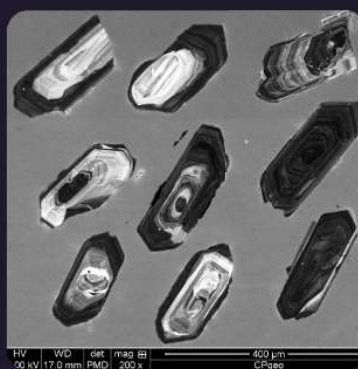


SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

CONTRIBUIÇÕES À GEOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA

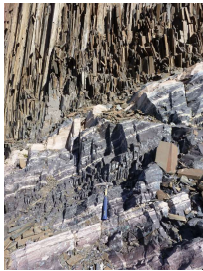
ANDRÉA RITTER JELINEK
CARLOS AUGUSTO SOMMER



IMAGENS DE CAPA E CONTRACAPA



Fotografia aérea do setor norte da Serra do Segredo, em Caçapava do Sul, RS, onde se destacam a Pedra do Segredo, em primeiro plano, e a Pedra da Abelha, logo à esquerda, geofórmulas esculpidas sobre conglomerados fluviais da Bacia do Camaquã. Ao fundo, alguns cerros formados por rochas metamórficas e o imponente alto de Caçapava, sobre granitoides diversos, rochas que registram diferentes momentos do Ciclo Brasileiro no sul do Brasil. A paisagem faz parte do Geoparque Caçapava Aspirante Unesco e é parcialmente inserida no Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo. Imagem obtida por Felipe Guadagnin. Legenda de André Weissheimer de Borba e Felipe Guadagnin.



Contato entre rochas sedimentares da Bacia do Paraná e soleira de diabásio do Grupo Serra Geral. Pedreira Carollo, região de Montenegro, RS. Imagem e legenda de Carlos Augusto Sommer.

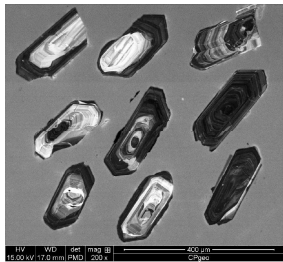


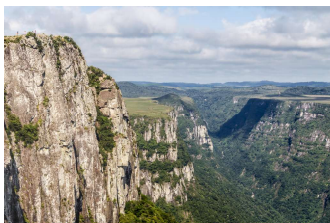
Imagem de catodoluminescência de cristais de zircão pertencentes ao Batólito de Florianópolis. Aumento de 200 vezes. Imagem e legenda de Andréa Ritter Jelinek.



Fotografia aérea oblíqua apresentando a morfologia da região correspondente ao extremo do Litoral Norte do RS, à direita observa-se a cidade de Torres/RS. Em primeiro plano observa-se a morfologia do campo de dunas localizado no Parque Estadual de Itapeva. Unidade essa localizada sobre o sistema Laguna-Barreira IV (holocênica). Logo após o baixio, na retaguarda do campo de dunas, ocorre a morfologia do sistema Laguna-Barreira III (pleistocênica). Ao fundo, com o relevo mais elevado, encontra-se a Formação Serra Geral pertencente à Bacia do Paraná. Imagem obtida por Eduardo H. R. Russo. Legenda de Eduardo Guimarães Barboza.



Minas do Camaquã, Mineração de cobre a céu aberto, Caçapava do Sul. Imagem e legenda de Carlos Augusto Sommer.



Derrames ácidos do Grupo Serra Geral, Bacia do Paraná, na região do Cânion Fortaleza, Parque Nacional da Serra Geral, Cambará do Sul, RS. Imagem licenciada de Depositphotos. Legenda de Carlos Augusto Sommer.



PUBLICAÇÃO ESPECIAL DO NÚCLEO RS/SC DA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

**CONTRIBUIÇÕES À GEOLOGIA
DO RIO GRANDE DO SUL E
DE SANTA CATARINA**

Editores

Andréa Ritter Jelinek
Carlos Augusto Sommer



Porto Alegre, RS, 2021.

É proibida a reprodução total ou parcial desta obra, sem autorização expressa dos autores ou da editora. A violação importará nas providências judiciais previstas no artigo 102, da Lei nº 9.610/1998, sem prejuízo da responsabilidade criminal. Os textos deste livro são de responsabilidade de seus autores.

ISBN E-book: 978-65-89013-03-7

Edição: 1ª

Ano: 2021

Editora Compasso Lugar Cultura

Responsável André Suertegaray Rossato

Porto Alegre - RS - Brasil

Telefones (51) 984269928

compassolugarcultura@gmail.com

www.compassolugarcultura.com

Editores:

Andréa Ritter Jelinek

Carlos Augusto Sommer

Diagramador: Gabriel Zambom

Revisão de Texto: Gustavo Saldivar

Conselho Editorial Compasso Lugar Cultura

Álvaro Heidrich

Carlos Henrique Aigner

Cláudia Luíza Zeferino Pires

Dakir Larara Machado da Silva

Dilermando Cattaneo da Silveira

Dirce Maria Antunes Suertegaray

Helena Copetti Callai

Jaeme Luiz Callai

João Osvaldo Rodrigues Nunes

Laurindo Antonio Guasselli

Maíra Suertegaray Rossato

Nelson Rego

Roberto Verdum

Rosa Maria Vieira Medeiros

Sinthia Batista

Realização

Sociedade Brasileira de Geologia

Diretoria Núcleo RS/SC:

Diretora Presidente: Andréa Ritter Jelinek

Diretor Vice-Presidente: Carlos Augusto Sommer

Diretor Secretário: Lucas Debatin Vieira

Diretor Financeiro: Breno Leitão Weichel

Diretora de Programação Técnico-Científica: Rosemary Hoff

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

J47c

Jelinek, Andréa Ritter.

Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina /Andréa Ritter Jelinek e Carlos Augusto Sommer, organização – Sociedade Brasileira de Geologia - Porto Alegre : Compasso Lugar-Cultura, 2021.

504 p., il. col.

ISBN E-book: 978-65-89013-03-7

<https://doi.org/10.29327/537860>

1. Geologia 2.Sociedade Brasileira de Geologia 3. Coletâneas de textos I. Jelinek, Andréa Ritter II. Sommer, Carlos Augusto III. Título

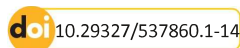
CDD 551

CDU 551.1/.4

Bibliotecária Responsável: Catarina Strapação Guedes Vianna CRB-10/2469

Índices para catálogo sistemático:

1. Geologia 551



Fitoestratigrafia dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina

Roberto *Iannuzzi*

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

* autor correspondente: roberto.iannuzzi@ufrgs.br

1 INTRODUÇÃO

Na Europa e na América do Norte, as plantas fósseis têm sido tradicionalmente utilizadas na bioestratigrafia, especialmente, aquelas associadas aos depósitos de carvão do Carbonífero Superior. Tanto que elas auxiliaram no estabelecimento de estágios cronoestratigráficos, tais como o Vestfaliano e o Estefaniano, que, durante muito tempo, foram consideradas padrões para a “Escala de Tempo Geológico Internacional” (Wagner, 1984). No Rio Grande do Sul (RS) e em Santa Catarina (SC), apesar de conhecidas, desde meados do século XIX, em seções, que continham camadas de carvão (Carruthers, 1869; White, 1988), as plantas fósseis têm sido muito pouco utilizadas na bioestratigrafia desses estados, bem como na Bacia do Paraná, como um todo (Holz *et al.*, 2010). De fato, a ausência de correlações mais precisas entre as seções aflorantes e as de subsuperfície para a Bacia do Paraná tem prevenido o estabelecimento de um arcabouço bioestratigráfico, com base nas associações de plantas fósseis, principalmente, para o Permiano Inferior, intervalo que concentra os depósitos carvoníferos da bacia. Essa imprecisão decorre da imensa extensão da bacia (de mais de um milhão de quilômetros quadrados) e da descontinuidade lateral dos depósitos sedimentares, ao longo da margem leste da bacia, em que afloram as camadas fitofossilíferas. Por isso, ao se tentar estabelecer correlações fundamentadas na bioestratigrafia para a bacia, optou-se, desde o início, pelo uso dos microfósseis, mais especificamente, dos palinomorfos, a partir do uso de amostras férteis, obtidas em testemunhos de sondagem (ver palinozoneamentos em Daemon & Quadros, 1970, e em Souza, 2006).

2 HISTÓRICO / ESTADO DA ARTE

Em termos bioestratigráficos, houve, para o estado do RS, até hoje, apenas dois esquemas (zoneamentos) fitoestratigráficos, enquanto, para o SC, nunca houve sequer um esquema específico (estadual), baseado no registro paleobotânico encontrado no estado. Porém, existem uns poucos esquemas (fitozoneamentos), que procuraram abarcar toda a bacia e que, por consequência, vieram a incluir o registro paleobotânico dos dois estados, os quais, por conseguinte, devem ser aqui abordados. No entanto, deve-se ressaltar que estes, em geral, são esquemas informais, os quais não seguiram as recomendações da Comissão Internacional de Estratigráfica (ICS) ou as da União Internacional das Ciências Geológicas (IUGS), para o seu estabelecimento, com exceção daquele proposto por Rohn & Rösler (2000). Ainda assim, dada a escassez de esquemas publicados e a relevância dos mesmos para o entendimento da sucessão florística da bacia, como um todo, estes serão tratados, a seguir.

2.1 Fitozoneamentos informais

Rösler (1978) foi o primeiro a estabelecer um esquema de zoneamento paleoflorístico (fitozoneamento) para toda a Bacia do Paraná, tendo subdividido as sucessões florísticas permo-carboníferas e triássica em seis “taofloras” informais, referidas por letras de “A” a “F”, da mais antiga a mais jovem, além de propor uma “Taoflora Transicional”, posicionada entre as taofloras “A” e “B”. Todas essas taofloras se caracterizam pela ocorrência de certos táxons e/ou por sua abundância relativa, compondo, assim, associações exclusivas para cada uma delas, como será discriminado abaixo.

Conforme Rösler (1978), as taofloras “A” e “Transicional” se encontram, ambas,

restritas ao Grupo Itararé, apresentando idades estefaniana e sakmariana precoce (*i.e.* asseliana, conforme Cohen *et al.*, 2013, atualizado), respectivamente. A “Taoflora A” apresenta *Paranocladus* e *Lycopodiopsis* (= *Brasilodendron*) *pedroanus* como elementos conspícuos, e a presença de *Botrychiopsis*, de *Noeggerathiopsis* (= *Cordaites*) e de *Buriadia*. Já a “Taoflora Transicional” se caracteriza, principalmente, pelo registro das primeiras glossopterídeas, especialmente representadas por folhas gangamopteróides ou do tipo *Gangamopteris*.

As taofloras “B” e “C” têm seu registro concentrado na Formação Rio Bonito, correspondendo às associações fitofossilíferas diretamente relacionadas aos principais depósitos de carvão da bacia. Essas taofloras poderiam, inclusive, ter sido contemporâneas, de tal forma que Rösler sugeriu que a “Taoflora B” poderia ocorrer no intervalo Sakmariano-Artinskiano, enquanto a “Taoflora C”, no Artinskiano-Kunguriano (Rösler, 1978, p. 89, fig. 3). Na “Taoflora B”, *Asterotheca*, *Pecopteris* spp. e *Annularia* são elementos abundantes, enquanto *Paranocladus*, *Lycopodiopsis* (= *Brasilodendron*) *pedroanus*, *Gangamopteris*, *Glossopteris* e *Sphenophyllum* são comuns. Por outro lado, na “Taoflora C”, *Gangamopteris* e *Glossopteris* se tornam abundantes e *Lycopodiopsis* (= *Brasilodendron*) *pedroanus* e os fetos (*i.e.* *Asterotheca* e *Pecopteris* spp.) passam a ser raros. Ainda, segundo aquele autor, *Arberia*, *Noeggerathiopsis* (= *Cordaites*) e *Rhodeopteridium* são elementos comuns desta última taoflora.

A “Taoflora D” se estende, estratigraficamente, pelas formações Irati e Estrada Nova (Teresina), com idade variando entre o Kunguriano e o Kazaniano (*i.e.* Guadalupiano, conforme Cohen *et al.*, 2013, atualizado), enquanto a “Taoflora E” ocorre em estratos da Formação Rio do Rasto, de possível idade tatariana (*i.e.* lopingiana, conforme Cohen *et al.*, 2013, atualizado), poden-

do chegar, talvez, ao início do Triássico (Fig. 1). *Lycopodiopsis derbyi* e *Krauselcladus* são os elementos mais comuns da “Tafoflora D”, junto com folhas de Ginkgophyta e com restos de algas carófitas, e Rösler (1978) salienta que muitos táxons das tafofloras anteriores (A, B, C) estão ausentes nesta tafoflora. Além disso, o autor propõe a ocorrência de uma zona informal de *Polysolenoxylon* na Formação Irati, aparentemente, para incluir o registro das madeiras silicificadas, comumente encontradas nesta unidade. Já a “Tafoflora E” registra as últimas ocorrências de glossopterídeas na bacia e tem, como elementos comuns, folhas de *Glossopteris* pequenas e estreitas e de *Sphenophyllum*, além de raras frondes de *?Dizeugotheca* sp. (= *Asterotheca*).

Por fim, tem-se a “Tafoflora F”, que representa o registro da Flora *Dicroidium* na Formação Rosário do Sul (= Formação Santa Maria), de idade triássica média. Esta se caracteriza pela presença de várias espécies de *Dicroidium* e pela ausência dos elementos característicos das tafofloras anteriores (Rösler, 1978).

Apesar do esquema de Rösler (1978) se basear em uma considerável amostragem de plantas fósseis, tanto em termos estratigráficos quanto geográficos, este representava um arcabouço totalmente informal, em que, ao invés das amplitudes estratigráficas dos táxons, foram apresentadas, apenas, as prováveis extensões cronoestratigráficas das tafofloras por ele definidas (Fig. 1). Mesmo assim, este esquema pioneiro teve importância significativa, pois ordenou, pela primeira vez, a sucessão paleoflorística da bacia, como um todo, o que norteou todos os trabalhos fitoestratigráficos posteriores. Em relação ao RS, apenas as tafofloras “Transicional”, “B” e “D”, permianas, e a “F”, triássica, estão representadas em localidades fitofossilíferas, enquanto, para o SC, há o registro de sítios, contendo elementos típicos das tafofloras permianas “C” e “E”. Porém, achados posteri-

ores levaram a considerar que há, também a ocorrência de elementos da “Tafoflora E” no RS (Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig, 2000).

Mais recentemente, Iannuzzi & Souza (2005) sugeriram a ocorrência de quatro estágios florísticos informais para o intervalo Carbonífero Superior-Permiano Inferior da bacia, denominados “floras ou estágios florísticos”, a saber: Pré-*Glossopteris*, *Phyllothea-Gangamopteris*, *Glossopteris-Brasilodendron* e *Polysolenoxylon-Glossopteris*. A Flora Pré-*Glossopteris* consiste das associações distribuídas ao longo da porção média do Subgrupo Itararé, de idade pennsylvaniana. A Flora *Phyllothea-Gangamopteris* corresponde às associações que se distribuem, desde o topo do Subgrupo Itararé, até as porções mais baixas da Formação Rio Bonito, consideradas do Cisuraliano precoce (Sakmariano tardio). A partir do final do terço basal (Membro Paraguai), até o topo da Formação Rio Bonito (Membro Siderópolis), estendem-se os registros da Flora *Glossopteris-Brasilodendron*, de provável idade artinskiana. Após um curto intervalo estéril do ponto de vista de megaflores, correspondente aos depósitos marinhos da Formação Palermo, ocorre a Flora *Polysolenoxylon-Glossopteris*, que equivale aos registros encontrados na Formação Irati, com idade estimada entre o Artinskiano tardio e o Kunguriano.

A Flora Pré-*Glossopteris* é caracterizada pela ausência de elementos glossopterídeos, e pela presença de táxons típicos das Floras de “*Notorhacopteris*” e “Transicional”, do Pennsylvaniano da Argentina (Iannuzzi & Souza, 2005). Entre estes, destaca-se a ocorrência dos gêneros *Dwykea*, *Bumbudendron*, *Nothorhacopteris*, *Botrychiopsis*, *Eusphenopteris*, *Buriadia* e *Eucerospermum*. Já a Flora *Phyllothea-Gangamopteris* se distingue pelo primeiro aparecimento das glossopterídeas e pela abundância de folhas gangamopterídes e esfenófitas do tipo *Phyllothea*. Entre os tá-

IDADES		TAFO- FLORAS	A	transi- cional	B	C	D	E	F
			TRIÁSSICO						
	TARDIO								
	MÉDIO								
	PRECOCE								
PERMIANO									
	TATARI- ANO								
	KAZA- NIANO								
	KUNGU- RIANO								
	ARTINS- KIANO								
	SAKMA- RIANO								
CARBONÍFERO									
	ESTEFA- NIANO								

Figura 1 – Esquema fitoestratigráfico informal de Rösler (1978). Note-se que apenas as amplitudes estratigráficas das taofloras são apresentadas (em vermelho), mas, não, as dos táxons. As taofloras B e C, do Permiano precoce (Cisuraliano), D e E, do Permiano tardio (Guadalupiano e Lopingiano), e F, do Triássico Médio, são registradas nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ver texto).

relação com a Formação Ischigualasto, mais especificamente, com a “Idade Réptil Ischigualastiana”, do Triássico Médio (Guerra-Sommer *et al.*, 2002).

2. 2 Fitozoneamentos formais

No Rio Grande do Sul, Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993) propuseram o primeiro fitozoneamento formal para os depósitos do Permiano Inferior, a partir dos dados de todos os afloramentos fitofossilíferos descritos à época, o qual era composto de duas “Zonas de Associação”: uma inferior, denominada Zona *Botrychiopsis plantiana*, e uma superior, chamada Zona *Glossopteris/Rhodeopteridium*. A Zona *Botrychiopsis plantiana* estava dividida em duas subzonas: *Gangamopteris obovata* e *Phyllothea indica* (Fig. 2).

Segundo Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993), a Zona *Botrychiopsis plantiana* é caracterizada pelo primeiro aparecimento das glossopterídeas, principalmente, de folhas dos tipos *Gangamopteris* e *Rubidgea*, e pela abundância local da pteridófila *Botrychiopsis plantiana* (Fig. 2). A Subzona *Gangamopteris obovata* é definida pela amplitude estratigráfica (biocron) de *Gangamopteris buriadica*, de *G. angustifolia*, de *Rubidgea lanceolata*, de *Glossopteris indica*, de *Chiropteris reniformis* e de *Cornucarpus patagonius*. A sobrejacente Subzona *Phyllothea indica* é caracterizada pelo primeiro aparecimento da espécie, que denomina a subzona, bem como de *Scutum* sp. e de *Buriadia isophylla*. Por fim, a Zona *Glossopteris/Rhodeopteridium* se distingue pela abundância de folhas do gênero *Glossopteris* e de caules de licófitas do tipo *Brasilodendron*, além do aparecimento de fetos verdadeiros (*e.g.* *Eupecopteris* sp., *Rhodeopteridium* sp. e *Sphenopteris ischavonensis*) (Fig. 2). Associações desta zona correspondem à típica “Flora *Glossopteris*”, tradicionalmente relacionada

aos depósitos de carvão do RS.

Originalmente, a Zona *Botrychiopsis plantiana* se estenderia da porção superior do Grupo Itararé, representada pela Subzona *Gangamopteris obovata*, de idade sakmariana, até a parte basal da Formação Rio Bonito, em que corresponderia ao registro da Subzona *Phyllothea indica*, considerada do Artinskiano (Fig. 2). Já a Zona *Glossopteris/Rhodeopteridium* ocorreria na porção médio-superior da Formação Rio Bonito, para a qual foi atribuída uma idade kunguriana, naquele momento (Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig, 1993 – ver item seguinte). Porém, baseados no estudo da seção do Morro do Papaléo, em Mariana Pimentel, Iannuzzi *et al.* (2007) incluíram a Subzona *P. indica* no topo do Grupo Itararé. Além disso, estudos subsequentes (i) acrescentaram novos táxons, (ii) modificaram as denominações taxonômicas de alguns outros (especialmente, excluíram a ocorrência do gênero *Rubidgea*) e (iii) alteraram as amplitudes estratigráficas de vários táxons (baseando-se em novas correlações estratigráficas, estabelecidas entre as localidades fitofossilíferas), fazendo com que a quantidade de táxons e suas amplitudes, no fitozoneamento, se modificassem significativamente, em relação à proposta original de Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (ver Iannuzzi & Cazzulo-Klepzig, 2007). Deste modo, uma atualização do esquema de Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993), contendo a distribuição cronolitoestratigráfica das fitozonas e as amplitudes estratigráficas dos táxons, feita com base nas correlações estratigráficas propostas por Iannuzzi *et al.* (2010) para os principais afloramentos fitofossilíferos do RS, é apresentada na Figura 3.

Ainda para o Permiano Inferior, Jasper *et al.* (2003) propuseram um fitozoneamento alternativo para o RS, composto de uma única fitozona, a Zona *Botrychiopsis*, subdividida em duas subzonas, a saber:

Subzona *Botrychiopsis plantiana* e Subzona *Botrychiopsis valida*. De acordo com os dados disponibilizados por aqueles autores, a Subzona *Botrychiopsis plantiana* seria equivalente à Zona *Botrychiopsis plantiana*, de Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993), enquanto a Subzona *Botrychiopsis valida* destes mesmos autores corresponderia à Zona *Glossopteris/Rhodeopteridium*, de Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993). No en-

tanto, Jasper *et al.* (2003) não apresentaram formalmente e/ou apropriadamente (i) os táxons-diagnóstico acessórios, (ii) os estratótipos, (iii) as seções de referência e/ou (iv) as amplitudes estratigráficas dos táxons usados e, por isso, sua proposta de fitozonamento foi considerada inválida por Iannuzzi *et al.* (2007, 2010), pois não estaria em conformidade, não, só, com as recomendações da ICS-IUGS, mas, também, com os princípios

GEOCRONOLOGIA	CISURALIANO		
	SAKMARIANO	ARTINSKIANO	KUNGURIANO
LITIOESTRATIGRAFIA	GRUPO ITARARÉ	GRUPO GUATÁ FORMAÇÃO RIO BONITO	
BIOESTRATIGRAFIA	ZONA <i>BOTRYCHIOPSIS PLANTIANA</i>		ZONA <i>GLOSSOPTERIS/ RHODEOPTERIDIUM</i>
	SUBZONA <i>GANGAMOPTERIS OBOVATA</i>	SUBZONA <i>PHYLLOTHECA INDICA</i>	
<i>Gangamopteris buriadica</i>			
<i>Gangamopteris angustifolia</i>			
<i>Rubidgea lanceolata</i>			
<i>Glossopteris indica</i>			
<i>Chiropteris reniformis</i>			
<i>Cornucarpus patagonicus</i>			
<i>Botrychiopsis plantiana</i>			
<i>Gangamopteris obovata</i>			
<i>Glossopteris communis</i>			
<i>Rubidgea obovata</i>			
<i>Samaropsis seixasi</i>			
<i>Cordaites hislopi</i>			
<i>Cordaicarpus</i> sp.			
<i>Buriadia isophylla</i>			
<i>Phyllothea indica</i>			
<i>Scutum</i> sp.			
<i>Arberia minasica</i>			
<i>Glossopteris mosesii</i>			
<i>Rhodeopteridium</i> sp.			
<i>Glossopteris occidentalis</i>			
<i>Glossopteris browniana</i>			
<i>Sphenopteris ischavonensis</i>			
<i>Plumsteadia sennes</i>			
<i>Brasilodendron pedroanum</i>			
<i>Eupecopteris meridionalis</i>			
<i>Otokaria</i> sp.			

Figura 2 – Esquema fitoestratigráfico formal, proposto, originalmente, por Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993) para a sucessão florística paleozoica do Rio Grande do Sul. Note a distribuição dos táxons, que possuem algum valor bioestratigráfico, cuja amplitude estratigráfica se encontra destacada em vermelho (modificado de Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig, 1993).

GEOCRONOLOGIA	SAKMARIANO		ARTINSKIANO
LITOESTRATIGRAFIA	SUBGRUPO ITARARÉ		Fm. RIO BONITO
BIOESTRATIGRAFIA	ZONA <i>Botrychiopsis plantiana</i>		ZONA <i>Glossopteris/</i> <i>Rhodeopteridium</i>
	Subzona <i>G. obovata</i>	Subzona <i>P. indica</i>	
<i>Cornucarpus patagonicus</i>			
<i>Gangamopteris obovata</i>			
<i>Botrychiopsis plantiana</i>			
<i>Chiropteris</i> sp.			
<i>Gangamopteris angustifolia</i>			
<i>Gangamopteris buriadica</i>			
<i>Glossopteris indica</i>			
<i>Glossopteris communis</i>			
<i>Cordaites hislopi</i>			
<i>Buriadia isophylla</i>			
<i>Samaropsis seixasi</i>			
<i>Cordaicarpus</i> sp.			
<i>Stephanophyllites</i> sp.			
<i>Cheirophyllum speculare</i>			
<i>Dicranophyllum</i> sp.			
<i>Samaropsis kurtzii</i>			
<i>Samaropsis</i> cf. <i>S. rigbyi</i>			
<i>Phyllothea indica</i>			
<i>Kawizophyllum</i> sp.			
<i>Glossopteris occidentalis</i>			
<i>Scutum</i> sp.			
<i>Rhodeopteridium</i> sp.			
<i>Sphenopteris</i> sp.			
<i>Pecopteris</i> sp.			
<i>Neomariopteris</i> sp.			
<i>Asterothea</i> sp.			
<i>Brasilodendron pedroanum</i>			
<i>Cyclodendron</i> sp.			
<i>Ginkgophytopsis</i> sp.			
<i>Botrychiopsis valida</i>			
<i>Glossopteris mosesii</i>			
<i>Glossopteris browniana</i>			
<i>G. obovata</i> var. <i>major</i>			
<i>Plumsteadia sennes</i>			
<i>Arberia minasica</i>			
<i>Otokaria</i> sp.			
<i>Coricladus quiteriensis</i>			
<i>Samaropsis</i> aff. <i>S. millaniana</i>			

Figura 3 – Atualização do esquema fitoestratigráfico formal de Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993), proposta por Iannuzzi *et al.* (2007, 2010). Note-se a distribuição dos táxons, que possuem algum valor biostratigráfico, cuja amplitude estratigráfica se encontra destacada em vermelho. Salienta-se, em relação à proposta original de Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993): (i) o aumento no número de táxons determinados; (ii) mudanças nas amplitudes estratigráficas de vários táxons; (iii) mudança no posicionamento da Subzona *P. indica* (*Phyllothea indica*) para o topo do Subgrupo Itararé; e (iv) redução acentuada dos táxons, que caracterizam a Subzona *G. obovata* (*Gangamopteris obovata*) (modificado de Iannuzzi *et al.*, 2010).

da bioestratigrafia (Murphy & Salvador, 1999).

Ainda, em termos de zoneamentos formais, Rohn & Rösler (2000) estabeleceram três fitozonas de intervalo formais para o Permiano Superior da bacia, a saber: *Lycopodiopsis derbyi*, *Sphenophyllum paranaense* e *Schizoneura gondwanensis*. A Zona *Lycopodiopsis derbyi* se inicia no terço basal da Formação Teresina, estendendo-se até o topo desta unidade, tendo sido considerada de idade guadalupiana precoce. A Zona *Sphenophyllum paranaense* abrange o Membro Serrinha, da Formação Rio do Rasto, enquanto a Zona *Schizoneura gondwanensis* ocorre, ao longo do Membro Morro Pelado, da mesma formação. A primeira teria uma idade guadalupiana média e a segunda se estenderia do Guadalupiano tardio ao Lonpingiano precoce.

A Zona *Lycopodiopsis derbyi* é definida pela amplitude estratigráfica da espécie homônima, bem como da carófito *Leonardosia langei* (Rohn & Rösler, 2000). Entre outros táxons raros, que compõe esta zona, estão várias espécies de *Glossopteris* e de *Pecopteris* (em que se destaca *Pecopteris taguensis*), duas de *Kraseucladus* e *Ilexoidephyllum permicum*, além de caules permineralizados de *Psaronius* (=Tietea). Já a Zona *Sphenophyllum paranaense* funciona como uma zona de transição entre as outras duas, pois compreende o intervalo entre a última ocorrência de *Lycopodiopsis derbyi* e o aparecimento de *Schizoneura gondwanensis*. Além disso, caracteriza-se pela abundância, em seu terço superior, de espécies de *Sphenophyllum* (Rohn & Rösler, 2000, p. 73, fig. 4), incluindo a espécie que dá nome à zona, e pela ocorrência de várias espécies de *Glossopteris* e de *Pecopteris*, e de algumas de *Dizeugotheca* (=Asterotheca), de *Sphenopteris* e de *Paracalamites*. A sobrejacente Zona *Schizoneura gondwanensis* é definida pela amplitude estratigráfica da espécie homônima e

de *Paracalamites* sp. tipo 2. Há, também, abundante registro de espécies de *Paracalamites* e de *Pecopteris*, além de algumas espécies de *Glossopteris*, de *Sphenopteris* e de *Dizeugotheca* (=Asterotheca).

Essas três fitozonas foram registradas em diferentes localidades entre o extremo norte e a porção central de SC, bem como nos estados do Paraná e de São Paulo (Rohn & Rösler, 2000). No RS, a presença destas fitozonas nunca foi totalmente confirmada, uma vez que a Formação Teresina não é assinalada para o estado e que as associações de fitofósseis nas camadas do Permiano Superior, correspondentes à Formação Rio do Rasto, são raras e são constituídas por poucos elementos fragmentados e mal preservados (Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig, 2000). Por outro lado, não há, para o Permiano Inferior, até o momento, um esquema formal estabelecido, que abranja toda a bacia; apenas, zoneamentos, de aplicação regional, como o de Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993), já mencionado.

3 IMPACTO DAS DATAÇÕES RADIOMÉTRICAS NA FITOESTRATIGRAFIA

Na última década, houve um refinamento no posicionamento cronoestratigráfico dos depósitos do intervalo Pennsylvaniano-Triássico da Bacia do Paraná, por meio da obtenção de datações radiométricas em diferentes horizontes aflorantes (Griffis *et al.*, 2019; Rocha-Campos *et al.*, 2019; Schultz *et al.*, 2020). Até então, as idades apresentadas para os pacotes sedimentares eram baseadas, principalmente, no registro palinológico, com contribuições pontuais de alguns macrofósseis de vertebrados, de invertebrados e, até mesmo, de plantas (Holz *et al.*, 2010). As correlações dos afloramentos e/ou dos horizontes fitossilíferos, em particular, com seções de subsuperfície mais completas e datadas, por meio dos palinomorfos,

eram feitas, a partir de métodos estratigráficos clássicos (Rohn & Rösler, 2000; Tybusch *et al.*, 2016) ou se utilizando dos princípios da estratigrafia de sequências (Iannuzzi *et al.*, 2010). Portanto, não havia outras ferramentas, que permitissem confirmar as idades atribuídas aos palinórfos ou o posicionamento estratigráfico, relativo aos afloramentos fitossilíferos, uns em relação aos outros, ou, mesmo, dos fitofósseis, dentro de sua própria unidade litoestratigráfica de ocorrência.

A partir do início deste século, os estudos geocronológicos passaram a ser aplicados na datação de camadas geradas por cinzas vulcânicas, em sua grande maioria, representando *tonsteins*, que foram encontradas, especialmente em boa quantidade, nos depósitos da Formação Rio Bonito, mas que também foram assinaladas no topo do Grupo Itararé e nas formações Irati, Rio do Rasto e, recentemente, Santa Maria (Griffis *et al.*, 2019; Rocha-Campos *et al.*, 2019; Schultz *et al.*, 2020). Essas camadas de rochas vulcanosedimentares têm sido detectadas, principalmente, no RS (Griffis *et al.*, 2018, 2019), mas, também, em SC (Griffis *et al.*, 2019), no Paraná e em São Paulo (Rocha-Campos *et al.*, 2019; Jurigan *et al.*, 2019) e, até mesmo, no Uruguai (Rocha-Campos *et al.*, 2019). Porém, apesar de representarem, inicialmente, um avanço, as primeiras datações radiométricas obtidas usaram diferentes métodos geocronológicos em diferentes laboratórios no Brasil e no exterior, gerando idades, por vezes, conflitantes entre si para uma mesma camada. A solução para esse problema repousaria na obtenção de novas datações radiométricas para as camadas já datadas, utilizando-se, para isso, um método geocronológico único e o mais preciso possível, a partir de análises feitas em um mesmo laboratório. Foi exatamente o que Griffis e colaboradores (2018, 2019) fizeram, em relação às camadas já datadas, anteriormente,

que ocorrem na Formação Rio Bonito, no RS e em SC. Portanto, a partir das recentes idades radiométricas, obtidas por aqueles autores, por meio do método de análise de alta resolução CA-TIMS (idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, obtidas de cristais únicos de zircão), houve um significativo rearranjo no posicionamento cronoestratigráfico de alguns dos mais importantes horizontes fitofossilíferos da margem leste da bacia no RS (Griffis *et al.*, 2018, 2019) e em SC (Griffis *et al.*, 2019). Seções aflorantes da região do município de Candiota (RS), que oscilavam, em idade, entre o Asseliano, passando pelo Artinskiano e, até mesmo, pelo Wordiano (conforme a Carta Cronoestratigráfica Internacional atualizada, de Cohen *et al.*, 2013), foram definidas como sendo de idade asseliana, a partir das três idades congruentes, obtidas por Griffis *et al.* (2018), por meio do método CA-TIMS de análise (*i.e.* 298,23 \pm 0,31 Ma, 297,58 \pm 0,68/-1,4 Ma e 297,77 \pm 0,35/-0,59 Ma). A seção da Mina do Faxinal, em Arroio dos Ratos (RS), considerada, anteriormente, de idade sakmariana tardia, foi reavaliada como um pouco mais jovem e reposicionada, por Griffis *et al.* (2018), no Artinskiano médio (285,42 \pm 1,2/-2,1 Ma). Por fim, o Afloramento Quitéria, situado no município de Encruzilhada do Sul (RS), que, antes, era posicionado no topo da Formação Rio Bonito, por meio de correlações estratigráficas e de datação relativa, baseada no conteúdo palinológico encontrado, foi considerado um dos pacotes mais antigos da unidade, equivalente, em idade, às seções de Candiota, mais ao sul do estado, sendo reposicionado no Asseliano, por Griffis *et al.* (2018), com idade calculada em 296,97 \pm 0,45/-0,72 Ma. Há outras seções, que também foram datadas por Griffis *et al.* (2019), como a da Mina do Recreio (290,36 \pm 0,4/-0,32 Ma), em Butiá (RS), mas que, apesar de não conterem fitofósseis, são importantes, para o posicionamento de outras seções fitofossilíferas, como a do Morro do

Papaléo, em Mariana Pimentel.

As datações radiométricas balizadas, obtidas por Griffis *et al.* (2018, 2019), indicaram a ocorrência de, pelo menos, três intervalos de geração das camadas de carvão no RS: um, no Asseliano (região de Candiota e de Quitéria); outro, no final do Sakmariano (Mina do Recreio, em Butiá); e o mais jovem, no Artinskiano médio (Mina do Faxinal). Destas seções datadas, apenas a da Mina do Recreio não possui fitofósseis diretamente registrados, porém é inevitável que algum tipo de flora esteja associado à gênese das camadas carvoníferas da mina e, por conseguinte, à época de formação deste depósito, ou seja, ao final do Sakmariano. Os intervalos de geração de carvão são épocas de terrestrialização e, portanto, de aumento natural da ocorrência de plantas fósseis no registro sedimentar da bacia. A partir disto, depreende-se que, até, três diferentes tipos de floras podem ter sido registradas, ao longo da Formação Rio Bonito, espaçadas por alguns milhões de anos. Porém, a nova ordenação dos afloramentos fitofossilíferos alterou, contundentemente, não, só, as amplitudes estratigráficas de vários táxons, como, também, os seus significados cronoestratigráficos. Estas mudanças não foram formalmente introduzidas no fitozonamento em vigência no RS, até o momento (Fig. 3). Na realidade, como algumas das seções e dos horizontes fitofossilíferos tipo sofreram expressiva alteração no posicionamento cronoestratigráfico, talvez, não seja viável a manutenção do atual esquema, proposto inicialmente por Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993) (Fig. 2) e atualizado por Iannuzzi *et al.* (2007, 2010) (Fig. 3).

Em relação ao registro paleobotânico do Permiano Inferior de SC, associado aos carvões, as datações radiométricas obtidas, até o momento (Griffis *et al.*, 2019), não trouxeram, infelizmente, novidades, em termos do posicionamento cronoestratigráfico das

seções e dos horizontes fitofossilíferos, pois os níveis datados se encontram em um testemunho de sondagem (obtido em Anitápolis) ou em camadas, posicionadas, estratigraficamente, bem abaixo de qualquer camada fitofossilífera conhecida, conforme correlações estabelecidas com as seções aflorantes da região de Alfredo Wagner. Porém, depreende-se, das idades radiométricas alcançadas, que as associações fitofossilíferas encontradas na região centro-sul de SC são mais jovens do que as mais antigas, de idade asseliana, assinaladas para o RS, podendo ter correspondência, apenas, com as associações mais jovens encontradas nos outros dois intervalos de geração de carvão do RS, ou seja, do Sakmariano tardio e do Artinskiano médio. Segundo Griffis *et al.* (2019), todo o Membro Siderópolis estaria contido no intervalo Sakmariano-Artinskiano, unidade portadora dos principais depósitos de carvão explorados em SC.

Acima dos depósitos carvoníferos da Formação Rio Bonito, as associações fitofossilíferas voltam a ocorrer, apenas, na Formação Irati, como já relatado (Iannuzzi & Souza, 2005). Esta unidade tem sido satisfatoriamente datada, pelo método SHRIMP (aplicado a zircões, extraídos de uma mesma camada de bentonita, encontrada no Paraná), por distintos grupos de pesquisadores (Santos *et al.*, 2006; Rocha-Campos *et al.*, 2019), que obtiveram idades concordantes e que posicionam esta unidade no Kuguriano médio. Esta mesma idade pode ser atribuída à “Zona informal de *Polysolenoxylon* da Taoflora D”, de Rösler (1978), e à “Flora *Polysolenoxylon-Glossopteris*”, de Iannuzzi & Souza (2005), que representam o registro paleobotânico da Formação Irati, ao longo da bacia.

Para o Permiano Superior, as novas idades das formações Teresina e Rio do Rasto, obtidas pelo método SHRIMP e publicadas por Rocha-Campos *et al.* (2019), são as únicas existentes e, por isso, aplicáveis ao

posicionamento cronoestratigráfico das unidades fitoestratigráficas contidas nestas unidades. De acordo com os autores, a Formação Teresina seria do Wordiano, mesma idade que, por conseguinte, pode ser atribuída à “Tafoflora D”, de Rösler (1978), e à Zona *Lycopodiopsis derbyi*, de Rohn & Rösler (2000). Já a Formação Rio do Rasto tem seu terço basal, equivalente ao Membro Serriinha, com idade proposta para o Capitaniense. Essa idade pode ser assumida para a base da “Tafoflora E”, de Rösler (1978), que equivale à Zona *Sphenophyllum paranaense*, de Rohn & Rösler (2000). Já a porção médio-superior da formação, correspondente ao Membro Morro Pelado, teve seu início de deposição, proposto por Rocha-Campos *et al.* (2019), para a idade subsequente, o Wuchiapingiano, mas o tempo do seu término permanece em aberto, sendo matéria de debate. Rocha-Campos *et al.* (2019) admitiram que a unidade poderia, mesmo, estender-se ao limite do Permiano-Triássico (251,902 ±0,024 Ma, segundo Cohen *et al.*, 2013, atualizado). Deste modo, poder-se-ia assumir, de forma geral, uma idade lopingiana para o Membro Morro Pelado, assim como para a porção médio-superior da “Tafoflora E”, de Rösler (1978), e sua equivalente, a Zona de *Schizoneura gondwanensis*, de Rohn & Rösler (2000).

Nas últimas décadas, a estratigrafia e a paleontologia dos depósitos triássicos do RS avançou sobremaneira, de modo que a Formação Santa Maria foi dividida em três pacotes sedimentares, *i.e.* Santa Maria I, II e III (Zerfass *et al.*, 2003), e a relação e o posicionamento cronoestratigráfico das demais unidades, *i.e.* formações Sanga do Cabral e Caturrita, e o “Arenito Mata”, ficaram mais bem compreendidas. Porém, as “idades-réptil”, sugeridas pelas biozonas de vertebrados, careciam de quaisquer outras ferramentas que pudessem confirmar as idades relativas, propostas com base nas correlações bioes-

tratigráficas. Felizmente, surgiram, recentemente, as primeiras datações radiométricas, feitas a partir de zircões detríticos, encontrados em sedimentos de três distintos níveis estratigráficos (dois, na Formação Santa Maria e um, na Caturrita), que permitiram o estabelecimento de idades mínimas para as biozonas de vertebrados (Schultz *et al.*, 2020). Como base nas idades radiométricas, obtidas das rochas, e nas atribuídas às biozonas de vertebrados, é possível indicar um intervalo de tempo entre o Ladiniano tardio e Carniano precoce para o registro da “Flora *Dicroidium*” no RS, já que ela estaria ocorrendo no nível do pacote Santa Maria II (Schultz *et al.*, 2020). Este intervalo está em concordância com a idade assumida nas correlações bioestratigráficas feitas, previamente, com base nas espécies registradas de *Dicroidium* (ver Guerra-Sommer *et al.*, 2000). Já para a “Flora de *Araucarioxylon*”, cuja ocorrência estaria restrita ao “Arenito Mata”, as novas idades sugerem que as madeiras petrificadas de Mata e de São Pedro do Sul foram depositadas durante a última idade do Triássico, ou seja, no Rético (Schultz *et al.*, 2020). Essa idade não coaduna com o proposto, previamente, com base nas plantas fósseis, por causa da presença de *Rhexoxylon*, um táxon associado às plantas do tipo *Dicroidium* (Guerra-Sommer *et al.*, 2000).

A Figura 4 apresenta uma síntese do posicionamento cronoestratigráfico das unidades fitofossilíferas formais e informais para a Bacia do Paraná (já discutida neste texto), em relação aos registros paleozoicos encontrados no RS e em SC.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aparentemente, as mudanças significativas no posicionamento cronoestratigráfico das seções e dos horizontes fitofossilíferos permianos e, consequente-

mente, nas amplitudes estratigráficas dos táxons, trazidas pelas idades radiométricas, obtidas por Griffis *et al.* (2018, 2019), inviabilizam o fitozoneamento de Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993), como originalmente proposto. Há seções e horizontes fitofossilíferos, que, por terem mudado completamente de posição no tempo, não podem mais ser considerados seções-tipo e/ou estratótipos de uma determinada fitozona, pois inverteram sua posição cronoestratigráfica, passando de estratos mais jovens a mais antigos, como é o caso do Afloramento Quitéria, em que se encontram os estratótipos de duas, das três, fitozonas de Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993). Provavelmente, a me-

lhor opção, neste caso, será a construção de um novo esquema fitoestratigráfico para o RS, à luz dos novos dados, observando os novos posicionamentos das seções fitofossilíferas e estabelecendo as novas amplitudes estratigráficas dos táxons, definindo, assim, novas fitozonas e os seus respectivos táxons-guia. Para o Permiano Inferior de SC, intervalo para o qual não há qualquer fitozoneamento proposto nesse estado, as poucas datações radiométricas, obtidas até o momento, não permitem um claro posicionamento cronoestratigráfico das seções e/ou dos horizontes fitofossilíferos. Talvez, a melhor alternativa seja o estabelecimento de correlações fitoestratigráficas com as seções

Geocronologia			Litoestratigrafia		Fitoestratigrafia	
Período	Época	Idade (Ma)			Rösler (1978) SP-RS	Rohn & Rosler (2000) Iannuzzi & Souza (2005)
Permiano	Lopingiano	Changhsingiano 254.14 ± 0.07	?		Taoflora E	Zona <i>S. gondwanensis</i>
		Wuchiapingiano 259.1 ± 0.5	Mb. Morro Pelado		Taoflora D	Zona <i>S. paranaense</i>
		Capitaniano 265.1 ± 0.4	Mb. Serrinha			Zona <i>L. derbyi</i>
	Guadalupiano	Wordiano 268.8 ± 0.5	Fm. Teresina			
		Roadiano 272.95 ± 0.11	Fm. Serra Alta			
		Kunguriano	Fm. Irati		Zona <i>Poly</i> Informal	Flora <i>Poly-Gloss</i>
	Cisuraliano	Artinskiano 283.5 ± 0.6	Fm. Palermo			
		Sakmariano 290.1 ± 0.26	Mb. Siderópolis		Taoflora B/C	Flora <i>Gloss-Bras</i>
		Asseliano 293.52 ± 0.17			Mb. Paraguaiçu Mb. Triunfo	
		Gzheliano 298.9 ± 0.15	Grupo Itararé			
		Carbon			Penn.	
	Gzheliano		Grupo Itararé			

Figura 4 – Posicionamento cronoestratigráfico das unidades fitofossilíferas formais e informais, de acordo com as novas datações radiométricas, obtidas em camadas das unidades fitofossilíferas do Permiano da Bacia do Paraná (Griffis *et al.*, 2018, 2019). Salienta-se que a Taoflora A e sua equivalente, a Flora *Pré-Glossopteris*, não é registrada nos estados do RS e de SC (legenda: Carbon. - Carbonífero; Penn. - Pennsylvaniano; Flora *Phy-Ganga* - Flora *Phyllothea-Gangamopteris*; Flora *Gloss-Bras* - Flora *Glossopteris-Brasilodendron*; Flora *Poly-Gloss* - Flora *Polysolenoxylon-Glossopteris*; Zona *Poly* Informal - Zona *Polysolenoxylon* Informal; Zona *L. derbyi* - Zona *Lycopodiopsis derbyi*; Zona *S. paranaense* - Zona *Sphenophyllum paranaense*; e Zona *S. gondwanensis* - Zona *Schizoneura gondwanensis*).

mais bem posicionadas do RS, a fim de estabelecer um fitozoneamento para os importantes registros paleoflorísticos de SC.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro fornecido na forma de projeto (430096/2016-0) e de bolsa de pesquisa (PQ312747/2017-9).

REFERÊNCIAS

- Carruthers, W. 1869. On the plant remains from the Brazilian coal beds with remarks on the genus *Flemingites*. In: *Geological Magazine*, 6(4): 5-10.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L. & Fan, J. -X. 2013 (atualizado). The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36: 199-204. Disponível em: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/Chronostrat-Chart2020-03.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2020.
- Daemon, R. F. & Quadros, L. P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., 1970, Brasília. *Anais...* Brasília, SBG, p. 359-412.
- Griffis, N. P., Mundil, R., Montañez, I. P., Isbell, J., Fedorchuk, N., Vesely, F., Iannuzzi, R. & Yin, Q-Z. 2018. A new stratigraphic framework built on U-Pb single-zircon TIMS ages and implications for the timing of the penultimate icehouse (Paraná Basin, Brazil). *Geological Society of America Bulletin*, 130: 848-858.
- Griffis, N. P., Montañez, I. P., Mundil, R., Richey, J., Isbell, J., Fedorchuk, N., Linol, B., Iannuzzi, R., Vesely, F., Mottin, T., Da Rosa, E., Keller, B. & Yin, Q-Z. 2019. Coupled stratigraphic and U-Pb zircon age constraints on the late Paleozoic icehouse-to-greenhouse turnover in south-central Gondwana. *Geology*, 47: 1146-1150.
- Guerra-Sommer, M. & Cazzulo-Klepzig, M. 1993. Biostratigraphy of the Southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana Sequence: A Preliminary Paleobotanical Approach. In: INTERNATIONAL CONGRÈS DE LA STRATIGRAPHIE ET GÉOLOGIE DU CARBONIFÈRE ET PERMIEN, 12., 1991, Buenos Aires. *Comptes Rendus...* Buenos Aires, v. 2, p. 61-72.
- Guerra-Sommer, M. & Cazzulo-Klepzig, M. 2000. As Floras Gonduânicas do Paleozóico Superior do Rio Grande do Sul. In: Michael, H. & De Ros, L. F. (Org.). *Paleontologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 67-84.
- Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Bolzon, R. T., Alves, L. S. R. & Iannuzzi, R. 2000. Floras Triássicas do Rio Grande do Sul: Flora *Dicroidium* e Flora *Araucarioxylon*. In: Michael, H. & De Ros, L. F. (Org.). *Paleontologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 85-106.
- Holz, M., França, A. B., Souza, P. A., Iannuzzi, R. & Rohn, R. 2010. A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. *Journal of South American Earth Sciences*, 29: 381-399.
- Iannuzzi, R. & Souza, P. A. 2005. Floral succession in the Lower Permian deposits of the Brazilian Paraná Basin: an up-to-date overview. In: Lucas, S. G. & Zigler, K. E. (Ed.). *The Nonmarine Permian*. Albuquerque, New Mexico Museum of Natural History and Science, p. 144-149. (*New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, n. 30)
- Iannuzzi, R., Souza, P. A., Scherer, C. M. S. & Holz, M. 2007. Plantas fósseis na Bioestratigrafia dos Depósitos Permianos do Rio Grande do Sul. In: Iannuzzi, R. & Frantz, J. C. (Org.). *50 Anos de Geologia. Instituto de Geociências. Contribuições*. Porto Alegre, Comunicação e Identidade, p. 265-281.
- Iannuzzi, R., Souza, P. A. & Holz, M. 2010. Stratigraphic and paleofloristic record of the

- Lower Permian post-glacial succession in the southern Brazilian. *Geological Society of America, Special Paper*, 468: 113-132.
- Jasper, A., Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M. & Menegat, R. 2003. The *Botrychiopsis* genus and its biostratigraphic implications in Southern Paraná Basin. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 75(4): 513-535.
- Jurigan, I., Ricardi-Branco, F., Neregato, R. & Santos, T. J. S. 2019. A new *tonstein* occurrence in the eastern Paraná Basin associated with the Figueira coalfield (Paraná, Brazil): Palynostratigraphy and U-Pb radiometric dating integration. *Journal of South American Earth Sciences*, 96: 1-18.
- Murphy, M. A. & Salvador, A. 1999. International Stratigraphic Guide - An abridged version. *Episodes*, 22: 255-271.
- Rocha-Campos, A. C., Basei, M. A. S., Nutman, A. P., Santos, P. R., Passarelli, C. R., Canile, F. M., Rosa, O. C. R., Fernandes, M. T., Santa Ana, H. & Veroslavsky, G. 2019. U-Pb zircon dating of ash fall deposits from the Paleozoic Paraná Basin of Brazil and Uruguay: a reevaluation of the stratigraphic correlations. *The Journal of Geology*, 127: 167-182.
- Rohn, R. & Rösler, O. 2000. Middle to Upper Permian phytostратigraphy of the eastern Paraná Basin. *Revista Universidade de Guarulhos*, V(n. esp. Geociências): 69-73.
- Rösler, O. 1978. The Brazilian eogondwanic floral succession: *Boletim do Instituto de Geociências USP*, 9: 85-90.
- Santos, R. V., Souza, P. A., Alvarenga, C. J. S., Dantas, E. L., Pimentel, M. M., Oliveira, C. G. & Araujo, L. M. 2006. Shrimp U-Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, 9: 456-463.
- Schultz, C. L., Martinelli, A. G., Soares, M. B., Pinheiro, F. L., Kerber, L., Horn, B. L. D., Pretto, F. A., Muller, R. T. & Melo, T. P. 2020. Triassic faunal successions of the Paraná Basin, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 104: 102846.
- Souza, P. A. 2006. Late Carboniferous palynostratigraphy of the Itararé Subgroup, northeastern Paraná Basin, Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 138: 9-19.
- Tybusch, G. P., Iannuzzi, R., Bernardes-de-Oliveira, M. E. C. & Lopes, R. C. 2016. Reevaluation of the glossopterids from the Lower Permian of Cambaí Grande Outcrop, Paraná Basin, RS. *Geologia USP*, 16: 41-51. (Série Científica)
- Wagner, R. H. 1984. Megafloral Zones of the Carboniferous. In: CONGRÈS INTERNATIONAL DE STRATIGRAPHIE ET DE GÉOLOGIE DU CARBONIFÈRE, 9., 1979, Washington and Champaign-Urbana. *Compte Rendu*. . . Washington and Champaign-Urbana, Southern Illinois University Press, v. 2, p. 109-134.
- Zerfass, H., Lavina, E. L., Schultz, C. L., Garcia, A. J. V., Faccini, U. F. & Chemale Jr., F. 2003. Sequence stratigraphy of continental Triassic strata of Southernmost Brazil: a contribution to Southwestern Gondwana palaeogeography and palaeoclimate. *Sedimentary Geology*, 161: 85-105.
- White, D. 1988. Fossil Flora of the Coal Measures of Brazil. In: White, I. C. (Ed.). *Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Relatório Final*. 2ed. São Paulo, Departamento Nacional de Produção Mineral, p. 558-568.