	7,3	0,9	0,3	0,0	26,8	12,6	33,1	2,9	1,7	0,1	0,0	0,0	0,3	0,4	9,8	0,3	0,6
P2.C2	30 – 40	7,0	7,7	0,0	1,4	0,0	47,2	18,5	47,7	3,1	0,2	0,2	0,0	0,5	0,5	0,0	23,9	0,0	0,0
P2.C3	80 – 90	7,3	5,0	1,4	0,6	0,9	24,7	12,2	25,7	1,5	1,3	0,4	0,1	0,6	0,9	1,2	15,7	0,6	0,0
P2.C4	130 – 140	1,1	3,1	3,7	0,5	4,7	27,6	16,4	35,8	0,9	1,5	0,8	0,3	0,3	0,5	0,5	1,2	0,8	0,5
P3.C1	0 – 10	5,0	9,2	0,0	0,0	0,0	31,5	17,3	20,0	2,3	2,3	0,8	0,0	0,0	0,4	2,3	6,5	1,9	0,4
P3.C2	50 – 60	3,9	5,3	0,0	0,0	0,0	28,7	17,8	24,8	1,2	2,2	0,0	0,0	0,5	0,7	0,7	13,7	0,5	0,0
P3.C3-1	100 – 110	3,7	8,5	0,0	0,0	0,0	30,7	18,1	23,5	2,4	0,8	0,3	0,0	0,0	1,1	0,5	10,4	0,0	0,0
P3.C3-2	210 – 220	1,8	12,0	0,0	0,0	0,0	34,9	14,5	30,1	0,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0
P4.C1	0 – 10	1,9	3,8	0,0	0,0	0,0	40,4	19,2	24,0	2,9	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	2,9	1,0	1,0
P4.C2	30 – 40	1,4	6,2	0,0	0,0	3,8	37,8	16,3	20,1	2,9	1,9	0,5	0,0	1,0	3,3	2,4	0,0	1,4	1,0
P4.C3-1	60 – 70	1,0	2,9	0,0	0,0	0,0	35,6	23,1	17,3	2,9	3,8	1,0	0,0	1,9	1,9	2,9	2,9	0,0	2,9
P4.C3-2	90 – 100	2,4	7,1	0,0	0,0	3,9	32,3	22,8	15,0	2,4	1,6	0,8	0,0	2,4	3,3	4,7	0,8	1,6	0,8
P5.C1	0 – 5	4,1	4,6	0,0	0,7	0,0	20,6	13,3	36,2	1,6	3,3	1,0	0,1	0,7	0,8	1,3	10,9	0,8	0,1
P5.C2	20 – 25	3,4	2,0	1,3	0,8	0,9	24,7	16,8	32,5	1,0	0,1	0,5	0,2	0,7	0,4	0,7	12,4	0,5	0,1
P5.C3	50 – 55	7,0	4,7	0,0	1,2	0,0	21,5	27,3	18,0	1,2	0,6	0,0	0,0	0,6	1,2	0,6	15,7	0,6	0,0
P5.C4	80 – 85	4,8	4,0	0,4	1,7	0,0	20,1	16,0	26,9	1,0	1,4	0,3	0,1	0,9	0,9	0,4	20,3	0,8	0,0
P5.C5	110 – 115	6,8	6,5	0,0	0,6	0,0	15,6	13,2	30,0	0,9	0,9	0,0	0,3	1,5	2,1	0,3	21,2	0,0	0,3
P6.C1	0 – 20	4,8	4,2	3,3	3,0	0,6	15,8	6,0	14,9	3,3	8,4	5,7	1,5	6,6	6,0	4,8	11,3	0,0	0,0
P6.C2	20 – 35	4,2	3,8	1,3	5,0	5,9	17,2	7,1	10,9	2,5	10,5	4,6	2,9	0,0	6,3	5,0	12,6	0,0	0,0
P6.C3	35 – 50	4,9	2,7	0,9	1,8	0,0	14,8	13,5	14,3	5,8	8,5	6,3	4,5	0,0	8,1	6,7	7,2	0,0	0,0
P6.C4	50 – 70	6,6	3,4	5,0	4,4	1,6	16,0	11,3	14,4	5,6	7,8	3,1	2,5	2,8	3,1	2,5	9,7	0,0	0,0
P7.C1	0 – 10	5,4	5,8	0,7	6,5	1,4	19,9	15,2	10,9	1,8	9,4	2,9	1,8	0,0	3,3	4,3	10,5	0,0	0,0
P7.C2	20 – 30	7,1	4,6	0,0	5,3	0,7	14,2	12,8	13,5	3,6	7,8	3,9	0,0	0,0	8,5	5,3	11,4	0,0	0,0
P7.C3	50 – 60	3,9	6,6	0,4	4,7	0,0	17,1	11,6	16,3	6,2	3,9	5,0	0,8	0,0	3,1	7,4	13,2	0,0	0,0
P8.C1	0 – 10	5,1	4,9	0,7	0,7	0,0	16,6	19,1	37,0	1,5	0,3	0,3	0,0	0,3	0,9	0,5	11,3	0,5	0,2
P8.C2	30 – 40	6,2	4,3	0,0	1,1	0,0	21,7	17,6	28,3	0,8	1,1	0,0	0,2	0,8	2,1	0,3	16,2	0,3	0,0
P8.C3	70 – 80	11,4	4,0	0,0	0,0	0,0	25,0	16,9	26,1	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4	14,0	0,0	0,0
P8.C4	120 – 130	4,5	3,5	0,4	0,1	0,4	20,4	19,1	30,3	0,7	1,5	0,2	0,0	0,7	1,3	1,3	14,7	0,7	0,0
P9.C1	0 – 10	6,2	7,6	0,6	0,0	0,0	15,3	14,4	17,0	5,9	2,8	4,5	0,0	0,0	6,5	5,4	13,6	0,0	0,0
P9.C2	30 – 40	10,6	5,8	2,0	0,7	0,3	20,5	14,0	11,3	8,9	2,7	1,7	0,0	0,0	4,4	7,5	9,6	0,0	0,0
P9.C3	50 – 60	14,3	10,2	0,0	1,3	0,6	21,0	14,6	9,2	3,2	1,3	2,2	0,0	0,0	7,6	3,5	11,1	0,0	0,0

Legenda: SPH_ORN (SPHEROID ORNATE); SPH_PSI (SPHEROID PSILATE); PUZ (PUZZLE); TRA_ANN (TRACHEARY); PHD (POLYHEDRAL); BLO (BLOCKY); BUL_FLA (BULLIFORM FLABELLATE); ELO_ENT (ELONGATE); ACU_BUL (ACUTE BULBOSUS); BIL (BILOBATE); CRO (CROSS); POL (POLYLOBATE); SAD (SADDLE); RON (RONDEL); TRZ (TRAPEZOID); SPH_ECH (SPHEROID ECHINATE); PAP (PAPILLATE); e STO (STOMATE). Fonte: Os autores.

A densidade de cobertura de palmeiras foi sempre baixa (Pa/P entre 0 e 0,37), outro indicativo que reforça a hipótese de que a vegetação não sofreu grandes mudanças (Figuras 3, 4, 5 e Tabela 4). Os maiores valores foram encontrados no P3, P5 (que também apresentou maiores D/P) e P6 e os menores no P4 (que também apresentou baixo D/P). Apesar de não apresentarem variações expressivas, a maioria dos perfis (P1, P2, P3, P6 e P9) apresentou tendência de aumento do Pa/P da base para o topo. P5 e P7 apresentaram redução e P4 e P8 permaneceram estáveis.

O estresse hídrico encontrado variou de moderado a alto (38% no P6 a 98% no P3) (Figuras 3, 4, 5 e Tabela 4), indicando que a vegetação esteve sujeita a variações de umidade no ambiente e/ou mudanças do lençol freático. Apesar das variações entre perfis, em cada um deles o índice Bi% se manteve estável, o que reforça a hipótese de que não ocorreram grandes mudanças na vegetação.

As maiores quantidades de fitólitos BULLIFORM FLABELLATE e BLOCKY (mais robustos) podem também estar relacionadas ao fluxo de maior energia do rio, capaz de transportar os fitólitos mais frágeis, impedindo



sua deposição. Este fato foi observado nos trabalhos de Rasbold *et al.* (2020) e Ramirez *et al.* (2019). As maiores variações no índice ocorreram entre os perfis, o que pode estar relacionado a sua posição topográfica e distância em relação ao rio. De maneira geral, os valores mais elevados foram observados nos perfis arenosos (P3, P4 e P8) e/ou no primeiro nível de terraço (P1, P2, P5, P6 e P8).

Devido às dinâmicas existentes no sistema fluvial que formaram os materiais que recobrem os terraços, foi necessário considerar as possíveis influências desse sistema nas análises fitolíticas, como **(a)** as assembleias fitolíticas encontradas em cada ponto de coleta podem também apresentar fitólitos que foram transportados pelo rio, oriundos de outras áreas (médio e alto curso); **(b)** as condições hidrodinâmicas de alta energia podem ocasionar quebra ou lixiviação dos fitólitos produzidos nas short-cells (que são mais frágeis que as células mais robustas, como as BULLIFORM FLABELATE, BLOCKY e ELONGATE); **(c)** as camadas com maior percentual de argila tendem a ser mais estáveis por sua capacidade de reter e conservar os fitólitos e outros corpos silicosos; **(d)** as camadas muito arenosas, alta energia de deposição e/ou idades muito antigas possivelmente sofreram com uma maior potencial erosivo, no entanto suas tendências seguem a de perfis mais estáveis

Em síntese, as análises fitolíticas sugerem que a paleovegetação era muito similar à atual, composta principalmente por gramíneas com pontual ocorrência de manchas de plantas arbóreas, cujo remanescentes existentes na BRG são observados em áreas do alto e médio curso da bacia. Essa composição florística é comum em florestas em manchas do Cerrado, que são distribuídas de formas repetitivas e promovem uma relativa homogeneidade paisagística nesse bioma (RIBEIRO & WALTER, 1998; AB'SABER, 2003; SANO *et al.*, 2007, 2010). Outros trabalhos que utilizaram fitólitos no Cerrado, encontraram assembleias fitolíticas e/ou índices fitolíticos em fisionomias similares, como: Alexandre *et al.* (1999), Augustin *et al.* (2014); Coe *et al.* (2015b); Barros *et al.* (2016); Rocha (2014); Seixas (2015); Chueng (2016, 2020); Chueng *et al.* (2018, 2019); Machado *et al.* (2021); e Costa *et al.* (2022).

Reconstituição Paleoambiental da Bacia do rio Grande (BA)

A reconstituição paleoambiental será apresentada em ordem cronológica (Figura 7), aliando os resultados obtidos e as dinâmicas e processos atuantes nas coberturas superficiais dos terraços fluviais, considerando principalmente os seguintes fatores:

- A dinâmica de transporte e deposição de materiais realizada pelo sistema fluvial possui origem em diversas áreas da bacia à montante, portanto os resultados obtidos não expressam apenas a situação local do ponto de coleta, mas de todo o alto e médio curso do rio Grande;
- As datações obtidas pela LOE sugerem que um mesmo perfil apresenta diferentes momentos de deposição, com ou sem continuidade cronológica. Por esse motivo, a reconstituição será apoiada



principalmente nas amostras que possuem datação e as correspondentes ao momento atual (camadas superficiais); e

- A conservação dos fitólitos apresentou variações em razão das características dos depósitos (granulometria e condições hidrodinâmicas de deposição), o que será considerado na reconstituição.

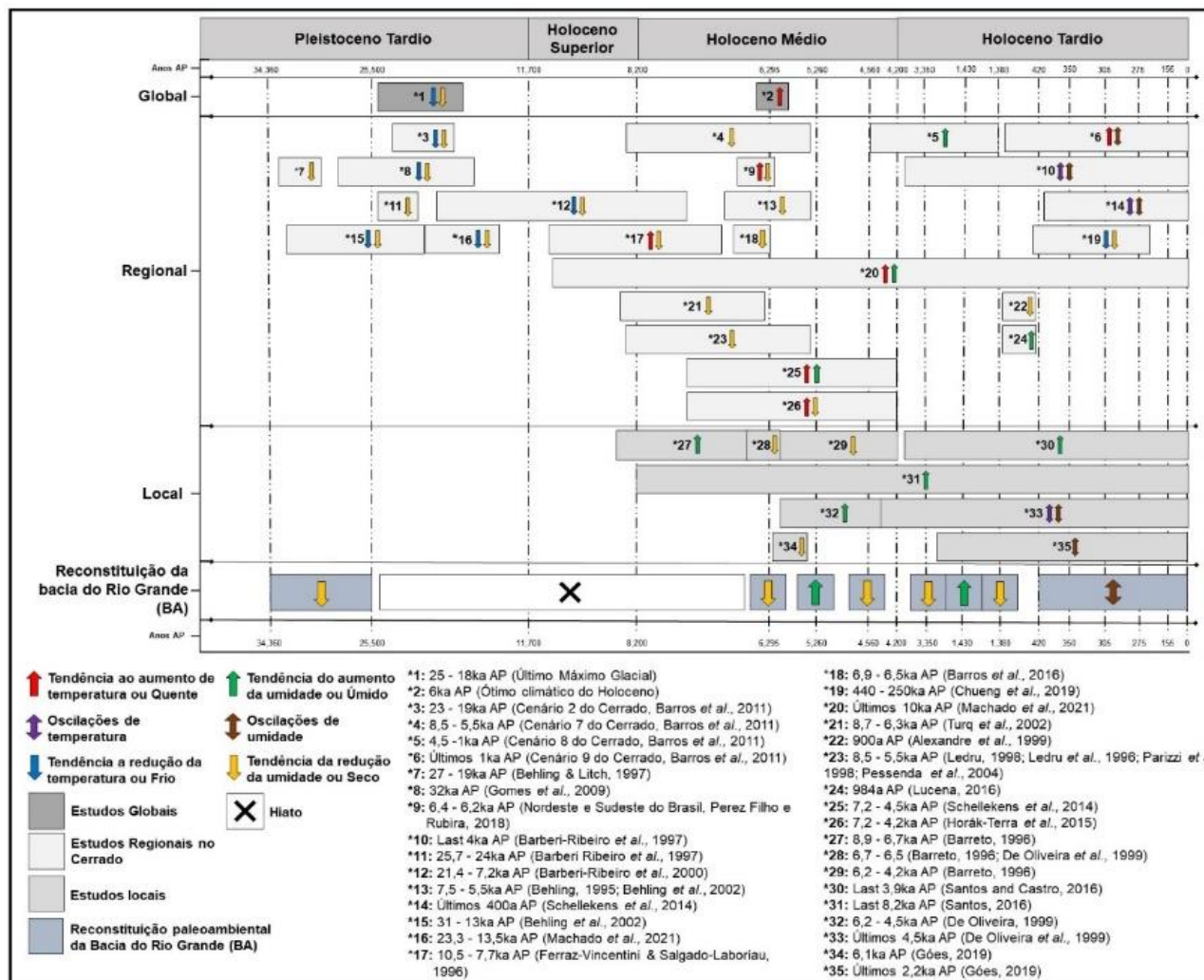
Pleistoceno Superior (P3)

O período entre 34.360 ± 4.930 e 25.500 ± 4.250 anos AP apresentou uma cobertura vegetal muito similar à atual (Figuras 4, 7 e Tabela 4), composta pelo predomínio de gramíneas e pontual ocorrência de manchas de plantas arbóreas (Florestas em manchas do Cerrado). A partir dessa data até cerca de 25.500 anos AP, foi evidenciada pelo índice D/P e Pa/P uma tendência de diminuição da densidade de cobertura arbórea inferida no P3 sugerindo um período relativamente mais seco. As análises granulométricas predominantemente arenosas indicam condições hidrodinâmicas de maior energia de deposição (Figuras 4, 7, Tabela 3).

Nesse período ocorria o Último Máximo Glacial (UGM), quando os eventos globais indicavam um clima mais frio e seco que o atual, no período entre 25.000 e 18.000 anos AP. O cenário 3 do Cerrado (BARROS et al., 2011), indica um período mais frio e seco entre 27.000 e 19.000 anos AP para algumas áreas do bioma. Além disso, outros estudos no Cerrado encontraram condições similares, como os de Behling & Litch (1997), que inferiram condições mais frias e secas em Salitre (MG) entre 27.000 e 19.000 anos AP; Barberi-Ribeiro et al. (2000), que observaram um período mais seco em Águas Emendadas (DF) entre 25.790 e 24.000 anos AP; Behling et al. (2002), que identificaram baixas temperaturas e umidade na foz do Rio Doce (MG) entre 31.000 e 13.000 anos AP; Gomes et al. (2009) indicaram um período mais seco, por volta de 32.000 anos AP, em Outro Preto (MG); e Machado et al. (2021), evidenciaram condições mais frias e secas para turfeira Rio Preto (MG) entre 23.330 e 13.500 anos AP.

Vale ressaltar que não houve datações de LOE para o período correspondente ao final do Pleistoceno (após 25.500 até 11.700 anos AP) e o Holoceno Inferior (entre 11.700 e 8.300 anos AP), impossibilitando a inferência de maiores observações paleoambientais sobre esse período. Apesar disso, ao considerar que a resposta da vegetação às variações climáticas não é imediata, a hipótese mais provável é de que não ocorreu nenhuma mudança significativa na cobertura vegetal e/ou na densidade arbórea para esse hiato, apenas oscilações na densidade de cobertura arbórea.

Figura 7: Reconstituição paleoambiental da bacia do Rio Grande (BA)



Fonte: Os autores.

Holoceno Médio (P1, P4 e P7)

No período entre 6.295 ± 935 e 4.560 ± 335 anos AP, a cobertura arbórea permanece a mesma observada anteriormente, com uma densidade arbórea (D/P e Pa/P) um pouco mais baixa que a atual e com tendência a diminuir nas camadas subsequentes de P1 e P4 e estabilidade no P7, indicando um período mais seco (Figuras 3, 4, 5, 7 e Tabela 4). Permanecem as condições hidrodinâmicas de alta energia de deposição, mas foi observada uma oscilação com um período de menor energia em torno de 5.260 anos AP (Figuras 4, 7 e Tabela 2).

Nesse período, ocorria o Ótimo Climático do Holoceno, que apresentou um clima mais quente em escala global por volta de 6.000 anos AP. Perez Filho & Rubira (2018) identificaram um 2º evento quente e seco para o Sudeste e Nordeste do Brasil entre 6.400 e 6.200 anos AP. Perez Filho *et al.* (2022) evidenciaram condições semiáridas com sobreposição de chuvas periódicas intensificadas para a Depressão Sertaneja no



Nordeste do Brasil durante o Holoceno Médio. O Cenário 7 indica um período mais seco entre 8.500 e 5.500 anos AP para algumas áreas do Cerrado (BARROS *et al.*, 2011).

Outros estudos de paleovegetação no Cerrado evidenciaram um período similar, como o observado por Parizzi *et al.* (1998), onde há baixa umidade e um período de queimadas naturais em Lagoa Santa (MG), entre 8.500 e 5.500 anos AP; Ledru, (1993), Ledru *et al.* (1996) e Pessenda *et al.* (2004), com indícios de um evento mais seco entre 8.500 e 5.500 anos AP em Salitre (MG); Behling (1995, 2002) que identificou que, no período entre 7.500 e 5.500 anos AP, uma retração das matas de galeria ocorreu em Lagoa Nova (MG) e Lago Pires (MG); Turcq *et al.* (2002), pela concentração de fragmentos de carvão, entre 8.700 e 6.300 anos AP, no Lago da Água Preta de Baixo (MG); Schellekens *et al.* (2014), que identificaram um período úmido e quente na Turfeira Pau de Fruta (MG) entre 7.200 e 4.200 anos AP; Horák-Terra *et al.* (2015) através de um clima mais quente com uma pequena diminuição da umidade, além da expansão de formações savânicas entre 7.360 e 4.200 anos AP na Turfeira Pau de Fruta (MG); Barros *et al.* (2016) com um período mais seco entre 6.900 e 6.500 anos AP no Quadrilátero Ferrífero (MG); Barberi-Ribeiro *et al.* (2000) identificaram condições semiáridas e frias entre 21.400 e 7.300 anos AP em Águas Emendadas (DF); e Ferraz-Vincentini & Salgado-Laboriau (1996) inferiram condições áridas e relativamente mais quentes no período entre 10.500 e 7.700 anos AP em Cromínea (GO).

Já no Oeste da Baiano, condições secas nesse período foram inferidas para a região do: Médio São Francisco (entre 8.900 e 6.700 anos AP) foi indicada uma fase subúmida, seguida por uma fase semiárida no período entre 6.700 e 6.200 anos AP e uma fase mais seca entre 6.200 e 4.200 anos AP (BARRETO, 1996); Rio Icatu (BA) entre 6.700 e 6.200 anos AP, evidenciou-se condições semiáridas, posteriormente no período entre 6.200 e 4.500 anos AP as condições ambientais eram mais úmidas (OLIVEIRA *et al.*, 1999); Rio Grande (BA) os últimos 8.400 anos AP apresentam condições de maior umidade (SANTOS, 2016); e Rio Itapicuru, que por volta de 6.100 anos AP é indicado como um período mais seco (Góes, 2019).

Holoceno Tardio (P2, P4, P5, P8 e P9)

No Holoceno Tardio, por volta de 3.350 ± 570 anos AP (Figuras 4, 7 e Tabela 3 e 4) as tendências de diminuição do D/P e das condições hidrodinâmicas de maior energia de deposição (Figuras 4, 7 e Tabela 3 e 4) continuam sugerindo um período mais seco que o ocorrido em 6.295 anos AP (Figuras 4, 7 e Tabela 4). Há aproximadamente 1.430 ± 85 (Figuras 3, 7 e Tabela 3 e 4) foi registrada a maior densidade de cobertura arbórea dentre todos os perfis (Figuras 3, 4, 5, 7 e Tabela 4), que pode indicar condições relativamente mais úmidas, o que é corroborado por condições hidrodinâmicas de menor energia de deposição (Figuras 3, 5, 7 e



Tabela 2). Por fim, nos últimos 420 anos, o índice D/P indica oscilações entre episódios mais secos e mais úmidos, mas que caracterizam as condições atuais, e a hidrodinâmica de deposição retoma condições de alta energia (Figuras 4, 5, 7 e Tabela 3 e 4).

Barros *et al.* (2011) indicaram para o Holoceno Tardio o cenário 8 e 9 do Cerrado, com condições mais úmidas para algumas áreas do bioma entre 4.500 e 1.000 anos AP e com os últimos 1.000 anos apresentando as condições atuais. Outros estudos de paleovegetação também encontraram dados similares, tais como: Barberi-Ribeiro *et al.* (2000), que sugeriram um clima sazonal similar ao atual para Águas Emendadas (DF) nos últimos 4.000 anos; Alexandre *et al.* (1999), que observaram condições mais secas para Salitre (MG) por volta de 900 anos AP; Schellekens *et al.* (2014), que evidenciaram as condições atuais para os últimos 400 anos na turfeira Pau de Fruta (MG); Lucena (2016), que indicou retorno de indicativos de umidade para bacia do rio Peruaçu, MG, a partir de 984 anos AP; Chueng *et al.* (2019), que observaram um episódio mais frio e seco entre 440 e 250 anos AP na Serra do Espinhaço Meridional (MG); e Machado *et al.* (2021), que indicaram uma tendência de aumento de umidade e temperatura nos últimos 10.000 anos na turfeira Rio Preto (MG).

Já no oeste baiano, condições similares foram observadas por: Oliveira *et al.* (1999), que indicaram as condições vegetacionais e climáticas atuais para o vale do Rio Icatu (BA) nos últimos 4.535 anos; Santos & Castro (2016), que identificaram condições de aumento de umidade nos últimos 3.929 anos para a bacia do Rio Grande (BA); e Góes (2019), que observou a alternância entre pulsações secas e úmidas nos últimos 2.200 anos no Rio Itapicuru (BA). Apesar das similaridades entre as características paleovegetacionais e paleoclimáticas ocorridas desde o Pleistoceno Superior no Cerrado, algumas variações entre os períodos podem ser observadas e estão associadas, principalmente, a características locais, como: latitude, altitude, relevo, distribuição da umidade, etc.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho se propôs a contribuir para a compreensão da dinâmica e transformação da paisagem do médio curso do Rio Grande, através de uma análise com utilização de fitólitos em sistemas fluviais. As análises realizadas nas coberturas superficiais de terraços fluviais permitiram considerar as complexidades das relações entre a vegetação e o sistema fluvial para a compreensão da reconstituição paleoambiental realizada, sendo eficaz para o cumprimento de todos os objetivos propostos por esse trabalho.

Por se tratar de terraços fluviais, as coberturas superficiais apresentaram alguns fatores limitantes que foram considerados para interpretações paleoambientais com esses indicadores, dentre eles a granulometria e as condições hidrodinâmicas de deposição, que influenciam diretamente a preservação e conservação dos corpos silicosos. Apesar disso, as análises fitolíticas de todos os perfis apresentaram as mesmas tendências



dos demais indicadores e as variações mais expressivas se davam entre perfis diferentes em razão da granulometria e as condições hidrodinâmicas de deposição.

Não foram registradas mudanças significativas na cobertura vegetal no médio curso do Rio Grande (BA) no Holoceno. Em todos os perfis foram encontradas assembleias fitolíticas com morfotipos similares, que correspondem às fitofisionomias presentes no alto e médio curso da BRG, dominadas por vegetação aberta com pontual ocorrência de remanescentes florestais.

Foi possível observar indicativos de oscilações da densidade de cobertura arbórea, que podem estar associadas a pulsações climáticas mais úmidas ou secas. As condições hidrodinâmicas de deposição das coberturas superficiais foram predominantemente de alta energia ao longo de todo o período estudado, com exceção de dois episódios de menor energia, registrados há cerca de 5260 e 1400 anos AP. Este último episódio também correspondeu à maior densidade arbórea observada, indicando um período de maior umidade.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Pêsoa de Nível Superior (CAPES) (Processo nº 88887.483180/2020-00), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo nº 406850/2018-6 e nº 140550/2022-4) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Processo nº 19/23452-0) pela concessão de bolsas e apoio ao projeto.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, Aziz Nacib. O domínio dos cerrados. In: Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: **Ateliê Editorial**, p.115-135, 2003.
- ADERALDO, Pedro Ítalo Carvalho de.; PEREZ FILHO, Archimedes. Terraços Fluviais No Baixo Curso Do Rio Piranhas-Açu Como Contribuição Geocronológica Holocênica. **Revista Equador**, v. 9, p. 178-188, 2020.
- ALEXANDRE, Anne.; *et al.* Late Holocene Phytolith and Carbon-Isotope Record from a Latosol at Salitre, South-Central Brazil. **Quaternary Research**, v 51, 187–194, 1999.
- ALVES, Ricardo Reis.; *et al.* As Relações Existentes entre as Ocorrências das Formas do Relevo e o Uso do Solo na Bacia do Rio Grande - Ba. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2009, Viçosa - MG. **A Geografia Física Aplicada e as Dinâmicas de Apropriação da Natureza**. Viçosa - MG: Organização do Evento, 2009.
- AUGUSTIN, Cristina Helena Ribeiro Rocha.; *et al.* Analysis of geomorphic dynamics in ancient quartzite landscape using phytolith and carbon isotopes, Espinhaço Mountain Range, Minas Gerais, Brazil. **Géomorphologie** (Paris), 4, 355 - 376, 2014. DOI: 10.4000/geomorphologie.10794
- BARBERI-RIBEIRO, Maira.; SALGADO-LABORIAU, Maria Lea; SUGUIO, Kenitiro. Paleovegetation and paleoclimate of "Vereda de Águas Emendadas", central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**. Vol. 13, nº3, p. 241-254, 2000.
- BARRETO, Alcina Magnolia Franca. **Interpretação Paleoambiental do Sistema de Dunas Fixadas do Médio Rio São Francisco, Bahia**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 223p., 1996.
- BARROS, Luiz Fernando de Paula.; *et al.* Paleobiogeoclimatic scenarios of the Late Quaternary inferred from fluvial deposits of the Quadrilátero Ferrífero (Southeastern Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**. v.67, p.71 - 88, 2016
- BARROS, Luiz Fernando de Paula.; *et al.* Síntese dos cenários paleobioclimáticos do Quaternário Tardio em Minas Gerais/ Sudeste do Brasil. **Soc. & Nat.**, ano 23 n. 3, p. 371 – 386, Uberlândia, set/dez. 2011.
- BEHLING, Hermann. A high-resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. **Journal of Paleolimnology**, Netherlands, v.14, p. 253268, 1995.



- BEHLING, Hermann. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 177, p. 19 – 27, 2002.
- BEHLING, Hermann.; *et al.* Late Quaternary vegetation and climatic dynamics in southeastern Brazil, inferences from marine cores GeoB 3229-2 and GeoB 3202-1. **Palaeogeography, paleoclimatology, paleoecology**, v. 179, p. 76 – 85, 2002.
- BEHLING, Hermann; LICHTÉ, Martin. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical southeastern Brazil. **Quaternary Research**, v. 48, p. 348 – 358, 1997.
- CALEGARI, Marcia Regina. **Ocorrência e significado paleoambiental do Horizonte A húmico em Latossolos**. 256f. Tese de Doutorado em Agronomia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 2008.
- CALEGARI, Marcia Regina.; *et al.* Holocene Vegetation and Climate inferences from Phytoliths and Pollen from Lagoa do Macuco, North Coast of Espírito Santo State (Brazil). **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 6, p. 41-50, 2015.
- CAMARGO, Otávio Antonio de.; *et al.* Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC – Boletim Técnico, 106). Campinas: **Instituto Agrônomo de Campinas**, 94p, 1986
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 188 p., 1980.
- CHUENG, Karina Ferreira. **Reconstituição Paleobiogeoclimática de áreas cársticas, arqueológicas e turfeiras na Serra do Espinhaço Meridional, MG, através de biomineralizações de sílica**. Tese de doutorado – Universidade Federal Fluminense, 2020.
- CHUENG, Karina Ferreira. **Reconstituição paleoclimática da geodinâmica quaternária na Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, através dos indicadores fitólitos e isótopos de carbono**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal Fluminense, 2016.
- CHUENG, Karina Ferreira.; *et al.* Landscape paleodynamics in siliciclastic domains with the use of phytoliths, sponge spicules and carbon isotopes: The case of southern Espinhaço Mountain Range, Minas Gerais, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 95, p. 1-20, 2019.
- CHUENG, Karina Ferreira.; *et al.* Reconstituição Paleambiental da Área Arqueológica de Serra Negra, Face Leste do Espinhaço Meridional (Minas Gerais), através da Análise de Fitólitos. **Revista brasileira de geografia física**, v. 11, p. 2260-2275, 2018.
- COE, Heloisa Helena Gomes.; CHUENG, Karina Ferreira.; GOMES, Jenifer Garcia. Mudanças possivelmente antrópicas na cobertura vegetal na região de Búzios, Rio de Janeiro, identificadas através de análises de fitólitos. **Revista Tamoios** (Online), Ano VII, p.60 - 76, 2012a.
- COE, Heloisa Helena Gomes.; CHUENG, Karina Ferreira.; GOMES, Jenifer Garcia. Reconstituições da Vegetação e Inferências de Paleoclimas através da Utilização dos Indicadores Fitólitos e Isótopos de carbono – Exemplos de Estudos no Brasil. **Revista GeoNorte**, v.1, p.248 - 261, 2012b.
- COE, Heloisa Helena Gomes.; *et al.* Changes in Holocene tree cover density in Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brazil): Evidence from soil phytolith assemblages. **Quaternary International**, v.287, p.63 - 72, 2013.
- COE, Heloisa Helena Gomes.; *et al.* Characterisation of phytoliths from the stratigraphic layers of the Sambaqui da Tarioba (Rio das Ostras, RJ, Brazil). **Flora**, v.236237, p.1 - 8, 2017.
- COE, Heloisa Helena Gomes.; *et al.* Dynamics of production and accumulation of phytolith assemblages in the Restinga of Maricá, Rio De Janeiro, Brazil. **Quaternary International**, v. 388-89, p.1 - 12, 2015a.
- COE, Heloisa Helena Gomes.; *et al.* Fitólitos de Sedimentos e Plantas – Métodos de Extração e Suas Aplicações, Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 3, **Ed. Atena**, 2021.
- COE, Heloisa Helena Gomes.; *et al.* Paleovegetação da Ilha Grande (Rio de Janeiro) no Holoceno através do estudo de fitólitos e isótopos do carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.11, p.456 - 476, 2018.
- COE, Heloisa Helena Gomes.; *et al.* Reconstituição Paleobiogeoclimática através de Fitólitos e Isótopos de Carbono no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Revista Equador**, v.4, p.1439 - 1447, 2015b.
- COE, Heloisa Helena Gomes.; *et al.* Understanding Holocene variations in the vegetation of Sao Joao River basin, southeastern coast of Brazil, using phytolith and carbon isotopic analyses. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 415, 59-68, 2014.
- COE, Heloisa Helena Gomes.; OSTERRIETH, Margarita. **Synthesis of Some Phytolith Studies in South America (Brazil and Argentina)**. New Science Publishers, New York, v.1. 280p, 2014.
- COSTA, Camila Rodrigues.; *et al.* Multi-proxy analysis of a Holocene records from a high-altitude tropical peatland in the Serra do Espinhaço Meridional, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 22, p. 103795, 2022.
- DIAS, Renê Lepiani.; PEREZ FILHO, Archimedes. Geocronologia de Terraços Fluviais na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí-SP a partir de Luminescência Ópticamente Estimulada (LOE). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, p. 341-349, 2015.



- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília. 5a ed. **Revista e Ampliada**. EMBRAPA, 355 p., 2018.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 212 p., 1997.
- FERRAZ-VICENTINI, Katia Regina.; SALGADO-LABORIAU, Maria Lea. Palynological analysis of a palm swamp in Central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 9: 207-219. 1996.
- FLEMMING, Burghard W. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis ternary diagrams. In: **Continental Shelf Research**, n. 20, pp. 1125-1137, 2000.
- GÓES, Liliane Matos. **Geocronologia das coberturas superficiais nos baixos terraços fluviais e aluviões recentes no médio curso da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru (Bahia-Brasil)**. Tese de doutorado – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.
- GOMES, Makênia Oliveira Soares.; SARKIS, Maria de Fátima Rodrigues.; DELICIO, Maria Paula. Evolução paleoclimáticas e paleoecológica da bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto (MG), com base na microflora. In: **Anais Congresso Brasileiro de Paleontologia**, 21. Belém, 2009.
- HORÁK-TERRA, Ingrid.; *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). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 437, 117–131 p., 2015.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira 2ªed**. Rio de Janeiro: IBGE, 271p., 2012.
- KÖPPEN, Wladimir Peter. Das geographische System der Klimate. In: **KÖPPEN, Wladimir Peter.; GEIGER, Rudolf. (Eds): Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Bornträger, 1936. Banda 1, Parte C, p. 1-44.
- LEDRU, Marie-Pierre. Late Quaternary environmental and climate changes in central Brazil. **Quaternary Research**, v. 39, p. 90-98, 1993.
- LEDRU, Marie-Pierre.; *et al.* The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v.123, p.239 – 257, 1996.
- LIMA, Kleber Carvalho.; *et al.* Fluvial responses to external and internal forcing: Upper Holocene dynamics in a low latitude semi-arid region in South America. **Journal Of South American Earth Sciences**, v. 112, p. 103545, 2021.
- LUCENA, Ubiranan Pereira de. **Reconstrução da paleovegetação e suas implicações para a dinâmica geomorfológica no Parque Estadual Veredas do Peruáçu, MG, através de indicadores fitolíticos**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.
- MACHADO, David Oldack Barcelos Ferreira. **Reconstituição Paleoambiental Em Baixos Terraços Fluviais No Médio Curso Do Rio Grande (Ba), Por Meio De Biomineralizações De Sílica E Luminescência Opticamente Estimulada (Loe)**. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2022.
- MACHADO, David Oldack Barcelos Ferreira.; *et al.* Palaeoenvironmental reconstruction through phytolith analysis in the Casa de Pedra shell mound archaeological site, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brazil. **Vegetation History and Archaeobotany**, v. 1, p. 1, 2022.
- MACHADO, David Oldack Barcelos Ferreira.; *et al.* Palaeoenvironmental Reconstruction of Headwaters of the Preto River, Minas Gerais State, Brazil, through Siliceous bioindicators. **Journal of South American Earth Sciences**, V. 108, 2021.
- MOREIRA, Michel Castro.; SILVA Demetrius David da. **Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande**. Gazeta Santa Cruz, Barreiras, 80 pp, 2010.
- MOREIRA, Vinícius Borges.; PEREZ FILHO, Archimedes. Das superfícies de aplainamento aos pulsos climáticos holocênicos: a evolução da paisagem em relevos de chapada. **Sociedade & Natureza** (Ufu. Impresso), v. 32, p. 176-195, 2020.
- MOREIRA, Vinícius Borges.; PEREZ FILHO, Archimedes. Geocronologia da cobertura superficial em baixos terraços fluviais na chapada Uberlândia-Uberaba/MG. REDE: **Revista Eletrônica do Prodepa**, v. 13, p. 89-100, 2019.
- NEUMANN, Katerine.; *et al.* International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. **Annals of Botany** 124: 189–199, 2019.
- OLIVEIRA, Paulo Eduardo de.; BARRETO, Alcina Magnólia Franca.; SUGUIO, Kenitiro. Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 152, p. 319-337, 1999.
- PARIZZI, Maria Giovana.; SALGADO-LABOURIAU, Maria Lea.; KOEHLER, Heinz Charles. Genesis and environmental history of Lagoa Santa, SE Brazil. **The Holocene**, 8, 3: 311-321. 1998.
- PEREZ FILHO, Archimedes.; DONZELLI, Jorge Luis.; LEPSCH, Igo Fernando. Relação Solos Geomorfologia em Várzea do Rio Moji-Guaçu (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. 4: 181-187, 1980.



- PEREZ FILHO, Archimedes.; *et al.* Depositional rates obtained from absolute dating on surficial covers in the paulista peripheral depression, SE-Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 111, p. 103491-103491, 2021.
- PEREZ FILHO, Archimedes.; LÄMMLE, Luca.; MOREIRA, Vinícius Borges. Geotecnologias e suas abordagens em estudos geomorfológicos: desafios e possibilidades para além dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 145-161. 2020.
- PEREZ FILHO, Archimedes.; *et al.* Genesis and Distribution of Low Fluvial Terraces Formed by Holocene Climate Pulses in Brazil. **Water**, v. 14, 2022.
- PEREZ FILHO, Archimedes.; RUBIRA, Felipe Gomes. Evolutionary interpretation of Holocene landscapes in eastern Brazil by optimally stimulated luminescence: Surface coverings and climatic pulsations. **Catena**, v. 172, p. 866-876, 2018.
- PESSENDA, Luis. Carlos. Ruiz.; *et al.* Vegetation dynamics during the late Pleistocene in the Barreirinhas region, Maranhão State, northeastern Brazil, based on carbon isotopes in soil organic matter. **Quaternary Research**, v. 62, p. 183 – 193, 2004.
- PIPERNO, D.R. Phytolith analysis and tropical paleo-ecology: Production and taxonomic significance of siliceous forms in new world plant domesticates and wild species. **Review of Palynology**, v.45, n. 3 – 4, 1985.
- PIPERNO, Dolores Rita. Phytoliths Analysis: an archaeological and geological perspective. San Diego: **Academic Press**, 1988.
- PIPERNO, Dolores Rita. Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists. New York: **Altamira press**, 2006.
- PREBIANCA, Mateus Moriconi. **Dinâmica do canal fluvial relacionada à formação de baixos terraços fluviais, no médio curso do rio Grande, oeste da Bahia, associando-a com pulsações climáticas holocênicas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Instituto de Geociências - Unicamp. Campinas: 2022.
- RAMÍREZ, Alma Isabel Ariza.; *et al.* Phytoliths and seeds in fluvial island paleoenvironment reconstruction (interaction with pollen analysis). **Journal of South American Earth Sciences**, 89:30-38. 2019.
- RASBOLD, Giliane Gessica.; *et al.* Phytoliths indicate environmental changes correlated with facies analysis in a paleo island-lake, Upper Paraná River, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 99. 2020.
- RIBEIRO, José Felipe.; WALTER, Bruno Machado Teles. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: **SANO, Sueli Matiko. (Ed.). Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, cap. 3, p. 87 – 166, 1998.
- ROCHA, Aline Pinheiro. **Reconstituição Paleobiogeoclimática da Depressão de Gouveia, Minas Gerais, durante o Pleistoceno Superior/ Holoceno, através da Análise de Fitólitos Extraídos de Sedimentos de uma Voçoroca**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2014.
- RUBIRA, Felipe Gomes.; PEREZ FILHO, Archimedes. Evolução das bases teóricas e metodológicas para identificação das mudanças, oscilações e pulsações climáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, p. 922-966, 2021b.
- RUBIRA, Felipe Gomes.; PEREZ FILHO, Archimedes. Geochronology and Hydrodynamic Energy Conditions In Surface Coverings Of Low Holocene Fluvial, Fluvial-Marine, And Marine Terraces: Climatic Pulsations To The South Of The Aranguaguá River Basin (SC). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, p. 635-663, 2018.
- RUBIRA, Felipe Gomes.; PEREZ FILHO, Archimedes. Geocronologia de Eventos Depositionais Associados às Coberturas Superficiais que Sustentam e Recobrem Níveis de Terraços Marinhos Pleistocênicos e Holocênicos no Litoral Sul de Santa Catarina (SC). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, p. 581-602, 2019.
- RUBIRA, Felipe Gomes.; PEREZ FILHO, Archimedes. Regressão marinha que sucedeu o optimum climático holocênico. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, p. 508-531, 2021a.
- SALGADO, Eduardo Trein.; *et al.* Holocene palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction of a native ecosystem on the coastal plain of southern Brazil through multi-proxy analysis. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 106, p. 1-16, 2020.
- SALLUN, Alethéa Ernandes Martins.; *et al.* Datação absoluta de depósitos quaternários brasileiros por luminescência. **Revista Brasileira de Geociências**, 37 (2), p. 402-413, 2007.
- SANO, Edson Eyji.; *et al.* Land Cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, 166. P. 113 – 124, 2010.
- SANO, Edson Eyji.; *et al.* **Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado: Estratégias e resultados**. Documento 190 EMBRAPA Cerrados. 33p. 2007.
- SANTOS, Cátia Pereira dos.; *et al.* Paleoenvironmental evolution during the Holocene of the coastal plain of Maricá, Rio de Janeiro, Brazil, through silica biomineralizations. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 121, p. 104098, 2022.



- SANTOS, Gisela Barbora dos. **Origem Do Sistema Lacustre Da Região Do Médio São Francisco: Bacia Do Rio Grande - Bahia**. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2016.
- SANTOS, Gisele Barbosa dos.; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. Caracterização da Rede de Drenagem e do Sistema Lacustre da Bacia do Rio Grande: Oeste da Bahia - Região do Médio São Francisco. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, nº 4, 2016.
- SHELLEKENS, Judith.; *et al.* Holocene vegetation and fire dynamics in central-eastern Brazil: Molecular records from the Pau de Fruta peatland. **Organic geochemistry**, 77, 32-42, 2014.
- SEIXAS, Amanda Pacheco. **Reconstituição Paleobiogeoclimática de Registros Sedimentares Fluviais no quadrilátero ferrífero, minas gerais, através de análises fitolíticas e de isótopos de carbono**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia): UERJ – FFP, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores, São Gonçalo, 103 p., 2015.
- SILVA, Vinicius de Amorim.; *et al.* Characterization and Geochronology of the Deltaic System from Jequitinhonha River, Brazil. **The Journal Agriculture and Forestry**, v. 67, p. 121-134, 2021.
- SOUZA, André de Oliveira.; *et al.* Holocene climate pulses and structural controls on the geomorphological estuarine evolution of the Iguaçu River, São Paulo, Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 205, p. 104168, 2020.
- SOUZA, André de Oliveira.; PEREZ FILHO, Archimedes. Atributos químicos de coberturas superficiais e suas correlações com paleosuperfícies fluviais holocênicas no baixo Paraíba do Sul (RJ). **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, p. 162, 2018.
- SOUZA, André de Oliveira.; PEREZ FILHO, Archimedes. Late Holocene coastal dynamics, climate pulses and low terraces in the coast of the state of São Paulo, southeast, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 92, p. 234-245, 2019.
- SOUZA, André de Oliveira.; PEREZ FILHO, Archimedes. Mudanças na dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do Ribeirão Araquá: eventos tectônicos e climáticos no quaternário. **GEOUSP: espaço e tempo**, v. 20, p. 636-656, 2016.
- STORANI, Daniel Luis.; PEREZ FILHO, Archimedes. Novas Informações Sobre Geocronologia na Planície de Inundação do Rio Mogi Guaçu, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, p. 191-199, 2015.
- SUGUIO, Kenitiro. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais**. São Paulo. Oficina de Textos, 407p. 2010.
- TURCO, Bruno.; *et al.* Accumulation of organic carbon in five Brazilian lakes during the Holocene. **Sedimentary Geology**, 148: 319-342. 2002.
- WINTLE, Ann G.; MURRAY, Andrew S. A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. **Radiation Measurements**, 41:369-391. 2006.