

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**RECONSTRUÇÃO DA VEGETAÇÃO NOS CAMPOS ARBUSTIVOS DE  
SÃO GABRIEL, RS, DURANTE O HOLOCENO TARDIO:  
INTERPRETAÇÕES PALINOLÓGICAS CALIBRADAS POR MEIO DE  
ANÁLOGOS MODERNOS**

**RENATO BACKES MACEDO**

ORIENTADOR – Prof. Dr. Paulo Alves de Souza  
COORIENTADOR – Prof. Dr. Aldo Raúl Prieto

**Volume I  
(Texto explicativo)**

Porto Alegre – 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**RECONSTRUÇÃO DA VEGETAÇÃO NOS CAMPOS ARBUSTIVOS DE  
SÃO GABRIEL, RS, DURANTE O HOLOCENO TARDIO:  
INTERPRETAÇÕES PALINOLÓGICAS CALIBRADAS POR MEIO DE  
ANÁLOGOS MODERNOS**

RENATO BACKES MACEDO

ORIENTADOR – Prof. Dr. Paulo Alves de Souza  
COORIENTADOR – Prof. Dr. Aldo Raúl Prieto

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. Dr. Marcelo de Araújo Carvalho**  
Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Prof. Dra. Maria Judite Garcia**  
Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

**Prof. Dr. Paulo Eduardo de Oliveira**  
Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

Tese de Doutorado apresentada como  
requisito parcial para a obtenção do  
Título de Doutor em Ciências.

Porto Alegre – 2018

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Reitor:** Rui Vicente Oppermann

**Vice-Reitor:** Jane Fraga Tutikian

## INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Diretor:** André Sampaio Mexias

**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Macedo, Renato Backes

Reconstrução da vegetação nos campos arbustivos de São Gabriel, RS, durante o Holoceno Tardio: interpretações palinológicas calibradas por meio de análogos modernos. / Renato Backes Macedo. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2018.

[2 vols.] il.

Tese (Doutorado).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2018.

Orientador: Paulo Alves de Souza

Coorientador: Aldo Raúl Prieto

1. Palinologia. 2. Reconstrução da vegetação. 3. Campos. 4. Relação entre o pólen e a vegetação atual. 5. Campos arbustivos de São Gabriel. 6. Holoceno Tardio. I. Título.

CDU 561.31

---

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Renata Cristina Grun

CRB 10/1113

Aos meus pais, dedico.

## **Agradecimentos**

Pela ajuda na elaboração desta Tese, sou grato a muitos amigos e colegas. Não tenho como citar todos, mas entre eles estão meus orientadores: Dr. Paulo Alves de Souza e Dr. Aldo Raúl Prieto, que encontraram tempo para ler, criticar e recomendar alterações em cada capítulo deste manuscrito.

Ao Dr. Pedro Joel Silva da Silva Filho, pelo suporte botânico, fundamental para a elaboração do capítulo II. Neste contexto, agradeço também ao Dr. Sérgio A. L. Bordignon e aos demais colegas do Laboratório de Estudos em Vegetação Campestre da UFRGS, em especial à Dra. Ilsi Iob Boldrini; ao Dr. Gerhard E. Overbeck, à Dra. Bianca Ott Andrade e à doutoranda Mariana de Souza Vieira pelas recomendações nas análises estatísticas.

Ao Dr. Paulo César Pereira das Neves, amigo de longa data, por compartilhar seus conhecimentos palinológicos e geológicos com simplicidade. À Dra. Dominique Mourelle, pelos valiosos esclarecimentos palinológicos e florísticos dos Campos uruguaios.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Palinologia: Dr. Rodrigo Rodrigues Cancelli, pela ajuda na coleta das sequências fósseis e pelo apoio nos momentos mais difíceis desta pesquisa; à doutoranda Lidia Aumond Kuhn, pela ampliação da Palinoteca de Referência, pelo auxílio na preparação físico-química das subamostras fósseis e pelos debates geográficos enriquecedores, em companhia do doutorando Wagner Guimarães da Silva. Agradeço também à Dra. Cristina Moreira Felix e à Dra. Daiana Rockenbach Boardman, pela revisão dos capítulos introdutórios. À Dra. Omaira Rosa Sierra Arango, pela revisão dos termos ecológicos, principalmente. Ao Dr. Eduardo Premaor, pelo auxílio na classificação de alguns esporos de fungos, apresentados em volume a parte.

Ressalto também algumas instituições que financiaram parte desta pesquisa e/ou contribuíram para aperfeiçoar minha formação acadêmica. Neste sentido, manifesto meus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado e auxílio de taxa de bancada (processo 141193/2010-7); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo financiamento parcial dos materiais de custeio e de capital (processo 101211-9); à Pró-reitora de Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PROPESQ/UFRGS), pela concessão de verba que viabilizou o meu aperfeiçoamento acadêmico na Argentina (Laboratório de Paleoecología y Palinología da Universidad Nacional de Mar del Plata) através do edital 001/2012; ao projeto Past Global Changes (PAGES) e ao Instituto de

Ecología y Biodiversidad – Universidad de Chile (IEB – Chile), que financiaram minha participação no primeiro workshop sobre base de dados paleoecológicos na América do Sul, realizado na cidade de Olmué, Chile. Neste último, agradeço aos Drs. Claudio Latorre, Patricio I. Moreno e Eric C. Grimm. E, finalmente, mas não menos importante, eu agradeço ao PPGGEO/UFRGS por aprimorar constantemente minha formação acadêmica, por meio da excelente estrutura curricular (incluindo disciplinas com temas especiais), bem como pela infraestrutura ofertada e pela primazia do quadro docente.

Ao Dr. Marcelo de Araújo Carvalho, à Dra. Maria Judite Garcia e ao Dr. Paulo Eduardo de Oliveira e pelo aceite em compor a banca examinadora desta Tese como titulares.

Finalmente, e acima de tudo, eu agradeço à minha família pelo constante incentivo, em especial aos meus pais, Vera Luci Backes e Fernando Silveira Macedo; a minha esposa, Flávia Diniz da Silva e ao meu filho Raul, que mesmo sem entender a dimensão disso tudo (por ser um bebê) sua ajuda foi fundamental, pois nele encontrei a força necessária para o término deste documento!

## Resumo

Com o objetivo de reconstruir a história da vegetação nos campos arbustivos de São Gabriel, Rio Grande do Sul (RS), durante o Holoceno Tardio, a partir de análises palinológicas, foram selecionadas duas sequências sedimentares nas cabeceiras do Arroio do Salso: CAS-1 (30°34'57,40" S; 54°01'08,45" O) e CAS-2 (30°34'32,64" S; 53°59'39,96" O). Os conjuntos polínicos fósseis foram interpretados por meio de análogos modernos (relação entre o pólen e a vegetação atual), em escala local, a fim de aumentar a fidelidade dessas reconstruções. Os resultados permitiram avaliar os câmbios da vegetação nesses campos arbustivos desde 3.900 anos cal. A.P. Entre *ca.* 3.900 e 2.000 anos cal. A.P. os campos já eram dominantes na paisagem local, porém a estrutura das comunidades arbóreo-arbustivas (matas de galeria e capões de mato) era distinta da moderna, possivelmente menos densa. Este cenário se estendeu entre *ca.* 2.000 e 1.000 anos cal. A.P., mas neste momento os conjuntos polínicos fósseis mostraram-se análogos aos campos rupestres e secos atuais. Nos últimos 1.000 anos cal. A.P. houve um balanço hídrico positivo nesta zona de cabeceiras, já que a calibração das associações polínicas fósseis se tornou análoga aos campos úmidos e brejosos. Embora não evidenciada uma analogia entre os conjuntos polínicos fósseis com as comunidades das matas de galeria e dos capões de mato, existem indícios da expansão dos táxons arbóreo-arbustivos mesófilos-subxerófilos nesses campos arbustivos desde *ca.* 1.000 anos cal. A.P., inferidos com base na dispersão polínica moderna. Estes representantes arbóreo-arbustivos se desenvolveram progressivamente nesta localidade até atingir a fitofisionomia atual, em torno de 200 anos cal. A.P. Este câmbio na vegetação iniciado em torno de 1.000 anos cal. A.P. ocorreu em resposta às condições de maior umidade nesta zona de cabeceiras, que corresponde aproximadamente às maiores precipitações assinaladas para a região dos Campos. Esta Tese é pioneira nesse tema para os Campos do RS, tendo em vista o uso de análogos modernos para a interpretação das associações palinológicas fósseis.

**Palavras-chave:** Palinologia; Campos; Campos arbustivos; Holoceno; São Gabriel.

**Abstract**

*In order to reconstruct the vegetation history in the campos arbustivos of São Gabriel, Rio Grande do Sul (RS), during the Late Holocene, two sedimentary sequences were selected from the headwaters of the Arroio do Salso: CAS-1 (30°34'57.40" S; 54°01'08.45" W) and CAS-2 (30°34'32.64" S; 53°59'39.96" W). Fossil pollen assemblages were interpreted by means of modern analogues (relationship between pollen and current vegetation), in a local scale, aiming to increase the fidelity of these reconstructions. The results allowed to evaluate the changes of vegetation in these shrub fields from 3,900 cal. years B.P. Between ca. 3,900 and 2,000 years cal. B.P. grasslands were already dominant in the local landscape, but the structure of the arboreal-shrub communities (gallery forests and capões de mato) was distinct from the modern, possibly less densely. This scenario extended between 2,000 and 1,000 cal. years B.P., but at this time the fossil pollen assemblages were analogous to the present dry and rocky grasslands. In the last 1,000 cal. years B.P. there was a positive water balance in this zone of headwaters, since the calibration of the fossil pollen associations became analogous to the humid and swampy grasslands. Although there is no evidence of an analogy between the pollen fossil assemblages with gallery forest and capões de mato communities, there are indications of the expansion of the mesophilic-subxerophilic arboreal-shrub taxa in these campos arbustivos for 1,000 cal. years B.P., inferred based on the modern pollen dispersion. These arboreal-shrub representatives have developed progressively in this locality until reaching the current phytophysiology, around 200 cal. years B.P. This change in vegetation started around ca. 1,000 cal. years B.P. occurred in response to the conditions of higher humidity in this zone of headwaters, which corresponds, approximately, to the greater precipitations marked to the Campos region. This thesis is a pioneer in this theme for the Campos of RS, considering the use of modern analogues for the interpretation of fossil palynological associations.*

**Keywords:** *Palynology; Grasslands; Campos arbustivos; Holocene; São Gabriel.*



## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Área de cobertura das FCRP, mostrando as regiões: Campos e Pampas; Campos do norte e Campos do sul; as múltiplas unidades fitofisionômicas dos Campos do RS; e a localização das amostras polínicas atuais e fósseis (modificado de Mourelle <i>et al.</i> , 2018). Referências dos sítios polínicos fósseis são especificadas na Tabela 1.....	5
<b>Figura 2.</b> Aspectos fisionômicos dos campos arbustivos de São Gabriel, RS (modificado de Silva-Filho <i>et al.</i> , 2017).....	15
<b>Figura 3.</b> Comunidades dos campos arbustivos de São Gabriel, RS. A) Matas de galeria. B) Capões de mato. C) Campo rupestre. D) Campo seco. E) Campo úmido. F) Campo brejoso. Notar seta em 3F que sinaliza o ambiente respectivo. ....	16
<b>Figura 4.</b> PCoA da vegetação campestre. As siglas representam os táxons, cujas abreviaturas são especificadas na tabela 8.....	45
<b>Figura 5.</b> PCoA dos campos rupestres e secos. As siglas representam os táxons, cujas abreviaturas são especificadas na tabela 8. ....	46
<b>Figura 6.</b> Diagrama palinológico de porcentagem das 28 subamostras polínicas de superfície. As subamostras, correspondentes as diferentes comunidades florísticas foram ordenadas <i>a priori</i> no diagrama. Notar diagrama de porcentagem resumido dos grupos e as proporções dos táxons quanto à síndrome de polinização predominante. ....	48
<b>Figura 7.</b> Diagrama polínico de porcentagem com o resultado da análise de agrupamento ( <i>unconstrained</i> ) dos conjuntos polínicos atuais.....	50
<b>Figura 8.</b> PCoA das subamostras polínicas de superfície. ....	52
<b>Figura 9.</b> PCoA das subamostras polínicas de superfície das comunidades campestres. ....	53
<b>Figura 10.</b> Diagrama polínico de porcentagem e análise de agrupamento sem CYPERACEAE, APIACEAE e CYCLOSPERMUM.....	54
<b>Figura 11.</b> Comparação entre a representação polínica atual e a estrutura florística nos campos rupestres. Notar diferentes escalas de porcentagem em 11A e 11B. Os táxons são apresentados em ordem decrescente por meio dos índices de valor de importância das plantas. ....	57
<b>Figura 12.</b> Comparação entre a representação polínica atual e a estrutura florística nos campos secos. Notar diferentes escalas de porcentagem em 12A e 12B. Os táxons são apresentados em ordem decrescente por meio dos índices de valor de importância das plantas. ....	58
<b>Figura 13.</b> Comparação entre a representação polínica atual e a estrutura florística nas formações arbóreas. Notar diferentes escalas de porcentagem em 13A e 13B. Os táxons são apresentados em ordem decrescente por meio dos índices de valor de importância das plantas. ....	59
<b>Figura 14.</b> Comparação entre a representação polínica atual e a estrutura florística nos campos úmidos + brejosos. Notar diferentes escalas de porcentagem em 14A e 14B. Os táxons são apresentados em ordem decrescente por meio dos índices de valor de importância das plantas. ....	60
<b>Figura 15.</b> Geocronologia das seções CAS-1 e CAS-2 e unidades sedimentares.....	75
<b>Figura 16.</b> Diagrama palinológico de porcentagem da sequência CAS-1, incluindo: o modelo de idades, a análise de agrupamento (* variáveis incluídas nesta análise) e a caracterização das zonas e subzonas polínicas. Notar as distintas escalas de exagero (em verde) nos representantes arbóreo-arbustivos + hemiparasita. Pólen regional se refere às plantas de outras formações florestais do RS. Os táxons foram plotados em ordem alfabética dentro dos grupos. ....	78
<b>Figura 17.</b> Diagrama palinológico de porcentagem e de concentração resumida dos grupos. Notar, em cor cinza, a escala de exagero (5x) em subarbustos.....	79
<b>Figura 18.</b> Diagrama palinológico de porcentagem da sequência CAS-2, incluindo: o modelo de idades, a análise de agrupamento (* variáveis incluídas nesta análise) e a caracterização das zonas e subzonas polínicas. Pólen regional se refere às plantas de outras formações florestais do RS. Os táxons foram plotados em ordem alfabética dentro dos grupos. ....	81
<b>Figura 19.</b> Diagrama palinológico de porcentagem e de concentração resumida dos grupos. Notar, em cor cinza, a escala de exagero (15x) em subarbustos.....	82

<b>Figura 20.</b> Deterioração de alguns palinomorfos preservados nas subamostras estéreis de CAS-1 (121–125 cm) e CAS-2 (33–115 cm). A–B) LATHYRUS. C) ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE. D) SEBASTIANA. E) Esporo trilete. F–G) Esporos. ....	83
<b>Figura 21.</b> PCoA da sequência CAS-1 com as subamostras de superfície. A) Com todas as subamostras atuais. B) Incluindo apenas as subamostras de superfície das comunidades campestres e os táxons concernentes às mesmas (aplicado também nos conjuntos polínicos fósseis).....	84
<b>Figura 22.</b> PCoA da sequência CAS-2 com as subamostras de superfície. A) Com todas as subamostras atuais. B) Incluindo apenas as subamostras de superfície das comunidades campestres e os táxons concernentes às mesmas (aplicado também nos conjuntos polínicos fósseis).....	85
<b>Figura 23.</b> Comparação da evolução fitofisionômica dos campos arbustivos de São Gabriel (CAS-1 e CAS-2) com o desenvolvimento da vegetação regional dos Campos no Holoceno Tardio, modificado de Mourelle <i>et al.</i> (2018). Abreviaturas: DFC = Domínio das formações campestres; MG = Matas de galeria; Ex. MG = Expansão das matas de galeria; ↑ Riq. MG = Aumento da riqueza dos elementos das matas de galeria; MR = Matas de restinga; Ex. E. Arb. = Expansão dos elementos arbóreo-arbustivos; CR = Campo rupestre; CS = Campo seco; CU = Campo úmido; CB = Campo brejoso; Ban = Banhados; Ex. Pan = Expansão dos pântanos; Cpsa = Comunidades psamófilas; Chal = Comunidades halófitas; PJA = <i>Pajonales</i> ; Hum = <i>Humedales</i> ; Hid = Formações hidrófitas; BAnS = Banhado salino; MatP = <i>Matorrales</i> psamófilos. Informações adicionais na tabela 1. ....	95

## Lista de tabelas

<b>Tabela 1.</b> Sequências polínicas fósseis na região dos Campos. ....	6
<b>Tabela 2.</b> Georreferenciamento das subamostras avaliadas no censo quantitativo da vegetação campestre. Abreviaturas: CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso. <i>Datum</i> WGS84. ....	18
<b>Tabela 3.</b> Escalas dos valores de cobertura relativa utilizadas no censo quantitativo da vegetação campestre, modificado de Braun-Blanquet (1979). ....	19
<b>Tabela 4.</b> Georreferenciamento das subamostras avaliadas no censo quantitativo da vegetação arbórea. Abreviaturas: MGv = matas de galeria; CMv = capões de mata. <i>Datum</i> WGS84. ....	20
<b>Tabela 5.</b> Georreferenciamento das amostras polínicas de superfície. Abreviaturas: CR = campo rupestre; CS = campo seco; CU = campo úmido; CB = campo brejoso; MG = matas de galeria; CM = capões de mata. <i>Datum</i> WGS84. ....	21
<b>Tabela 6.</b> Levantamento florístico com informações de hábitat (CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso; MGv = matas de galeria; CMv = capões de mata), origem (EN = espécie nativa; ENat = espécie naturalizada; EEC = espécie exótica casual) e hábito. A sigla “F” indica os táxons incluídos no censo fitossociológico. Adicionalmente, na última coluna, se apresenta a taxonomia botânica ajustada à palinológica. ....	33
<b>Tabela 7.</b> Índices de valor de importância, em ordem decrescente, para cada espécie registrada nas diferentes comunidades dos campos arbustivos de São Gabriel, RS. Informações detalhadas sobre os demais parâmetros fitossociológicos são apresentadas no volume II – anexos III, IV e V. ....	44
<b>Tabela 8.</b> Abreviatura das espécies citadas nas ordenações de PCoA da vegetação campestre (Figs. 4–5). ....	47
<b>Tabela 9.</b> Classificação dos táxons polínicos quanto à síndrome de polinização predominante (A = Anemófilos; Z = Zoófilos). Na última coluna são informadas as referências bibliográficas utilizadas para tal classificação, considerando-se o conhecimento da flora local. ....	49
<b>Tabela 10.</b> Síntese dos táxons polínicos que definem os grupos e os subgrupos dos conjuntos polínicos atuais nas distintas comunidades de vegetação nos campos arbustivos de São Gabriel, RS. ....	55
<b>Tabela 11.</b> Datações radiocarbônicas obtidas no CAIS ( <i>Center for Applied Isotope Studies</i> ), da Universidade da Geórgia, Estados Unidos da América, com as respectivas idades calibradas e as variações da razão isotópica $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ . ....	76

## Sumário

<b>Agradecimentos</b> .....	i
<b>Resumo</b> .....	iii
<b>Abstract</b> .....	iv
<b>Lista de figuras</b> .....	v
<b>Lista de tabelas</b> .....	vii
<b>Apresentação</b> .....	ix
<b>Capítulo I. Introdução</b> .....	1
I.1 Características principais da vegetação nas Formações Campestres do <i>Río de la Plata</i> .....	2
I.2 Estado da arte .....	4
I.2.1 Relação entre o pólen e a vegetação atual na região dos Campos .....	4
I.2.2 História da vegetação durante o Quaternário tardio nos Campos .....	6
I.3 Problemáticas e justificativas .....	8
I.4 Hipóteses .....	10
I.5 Objetivo e estratégias de desenvolvimento .....	11
I.5.1 Objetivo .....	11
I.5.2 Estratégias de desenvolvimento.....	11
I.6 Localização e aspectos fisiográficos da área estudada .....	12
I.7 Materiais e métodos.....	17
I.7.1 Vegetação .....	17
I.7.2 Palinologia .....	21
<b>Capítulo II. Análogos modernos (relação entre o pólen e a vegetação atual)</b> .....	31
II.1 Resultados .....	32
II.1.1 Vegetação .....	32
II.1.2 Palinologia.....	48
II.1.3 Representação polínica atual <i>versus</i> estrutura da vegetação .....	57
II.2 Discussões.....	61
II.2.1 Vegetação .....	61
II.2.2 Palinologia.....	63
II.2.3 Representação polínica atual <i>versus</i> estrutura da vegetação .....	65
II.3 Conclusões .....	71
<b>Capítulo III. Reconstrução da vegetação</b> .....	74
III.1 Resultados.....	75
III.1.1 Geocronologia e descrição palinológica das sequências CAS-1 e CAS-2 .....	75
III.1.2 Calibração conjuntos polínicos fósseis por meio dos análogos modernos .....	83
III.2 Discussões .....	86
III.2.1 Entre <i>ca.</i> 3.900 e 2.000 anos cal. A.P.....	86
III.2.2 Entre <i>ca.</i> 2.000 e 1.000 anos cal. A.P.....	87
III.2.3 Entre <i>ca.</i> 1.000 anos cal. A.P. - Recente .....	88
III.3 Conclusões.....	90
<b>Capítulo IV. Comparação regional da evolução fitofisionômica dos campos arbustivos de São Gabriel com afins adjacentes</b> .....	91
<b>Capítulo V. Considerações finais e perspectivas</b> .....	96
<b>Referências bibliográficas</b> .....	99

## **Apresentação**

Esta Tese, submetida ao PPGGEO/UFRGS para obtenção do título de Doutor em Ciências, foi realizada no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo desta instituição (LPMMT/IG/UFRGS), com a colaboração do Laboratório de Paleoecología y Palinología da Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. A estrutura geral foi elaborada em forma monográfica em dois volumes, organizada nos seguintes capítulos e conteúdo:

### **Volume I (texto explicativo)**

#### **Capítulo I. Introdução**

Características principais da vegetação nas Formações Campestres do *Río de la Plata* (FCRP), bem como o estado da arte no tema da pesquisa; problemáticas e justificativas; hipóteses; objetivo principal; estratégias de desenvolvimento; localização e aspectos fisiográficos da área estudada; materiais e métodos.

#### **Capítulo II. Análogos modernos (relação entre o pólen e a vegetação atual)**

Relação entre o pólen e a vegetação atual nos campos arbustivos de São Gabriel, Rio Grande do Sul (RS); resultados; discussões; conclusões relacionadas.

#### **Capítulo III. Reconstrução da vegetação**

Reconstrução da vegetação nos campos arbustivos de São Gabriel, RS, durante o Holoceno Tardio; estudo da relação entre o pólen e a vegetação atual como análogo moderno para a interpretação dos conjuntos polínicos fósseis; resultados; discussões; conclusões relacionadas.

#### **Capítulo IV. Comparação regional da evolução fitofisionômica dos campos arbustivos de São Gabriel com afins adjacentes**

#### **Capítulo V. Considerações finais e perspectivas**

#### **Referências bibliográficas**

### **Volume II (anexos)**

Artigos completos publicados e/ou submetidos a periódicos científicos especializados (concernentes à Tese), entre outras informações relevantes citadas no volume I.

## **Capítulo I. Introdução**

## I.1 Características principais da vegetação nas Formações Campestres do *Río de la Plata*

Os pastizais ou formações campestres representam um dos biomas terrestres naturais que, em escala global, abrangem uma área estimada de 39 milhões de km<sup>2</sup>, equivalente a 1/4 da superfície continental (Constanza *et al.*, 1997). As formações campestres do *Río de la Plata* (FCRP) se estendem entre 28° e 38° de latitude Sul (Soriano, 1991) e cobrem uma área em torno de 750.000 km<sup>2</sup> (Bilenca & Miñarro, 2004) nas planícies centro-leste e nordeste da Argentina, Uruguai e nas terras baixas do sul do Brasil (Fig. 1). Para Burkart (1975) é uma das áreas com a maior riqueza de gramíneas (Poaceae) em nível mundial, cuja lista atual revela a existência de 648 espécies desta família (Andrade *et al.*, submetido).

Apesar da fitofisionomia aparentemente uniforme, as FCRP têm sido caracterizadas em duas regiões: Campos e Pampas (Burkart, 1975; Soriano, 1991) (Fig. 1). Nos Campos, além da maior riqueza e cobertura de espécies arbóreo-arbustivas, predominam as gramíneas megatérmicas ou estivais (*i.e.* aquelas com metabolismo fotossintético C<sub>4</sub>), sobressaindo os gêneros *Andropogon*, *Aristida*, *Axonopus*, *Paspalum* e *Schizachyrium*. Já nos Pampas, além da atenuação dos táxons arbóreo-arbustivos, são mais frequentes as gramíneas microtérmicas ou hibernais (*i.e.* aquelas com metabolismo fotossintético C<sub>3</sub>), especialmente dos gêneros *Briza*, *Piptochaetium* e *Stipa* (Burkart, 1975; León, 1991). Estas diferenças resultam da maior proximidade dos Campos à latitude 30° Sul, cujo paralelo representa um ecótono entre as floras tropical e temperada (Burkart, 1975; Soriano, 1991; Olson *et al.*, 2001; Porto, 2006). Dessa forma, muitas espécies arbóreo-arbustivas e de gramíneas C<sub>4</sub> tem o seu limite máximo de expansão na porção meridional dos Campos e, portanto, não avançam para os Pampas (Brussa & Grela, 2007; Haretche *et al.*, 2012; Mourelle & Prieto, 2012). Não obstante, convêm salientar que nos Campos há também uma redução gradual da riqueza específica dos táxons arbóreo-arbustivos e das gramíneas C<sub>4</sub> de norte a sul, marcando outras duas regiões: Campos do norte e Campos do sul (León, 1991) (Fig. 1).

Cabe ressaltar que, segundo o atual sistema de classificação dos biomas brasileiros, os Campos do RS são denominados como “Pampa” (IBGE, 2004), terminologia controversa porque causa confusão com a região dos Pampas argentinos (Ab’Sáber, 2005; Overbeck *et al.*, 2007). Além do mais, no Brasil, o termo “campos” é comumente utilizado para indicar outras formações campestres que desenvolvem nos biomas Mata Atlântica (campos *versus* matas com *Araucaria angustifolia*) e Cerrado. Assim, o termo “Campos” nesta Tese se refere estritamente às FCRP (Fig. 1), havendo conformidade com a literatura internacional.

Recentemente, Boldrini (2009), Boldrini *et al.* (2010) e Hasenack *et al.* (2010) definiram múltiplos sistemas ecológicos, ou unidades fitofisionômicas, para os Campos do RS (Fig. 1) com base nas variações da estrutura florística e das características do meio abiótico (geologia, geomorfologia e pedologia). Uma delas se refere aos Campos arbustivos, cuja vegetação é o escopo desta Tese. Nesta unidade há uma ampla cobertura de espécies arbóreo-arbustivas de pequeno porte e de subarbustos, denotando um “campo sujo”. Por sua vez, distintas comunidades locais têm sido reconhecidas nesses Campos arbustivos. Assim, nos litossolos se desenvolvem os campos rupestres; nos solos bem drenados, os campos secos; nos solos imperfeitamente drenados, os campos úmidos; e nos solos mal drenados, os campos brejosos (Setubal & Boldrini, 2012; Silva-Filho *et al.*, 2017).

Entretanto, apesar da ampla riqueza específica de angiospermas campestres nas FCPR, o uso da terra tem modificado progressivamente a estrutura florística nos Campos e Pampas desde a colonização europeia (início do século XVI). Recentemente, isto tem sido intensificado, sobretudo, pelo desenvolvimento exacerbado da agricultura e das silviculturas de *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp. e *Acacia* spp. (Gautreau, 2014; Modernel *et al.*, 2016), comprometendo a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos (Overbeck *et al.*, 2007, 2015; Veldman *et al.*, 2015a,b). Segundo Hasenack *et al.* (2007), no início deste século somente 25% dos Campos estavam preservados no RS, porém muitos destes remanescentes já foram suprimidos e convertidos para novas áreas de agricultura e silvicultura (Andrade *et al.*, 2015). Atualmente, restam ainda valiosas áreas nos Campos e Pampas onde a vegetação se encontra pouco alterada e que deveriam ser preservadas (Bilenca & Miñarro, 2004), tais como os Campos arbustivos, em que 70% da matriz campestre estão relativamente conservadas (Andrade *et al.*, 2015). Portanto, estas áreas são potencialmente favoráveis para se realizar estudos sobre a relação entre o pólen e a vegetação atual, bem como para se coletar sequências polínicas fósseis.

Embora o entendimento da dinâmica da paisagem seja fundamental para as iniciativas de proteção das FCRP, pouco ainda se conhece sobre a vegetação pretérita deste ecossistema e as razões de sua biodiversidade. Neste contexto, os estudos palinológicos têm contribuído para elucidar a evolução fitofisionômica nos Campos durante os últimos milênios (Mourelle *et al.*, 2018) (volume II – anexo I).



## I.2 Estado da arte

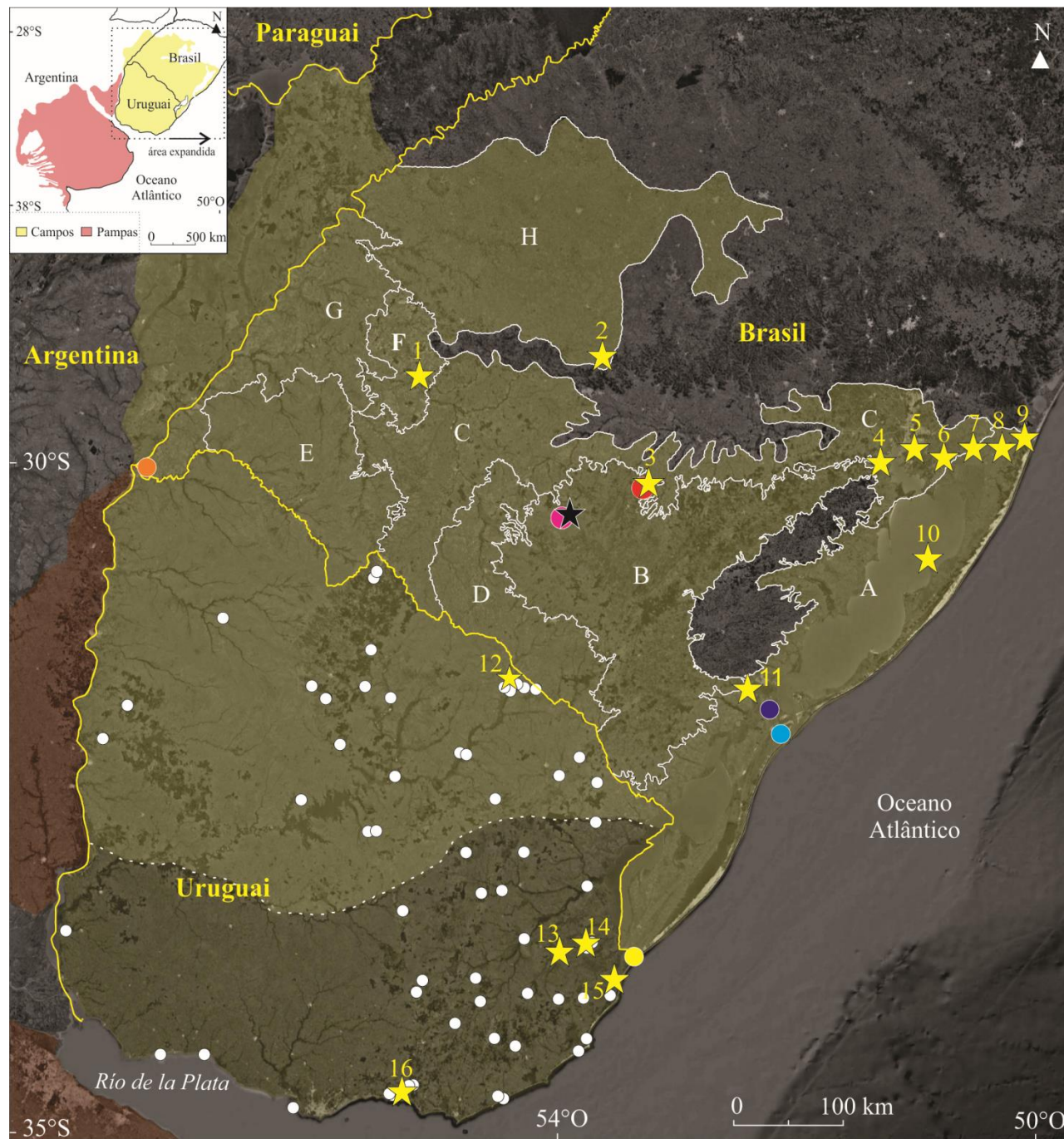
### I.2.1 Relação entre o pólen e a vegetação atual na região dos Campos

Nos Campos dispõe-se de um modelo de análogo moderno (pólen e vegetação atual), em escala regional, realizado em território uruguaio (Mourelle & Prieto, 2012, 2016) (Fig. 1), o qual permitiu classificar as principais comunidades florísticas por meio de subamostras polínicas de superfície e que tem sido usado para calibrar os conjuntos polínicos fósseis em seções quaternárias desta região (Mourelle *et al.*, 2015a,b; Mourelle *et al.*, 2017).

Por outro lado, nos Campos do RS estes estudos estão limitados, em escala local, a poucas unidades fitofisionômicas, a saber: nos Campos litorâneos (Medeanic, 2004; 2006; Medeanic *et al.*, 2016); nos Campos com espinilho (Evaldt *et al.*, 2014); nos Campos arbustivos, em fragmentos com *Araucaria angustifolia* (Evaldt *et al.*, 2018) (Fig. 1). Em termos gerais, os conjuntos polínicos mostraram correspondência com tais unidades fitofisionômicas. Entretanto, os mesmos apresentam muitas deficiências metodológicas: 1) nos Campos litorâneos, as frequências relativas dos táxons polínicos em várias subamostras foram estabelecidas por meio de uma soma polínica < 100 grãos. Ademais, as proporções dos táxons polínicos concernentes à flora campestre estão distorcidas, uma vez que foram calculadas através de uma soma total que incluiu os palinómorfs não polínicos (*e.g.* algas e fungos), além dos táxons arbóreos e dos elementos exóticos (inclusive os extrarregionais). Portanto, a informação obtida entre o pólen e a fitossociologia nos Campos litorâneos não resulta comparável; 2) nos Campos com espinilho e 3) nos Campos arbustivos em fragmentos com *Araucaria angustifolia*, não está claro a distinção estatística das comunidades locais através dos conjuntos polínicos, porque ao que tudo indica os autores usaram uma análise de agrupamento com controle estratigráfico, quando não deveriam ter utilizado este método.

Assim, as diferentes unidades fitofisionômicas dos Campos do RS são mantidas nesta Tese apenas com o objetivo de localizar em quais delas foram realizados os estudos polínicos atuais e fósseis. Como supracitado, os estudos sobre a relação entre o pólen e a vegetação neste território são escassos e, portanto, não foi possível ainda demonstrar se estas unidades se distinguem por meio das associações polínicas.

Destaca-se que nos Campos do Uruguai, não foi possível separar por meio dos conjuntos polínicos os Campos do norte dos Campos do sul (Mourelle & Prieto, 2012, 2016); e tampouco os Pampas dos Campos (Schüler & Behling, 2011).



**Figura 1.** Área de cobertura das FCRP, mostrando as regiões: Campos e Pampas; Campos do norte e Campos do sul; as múltiplas unidades fitofisionômicas dos Campos do RS; e a localização das amostras polínicas atuais e fósseis (modificado de Mourelle *et al.*, 2018). Referências dos sítios polínicos fósseis são especificadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Sequências polínicas fósseis na região dos Campos.

Sítios*	Nomes	Localização: Lat. (S); Long (O)	Referências
<b>Campos do norte</b>			
1	São Francisco de Assis	29° 35'; 55° 13'	Behling <i>et al.</i> (2005)
2	São Martinho da Serra	29° 27'; 53° 41'	Bauermann <i>et al.</i> (2008)
3	Caçapava do Sul	30° 20'; 53° 18'	Behling <i>et al.</i> (2016)
4	Guaíba	30° 11'; 51° 22'	Neves (1998)
5	Morro Santana	30° 04'; 51° 06'	Behling <i>et al.</i> (2007)
6	Águas Claras	30° 05'; 50° 51'	Bauermann (2003)
7	Barrocas	30° 02'; 50° 36'	Bauermann (2003)
8	Passinhos	30° 02'; 50° 23'	Macedo <i>et al.</i> (2007)
9	Laguna de Tramandaí	29° 57'; 50° 10'	Lorscheitter & Dillenburger (1998)
10	Laguna dos Patos	30° 50'; 50° 59'	Cordeiro & Lorscheitter (1994)
11	Capão do Leão	31° 48'; 52° 25'	Neves (1998)
12	Laguna Formosa	31° 48'; 54° 28'	Mourelle <i>et al.</i> (2017)
<b>Campos do sul</b>			
13	India Muerta	33° 42'; 53° 57'	Iriarte (2006)
14	Rincón Bravo	33° 40'; 53° 49'	Mourelle <i>et al.</i> (2015a)
15	Laguna Negra	33° 56'; 53° 33'	García-Rodríguez <i>et al.</i> (2010)
16	Arroyo Solís Grande	34° 45'; 55° 25'	Mourelle <i>et al.</i> (2015b)

\* Sítios plotados a partir das áreas continentais mais interiorizadas dos Campos do norte para os Campos do sul.

### I.2.2 História da vegetação durante o Quaternário tardio nos Campos

Os estudos palinológicos fósseis nos Campos do RS em seções quaternárias são relativamente numerosos, porém se concentram nos Campos litorâneos (Fig. 1); nas demais unidades fitofisionômicas os mesmos são ainda escassos, assim como no território uruguaio. Uma síntese com o estado da arte neste tema foi recentemente submetida à Publicação Eletrônica da Associação Palinológica Argentina (Mourelle *et al.*, 2018). Portanto, faz-se aqui um resumo deste trabalho, cujas informações adicionais podem ser consultadas no volume II – anexo I.

Em termos gerais, as sequências polínicas fósseis estudadas coincidem que as formações campestres foram dominantes nos Campos do RS e do Uruguai desde o Pleistoceno Tardio, embora faltem estudos da relação entre o pólen e a vegetação atual para definir a que comunidades campestres correspondem estes registros no RS. Todavia, para esta época foi constatado o desenvolvimento dos táxons arbóreo-arbustivos nos Campos do norte (sítios 1, 4, 7, 12, 14), não somente com indivíduos isolados, mas como comunidades arbóreas próximas aos ambientes de água doce (sítio 12).

Durante o Holoceno Inicial e Médio, as comunidades halófitas constituíam a vegetação campestre litorânea, devido à maior influência salina ocasionada pelo aumento relativo do nível do mar (sítios 9, 10, 11, 15, 16). No entanto, também se observou o desenvolvimento de comunidades halófitas no interior, onde não existem análogos modernos (sítio 13). Esta área não foi alcançada pelo mar durante a fase transgressiva e, portanto, essas comunidades são relacionadas a condições climáticas mais secas entre 7.450 e 4.400 cal. anos A.P. (Iriarte, 2006). Esta interpretação é consistente com as condições secas que teriam se estendido até 5.500 anos cal. A.P. para os Campos do norte (sítios 1 e 4), bem como em áreas adjacentes (Leal & Lorscheitter, 2007), e nos campos de altitude (Roth & Lorscheitter, 1993; Behling, 1995, 1997; Behling *et al.*, 2001; Leonhardt & Lorscheitter, 2010; Scherer & Lorscheitter, 2014). Na região litorânea dos Campos do norte, os banhos de água doce foram gradualmente estabelecidos para o sul, 5.500 cal. anos A.P. (sítio 9), 4.500 cal. anos A.P. (sítio 10) e 4.100 cal. anos A.P. (sítio 11), concomitante com a expansão progressiva de uma floresta composta por elementos da "Floresta Ombrófila Densa" e da "Floresta Estacional" ao sul (sítios 6, 10, 11) e a oeste (sítio 4) (Fig. 1). Além disso, os banhos salinos (sítio 16) e as comunidades hidrofílicas (sítio 15) começaram a se desenvolver na área costeira dos Campos do sul. Isso reflete a diminuição da influência marinha em relação ao declínio do nível do mar em torno de 5.500 anos cal. A.P. (Cordeiro & Lorscheitter, 1994, Lorscheitter & Dillenburg, 1998, Neves, 1998, Mourelle *et al.*, 2015b). Por outro lado, a riqueza dos elementos lenhosos nos Campos do norte teria aumentado (sítios 4, 6, 7, 12), assim como a presença das matas de galeria (sítios 1, 12).

Posteriormente, no Holoceno Tardio, os táxons arbóreo-arbustivos representados por elementos da "Floresta Ombrófila Densa" e da "Floresta Estacional" continuaram sua expansão nas planícies costeiras dos campos de RS e em áreas adjacentes (sítios 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11) e as comunidades hidrofílicas foram estabelecidas em corpos de água protegidos da ação direta do mar, por meio de barras de areia (sítios 10, 11). Nos Campos do norte houve um aumento na riqueza e/ou das proporções dos táxons arbóreo-arbustivos (sítios 2, 12), enquanto nos Campos do sul, se desenvolveram os ambientes de marismas de água doce (sítio 14) com disponibilidade hídrica variável. Os registros polínicos de *Araucaria angustifolia* nos Campos do norte em aproximadamente 500 anos cal. A.P. podem refletir a presença de indivíduos ou mesmo de pequenas populações desta espécie (sítios 3, 12).

Cabe informar que os conjuntos polínicos fósseis analisados por Evaldt *et al.* (2014) nos Campos com espinilho não foram considerados nesta Tese, pois as poucas amostras férteis não são contínuas naquele afloramento, o que dificulta a interpretação paleoecologia.

### I.3 Problemáticas e justificativas

Embora a palinologia seja a principal técnica para reconstrução da vegetação no Quaternário tardio ( $10^2$ – $10^5$  anos A.P.) (Seppä, 2013), existem muitas dificuldades para se interpretar os conjuntos polínicos fósseis nas FCRP. Uma delas se refere à limitada taxonomia dos grãos de pólen da flora herbácea, subarbastiva e arbustiva. Diante disso, muitas plantas que discernem os Campos dos Pampas, e assinalam distintas unidades fitofisionômicas e comunidades campestres, tem o pólen determinado apenas em nível de família ou subfamília (*e.g.* POACEAE; CYPERACEAE; ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE) (Tonello & Prieto, 2008; Mourelle & Prieto, 2012, 2016). Neste sentido, há notadamente uma enorme perda da informação ecológica (Goring *et al.*, 2013; Birks *et al.*, 2016). Cabe salientar que somente nos Campos arbustivos do RS as plantas análogas aos três táxons polínicos supracitados concentram cerca de 60% da riqueza específica (Boldrini, 2009) e suas variações caracterizam comunidades locais heterogêneas (Setubal & Boldrini, 2012; Silva-Filho *et al.*, 2017).

Outros aspectos, não menos importantes, se referem às variações da produção polínica, às diferenças fenológicas, aos tipos de polinização, aos mecanismos de dispersão dos grãos, às características dos ambientes deposicionais e à potencialidade de preservação do pólen (*e.g.* Birks & Birks, 1980; Prentice, 1988; Faegri *et al.*, 1989; Traverse, 2007). Dessa forma, as proporções dos conjuntos polínicos fósseis não podem ser interpretadas diretamente como a abundância das plantas da vegetação pretérita.

Portanto, a identificação dos táxons polínicos “super-representados”, “representados” ou “sub-representados”, bem como a caracterização dos tipos “silenciosos” (quando a planta está presente, mas o pólen é ausente) e a avaliação daqueles que definem algumas comunidades dos Campos, por meio dos análogos modernos, podem aumentar a fidelidade das interpretações paleoecológicas inferidas a partir dos conjuntos polínicos fósseis.

À vista disso, tem-se usado análogos modernos para a calibração dos conjuntos polínicos fósseis em seções quaternárias nas FCRP. Nos Pampas, destacam-se as publicações de Stutz & Prieto (2003) e Fontana (2005), ambas em escala local, e Tonello & Prieto (2008), em escala regional. Já nos Campos do Uruguai dispõe-se de um modelo em escala regional apresentado por Mourelle & Prieto (2012, 2016). Entretanto, nos Campos do RS não existem análogos modernos em escala regional e aqueles em escala local (Fig. 1) necessitam revisões (Mourelle *et al.*, 2018). Além disso, nenhuma sequência fóssil nos Campos do RS está calibrada por análogos, incluindo os sítios palinológicos próximos a São Gabriel (sítio 1 e 3).

À vista disso, esta pesquisa se mostra pioneira ao empregar análogos modernos (informações quali-quantitativas entre o pólen e a vegetação atual), para a interpretação dos conjuntos polínicos fósseis em seções holocenas nos Campos do RS.

#### **I.4 Hipóteses**

- Os conjuntos polínicos atuais, registrados nos sedimentos superficiais, apresentam correspondência com as distintas comunidades dos campos arbustivos de São Gabriel, RS;
- Os registros polínicos fósseis refletem, em síntese, os câmbios da vegetação durante o Holoceno Tardio nesta localidade;
- As matas de galeria e os capões de mato se expandiram nos últimos 1.500 anos A.P.;
- A análise integrada dos registros polínicos fósseis permite avaliar a dinâmica da vegetação dos Campos, em escala regional, durante o Holoceno Tardio.

## **I.5 Objetivo e estratégias de desenvolvimento**

### **I.5.1 Objetivo**

O objetivo principal desta Tese é reconstruir a vegetação nos campos arbustivos de São Gabriel, RS, durante o Holoceno Tardio, usando a relação entre o pólen e a vegetação atual como análogos modernos para a interpretação dos conjuntos polínicos fósseis.

### **I.5.2 Estratégias de desenvolvimento**

- Realizar um levantamento qualitativo da vegetação nestes campos arbustivos, a fim de avaliar a composição florística desta região;
- Desenvolver um censo fitossociológico nos campos rupestres, secos, úmidos e brejosos, bem como nas formações arbóreas (matas de galeria e capões de mato), para entender a estrutura das distintas comunidades locais e os fatores abióticos condicionantes;
- Investigar as diferenças quanto à estrutura florística das comunidades campestres;
- Avaliar se por meio dos conjuntos polínicos atuais é exequível caracterizar as distintas comunidades destes campos arbustivos;
- Comparar a estrutura das distintas comunidades campestres e das formações arbóreas com a representação polínica atual, cujas amostras de superfície foram coletadas nos mesmos sítios em que se realizaram os censos fitossociológicos;
- Comparar os resultados obtidos com as demais publicações de cunho palinológico realizadas nos Campos do Brasil e do Uruguai, em seções holocenas.



## I.6 Localização e aspectos fisiográficos da área estudada

A área estudada situa-se no sudeste do município de São Gabriel, RS. O acesso local (cabeceiras do Arroio do Salso) se dá por estradas vicinais a partir da rodovia RSC-473, entre as cidades de São Gabriel e Lavras do Sul. As sequências sedimentares coletadas para o estudo palinológico fossil (CAS-1: 30°34'57,40" S; 54°01'08,45" O; e CAS-2: 30°34'57,40" S; 54°01'08,45" O) se localizam em duas propriedades rurais denominadas: Estância Salso e Estância Horizontina, inseridas nos Campos arbustivos (Fig. 1).

Em termos geológicos, da área faz parte dos terrenos neoproterozoicos do Escudo Sul-rio-grandense, porção meridional da Província Mantiqueira, Domínio São Gabriel (CPRM, 2006), correspondente litoestratigraficamente ao Complexo Cambaí e Suíte da Meia Lua (indivisos), com idades entre 740 e 680 M.a. (Philipp *et al.*, 2016; Vedana & Philipp, 2016). Localmente, as litologias correspondem ao Granito São Manoel, com a presença subordinada de rochas metamórficas de natureza xistosa (CPRM, 2006).

Quanto à geomorfologia, a área caracteriza-se por um conjunto de relevos ondulados, denominados, regionalmente, de “coxilhas”, sobre o Planalto Rebaixado Marginal (IBGE, 2003). O terreno é marcado por um modelado de dissecação homogênea, esculpido a partir das rochas cristalinas do Granito São Manoel. As cumeadas tem forma convexa e as cotas altimétricas variam entre 200 e 300 m, predominantemente. Trata-se de uma zona de cabeceiras de primeira ordem, onde os pequenos afluentes denotam um padrão dendrítico (IBGE, 2003). As encostas do relevo são entalhadas por sulcos pouco profundos, escavados nos planos e nas fraturas abertas das rochas graníticas, que resultam do escoamento das águas superficiais, em conjunto com as águas subterrâneas. Estes sistemas de drenagem são denominados regionalmente de “sangas”, com diferentes estágios de evolução. As nascentes são constituídas por olhos-d'água, cuja origem é proveniente dos aquíferos não confinados que emergem em superfície.

No que se refere à pedologia, predominam Luvisolos Crômicos Órticos típicos, da Unidade Cambaí, caracterizados pelo acúmulo subsuperficial de argila e pela presença de afloramentos rochosos (Streck *et al.*, 2008; Kämpf & Streck, 2010). A origem destes luvisolos corresponde às rochas xistosas da região, cuja alteração formou solos autóctones marcados por horizontes pouco profundos (normalmente 100 cm), bem drenados e ligeiramente ácidos, mas com boa reserva de nutrientes para as plantas (Reinert *et al.*, 2007).

O clima da região é classificado como temperado quente e úmido (*Cfa*), ou seja, sem estação seca definida, com as quatro estações do ano bem marcadas e com precipitações regularmente distribuídas ao longo do ano (Peel *et al.*, 2007; Alvares *et al.*, 2013). A circulação atmosférica é influenciada pelos sistemas da Alta Subtropical do Atlântico Sul, da Alta Polar, da Baixa do Chaco e pelos ventos de oeste de latitudes médias, principalmente (Nimer, 1989; Cavalcanti *et al.*, 2009; Reboita *et al.*, 2012). A ausência de barreiras orográficas possibilita a interação de massas de ar com propriedades térmicas distintas, cujas precipitações frontais representam a maior parte do volume pluviométrico (Bilenca & Miñarro, 2004). Dessa forma, a massa de ar Tropical Atlântica (quente e úmida) perde umidade em contato com a massa de ar Polar Atlântica (fria e seca). Todavia, o regime pluviométrico é também condicionado pelos ciclones extratropicais e pelas chuvas convectivas. Na estação de verão, destaca-se a umidade advinda da bacia Amazônica, que é transportada pelas correntes de Jato de Baixos Níveis a leste dos Andes (Reboita *et al.*, 2012). Finalmente, cabe citar os eventos anômalos de escala global *El Niño* e *La Niña*, que assinalam os períodos de maior umidade e seca no sul do Brasil, respectivamente (Cavalcanti *et al.*, 2009). Em São Gabriel, RS, a média de precipitação acumulada anual é de 1.590,5 mm; e das temperaturas mínimas e máximas correspondem a 14,2°C e 24,9°C, respectivamente (Ramos *et al.*, 2009; Wrege *et al.*, 2011).

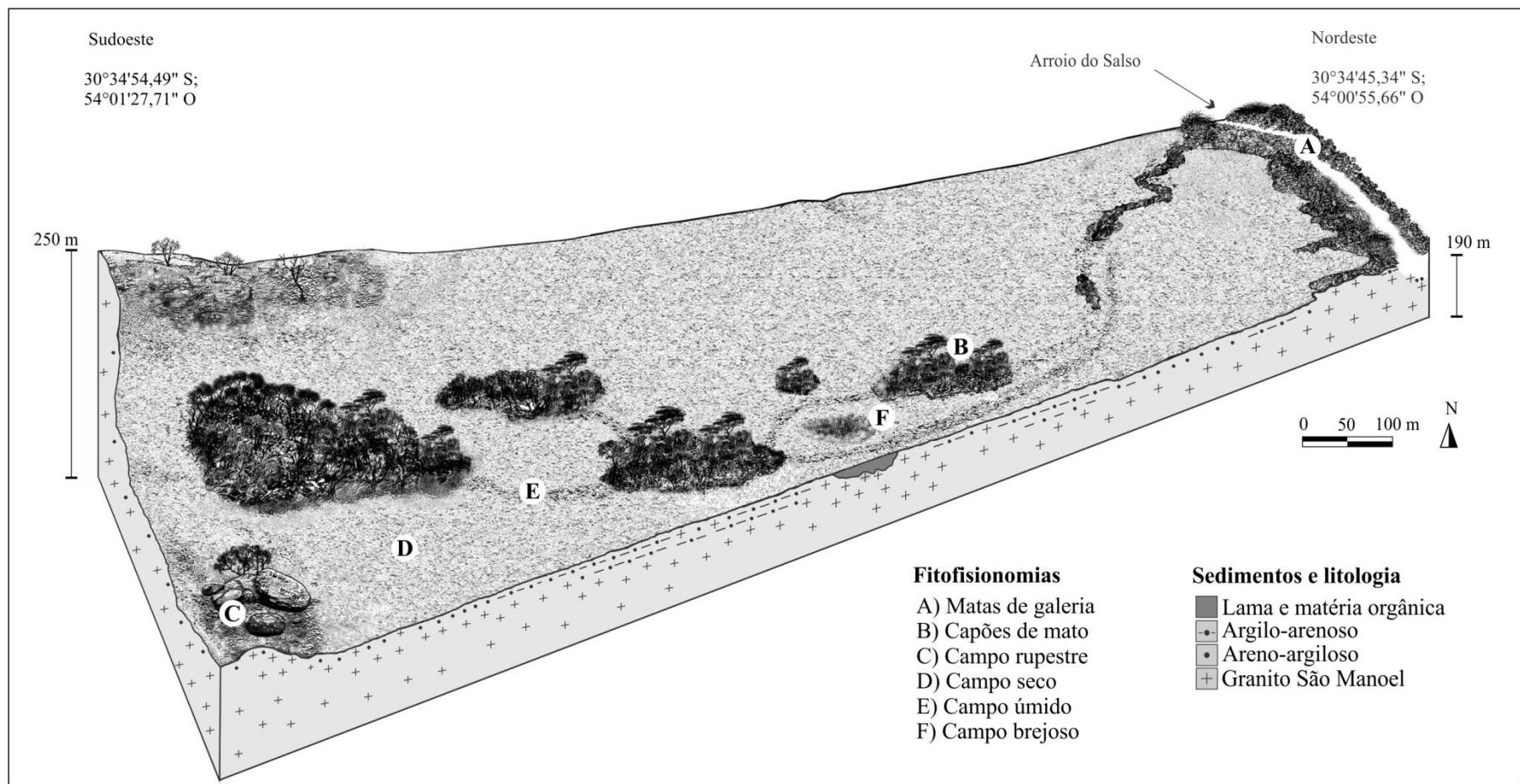
Quanto à vegetação, além das formações campestres regionalmente dominantes, se desenvolvem as matas de galeria (Figs. 2 e 3A), às margens do Arroio do Salso, bem como os capões de mato (Figs. 2 e 3B). Estes capões denotam pequenas ilhas de vegetação silvática que funcionam como núcleos avançados das matas de galeria sobre as formações campestres, junto às surgências d'água e em outros locais favorecidos com umidade permanente (Marchiori, 2004). Há também as matas de encosta úmida, que se distribuem nos talwegues. Em termos fitofisionômicos, as mesmas se assemelham às matas de galeria, porém a composição e a estrutura florística correspondem aos capões de mato, diferindo destes apenas por seus estágios de sucessão médio-avançado. Portanto, nesta Tese, não se diferenciou os capões de mato das matas de encosta úmida. A vegetação lenhosa nestes campos arbustivos é representada por espécies da Floresta Estacional (Rambo, 1956; Reitz *et al.*, 1988; Sobral *et al.*, 2013). Quanto às formações campestres, as mesmas se apresentam heterogêneas e bem preservadas, com distintas comunidades locais definidas em: campos rupestres, secos, úmidos e brejosos; sendo avaliadas, posteriormente, por meio de análises exploratórias multivariadas.

1. O campo rupestre (Figs. 2 e 3C) se situa nos setores mais elevados do terreno, sobre os afloramentos graníticos e nos litossolos provenientes dos mesmos. Esta comunidade é representada por poáceas cespitosas, asteráceas e cactáceas, essencialmente.

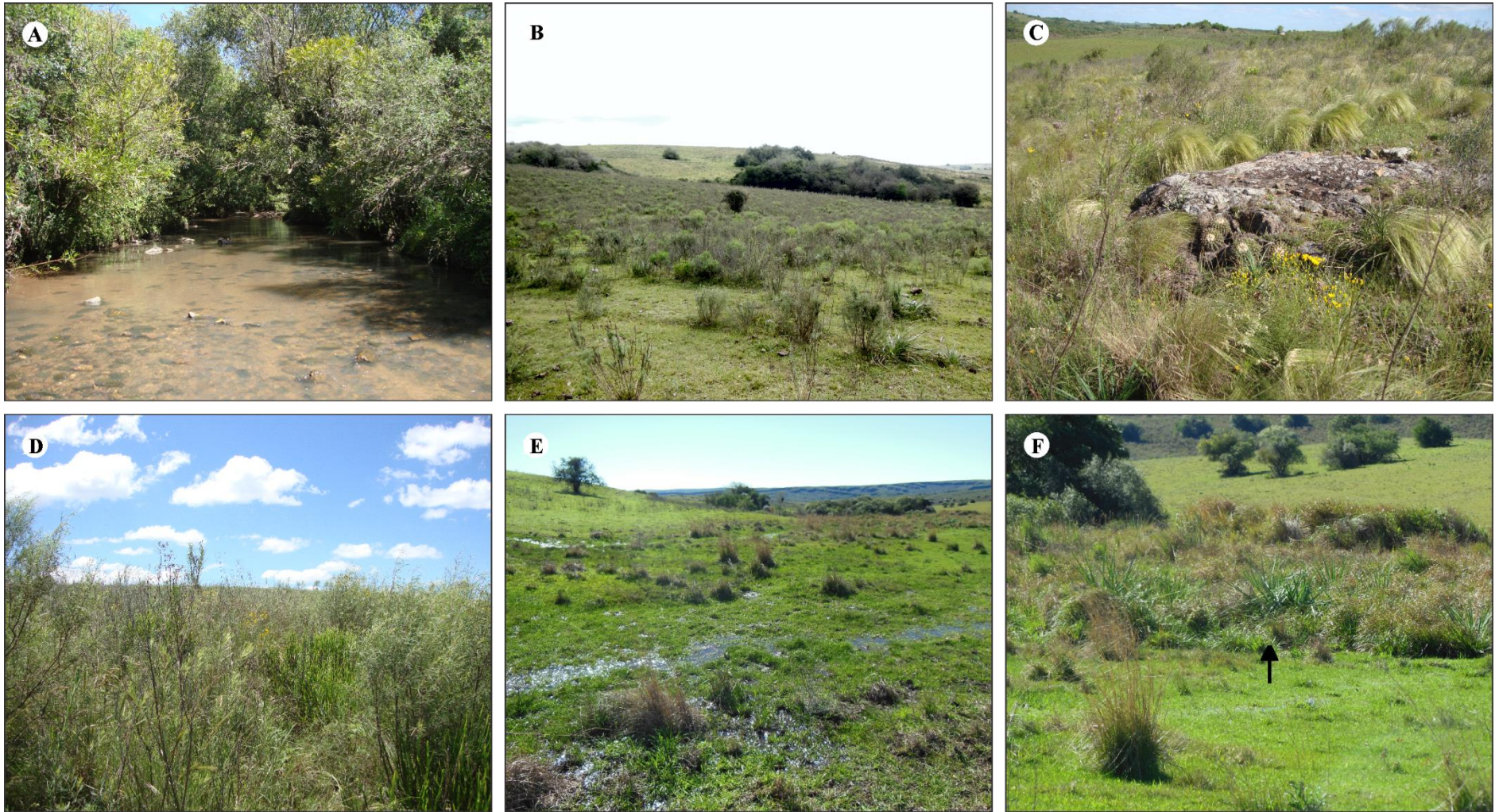
2. O campo seco (Figs. 2 e 3D) ocorre ao longo das encostas convexas do terreno, em substratos areno-argilosos. Esta comunidade constitui a matriz campestre dominante, sendo caracterizada em dois estratos: o inferior, representado por poáceas estoloníferas e rizomatosas; e o superior, por asteráceas subarborescentes.

3. O campo úmido (Figs. 2 e 3E) se localiza ao longo das encostas côncavas do relevo, estendendo-se desde as nascentes (olhos-d'água), próximas aos campos rupestres, até a foz, nas matas de galeria. Constitui-se, basicamente, por sedimentos argilo-arenosos, que possibilitam maior retenção de umidade do escoamento das águas superficiais e subterrâneas. Esta comunidade é determinada por poáceas e ciperáceas estoloníferas e rizomatosas.

4. O campo brejoso (Figs. 2 e 3F) se refere a uma pequena bacia de captação d'água preenchida com lama e matéria orgânica. Estes depósitos paludosos ocorrem, normalmente, próximos aos talwegues, onde os pequenos canais fluviais (sangas) convergem no sentido da jusante. Estes ambientes são comuns na região, com distintos estágios evolutivos. Sua gênese dá-se a partir de ambientes lânticos, favoráveis à deposição dos sedimentos finos lixiviados da montante. A flora é constituída, sobretudo, por poáceas e ciperáceas.



**Figura 2.** Aspectos fisionômicos dos campos arbustivos de São Gabriel, RS (modificado de Silva-Filho *et al.*, 2017).



**Figura 3.** Comunidades dos campos arbustivos de São Gabriel, RS. **A)** Matas de galeria. **B)** Capões de mato. **C)** Campo rupestre. **D)** Campo seco. **E)** Campo úmido. **F)** Campo brejoso. Notar seta em 3F que sinaliza o ambiente respectivo.

## **I.7 Materiais e métodos**

### **I.7.1 Vegetação**

#### **Florística**

Este levantamento qualitativo foi realizado durante a primavera de 2013 e 2014 pelo método do caminhamento (Filgueiras *et al.*, 1994). A identificação dos táxons foi realizada diretamente em campo; quando não foi possível, coletou-se material para exsicatas e posterior determinação por especialistas. O trabalho de campo teve também por objetivo a coleta de plantas férteis, visando à ampliação da Palinoteca de Referência do LPMMT/IG/UFRGS.

A nomenclatura taxonômica foi consultada em IPNI (2017) e Flora do Brasil (2020). Os termos “espécies nativas”, “espécies naturalizadas” e “espécies exóticas causais” seguem a proposta de Moro *et al.* (2012), usado com base no conhecimento da flora local e em literaturas especializadas. Os táxons arbóreo-arbustivos foram ainda classificados quanto ao hábitat predominante (higrófilos, higrófilo-mesófilos, mesófilos e mesófilo-subxerófilos), a partir das observações *in loco*. Uma lista com os autores das espécies botânicas citadas neste volume é apresenta em anexo (volume II – anexo II)

#### **Estrutura da vegetação**

##### Fitossociologia campestre

Este censo quantitativo da vegetação campestre foi realizado pelo método amostral de superfície, em subamostras com dimensões de 1 m<sup>2</sup> cada. Investigou-se 10 subamostras distribuídas aleatoriamente em cada comunidade local (Tab. 2). A cobertura relativa de todas as espécies registradas em cada subamostra (exceto briófitas) foi estimada visualmente, admitindo-se a escala de Braun-Blanquet (1979), com modificações (Tab. 3).

Em cada comunidade foram avaliados: a frequência absoluta e relativa, a cobertura absoluta e relativa e o índice de valor de importância das espécies (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974). Verificou-se também a riqueza específica, o índice de similaridade (Jaccard) e o índice de diversidade específica (Shannon-Wiener). Estes cálculos foram efetuados no software MULTIV (Pillar, 2006). Os índices de valor de importância das espécies são apresentados no capítulo II, pois foram utilizados para estabelecer a comparação entre a estrutura florística de cada comunidade com a representação polínica atual. Os demais resultados são detalhadamente apresentados no volume II – anexos III e IV.

**Tabela 2.** Georreferenciamento das subamostras avaliadas no censo quantitativo da vegetação campestre. Abreviaturas: CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso. *Datum* WGS84.

<b>Código das subamostras</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
CRv-1	30°34'56,10" S	54°01'12,60" O
CRv-2	30°34'56,10" S	54°01'13,20" O
CRv-3	30°34'55,70" S	54°01'13,10" O
CRv-4	30°34'55,60" S	54°01'12,90" O
CRv-5	30°34'55,20" S	54°01'13,80" O
CRv-6	30°34'55,00" S	54°01'13,60" O
CRv-7	30°34'54,90" S	54°01'14,50" O
CRv-8	30°34'54,60" S	54°01'14,20" O
CRv-9	30°34'54,10" S	54°01'15,00" O
CRv-10	30°34'54,00" S	54°01'14,40" O
CSv-1	30°34'58,20" S	54°01'14,70" O
CSv-2	30°34'58,10" S	54°01'14,10" O
CSv-3	30°34'57,80" S	54°01'14,70" O
CSv-4	30°34'57,70" S	54°01'15,10" O
CSv-5	30°34'58,40" S	54°01'16,50" O
CSv-6	30°34'59,10" S	54°01'16,80" O
CSv-7	30°34'58,10" S	54°01'17,20" O
CSv-8	30°34'57,90" S	54°01'17,50" O
CSv-9	30°34'58,00" S	54°01'19,20" O
CSv-10	30°34'57,30" S	54°01'19,90" O
CUv-1	30°35'00,40" S	54°01'11,70" O
CUv-2	30°34'59,90" S	54°01'11,70" O
CUv-3	30°35'00,20" S	54°01'11,10" O
CUv-4	30°34'59,80" S	54°01'10,40" O
CUv-5	30°34'59,60" S	54°01'10,00" O
CUv-6	30°34'59,40" S	54°01'09,40" O
CUv-7	30°34'59,00" S	54°01'09,60" O
CUv-8	30°34'58,50" S	54°01'09,10" O
CUv-9	30°34'59,00" S	54°01'08,70" O
CUv-10	30°34'59,40" S	54°01'09,20" O
CBv-1	30°34'57,40" S	54°01'07,90" O
CBv-2	30°34'57,40" S	54°01'07,50" O
CBv-3	30°34'56,80" S	54°01'08,10" O
CBv-4	30°34'57,24" S	54°01'08,35" O
CBv-5	30°34'57,80" S	54°01'08,40" O
CBv-6	30°34'57,20" S	54°01'07,30" O
CBv-7	30°34'58,40" S	54°01'08,60" O
CBv-8	30°34'57,80" S	54°01'07,90" O
CBv-9	30°34'57,40" S	54°01'08,70" O
CBv-10	30°34'57,10" S	54°01'08,90" O

**Tabela 3.** Escalas dos valores de cobertura relativa utilizadas no censo quantitativo da vegetação campestre, modificado de Braun-Blanquet (1979).

Escalas	Cobertura relativa
0,1	Até 1%
0,5	1 – 5%
1	5,1 – 10%
2	10,1 – 20%
3	20,1 – 30%
4	30,1 – 40%
5	40,1 – 50%
6	50,1 – 60%
7	60,1 – 70%
8	70,1 – 80%
9	80,1 – 90%
10	90,1 – 100%

### Fitossociologia arbórea

O censo quantitativo da vegetação arbórea foi efetuado em 10 subamostras com dimensões de 200 m<sup>2</sup> (10 × 20 m) cada. As subamostras foram distribuídas aleatoriamente nas matas de galeria e nos capões de mato (Tab. 4), dispostas paralelamente aos cursos fluviais e distanciadas em pelo menos 100 m entre si. Foram analisadas todas as espécies arbóreas com circunferência à altura do peito (CAP) ≥ 15 cm. Os arbustos *Cephalanthus glabratus*, *Daphnopsis racemosa*, *Dodonaea viscosa* e *Phyllanthus sellowianus*, embora frequentes, não foram considerados neste censo, em função dos baixos valores de CAP.

Para cada espécie registrada foram avaliados: a densidade absoluta e relativa, a frequência absoluta e relativa, a área basal total e média, a dominância absoluta e relativa e o índice de valor de importância absoluto e relativo (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974). A altura vertical de cada espécime foi estimada visualmente. Os índices de valor de importância relativo são citados no capítulo II, haja vista que os mesmos foram usados para a comparação entre a estrutura da vegetação arbórea e a representação polínica atual. Os resultados dos demais parâmetros fitossociológicos são apresentados no volume II – anexo V.



**Tabela 4.** Georreferenciamento das subamostras avaliadas no censo quantitativo da vegetação arbórea. Abreviaturas: MGv = matas de galeria; CMv = capões de mato. *Datum* WGS84.

<b>Código das subamostras</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
MGv-1	30°34'33,80" S	54°00'57,40" O
MGv-2	30°34'13,55" S	54°00'52,75" O
MGv-3	30°34'27,79" S	54°00'56,33" O
MGv-4	30°34'49,50" S	54°00'51,16" O
MGv-5	30°34'47,10" S	54°00'54,80" O
CMv-1	30°35'00,09" S	54°01'13,84" O
CMv-2	30°34'54,80" S	54°01'08,30" O
CMv-3	30°35'00,96" S	54°01'21,33" O
CMv-4	30°35'09,90" S	54°01'17,40" O
CMv-5	30°35'07,73" S	54°01'15,42" O

#### Ordenações de PCoA da vegetação campestre

As ordenações de PCoA da vegetação campestre foram feitas para aclarar as diferenças entre as estruturas das comunidades campestres. Na primeira análise, a matriz de dados incluiu todas as espécies registradas em CRv, CSv, CUv e CBv e suas respectivas escalas de cobertura relativa. Adicionalmente, uma segunda análise foi efetuada para se observar com maior nitidez a distribuição espacial entre as subamostras de CRv e CSv. Por consequência, foram excluídas desta matriz de dados todas as subamostras CUv e CBv, assim como as espécies exclusivas destas comunidades.

Em ambas as análises, os valores de cobertura relativa das espécies foram previamente transformados por raiz quadrada para reduzir a variância dos táxons dominantes. Utilizou-se a distância de cordas como medida de semelhança, comparando-se as subamostras. Os táxons com os coeficientes de correlação mais altos nos dois primeiros eixos destas ordenações foram plotadas no diagrama (*biplot*). A significância dos eixos foi avaliada por autorreamostragem (Pillar, 1999), com 1.000 interações. Estes cálculos foram realizados no software MULTIV (Pillar, 2006).

## 1.7.2 Palinologia

### Coleta das amostras polínicas de superfície (atual)

Para avaliar a representação palinológica atual nas diferentes comunidades locais, foram coletadas 28 amostras de superfície (Tab. 5), por meio da técnica de múltiplas subamostras (Adam & Mehringer, 1975). Cada amostra foi composta por cinco subamostras, cuja profundidade atingiu, no máximo, 2 cm superior do solo. As coletas foram realizadas em áreas favoráveis à preservação dos palinomorfos e nos mesmos sítios onde se realizaram os censos fitossociológicos, exceto para três amostras do campo brejoso (CB-6, CB-7 e CB-8). Em campo, cada amostra era armazenada em recipiente plástico de 250 mL, hermeticamente vedado e identificado.

**Tabela 5.** Georreferenciamento das amostras polínicas de superfície. Abreviaturas: CR = campo rupestre; CS = campo seco; CU = campo úmido; CB = campo brejoso; MG = matas de galeria; CM = capões de mato. *Datum* WGS84.

Código das amostras	Latitude	Longitude
CR-1	30°34'54,60" S	54°01'13,70" O
CR-2	30°34'54,50" S	54°01'14,50" O
CR-3	30°34'53,84" S	54°01'15,04" O
CR-4	30°34'55,04" S	54°01'14,48" O
CR-5	30°34'49,10" S	54°01'18,90" O
CS-1	30°34'58,43" S	54°01'16,70" O
CS-2	30°34'57,09" S	54°01'17,08" O
CS-3	30°34'59,09" S	54°01'17,07" O
CS-4	30°34'57,87" S	54°01'19,01" O
CS-5	30°34'57,47" S	54°01'19,57" O
CU-1	30°34'59,82" S	54°01'11,92" O
CU-2	30°34'59,64" S	54°01'11,11" O
CU-3	30°34'59,66" S	54°01'10,40" O
CU-4	30°34'59,23" S	54°01'09,82" O
CU-5	30°34'58,65" S	54°01'09,72" O
CB-1	30°34'57,74" S	54°01'08,40" O
CB-2	30°34'57,24" S	54°01'07,41" O
CB-3	30°34'57,08" S	54°01'08,40" O
CB-4	30°34'56,59" S	54°01'07,91" O
CB-5	30°34'56,62" S	54°01'07,71" O
CB-6	30°34'32,09" S	53°59'39,84" O
CB-7	30°34'32,62" S	53°59'39,82" O
CB-8	30°34'33,01" S	53°59'40,07" O
MG-1	30°34'13,61" S	54°00'52,89" O
MG-2	30°34'27,93" S	54°00'56,65" O
CM-1	30°34'54,82" S	54°01'08,48" O
CM-2	30°35'60,00" S	54°01'13,90" O
CM-3	30°35'10,17" S	54°01'17,62" O

## **Coleta das sequências sedimentares (fóssil)**

O estudo palinológico fóssil foi realizado em duas sequências sedimentares: CAS-1 (30°34'57,40" S; 54°01'08,45" O) e CAS-2 (30°34'32,64" S; 53°59'39,96" O), coletadas em comunidades do campo brejoso, com profundidades de 125 cm e 115 cm, respectivamente. Estas se distanciam em torno de 2 km entre si e a 500 m e 700 m das matas de galeria. CAS-1 tem uma área de 4.700 m<sup>2</sup>; e CAS-2, 1.000 m<sup>2</sup>, aproximadamente. As amostragens foram efetuadas com o aparelho *Russian Peat Borer*, em seções sedimentares de 50 cm, sem haver compactação. Estas seções foram coletadas do topo para a base dos depósitos. No intervalo de cada amostragem o equipamento foi cuidadosamente limpo, evitando-se a contaminação de níveis anteriores. Além disso, as seções foram retiradas lado a lado, abstendo-se do mesmo ponto de perfuração, de forma a minimizar a mistura de material por arraste. Cada seção foi transferida para um tubo plástico, cortado longitudinalmente com as mesmas dimensões da cápsula do aparelho coletor. Em campo, as seções foram codificadas com a marcação de topo, base e respectivas profundidades e embaladas com filme plástico e papel alumínio.

## **Seleção e processamento físico-químico das subamostras atuais e fósseis**

### Seleção das subamostras atuais

Em laboratório, as amostras polínicas de superfície foram secas em estufa a 40°C durante 24 h. Após, cada amostra foi homogeneizada usando gral e pistilo. Em seguida, as amostras foram peneiradas em malha metálica de 2 mm. As partículas inorgânicas com granulometria superior a 2 mm foram descartadas e, as frações menores, subamostras com peso entre 10 g e 15 g, selecionadas para o processamento físico-químico.

### Seleção das subamostras fósseis

As seções sedimentares dos testemunhos de sondagem foram previamente dispostas em bancada, no laboratório, com a finalidade da construção e da caracterização dos perfis de CAS-1 e CAS-2. As seções foram analisadas, em termos gerais, quanto à coloração, à granulometria e à presença de restos vegetais (raízes). Logo após, foram extraídas da base para o topo, subamostras com volume de 1 cm<sup>3</sup> cada, em intervalos regulares de 4 cm e/ou 2 cm entre si. Para estas coletas foram utilizados êmbolos plásticos de 5 mL, descartados ao final de cada procedimento. Em CAS-1, foram coletadas 32 subamostras; em CAS-2, 42.

### Processamento físico-químico e montagem das lâminas palinológicas (atuais e fósseis)

Antes do início do tratamento físico-químico foram adicionados em cada subamostra (atual e fóssil) cinco comprimidos com esporos de *Lycopodium clavatum* (espécie nativa do Brasil, mas raramente encontrada em sedimentos quaternários). Este marcador serviu para o controle do processamento físico-químico, para o monitoramento da soma polínica mínima representativa e para viabilizar os cálculos de concentração polínica nas subamostras fósseis (Stockmarr, 1971). O processamento físico-químico seguiu as técnicas convencionais em palinologia do Quaternário descritas, por exemplo, em Ybert *et al.* (1992), com modificações:

1. HCl a 10%, para dissolução dos carbonatos;
2. HF a 48%, para eliminação da sílica;
3. KOH a 10%, para defloculação e neutralização dos ácidos húmicos;
4. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> a 99,8%, para desidratação;
5. Acetólise, tendo em vista a remoção da celulose e do conteúdo citoplasmático;
6. Cl<sub>2</sub>Zn (p = 2,2 g/mL), para separação das frações orgânicas e inorgânicas, quando necessário. Esta técnica foi aplicada em algumas subamostras atuais de CR, CS e CU, devido a não dissolução das partículas sedimentares inorgânicas por HF (etapa 1).

Entre o uso dos reagentes químicos foram realizadas sucessivas lavagens com água destilada (exceto entre as etapas 4 e 5). Ao término, os resíduos foram filtrados em malha metálica de 250 µm e, a fração menor, selecionada para as análises polínicas atuais e fósseis.

A preparação dos grãos de pólen e dos esporos das plantas viventes ou de exsicatas, visando à ampliação da Palinoteca de Referência do LPMMT/IG/UFRGS, seguiu as técnicas de Erdtman (1960), resumidas por Salgado-Labouriau (2007).

Todas as lâminas palinológicas foram confeccionadas com *Entellan* e *Cellosize*. Convém salientar que antes da montagem das lâminas palinológicas os palinomorfos foram homogeneizados, a fim de evitar uma coleta seletiva dos mesmos, considerando-se que os processos de centrifugação podem separar por densidade as formas mais pesadas das mais leves.

## **Classificação taxonômica e contagem dos palinomorfos (subamostras atuais e fósseis)**

### Classificação taxonômica

A determinação taxonômica dos palinomorfos foi realizada por comparações à coleção de referência do LPMMT-IG/UFRGS e por bibliografias especializadas, tais como catálogos e atlas palinológicos. A classificação dos mesmos, acompanhado de descrições sucintas, fotomicrografias, dados ecológicos (quando possível) e observações (quando cabíveis), são apresentados no volume II – anexo VI. De modo informativo, não compreendendo o tema central desta Tese, foram também registrados os esporos de fungos (volume II – anexo VII).

Conforme De Klerk & Joosten (2007), a nomenclatura taxonômica dos grãos de pólen foram redigidas em fonte `VERSALETE`, abstendo-se da redação em *itálico*, possibilitando maior clareza entre a terminologia botânica e a palinológica. Isto foi ampliado para os esporos de briófitas, licófitas e monilófitas, bem como para as colônias e os zigósporos de algas. O termo “fóssil” foi empregado para designar os palinomorfos recuperados nas seções sedimentares de CAS-1 e CAS-2, seguindo a proposta de Traverse (2007), rejeitando-se, portanto, o termo “subfóssil”. Conforme Birks & Birks (1980), para a classificação taxonômica se adotaram os seguintes critérios:

1. Os palinomorfos com morfologias singulares, produzidas por uma única espécie de planta, foram designados em nível específico (*e.g.* *TRIPODANTHUS ACUTIFOLIUS*);
2. Famílias, subfamílias e gêneros completos que produzem morfologias únicas foram designados com tal (*e.g.* *POACEAE*, *ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE* e *CELTIS*);
3. Quando duas plantas de diferentes categorias taxonômicas produzem morfologias similares, impossível de distingui-las, receberam uma anotação em particular, por exemplo, *LITHRAEA/SCHINUS*. Neste caso, a anotação inclui as espécies dos gêneros *Lithraea* e *Schinus*.

Nas subamostras atuais, os táxons incluídos na soma polínica (ver a seguir) foram também classificados quanto à síndrome de polinização predominante. A categorização anemófila e/ou zoófila foi inferida com base em literaturas especializadas e a partir do conhecimento florístico da região.

Os termos “local” e “extralocal”, modificados de Janssen (1973), foram utilizados para indicar a área fonte de dispersão dos grãos de pólen. Desse modo, a designação local abrange uma área com escala < 50 m, enquanto a extralocal, entre 50 m e 2 km. Em síntese, o termo “local” se refere às plantas e ao pólen análogo com distribuição exclusiva em uma única

comunidade; o “extralocal” é proposto para o pólen transportado de uma comunidade para outra, onde não existem aquelas plantas produtoras de tal morfologia polínica. Os termos: “regional” (2–200 km) e “extrarregional”(> 200 km) seguem a escala de Prentice (1985).

### Contagem dos palinomorfos

Concomitante à classificação dos palinomorfos, os mesmos foram quantificados para a realização de análises estatísticas que fundamentaram as interpretações palinológicas. As contagens foram realizadas em microscópio óptico em aumentos de 600 e 1.000 ×. Conforme Salgado-Labouriau (2007), as leituras foram conduzidas em “zigzagues” por meio de transecções verticais, de cima para baixo e da esquerda para direita, com espaçamento de um campo visual entre as linhas, evitando-se a recontagem dos palinomorfos. As subamostras foram consideradas estéreis quando as contagens não atingiram 100 grãos de pólen, esgotando-se também os resíduos da preparação físico-química.

### **Representação palinológica (subamostras atuais e fósseis)**

#### Diagramas de porcentagem

As contagens dos palinomorfos nas subamostras atuais e fósseis foram expressas em diagramas de porcentagem. Para tanto, os táxons foram previamente agrupados de acordo com suas afinidades ecológicas (hábito e/ou habitat) com base no conhecimento florístico da região. ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE não recebeu uma classificação ecológica específica, porque nos campos arbustivos de São Gabriel ocorrem diversas espécies análogas com distintos hábitos e habitats. As frequências relativas de cada táxon por subamostra foi obtida em relação à soma polínica (100%). Esta soma incluiu todos os táxons correspondentes à flora das cabeceiras do Arroio do Salso. Os grãos de CYPERACEAE e das macrófitas aquáticas foram considerados nesta soma polínica porque as plantas análogas ocorrem de forma abundante nos campos úmidos e brejosos, cujas comunidades são comumente observadas nesta região. A inclusão de CYPERACEAE e dos grãos de pólen das macrófitas aquáticas nesta soma teve também por objetivo a obtenção de proporções mais ajustadas para a comparação entre a estrutura florística dos campos úmidos e brejosos com representação polínica atual (subamostras de superfície) nestas comunidades. Assim, as abundâncias dos táxons polínicos foram obtidas através de:

$$F_{iy} = \sum iy \times 100 \div \sum py$$

Onde:

$F_{iy}$  = frequência relativa do táxon  $i$  na subamostra  $y$ .  
 $\sum iy$  = contagem total do táxon  $i$  na subamostra  $y$ .

$\sum py$  = contagem total de todos os táxons incluídos na soma polínica na subamostra  $y$ .

Por outro lado, as frequências relativas dos demais táxons excluídos da soma polínica foram calculadas a parte, ou seja:

1. Algas + soma polínica = 100%;
2. *Incertae sedis* + soma polínica = 100%;
3. Esporos de briófitas + soma polínica = 100%;
4. Esporos de licófitas + soma polínica = 100%;
5. Esporos de monilófitas + soma polínica = 100%;
6. Pólen regional de outras formações florestais do RS + soma polínica = 100%;
7. Pólen extrarregional + soma polínica = 100%;
8. Pólen de plantas introduzidas à flora do RS + soma polínica = 100%.

Considerando-se:

$$Fiy = \sum iy \times 100 \div \sum ny + \sum py$$

Onde:

$Fiy$  = frequência relativa do táxon  $i$  na subamostra  $y$ .

$\sum iy$  = contagem total do táxon  $i$  (e.g. PHAEOCEROS) na subamostra  $y$ .

$\sum ny$  = contagem total de todos os táxons que compõem determinado grupo (e.g. briófitas) na subamostra  $y$ .

$\sum py$  = contagem total de todos os táxons incluídos na soma polínica na subamostra  $y$ .

Adicionalmente, nas subamostras atuais e fósseis foram calculadas as proporções resumidas dos grupos, isto é, as frequências relativas entre: herbáceas + macrófitas aquáticas *versus* ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE *versus* subarbustos *versus* árvores e arbustos + epífita e hemiparasita. Além disso, nas subamostras polínicas atuais, foram calculadas as proporções dos táxons quanto à síndrome de polinização predominante das plantas análogas, mas somente daqueles incluídos na soma. Todos estes cálculos foram realizados no software TILIA 2.0.4 (Grimm, 2004).

#### Diagramas de concentração (subamostras fósseis)

Estas análises foram realizadas para auxiliar as interpretações paleoecológicas, considerando-se que os diagramas de porcentagem, ocasionalmente, apresentam distorções por causa da super-representação de alguns táxons polínicos (e.g. Lorscheitter & Roth, 2013). Estes cálculos foram realizados no software TILIA 2.0.4 (Grimm, 2004), admitindo-se:

$$Ciy = \sum iy \times \sum Lc \div \sum Lcy$$

Onde:

$Ciy$  = concentração do táxon  $i$  na subamostra  $y$ .

$\sum iy$  = contagem total do táxon  $i$  na subamostra  $y$ .

$\sum Lc$  = número total de esporos de *L. clavatum* adicionado na subamostra  $y$  (informação do fabricante).

$\sum Lcy$  = contagem total de esporos de *L. clavatum* na subamostra  $y$ .

## Conjuntos polínicos atuais

### Análise de agrupamento

Para avaliar a correspondência entre os conjuntos polínicos atuais e as distintas comunidades dos campos arbustivos de São Gabriel, RS, foi realizada uma análise de agrupamento sem controle estratigráfico (*unconstrained*). Para tanto, foram considerados nesta matriz de dados apenas os táxons incluídos na soma polínica e aqueles que tiveram proporções  $\geq 1\%$  em pelo menos uma subamostra, excluindo-se, portanto, os tipos mais raros. Uma exceção foi concedida a *POUTERIA SALICIFOLIA*, a fim de examinar se era exequível distinguir as subamostras MG e CM, haja vista que esta morfologia polínica e as plantas correspondentes (*Pouteria salicifolia*) foram registradas exclusivamente nas matas de galeria. As frequências relativas dos táxons polínicos foram previamente transformadas por raiz quadrada para reduzir a variância dos tipos dominantes. A distância de cordas foi utilizada como medida de semelhança, comparando-se as subamostras. Esta análise foi realizada no software TILIA 2.0.4 (Grimm, 2004).

### Ordenações de PCoA

Duas ordenações de PCoA foram feitas com o objetivo de aclarar que táxons polínicos definiram os grupos e os subgrupos na análise de agrupamento supracitada. Na primeira ordenação, considerou-se a mesma matriz de dados da análise de agrupamento; na segunda, a fim de proporcionar um aspecto comparativo com as ordenações da vegetação campestre, foram excluídas da matriz de dados todas as subamostras MG e CM, assim como os táxons associados à flora arbóreo-arbustiva, epífita e hemiparasita que estavam presentes nas subamostras campestres. Então, esta matriz de dados foi composta apenas pelas subamostras CR, CS, CU, CB e pelos táxons polínicos análogos à flora campestre. Conseqüentemente, as frequências relativas dos táxons polínicos incluídos nesta análise foram recalculadas por uma nova soma polínica, a partir de suas contagens absolutas.

Em ambas as ordenações, as proporções dos táxons foram previamente transformadas por raiz quadrada e a distância de cordas foi utilizada como medida de semelhança, comparando-se as subamostras. Os táxons que apresentaram os coeficientes de correlação mais altos em relação aos dois primeiros eixos destas ordenações foram plotados no diagrama (*biplot*). A significância dos eixos foi avaliada por autorreamostragem (Pillar, 1999), com 1.000 interações. Estes cálculos foram efetuados no software MULTIV (Pillar, 2006).



### Análise de agrupamento excluindo CYPERACEAE, APIACEAE e CYCLOSPERMUM

Esta análise de agrupamento *unconstrained* foi realizada, principalmente, para investigar se as amplas proporções de CYPERACEAE nos campos úmidos e brejosos tem influência na classificação dos grupos e dos subgrupos determinados nas análises anteriores. À vista disso, se os grupos e os subgrupos se mantêm os mesmos, os grãos de CYPERACEAE não mascarariam a representação polínica regional destes campos arbustivos, ou seja, indicaram apenas condições locais de maior ou menor umidade. Assim, neste caso, se justificaria a inclusão de CYPERACEAE nas análises de agrupamento dos conjuntos polínicos atuais e fósseis. Excluíram-se também desta matriz de dados APIACEAE e CYCLOSPERMUM, porque estes táxons foram associados aos campos úmidos e brejosos nas ordenações de PCoA. Conseqüentemente, devido à exclusão destas três variáveis da matriz de dados, os valores de abundância dos demais táxons polínicos incluídos nesta análise foram recalculados por uma nova soma polínica, a partir de seus dados de contagem absoluta.

### **Representação polínica atual *versus* estrutura da vegetação**

A representação polínica atual foi comparada com a estrutura florística em cada comunidade, porém de acordo com a classificação dos grupos e dos subgrupos polínicos, definidos na análise de agrupamento. Para isto, a taxonomia botânica foi ajustada à palinológica, somando-se os índices de valor de importância das espécies vegetais. As proporções dos táxons polínicos foram definidas por meio de suas médias registradas nas subamostras de cada grupo ou subgrupo.

Cabe salientar que, nos campos, as frequências relativas dos táxons polínicos em cada subamostra foram definidas por uma soma que incluiu somente aqueles correspondentes à flora campestre, excluindo-se, portanto, os grãos de pólen da flora arbóreo-arbustiva, epífita e hemiparasita que estavam presentes em CR, CS, CU e CB. Ademais, nas subamostras CB fizeram parte desta soma polínica os esporos de THELYPTERIDACEAE, porque as plantas análogas foram constatadas no censo fitossociológico do campo brejoso. Convém ressaltar que no grupo dos campos úmidos + brejosos os índices de valor de importância das plantas foram definidos por uma média destas nas duas comunidades.

Nas formações arbóreas, as frequências relativas dos táxons polínicos foram também definidas por meio de uma nova soma, tendo em vista a exclusão dos grãos de pólen da flora campestre que estavam presentes nas subamostras MG e CM. Ademais, excluíram-se ARECACEAE, CEPHALANTHUS GLABRATUS, DAPHNOPSIS RACEMOSA, DODONAEA VISCOSA, PHYLLANTHUS SELLOWIANUS e SALIX HUMBOLDTIANA, porque as plantas análogas não foram

levantadas no censo fitossociológico da vegetação arbórea. Assim, excluíram-se também BROMELIACEAE e TRIPODANTHUS ACUTIFOLIUS. Finalmente, destaca-se que a comparação entre *Citharexylum montevidense* e VERBENACEAE não foi realizada, porque a morfologia polínica da espécie citada é similar às plantas herbáceo-subarbusivas desta família, frequentemente observadas nas formações campestres.

### **Geocronologia dos testemunhos de sondagem CAS-1 e CAS-2**

A geocronologia das seções sedimentares de CAS-1 e CAS-2 foi realizada com datações radiocarbônicas – *Accelerator Mass Spectrometry* (AMS). As idades obtidas foram calibradas em anos até 1950 AP no software CALIB 7.1 (Stuiver *et al.*, 2017), usando como base SHcal13 (Hogg *et al.*, 2013; Marsh *et al.*, 2018). Nestas sequências foi realizado um modelo de idades interpoladas (cúbica *spline*) a partir das idades calibradas. Este modelo foi realizado no software TILIA 2.0.4 (Grimm, 2004).

### **Zoneamento polínico**

As zonas de CAS-1 e CAS-2 foram estabelecidas por análises de agrupamento com controle estratigráfico (*constrained*). Nesta matriz de dados foram considerados os mesmos táxons que compuseram os grupos e os subgrupos dos análogos modernos e que aparecem no registro fóssil. Estas análises foram realizadas no software TILIA 2.0.4 (Grimm, 2004).

### **Calibração dos conjuntos polínicos fósseis por meio dos análogos modernos**

#### Ordenações de PCoA

A calibração dos conjuntos polínicos fósseis por meio dos análogos modernos foi efetuada por ordenações de PCoA. Para tais análises foram selecionados os mesmos táxons que definiram os grupos e os subgrupos nas subamostras dos sedimentos superficiais, apesar de alguns estarem ausentes nas subamostras de CAS-1 e CAS-2.

Adicionalmente, foram realizadas ordenações de PCoA para se comparar somente as subamostras polínicas atuais das comunidades campestres com as subamostras fósseis. Portanto, excluíram-se destas matrizes de dados todas as subamostras MG e CM, assim como os táxons arbóreo-arbusivos, epífita e hemiparasita. Por consequência, as proporções dos táxons nas subamostras atuais e fósseis foram recalculadas por uma nova soma.

Em ambas as ordenações, os táxons que tiveram os coeficientes de correlação mais altos em relação aos dois primeiros eixos foram plotados no diagrama (*biplot*). A significância

dos eixos foi avaliada por autorreamostragem (Pillar, 1999), com 1.000 interações. Estes cálculos foram realizados no software MULTIV (Pillar, 2006).

## **Capítulo II. Análogos modernos (relação entre o pólen e a vegetação atual)**

## II.1 Resultados

### II.1.1 Vegetação

#### Florística

No levantamento florístico foram reconhecidos 318 táxons (Tab. 6). Nos campos, sobressaíram com a maior riqueza específica: Poaceae (56 spp.), Asteraceae (49 spp.), Cyperaceae (23 spp.), Fabaceae (11 spp.) e Rubiaceae (8 spp.), seguidas por Caryophyllaceae, Iridaceae, Oxalidaceae (6 spp., cada) e Verbenaceae (5 spp.). Nos campos rupestres e secos, além da maior riqueza específica, há também as maiores ocorrências de espécies exclusivas (49 spp. e 44 spp., respectivamente). Não obstante, a maior proporção de táxons exclusivos foi evidenciada no campo brejoso (60%), haja vista a relação entre o número total de espécies e aquelas restritas em cada comunidade.

Nas matas de galeria e nos capões de mato verificou-se uma baixa riqueza específica dos componentes arbóreo-arbustivos (36 spp.) (Tab. 6), resultando em uma composição bastante homogênea entre tais formações. Entretanto, algumas espécies foram observadas apenas nas matas de galeria: nos ambientes higrófilos - *Pouteria salicifolia* e *Phyllanthus sellowianus*; nos mesófilos - *Quillaja brasiliensis*. As famílias Myrtaceae (4 spp.), Anacardiaceae e Salicaceae (3 spp., cada) concentraram o maior número de espécies. A altura média vertical dos espécimes arbóreos foi de aproximadamente 6 m. Porém, alguns espécimes de *Sebastiania commersoniana*, *Celtis ehrenbergiana* e *Quillaja brasiliensis* foram observados com alturas entre 15 m e 20 m (volume II – anexo V), destacando-se no dossel.

Em associação às matas de galeria e aos capões de mato foram comumente presenciadas as monilófitas: *Microgramma squamulosa* e *M. vacciniifolia* (ambas epífitas); e *Adiantum raddianum*, *Anemia phyllitidis*, *Anogramma leptophylla*, *Blechnum auriculatum* e *Doryopteris pentagona* (todas terrícolas).

**Tabela 6.** Levantamento florístico com informações de hábitat (CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso; MGv = matas de galeria; CMv = capões de mato), origem (EN = espécie nativa; ENat = espécie naturalizada; EEC = espécie exótica causal) e hábito. A sigla “F” indica os táxons incluídos no censo fitossociológico. Adicionalmente, na última coluna, se apresenta a taxonomia botânica ajustada à palinológica.

Famílias/espécies	CRv	CSv	CUv	CBv	CMv	MGv	Origem	Hábito	F	Classificação palinológica
<b>ANGIOSPERMAS</b>										
<b>Acanthaceae</b>										
<i>Hygrophila costata</i>				x			EN	Herbáceo	x	—
<b>Alismataceae</b>										
<i>Echinodorus grandiflorus</i>				x			EN	Herbáceo	x	—
<b>Alliaceae</b>										
<i>Nothoscordum cf. bivalve</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	—
<b>Amaranthaceae</b>										
<i>Chenopodium retusum</i>	x						EN	Herbáceo	x	CHENOPODIUM
<i>Pfaffia gnaphaloides</i>	x						EN	Herbáceo	x	PFAFFIA
<i>Pfaffia tuberosa</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	PFAFFIA
<b>Anacardiaceae</b>										
<i>Lithraea molleoides</i> <sup>d</sup>					x	x	EN	Arbóreo	x	LITHRAEA/SCHINUS
<i>Schinus lentiscifolius</i> <sup>d</sup>					x	x	EN	Arbóreo		LITHRAEA/SCHINUS
<i>Schinus polygama</i> <sup>d</sup>					x	x	EN	Arbóreo	x	LITHRAEA/SCHINUS
<b>Apiaceae</b>										
<i>Centella asiatica</i>					x	x	EN	Herbáceo		APIACEAE
<i>Cyclospermum leptophyllum</i>	x	x	x				EN	Herbáceo	x	CYCLOSPERMUM
<i>Eryngium horridum</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	ERYNGIUM
<i>Eryngium nudicaule</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	ERYNGIUM
<i>Eryngium pandanifolium</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	ERYNGIUM
<i>Lilaeopsis brasiliensis</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	APIACEAE
<b>Araliaceae</b>										
<i>Hydrocotyle exigua</i>		x					EN	Herbáceo	x	—
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>			x				EN	Herbáceo	x	—
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	—
<b>Arecaceae</b>										
<i>Syagrus romanzoffiana</i> <sup>c</sup>					x	x	EN	Arbóreo		ARECACEAE
<b>Asclepiadaceae</b>										
<i>Oxypetalum solanoides</i>		x					EN	Herbáceo		—
<b>Asteraceae</b>										
<i>Acanthostyles buniiifolius</i>	x	x					EN	Subarbusto	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Achyrocline alata</i>				x			EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Ambrosia elatior</i>		x					EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Aspilia montevidensis</i>	x	x					EN	Herbáceo		ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Baccharis anomala</i>					x	x	EN	Subarbusto		ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Baccharis coridifolia</i>		x					EN	Subarbusto	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Baccharis crispa</i>	x	x	x	x			EN	Subarbusto	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE

“a” = higrófilas;

“b” = mesófilas;

“c” = higrófila-mesófilas;

“d” = mesófila-subxerófilas;

“—” = táxons registrados somente como plantas.

**Tabela 6. (continuação).** Levantamento florístico com informações de hábitat (CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso; MGv = matas de galeria; CMv = capões de mato), origem (EN = espécie nativa; ENat = espécie naturalizada; EEC = espécie exótica causal) e hábito. A sigla “F” indica os táxons incluídos no censo fitossociológico. Adicionalmente, na última coluna, se apresenta a taxonomia botânica ajustada à palinológica.

Famílias/espécies	CRv	CSv	CUv	CBv	CMv	MGv	Origem	Hábito	F	Classificação palinológica
<b>Asteraceae</b>										
<i>Baccharis dracunculifolia</i> <sup>d</sup>	x	x		x	x	x	EN	Arbusto	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Baccharis junceiformis</i>				x			EN	Subarbusto	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Calea pinnatifida</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbusto		ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Chaptalia mandonii</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	—
<i>Chaptalia runcinata</i>				x			EN	Herbáceo	x	—
<i>Chrysolaena flexuosa</i>		x					EN	Subarbusto	x	CHRYSOLAENA
<i>Conyza bonariensis</i>	x	x		x			EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Conyza floribunda</i>		x					EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Conyza primulifolia</i>	x						EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Criscia stricta</i>	x						EN	Herbáceo		—
<i>Dasyphyllum spinescens</i> <sup>d</sup>						x	EN	Arbóreo		—
<i>Elephantopus mollis</i>		x				x	EN	Herbáceo		—
<i>Erechtites hieraciifolius</i>		x				x	EN	Herbáceo		ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Facelis retusa</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Gamochaeta americana</i>	x						EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Gamochaeta coarctata</i>		x	x	x			EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Gamochaeta falcata</i>	x						EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Gamochaeta purpurea</i>			x				EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Gochnatia polymorpha</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		—
<i>Hypochoeris albiflora</i>		x					EN	Herbáceo	x	HYPOCHAEERIS
<i>Hypochoeris chillensis</i>		x					EN	Herbáceo	x	HYPOCHAEERIS
<i>Hypochoeris glabra</i>		x					EN	Herbáceo	x	HYPOCHAEERIS
<i>Hypochoeris lutea</i>				x			EN	Herbáceo	x	HYPOCHAEERIS
<i>Hypochoeris neopinnatifida</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	HYPOCHAEERIS
<i>Lessingianthus macrocephalus</i>	x						EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE
<i>Lessingianthus sellowii</i>		x					EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE
<i>Lucilia nitens</i>	x						EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Orthopappus angustifolius</i>		x					EN	Herbáceo	x	—
<i>Picrosia longifolia</i>				x			EN	Herbáceo		—
<i>Podocoma notobellidiastrum</i>				x			EN	Herbáceo		ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Porophyllum linifolium</i>	x						EN	Herbáceo		ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Pterocaulon cf. balansae</i>				x			EN	Subarbusto	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Pterocaulon</i> sp. 1		x					EN	Subarbusto	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Pterocaulon</i> sp. 2				x			EN	Subarbusto	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Senecio brasiliensis</i>	x	x	x	x			EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Senecio heterotrichius</i>			x	x			EN	Subarbusto	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Senecio icoglossus</i>				x			EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE

“a” = higrófilas;

“b” = mesófilas;

“c” = higrófila-mesófilas;

“d” = mesófila-subxerófilas;

“—” = táxons registrados somente como plantas.

**Tabela 6. (continuação).** Levantamento florístico com informações de hábitat (CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso; MGv = matas de galeria; CMv = capões de mato), origem (EN = espécie nativa; ENat = espécie naturalizada; EEC = espécie exótica causal) e hábito. A sigla “F” indica os táxons incluídos no censo fitossociológico. Adicionalmente, na última coluna, se apresenta a taxonomia botânica ajustada à palinológica.

Famílias/espécies	CRv	CSv	CUv	CBv	CMv	MGv	Origem	Hábito	F	Classificação palinológica
<b>Asteraceae</b>										
<i>Senecio leptolobus</i>	x						EN	Subarbusto	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Senecio selloi</i>		x					EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Solidago chilensis</i>		x					EN	Herbáceo		ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Soliva sessilis</i>	x	x	x				EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Sommerfeltia spinulosa</i>	x						EN	Subarbusto	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Stenachaenium campestre</i>	x						EN	Herbáceo	x	ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Stenachaenium megapotamicum</i>		x					EN	Herbáceo		ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Symphyotrichum squamatum</i>			x				EN	Herbáceo		ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE
<i>Vernonanthura nudiflora</i>	x	x					EN	Subarbusto	x	ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE
<b>Begoniaceae</b>										
<i>Begonia cucullata</i>			x		x	x	EN	Herbáceo	—	
<b>Boraginaceae</b>										
<i>Cordia americana</i> <sup>a</sup>					x	x	EN	Arbóreo	—	
<b>Bromeliaceae</b>										
<i>Aechmea recurvata</i>					x	x	EN	Herbáceo		BROMELIACEAE
<i>Tillandsia aeranthos</i>					x	x	EN	Herbáceo		BROMELIACEAE
<i>Tillandsia usneoides</i>					x	x	EN	Herbáceo		BROMELIACEAE
<b>Cactaceae</b>										
<i>Frailea buenekeri</i> subsp. <i>densispina</i>	x						EN	Herbáceo	—	
<i>Gymnocalycium denudatum</i>	x						EN	Herbáceo	—	
<i>Parodia erinacea</i>	x						EN	Herbáceo	x	—
<i>Parodia mammulosa</i>	x						EN	Herbáceo	—	
<i>Parodia ottonis</i>	x						EN	Herbáceo	—	
<i>Rhipsalis teres</i>					x	x	EN	Herbáceo	—	
<b>Campanulaceae</b>										
<i>Lobelia hederacea</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	—
<i>Triodanis perfoliata</i> subsp. <i>biflora</i>		x					EN	Herbáceo	x	—
<i>Wahlenbergia linarioides</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	—
<b>Cannabaceae</b>										
<i>Celtis ehrenbergiana</i> <sup>d</sup>	x				x	x	EN	Arbóreo		CELTIS
<b>Cardiopteridaceae</b>										
<i>Citronella gongonha</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo	—	
<b>Caryophyllaceae</b>										
<i>Cerastium commersonianum</i>				x			ENat	Herbáceo	x	CARYOPHYLLACEAE
<i>Cerastium glomeratum</i>	x	x					ENat	Herbáceo	x	CARYOPHYLLACEAE
<i>Cerastium rivulare</i>				x			ENat	Herbáceo	x	CARYOPHYLLACEAE
<i>Cerastium</i> sp.			x				ENat	Herbáceo	x	CARYOPHYLLACEAE

“a” = higrófilas;

“b” = mesófilas;

“c” = higrófila-mesófilas;

“d” = mesófila-subxerófilas;

“—” = táxons registrados somente como plantas.



**Tabela 6. (continuação).** Levantamento florístico com informações de hábitat (CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso; MGv = matas de galeria; CMv = capões de mato), origem (EN = espécie nativa; ENat = espécie naturalizada; EEC = espécie exótica causal) e hábito. A sigla “F” indica os táxons incluídos no censo fitossociológico. Adicionalmente, na última coluna, se apresenta a taxonomia botânica ajustada à palinológica.

Famílias/espécies	CRv	CSv	CUv	CBv	CMv	MGv	Origem	Hábito	F	Classificação palinológica
<b>Caryophyllaceae</b>										
<i>Paronychia brasiliiana</i>	x						EN	Herbáceo	x	CARYOPHYLLACEAE
<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	x						ENat	Herbáceo	x	CARYOPHYLLACEAE
<b>Cistaceae</b>										
<i>Helianthemum brasiliense</i>	x						EN	Herbáceo	x	—
<b>Commelinaceae</b>										
<i>Commelina platyphylla</i>		x					EN	Herbáceo	x	—
<b>Convolvulaceae</b>										
<i>Dichondra macrocalyx</i>		x					EN	Herbáceo	x	—
<i>Dichondra sericea</i>	x						EN	Herbáceo	x	—
<i>Evolvulus sericeus</i>	x	x	x				EN	Herbáceo	x	—
<b>Crassulaceae</b>										
<i>Crassula longipes</i>				x			EN	Herbáceo	x	—
<b>Cyperaceae</b>										
<i>Abildgaardia ovata</i>		x					EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Bulbostylis capillaris</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Bulbostylis juncooides</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Carex bonariensis</i>			x				EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Carex longii</i>				x			EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Carex phalaroides</i>		x					EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Carex sellowiana</i>					x	x	EN	Herbáceo		CYPERACEAE
<i>Carex sororia</i>		x					EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Cyperus aggregatus</i>	x						EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Cyperus incomtus</i>					x	x	EN	Herbáceo		CYPERACEAE
<i>Cyperus prolixus</i>					x	x	EN	Herbáceo		CYPERACEAE
<i>Cyperus reflexus</i>		x					EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Cyperus rigens</i>			x				EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Eleocharis bonariensis</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Eleocharis sellowiana</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Eleocharis viridans</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Kyllinga brevifolia</i>			x				EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Kyllinga odorata</i>		x	x				EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Pycneus megapotamicus</i>				x			EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Pycneus polystachyos</i>			x	x			EN	Herbáceo		CYPERACEAE
<i>Rhynchospora brownii</i>			x				EN	Herbáceo		CYPERACEAE
<i>Rhynchospora conferta</i>				x			EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Rhynchospora scutellata</i>				x			EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE
<i>Rhynchospora marisculus</i>				x			EN	Herbáceo	x	CYPERACEAE

“a” = higrófilas;

“b” = mesófilas;

“c” = higrófila-mesófilas;

“d” = mesófila-subxerófilas;

“—” = táxons registrados somente como plantas.

**Tabela 6. (continuação).** Levantamento florístico com informações de hábitat (CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso; MGv = matas de galeria; CMv = capões de mato), origem (EN = espécie nativa; ENat = espécie naturalizada; EEC = espécie exótica causal) e hábito. A sigla “F” indica os táxons incluídos no censo fitossociológico. Adicionalmente, na última coluna, se apresenta a taxonomia botânica ajustada à palinológica.

Famílias/espécies	CRv	CSv	CUv	CBv	CMv	MGv	Origem	Hábito	F	Classificação palinológica
<b>Cyperaceae</b>										
<i>Rhynchospora megapotamica</i>			x				EN	Herbáceo		CYPERACEAE
<i>Rhynchospora tenuis</i>			x				EN	Herbáceo		CYPERACEAE
<b>Euphorbiaceae</b>										
<i>Acalypha communis</i>	x						EN	Subarbusto	—	
<i>Croton</i> sp.	x						EN	Subarbusto	x	—
<i>Ditaxis acaulis</i>	x						EN	Herbáceo	x	—
<i>Euphorbia selloi</i>	x				x	x	EN	Herbáceo	x	—
<i>Sebastiania brasiliensis</i> <sup>a</sup>					x	x	EN	Arbóreo		SEBASTIANIA
<i>Sebastiania commersoniana</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		SEBASTIANIA
<i>Tragia volubilis</i>					x	x	EN	Herbáceo		—
<b>Fabaceae</b>										
<i>Desmodium incanum</i>	x	x					EN	Subarbusto	x	FABACEAE
<i>Erythrina crista-galli</i> <sup>a</sup>					x	x	EN	Arbóreo		—
<i>Galactia marginalis</i>	x	x					EN	Subarbusto	x	FABACEAE
<i>Lathyrus subulatus</i>		x					EN	Herbáceo		LATHYRUS
<i>Lupinus linearis</i>	x						EN	Herbáceo		FABACEAE
<i>Mimosa flagellaris</i>		x					EN	Subarbusto	x	MIMOSA SÉR. LEPIDOTAE
<i>Pomaria pilosa</i>	x						EN	Subarbusto	x	FABACEAE
<i>Rhynchosia diversifolia</i>	x						EN	Herbáceo	x	FABACEAE
<i>Stylosanthes leiocarpa</i>	x						EN	Herbáceo	x	FABACEAE
<i>Stylosanthes montevidensis</i>	x						EN	Herbáceo	x	FABACEAE
<i>Trifolium polymorphum</i>	x	x	x				EN	Herbáceo	x	FABACEAE
<i>Zornia</i> sp.	x						EN	Herbáceo	x	FABACEAE
<b>Gentianaceae</b>										
<i>Zygodon australe</i>	x						EN	Herbáceo	x	—
<b>Hypoxidaceae</b>										
<i>Hypoxis decumbens</i>		x	x	x			EN	Herbáceo	x	—
<b>Iridaceae</b>										
<i>Cypella pusilla</i>	x						EN	Herbáceo		IRIDACEAE
<i>Herbertia lahue</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	IRIDACEAE
<i>Kelissa brasiliensis</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	IRIDACEAE
<i>Sisyrinchium megapotamicum</i>		x					EN	Herbáceo	x	IRIDACEAE
<i>Sisyrinchium micranthum</i>	x	x	x				EN	Herbáceo	x	IRIDACEAE
<i>Sisyrinchium platense</i>				x			EN	Herbáceo	x	IRIDACEAE
<b>Juncaceae</b>										
<i>Juncus capillaceus</i>		x	x				EN	Herbáceo	x	—
<i>Juncus microcephalus</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	—

“a” = higrófilas;

“b” = mesófilas;

“c” = higrófila-mesófilas;

“d” = mesófila-subxerófilas;

“—” = táxons registrados somente como plantas.

**Tabela 6. (continuação).** Levantamento florístico com informações de hábitat (CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso; MGv = matas de galeria; CMv = capões de mato), origem (EN = espécie nativa; ENat = espécie naturalizada; EEC = espécie exótica causal) e hábito. A sigla “F” indica os táxons incluídos no censo fitossociológico. Adicionalmente, na última coluna, se apresenta a taxonomia botânica ajustada à palinológica.

Famílias/espécies	CRv	CSv	CUv	CBv	CMv	MGv	Origem	Hábito	F	Classificação palinológica
<b>Juncaceae</b>										
<i>Juncus tenuis</i>			x				EN	Herbáceo	x	—
<b>Lamiaceae</b>										
<i>Hyptis mutabilis</i>	x	x					EN	Subarbusto	x	LAMIACEAE
<i>Salvia procurrens</i>		x					EN	Herbáceo		LAMIACEAE
<i>Scutellaria racemosa</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	LAMIACEAE
<b>Lauraceae</b>										
<i>Ocotea pulchella</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		—
<b>Lentibulariaceae</b>										
<i>Utricularia tricolor</i>				x			EN	Herbáceo		UTRICULARIA
<b>Linaceae</b>										
<i>Cliococca selaginoides</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	—
<b>Loganiaceae</b>										
<i>Spigelia stenophylla</i>	x						EN	Herbáceo		—
<b>Loranthaceae</b>										
<i>Tripodanthus acutifolius</i>					x	x	EN	Herbáceo		TRIPODANTHUS ACUTIFOLIUS
<b>Losaceae</b>										
<i>Blumenbachia urens</i>					x	x	EN	Herbáceo		—
<b>Lythraceae</b>										
<i>Cuphea glutinosa</i>	x	x	x				EN	Herbáceo	x	CUPHEA
<i>Cuphea racemosa</i>			x				EN	Herbáceo		CUPHEA
<b>Malvaceae</b>										
<i>Ayenia mansfeldiana</i>	x						EN	Herbáceo	x	MALVACEAE
<i>Krapovickasia flavescens</i>	x						EN	Herbáceo	x	MALVACEAE
<i>Sida rhombifolia</i>		x					EN	Subarbusto	x	MALVACEAE
<b>Melastomataceae</b>										
<i>Tibouchina gracilis</i>				x	x	x	EN	Herbáceo	x	MELASTOMATACEAE
<b>Moraceae</b>										
<i>Dorstenia brasiliensis</i>	x						EN	Herbáceo	x	—
<b>Myrtaceae</b>										
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		MYRTACEAE
<i>Eugenia uniflora</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		MYRTACEAE
<i>Eugenia uruguayensis</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		MYRTACEAE
<i>Myrrhinium atropurpureum</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		MYRTACEAE
<b>Onagraceae</b>										
<i>Ludwigia hookeri</i>			x	x			EN	Herbáceo		LUDWIGIA
<i>Oenothera</i> sp.	x	x					EN	Herbáceo	x	—

“a” = higrófilas;

“b” = mesófilas;

“c” = higrófila-mesófilas;

“d” = mesófila-subxerófilas;

“—” = táxons registrados somente como plantas.

**Tabela 6. (continuação).** Levantamento florístico com informações de hábitat (CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso; MGv = matas de galeria; CMv = capões de mato), origem (EN = espécie nativa; ENat = espécie naturalizada; EEC = espécie exótica causal) e hábito. A sigla “F” indica os táxons incluídos no censo fitossociológico. Adicionalmente, na última coluna, se apresenta a taxonomia botânica ajustada à palinológica.

Famílias/espécies	CRv	CSv	CUv	CBv	CMv	MGv	Origem	Hábito	F	Classificação palinológica
<b>Orchidaceae</b>										
<i>Brachystele camporum</i>	x						EN	Herbáceo	x	—
<i>Cyclopogon elegans</i>					x	x	EN	Herbáceo		—
<i>Habenaria parviflora</i>			x	x			EN	Herbáceo		—
<i>Habenaria</i> sp.				x			EN	Herbáceo		—
<b>Oxalidaceae</b>										
<i>Oxalis articulata</i>		x					EN	Herbáceo	x	OXALIS
<i>Oxalis brasiliensis</i>		x	x				EN	Herbáceo	x	OXALIS
<i>Oxalis conorrhiza</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	OXALIS
<i>Oxalis eriocarpa</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	OXALIS
<i>Oxalis lasiopetala</i>		x					EN	Herbáceo	x	OXALIS
<i>Oxalis linarantha</i>					x	x	EN	Herbáceo		OXALIS
<i>Oxalis sellowiana</i>	x	x					EN	Herbáceo		OXALIS
<b>Passifloraceae</b>										
<i>Passiflora caerulea</i>					x	x	EN	Herbáceo		—
<i>Passiflora suberosa</i>					x	x	EN	Herbáceo		—
<i>Piriqueta taubatensis</i>			x				EN	Herbáceo		—
<i>Turnera sidoides</i>	x						EN	Herbáceo	x	—
<b>Phyllanthaceae</b>										
<i>Phyllanthus sellowianus</i> <sup>a</sup>						x	EN	Arbusto		PHYLLANTHUS SELLOWIANUS
<b>Plantaginaceae</b>										
<i>Bacopa</i> sp.		x	x				EN	Herbáceo	x	—
<i>Plantago tomentosa</i>	x	x			x	x	EN	Herbáceo	x	—
<i>Scoparia montevidensis</i>	x	x					EN	Herbáceo		—
<b>Poaceae</b>										
<i>Andropogon lateralis</i>	x	x	x	x			EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Andropogon ternatus</i>	x	x		x			EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Andropogon virgatus</i>				x			EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Aristida jubata</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Aristida laevis</i>	x						EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Aristida murina</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Aristida venustula</i>	x	x	x				EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Axonopus affinis</i>		x	x		x	x	EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Axonopus suffultus</i>	x	x	x				EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Bothriochloa laguroides</i>	x	x	x				EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Briza minor</i>		x	x	x			ENat	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Bromus catharticus</i>					x	x	EN	Herbáceo		POACEAE
<i>Chascolytrum poomorphum</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	POACEAE

“a” = higrófilas;

“b” = mesófilas;

“c” = higrófila-mesófilas;

“d” = mesófila-subxerófilas;

“—” = táxons registrados somente como plantas.

**Tabela 6. (continuação).** Levantamento florístico com informações de hábitat (CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso; MGv = matas de galeria; CMv = capões de mata), origem (EN = espécie nativa; ENat = espécie naturalizada; EEC = espécie exótica causal) e hábito. A sigla “F” indica os táxons incluídos no censo fitossociológico. Adicionalmente, na última coluna, se apresenta a taxonomia botânica ajustada à palinológica.

Famílias/espécies	CRv	CSv	CUv	CBv	CMv	MGv	Origem	Hábito	F	Classificação palinológica
<b>Poaceae</b>										
<i>Chascolytrum rufum</i>			x				EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Chascolytrum subaristatum</i>	x	x	x				EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Chascolytrum uniolae</i>				x			EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Danthonia montevidensis</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Dichantherium sabulorum</i>		x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Eleusine tristachya</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Elionurus</i> sp.	x						EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Eragrostis bahiensis</i>		x					EN	Herbáceo		POACEAE
<i>Eragrostis lugens</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Eragrostis neesii</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Ichnanthus pallens</i>				x			EN	Herbáceo		POACEAE
<i>Leersia hexandra</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Lolium multiflorum</i>		x	x				EEC	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Luziola peruviana</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Melica rigida</i>		x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Microchloa indica</i>	x						EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Mnesithea selloana</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Oplismenus hirtellus</i>				x			EN	Herbáceo		POACEAE
<i>Paspalum dilatatum</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Paspalum exaltatum</i>				x			EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Paspalum leptum</i>		x	x				EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Paspalum maculosum</i>		x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Paspalum notatum</i>	x	x	x				EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Paspalum plicatulum</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Paspalum pumilum</i>			x				EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Paspalum vaginatum</i>			x				EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Phalaris angusta</i>			x				EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Piptochaetium lasianthum</i>	x						EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Piptochaetium montevidense</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Piptochaetium stipoides</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Poa annua</i>			x				ENat	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Saccharum angustifolium</i>		x					EN	Herbáceo		POACEAE
<i>Saccharum villosum</i>				x			EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Schizachyrium microstachyum</i>		x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Schizachyrium spicatum</i>	x						EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Setaria parviflora</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Sporobolus indicus</i>	x	x	x				EN	Herbáceo	x	POACEAE

“a” = higrófilas;

“b” = mesófilas;

“c” = higrófila-mesófilas;

“d” = mesófila-subxerófilas;

“—” = táxons registrados somente como plantas.

**Tabela 6. (continuação).** Levantamento florístico com informações de hábitat (CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso; MGv = matas de galeria; CMv = capões de mato), origem (EN = espécie nativa; ENat = espécie naturalizada; EEC = espécie exótica causal) e hábito. A sigla “F” indica os táxons incluídos no censo fitossociológico. Adicionalmente, na última coluna, se apresenta a taxonomia botânica ajustada à palinológica.

Famílias/espécies	CRv	CSv	CUv	CBv	CMv	MGv	Origem	Hábito	F	Classificação palinológica
<b>Poaceae</b>										
<i>Steinchisma decipiens</i>			x				EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Steinchisma hians</i>		x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Stipa setigera</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Trachypogon montufari</i>		x					EN	Herbáceo		POACEAE
<i>Trachypogon montufari</i> var. <i>mollis</i>	x						EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Trichanthecium schwackeanum</i>				x			EN	Herbáceo	x	POACEAE
<i>Vulpia bromoides</i>	x	x					ENat	Herbáceo	x	POACEAE
<b>Polygalaceae</b>										
<i>Polygala australis</i>	x						EN	Herbáceo	x	POLYGALA
<i>Polygala linooides</i>	x						EN	Herbáceo	x	POLYGALA
<b>Polygonaceae</b>										
<i>Polygonum punctatum</i>			x	x			EN	Herbáceo	x	POLYGONUM PUNCTATUM
<b>Pontederiaceae</b>										
<i>Heteranthera reniformis</i>				x	x	x	EN	Herbáceo	—	
<b>Primulaceae</b>										
<i>Anagallis arvensis</i>		x					ENat	Herbáceo	—	
<i>Myrsine guianensis</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		MYRSINE
<i>Myrsine laetevirens</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		MYRSINE
<b>Quillajaceae</b>										
<i>Quillaja brasiliensis</i> <sup>b</sup>						x	EN	Arbóreo	—	
<b>Ranunculaceae</b>										
<i>Ranunculus bonariensis</i>			x				EN	Herbáceo	x	—
<b>Rhamnaceae</b>										
<i>Scutia buxifolia</i> <sup>d</sup>					x	x	EN	Arbóreo	—	
<b>Rosaceae</b>										
<i>Prunus myrtilifolia</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo	—	
<b>Rubiaceae</b>										
<i>Borreria dasycephala</i>		x					EN	Herbáceo	x	RUBIACEAE
<i>Borreria verticillata</i>		x					EN	Herbáceo	x	RUBIACEAE
<i>Coccocypselum lanceolatum</i>					x	x	EN	Herbáceo		RUBIACEAE
<i>Cephalanthus glabratus</i> <sup>a</sup>					x	x	EN	Arbusto		CEPHALANTHUS GLABRATUS
<i>Galianthe fastigiata</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	RUBIACEAE
<i>Galium hirtum</i>	x		x	x			EN	Herbáceo	x	RUBIACEAE
<i>Galium noxium</i>				x			EN	Herbáceo		RUBIACEAE
<i>Galium richardianum</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	RUBIACEAE
<i>Richardia humistrata</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	RUBIACEAE
<i>Richardia stellaris</i>	x	x					EN	Herbáceo	x	RUBIACEAE

“a” = higrófilas;

“b” = mesófilas;

“c” = higrófila-mesófilas;

“d” = mesófila-subxerófilas;

“—” = táxons registrados somente como plantas.

**Tabela 6. (continuação).** Levantamento florístico com informações de hábitat (CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso; MGv = matas de galeria; CMv = capões de mato), origem (EN = espécie nativa; ENat = espécie naturalizada; EEC = espécie exótica causal) e hábito. A sigla “F” indica os táxons incluídos no censo fitossociológico. Adicionalmente, na última coluna, se apresenta a taxonomia botânica ajustada à palinológica.

Famílias/espécies	CRv	CSv	CUv	CBv	CMv	MGv	Origem	Hábito	F	Classificação palinológica
<b>Salicaceae</b>										
<i>Salix humboldtiana</i> <sup>c</sup>					x	x	EN	Arbóreo		SALIX HUMBOLDTIANA
<i>Xylosma schroederi</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		—
<i>Xylosma tweediana</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		—
<b>Santalaceae</b>										
<i>Acanthosyris spinescens</i> <sup>d</sup>					x	x	EN	Arbóreo		—
<i>Eubrachion ambiguum</i>					x	x	EN	Herbáceo		—
<i>Tripodanthus acutifolius</i>							EN	Herbáceo		TRIPODANTHUS ACUTIFOLIUS
<b>Sapindaceae</b>										
<i>Allophylus edulis</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		—
<i>Cupania vernalis</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbóreo		—
<i>Dodonaea viscosa</i> <sup>d</sup>					x	x	EN	Arbusto		DODONAEA VISCOSA
<b>Sapotaceae</b>										
<i>Pouteria salicifolia</i> <sup>a</sup>						x	EN	Arbóreo		POUTERIA SALICIFOLIA
<b>Schrophulariaceae</b>										
<i>Scrophularia peregrina</i>				x			ENat	Herbáceo	x	—
<b>Solanaceae</b>										
<i>Nierembergia cf. riograndensis</i>			x				EN	Herbáceo	x	SOLANACEAE
<i>Solanum hasslerianum</i>		x					EN	Herbáceo	x	SOLANACEAE
<b>Smilacaceae</b>										
<i>Smilax cognata</i>					x	x	EN	Herbáceo	x	—
<b>Thymelaeaceae</b>										
<i>Daphnopsis racemosa</i> <sup>b</sup>					x	x	EN	Arbusto		DAPHNOPSIS RACEMOSA
<b>Urticaceae</b>										
<i>Parietaria debilis</i>					x	x	EN	Herbáceo		—
<b>Verbenaceae</b>										
<i>Aloysia lycioides</i>			x				EN	Subarbusto	x	VERBENACEAE
<i>Citharexylum montevidense</i> <sup>b</sup>						x	EN	Arbóreo		VERBENACEAE
<i>Glandularia selloi</i>				x			EN	Herbáceo		VERBENACEAE
<i>Glandularia thymoides</i>		x					EN	Herbáceo		VERBENACEAE
<i>Verbena rigida</i>			x				EN	Herbáceo		VERBENACEAE
<i>Verbena montevidensis</i>			x	x		x	EN	Herbáceo	x	VERBENACEAE
<b>Violaceae</b>										
<i>Hybanthus bicolor</i>			x				EN	Herbáceo		—
<b>Xyridaceae</b>										
<i>Xyris jupicai</i>					x		EN	Herbáceo	x	—
<i>Xyris</i> sp.					x		EN	Herbáceo	x	—

“a” = higrófilas;

“b” = mesófilas;

“c” = higrófila-mesófilas;

“d” = mesófila-subxerófilas;

“—” = táxons registrados somente como plantas.

**Tabela 6. (continuação).** Levantamento florístico com informações de hábitat (CRv = campo rupestre; CSv = campo seco; CUv = campo úmido; CBv = campo brejoso; MGv = matas de galeria; CMv = capões de mata), origem (EN = espécie nativa; ENat = espécie naturalizada; EEC = espécie exótica causal) e hábito. A sigla “F” indica os táxons incluídos no censo fitossociológico. Adicionalmente, na última coluna, se apresenta a taxonomia botânica ajustada à palinológica.

Famílias/espécies	CRv	CSv	CUv	CBv	CMv	MGv	Origem	Hábito	F	Classificação palinológica
<b>LICÓFITAS</b>										
<b>Selaginellaceae</b>										
<i>Selaginella</i> sp.				x	x	x	EN	Herbáceo		SELAGINELLA
<b>MONILÓFITAS</b>										
<b>Anemiaceae</b>										
<i>Anemia phyllitidis</i>					x	x	EN	Herbáceo		ANEMIA PHYLLITIDIS
<i>Anemia</i> sp.					x	x	EN	Herbáceo		ANEMIA
<b>Aspleniaceae</b>										
<i>Asplenium sellowianum</i>					x	x	EN	Herbáceo		ASPLENIACEAE/DRYOPTERIDACEAE
<b>Blechnaceae</b>										
<i>Blechnum auriculatum</i>					x	x	EN	Herbáceo		BLECHNUM
<i>Blechnum</i> sp.					x	x	EN	Herbáceo		BLECHNUM
<b>Dennstaedtiaceae</b>										
<i>Pteridium aquilinum</i>					x	x	EN	Herbáceo		—
<b>Polypodiaceae</b>										
<i>Microgramma squamulosa</i>					x	x	EN	Herbáceo		POLYPODIACEAE
<i>Microgramma vacciniifolia</i>					x	x	EN	Herbáceo		POLYPODIACEAE
<i>Pleopeltis angusta</i>					x	x	EN	Herbáceo		POLYPODIACEAE
<i>Pleopeltis minima</i>					x	x	EN	Herbáceo		POLYPODIACEAE
<b>Pteridaceae</b>										
<i>Adiantopsis chlorophylla</i>				x	x	x	EN	Herbáceo		—
<i>Adiantum raddianum</i>					x	x	EN	Herbáceo		ADIANTUM
<i>Anogramma leptophylla</i>					x	x	EN	Herbáceo		—
<i>Doryopteris pentagona</i>					x	x	EN	Herbáceo		—
<b>Thelypteridaceae</b>										
<i>Macrothelypteris torresiana</i>					x	x	EN	Herbáceo		THELYPTERIDACEAE
<i>Thelypteris</i> sp.				x	x	x	EN	Herbáceo	x	THELYPTERIDACEAE

“a” = higrófilas;

“b” = mesófilas;

“c” = higrófila-mesófilas;

“d” = mesófila-subxerófilas;

“—” = táxons registrados somente como plantas.

## Fitossociologia

Na fitossociologia campestre (199 spp.) (Tab. 6), as três primeiras espécies com o maior índice de valor de importância foram distintas em cada comunidade. Destacaram-se, no campo rupestre: *Aristida jubata*, *A. venustula* e *Baccharis crispa*; no campo seco: *Paspalum notatum*, *Vernonanthura nudiflora* e *Vulpia bromoides*; no campo úmido: *Axonopus affinis*, *Paspalum pumilum* e *Eleocharis bonariensis*; no campo brejoso: *Eleocharis viridans*, *Rhynchospora conferta* e *R. marisculus* (Tab. 7) No censo arbóreo (26 spp.; Tab. 6), sobressaíram: *Sebastiania commersoniana*, *Celtis ehrenbergiana* e *Eugenia uniflora* (Tab. 7).



**Tabela 7.** Índices de valor de importância, em ordem decrescente, para cada espécie registrada nas diferentes comunidades dos campos arbustivos de São Gabriel, RS. Informações detalhadas sobre os demais parâmetros fitossociológicos são apresentadas no volume II – anexos III, IV e IV.

**Campo rupestre:** *Aristida jubata* (6%); *Aristida venustula* (4,5%); *Baccharis crispa* (4,14%); *Paspalum notatum* (3,61%); *Eryngium horridum* (3,54%); *Vernonanthura nudiflora* (3,34%); *Trachypogon montufari* var. *mollis* (2,87%); *Stenachaenium campestre* (2,82%); *Piptochaetium montevidense* (2,74%); *Vulpia bromoides* (2,45%); *Mnesithea selloana* e *Andropogon ternatus* (2,42%, cada); *Sommerfeltia spinulosa* (2,24%); *Cerastium glomeratum* (2,1%); *Helianthemum brasiliense* (2,05%); *Evolvulus sericeus* (1,92%); *Hypochaeris neopinnatifida* (1,87%); *Dichondra sericea* (1,85%); *Ayenia mansfeldiana* (1,84%); *Rhynchosia diversifolia* (1,69%); *Paspalum plicatulum* (1,68%); *Sisyrinchium micranthum* e *Chascolytrum subaristatum* (1,66%, cada); *Kelissa brasiliensis* e *Axonopus affinis* (1,26%, cada); *Eragrostis neesii* (1,22%); *Acanthostyles buniifolius* (1,05%); *Gamochaeta americana*, *Krapovickasia flavescens*, *Danthonia montevidensis* e *Richardia humistrata* (1,04%, cada); *Croton* sp. e *Senecio leptolobus* (1,01%, cada); *Nothoscordum* cf. *bivalve*, *Desmodium incanum*, *Oxalis eriocarpa* e *Setaria parviflora* (0,87%, cada); *Aristida murina* e *Stipa setigera* (0,84%, cada); *Facelis retusa* e *Aristida laevis* (0,83%, cada); *Senecio brasiliensis*, *Wahlenbergia linarioides*, *Herbertia lahue*, *Cliococca selaginoides*, *Cuphea glutinosa*, *Polygala australis* e *Galium richardianum* (0,65%, cada); *Polycarpon tetraphyllum*, *Schizachyrium spicatum* e *Sporobolus indicus* (0,61%, cada); *Chaptalia mandonii*, *Conyza bonariensis*, *Gamochaeta falcata*, *Soliva sessilis*, *Euphorbia selloi*, *Galactia marginalis*, *Stylosanthes montevidensis*, *Zygodium australe*, *Oxalis conorrhiza*, *Bothriochloa laguroides*, *Eragrostis lugens*, *Piptochaetium stipoides* e *Richardia stellaris* (0,43%, cada); *Pfaffia gnaphaloides*, *Lessingianthus macrocephalus*, *Parodia erinacea*, *Stylosanthes leiocarpa*, *Elionurus* sp., *Melica rigida*, *Microchloa indica* e *Galium hirtum* (0,40%, cada); *Chenopodium retusum*, *Pfaffia tuberosa*, *Cyclosporum leptophyllum*, *Eryngium nudicaule*, *Conyza primulifolia*, *Lucilia nitens*, *Paronychia brasiliana*, *Dichondra macrocalyx*, *Bulbostylis capillaris*, *Bulbostylis juncoideis*, *Cyperus aggregatus*, *Ditaxis acaulis*, *Pomaria pilosa*, *Trifolium polymorphum*, *Zornia* sp., *Hyptis mutabilis*, *Dorstenia brasiliensis*, *Oenothera* sp., *Brachystelle camporum*, *Turnera sidoides*, *Briza minor*, *Eleusine tristachya*, *Piptochaetium lasianthum*, *Polygala linoides*, *Galianthe fastigiata* e *Solanum hasslerianum* (0,22%, cada).

**Campo seco:** *Paspalum notatum* (8,82%); *Vernonanthura nudiflora* (6,74%); *Vulpia bromoides* (4,59%); *Mnesithea selloana* (3,84%); *Eryngium horridum* (3,72%); *Piptochaetium montevidense* (3,41%); *Acanthostyles buniifolius* (2,76%); *Stipa setigera* (2,65%); *Baccharis crispa* (2,56%); *Desmodium incanum* (2,21%); *Hypochaeris neopinnatifida* (2,01%); *Axonopus affinis* (2%); *Chascolytrum subaristatum* (1,86%); *Steinchisma hians* (1,82%); *Dichondra sericea* (1,78%); *Paspalum plicatulum* (1,68%); *Wahlenbergia linarioides* (1,57%); *Hyptis mutabilis*, *Setaria parviflora*, *Trifolium polymorphum* e *Melica rigida* (1,52%, cada); *Galium richardianum* (1,37%); *Eryngium nudicaule* (1,26%); *Piptochaetium lasianthum* (1,23%); *Conyza bonariensis* (1,18%); *Andropogon ternatus* (1,13%); *Schizachyrium microstachyum* (1,09%); *Baccharis coridifolia* (1,07%); *Senecio brasiliensis*, *Sisyrinchium micranthum* e *Richardia humistrata* (0,98 %, cada); *Stenachaenium campestre* (0,89 %); *Cyclosporum leptophyllum*, *Evolvulus sericeus*, *Commelina platyphylla*, *Hypoxis decumbens*, *Borreria dasycephala* (0,78%, cada); *Senecio selloi* e *Oxalis eriocarpa* (0,74%); *Oxalis articulata* (0,69%); *Chaptalia mandonii*, *Facelis retusa*, *Pterocaulon* sp. 1, *Soliva sessilis*, *Euphorbia selloi*, *Herbertia lahue*, *Aristida venustula* e *Briza minor* (0,59%, cada); *Carex sororia*, *Rhynchosia diversifolia*, *Oenothera* sp., *Bothriochloa laguroides*, *Danthonia montevidensis*, *Piptochaetium stipoides*, *Galianthe fastigiata*, *Aristida jubata* e *Aristida laevis* (0,54%, cada); *Pfaffia tuberosa*, *Chrysolaena flexuosa*, *Conyza floribunda*, *Carex phalaroides*, *Kyllinga odorata*, *Kelissa brasiliensis*, *Cuphea glutinosa*, *Oxalis brasiliensis*, *Plantago tomentosa*, *Axonopus suffultus*, *Dichantheium sabulorum* e *Lolium multiflorum* (0,39%, cada); *Hypochaeris chillensis*, *Lessingianthus sellowii*, *Mimosa flagellaris*, *Cliococca selaginoides*, *Nierembergia* cf. *riograndensis* e *Aloysia lycioides* (0,35%, cada); *Nothoscordum* cf. *bivalve*, *Hydrocotyle exigua*, *Ambrosia elatior*, *Gamochaeta coarctata*, *Hypochaeris albiflora*, *Hypochaeris glabra*, *Orthopappus angustifolius*, *Triodanis perfoliata* subsp. *biflora*, *Cerastium glomeratum*, *Abildgaardia ovata*, *Bulbostylis capillaris*, *Bulbostylis juncoideis*, *Cyperus reflexus*, *Galactia marginalis*, *Sisyrinchium megapotamicum*, *Juncus capillaceus*, *Sida rhombifolia*, *Oxalis conorrhiza*, *Oxalis lasiopetala*, *Eleusine tristachya*, *Eragrostis neesii*, *Paspalum leptum*, *Paspalum maculosum*, *Sporobolus indicus*, *Borreria verticillata*, *Richardia stellaris* e *Verbena montevidensis* (0,20%, cada).

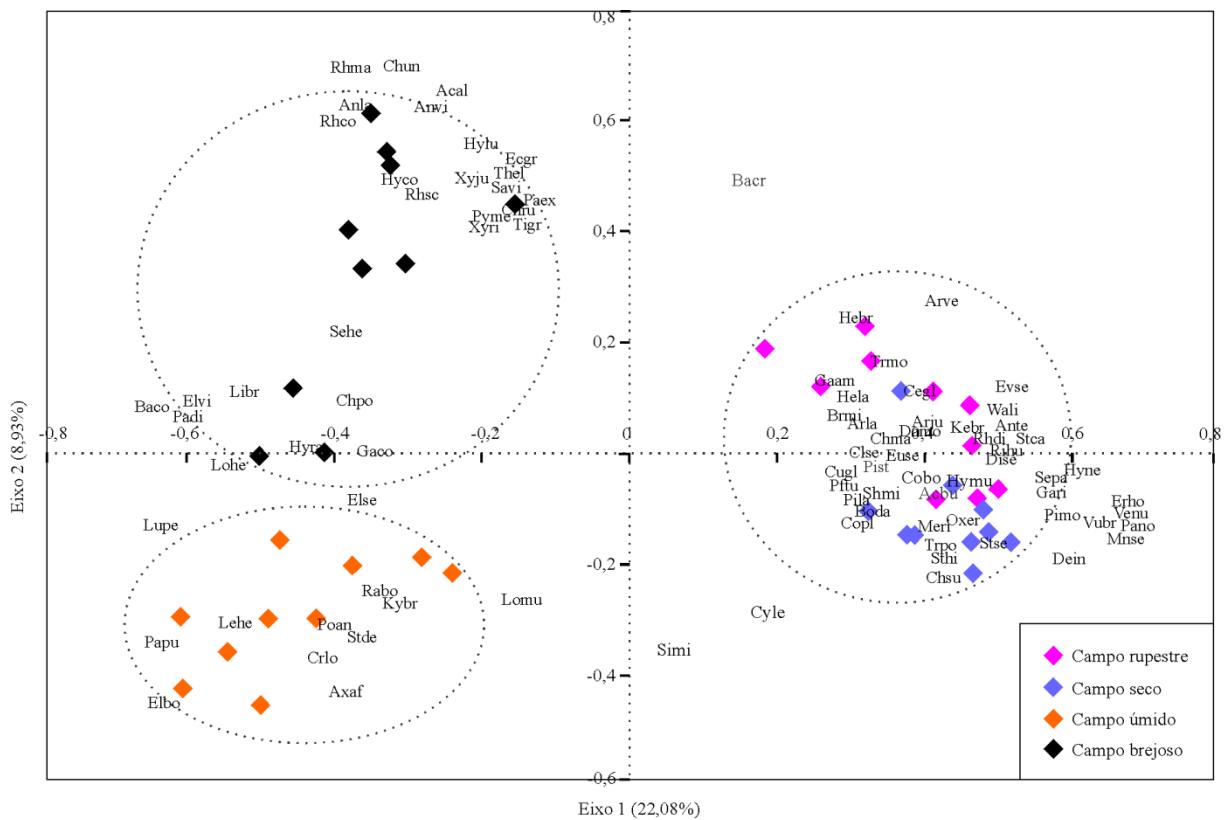
**Campo úmido:** *Axonopus affinis* (10%); *Paspalum pumilum* (9,37%); *Eleocharis bonariensis* (9,32%); *Eleocharis viridans* (8,47%); *Luziola peruviana* (4,67%); *Paspalum dilatatum* (4,29%); *Hydrocotyle ranunculoides* (4,08%); *Leersia hexandra* (3,44%); *Sisyrinchium micranthum* (3,05%); *Bacopa* sp. (2,88%); *Poa annua* (2,54%); *Eleocharis sellowiana* (2,25%); *Lobelia hederacea* (2,12%); *Crassula longipes* (2,03%); *Lilaeopsis brasiliensis* (1,74%); *Paspalum leptum* (1,66%); *Ranunculus bonariensis* (1,52%); *Kyllinga brevifolia* (1,36%); *Steinchisma decipiens* (1,35%); *Gamochaeta purpurea*, *Senecio heterotrichus*, *Juncus tenuis* e *Chascolytrum subaristatum* (1,19%, cada); *Paspalum vaginatum* (1,15%); *Paspalum notatum*, *Gamochaeta coarctata* e *Plantago tomentosa* (1,02%, cada); *Juncus microcephalus*, *Chascolytrum poomorphum*, *Lolium multiflorum* e *Paspalum plicatulum* (0,85%, cada); *Cyclosporum leptophyllum*, *Baccharis crispa*, *Senecio brasiliensis*, *Soliva sessilis*, *Cerastium* sp., *Kyllinga odorata*, *Juncus capillaceus* e *Andropogon lateralis* (0,68%, cada); *Hydrocotyle bonariensis* e *Cyperus rigens* (0,51%, cada); *Dichondra sericea*, *Carex bonariensis*, *Trifolium polymorphum*, *Scutellaria racemosa*, *Cuphea glutinosa*, *Oxalis brasiliensis*, *Bothriochloa laguroides*, *Chascolytrum rufum*, *Trichantheum schwackeanum*, *Phalaris angusta*, *Sporobolus indicus*, *Polygonum punctatum*, *Galium hirtum*, *Scrophularia peregrina* e *Verbena montevidensis* (0,34%).

**Campo brejoso:** *Eleocharis viridans* (9,19%); *Rhynchospora conferta* (7,48%); *Rhynchospora marisculus* (4,79%); *Andropogon lateralis* (4,67%); *Hygrophila costata* (4,51%); *Chascolytrum uniolae* (4,29%); *Rhynchospora scutellata* (4,25%); *Baccharis crispa* (4,15%); *Paspalum dilatatum* (3,73%); *Luziola peruviana* (3,59%); *Echinodorus grandiflorus* (3,37%); *Paspalum pumilum* (3,31%); *Bacopa* sp. (3,20%); *Andropogon virgatus* (2,98%); *Eleocharis bonariensis* (2,66%); *Lilaeopsis brasiliensis* (2,59%); *Lobelia hederacea* e *Axonopus affinis* (2,46%, cada); *Paspalum exaltatum* (2,29%); *Hydrocotyle ranunculoides* e *Saccharum villosum* (1,72%, cada); *Gamochaeta coarctata*, *Senecio heterotrichus*, *Chascolytrum poomorphum* e *Thelypteris* sp. (1,30%, cada); *Pycnus megapotamicus* (1,16%); *Eleocharis sellowiana* (1,12%); *Achyrocline alata* (1,11%); *Cerastium rivulare*, *Leersia hexandra* e *Xyris* sp. (0,93%, cada); *Hypochaeris lutea*, *Pterocaulon* cf. *balansae*, *Galium hirtum* e *Xyris jupicai* (0,74%, cada); *Eryngium pandanifolium*, *Baccharis dracunculifolia*, *Baccharis junciformis*, *Chaptalia runcinata*, *Conyza bonariensis*, *Pterocaulon* sp. 2, *Senecio brasiliensis*, *Senecio icoglossus*, *Cerastium commersonianum*, *Carex longii*, *Hypoxis decumbens*, *Sisyrinchium platense*, *Juncus microcephalus*, *Scutellaria racemosa*, *Tibouchina gracilis*, *Andropogon ternatus* e *Polygonum punctatum* (0,37%, cada).

**Matas de galeria e capões de mato:** *Sebastiania commersoniana* (25,75%); *Celtis ehrenbergiana* (11,4%); *Eugenia uniflora* (9,87%); *Scutia buxifolia* (8,41%); *Pouteria salicifolia* e *Lithraea molleoides* (6,26%); *Acanthosyrus spinescens* (4,5%); *Schinus polygama* (4,3%); *Allophylus edulis* (3,73%); *Ocotea pulchella* (3,36%); *Quillaja brasiliensis* (3,26%); *Blepharocalyx salicifolius* (1,68%); *Myrsine guianensis* (1,43%); *Citharexylum montevidense* (1,13%); *Erythrina crista-galli* (0,98%); *Citronella gongonha* (0,89%); *Myrsine laetevirens* (0,84%); *Sebastiania brasiliensis* (0,77%); *Xylosma schroederi* (0,69%); *Myrrhimum atropurpureum* e *Prunus myrtifolia* (0,66%, cada); *Cupania vernalis* e *Dasyphyllum spinescens* (0,65%, cada); *Eugenia uruguayensis* e *Gochnatia polymorpha* (0,64%, cada); *Cordia americana* (0,62%).

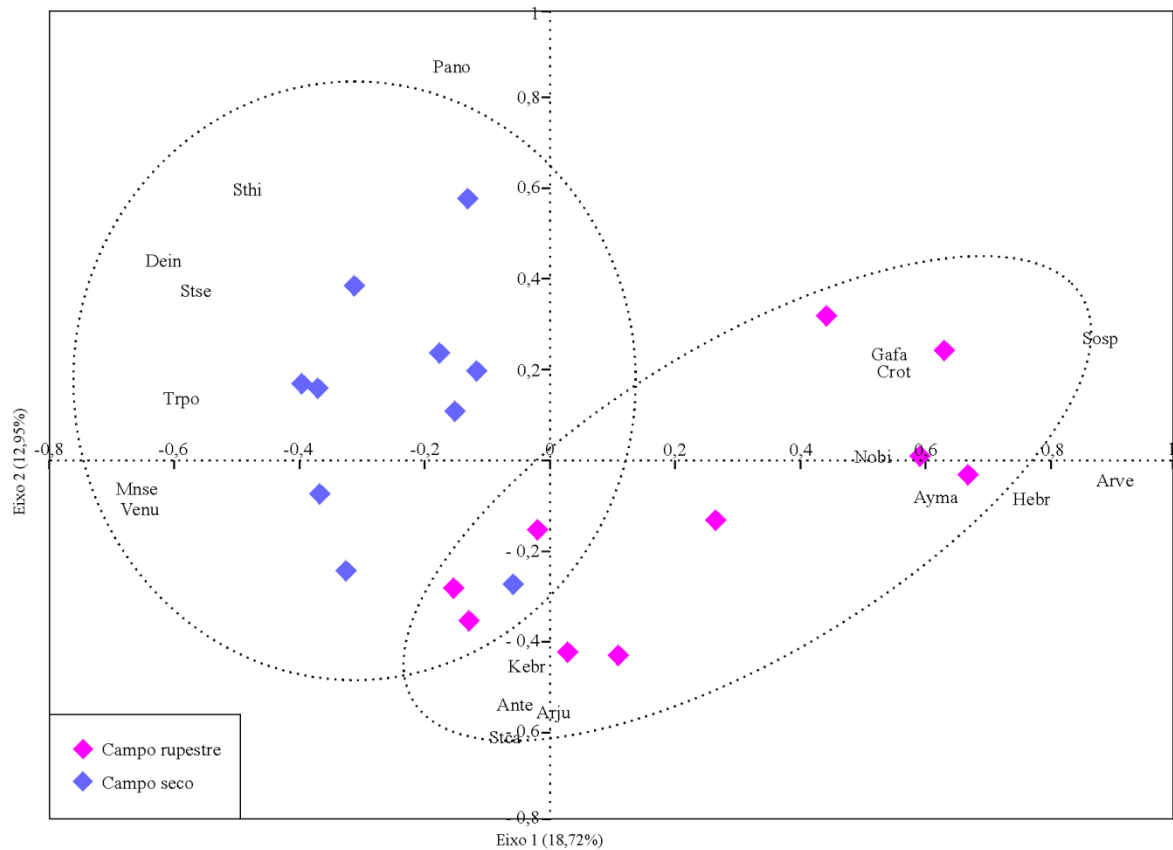
## Ordenações de PCoA da vegetação campestre

As ordenações de PCoA mostraram que a estrutura florística das quatro comunidades campestres são heterogêneas (Figs. 4–5). Não obstante, a primeira PCoA (Fig. 4) assinalou apenas três comunidades que reúnem os censos das distintas fitofisionomias desses campos. Os dois primeiros eixos desta ordenação representaram 31% da variância total dos dados. A maior porcentagem da mesma foi demonstrada no Eixo 1 (22,08%). Neste sentido, a porção positiva concentrou as subamostras e as espécies dos campos rupestre e seco; a negativa reuniu as subamostras e os táxons dos campos úmidos e brejosos que, por sua vez, ficam claramente separadas no Eixo 2 (8,93%).



**Figura 4.** PCoA da vegetação campestre. As siglas representam os táxons, cujas abreviaturas são especificadas na tabela 8.

Na PCoA complementar (Fig. 5) constata-se o discernimento das subamostras dos campos rupestre e seco. Os dois primeiros eixos desta ordenação totalizaram 31,67% da variância dos dados. A maior porcentagem da mesma foi indicada no Eixo 1 (18,72%). Assim, a porção positiva agrupou as subamostras e as espécies típicas do campo rupestre (Tab. 7); a porção negativa reuniu as subamostras e os táxons mais frequentes do campo seco. Porém, no Eixo 2 (12,95%), nota-se a mescla de algumas subamostras na porção negativa.



**Figura 5.** PCoA dos campos rupestres e secos. As siglas representam os táxons, cujas abreviaturas são especificadas na tabela 8.

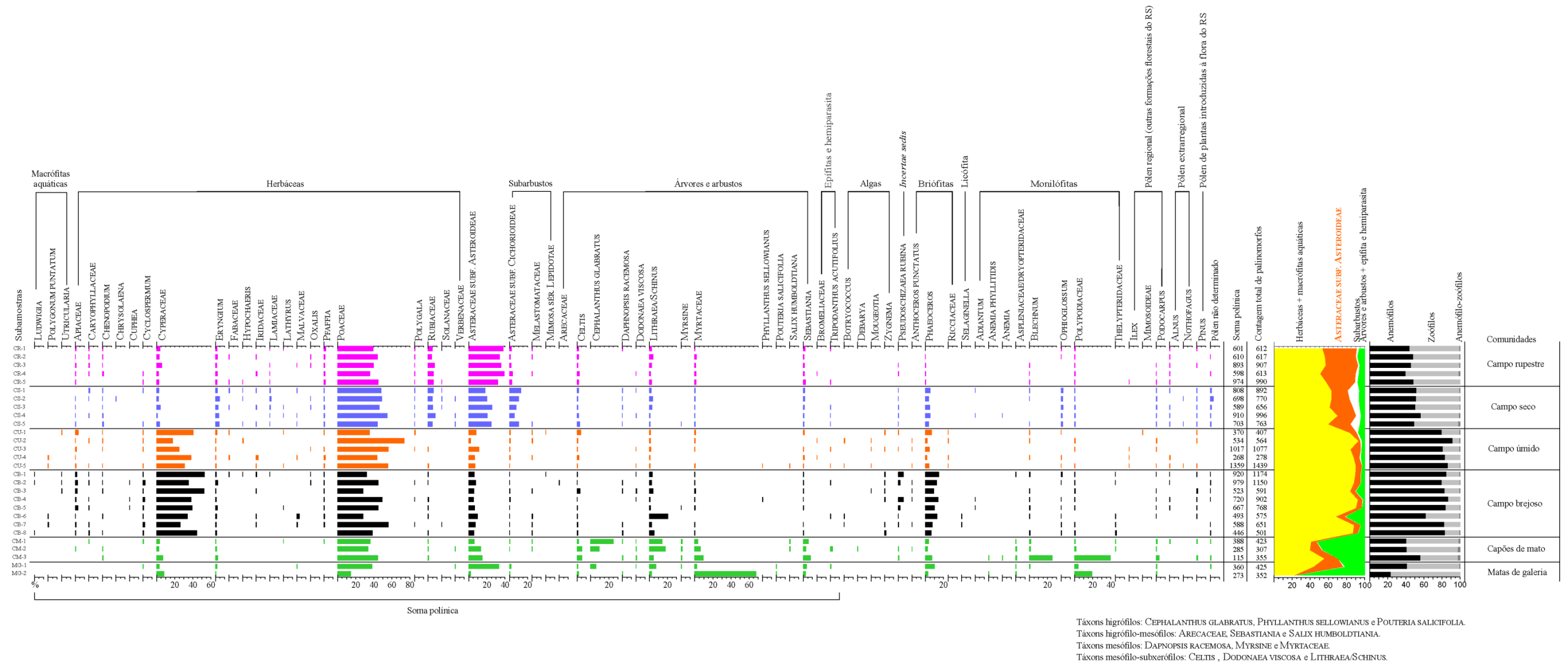
**Tabela 8.** Abreviatura das espécies citadas nas ordenações de PCoA da vegetação campestre (Figs. 4–5).

Abreviaturas	Espécies	Abreviaturas	Espécies
Acal	<i>Achyrocline alata</i>	Hymu	<i>Hyptis mutabilis</i>
Acbu	<i>Acanthostyles buniifolius</i>	Kebr	<i>Kelissa brasiliensis</i>
Anla	<i>Andropogon lateralis</i>	Kybr	<i>Kyllinga brevifolia</i>
Ante	<i>Andropogon ternatus</i>	Lehe	<i>Leersia hexandra</i>
Anvi	<i>Andropogon virgatus</i>	Libr	<i>Lilaeopsis brasiliensis</i>
Arju	<i>Aristida jubata</i>	Lohe	<i>Lobelia hederacea</i>
Arla	<i>Aristida laevis</i>	Lomu	<i>Lolium multiflorum</i>
Arve	<i>Aristida venustula</i>	Lupe	<i>Luziola peruviana</i>
Ayma	<i>Ayenia mansfeldiana</i>	Meri	<i>Melica rigida</i>
Axaf	<i>Axonopus affinis</i>	Mnse	<i>Mnesithea seloana</i>
Bacr	<i>Baccharis crispata</i>	Nobi	<i>Nothorscordum cf. bivalve</i>
Baco	<i>Bacopa</i> sp.	Oxer	<i>Oxalis eriocarpa</i>
Boda	<i>Borreria dasycephala</i>	Padi	<i>Paspalum dilatatum</i>
Brmi	<i>Briza minor</i>	Paex	<i>Paspalum exaltatum</i>
Cegl	<i>Cerastium glomeratum</i>	Pano	<i>Paspalum notatum</i>
Chma	<i>Chaptalia mandonii</i>	Papu	<i>Paspalum pumilum</i>
Chru	<i>Chaptalia runcinata</i>	Pftu	<i>Pfaffia tuberosa</i>
Chpo	<i>Chascolytrum poomorphum</i>	Pila	<i>Piptochaetium lasianthum</i>
Chsu	<i>Chascolytrum subaristatum</i>	Pimo	<i>Piptochaetium montevidense</i>
Chun	<i>Chascolytrum uniolae</i>	Pist	<i>Piptochaetium stipoides</i>
Clse	<i>Cliococca selaginoides</i>	Poan	<i>Poa annua</i>
Copl	<i>Commelina platyphylla</i>	Pyme	<i>Pycreus megapotamicus</i>
Cobo	<i>Conyza bonariensis</i>	Rabo	<i>Ranunculus bonariensis</i>
Crlo	<i>Crassula longipes</i>	Rhdi	<i>Rhynchosia diversifolia</i>
Crot	<i>Croton</i> sp.	Rhsc	<i>Rhynchospora scutellata</i>
Cugl	<i>Cuphea glutinosa</i>	Rhco	<i>Rhynchospora conferta</i>
Cyle	<i>Cyclosporum leptophyllum</i>	Rhma	<i>Rhynchospora marisculus</i>
Damo	<i>Danthonia montevidensis</i>	Rihu	<i>Richardia humistrata</i>
Dein	<i>Desmodium incanum</i>	Savi	<i>Saccharum villosum</i>
Dise	<i>Dichondra sericea</i>	Shmi	<i>Schizachyrium microstachyum</i>
Ecgr	<i>Echinodorus grandiflorus</i>	Sehe	<i>Senecio heterotrichus</i>
Elbo	<i>Eleocharis bonariensis</i>	Sepa	<i>Setaria parviflora</i>
Else	<i>Eleocharis sellowiana</i>	Simi	<i>Sisyrinchium micranthum</i>
Elvi	<i>Eleocharis viridans</i>	Sosp	<i>Sommerfeltia spinulosa</i>
Erho	<i>Eryngium horridum</i>	Stde	<i>Steinchisma decipiens</i>
Euse	<i>Euphorbia seloi</i>	Sthi	<i>Steinchisma hians</i>
Evse	<i>Evolvulus sericeus</i>	Stca	<i>Stenachaenium campestre</i>
Gari	<i>Galium richardianum</i>	Stse	<i>Stipa setigera</i>
Gafa	<i>Gamochaeta falcata</i>	Thel	<i>Thelypteris</i> sp.
Gaam	<i>Gamochaeta americana</i>	Tigr	<i>Tibouchina gracilis</i>
Gaco	<i>Gamochaeta coarctata</i>	Trmo	<i>Trachypogon montufari</i> var. <i>mollis</i>
Hebr	<i>Helianthemum brasiliense</i>	Trpo	<i>Trifolium polymorphum</i>
Hela	<i>Herbertia lahue</i>	Venu	<i>Vernonanthura nudiflora</i>
Hyra	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Vubr	<i>Vulpia bromoides</i>
Hyco	<i>Hygrophila costata</i>	Wali	<i>Wahlenbergia linarioides</i>
Hylu	<i>Hypochaeris lutea</i>	Xyju	<i>Xyris jupicai</i>
Hyne	<i>Hypochaeris neopinatifida</i>	Xyri	<i>Xyris</i> sp.

## II.1.2 Palinologia

### Representação palinológica

Nas subamostras polínicas de superfície foram reconhecidos 66 palinomorfos pertencentes a diferentes categorias taxonômicas (Fig. 6). A soma polínica variou entre 115 e 1.359 grãos, e a contagem total, entre 278 e 1.439. A classificação dos táxons polínicos quanto à síndrome de polinização predominante (anemófilos e/ou zoófilos) é especificada na Tabela 9.



**Figura 6.** Diagrama palinológico de porcentagem das 28 subamostras polínicas de superfície. As subamostras, correspondentes as diferentes comunidades florísticas foram ordenadas *a priori* no diagrama. Notar diagrama de porcentagem resumido dos grupos e as proporções dos táxons quanto à síndrome de polinização predominante.

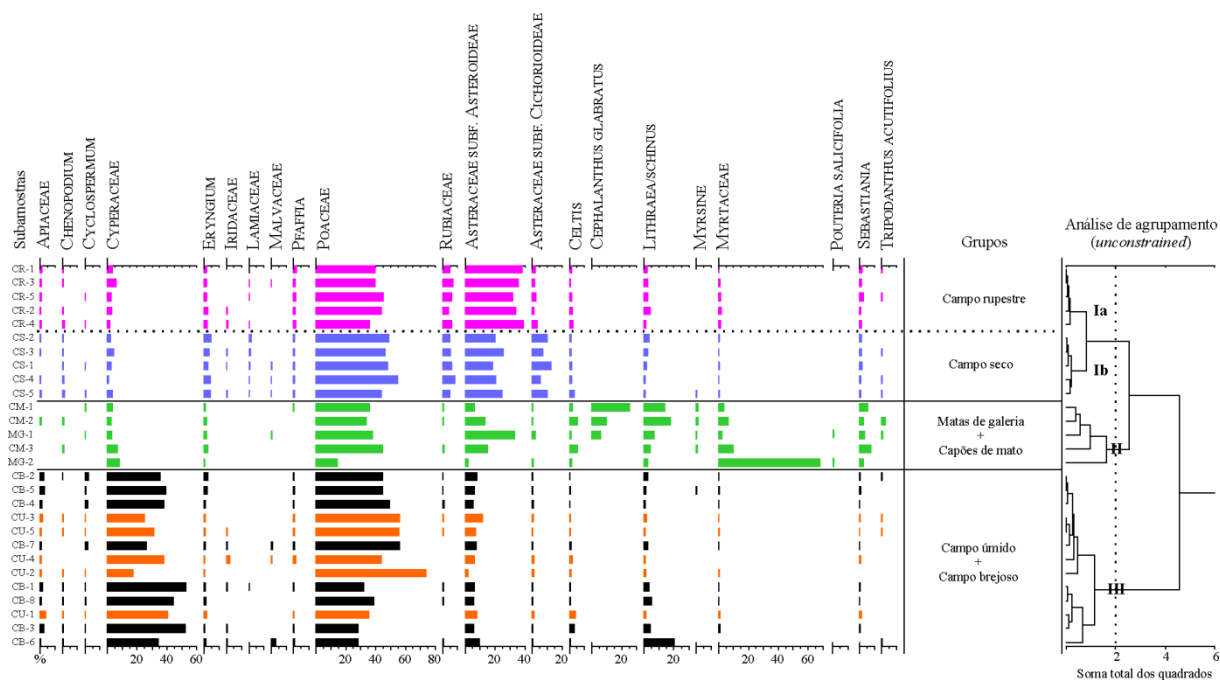
**Tabela 9.** Classificação dos táxons polínicos quanto à síndrome de polinização predominante (A = Anemófilos; Z = Zoófilos). Na última coluna são informadas as referências bibliográficas utilizadas para tal classificação, considerando-se o conhecimento da flora local.

<b>Táxons</b>	<b>Polinização</b>	<b>Referências bibliográficas</b>
<b>Macrófitas aquáticas</b>		
LUDWIGIA	Z	Raven (1979); Schindwein (1998).
POLYGONUM PUNCTATUM	Z	Faegri & van der Pijl (1971); Schindwein (1998).
UTRICULARIA	Z	Clivati <i>et al.</i> (2014).
<b>Herbáceas</b>		
APIACEAE	Z	Schindwein (1998); Pinheiro <i>et al.</i> (2008).
CARYOPHYLLACEAE	Z	Faegri & van der Pijl (1971); Schindwein (1998).
CHENOPODIUM	A	Reddi & Reddi (1986).
CHRYSOLAENA	Z	Schindwein (1998); Pinheiro <i>et al.</i> (2008); Oleques <i>et al.</i> (2017).
CUPHEA	Z	Schindwein (1998); Pinheiro <i>et al.</i> (2008).
CYCLOSPERMUM	Z	Pinheiro <i>et al.</i> (2008).
CYPERACEAE	A	Reddi & Reddi (1986).
ERYNGIUM	Z	Hermes & Köhler (2006); Morales & Köhler (2006); Pinheiro <i>et al.</i> (2008).
FABACEAE	Z	Schindwein (1998); Pinheiro <i>et al.</i> (2008); Oleques <i>et al.</i> (2017).
HYPOCHAERIS	Z	Schindwein (1998); Pinheiro <i>et al.</i> (2008).
IRIDACEAE	Z	Schindwein (1998); Freitas & Sazima (2006); Pinheiro <i>et al.</i> (2008).
LAMIACEAE	Z	Faegri & van der Pijl (1971); Schindwein (1998).
LATHYRUS	Z	Faegri & van der Pijl (1971).
MALVACEAE	Z	Schindwein (1998); Corrêa <i>et al.</i> (2001); Freitas & Sazima (2006).
OXALIS	Z	Schindwein (1998); Corrêa <i>et al.</i> (2001); Pinheiro <i>et al.</i> (2008).
PFAFFIA	Z	Schindwein (1998); Pinheiro <i>et al.</i> (2008); Oleques <i>et al.</i> (2017).
POACEAE	A	Reddi & Reddi (1986).
POLYGALA	Z	Schindwein (1998).
RUBIACEAE	Z	Schindwein (1998); Corrêa <i>et al.</i> (2001); Pinheiro <i>et al.</i> (2008).
SOLANACEAE	Z	Cocucci, A.A. (1991); Schindwein (1998); Vignoli-Silva & Mentz (2006).
VERBENACEAE	Z	Schindwein (1998); Corrêa <i>et al.</i> (2001); Pinheiro <i>et al.</i> (2008).
<b>ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE</b>	Z	Corrêa <i>et al.</i> (2001); Hermes & Köhler (2006); Pinheiro <i>et al.</i> (2008); Oleques <i>et al.</i> (2017)
<b>Subarbustos</b>		
ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE	Z	Schindwein (1998); Pinheiro <i>et al.</i> (2008); Oleques <i>et al.</i> (2017).
MIMOSA SÉR. LEPIDOTAE	A	Reddi & Reddi (1986).
MELASTOMATACEAE	Z	Schindwein (1998); Pinheiro <i>et al.</i> (2008); Oleques <i>et al.</i> (2017).
<b>Árvores e arbustos</b>		
ARECACEAE	Z	Carvalho (2006).
CELTIS	A	Torretta & Basilio (2008).
CEPHALANTHUS GLABRATUS	Z	Mourelle & Prieto (2012).
DAPHNOPSIS RACEMOSA	Z	D'Avila (2006).
DODONAEA VISCOSA	Z	Carvalho (2008).
LITHRAEA/SCHINUS	Z	Schindwein (1998); Carvalho (2003); Carvalho (2006); Carvalho (2014).
MYRSINE	A-Z	Otegui & Cocucci (1999); Carvalho (2014).
MYRTACEAE	Z	Schindwein (1998); Corrêa <i>et al.</i> (2001); Carvalho (2006).
PHYLLANTHUS SELLOWIANUS	Z	De Almeida <i>et al.</i> (2003); Mourelle & Prieto (2012).
POUTERIA SALICIFOLIA	Z	Faegri & van der Pijl (1971); Mourelle & Prieto (2012).
SALIX HUMBOLDTIANA	Z	Castiglioni (1975) <i>apud</i> Carvalho (2003).
SEBASTIANA	Z	Carvalho (2003)
<b>Epífita e hemiparasita</b>		
BROMELIACEAE	Z	Corrêa <i>et al.</i> (2001).
TRIPODANTHUS ACUTIFOLIUS	Z	Schindwein (1998).

## Classificação e ordenações dos conjuntos polínicos

### Análise de agrupamento

Os conjuntos polínicos atuais foram classificados em três grupos e dois subgrupos (Fig. 7). O **grupo I** concentrou as subamostras dos campos rupestres e secos. Entretanto, o mesmo foi discernido em dois subgrupos: **Ia** (campo rupestre) e **Ib** (campo seco). O **grupo II** reuniu as subamostras das matas de galeria e capões de mato. Finalmente, o **grupo III** agregou os conjuntos polínicos dos campos úmidos e brejosos.



**Figura 7.** Diagrama polínico de porcentagem com o resultado da análise de agrupamento (*unconstrained*) dos conjuntos polínicos atuais.

No **grupo I** (campo rupestre e campo seco; Fig. 7) dominaram POACEAE (36–54%) e ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE (18–39%), seguidas por RUBIACEAE. Todavia, no **grupo Ia** (campo rupestre) houve maior representação de ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE (31–39%), em relação ao grupo Ib (18–28%). Por outro lado, no **grupo Ib** (campo seco), destacaram-se: ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE (até 13 %). Os táxons anemófilos e zoófilos tiveram proporções equilibradas (Fig. 6).

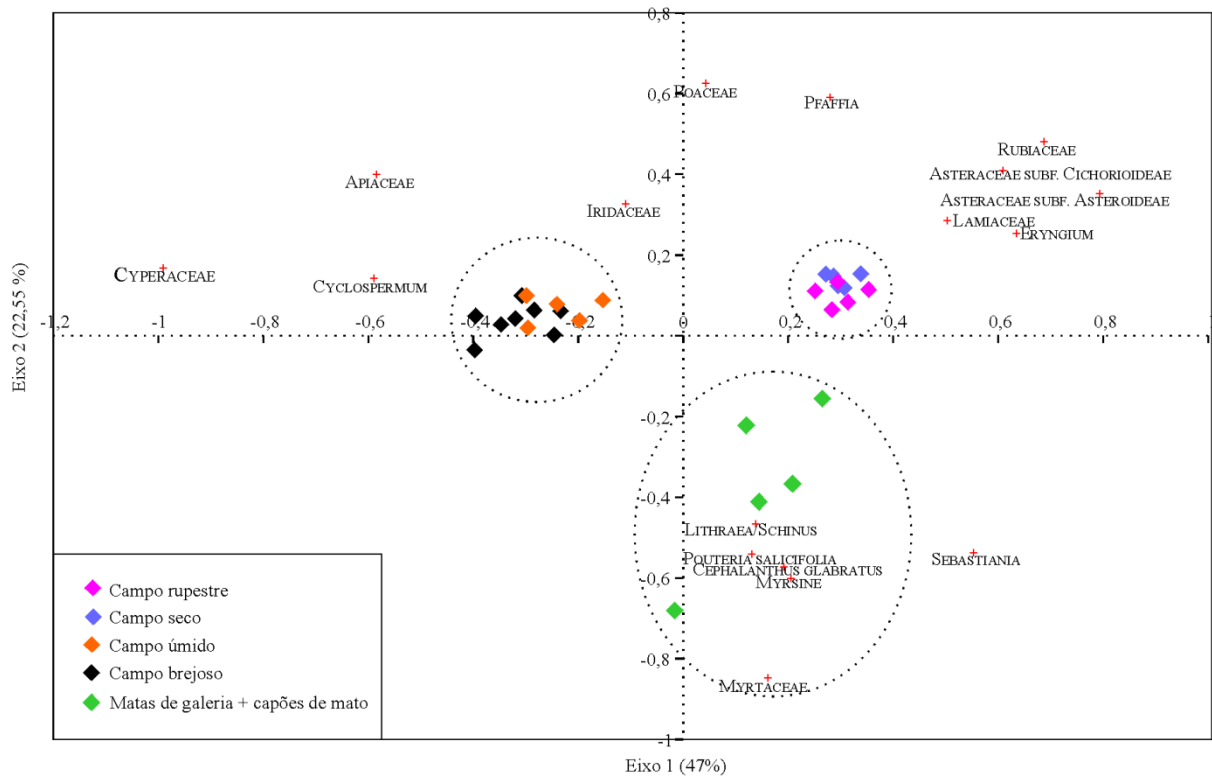
No **grupo II** (matas de galeria + capões de mato; Fig. 7), destacaram-se os táxons arbóreo-arbustivos, em particular LITHRAEA/SCHINUS, CEPHALANTHUS GLABRATUS, MYRTACEAE, SEBASTIANIA e CELTIS. Ademais, nestes conjuntos polínicos se observa a codominância entre os táxons arbóreo-arbustivos (21–75%) e herbáceos (23–56%) (Fig. 6). Na subamostra CM–1 C. GLABRATUS ocorreu com ampla frequência relativa (25%); em MG–2, MYRTACEAE (68%). Dentre os elementos herbáceos dominou POACEAE (14–44%). ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE apresentou proporções elevadas na subamostra MG–1 (30%). Nestes conjuntos polínicos sobressaíram os táxons com polinização zoófila (60–75%) (Fig. 6).

No **grupo III** (campo brejoso + campo úmido; Fig. 7) dominaram novamente os táxons herbáceos (68–93%; Fig. 6), sobretudo POACEAE (28–74%) e CYPERACEAE (17–53%). ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE (2–11%) foi comumente reconhecida nestas subamostras, porém com baixas proporções. Na subamostra CB–6, houve um pico de LITHRAEA/SCHINUS (20%). Nesta unidade, sobressaíram os táxons com polinização anemófila (60–90%).

### Ordenações de PCoA

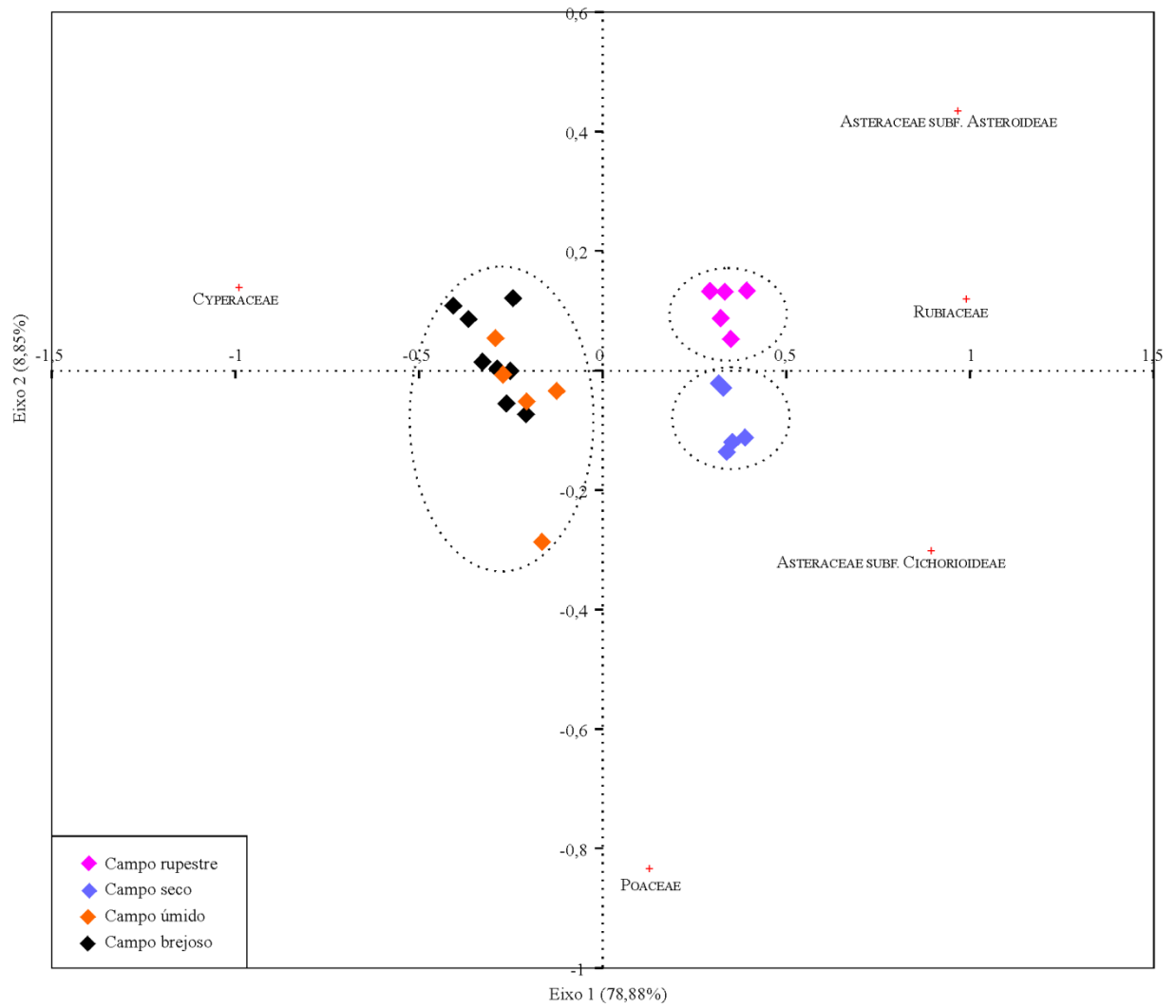
As análises de PCoA ordenaram os conjuntos polínicos tal como foram classificados na análise de agrupamento (Fig. 7). Na primeira PCoA (Fig. 8), os dois primeiros eixos da ordenação totalizaram 69,62% da variância dos dados. A maior porcentagem da mesma foi atribuída ao Eixo 1 (47%). A porção positiva reuniu as subamostras dos campos rupestres e secos, caracterizadas por ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE, RUBIACEAE e ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE, enquanto a porção negativa agrupou as subamostras dos campos úmidos e brejosos, assinaladas por CYPERACEAE, APIACEAE e CYCLOSPERMUM. No Eixo 2 (22,55%), houve uma diferenciação dos campos, representados por POACEAE, PFAFFIA e IRIDACEAE (na porção positiva), em relação às matas de galeria + capões de mato, assinalados por MYRTACEAE, MYRSINE, CEPHALANTHUS GLABRATUS, POUTERIA SALICIFOLIA, SEBASTIANIA, LITHRAEA/SCHINUS e CELTIS (na porção negativa).





**Figura 8.** PCoA das subamostras polínicas de superfície.

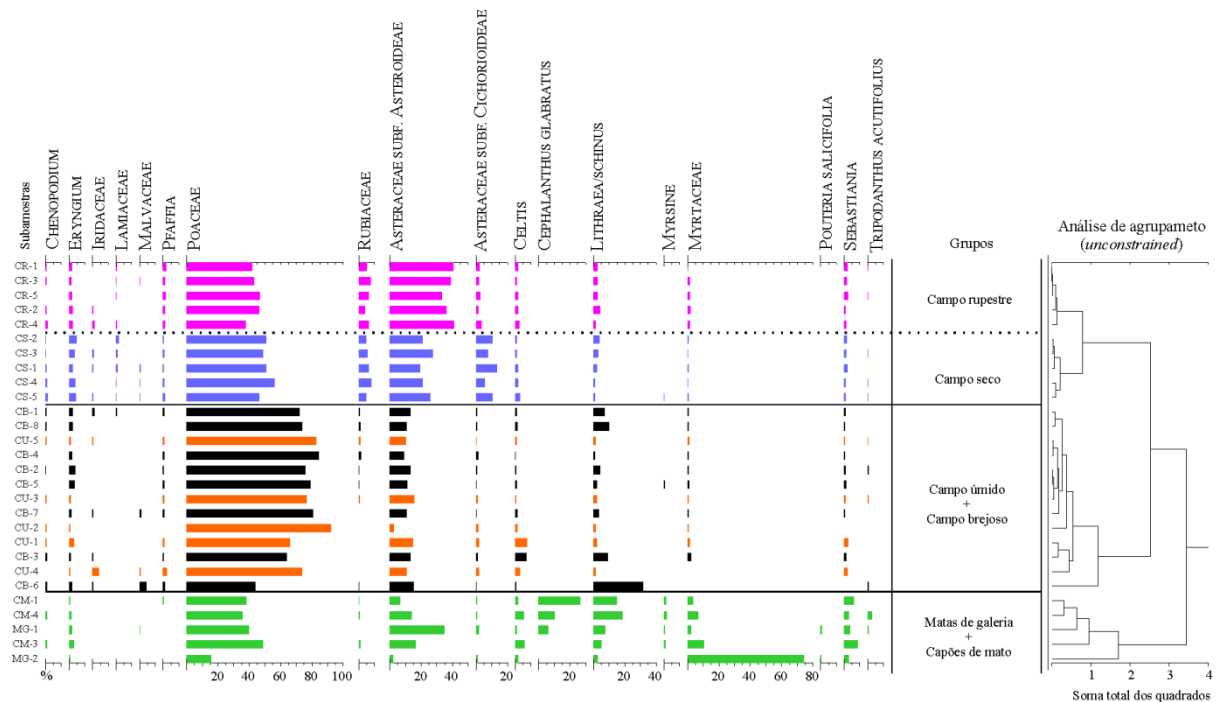
Na PCoA complementar (Fig. 9), que incluiu apenas as subamostras campestres, os dois primeiros eixos da ordenação totalizaram 87,73% da variância dos dados. O Eixo 1 concentrou a maior porcentagem da mesma (78,88%). A porção positiva continuou agrupando as subamostras dos campos rupestres e secos, enquanto a negativa manteve o agrupamento indiferenciado dos campos úmidos e brejosos. Porém, assim como na análise de agrupamento, foi possível discriminar os campos rupestres (marcados por ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE) dos campos secos (caracterizados por ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE). Nesta ordenação, o Eixo 2 (8,86%) pouco explica o espalhamento das subamostras e dos táxons polínicos. Uma síntese da classificação e das ordenações dos conjuntos polínicos atuais em relação às comunidades de vegetação dos campos arbustivos de São Gabriel é apresentada na Tabela 10.



**Figura 9.** PCoA das subamostras polínicas de superfície das comunidades campestres.

### Análise de agrupamento excluindo CYPERACEAE, APIACEAE e CYCLOSPERMUM

Esta análise aclara que a classificação dos grupos e dos subgrupos polínicos se manteve as mesmas quando excluídos CYPERACEAE, APIACEAE e CYCLOSPERMUM (Fig. 10) em relação à análise de agrupamento prévia (Fig. 7). Contudo, quando se exclui estas variáveis, todas as subamostras campestres se separam das matas de galeria + capões de mato, ao contrário da primeira análise, em que tais formações arbóreas se agrupavam com os campos rupestres e secos.



**Figura 10.** Diagrama polínico de porcentagem e análise de agrupamento sem CYPERACEAE, APIACEAE e CYCLOSPERMUM.

**Tabela 10.** Síntese dos táxons polínicos que definem os grupos e os subgrupos dos conjuntos polínicos atuais nas distintas comunidades de vegetação nos campos arbustivos de São Gabriel, RS.

Grupos e subgrupos	Comunidades de vegetação	Hábitat	Espécies frequentes na vegetação
<p><b>Grupo I (subgrupo Ia):</b></p> <p>✓POACEAE ✓ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE; ✓RUBIACEAE.</p>	Campo rupestre	Afloramentos rochosos e litossolos; ambientes com baixo recurso hídrico e de nutrientes; topo das coxilhas.	<i>Aristida jubata</i> , <i>Aristida venustula</i> , <i>Baccharis crispa</i> , <i>Paspalum notatum</i> , <i>Eryngium horridum</i> , <i>Vernonanthura nudiflora</i> , <i>Trachypogon montufari</i> var. <i>mollis</i> , <i>Stenachaenium campestre</i> , <i>Piptochaetium montevidense</i> , <i>Vulpia bromoides</i> , <i>Mnesithea seloana</i> , <i>Andropogon ternatus</i> , <i>Sommerfeltia spinulosa</i> , <i>Cerastium glomeratum</i> , <i>Helianthemum brasiliense</i> , <i>Evolvulus sericeus</i> , <i>Hypochaeris neopinnatifida</i> , <i>Dichondra sericea</i> , <i>Ayenia mansfeldiana</i> , <i>Rhynchosia diversifolia</i> , <i>Paspalum plicatulum</i> , <i>Sisyrinchium micranthum</i> , <i>Chascolytrum subaristatum</i> , <i>Kelissa brasiliensis</i> , <i>Axonopus affinis</i> , <i>Eragrostis neesii</i> , <i>Acanthostyles buniifolius</i> , <i>Gamochoaeta americana</i> , <i>Krapovickasia flavescens</i> , <i>Danthonia montevidensis</i> , <i>Richardia humistrata</i> , <i>Croton</i> sp., <i>Senecio leptolobus</i> e <i>Chenopodium retusum</i> .
<p><b>Grupo I (subgrupo Ib):</b></p> <p>✓POACEAE ✓ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE (&lt; % em relação ao subgrupo Ia); ✓RUBIACEAE; ✓ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE (&gt; % em relação ao subgrupo Ia).</p>	Campo seco	Sedimentos arenos-argilosos, bem drenados; matriz principal da vegetação nestes campos; encostas convexas do relevo, predominantemente.	<i>Paspalum notatum</i> , <i>Vernonanthura nudiflora</i> , <i>Vulpia bromoides</i> , <i>Mnesithea seloana</i> , <i>Eryngium horridum</i> , <i>Piptochaetium montevidense</i> , <i>Acanthostyles buniifolius</i> , <i>Stipa setigera</i> , <i>Baccharis crispa</i> , <i>Desmodium incanum</i> , <i>Hypochaeris neopinnatifida</i> , <i>Axonopus affinis</i> , <i>Chascolytrum subaristatum</i> , <i>Steinchisma hians</i> , <i>Dichondra sericea</i> , <i>Paspalum plicatulum</i> , <i>Wahlenbergia linarioides</i> , <i>Hyptis mutabilis</i> , <i>Setaria parviflora</i> , <i>Trifolium polymorphum</i> , <i>Melica rigida</i> , <i>Galium richardianum</i> , <i>Eryngium nudicaule</i> , <i>Piptochaetium lasianthum</i> , <i>Conyza bonariensis</i> , <i>Andropogon ternatus</i> , <i>Schizachyrium microstachyum</i> , <i>Baccharis coridifolia</i> , <i>Senecio brasiliensis</i> , <i>Sisyrinchium micranthum</i> e <i>Richardia humistrata</i> .
<p><b>Grupo II:</b></p> <p>✓MYRTACEAE; ✓MYRSINE; ✓CEPHALANTHUS GLABRATUS; ✓POUTERIA SALICIFOLIA; ✓SEBASTIANA; ✓LITHRAEA/SCHINUS;</p>	Matas de galeria	Margens de arroios.	<p><b>Espécies hígrófilas:</b> <i>Pouteria salicifolia</i>, <i>Phyllanthus sellowianus</i>, <i>Erythrina crista-galli</i>, <i>Sebastiania brasiliensis</i> e <i>Cephalanthus glabratus</i>.</p> <p><b>Espécies hígrófila-mesófilas:</b> <i>Cordia americana</i>, <i>Salix humboldtiana</i> e <i>Syagrus romanzoffiana</i>.</p> <p><b>Espécies mesófilas:</b> <i>Sebastiania commersoniana</i>, <i>Eugenia uniflora</i>, <i>Allophylus edulis</i>, <i>Ocotea pulchella</i>, <i>Quillaja brasiliensis</i>, <i>Blepharocalyx salicifolius</i>, <i>Myrsine guianensis</i>, <i>Citharexylum montevidense</i>, <i>Myrsine laetevirens</i>, <i>Citronella gongonha</i>, <i>Myrrhimum atropurpureum</i>, <i>Prunus myrtifolia</i>, <i>Cupania vernalis</i>, <i>Daphnopsis racemosa</i>, <i>Eugenia uruguayensis</i>, <i>Xylosma schroederi</i>, <i>Xylosma tweediana</i>, <i>Gochnatia polymorpha</i> e <i>Salix humboldtiana</i>.</p>
	Capões de mato	Ilhas de vegetação silvática situadas nas encostas côncavas do relevo, onde há disponibilidade hídrica proveniente das nascentes a montante.	<p><b>Espécies hígrófilas:</b> <i>Cephalanthus glabratus</i>, <i>Erythrina crista-galli</i>.</p> <p><b>Espécies mesófilas:</b> <i>Sebastiania commersoniana</i>, <i>Eugenia uniflora</i>, <i>Allophylus edulis</i>, <i>Ocotea pulchella</i>, <i>Blepharocalyx salicifolius</i>, <i>Myrsine guianensis</i>, <i>Citharexylum montevidense</i>, <i>Myrsine laetevirens</i>, <i>Citronella gongonha</i>, <i>Cupania vernalis</i>, <i>Daphnopsis racemosa</i>, <i>Eugenia uruguayensis</i> e <i>Gochnatia polymorpha</i>.</p> <p><b>Espécies mesófilo-subxerófilas:</b> <i>Celtis ehrenbergiana</i>, <i>Lithraea molleoides</i>, <i>Schinus polygama</i>, <i>Scutia buxifolia</i>, <i>Acanthosyris spinescens</i>, <i>Schinus lentiscifolius</i>, <i>Dasyphyllum spinescens</i>, <i>Baccharis dracunculifolia</i> e <i>Dodonaea viscosa</i>.</p>
<p><b>Grupo III:</b></p> <p>✓POACEAE ✓ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE (&lt; %, quando comparado ao grupo I).</p>	Campo úmido	Litossolos argilo-arenosos, com maior retenção de umidade. Águas superficiais perenes, proveniente das nascentes à montante.	<i>Axonopus affinis</i> , <i>Paspalum pumilum</i> , <i>Eleocharis bonariensis</i> , <i>Eleocharis viridans</i> , <i>Luziola peruviana</i> , <i>Paspalum dilatatum</i> , <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> , <i>Leersia hexandra</i> , <i>Sisyrinchium micranthum</i> , <i>Bacopa</i> sp., <i>Poa annua</i> , <i>Eleocharis sellowiana</i> , <i>Lobelia hederacea</i> , <i>Crassula longipes</i> , <i>Lilaeopsis brasiliensis</i> , <i>Paspalum leptum</i> , <i>Ranunculus bonariensis</i> , <i>Kyllinga brevifolia</i> , <i>Steinchisma decipiens</i> , <i>Gamochoaeta purpurea</i> , <i>Senecio heterotrichus</i> , <i>Juncus tenuis</i> , <i>Chascolytrum subaristatum</i> , <i>Paspalum vaginatum</i> , <i>Paspalum notatum</i> , <i>Gamochoaeta coarctata</i> e <i>Plantago tomentosa</i> .
	Campo brejoso	Lama e matéria orgânica decomposta. Solos mal drenados e disponibilidade de água perene proveniente do aquífero freático aflorante.	<i>Eleocharis viridans</i> , <i>Rhynchospora conferta</i> , <i>Rhynchospora marisculus</i> , <i>Andropogon lateralis</i> , <i>Hygrophila costata</i> , <i>Chascolytrum utiolae</i> , <i>Rhynchospora scutellata</i> , <i>Baccharis crispa</i> , <i>Paspalum dilatatum</i> , <i>Luziola peruviana</i> , <i>Echinodorus grandiflorus</i> , <i>Paspalum pumilum</i> , <i>Bacopa</i> sp., <i>Andropogon virgatus</i> , <i>Eleocharis bonariensis</i> , <i>Lilaeopsis brasiliensis</i> , <i>Lobelia hederacea</i> , <i>Axonopus affinis</i> , <i>Paspalum exaltatum</i> , <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> , <i>Saccharum villosum</i> , <i>Gamochoaeta coarctata</i> , <i>Senecio heterotrichus</i> , <i>Chascolytrum poomorphum</i> , <i>Thelypteris</i> sp., <i>Pycneus megapotamicus</i> , <i>Eleocharis sellowiana</i> , <i>Achyrocline alata</i> e <i>Cerastium rivulare</i> .

### Representação palinológica dos táxons excluídos da soma polínica

As colônias e zigósporos de algas, BOTRYOCOCCUS, MOUGEOTIA e ZYGNEMA foram identificadas exclusivamente nas comunidades dos campos úmido e brejoso (Fig. 6). DEBARYA foi observada apenas na subamostra CM-2. O palinomorfo *incertae sedis* PSEUDOSCHIZAEA RUBINA, reconhecido na maioria das subamostras, apresentou as maiores proporções no campo brejoso.

Em relação aos esporos das briófitas (Fig. 6), PHAEOCEROS foi o táxon mais abundante, destacando-se campo brejoso (6,5–15%). ANTHOCEROS PUNCTATUS e RICCIACEAE tiveram registros pontuais (este último com ocorrência exclusiva no campo úmido).

Os esporos da licófito SELAGINELLA foram raros e tiveram distribuição restrita ao campo brejoso (CB-6 e CB-7). Dentre os esporos das monilófitas, sobressaíram: POLYPODIACEAE, BLECHNUM e ASPLENIACEAE/DRYOPTERIDACEAE, associados às matas de galeria e aos capões de mato. Por outro lado, OPHIOGLOSSUM foi reconhecido exclusivamente nas subamostras campestres (Fig. 6).

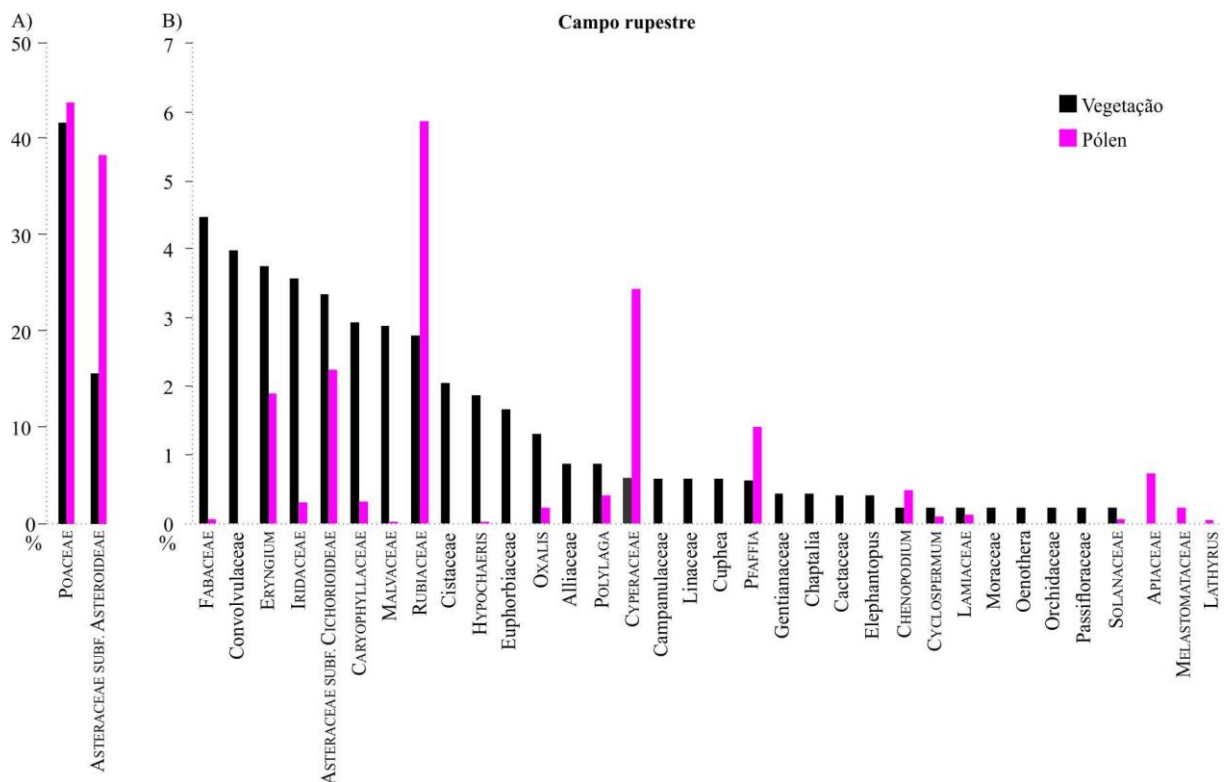
Quanto aos grãos de pólen da flora regional, de outras formações florestais no RS, os mesmos foram raramente observados (*e.g.* MIMOSOIDEAE e ILEX), porém PODOCARPUS foi registrado em quase todas as subamostras. No que concerne aos elementos extrarregionais, ALNUS foi comumente presenciado em todas as comunidades campestres, ao contrário de NOTHOFAGUS. Finalmente, destaca-se que o pólen de PINUS, cujas plantas análogas são introduzidas à flora do RS, teve ocorrência em muitas subamostras (Fig. 6).

### II.1.3 Representação polínica atual *versus* estrutura da vegetação

Estas análises mostraram algumas disparidades entre a representação polínica atual e a estrutura florística em comunidade campestre e nas formações arbóreas. Cabe ressaltar que nas subamostras CR, CS, CU e CB se evidenciam a deposição extralocal e/ou regional dos representantes arbóreo-arbustivos, embora com baixas proporções (Fig. 6).

#### Grupo I (subgrupo Ia): campo rupestre

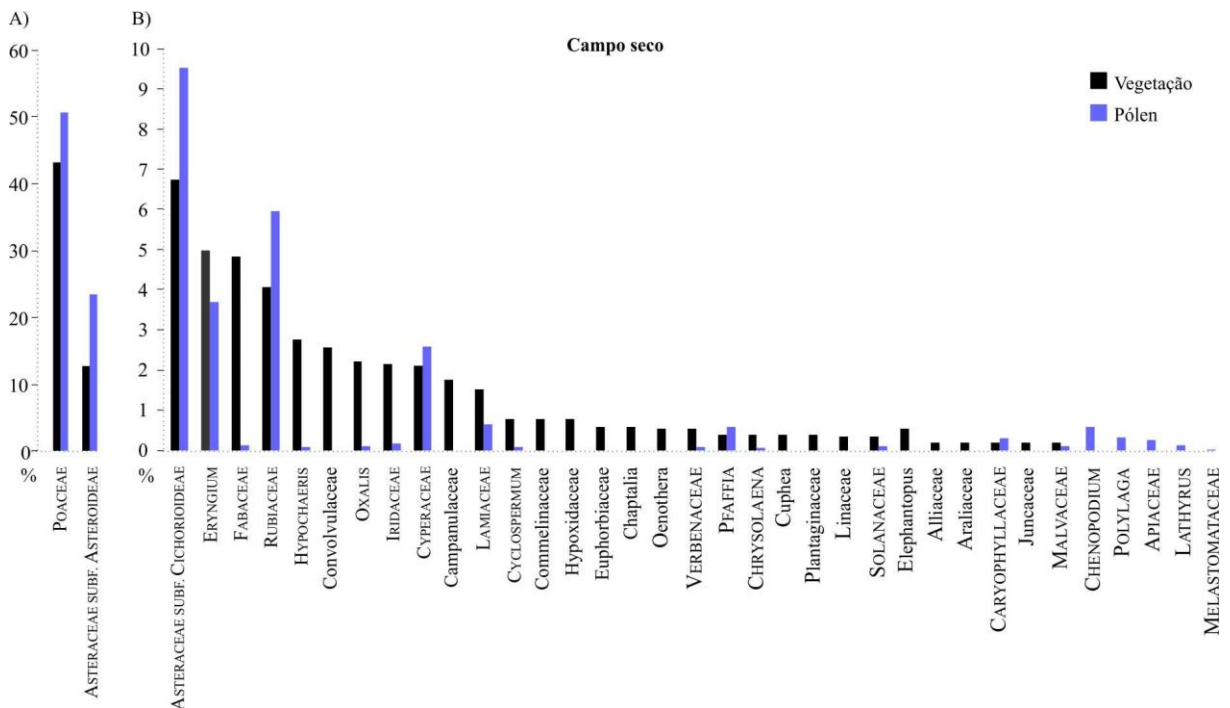
No campo rupestre (Fig. 11), as maiores discrepâncias foram assinaladas por meio da super-representação de ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE, RUBIACEAE e CYPERACEAE, além da sub-representação de FABACEAE, IRIDACEAE, CARYOPHYLLACEAE e MALVACEAE. Importantes espécies botânicas registradas no censo fitossociológico desta comunidade não apresentaram correspondência palinológica: *Evolvulus sericeus*, *Dichondra sericea* (Convolvulaceae) e *Helianthemum brasiliense* (Cistaceae) (Tabs. 6–7). Grãos de pólen extralocais, oriundos de outras comunidades campestres foram observados: APIACEAE (CBv, CUv e MGv), MELASTOMATACEAE (CBv; MGv) e LATHYRUS (CSv) (Tab. 6).



**Figura 11.** Comparação entre a representação polínica atual e a estrutura florística nos campos rupestres. Notar diferentes escalas de porcentagem em 11A e 11B. Os táxons são apresentados em ordem decrescente por meio dos índices de valor de importância das plantas.

### Grupo I (subgrupo Ib): campo seco

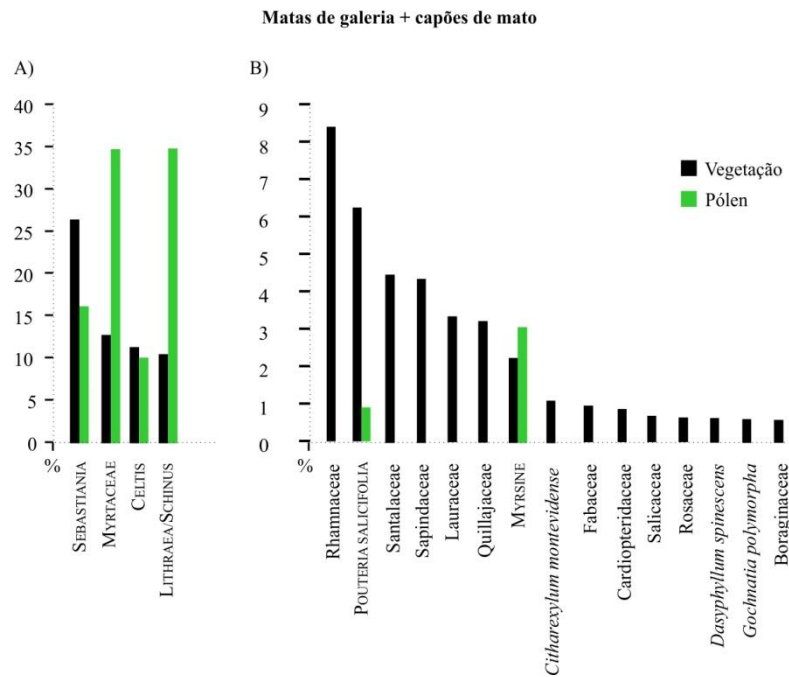
No campo seco (Fig. 12), as disparidades ocorreram através da super-representação de POACEAE, ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE, ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE e RUBIACEAE, além da sub-representação de FABACEAE, HYPOCHAERIS, OXALIS e IRIDACEAE. As espécies *Dichondra sericea* (Convolvulaceae) e *Wahlenbergia linarioides* (Campanulaceae), que apresentaram elevados índices de valor de importância nesta comunidade, não tiveram correspondência polínica (Tabs. 6–7). Grãos de pólen de outras comunidades campestre foram evidenciados: CHENOPODIUM (CRV), POLYGALA (CRV), APIACEAE (CBV, CUV, MGv) e MELASTOMATACEAE (CBV, MGv). LATHYRUS não configura origem extralocal, porque *Lathyrus subulatus* foi registrada no levantamento florístico do campo seco (Tab. 6).



**Figura 12.** Comparação entre a representação polínica atual e a estrutura florística nos campos secos. Notar diferentes escalas de porcentagem em 12A e 12B. Os táxons são apresentados em ordem decrescente por meio dos índices de valor de importância das plantas.

### Grupo II: Matas de galeria + capões de mato

Nas formações arbóreas (Fig. 13), as maiores distinções foram observadas por meio da super-representação de MYRTACEAE e LITHRAEA/SCHINUS, bem como pela sub-representação de SEBASTIANIA e POUTERIA SALICIFOLIA e pela ocorrência de muitos táxons polínicos silenciosos.

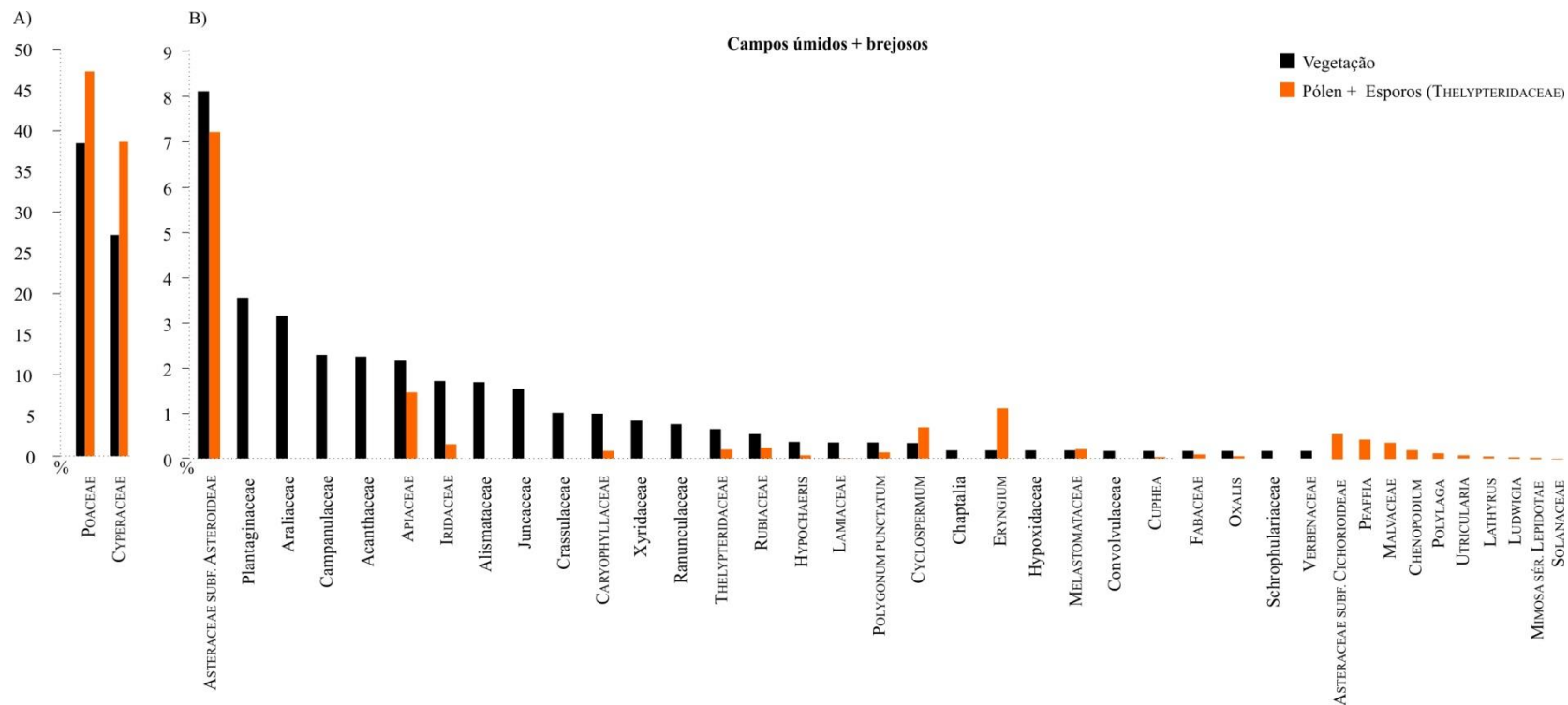


**Figura 13.** Comparação entre a representação polínica atual e a estrutura florística nas formações arbóreas. Notar diferentes escalas de porcentagem em 13A e 13B. Os táxons são apresentados em ordem decrescente por meio dos índices de valor de importância das plantas.

### Grupo III: campos úmidos + brejosos

Nos campos úmidos + brejosos as maiores heterogeneidades foram demonstradas pela super-representação de POACEAE e CYPERACEAE, assim como pela não representação polínica de muitas espécies vegetais que se destacaram com elevados índices de valor de importância nestas comunidades como: no campo úmido - *Hydrocotyle ranunculoides* (Araliaceae), *Bacopa* sp. (Plantaginaceae), *Lobelia hederacea* (Campanulaceae) e *Crassula longipes* (Crassulaceae); no campo brejoso - *Hygrophila costata* (Acanthaceae), *Echinodorus grandiflorus* (Alismataceae), *Bacopa* sp. (Plantaginaceae), *Lobelia hederacea* (Campanulaceae) e *Hydrocotyle ranunculoides* (Araliaceae) (Tabs. 6–7). Cabe destacar a super-representação de ERYNGIUM e a sub-representação de IRIDACEAE. Ademais, foram observados grãos de pólen extralocais: ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE (CRV, CSV), PFAFFIA (CRV, CSV), MALVACEAE (CRV, CSV), CHENOPODIUM (CRV), POLYGALA (CRV), LATHYRUS (CSV), MIMOSA SÉR. LEPIDOTAE (CSV) e SOLANACEAE (CRV, CSV). ERYNGIUM e MELASTOMATACEAE não caracterizam origem extralocal, porque *Eryngium pandanifolium* e *Tibouchina gracilis* foram registrados no levantamento florístico do campo úmido; UTRICULARIA (*Utricularia tricolor*) e LUDWIGIA (*Ludwigia hookeri*) no campo brejoso.





**Figura 14.** Comparação entre a representação polínica atual e a estrutura florística nos campos úmidos + brejosos. Notar diferentes escalas de porcentagem em 14A e 14B. Os táxons são apresentados em ordem decrescente por meio dos índices de valor de importância das plantas.

## II.2 Discussões

### II.2.1 Vegetação

#### Florística e fitossociologia

Na área estudada se verificou uma ampla riqueza de angiospermas campestres, a qual corresponde a 11,5% da total registrada para os *campos* do RS, onde constam atualmente 2.123 táxons (Andrade *et al.*, submetido). A ausência de espécies exóticas invasoras e a baixa ocorrência e a cobertura relativa de espécies exóticas causais e naturalizadas comprovam o bom estado de conservação nestes remanescentes campestres (Tab. 6), assegurando uma confiabilidade para os estudos da relação entre o pólen e a vegetação atual. As diferenças quanto à composição e à estrutura florística das comunidades campestres (Tabs. 6–7) resultam da adaptação de muitas espécies herbáceo-subarbusivas aos filtros ambientais da região, principalmente às variações hídricas e edáficas, conforme discutido a seguir.

Em relação à flora arbóreo-arbustiva, apesar da composição bastante homogênea, nota-se uma distribuição preferencial das espécies quando ao hábitat. Nas matas de galeria: nos ambientes higrófilos - *Pouteria salicifolia*; nos mesófilos - *Sebastiania commersoniana* e *Eugenia uniflora*, acompanhados por *Allophylus edulis*; na vegetação de borda, em um limite difuso com as formações campestres - *Ocotea pulchella*, *Lithraea molleoides* e *Schinus polygama*. Nos capões de mato: predominam as mesófilas e as mesófilas-subxerófilas - *Sebastiania commersoniana*, *Celtis ehrenbergiana*, *Lithraea molleoides*, *Schinus polygama*, *Acanthosyris spinescens*, *Scutia buxifolia* e *Blepharocalyx salicifolius*.

Quanto às licófitas e às monilófitas foram registrados apenas os táxons abundantes. Portanto, é provável que haja outras espécies na área estuda, já citadas para regiões adjacentes por Lorscheitter *et al.* (1998, 1999, 2001, 2002, 2005).

## Ordenações da vegetação campestre

Na primeira ordenação de PCoA da vegetação campestre (Fig. 4), a porção positiva e negativa do Eixo 1 distinguiu as comunidades conforme a disponibilidade hídrica do sistema. Dessa forma, no lado positivo permaneceram as subamostras e as espécies relacionadas aos litossolos e aos luvisolos bem drenados (campos rupestres e secos); no lado negativo, mantiveram-se as subamostras e os táxons em condições edáficas com maior retenção de umidade (campos úmidos e brejosos). O Eixo 2 separou os campos úmidos e brejosos, em consequência do amplo número de espécies exclusivas evidenciadas nesta última comunidade (Tab. 6), onde os táxons toleram a saturação hídrica e um substrato ligeiramente mais ácido. Em contrapartida, nota-se a mescla entre algumas subamostras dos campos rupestre e seco, que possivelmente ocorreu pelo compartilhamento de muitas espécies entre tais comunidades (57 spp.) (Tab. 6).

Não obstante, na PCoA complementar da vegetação campestre (Fig. 5) foi exequível discernir os campos rupestres dos secos. Dessa forma, a porção positiva do Eixo 1 reuniu as subamostras dos campos rupestres e as espécies exclusivas desta comunidade (com exceção de *Nothoscordum cf. bivalve*), as quais suportam a escassez hídrica e a falta de nutrientes dos litossolos. A porção negativa concentrou as subamostras dos campos secos, em associação à *Vernonanthura nudiflora* e outros táxons que apresentaram ali uma ampla cobertura relativa (volume II – anexos III e IV). No Eixo 2, o espalhamento das subamostras e das espécies reflete de certa forma a topografia da área estudada. Consequentemente, *Paspalum notatum*, espécie bem representada nos campos secos, foi correlacionada à porção positiva, enquanto *Aristida jubata*, espécie característica do campo rupestre, foi associada à porção negativa. Ainda com relação ao Eixo 2, a mescla entre algumas subamostras destas comunidades na porção negativa resulta, possivelmente, da proximidade de uma subamostra do campo seco aos afloramentos graníticos, onde *Aristida jubata*, *Kelissa brasiliensis*, *Andropogon ternatus* e *Stenachaenium campestre* se destacam.

## II.2.2 Palinologia

### Classificação e ordenações dos conjuntos polínicos

A classificação e as ordenações das subamostras polínicas de superfície mostraram algumas disparidades em comparação às ordenações das comunidades florísticas campestres. Neste sentido, por meio dos conjuntos polínicos não foi possível discernir os campos úmidos dos brejosos (Figs. 7–10), enquanto na vegetação isto ficou claramente demonstrado (Fig. 4). Em contrapartida, através dos conjuntos polínicos foi exequível separar os campos rupestres dos secos, à medida que na vegetação esta distinção foi mais bem caracterizada em uma ordenação complementar (Fig. 5).

A dificuldade de distinguir os campos úmidos dos brejosos pelos conjuntos polínicos se deve a baixa classificação taxonômica dos grãos de POACEAE e CYPERACEAE, já que muitas espécies que discriminaram estas comunidades florísticas são análogas a estas duas famílias (Fig. 4; Tabs. 6–7). Além disso, não foram reconhecidos táxons polínicos correspondentes às plantas exclusivas destas comunidades que, talvez, diferenciassem os campos úmidos (*Ranunculus bonariensis*, *Crassula longipes* e *Scrophularia peregrina*) dos brejosos (*Hygrophila costata*, *Echinodorus grandiflorus* e *Xyris* spp.). Então, estes aspectos ressaltam a enorme perda da informação ecológica.

Ainda com relação aos campos úmidos e brejosos, destaca-se que as amplas proporções de CYPERACEAE (Fig. 7) nestas comunidades não mascaram a classificação polínica regional desses campos, pois quando excluído este táxon da análise de agrupamento os grupos e os subgrupos polínicos se mantem os mesmos (Fig. 10). Diante disso, as variações nas frequências relativas de CYPERACEAE nas distintas comunidades florísticas dos campos arbustivos de São Gabriel indicam apenas condições locais de maior ou menor umidade. Ademais, a correlação de APIACEAE e CYCLOSPERMUM aos campos úmidos e brejosos (Figs. 8–9) tampouco distinguem estes conjuntos polínicos dos campos rupestres e secos. Consequentemente, tal discriminação resulta da associação das menores frequências relativas de ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE e RUBIACEAE nos campos úmidos e brejosos (Fig. 10). Entretanto, quando se exclui as CYPERACEAE da análise agrupamento (Fig.10) todas as subamostras dos campos se separam das matas de galeria e capões de mato. Isto ocorre porque as proporções de POACEAE nos campos úmidos e brejosos aumentam e porque se sobressaem os táxons arbóreo-arbustivos nas matas de galeria e nos capões de mato.

Com relação aos conjuntos polínicos dos campos rupestres e seco, apesar das severas limitações taxonômicas, ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE foi mais correlacionada com os

campos rupestres, o que condiz com a vegetação, onde *Baccharis crispa* é notadamente dominante; e menores porções de ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE ocorrem no campo seco, pois ali outros táxons são bem representados, tais como: ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE (Figs. 6, 7 e 9), o que reflete a estrutura desta comunidade, considerando-se os elevados índices de valor de importância de *Vernonanthura nudiflora* (Tab. 7). Isto corrobora as observações de Mourelle & Prieto (2012, 2016), que mencionam que determinados tipos polínicos acompanhantes (e.g. ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE) são muito importantes para caracterizar algumas comunidades florísticas nos Campos.

Todavia, nos Campos do RS, Radaeski *et al.* (2016) afirmam que é possível diferenciar algumas fitofisionomias campestres apenas com base nas variações do tamanho do pólen de POACEAE. Porém, a proposta destes autores parece inadequada, pois as amplitudes morfométricas mínimas e máximas de POACEAE se sobrepõem em muitas espécies, conforme comentado em Mourelle & Prieto (2012, 2016) e Mourelle *et al.* (2018). Ademais, no registro fóssil, esta sobreposição do tamanho de POACEAE pode ser agravada em consequência dos processos tafonômicos *in situ* e pós-deposicionais.

Nas matas de galeria e capões de mato houve, relativamente, boa correspondência entre pólen-vegetação (Figs. 7– 8), apesar também da enorme perda de informação ecológica (Tab. 6). Contudo, devido à homogeneidade entre os conjuntos polínicos das matas de galeria e dos capões de mato não foi possível discernir estas duas comunidades, tendo em vista que *POUTERIA SALICIFOLIA* teve baixas proporções nas matas de galeria e *Quillaja brasiliensis* é considerado um tipo polínico silencioso. Nota-se também o limitado transporte de pólen das plantas lenhosas com polinização zoófila das matas de galeria e dos capões de mato para as comunidades campestres, ratificando as observações de Mourelle & Prieto (2012, 2016) e Mourelle *et al.* (2017). Segundo estes autores, os grãos de pólen das plantas arbóreas das matas de galeria com polinização zoófila são raramente evidenciados nos campos ( $\leq 4\%$ ) a uma distância  $\geq 250$  m da fonte emissora. Então, os mesmos têm maiores proporções em escala local. Salienta-se a ausência de *POUTERIA SALICIFOLIA* e *CEPHALANTHUS GLABRATUS* (espécies higrófilas) nas comunidades campestres, além das baixas frequências relativas de *PHYLLANTHUS SELLOWIANUS*. Isto se amplia para os táxons mesófilos, MYRTACEAE e MYRSINE; mesófilos-subxerófilos *SEBASTIANIA* e *LITHRAEA/SCHINUS*. *CELTIS* se encontra representado, em consequência da dispersão anemófila de *Celtis ehrenbergiana* e, portanto, poucos grãos desta espécie são depositados em escala local. Estas constatações são importantes para a interpretação dos conjuntos polínicos fósseis nos Campos. Atualmente, as matas de galeria e

os capões de mato são exuberantes na paisagem das cabeceiras do Arroio do Salso, mas os táxons polínicos análogos têm proporções < 10% nas subamostras campestres.

Finalmente, destaca-se que apesar de sub-representados nas matas de galeria *POUTERIA SALICIFOLIA* se mostra um bom táxon indicador desta comunidade, porque as plantas e o pólen foram reconhecidos exclusivamente nestes ambientes. *CEPHALANTHUS GLABRATUS* também pode ser considerado um bom táxon indicar destas formações, porque o pólen não foi observado nas subamostras campestres.

### II.2.3 Representação polínica atual *versus* estrutura da vegetação

As discrepâncias entre a representação polínica atual e a estrutura florística nas distintas comunidades locais (conforme a classificação dos grupos e dos subgrupos polínicos), foram interpretadas a partir das síndromes de polinização das plantas, dos mecanismos de dispersão polínica, dos aspectos fenológicos e dos potenciais de preservação dos grãos, principalmente. Informações sobre os parâmetros fitossociológico citados comumente nestas discussões (*e.g.* frequências e coberturas relativas das espécies) podem ser consultadas no volume II – anexo IV – tabelas 2A–D, bem como no anexo V – tabela 1.

#### Grupo I (subgrupo Ia): campo rupestre (Fig. 11)

Nesta comunidade, a super-representação de *ASTERACEAE* SUBF. *ASTEROIDEAE* está provavelmente relacionada às amplas frequências e coberturas relativas de *Baccharis crispa*. É importante ressaltar que *B. crispa* pode florescer durante todas as estações do ano e os espécimes masculinos apresentam muitas inflorescências, com 18–35 flores por capítulo (Heiden *et al.*, 2009; Setubal *et al.*, 2011). Além disso, *B. crispa* tem polinização zoófila e seus grãos de pólen tendem a ser dispersos em aglomerados (*e.g.* Timerman *et al.*, 2014). Então, considerando-se que a maior parte destes grãos não chegará aos estigmas para a fecundação, muitos destes aglomerados ou parte dos mesmos poderiam ser depositados por gravidade em escala local. Conseqüentemente, quanto maiores os aglomerados de pólen, mais rápida é a velocidade de deposição e menores as distâncias em relação às plantas emissoras (Martin *et al.*, 2009). Na flora do RS, Timerman *et al.* (2014) analisaram o tamanho dos aglomerados de pólen de *Baccharis trimera*, atualmente *B. crispa*. Assim, admitindo-se o modelo de Martin *et al.* (2009) e o tamanho dos aglomerados de pólen mensurados por Timerman *et al.* (2014), a deposição polínica de *B. crispa* teria uma concentração maior em um raio de 50 m da planta emissora, o que corresponde a superfície desses campos rupestres. Ademais, a ocorrência frequente de solos descobertos neste ambiente poderia também facilitar a deposição e a incorporação destes grãos nos sedimentos. Em algumas subamostras polínicas

desta comunidade foram, ocasionalmente, observados aglomerados de ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE. Esta morfologia polínica é análoga a muitas outras espécies desta subfamília nesta comunidade (Tab. 6). Resulta, portanto, a super-representação deste táxon em relação aos índices de valor de importância das plantas correspondentes.

A super-representação de RUBIACEAE, ao que tudo indica está relacionada às diversas inflorescências de *Richardia humistrata*, *R. stellaris*, *Galium hirtum* e *G. richardianum* em comparação às baixas frequências e coberturas relativas destas espécies nesta comunidade. Ademais, o pólen de RUBIACEAE tem uma exina muito espessa e, portanto, possui maior capacidade de preservação nos sedimentos.

A super-representação de CYPERACEAE se deve a baixa frequência e cobertura relativa das espécies desta família nos campos rupestres, onde se constatou apenas um espécime de *Bulbostylis capillaris*, *B. juncooides* e *Cyperus aggregatus*, considerando-se também a enorme produção polínica desta família, devido à polinização anemófila (Reddi & Reddi, 1986; Ackerman, 2000). Ademais, estes poderiam ser facilmente transportados de comunidades extralocais, sobretudo dos campos úmidos e brejosos.

Outras disparidades foram atribuídas à sub-representação de FABACEAE, IRIDACEAE, CARYOPHYLLACEAE, MALVACEAE e HYPOCHAERIS, principalmente. A sub-representação de FABACEAE pode estar relacionada ao modo de dispersão dos grãos de pólen de Fabaceae subf. Faboideae. Conforme Etcheverry *et al.* (2012) e Alemán *et al.* (2014), muitas espécies desta subfamília possuem polinização zoófila secundária com mecanismo explosivo (*e.g.* *Desmodium incanum*). Isto significa que durante a visita do polinizador um gatilho na parte floral dos espécimes é ativado, liberando o pólen das anteras para as pétalas. Assim, os grãos de pólen são aderidos aos polinizadores. Ademais, no mecanismo explosivo ocorre, normalmente, apenas um evento de polinização, porque os polinizadores não costumam visitar as flores que já tiveram o gatilho ativado, haja vista que as plantas não conseguem se autoativar (Alemán *et al.*, 2014). Plantas com estas características apresentam também baixa proporção pólen/óvulo, porque a quantidade de pólen transportado é suficiente, tanto para a fecundação, quanto para a recompensa dos vetores polinizadores (Howell *et al.*, 1993). Nos Campos do Uruguai, Mourelle & Prieto (2012, 2016) verificaram também baixas proporções de FABACEAE nas subamostras polínicas de superfície.

A sub-representação de IRIDACEAE está, possivelmente, atribuída à frágil exina dos grãos de pólen desta família, que não é favorável à preservação. Outro aspecto relevante é que as espécies de Iridaceae como, por exemplo, *Sisyrinchium micranthum*, *Kelissa brasiliensis* e

*Herbertia lahue* (frequentes nos campos rupestres) apresentam um curto período de floração, pois suas flores fenecem, normalmente, no mesmo dia de abertura (Eggers, 2008).

Quanto à CARYOPHYLLACEAE, o aspecto comparativo entre pólen-vegetação é devidoso, pois os elevados índices de valor de importância desta família foram resultantes, sobretudo, de *Cerastium glomeratum*, cuja espécie é naturalizada à flora do RS (Marchioretto *et al.*, 2010). Portanto, à medida que se desconhece a época de introdução desta planta na área estudada, optou-se em abster-se de interpretações mais específicas neste tema.

A sub-representação de MALVACEAE decorre possivelmente da morfologia floral de *Ayenia mansfeldiana*, cuja espécie apresenta características singulares à polinização, o que poderia também explicar a sub-representação de HYPOCHAERIS (*Hypochaeris neopinnatifida*) e a ocorrência de muitos táxons silenciosos como, por exemplo, de Convolvulaceae e Cistaceae.

Finalmente, cabe informar que a presença extralocal de grãos de pólen da flora lenhosa nesta comunidade resulta de diferentes mecanismos de transporte (Tab. 9). Os registros extrarregionais de ALNUS decorrem do transporte anemófilo até a área estudada.

### **Grupo I (subgrupo Ib): campo seco (Fig. 12)**

No campo seco, a super-representação de POACEAE é atribuída à síndrome de polinização anemófila, em associação à estrutura florística desta comunidade. Neste contexto, ao serem dispersos, muitos grãos de POACEAE poderiam ficar retidos nos subarbustos que caracterizam esta flora no estrato superior, sendo os mesmos depositados, posteriormente, em escala local.

A super-representação de ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE segue a mesma explicação do campo rupestre, devido às amplas frequências e coberturas relativas de *Baccharis crispa*. Ademais, *Acanthostyles buniifolius* é também destacada nesta comunidade (Tab. 7) e os espécimes tem aspectos florais relacionados à polinização anemófila (Grossi *et al.*, 2017).

A super-representação de ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE se justifica com base nas inúmeras inflorescências de *Vernonanthura nudiflora*, espécie que apresentou os maiores índices de valor de importância entre os subarbustos no campo seco (Tabs. 6–7), caracterizando o estrato superior da flora nesta comunidade. Estes grãos, ao que tudo indica, são dispersos em escala local, tendo em vista que nas demais comunidades campestres onde esta planta é menos frequente ou ausente este pólen foi raramente observado (Fig. 6).



Outras disparidades foram assinaladas, sobretudo, pela sub-representação de FABACEAE, HYPOCHAERIS, OXALIS e IRIDACEAE. A sub-representação destes táxons também se explica com os argumentos já descritos no campo rupestre, exceto de OXALIS. Desse modo, a sub-representação de OXALIS pode estar atribuída à baixa frequência de *Oxalis eriocarpa*, *O. articulata*, *O. brasiliensis*, *O. conorrhiza* e *O. lasiopetala* no campo seco em associação a polinização zoófila. Nos Campos do Uruguai, Mourelle & Prieto (2012, 2016) registram também baixas proporções deste táxon nas subamostras polínicas de superfície.

Finalmente, destaca-se que nesta comunidade muitas famílias que apresentaram amplos índices de valor de importância não tiveram correspondência palinológica (Convolvulaceae e Campanulaceae), provavelmente devido à polinização zoófila das mesmas e aos aspectos florais destas, que possuem poucas flores e anteras.

### **Grupo II: matas de galeria e capões de mato (Fig. 13)**

A super-representação de MYRTACEAE é atribuída às inúmeras inflorescências nos espécimes de *Eugenia uniflora*. Ademais, *E. uniflora* tem polinização zoófila, o que explica a curta capacidade de transporte desses grãos para os campos e a elevada proporção destes em escala local (Fig. 6).

A super-representação de LITHRAEA/SCHINUS segue os mesmos argumentos de MYRTACEAE, pois *Lithraea molleoides* e *Schinus polygama* apresentam um elevado número de inflorescências por espécime, as quais são polinizadas por insetos, promovendo em ampla representação local. Cabe salientar que a elevada proporção de LITHRAEA/SCHINUS na subamostra CB-6 (Fig. 6) resulta da proximidade amostral de um capão de mato em estágio inicial ao referido campo brejoso, onde *L. molleoides* e *S. polygama* (espécies pioneiras) são abundantes.

A sub-representação de SEBASTIANA pode estar relacionada à altura vertical de *Sebastiania commersoniana*, em associação à síndrome de polinização zoófila desta espécie. Nas matas de galeria e nos capões de mato *S. commersoniana* é muito frequente e se sobressaem no dossel destas formações. Consequentemente, as inflorescências desta espécie ocorrem, predominantemente, sobre a copa destas comunidades. Presume-se, portanto, que somente poucos grãos de SEBASTIANA penetrariam no interior destas formações arbóreas, também por consequência da polinização zoófila. Mourelle & Prieto (2012, 2016) constataram abundâncias similares de SEBASTIANA em muitas subamostras polínicas de superfície nas matas de galeria nos Campos do Uruguai.

A sub-representação de *POUTERIA SALICIFOLIA* resulta possivelmente do hábitat higrófilo de *P. salicifolia* nas matas de galeria. Assim, pode-se aludir que muitos grãos desta espécie são depositados diretamente no curso fluvial do Arroio do Salso, sendo então transportados pelo mesmo. Cabe ressaltar que os grãos de pólen e as plantas desta espécie foram evidenciados exclusivamente nas matas de galeria e, portanto, mesmo sub-representado, *POUTERIA SALICIFOLIA* pode ser considerado um bom táxon indicador desta comunidade.

Outras disparidades foram assinaladas pela ausência de muitos táxons polínicos da flora arbórea como, por exemplo, *Scutia buxifolia* (Rhamnaceae). Neste caso, isto pode decorrer das características reprodutivas desta espécie, cujas flores são diminutas, hermafroditas e com polinização zoófila (Carvalho, 2014). Além disso, *S. buxifolia* tem um curto período de floração (Amaral, 1979). Assim, presume-se que somente poucos grãos desta espécie sejam dispersos no ambiente. Circunstância similar ocorre com *Quillaja brasiliensis* (Quillajaceae), provavelmente por haver poucos espécimes na área estudada e porque os representantes desta espécie se destacam no dossel das matas de galeria, assim como *Sebastiania commersoniana* e, portanto, isto dificultaria a deposição local destes grãos, considerando-se também a polinização zoófila.

Outro exemplo concerne à *Ocotea pulchella* (Lauraceae), que na vegetação local é abundante, mas o pólen possui exina muito frágil (Behling & Negrelle, 2006), sendo raramente preservados nos Campos (Mourelle & Prieto, 2012, 2016). Finalmente, a ausência palinológica de *Erythrina crista-galli* (Fabaceae) se explica através de sua morfologia floral, muito adaptada à polinização zoófila, sobretudo por beija-flores (Faegri & van der Pijl, 1971).

O equilíbrio entre *CELTIS* e *Celtis ehrenbergiana* foi interpretado com base nos na polinização anemófila desta espécie. Portanto, estes grãos seriam raramente dispersos em escala local, pois *C. ehrenbergiana* tem ampla atura vertical, destacando-se no dossel das matas de galeria e dos capões de mato.

Estes resultados ratificam as observações de Mourelle & Prieto (2012, 2016) e Mourelle *et al.* (2017), cujos autores comprovaram nos Campos do Uruguai que o pólen das plantas arbóreas com polinização zoófila das matas de galeria para os campos tem proporções  $\leq 4\%$  a uma distância  $\geq 250$  m da fonte emissora. Portanto, os mesmos apresentam maiores proporções em escala local (Mourelle *et al.*, 2017).

### Grupo III: campos úmidos e brejosos (Fig. 14)

A super-representação de POACEAE e CYPERACEAE nos campos úmidos e brejosos decorre da homogeneidade destes conjuntos polínicos, pois na vegetação destas comunidades os índices de valor de importância de Poaceae e Cyperaceae foram melhor distribuídos com outros táxons, apesar de dominantes (Tab. 7). A ausência polínica de muitos táxons nestas comunidades se explica por diferentes aspectos. O primeiro ponto se refere à baixa frequência e/ou cobertura relativa de algumas famílias nestes ambientes como Alismataceae, Araliaceae (no campo brejoso) e Campanulaceae, Crassulaceae e Juncaceae. O segundo ponto concerne à frágil exina dos grãos de pólen de algumas famílias (*e.g.* Juncaceae), os quais podem ser facilmente destruídos até mesmo na preparação físico-química das subamostras polínicas e, portanto, raramente observados nos sedimentos (Fontana, 2005). Isto explica também a sub-representação de IRIDACEAE, já comentada nos campos rupestres e secos. O terceiro ponto remete ao transporte *sin* e pós-deposicional. Assim, quando raramente depositados, poderiam também ser transportados pelo escoamento das águas superficiais, principalmente no campo úmido.

O equilíbrio de APIACEAE com as plantas análogas (*Lilaeopsis brasiliensis*) deve-se muito provavelmente a exina espessa destes grãos de pólen que, supostamente, teriam maior capacidade de preservação quando incorporados nos sedimentos, ao contrário de Juncaceae e Iridaceae. Destaca-se que *L. brasiliensis* é uma planta adaptada a solos mal drenados e isto justifica a ausência das mesmas nos campos rupestres e secos. Isto corrobora a correlação destes grãos de pólen às subamostras dos campos úmidos e brejosos (Figs. 8 e 9). A presença de uma exina mais espessa poderia também explicar o equilíbrio entre CYCLOSPERMUM e *CyclospERMUM leptophyllum*.

### II.3 Conclusões

- Na área estudada há uma ampla riqueza específica de angiospermas campestres, que corresponde a 11,5% da total registrada para os Campos do RS;
- A ausência de espécies exóticas invasoras e a baixa ocorrência de espécies exóticas causais e naturalizadas comprovam o bom estado de conservação desses campos. Portanto, os mesmos tem bom potencial para realização de estudos sobre a relação entre o pólen e a vegetação atual;
- No levantamento quantitativo da vegetação campestre, as três primeiras espécies com o maior índice de valor de importância foram distintas em cada comunidade: no campo rupestre: *Aristida jubata*, *A. venustula* e *Baccharis crispa*; no campo seco: *Paspalum notatum*, *Vernonanthura nudiflora* e *Vulpia bromoides*; no campo úmido: *Axonopus affinis*, *Paspalum pumilum* e *Eleocharis bonariensis*; no campo brejoso: *Eleocharis viridans*, *Rhynchospora conferta* e *R. marisculus*. Estas diferenças resultam da adaptação de muitas espécies aos filtros ambientais desta localidade, com destaque às variações hídricas e edáficas. Porém, os grãos de pólen análogos a estas plantas são classificados apenas em nível de família (POACEAE e CYPERACEAE) ou subfamília (ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE, ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE), demonstrando enorme perda da informação ecológica;
- Nas matas de galeria e nos capões de mato, a composição florística dos elementos arbóreo-arbustivos se apresenta bastante homogênea, em consequência da baixa riqueza específica. Entretanto, algumas espécies foram observadas exclusivamente nas matas de galeria: *Quillaja brasiliensis*, *Pouteria salicifolia* e *Phyllanthus sellowianus*. Contudo, por meio dos conjuntos polínicos não foi possível separar estas duas comunidades, pois a ocorrência de *POUTERIA SALICIFOLIA* nas matas de galeria foi rara e *QUILLAJA BRASILENSIS* é considerado um tipo silencioso. *PHYLLANTHUS SELLOWIANUS* foi registrado somente nas subamostras campestres;
- A classificação e as ordenações das subamostras polínicas de superfície mostraram algumas disparidades em comparação às ordenações da vegetação campestre. Assim, por meio dos conjuntos polínicos não foi possível discernir os campos úmidos dos brejosos, enquanto na vegetação isto ficou claramente evidenciado. Por outro lado, através dos conjuntos polínicos foi exequível separar os campos rupestres dos secos, à medida que na vegetação esta distinção foi mais bem caracterizada em uma ordenação

complementar. Porém, mesmo com a enorme perda da informação ecológica foi possível distinguir algumas comunidades campestres pelos conjuntos polínicos;

- A dificuldade de separar os campos úmidos dos brejosos nos conjuntos polínicos se deve, sobretudo, à baixa resolução taxonômica de POACEAE e CYPERACEAE, já que muitas espécies que discriminaram estas comunidades na vegetação são análogas a estas duas famílias. Além disso, não foram reconhecidos táxons polínicos correspondentes às plantas exclusivas destas comunidades que, talvez, diferenciassem os campos úmidos dos brejosos;
- As amplas proporções de CYPERACEAE nos campos úmidos e brejosos e a correlação de APIACEAE e CYCLOSPERMUM com estas comunidades não influenciam a classificação polínica regional desses campos, pois quando excluídos da análise de agrupamento os grupos e os subgrupos se mantiveram os mesmos. Então, a super-representação de CYPERACEAE nestas comunidades indicam apenas condições locais de maior umidade;
- Quando se exclui CYPERACEAE da análise de agrupamento, todas as subamostras campestres se separam das matas de galeria e dos capões de mato. Isto ocorre porque se salientam as proporções de POACEAE nos campos úmidos e brejosos, bem como se ressaltam as diferenças entre os táxons dos campos e das formações arbóreas;
- Os campos rupestres e secos se distinguem dos campos úmidos e brejosos pela maior abundância de ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE e RUBIACEAE;
- Apesar de severas limitações taxonômicas foi ainda possível discernir duas comunidades campestres pelos conjuntos polínicos. Assim, menores proporções de ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE e maiores de ASTERACEAE SUBF. CICHORIOIDEAE diferenciam os campos secos dos rupestres;
- Os registros polínicos escassos das plantas arbóreas com polinização zoófila nas subamostras campestres comprovam o limitado transporte de dispersão dos mesmos;
- Apesar de sub-representados, POUTERIA SALICIFOLIA mostra-se um bom táxon indicador das matas de galeria, pois as plantas e o pólen foram reconhecidos exclusivamente nestas comunidades;

- CEPHALANTHUS GLABRATUS pode também ser considerado um bom táxon indicador das matas de galeria e dos capões de mato, pois estes grãos não foram evidenciados nas subamostras campestres;
- A comparação entre os índices de valor de importância das plantas e a proporção dos táxons polínicos análogos revela a super-representação dos grãos de pólen que determinam os agrupamentos dos campos;
- Nas matas de galeria e capões de mato se verificou super-representação de MYRTACEAE e LITHRAEA/SCHINUS, bem como a sub-representação de SEBASTIANIA e POUTERIA SALICIFOLIA;

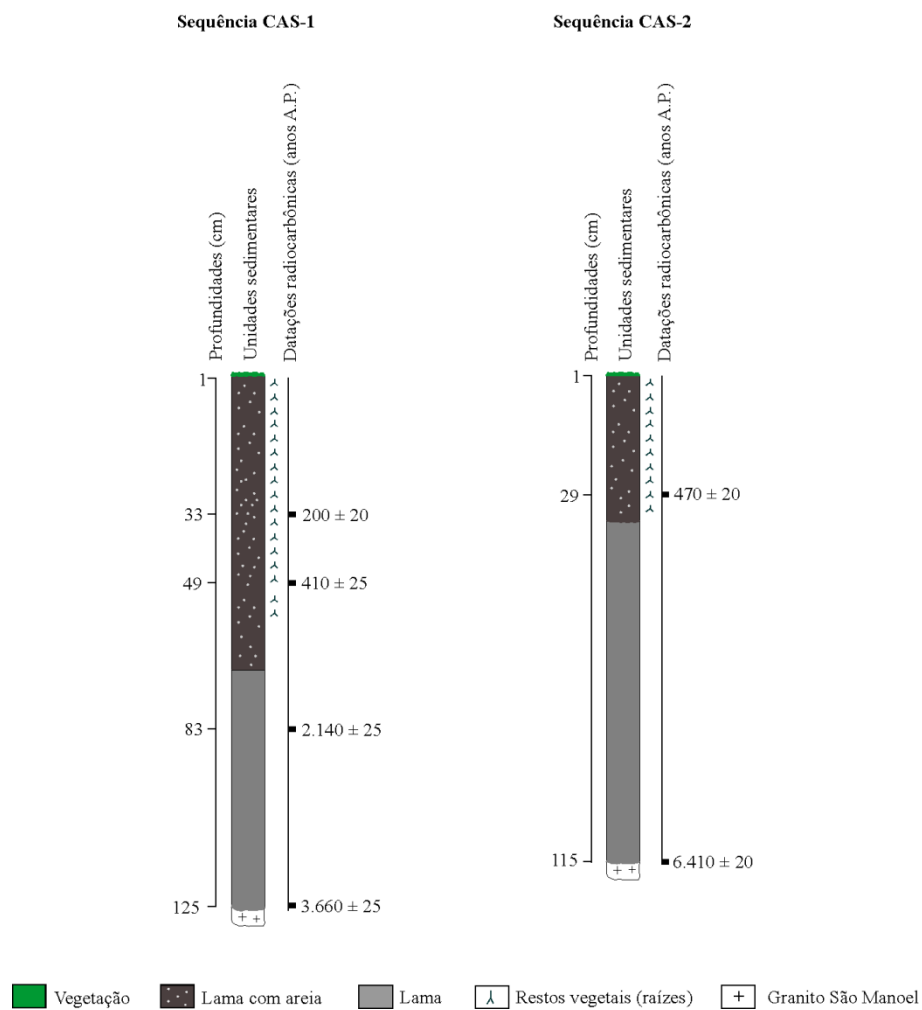
### **Capítulo III. Reconstrução da vegetação**

### III.1 Resultados

#### III.1.1 Geocronologia e descrição palinológica das sequências CAS-1 e CAS-2

##### Geocronologia

As seções de CAS-1 e CAS-2 apresentaram unidades sedimentares parcialmente correspondentes (Fig. 15); porém, de acordo com os resultados das datações radiocarbônicas (Tab. 11) as taxas de sedimentação em cada uma destas sequências não foram constantes.



**Figura 15.** Geocronologia das seções CAS-1 e CAS-2 e unidades sedimentares.



**Tabela 11.** Datações radiocarbônicas obtidas no CAIS (*Center for Applied Isotope Studies*), da Universidade da Geórgia, Estados Unidos da América, com as respectivas idades calibradas e as variações da razão isotópica  $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ .

Código das subamostras (laboratório CAIS)	Profundidades (cm)	$^{14}\text{C}$ (anos A.P.)	*Idades calibradas (anos A.P.) $2\sigma$ , 95,4% de probabilidade	$\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , ‰
<b>CAS-1</b>				
#UGAMS 16295	32–33	200 ± 20	196 (0–287)	-21,7
#UGAMS 16294	48–49	410 ± 25	452 (327–498)	-22,1
#UGAMS 16293	82–83	2140 ± 25	2072 (2008–2148)	-21,7
#UGAMS 9820	124–125	3660 ± 25	3927 (3838–4069)	-18,3
<b>CAS-2</b>				
#UGAMS 20979	28–29	470 ± 20	499 (468–516)	-20,8
#UGAMS 12621	114–115	6410 ± 20	7299 (7250–7416)	-11,4

\* Média da probabilidade

### Descrição palinológica de CAS-1 (Figs. 16 e 17)

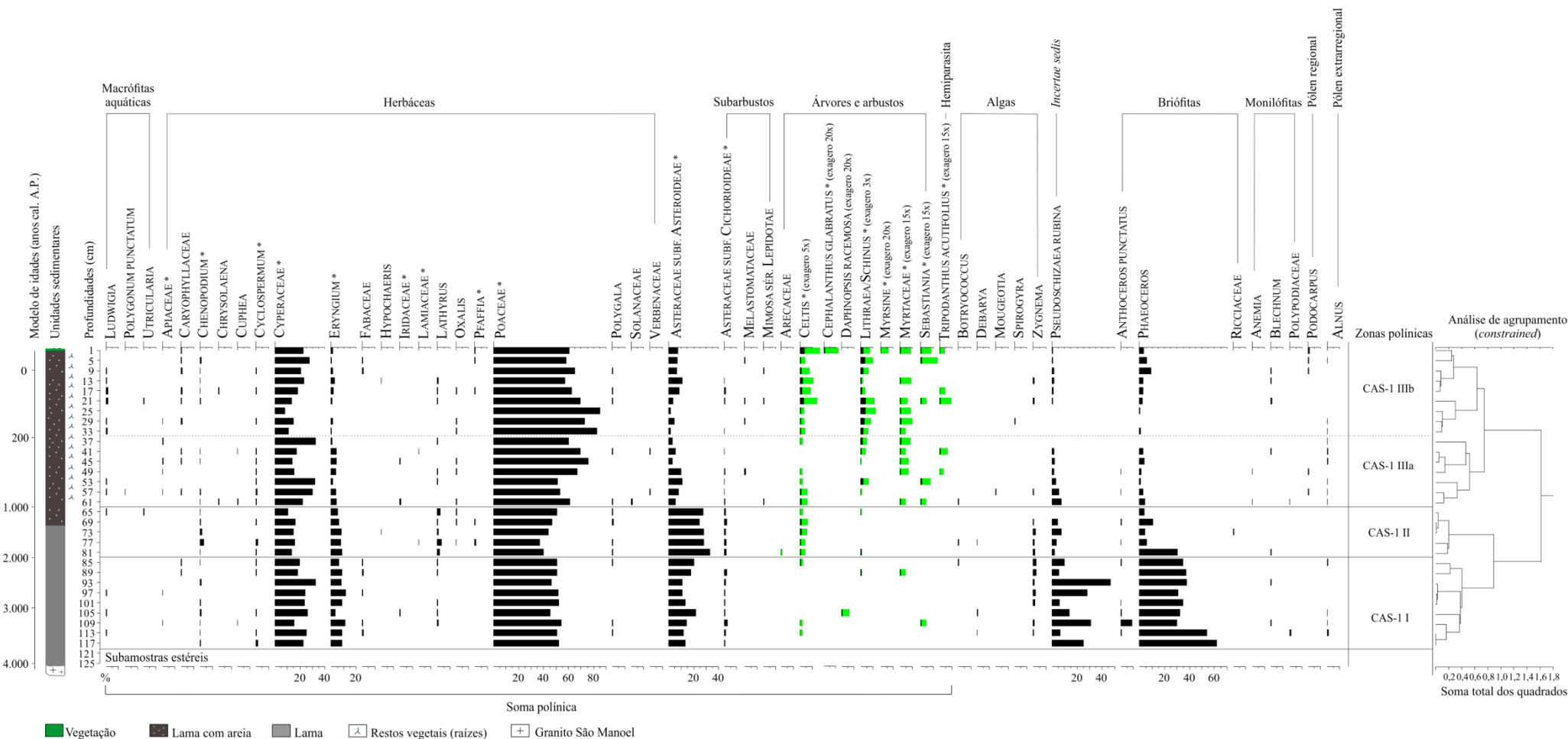
A análise de agrupamento dos conjuntos polínicos fósseis de CAS-1 permitiu classificar os mesmos em três zonas e duas subzonas polínicas. A soma polínica nestas subamostras variou entre 215 e 459 grãos e a concentração entre 15.608 e 59.382 grãos/cm<sup>3</sup>. Os níveis basais a 121 e 125 cm de profundidade demonstraram estéreis.

A **Zona CAS-1 I** (117–83 cm; 3.900–2.000 anos cal. A.P.; Fig. 16) foi caracterizada pelo domínio de pólen da flora herbácea (79–88%), notadamente por POACEAE (45–52%) e CYPERACEAE (15–32%). ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE (11–22%) e ERYNGIUM (3–12%) foram comumente reconhecidos nestas subamostras, porém com menores proporções. O somatório das abundâncias dos grãos de pólen da flora arbóreo-arbustiva foi escasso < 1%, corroborado pela baixa concentração polínica deste grupo. Os esporos de PHAEOCEROS foram muito abundantes  $\geq 30\%$  e o palinomorfo PSEUDOSCHIZAEA RUBINA apresentou proporções muito variáveis (10–50%). A concentração polínica variou entre 15.608 e 39.524 grãos/cm<sup>3</sup>.

Na **Zona CAS-1 II** (83–63 cm; 2.000–1.000 anos cal. A.P.), os conjuntos polínicos continuaram dominados por táxons herbáceos (64–72%), sobretudo por POACEAE (37–50%), CYPERACEAE (10–16%) e ERYNGIUM (5–9%). ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE variou entre 25 e 33%. As porcentagens do pólen das plantas arbóreo-arbustivas permaneceram raras. Porém, CELTIS (elemento subxerófilo) foi registrado em todas as subamostras desta zona. As proporções de PHAEOCEROS (4–30%) e de PSEUDOSCHIZAEA RUBINA (2–8%) decresceram abruptamente. A concentração polínica oscilou entre 21.851 e 33.321 grãos/cm<sup>3</sup>.

A **Zona CAS-1 III** (63–1 cm; 1.000 anos cal. A.P.–Recente) foi também marcada pelo domínio dos grãos de pólen das plantas herbáceas (69–96%), especialmente por POACEAE (52–85%), CYPERACEAE (até 32%) e ERYNGIUM. As proporções de ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE (1,5–11%) declinaram em relação à zona CAS-1 II. Duas subzonas foram definidas: **CAS-1 IIIa** (1.000–200 anos cal. A.P.) e **CAS-1 IIIb** (200 anos cal. A.P.–Recente). A distinção entre as mesmas foi caracterizada pelo incremento da abundância das plantas arbóreo-arbustivas em CAS-1 IIIb (10%) e pelo aumento da concentração das mesmas. A concentração polínica variou entre 17.655 e 59.382 grãos/cm<sup>3</sup>.

# Sequência CAS-1



**Figura 16.** Diagrama palinológico de porcentagem da sequência CAS-1, incluindo: o modelo de idades, a análise de agrupamento (\* variáveis incluídas nesta análise) e a caracterização das zonas e subzonas polínicas. Notar as distintas escalas de exagero (em verde) nos representantes arbóreo-arbustivos + hemiparasita. Pólen regional se refere às plantas de outras formações florestais do RS. Os táxons foram plotados em ordem alfabética dentro dos grupos.

Classificação dos táxons arbóreo-arbustivos quanto ao hábitat:

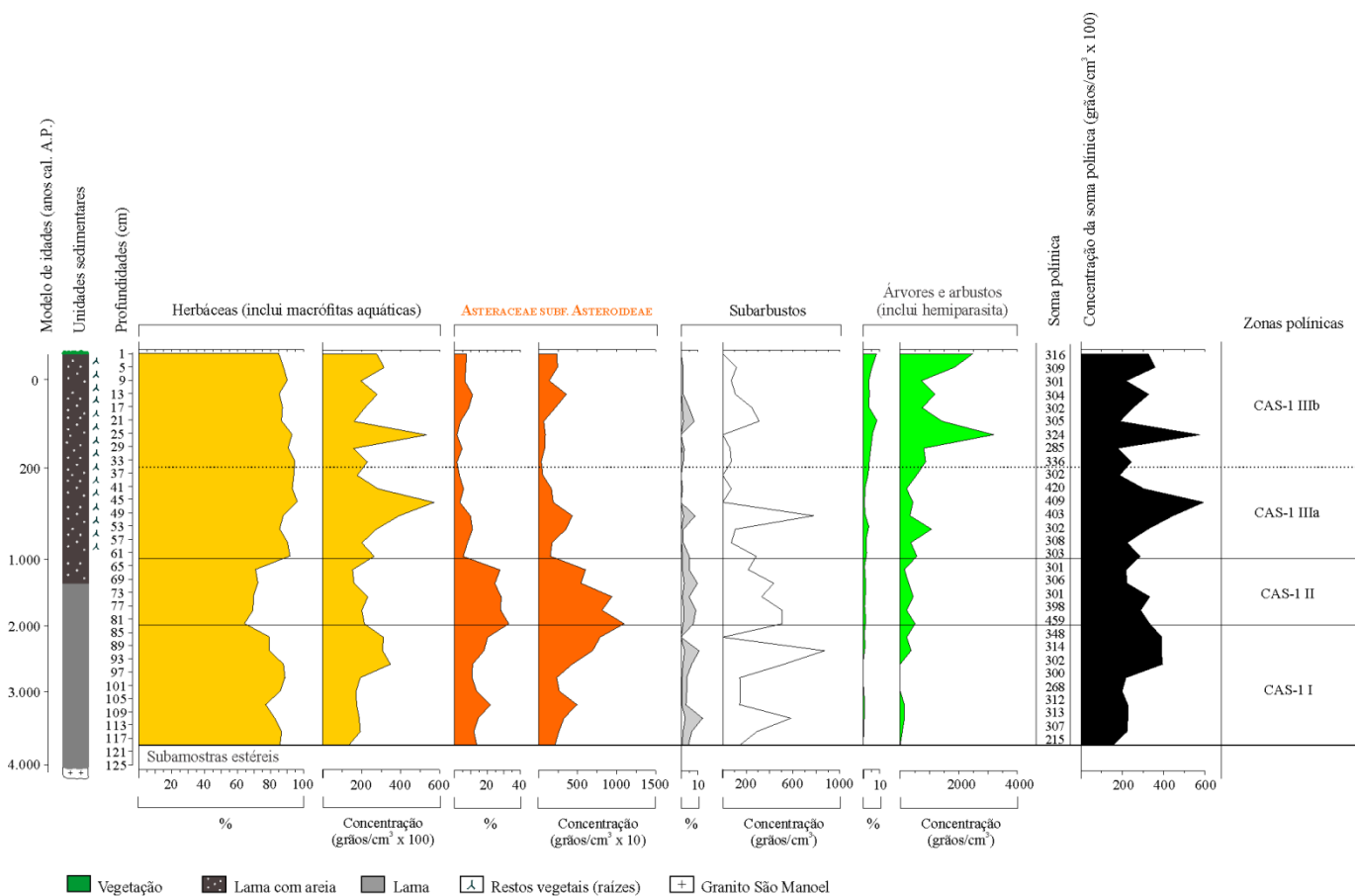
Táxons higrófilos: CEPHALANTHUS GLABRATUS.

Táxons higrófilo-mesófilos: ARECACEAE e SEBASTIANA.

Táxons mesófilos: DAPHNOPSIS RACEMOSA, MYRSINE e MYRTACEAE.

Táxons mesófilo-subxerófilos: CELTIS e LITHRAEA/SCHINUS.

# Sequência CAS-1



**Figura 17.** Diagrama palinológico de porcentagem e de concentração resumida dos grupos. Notar, em cor cinza, a escala de exagero (5x) em subarbustos.

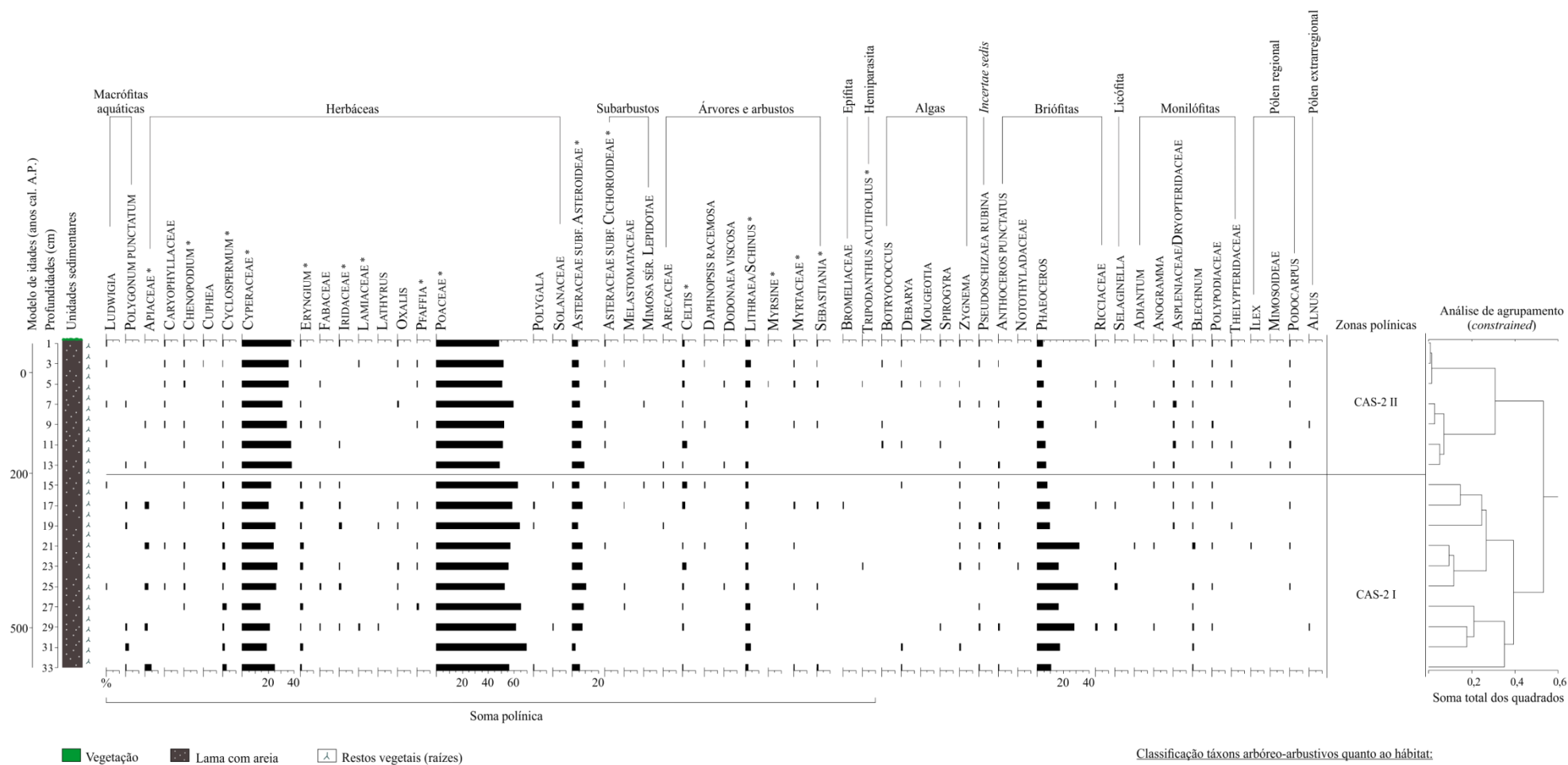
### **Descrição palinológica de CAS-2 (Figs. 18 e 19)**

Entre 33 e 115 cm de profundidade as subamostras polínicas foram estéreis. Neste intervalo os palinómorfos apresentaram sinais claros de deterioração (Fig. 20), assim como nas subamostras estéreis de CAS-1. Em seções mais recentes (últimos 500 anos cal. A.P.) a análise de agrupamento classificou os conjuntos polínicos em duas zonas. A soma polínica variou entre 127 e 848 grãos e a concentração desta soma entre 13.965 e 86.589 grãos/cm<sup>3</sup>.

A **Zona CAS-2 I** (33–14 cm; 500–200 anos cal. A.P.) foi dominada por herbáceas (85–94%), notadamente por POACEAE (53–69%) e CYPERACEAE (14–27%), acompanhadas por ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE ( $\leq 10\%$ ). Os táxons arbóreo-arbustivos  $\leq 6\%$  compreenderam essencialmente por LITHRAEA/SCHINUS e CELTIS. Os esporos de PHAEOCEROS apresentaram amplas frequências relativas em algumas subamostras. BLECHNUM e POLYPODIACEAE foram comumente reconhecidos. A concentração polínica variou entre 13.985 e 42.218 grãos/cm<sup>3</sup>.

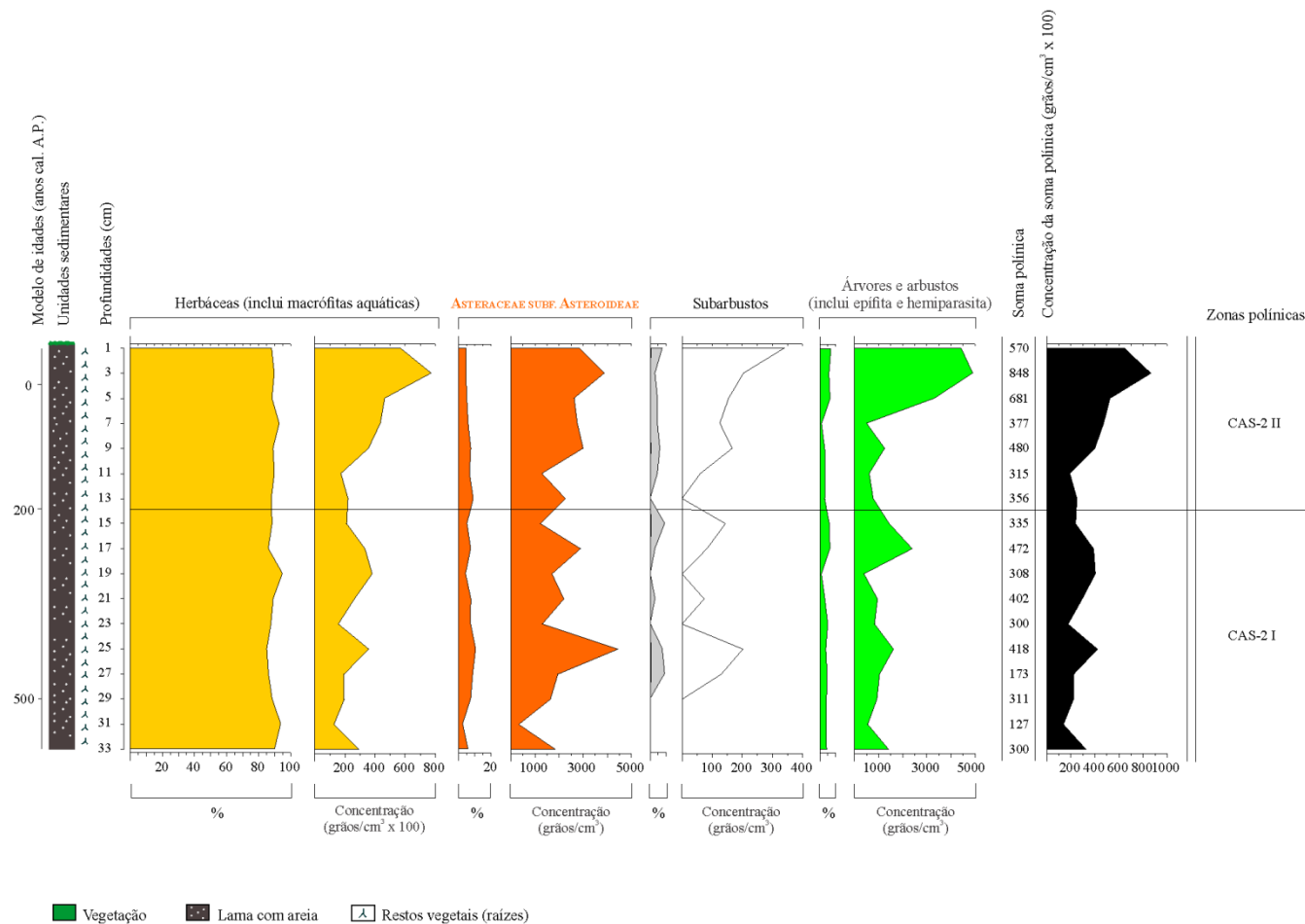
A **Zona CAS-2 II** (14–0 cm; 200 anos cal. A.P.–Recente) foi assinalada pelo declínio de POACEAE (48–59%), concomitante ao aumento de CYPERACEAE (31–38%). A porcentagem dos táxons arbóreo-arbustivos permaneceu similar à zona anterior (6–8%), mas a concentração polínica deste grupo aumentou próximo ao recente, sendo equivalentes à ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE. PHAEOCEROS declina gradualmente. Os registros dos esporos de monilófitas foram frequentes. A concentração polínica oscilou entre 19.295 e 86.589 grãos/cm<sup>3</sup>.

## Sequência CAS-2

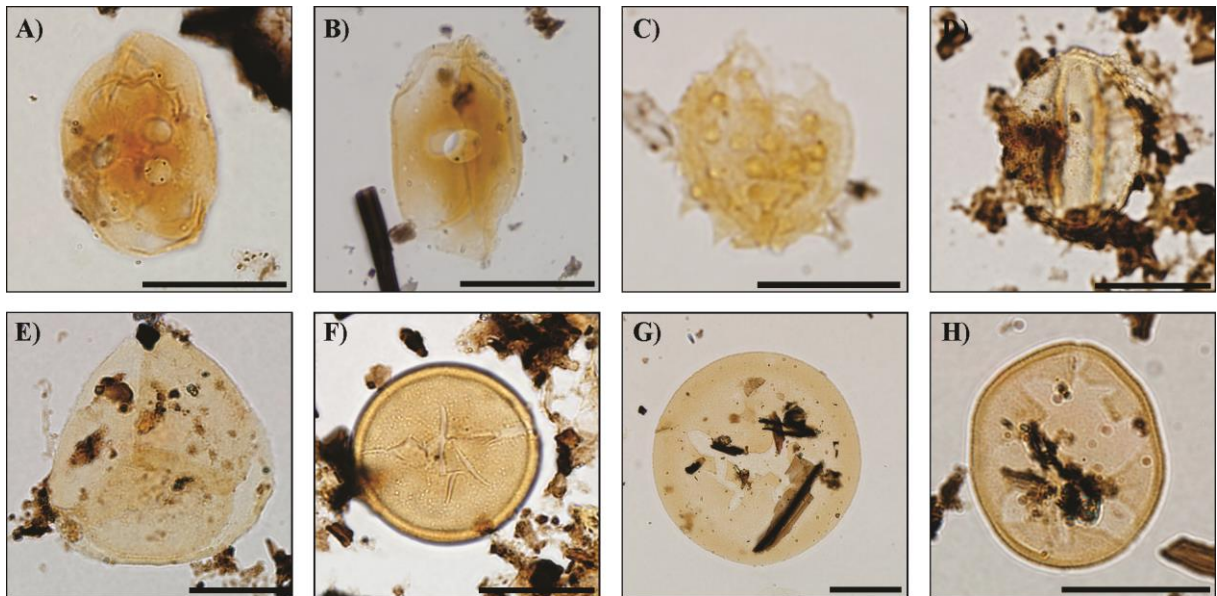


**Figura 18.** Diagrama palinológico de porcentagem da sequência CAS-2, incluindo: o modelo de idades, a análise de agrupamento (\* variáveis incluídas nesta análise) e a caracterização das zonas e subzonas polínicas. Pólen regional se refere às plantas de outras formações florestais do RS. Os táxons foram plotados em ordem alfabética dentro dos grupos.

## Sequência CAS-2



**Figura 19.** Diagrama palinológico de porcentagem e de concentração resumida dos grupos. Notar, em cor cinza, a escala de exagero (15x) em subarbustos.



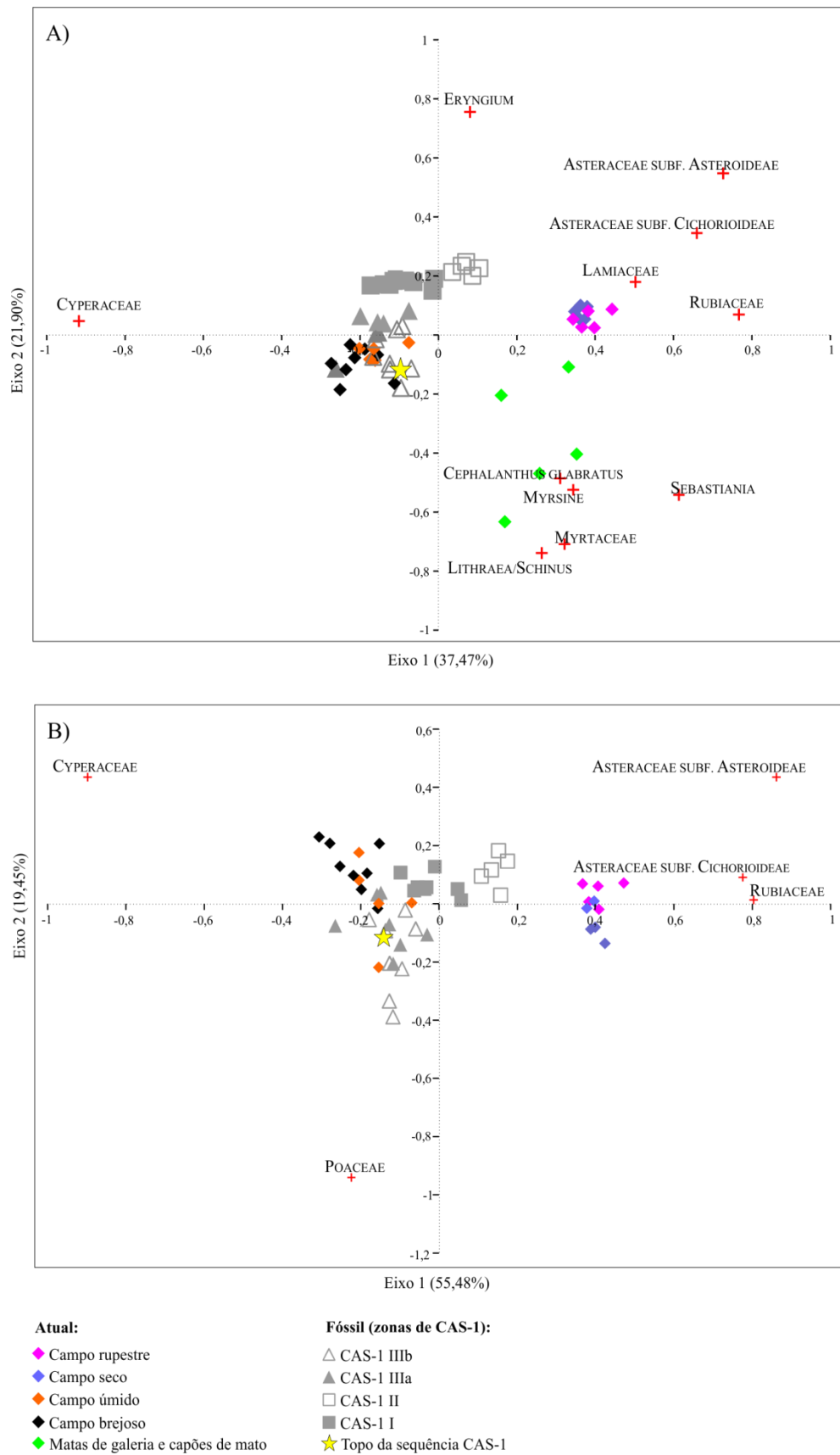
**Figura 20.** Deterioração de alguns palinórfos preservados nas subamostras estéreis de CAS-1 (121–125 cm) e CAS-2 (33–115 cm). **A–B)** LATHYRUS. **C)** ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE. **D)** SEBASTIANA. **E)** Esporo trilete. **F–G)** Esporos.

### III.1.2 Calibração conjuntos polínicos fósseis por meio dos análogos modernos

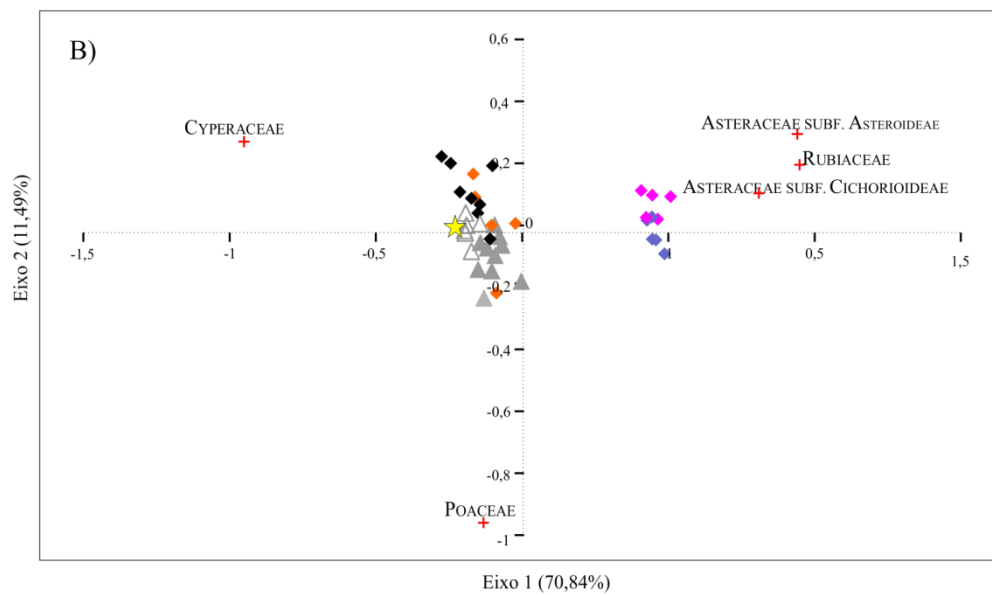
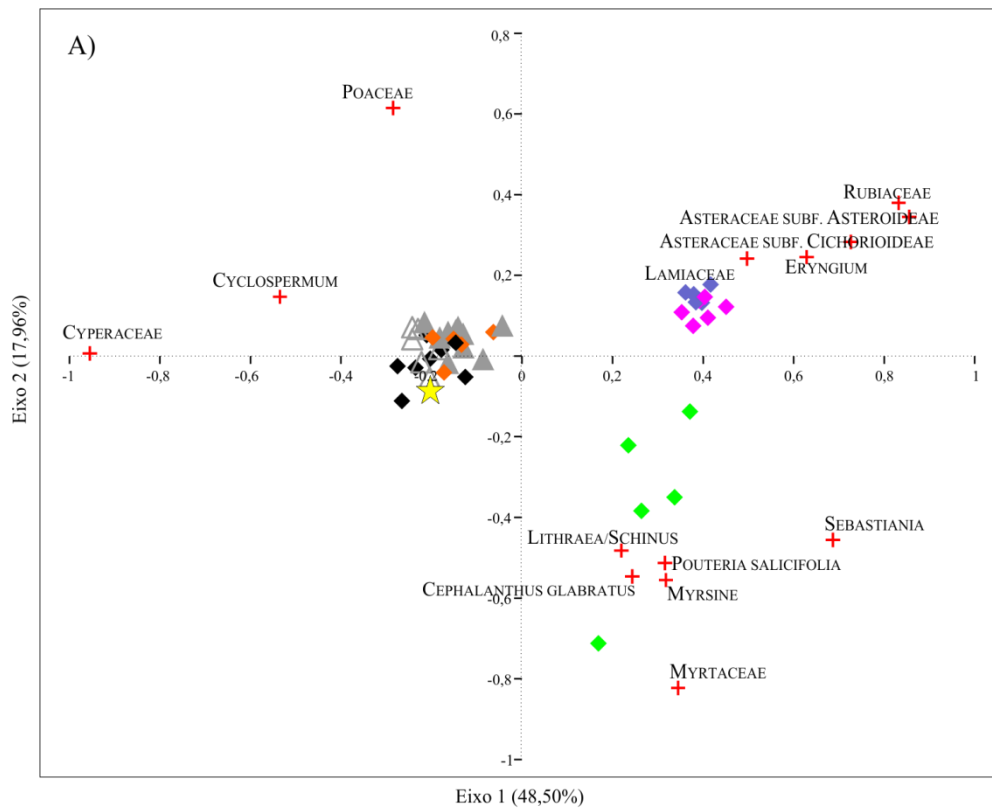
#### Ordenações de PCoA

Estas ordenações demonstraram que os conjuntos polínicos de CAS-1 e CAS-2 foram análogos às subamostras atuais das comunidades campestres (Figs. 21–22) e que nenhuma subamostra fóssil correspondeu às matas de galeria e aos capões de mato (Figs. 21A e 22A). Neste contexto, a maior parte das mesmas esteve associada aos campos úmidos e brejosos, porém nas subamostras de CAS-1 II nota-se uma influência dos conjuntos polínicos fósseis com as subamostras dos campos rupestres e secos (Fig. 22 B).





**Figura 21.** PCoA da sequência CAS-1 com as subamostras de superfície. **A)** Com todas as subamostras atuais. **B)** Incluindo apenas as subamostras de superfície das comunidades campestres e os táxons concernentes às mesmas (aplicado também nos conjuntos polínicos fósseis).



**Atual:**

- ◆ Campo rupestre
- ◆ Campo seco
- ◆ Campo úmido
- ◆ Campo brejoso
- ◆ Matas de galeria e capões de mato

**Fóssil (zonas de CAS-2):**

- △ CAS-2 II
- ▲ CAS-2 I
- ★ Topo da sequência CAS-1

**Figura 22.** PCoA da sequência CAS-2 com as subamostras de superfície. **A)** Com todas as subamostras atuais. **B)** Incluindo apenas as subamostras de superfície das comunidades campestres e os táxons concernentes às mesmas (aplicado também nos conjuntos polínicos fósseis).

## III.2 Discussões

A calibração dos conjuntos polínicos fósseis por meio dos análogos modernos mostra uma analogia dos mesmos com a vegetação dos campos arbustivos de São Gabriel e revela que as comunidades campestres foram dominantes nas cabeceiras do Arroio do Salso desde *ca.* 3.900 anos cal. A.P. (Figs. 21–22). A calibração das associações polínicas fósseis através dos análogos modernos indica também câmbios florísticos, em escala local, à medida que estas pequenas bacias de captação d'água e sedimentos eram colmatadas. Apesar de não constatada uma analogia entre as subamostras fósseis com as atuais das matas de galeria e dos capões de mato há evidências da expansão de alguns táxons arbóreo-arbustivos nesta localidade, em particular dos mesófilos-subxerófilos, haja vista as associações e as proporções extralocais destes representantes nas comunidades campestres.

### III.2.1 Entre *ca.* 3.900 e 2.000 anos cal. A.P.

Neste intervalo (Fig. 16), a calibração dos conjuntos polínicos de CAS-1 I (Fig. 21C) sugere a coexistência de ambientes com maior e menor disponibilidade hídrica nesta bacia, pois estas subamostras fósseis se distribuíram na PCoA entre os campos úmidos e brejosos e os campos rupestres e secos. Assim, é plausível que os ambientes úmidos limitar-se-iam em uma área pequena no centro desta bacia, correspondente à gênese destes depósitos paludosos. Formava-se ali um ambiente lântico, a partir do represamento parcial das águas lóticadas de vertentes próximas, aonde iam sendo acumulados os sedimentos finos que eram lixiviados da montante. Por tratar-se de uma área úmida pequena e circundada pela vegetação campestre regionalmente dominante haveria ali, supostamente, uma forte influência dos grãos de pólen dos campos rupestres e secos. Os registros de LUDWIGIA e dos zigósporos de ZYGNEMA corroboram a presença de um ambiente úmido e um tanto estagnado, pois estes táxons foram observados apenas nas subamostras de superfície dos campos brejosos (Fig. 6).

Entretanto, o interessante mesmo é observar os registros pontuais e escassos da vegetação arbóreo-arbustiva em CAS-1 I (corroborado pela baixa concentração da mesma), que destoam das associações evidenciadas nas subamostras de superfície das comunidades campestres (Fig. 6). Portanto, a estrutura da vegetação arbóreo-arbustiva deveria apresentar uma densidade menor em relação à atual.

Por fim, cabe salientar que as altas proporções de PHAEOCEROS em CAS-1 I (30–60%) poderiam indicar uma alteração nestes conjuntos polínicos, pois a porcentagem destes esporos nas subamostras de superfície não superam 15% (Fig. 6), assim como evidenciado nos

campos com espinho (Evaldt *et al.*, 2014) e nos Campos do Uruguai, em escala regional (Mourelle *et al.*, 2012, 2016). Não obstante, as altas proporções de PHAEOCEROS tem sido usadas nos Campos do RS e áreas adjacentes como indicadoras de um clima quente e seco (Behling *et al.*, 2005; Macedo *et al.*, 2010) ou menos úmido (Evaldt *et al.*, 2014), enquanto não deveriam ser mencionadas, unicamente, para estes fins.

### III.2.2 Entre *ca.* 2.000 e 1.000 anos cal. A.P.

Na sucessão dos eventos, nota-se em CAS-1 II um câmbio na vegetação campestre local, pois a flora neste intervalo se tornou similar aos campos rupestres e secos (Fig. 21C), possivelmente em resposta às variações hídricas que passaram de úmidas (zona anterior) para mais seca. Provavelmente esta redução de umidade local deu-se por um efeito de lateralidade das sangas, à medida que a porção basal desta bacia estava preenchida. Neste contexto é aceitável que tenha ocorrido um recrudescimento da vegetação análoga aos campos rupestres e secos sobre os campos úmidos e brejosos.

Em escala extralocal ou regional (a última limitada às cabeceiras do Arroio do Salso), os registros escassos de pólen da vegetação arbóreo-arbustiva indicam que a mesma sobrevinha pouco desenvolvida nesses campos arbustivos. No entanto, a ocorrência frequente de CELTIS se explica por meio da polinização anemófila de *Celtis ehrenbergiana*, cujos grãos poderiam ser facilmente transportados das matas de galeria e dos capões de mato para CAS-1, pois estas comunidades já deveriam estar presentes nesta paisagem, mas menos densa.

O registro de ARECACEAE (*Syagrus romanzoffiana*) há *ca.* 2.000 anos cal. A.P. é uma evidência de que as matas de galeria já deveriam estar representadas nesta localidade, considerando-se que esta palmeira tem ocorrência exclusiva nestas comunidades e associadas a outras plantas higrófilo-mesófilas. Na área estudada, os espécimes de *S. romanzoffiana* são relativamente comuns, mas o pólen é raramente transportado para as comunidades campestres (Fig. 6). Pela mesma razão não foi possível avaliar a estrutura das matas de galeria por meio destes conjuntos polínicos, devido à curta capacidade de dispersão dos grãos de pólen das plantas arbóreo-arbustivas higrófilas com polinização zoófila para os campos, como indicados nos análogos modernos e por Mourelle & Prieto (2012; 2016) e Mourelle *et al.* (2017), nos Campos do Uruguai.

Convém destacar que, nesta época, as matas de galeria já estariam representadas em São Francisco de Assis (Behling *et al.*, 2005) e Laguna Formosa (Mourelle *et al.*, 2017), cujos sítios palinológicos distam apenas 150 km a nordeste e a sudoeste desses campos arbustivos,

respectivamente (Fig. 1; Tab. 1). Todavia, em Laguna Formosa as matas de galeria não teriam uma riqueza e densidade tão desenvolvida como nos dias atuais, o que de certa forma coincide com os registros escassos dos táxons arbóreo-arbustivos mesófilos-subxerófilos nas cabeceiras do Arroio do Salso.

### III.2.3 Entre *ca.* 1.000 anos cal. A.P. - Recente

Neste intervalo, as subamostras de CAS-1 III e das zonas de CAS-2 apresentam-se análogas aos conjuntos polínicos dos campos úmidos e brejosos (Figs. 21–22), caracterizando um câmbio florístico local a partir de 1.000 anos cal. A.P, que reflete condições mais úmidas nas cabeceiras do Arroio do Salso em relação às zonas anteriores. De certa forma isto corresponde ao aumento das precipitações assinaladas para os Campos do RS nos últimos 1.000 anos cal. A.P. (Flantua *et al.*, 2016; Smith & Mayle, 2018). Nota-se também que este aumento de umidade é aproximadamente concordante com a mudança sedimentar em CAS-1, considerando-se também que os conjuntos polínicos de ambas as sequências tem características iguais, ao menos nos últimos 500 anos cal. A.P.

Além disso, é importante salientar que as associações dos táxons arbóreo-arbustivos, em particular dos elementos mesófilos-subxerófilos, ficam também mais evidentes a partir de *ca.* 1.000 anos cal. A.P. (Fig. 16), mostrando analogia com a deposição extralocal destes representantes nas subamostras polínicas de superfície das comunidades campestres (Fig. 6). Por consequência, acredita-se que esta condição de maior umidade tenha favorecido a migração e a expansão dos pequenos núcleos de vegetação silvática, das matas de galeria, sobre as comunidades campestres. Dessa forma, os capões de mato ficariam gradativamente mais densos, modificando, assim, a fitofisionômica nesses campos arbustivos de São Gabriel. Convém reforçar que as plantas análogas a *CELTIS*, *LITHRAEA/SCHINUS*, *MYRTACEAE* e *SEBASTIANIA* denotam amplos índices de valor de importância nesta localidade (Tab. 7), sendo as espécies mais relevantes nos capões de mato, além daquelas em que o pólen é considerado silencioso, por exemplo, *Scutia buxifolia*, *Acanthosyrirs spinescens* e *Ocotea pulchella*.

É importante comentar que este aumento de umidade desde *ca.* 1000 anos cal. A.P. é corroborado pelo incremento nas taxas de sedimentação nestas seções, concomitante a ocorrência mais visível de grãos de areia nestes níveis (Fig. 15), atestando uma intensificação no fluxo de energia do escoamento das águas lóticicas da montante para a jusante. Neste sentido, supõe-se que o lixiviamento dos sedimentos finos e o maior acúmulo de nutrientes às margens do Arroio do Salso teriam facilitado o desenvolvimento gradual das matas de galeria nesta localidade durante os últimos 1.000 anos cal. A.P.

Estas inferências são sincrônicas ao aumento da riqueza palinológica dos táxons arbóreo-arbustivos em áreas continentais mais interiorizadas nos Campos do RS e do Uruguai: sítios de São Francisco de Assis (Behling *et al.*, 2005), São Martinho da Serra (Bauermann *et al.*, 2008) e Laguna Formosa (Mourelle *et al.*, 2017).

Todavia, cabe destacar que tendo em conta o resultado das datações radiocarbônicas (e não o modelo de idades) estes câmbios florísticos em ambas as sequências sedimentares teriam ocorrido em torno de 500 anos  $^{14}\text{C}$  A.P.

Nos últimos 200 anos cal. A.P. (zonas de CAS-1 IIIb e CAS-2 II) nota-se o máximo da expansão dos táxons arbóreo-arbustivos mesófilos-subxerófilos, cujas concentrações polínicas se equivalem as de ASTERACEAE SUBF. ASTEROIDEAE, às vezes, superiores (Figs. 17 e 19), demonstrando que a vegetação arbóreo-arbustiva continua em expansão. Consequentemente, ao que tudo indica isto representa o estabelecimento dos capões de mato em áreas próximas a estas bacias, configurando, assim, a paisagem atual.

### III.3 Conclusões

- Os conjuntos polínicos fósseis, calibrados pelo análogo moderno, indicam que as formações campestres foram às comunidades dominantes nos campos arbustivos de São Gabriel deste os últimos 3.900 anos cal. A.P.;
- A análise conjunta entre as associações polínicas atuais e fósseis possibilitaram distinguir, em escala local, as comunidades campestres arbustivas durante o Holoceno Tardio em campos rupestres e secos e úmidos e brejosos.
- Entre *ca.* 3.900 e 2.000 anos cal. A.P. os conjunto polínicos sugerem que a estrutura da vegetação arbóreo-arbustiva nestes campos arbustivos era distinta da atual, supostamente com menor densidade dos táxons mesófilos-subxerófilos.
- Entre *ca.* 2.000 e 1.000 anos cal. A.P. os campos, em escala local, foram similares aos rupestres e secos, refletindo menores condições de umidade nesta bacia. Nesta época, a vegetação arbóreo-arbustiva mesófila-subxerófila sobrevinha pouco representada nesta localidade. Todavia, o registro de ARECACEAE (*Syagrus romanzoffiana*) sugere a presença das matas de galeria nesta paisagem, mas não se pode avaliar a estrutura da mesma, em consequência da curta capacidade de dispersão polínica das plantas higrófilas com polinização zoófila para as comunidades campestres.
- A partir de 1.000 anos cal. A.P. os conjuntos polínicos fósseis foram análogos aos campos úmidos e brejosos, indicando um balanço hídrico positivo nesta localidade. Estas condições de umidade refletiram o maior escoamento das águas superficiais nestas redes de drenagem, favorecendo a expansão dos pequenos núcleos de vegetação silvática sobre as comunidades campestres, modificando, assim, a fitofisionomia nas cabeceiras do Arroio do Salso.
- Nos últimos 200 anos cal. A.P. se evidencia o máximo da expansão dos táxons arbóreo-arbustivos, em particular dos táxons mesófilos-subxerófilos, configurando a fitofisionomia atual.

**Capítulo IV. Comparação regional da evolução fitofisionômica dos campos arbustivos de São Gabriel com afins adjacentes**



Os conjuntos polínicos de São Gabriel, sobretudo de CAS-1, refletiram os câmbios da vegetação nas cabeceiras do Arroio do Salso desde *ca.* 3.900 anos cal. A.P. Regionalmente, notam-se algumas semelhanças entre a evolução fitofisionômica desses campos arbustivos com os registros palinológicos de outros sítios estudados nos Campos do RS e do Uruguai durante o Holoceno Tardio (Fig. 22).

Neste contexto, é importante salientar que no Holoceno Tardio a posição média da Zona de Convergência Intertropical já havia migrado de norte para sul (Haug *et al.*, 2001; Wanner *et al.*, 2008). Assim, houve uma intensificação das precipitações nestes Campos, quando comparado às taxas pluviométricas do Holoceno Médio (Melo & Marengo, 2008; Prado *et al.*, 2013; Berman *et al.*, 2016; Flantua *et al.*, 2016; Smith & Mayle, 2018).

Cabe também ressaltar que o aspecto comparativo entre a evolução fitofisionômica desses Campos arbustivos de São Gabriel com as demais localidades já estudadas nos Campos do RS e do Uruguai deve ser ponderado, haja vista as diferenças do meio abiótico (geologia, geomorfologia e pedologia) que atualmente caracterizam as diferenças entre as unidades fitofisionômicas no RS (*e.g.* Hasenack *et al.*, 2010) e as distintas comunidades de vegetação do Uruguai (Mourelle *et al.*, 2018).

#### **Entre *ca.* 4.000 e 2.000 anos cal. A.P.**

Neste intervalo, além das formações campestres regionalmente dominantes, os dados polínicos indicam que as matas de galeria já estavam representadas na paisagem de áreas adjacentes a São Gabriel: em São Francisco de Assis (sítio 1) e Laguna Formosa (sítio 12), (Fig. 22). Entretanto, estas comunidades vinham em desenvolvimento em resposta às condições climáticas mais úmidas que marcaram a transição do Holoceno Médio para o Tardio. Portanto, a estrutura destas matas de galeria era distinta da atual, pois o máximo da expansão das mesmas nestes sítios teria ocorrido posteriormente, em idades mais recentes (Behling *et al.*, 2005; Mourelle *et al.*, 2017). Nesta época, os registros polínicos escassos dos táxons arbóreo-arbustivos em São Gabriel talvez sejam decorrentes do meio físico, bem como da distância do campo brejoso de CAS-1 em relação às matas de galeria. No que se refere ao primeiro ponto, cabe lembrar que os campos arbustivos de São Gabriel se localizam em uma zona de cabeceiras de primeira ordem. Ali os afluentes denotam margens estreitas e, assim, os mesmos não teriam a capacidade de abrigar à época uma vegetação tão densa quanto os cursos hídricos de São Francisco de Assis e Laguna Formosa, considerando-se também a geologia e geomorfologia destes locais. Escassos registros da vegetação arbóreo-arbustiva foram também registrados em São Martinho da Serra (sítio 2), que do mesmo modo se trata

de uma zona de cabeceiras. Apesar de que lá, a vegetação tem uma ampla influência das matas de encosta do planalto, o que talvez explique a maior riqueza polínica destes táxons em comparação a São Gabriel, onde a flora arbóreo-arbustiva é muito homogênea (Tab. 6).

Já nos Campos arbustivos próximos aos Campos litorâneos do RS, as matas de galeria também já estavam representadas na paisagem (sítio 4), em consequência da maior umidade do Oceano Atlântico e da influência dos táxons da Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica) que migravam de norte a sul e de leste a oeste por meio dos contrafortes da Serra Geral (Lorscheitter, 2003). Nos Campos litorâneos, em áreas interiorizadas, as matas de restinga também já estavam bem desenvolvidas, em resposta a gradual dessalinização destes terrenos concomitante a regressão marinha (sítios 6, 7, 10 e 11). Enquanto isso, nos terrenos mais próximos a linha de costa se desenvolviam os banhados, os pântanos e as matas de restinga (sítios 8, 9, 10, 11); e mais nos sul, nos Campos do Uruguai, os *humedales*, as comunidades hidrófilas e halófitas, os banhados salinos e os *matorrales psamófilos* (sítios 13, 15 e 16).

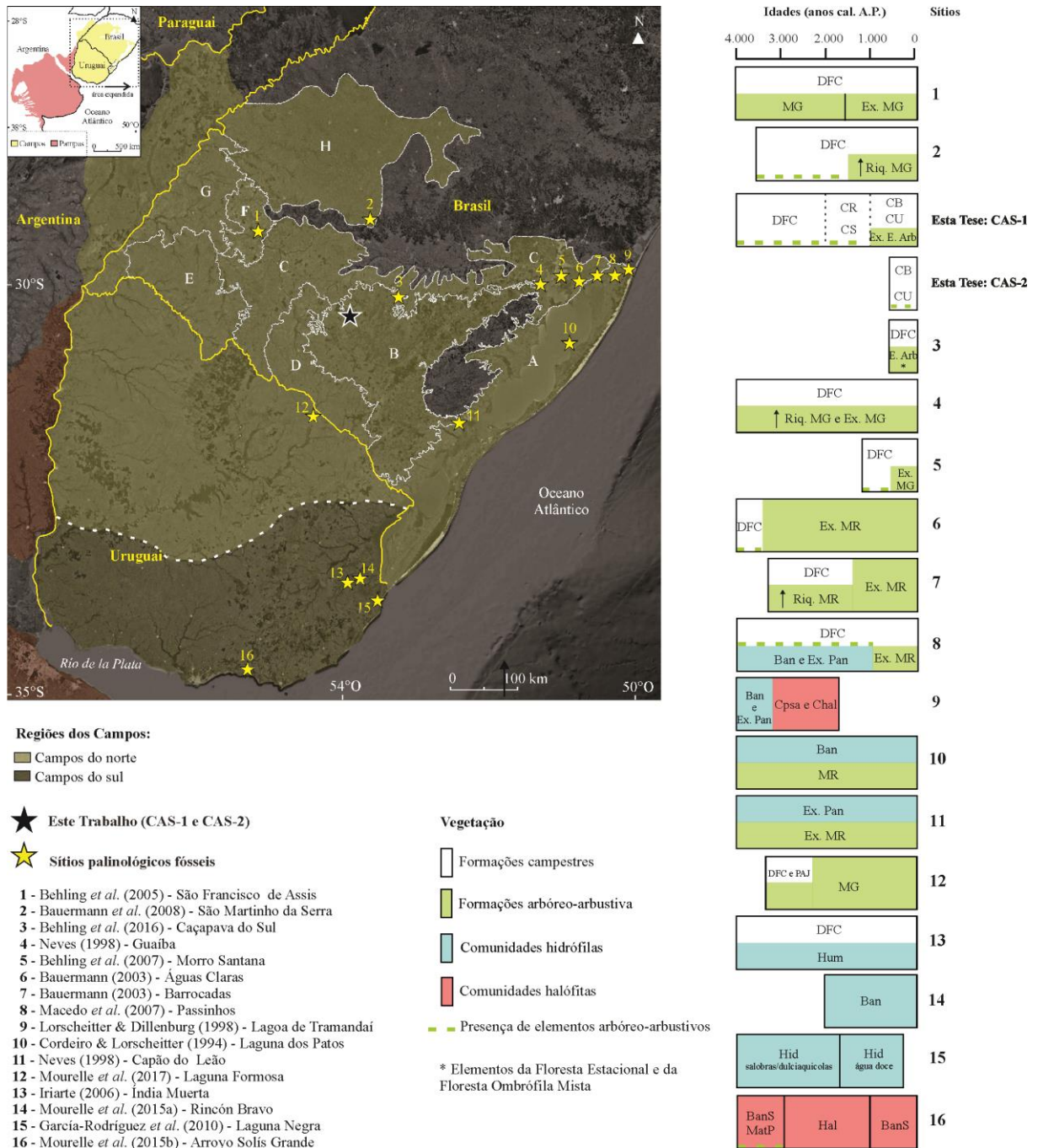
#### **Entre ca. 2.000 e 1.000 anos cal. A.P.**

Neste momento, a fitofisionomia nos Campos do RS e do Uruguai continuavam muito similares os intervalo supracitado, mas em Laguna Formosa (sítio 12) houve um gradual aumento da abundância e da riqueza dos táxons arbóreo-arbustivos das matas de galeria, assim como em São Francisco de Assis (sítio 1). Em São Martinho da Serra (sítio 2), os registros polínicos da flora arbóreo-arbustiva continuaram escassos, como em São Gabriel, mas naquelas associações polínicas houve um aumento na riqueza dos elementos lenhosos, talvez pela maior proximidade da floresta estacional que migrava de leste a oeste por meio das encostas do Planalto. Finalmente, destaca-se que nos campos arbustivos de São Gabriel a matriz campestre apresentava similarmente aos campos rupestres e secos.

#### **Entre ca. 1.000 anos cal. A.P. - Recente**

Neste intervalo, as formações campestres seguiam dominantes na paisagem dos Campos, mas em São Gabriel nota-se um aumento de umidade, o que teria proporcionado o desenvolvimento dos campos úmidos e brejosos. Neste contexto, em São Francisco de Assis, as matas de galeria atingiam o seu máximo de expansão em torno de 1.000 anos cal. A.P. (sítio 1). Em Laguna Formosa houve uma diversificação dos elementos arbóreo-arbustivos (sítio 12), resultando em matas de galeria com maior densidade. Já em São Gabriel, nota-se a expansão dos elementos mesófilos-subxerófilos desde 1.000 anos cal A.P que talvez pudesse representar o desenvolvimento das matas de galeria nas cabeceiras do Arroio do Salso.

Todavia, isto é suposição, haja vista que a calibração dos conjuntos polínicos de CAS-1 não mostrou uma analogia com estas formações e as mesmas não se distinguiram das subamostras dos capões de mato. O fato é que nos campos arbustivos de São Gabriel se observou uma expansão dos elementos arbóreo-arbustivos mesófilos-subxerófilos, pois as associações entre os mesmos ficaram mais evidentes nestes conjuntos polínicos, similar a atual. Dessa forma, é possível que a partir de 1.000 anos cal. A.P. tenha ocorrido o desenvolvimento dos pequenos núcleos de vegetação silvática, originados das matas de galeria, sobre a matriz campestre. Mais próximos ao recente, em Laguna Formosa a estrutura florística ficou similar a atual após *ca.* 540 anos cal. A.P., o que corresponde com a expansão das matas de galeria nos campos arbustivos do Morro Santana (sítio 5) e Caçapava do Sul (sítio 3). Em São Gabriel, os dados de concentração polínica indicam a maior deposição dos táxons arbóreo-arbustivos a partir de 200 anos cal. A.P., mas isto ao que tudo indica concerne ao estabelecimento dos capões de mato que estão próximos aos campos brejosos de CAS-1 e CAS-2.



**Figura 23.** Comparação da evolução fitofisionômica dos campos arbustivos de São Gabriel (CAS-1 e CAS-2) com o desenvolvimento da vegetação regional dos Campos no Holoceno Tardio, modificado de Mourelle *et al.* (2018). Abreviaturas: **DFC** = Domínio das formações campestres; **MG** = Matas de galeria; **Ex. MG** = Expansão das matas de galeria; **↑ Riq. MG** = Aumento da riqueza dos elementos das matas de galeria; **MR** = Matas de restinga; **Ex. E. Arb.** = Expansão dos elementos arbóreo-arbustivos; **CR** = Campo rupestre; **CS** = Campo seco; **CU** = Campo úmido; **CB** = Campo brejoso; **Ban** = Banhados; **Ex. Pan** = Expansão dos pântanos; **Cpsa** = Comunidades psamófilas; **Chal** = Comunidades halófitas; **PJA** = *Pajonales*; **Hum** = *Humedales*; **Hid** = Formações hidrófitas; **BanS** = Banhado salino; **MatP** = *Matorrales* psamófilos. Informações adicionais na tabela 1.

## **Capítulo V. Considerações finais e perspectivas**

Esta Tese permitiu reconstruir a vegetação nos campos arbustivos de São Gabriel durante o Holoceno Tardio, alcançando-se, assim, o objetivo principal e parcialmente as hipóteses implantadas no capítulo I, isto é: 1) se pode comprovar que os conjuntos polínicos atuais tem correspondência com as distintas comunidades de vegetação das cabeceiras do Arroio do Salso; 2) se aceita que os conjuntos polínicos fósseis refletem, em síntese, os câmbios da vegetação durante o Holoceno Tardio nesta localidade; 3) não se pode validar que as matas de galeria se expandiram desde os últimos 1.500 anos cal. A.P., pois há evidências da expansão dos táxons arbóreo-arbustivos mesófilos-subxerófilos somente a partir de 1.000 anos cal. A.P. 4) se aceita que a análise integrada dos registros polínicos fósseis permitiu avaliar a dinâmica da vegetação dos Campos, em escala regional, durante o Holoceno Tardio.

O uso dos análogos modernos para a calibração destes conjuntos polínicos fósseis se mostrou eficiente, possibilitando distinguir algumas comunidades campestres dentro desta unidade fitofisionômica (campos rupestres e secos e úmidos e brejosos). Portanto, novas perspectivas se abrem, uma vez que os “campos” eram assim determinados nos agrupamentos dos conjuntos polínicos fósseis das Formações Campestres do *Río de la Plata*, sem qualquer divisão. Além disso, por meio dos análogos modernos ficou claramente demonstrado não haver uma analogia entre as subamostras fósseis com as atuais das matas de galeria e dos capões de mato. Porém, pode-se interpretar a que distâncias estas fitofisionomias estiveram, em consequência das associações polínicas extralocais da flora arbóreo-arbustiva nas comunidades campestres. Por consequência, sem a construção deste modelo atual haveria seguramente interpretações paleoecológicas equivocadas sobre estas comunidades, já que a estrutura florística das matas de galeria não pode ser avaliada em maior resolução, sendo constatada apenas a expansão dos táxons mesófilos-subxerófilos desde 1.000 anos cal. A.P.

Destaca-se também que os resultados obtidos nestes campos arbustivos de São Gabriel corroboram as observações de Mourelle & Prieto (2012, 2016) e Mourelle *et al.* (2017), demonstrando a limitada capacidade de dispersão do pólen das plantas arbóreo-arbustivas higrófilas com polinização zoófila para a matriz campestre. Por consequência, isto deve ser relevante para a escolha dos futuros sítios palinológicos nos Campos do RS, a fim de avaliar a evolução das matas de galeria no Quaternário tardio. Neste contexto, considerando-se que os poucos sítios palinológicos estudados nos Campos do RS a oeste se encontram afastados das matas de galeria (> 500 m), São Francisco de Assis, São Martinho da Serra e São Gabriel (esta Tese), muitos questionamentos sobre a origem e o desenvolvimento destes bosques permanecem sem resposta. Uma exceção é o sítio de Caçapava do Sul (Behling *et al.*, 2016), que se localiza no interior de uma mata de encosta com influência de táxons associados à

*Araucaria angustifolia*; contudo, neste trabalho os autores usaram uma soma polínica muito baixa (< 100 grãos) e, assim, os conjuntos polínicos não se apresentam confiáveis. Os modelos polínicos atuais tem demonstrado que estas somas não são suficientes para refletir adequadamente a vegetação dos Campos (Mourelle *et al.*, 2018).

Outro aspecto relevante é que os sítios palinológicos supracitados estão situados em fitofisionomias muito heterogêneas (Fig. 1), o que dificulta a comparação da evolução das matas de galeria e dos capões de mato entre áreas com características geológicas, geomorfológicas e pedológicas tão particulares.

Conseqüentemente, como etapa futura, recomenda-se a ampliação dos estudos palinológicos em sequências quaternárias nos Campos do RS, em áreas a oeste, de modo a aprofundar a temática sobre a evolução das matas de galeria nesta região e estabelecer possíveis conexões com outras províncias fitogeográficas. Concomitantemente, pode-se ampliar o modelo dos análogos modernos de São Gabriel para escala regional. Este modelo consistirá à base de dados para interpretação das sequências fósseis que serão coletadas, bem como para se revisar os conjuntos polínicos fósseis já estudados.

Finalmente, destaca-se que esta Tese é pioneira por utilizar análogos modernos para a calibração das sequências polínicas fósseis nos Campos do RS. Portanto, novos caminhos são delineados para aumentar a fidelidade das reconstruções da vegetação no Quaternário tardio destes Campos.

## **Referências bibliográficas**



- Ab'Sáber, A. 2005. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo, Ateliê, 160p.
- Ackerman, J.D. 2000. Abiotic pollen and pollination: ecological, functional, and evolutionary perspectives. *Plant Systematics and Evolution*, 222: 167–186.
- Adam, D.P. & Mehringer, P.J.Jr. 1975. Modern pollen surface samples. An analysis of subsamples. *Journal Research U.S. Geological Survey*, 3: 733–736.
- Alemán, M., Figueroa-Fleming, T., Etcheverry, A., Sühling, S. & Ortega-Baes, P. 2014. The explosive pollination mechanism in Papilionoideae (Leguminosae): an analysis with three *Desmodium* species. *Plant Systematics and Evolution*, 300: 177–186.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.de M. & Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711–728.
- Amaral, L. da G. 1979. Floração e frutificação de algumas espécies arbóreas nativas e cultivadas no Rio Grande do Sul. *Iheringia, Série Botânica*, 24: 125–132.
- Andrade, B.O., Koch, C., Boldrini, I.I., Vélez-Martim, E., Hasenack, H., Hermann, J.M., Kollmann, J., Pillar, V.P. & Overbeck, G.E. 2015. Grassland degradation and restoration: a conceptual framework of stages and thresholds illustrated by southern Brazilian grasslands. *Natureza & Conservação*, 13: 95–104.
- Andrade, B.O., Marchesi, E., Burkart, S., Setubal, R.B., Lezama, F., Perelman, S., Schneider, A.A., Trevisan, R., Overbeck G.E. & Boldrini, I.I. Submetido. Vascular plant species richness and distribution in the Río de la Plata grasslands. *Botanical Journal of the Linnean Society*.
- Bauermann, S.G. 2003. *Análises palinológicas e evolução paleovegetacional e paleoambiental das turfeiras de Barrocas e Águas Claras, Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil*. Porto Alegre, 137p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Bauermann, S.G., Macedo, R.B., Behling, H., Pillar, V.D. & Neves, P.C.P. 2008. Dinâmicas vegetacionais, climáticas e do fogo com base em palinologia e análise multivariada no Quaternário tardio do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 11: 87–96.
- Behling, H. 1995. Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). *Vegetation History and Archaeobotany*, 4: 127–152.
- Behling, H. 1997. Late Quaternary vegetation, climate and fire history in the Araucaria forest and Campos region from Sierra Campos Gerais (Paraná), S Brazil. *Review of Paleobotany and Palynology*, 97: 109–121.
- Behling, H., Bauermann, S.G. & Neves, P.C.P. 2001. Holocene environmental changes in the São Francisco de Paula region, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 631–639.

- Behling, H., Negrelle, R.R.B., 2006. Vegetation and pollen rain relationship from the Tropical Atlantic Rain Forest in southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(4): 631–642.
- Behling, H., Pillar, V.D., Müller, S.C. y Overbeck, G.E. 2007. Late-Holocene fire history in a forest-grassland mosaic in southern Brazil: implications for conservation. *Applied Vegetation Science*, 10: 81–90.
- Behling, H., Pillar, V., Orlóci, L. & Bauermann, S.G. 2005. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 133: 235–248.
- Behling, H., Verissimo, N., Bauermann, S., Bordignon, S. & Evaldt, A. 2016. Late Holocene vegetation history and early evidence of *Araucaria angustifolia* in Caçapava do Sul in the lowland Region of Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 59: 1–10.
- Berman, A.L., Silvestri, G.E., Rojas, M. & Tonello, M.S. 2016. Accelerated greenhouse gases versus slow insolation forcing induced climate changes in southern South America since the Mid-Holocene. *Climate Dynamics*, 48(1–2): 387–404.
- Bilenca, D. & Miñarro, F. 2004. *Identificación de áreas valiosas de pastizal en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y Sur de Brasil*. Buenos Aires, Fundación Vida Silvestre Argentina. 323p.
- Birks, H.J.B. & Birks, H.H. 1980. *Quaternary palaeoecology*. London, Edward Arnold, 289p.
- Birks, H.J.B., Felde, V.A. Bjune, A.E., Grytnes, J.A. Seppä, H. & Giesecke, T. 2016. Does pollen-assemblage richness reflect floristic richness? A review of recent developments and future challenges. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 228: 1–25.
- Boldrini, I.I. 2009. A flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In: Pillar *et al.* (Eds). *Campos Sulinos, conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p. 63–77.
- Boldrini, I.I., Ferreira, P.M. de A., Andrade, B.O., Schneider, A.A., Setubal, R.B., Trevisan, R. & Freitas, E.M. de. 2010. *Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica*. Porto Alegre, Pallotti, 64p.
- Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitosociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid, H. Blume Ediciones, 820p.
- Brussa, S.C.A. & Grela, G.I.A. 2007. *Flora arbórea del Uruguay: con énfasis en las especies de Rivera y Tacuarembó*. Montevideo, COFUSA, 543p.
- Burkart, A. 1975. Evolution of grasses and grasslands in South America. *Taxon*, 24(1): 53–66.
- Carvalho, P.E.R. 2003. *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica/Colombo, Embrapa Florestas, 1039p.

- Carvalho, P.E.R. 2006. *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica/Colombo, Embrapa Florestas, 627p.
- Carvalho, P.E.R. 2008. *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica/Colombo, Embrapa Florestas, 593p.
- Carvalho, P.E.R. 2014. *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília, Embrapa, 634p.
- Castiglioni, J.A. 1975. Descripción botánica, forestal y tecnológica de las principales especies indígenas de la Argentina. In: Cozzo, D. (Ed). *Arboles forestales, maderas y silvicultura de la Argentina*. Buenos Aires, Acme, p. 38-60.
- Cavalcanti, I.F. de A., Ferreira, N.J., da Silva, M.G.A.J. & Dias, M.A.F. da S. 2009. *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo, Oficina de Textos, 463p.
- Clivati, D., Cordeiro, G.D., Płachno, B.J. & de Miranda, V.F.O. 2014. Reproductive biology and pollination of *Utricularia reniformis* A. St.-Hil. (Lentibulariaceae). *Plant Biology*, 16: 677-682.
- Cocucci, A.A. 1991. Pollination biology of *Nierembergia* (Solanaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 174: 17-35.
- Constanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Faber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K. Naeen, S. O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & Van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem service and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- Cordeiro, S.H. & Lorscheitter, M.L. 1994. Palynology of Lagoa dos Patos sediments, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Paleolimnology*, 10: 35-42.
- Corrêa, C.A., Irgang, B.E. & Moreira, G.R.P. 2001. Estrutura floral das angiospermas usadas por *Heliconius erato phyllis* (Lepidoptera, Nymphalidae) no Rio Grande do Sul. *Iheringia, Série Zoológica*, 90: 71-84.
- CPRM (Serviço Geológico do Brasil). 2006. *Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul*, escala 1:750.000. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia\\_basica/cartografia\\_regional/mapa\\_rio\\_grande\\_sul.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf)>. Acesso em: 20 Nov. 2017.
- D'Ávila, M. 2006. *Insetos visitantes florais em áreas de cerradão e cerrado sensu stricto no estado de São Paulo*. Piracicaba, 130p. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- De Almeida, D., Marchini, L.C., Sodré, G. da S., d'Ávila, M. & de Arruda, C.M.F. 2003. *Plantas visitadas por abelhas e polinização*. Piracicaba, Série Produtor Rural (edição especial), 40p.
- De Klerk, P. & Joosten, H. 2007. The difference between pollen types and plant taxa: a plea for clarity and scientific freedom. *Quaternary Science Journal* 56: 162-171.
- Eggers, L. 2008. A família Iridaceae no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, 6(3): 167-175.

- Erdtman, G. 1960 The acetolysis method: a revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 54(4): 561–564.
- Etcheverry, A.V., Alemán, M.M., Figueroa-Fleming, T., López-Spahr, D., Gómez, A.A., Yáñez, C., Figueroa-Castro, D.M. & Ortega-Baes, P. 2012. Pollen: ovule ratio and its relationship with other floral traits in Papilionoideae (Leguminosae): an evaluation with Argentine species. *Plant Biology*, 14: 171–178.
- Evaldt, A.C.P., Bauermann, S.G. & Souza, P.A. 2014. Registros polínicos para o Holoceno tardio da região da Campanha (Rio Grande do Sul, Brasil) e seu significado na história dos paleoambientes da Savana Estética Parque. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 17(2):183–194.
- Evaldt, A.C.P., Bauermann, S.G. Paz, RF, Lima, G.L. & Radaeski, J.N. 2018. Influence of Soil and Vegetation in the Pollen Spectrum Modeling from Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Agricultural Research*, 3(3): 000160.
- Faegri, K. & van der Pijl, L. 1971. *The principles of pollination ecology*. 2 ed. Oxford, Pergamon Press, 291p.
- Faegri, K., Kaland, P.E. & Krzywinski, K. 1989. *Textbook of pollen analysis*. New Jersey, The Blackburn Press, 328p.
- Filgueiras, T.S., Nogueira, P.E., Brochado A.L. & Guala II, G.F. 1994. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. *Cadernos de Geociências*, 12: 39–43.
- Flantua, S.G.A., Hooghiemstra, H., Vuille, M., Behling, H., Carson, J.F., Gosling, W.D., Hoyos, I., Ledru, M.P., Montoya, E., Mayle, F., Maldonado, A., Rull, V., Tonello, M. S., Whitney, B.S. & González-Arango, C. 2016. Climate variability and human impact in South America during the last 2000 years: synthesis and perspectives from pollen records. *Climate of the Past*, 12: 483–523.
- Flora do Brasil. 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 02 Fev. 2017.
- Fontana, S.L. 2005. Coastal dune vegetation and pollen representation in south Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of Biogeography*, 32: 719–735.
- Freitas, L. & Sazima, M. 2006. Pollination biology in a tropical high-altitude grassland in Brazil: interactions at the community level. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 93: 465–516.
- García-Rodríguez, F., Stutz, S., Inda, H., del Puerto, L., Bracco, R. & Panario, D. 2010. A multiproxy approach to inferring Holocene paleobotanical changes linked to sea-level variation, paleosalinity levels, and shallow lake alternative states in Negra Lagoon, SE Uruguay. *Hydrobiologia*, 646: 5–20.
- Gautreau, P. 2014. *Forestación, territorio y ambiente. 25 años de silvicultura transnacional en Uruguay, Brasil y Argentina*. Montevideo, Trilce, 293p.

- Goring, S., Lacourse, T., Pellatt, M.G. & Mathewes, R.W. 2013. Pollen assemblage richness does not reflect regional plant species richness: a cautionary tale. *Journal of Ecology*, 101: 1137–1145.
- Grimm, E. 2004. TILIA software 2.0.2. Illinois State Museum. Research and Collection Center, Springfield, Illinois. Disponível em: <<https://www.tiliait.com/download/>>. Acesso em: 25 Nov. 2017.
- Grossi, M.A., Gutiérrez, D.G., Marquez, J.J. & Luna, M.L. 2017. Caracteres florales y palinológicos en acanthostyles (Asteraceae, Eupatorieae) y su relación con la polinización. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 52(1): 107–119.
- Haretche, F., Mai, P. & Brazeiro, A. 2012. Woody flora of Uruguay: inventory and implication within the Pampean region. *Acta Botanica Brasílica*, 26(3): 537–552.
- Hasenack, H., Cordeiro, J.L.P. & Costa, B.S.C. 2007. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: II Simpósio de Forrageiras e Produção Animal 2007 (Sustentabilidade produtiva no Bioma Pampa). Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, Departamento de Forrageiras e Agrometeorologia – UFRGS, p. 15–22.
- Hasenack, H., Weber, E., Boldrini, I.I. & Trevisan, R. 2010. *Mapa de sistemas ecológicos da ecorregião das savanas uruguaias em escala 1:500.000 ou superior e relatório técnico descrevendo insumos utilizados e metodologia de elaboração o mapa de sistemas ecológicos*. Disponível em: <[http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/Publicacoes/Relatorios/2010/Relatorio\\_projeto\\_IB\\_CECOL\\_TNC\\_produto\\_4.pdf](http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/Publicacoes/Relatorios/2010/Relatorio_projeto_IB_CECOL_TNC_produto_4.pdf)>. Acesso em: 20 Nov. 2017.
- Haug, G.H., Hughen, K.A., Sigman, D.M., Peterson, L.C. & Röhl, U. 2001. Southward migration of the Intertropical Convergence Zone through the Holocene. *Science*, 293: 1304–1308.
- Heiden, G., Iganci, J.R.V. & Macias, L. 2009. Baccharis Sect. Caulopterae (Asteraceae, Astereae) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Rodriguésia*, 60(4): 943–983.
- Hermes, M.G. & Köhler, A. 2006. The flower-visiting social wasps (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae) in two areas of Rio Grande do Sul State, southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 50(2): 268–274.
- Hogg, A.G., Hua, Q., Blackwell, P.G., Niu, M., Buck, C.E., Guilderson, T.P., Heaton, T.J., Palmer, J.G., Reimer, P.J., Reimer, R.W., Turney, C.S.M. & Zimmerman, S.R.H. 2013. Shcal13 Southern Hemisphere Calibration, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4): 1889–1903.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2003. *Mapa geomorfológico do município de São Gabriel (folha SH. 21-Z-B)*, escala 1:250.000. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/geomorfologia/mapas/escala\\_250\\_mil/sh21\\_zb\\_geom.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/escala_250_mil/sh21_zb_geom.pdf)>. Acesso em: 24 Nov. 2017.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2004. *Mapa de Biomas do Brasil: primeira aproximação*, escala 1:500.000. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/biomas.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/biomas.pdf)>. Acesso em: 20 Nov. 2017.

- IPNI (International Plant Name Index). 2017. Disponível em: <<http://www.ipni.org>>. Acesso em: 02 Fev. 2017.
- Iriarte, J. 2006. Vegetation and climate change since 14.810 14C yr. B.P. in southeastern Uruguay and implications for the rise of early Formative societies. *Quaternary Research*, 65: 20–32.
- Janssen, C.R. 1973. Local and regional pollen deposition. In: H.J.B. Birks & R.G. West (Eds). *Quaternary plant ecology*. London, Blackwell, p. 31–42
- Kämpf, N. & Streck, E.V. 2010. Solos. In: Vieiro A.C & da Silva, D.R.A. (Org.). *Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CPRM, p. 53–70.
- Leal, M.G. & Lorscheitter, M.L. 2007. Plant succession in a forest on the Lower Northeast Slope of Serra Geral, Rio Grande do Sul, and Holocene palaeoenvironments, Southern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 21: 1–10.
- León, R.J.C. 1991. Río de la Plata grasslands. In: Coupland, R.T. (Ed). *Natural grasslands: introduction and western hemisphere. Ecosystems of the World*. Amsterdam, Elsevier, p. 373–377.
- Leonhardt, A. & Lorscheitter, M.L. 2010. The last 25,000 years in the Eastern Plateau of Southern Brazil according to Alpes de São Francisco record. *Journal of South American Earth Sciences*, 29: 454–463.
- Lorscheitter, M.L., 2003. Contribution to the Holocene history of Atlantic rain forest in the Rio Grande do Sul state, southern Brazil. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 5: 261–271.
- Lorscheitter, M.L., Ashraf, A.R., Bueno, R.M. & Mosbrugger, V. 1998. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part I. *Paleontographica*, 246: 1–13.
- Lorscheitter, M.L., Ashraf, A.R., Windisch, P.G. & Mosbrugger, V. 1999. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part II. *Paleontographica*, 251: 71–235.
- Lorscheitter, M.L., Ashraf, A.R., Windisch, P.G. & Mosbrugger, V. 2001. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part III. *Paleontographica*, 260: 1–165.
- Lorscheitter, M.L., Ashraf, A.R., Windisch, P.G. & Mosbrugger, V. 2002. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part IV. *Paleontographica*, 263: 1–159.
- Lorscheitter, M.L., Ashraf, A.R., Windisch, P.G. & Mosbrugger, V. 2005. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part V. *Paleontographica*, 270: 1–180.
- Lorscheitter, M.L. & Dillenburg, S.R. 1998. Holocene palaeoenvironments of the northern coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil, reconstructed from palynology of Tramandaí lagoon sediments. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 11: 73–97.
- Lorscheitter, M.L. & Roth, L. 2013. O uso da concentração polínica em interpretações paleoambientais. *Anuário do Instituto de Geociências UFRJ*, 36(1): 80–84.

- Macedo, R.B., Cancelli, R.R., Bauermann, S.G., Neves, P.C.P. & Bordignon, S.A.L. 2007. Palinologia de níveis do Holoceno da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (localidade de Passinhos), Brasil. *Gaea*, 3: 68–74.
- Macedo, R.B., Souza, P.A., Bauermann, S.G. & Bordignon, S.A.L. 2010. Palynological analysis of a late Holocene core from Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 82(3): 731–745.
- Marchioretto, M.S., da Silva, V.L. & Bitencourt C.C. da C. 2010. Análise da distribuição geográfica da família Caryophyllaceae no Rio Grande do Sul. *Pesquisas, Botânica*, 61: 205–218.
- Marchiori, J.N.C. 2004. *Fitogeografia do Rio Grande do Sul: Campos Sulinos*. Porto Alegre, EST, 110p.
- Marsh, E.J., Bruno M.C., Fritz, S.C., Baker, P. Capriles, J. M. & Hastorf, C.A. 2018. IntCal, ShCal, or a mixed curve? Chossing a 14C calibration curve for archeological and paleoenvironmental records from tropical South America. *Radiocarbon*, 60(3): 925–940.
- Martin, M.D., Chamecki, M., Brush, G.S., Meneveau, C. & Parlange, M.B. 2009. Pollen clumping and Wind dispersal in na invasive angiosperm. *American Journal of Botany*, 96(9): 1703–1711.
- Medeanic, S. 2004. The distribution of palynomorphs in the superficial sediments on the margin of the Patos lagoon estuary, RS, Brazil, as compared with the actual vegetation. *Iheringia, Série Botânica*, 59: 183–200.
- Medeanic, S. 2006. The palynomorphs from surface sediments of intertidal marshes in the estuarine part of the Patos lagoon. *Iheringia, Série Botânica*, 61: 49–62.
- Medeanic, S., Costa, C.S.B. & Diniz, D. 2016. Modern pollen–vegetation relationships in saltmarsh habitats along a salinity gradient of a fluvial estuary. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 233: 67–76.
- Melo, L. & Marengo, J.A. 2008. The influence of changes in orbital Parameters over South American climate using the CPTEC AGCM> simulation of climate during the mid Holocene. *The Holocene*, 18: 517–532.
- Modernel, P., Rossing, W.A.H., Coorbels, M., Dogliotti, S., Picasso, V. & Tittoneil, P. 2016. Land use change and ecosystem servisse provision in Pampas and Campos grasslands of southern South America. *Environmental Research Lettters*, 11: 1–21.
- Morales, M.N. & Köhler, A. 2006. Espécies de Syrphidae (Diptera) visitantes das flores de *Eryngium horridum* (Apiaceae) no Vale do Rio Pardo, RS, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 96(1): 41–45.
- Moro, M.F., Souza, V.C., de Oliveira-Filho, A.T., Teixeira, A., de Queiroz, L.P., de Fraga, C.N., Rodal, M.J.N., Nogueira, M.J., de Araújo, F.S. & Martins, F.R. 2012. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? *Acta Botanica Brasilica*, 26(4): 991–999.

- Mourelle, D. & Prieto, A.R. 2012. Modern pollen assemblages of surface samples and their relationships to vegetation in the campos region of Uruguay. *Review of Paleobotany and Palynology*, 181: 22–33.
- Mourelle, D. & Prieto, A.R. 2016. Pollen and spores from surface sample in the campos region of Uruguay and their paleoecological implications. *Acta Botanica Brasilica*, 30(3): 1–20.
- Mourelle, D., Prieto, A.P. & García-Rodríguez, F. 2015a. Cambios de la vegetación em la Cuenca de la Laguna Merín, Uruguay, durante los últimos ca. 2000 cal. años AP. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 18(3): 509–520.
- Mourelle, D., Prieto, A.P., Pérez, L., García-Rodríguez, F. & C.M. Borel. 2015b. Mid and late Holocene multiproxy analysis of environmental changes linked to sea-level fluctuation and climate variability of the Río de la Plata estuary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 421: 75–88.
- Mourelle, D., Prieto, A.R. & García-Rodríguez, F. 2017. Riparian woody vegetation history in the campos region, Southeastern South America, during two time windows: late Pleistocene and late Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 167: 14–29.
- Mourelle, D., Macedo, R.B. & Prieto, A.R. 2018. Análisis palinológico actual y del Cuaternario tardío en la región de los campos (Uruguay e sur de Brasil): estado de las investigaciones, dificultades e potencialidades. In: A.R. Prieto (Ed), Metodologías y estrategias del análisis palinológico del Cuaternario tardío. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 18(1): .156–170.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York, John Wiley, 547p.
- Neves, P.C.P. das. 1998. *Palinologia de sedimentos quaternários no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Guaíba e Capão do Leão*. Porto Alegre, 319p. Volume I. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Nimer, E. 1979. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro, Superintendência de recursos naturais e do meio ambiente, 421p.
- Olesques, S.S., Overbeck, G.E. & de Avia Jr, R.S. 2017. Flowering phenology and plant-pollinator interactions in a grassland community of Southern Brazil. *Flora*, 229: 141–146.
- Olson, D.M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E.D., Burgess, N.D., Powell, G.V.N., Underwood, E.C., D'Amico, J.A., Itoua, I., Strand, H.E., Morrison, J.C., Louks, C.J., Allnut, T.F., Ricketts, T.H., Kura, Y., Lamoreux, J.F., Weteengel, W.W., Hedao, P. & Kassen, K.R. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *Bioscience*, 51(11): 933–938.
- Otegui, M. & Cocucci, A. 1999. Flower morphology and biology of *Myrsine laetevirens*, structural and evolutionary implications of anemophily in Myrsinaceae. *Nordic Journal of Botany*, 19(1): 71–85.



- Overbeck, G.E., Müller, S.C., Fidelis, A., Pfadenhauer, J., Pillar, V.P., Blanco, C.C., Boldrini, I.I., Both, R. & Forneck, E.D. 2007. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. Perspectives in Plant Ecology. *Evolution and Systematics*, 9: 101–116.
- Overbeck, G.E., Vélez-Martin, E., Scarano, F.R. Lewinsohn, T.M., Fonseca, C.R., Meyer, S.T., Muller, S.C., Ceotto, P. Dadalt, L., Durigan, G., Ganade, G., Gossner, M.M., Guadagnin, D.L., Lorenzen, K., Jacobi, C.M., Weisser, W.W. & Pillar, V.P. 2015. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Diversity and Distributions*, 1–6.
- Peel, M.C., Finlayson, B.L. & McMahon, T.A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth Sciences*, 11: 1633–1644.
- Philipp, R.P, Pimentel, M. M. & Chemale Jr, F. 2016. Tectonic evolution of the Dom Feliciano Belt in Southern Brazil: Geological relationships and U-Pb geochronology. *Brazilian Journal of Geology*, 46 (suppl.1): 83–104.
- Pillar, V.D. 1999. The bootstrapped ordination reexamined. *Journal of Vegetation Science*, 10: 895–902.
- Pillar, V.D. 2006. *MULTIV: Multivariate Exploratory Analysis, Randomization Testing and Bootstrap Resampling. User's Guide v. 2.4*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 51p.
- Pinheiro, M., De Abrão, B.E., Harter-Marques, B. & Miotto, S.T.S. 2008. Floral resources used by insects in a grassland community in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, 31(3): 469–489.
- Porto, M.L. 2006. Mapa fitofisionômico da América do Sul e rotas migratórias. In: Menegat *et al.* (Org.). *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre, Editora da UFRGS, p. 47–48.
- Prado, L.F., Wainer, I. Chiesse, C.M., Ledru, M.P. & Turcq, B. 2013. A mid-Holocene climate reconstruction for eastern South America. *Climate of Past*, 9: 2117–2133.
- Prentice, I.C. 1985. Pollen representation, source area, and basin size: toward a unified theory of pollen analysis. *Quaternary Research*, 23: 76–86.
- Prentice, I.C. 1988. Record of vegetation in time and space: the principles of pollen analysis. In: Huntley, B. & Webb. T.I. (Eds). *Vegetation history*. Dordrecht, Kluwer Academic, p. 17–42.
- Radaeski, J.N., Bauermann, S.G. & Pereira, A.B. 2016. Poaceae pollen from Southern Brazil: distinguishing grasslands (Campos) from forests by analyzing a diverse range of Poaceae species. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1833. doi: 10.3389/fpls.2016.01833
- Rambo, B. 1956. *A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural*. Porto Alegre, Selbach, 456p.
- Ramos, A.M., Santos, L.A.R. dos & Fortes, L.T.G. 2009. *Normais climatológicas do Brasil, 1961-1990*. Brasília, INMET, 465p.

- Raven, P.H. 1979. A survey of reproductive biology in Onagraceae. *New Zealand Journal of Botany*, 17(4): 575–593.
- Reboita, M.S., Krusche, N., Ambrizzi, T. & da Rocha, R.P. 2012. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. *Terrae Didática*, 8(1): 34–50.
- Reddi, C.S. & Reddi, N.S. 1986. Pollen production in some anemophilous angiosperms. *Grana*, 25(1): 55–61.
- Reinert, D.J., Reichert, J.M., Dalmolin, R.S.D., Azevedo, A.C. & Pedron, F.A. 2007. *Principais solos da Depressão Central e Campanha do Rio Grande do Sul*. 2 ed. Santa Maria, Gráfica Universitária UFSM, 47p.
- Reitz, A., Klein, R.M. & Reis, A. 1988. *Projeto madeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CORAG, 525p.
- Roth, L. & Lorscheitter, M.L. 1993. Palynology of a bog in Parque Nacional de Apartados da Serra, East Plateau of Rio Grande do Sul, Brazil. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 8: 39–69.
- Salgado-Labouriau, M.L. 2007. *Critérios e técnicas para o Quaternário*. São Paulo, Edgard Blücher, 387p.
- Scherer, C. & Lorscheitter, M.L. 2014. Vegetation dynamics in the southern Brazilian highlands during the last millennia and the role of bogs in Araucaria forest formation. *Quaternary International*, 325: 3–12.
- Schlindwein, C. 1998. Frequent oligolecty characterizing a diverse bee-plant community in a xerophytic bushland of subtropical Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 33: 46–59.
- Schüler, L. & Behling, H. 2011. Poaceae pollen grain size as a tool to distinguish past grasslands in South America: a new methodological approach. *Vegetation History and Archaeobotany*, 20: 83–96.
- Seppä, H., 2013. Pollen Analysis, Principles. In: Elias, S. (Ed.). *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier, Amsterdam, p. 794–804.
- Setubal, R.B. & Boldrini, I.I. 2012. Phytosociology and natural subtropical grassland communities in a granitic hill in southern Brazil. *Rodriguésia*, 63: 513–524.
- Setubal, R.B., Boldrini, I.I. & Ferreira, P.M de A., Trevisan, R., Schneider, A.A., Grings, M., de Mello, A.S., Buzatto, C.R. 2011. Guia Ilustrado. In: Setubal *et al.* (Eds.). *Campos dos morros de Porto Alegre*. Igré, Porto Alegre, p. 103–214.
- Silva-Filho, P.J.S., Macedo, R.B., Vieira, M. de S., Neves, P.C.P. das. 2017. Florística e estrutura da vegetação campestre nos Campos arbustivos de São Gabriel, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, 72(3): 351–372.
- Smith, R.J. & Mayle, F.E. 2018. Impact of mid- to late Holocene precipitation changes on vegetation across lowland tropical South America: a paleo-data synthesis. *Quaternary Research*, 89: 134–155.

- Sobral, M., Jarenkov, J.A., Brack, P., Irgang, B., Larocca, J. & Rodrigues, R.S. 2013. Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre, Novo Ambiente, 357p.
- Soriano A. 1991. Río de la Plata grasslands. In: Coupland, R.T. (Ed). *Natural grasslands: introduction and western hemisphere. Ecosystems of the World*. Amsterdam, Elsevier, p. 367–369.
- Stockmarr, J. 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores*, 13: 615–621.
- Streck, E.V., Kämpf, N., Dalmolin, R.S.D., Klamt, E., Nascimento, P.C., Schneider, P., Giasson, E. & Pinto, L.F.S. 2008. *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Emater-RS, 222p.
- Stuiver, M., Reimer, P.J. & Reimer, R. 2017. CALIB 7.1 (WWW program). Belfast: 14CHRONO Centre, Queen's University Belfast. Disponível em: <<http://calib.qub.ac.uk/calib/>>. Acesso em: 02 fev. 2017.
- Stutz, S. & Prieto, A.R. 2003. Modern pollen and vegetation relationships in Mar Chiquita coastal lagoon area, southeastern Pampa grasslands, Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 126: 183–195.
- Timerman, D., Greene, D.F., Ackerman, J.D., Kevan, P.G. & Nardone, E. 2014. Pollen aggregation in relation to pollination vector. *International Journal of Plant Sciences*, 175(6): 681–687.
- Tonello, M.S. & Prieto, A.R. 2008. Modern vegetation–pollen–climate relationships for the Pampa grasslands of Argentina. *Journal of Biogeography*, 35: 926–938.
- Torreta, J.P. & Basílio, A.M. 2008. Dispersión polínica y éxito reproductivo de cuatro especies arbóreas de un bosque xerófito de Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 57(1–2): 293–292.
- Traverse, A. 2007. *Paleopalynology*. New York, Springer, 813p.
- Vedana, L.A. & Philipp, R.P. 2016. Análise petrográfica e proveniência dos metassedimentos do Complexo Pontas do Salso, Terreno São Gabriel, Cinturão Dom Feliciano, RS. *Pesquisas em Geociências*, 43(3): 229–248.
- Veldman, J.W., Overbeck, G.E., Negreiros, D., Mahy, G., Stradic, S, Fernandes, G.W., Durigan, G., Buisson, E., Putz, F.E. & Bond, W.J. 2015a. Tyranny of trees in grassy biomes. *Science*, 347: 484–485.
- Veldman, J.W., Overbeck, G.E., Negreiros, D., Mahy, G., Stradic, S, Fernandes, G.W., Durigan, G., Buisson, E., Putz, F.E. & Bond, W.J. 2015b. Where Tree Planting and Forest Expansion are Bad for Biodiversity and Ecosystem Services. *Bioscience*, 65: 1011–1018.
- Vignoli-Silva, M. & Mentz, L.A. 2006. O gênero *Nierembergia* Ruiz & Pav. (Solanaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, 61(1-2): 139–155.

Wanner, H., Beer, J., Bütikofer, J., Crowley, T.J., Cubasch, U. Flückiger, J. Goosse, H., Grosjean, M., Joos, F., Kaplan, J.O., Küttel, M., Müller, S.A., Prentice, C., Solomina, O., Stocker, T.F., Tarasov, P., Wagner, M. & Widmann, M. 2008. Mid – to Late Holocene climate change: na overview. *Quaternary Science Reviews*, 27: 1791–1828.

Wrege, M.S., Steinmetz, S., Júnior, C.R. & Almeida, I.R. 2011. *Atlas climático da região Sul do Brasil, Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. Pelotas, Embrapa, 333p.

Ybert, J.P., Salgado-Labouriau, M.L., Barth, O.M., Lorscheitter, M.L., de Barros, M.A., Chaves, S.A. de M., da Luz, C.F.P., Ribeiro, M., Scheel, R. & Vicentini, K.F. 1992. Sugestões para padronização da metodologia empregada em estudos palinológicos do Quaternário. *Revista do Instituto Geológico*, 13(2): 47–49.