

Os Fitólitos em Gramíneas de Dunas do Extremo Sul do Brasil: Variabilidade Morfológica e Importância nas Reconstruções Paleoambientais Costeiras

Medeanic S.¹; Cordazzo C.V.²; Corrêa I.C.S.¹ & Mirlean N.³

¹ Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica – CECO/IG/UFRGS (svetlana.medeanic@ufrgs.br);

² Laboratório de Ecologia Vegetal Costeira, Instituto de Oceanografia, FURG;

³ Laboratório de Oceanografia Geológica, Instituto de Oceanografia, FURG.



RESUMO

Os fitólitos produzidos pelas monocotiledôneas e preservados nos sedimentos quaternários, nas planícies costeiras, são ferramentas importantes nas reconstruções paleoambientais. Atualmente, a aplicação dos fitólitos em estudos do Quaternário das áreas costeiras do Brasil ainda não foi elaborada. A implicação convincente dos fitólitos poderá ser feita com base em coleção de referência dos fitólitos obtidos de plantas atuais. Neste trabalho, são apresentadas as descrições morfológicas dos fitólitos de sete espécies de gramíneas atuais, as quais são amplamente distribuídas nas dunas, no extremo sul da planície costeira do Rio Grande do Sul (RS), Brasil. Os resultados mostram a grande variedade dos fitólitos de gramíneas, e as suas características morfológicas específicas para cada espécie. As características mais próximas dos fitólitos, entre si, foram observadas nas espécies pertencentes às subfamílias de Panicoideae, Pooideae e de Chloridoideae. Alguns fitólitos dispersos encontrados nos sedimentos foram identificados com base em comparações com os fitólitos descritos em plantas de gramíneas, e outros ainda não foram identificados. A frequência relativa dos fitólitos nos sedimentos de ambientes diferentes ao relato de palinórfos mostra que os fitólitos possuem uma capacidade limitada de transporte para longas distâncias. Foram registrados abundantemente em turfeiras holocênicas onde eles se depositaram “*in situ*” após a decomposição das plantas-mães.

ABSTRACT

The phytoliths, produced by monocotyledonous plants and preserved in the Quaternary sediments in the coastal plains are important indicators for palaeoenvironmental reconstructions. Present day, the using of phytoliths for the Quaternary studies in the coastal areas in Brazil has not been elaborated yet. The persuasive implications of phytoliths will be made on the base of reference collection of phytoliths obtained from extant plants. In this work, the morphological descriptions of phytoliths in seven specie of gramineous plants, wide spread in dunes of the extreme south coastal plain of Rio Grande do Sul State (RS), Brazil are represented. The results show a great variety of phytoliths in gramineous plants whose morphological characteristic are resembled between specie in subfamilies of Panicoideae, Pooideae, and Chloridoideae. Some dispersed phytoliths which were encountered in sediments were identified basing in comparison with the described phytoliths, and others have not been identified yet. The approximate relative frequencies of phytoliths in the different sediments may indicate on their limited capacity to transport for the long distance. The most abundant and diverse phytoliths were registered in the Holocene peat where they were probably deposited “*in situ*” after parent plant decomposition.

Palavras chave: fitólitos, gramíneas, sedimentos holocênicos, extremo sul da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil.

INTRODUÇÃO

Os fitólitos são corpos microscópicos de sílica precipitados ao longo da vida, nos tecidos das plantas. São estruturas abundantes em gramíneas (Jones, 1964; Kondo & Sase, 1986; Barboni *et al.*, 1999). A principal função dos fitólitos em gramíneas é a criação de estruturas de suporte. Estes compostos de sílica são variáveis em sua morfologia e dimensão dentro de uma mesma espécie de planta, em raízes, caules e folhas (Twiss, 2001). A sílica dissolvida em águas subterrâneas é a principal fonte para a deposição de opala biogênica (fitólitos) dentro da planta. Alguns autores usam o termo silicofitólitos para as células compostas de sílica biogênica (Alvarez *et al.*, 2002). Os fitólitos se encontram frequentemente dispersos nos solos, turfeiras e em outros sedimentos, os quais se liberam das plantas após sua decomposição (Geis, 1978; Fearn, 1998). Os fitólitos de opala são considerados como indicadores importantes nas reconstruções paleoambientais e paleoecológicas com predomínio da vegetação de monocotiledôneas (Smithson, 1956; Rovner, 1971; Fisher *et al.*, 1995; Lu & Liu, 2003a). A análise dos fitólitos permite fazer uma separação entre as gramíneas que se desenvolvem em florestas (C3) e em campos (C4) (Lu & Liu, 2003b).

Os fitólitos de opala foram frequentemente encontrados nas lâminas palinológicas junto com diferentes palinórfos dos sedimentos holocênicos da planície costeira do Rio Grande do Sul (Caron *et al.*, 2007; Lima *et al.*, 2007; Medeanic *et al.*, 2007). As possibilidades de registrar fitólitos em estudos palinológicos surgiram como resultado do tratamento químico das amostras sem uso de HF. Às vezes, os fitólitos são mais abundantes do que os polens e esporos de plantas terrestres e aquáticas vasculares. Estes, por apresentar uma composição inorgânica, são mais resistentes à destruição nos sedimentos do que os palinórfos, tornando-se assim uma ferramenta importante nas reconstruções da paleovegetação.

As maiores frequências de fitólitos se encontram quando estes foram depositados “*in situ*”, indicando uma capacidade limitada de transporte pelas correntes aquáticas e pelo vento (Golueva, 1995).

A importância dos fitólitos pode ser muito significativa no caso dos sedimentos quaternários que foram redepositados em condições de clima mais seco e continental. Como resultado, tem-se que toda a matéria orgânica, formada por partículas vegetais e por diferentes palinórfos, quando incluída nos sedimentos, transforma-se completamente em matéria orgânica amorfa. Neste caso, a procura dos fitólitos, mais resistentes à destruição, poderia dar as respostas positivas sobre a paleovegetação do passado conectada com as condições climáticas da época. Nos sedimentos formados nas depressões entre dunas nas planícies costeiras podem ser muito úteis nas reconstruções de paleoambientes e de clima. Para aplicar os fitólitos com mais precisão, o reconhecimento de morfotipos de fitólitos em táxons de plantas atuais é fundamental. No Brasil, encontra-se a descrição dos fitólitos em algumas gramíneas atuais dos cerrados feitas por Campos & Laboriau (1969). Os primeiros resultados sobre morfotipos de fitólitos em duas gramíneas (*Spartina ciliata* e *Panicum racemosum*) das dunas da planície costeira do RS foram recentemente apresentados (Lima & Medeanic, 2007). Nesse trabalho, para obter os fitólitos dispersos, as plantas atuais dessas espécies foram tratadas com ácido clorídrico e hidróxido de potássio, usando a metodologia aplicada para o tratamento químico dos sedimentos holocênicos, que causaram a decomposição das plantas sem prejudicar a preservação dos fitólitos (Faegri & Iversen, 1989).

Para facilitar as identificações de fitólitos nos sedimentos holocênicos da planície costeira, os autores iniciaram a formação de uma coleção de fitólitos de plantas atuais, distribuídas no extremo sul da planície costeira do RS. Foram coletadas as plantas, cujas identificações foram realizadas com uso da literatura disponível (Cordazzo & Seeliger, 1995; Cordazzo *et al.*, 2006). Para este estudo foram escolhidas sete espécies psamófilas de gramíneas (Poaceae) que são de ocorrência abundante em dunas costeiras e ambientes associados. O vínculo da distribuição dessas espécies nas dunas costeiras os faz excelentes indicadores ambientais.

As descrições de tipos morfológicos de fitólitos dispersos nessas espécies são acompanhadas das imagens fotográficas. Algumas imagens dos fitólitos dispersos

encontrados nos sedimentos holocênicos da planície costeira do RS são incluídas nas pranchas de acordo com suas afinidades morfológicas aos fitólitos extraídos de plantas atuais.

Neste trabalho foi avaliada a frequência relativa dos fitólitos presentes nos sedimentos de diferentes características litológicas, bem como nos sedimentos superficiais de marismas, pântanos e do fundo da Laguna dos Patos, tanto nos sedimentos holocênicos de testemunhos como em furos de sondagens da planície costeira do RS.

As identificações dos fitólitos encontrados nos sedimentos ainda não foram feitas devido à ausência de coleção de referências completa para as plantas monocotiledôneas, vastamente distribuídas na planície costeira do RS.

ÁREA DE ESTUDO

A evolução da Planície costeira do Rio Grande do Sul durante o Quaternário (a cerca de 2.5 milhões de anos AP) desenvolveu-se sob o controle de mudanças climáticas e oscilações do nível do mar. Diversos trabalhos entre eles (Villwock & Tomazelli, 1995; Tomazelli & Villwock, 1991; Toldo Jr., 1991; Toldo Jr. *et al.*, 1991, 2000 e Dillenburg *et al.*, 2000) abordam a geologia e a evolução desta planície costeira.

Na Planície Costeira Sul (Rio Grande-Chuí) os depósitos eólicos holocênicos encontram-se em uma faixa média de dois a quinze quilômetros de largura, como parte do sistema deposicional Laguna-Barreira IV (Villwock & Tomazelli, 1995), sujeita à ação de ventos e coberta por uma vegetação característica de dunas (Cordazzo & Seeliger, 1995). As dunas costeiras formam-se devido à interação do vento, areia e plantas. As plantas através de um crescimento, tanto da porção subterrânea como aérea, ajudam na fixação da areia, contribuindo assim, no crescimento das dunas. O clima da região é temperado quente, com temperatura média de 18°C, e a precipitação pluviométrica média anual de 1200 mm (Seeliger, 1992; Costa *et al.*, 1996).

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta das plantas

A coleta das plantas das espécies de *Andropogon arenarius*, *Eragrostis trichocolea*, *Imperata brasiliensis*, *Panicum racemosum*, *Paspalum vaginatum*, *Polypogon maritimus* e *Spartina ciliata* foi realizada durante o ano de 2007, na praia do Cassino, RS. O material coletado foi identificado e preservado em um herbário antes do tratamento químico. As plantas foram coletadas, limpas, secas em estufa e processadas. As plantas coletadas incluíam caule, folhas e espigas. As raízes dessas plantas não foram incluídas neste trabalho, entretanto serão estudadas futuramente.

Coleta das amostras

As amostras para os estudos palinológicos foram coletadas nos sedimentos superficiais de pântanos, marismas, no fundo da Laguna dos Patos, nos furos de sondagens e nos testemunhos do extremo sul da planície costeira do RS. Os resultados palinológicos, sem a análise dos fitólitos, foram apresentados em várias publicações (Medeanic, 2004, 2006; Medeanic *et al.*, 2001, 2007; Caron *et al.*, 2007; Lima *et al.*, 2007). As mesmas lâminas foram usadas posteriormente para análise dos fitólitos.

Tratamento químico

Plantas atuais

Para obter os fitólitos limpos e transparentes, liberando-os dos tecidos vegetais, é proposta uma metodologia que se diferencia do tratamento químico usado para os estudos palinológicos dos sedimentos e da metodologia, para extrair os fitólitos das plantas, proposta por Lu & Liu (2003b). A última inclui o tratamento químico das plantas pelo ácido nítrico para a oxidação completa de toda a matéria orgânica.

A metodologia proposta inclui os seguintes procedimentos: cerca de 3g da planta seca a temperatura ambiente e fragmentada mecanicamente em pedaços de 0.5cm é colocada em *erlenmeyers* de 250 mL. Adiciona-se a estas uma mistura composta de ácido nítrico e de ácido sulfúrico concentrados em proporções 1:4. Essa mistura de ácidos é, em volume de 1 mL, cobrindo-se com um vidro de relógio. Após as amostras são aquecidas em uma chapa quente durante três horas, com temperatura em torno de 90°C. Após o resfriamento, adiciona-se, em cada

amostra, 10 mL de peróxido de hidrogênio (30%) deixando a espuma descer. Após esse tratamento, as amostras se tornam de cor clara ou levemente amarelada. A lavagem dos reagentes químicos é feita com água destilada e com o uso de uma centrifuga durante 10 min, a 3000 rpm. O precipitado é lavado com água destilada por várias vezes até chegar a um pH neutro. As amostras finais são guardadas em um recipiente com pequeno volume da água.

Sedimentos

Foram usadas as técnicas usuais de estudos palinológicos em todas as amostras obtidas. O tratamento químico das amostras foi feito de acordo com FAEGRI & IVERSEN (1989). As amostras foram tratadas com ácido clorídrico (10%) e hidróxido de potássio (10%). Para evitar a destruição de subfósseis compostos de sílica, evitou-se o uso de ácido fluorídrico. Aplicou-se o método de separação entre as substâncias inorgânicas e orgânicas, através de líquido denso (cloreto de zinco de densidade 2.2 g/cm³).

Após o tratamento foram montadas lâminas com gelatina glicerinada, as quais se encontram arquivadas na coleção de referência do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO) do Instituto de Geociências da UFRGS.

Ilustrações

As microfotografias foram obtidas sob um microscópio óptico e com foto-câmera digital. Todas as imagens de fitólitos das plantas atuais são apresentadas nas Pranchas I-IV. Além dos fitólitos das plantas atuais, foram apresentadas as imagens de fitólitos, encontrados nos sedimentos holocênicos da planície costeira do RS, cujas afinidades biológicas foram determinadas em comparação com os fitólitos extraídos das plantas atuais. As imagens dos fitólitos nas pranchas são acompanhadas de barras em µm.

RESULTADOS

Descrição dos tipos morfológicos de fitólitos

Para a descrição dos tipos morfológicos dos fitólitos, há várias terminologias que se baseiam nos contornos dos corpos de opala e em suas dimensões (Twiss *et al.*, 1969; Twiss, 1992;

Fredlund & Tieszen, 1994). A terminologia mais nova, elaborada por Lu & Liu (2003 a, b) foi usada para as descrições de tipos morfológicos dos fitólitos do material coletado. As espécies de gramíneas analisadas são apresentadas em ordem alfabética.

Família **POACEAE** Juss.

Andropogon arenarius Hackel (Prancha I, Figs. 1-14).

Os fitólitos são relativamente freqüentes. Predominam os lobados de comprimento 20-25 µm. Os fitólitos em forma de torre com dois chifres, de sela alongada e os arredondados são raros. Fitólitos semelhantes, dispersos, foram encontrados nos sedimentos holocênicos da planície costeira do RS e são apresentados nas figuras 15-19.

Eragrostis trichocolea Hackel & Arechavaleta (Prancha I, Figs. 20-28).

Os fitólitos são freqüentes. Predomina a forma em trapézio ondulado, que freqüentemente são agrupados formando "phytolitarians" com os fitólitos arredondados (F) entre eles. O comprimento dos fitólitos em trapézio varia entre 40-55 µm e com largura de 10-18 µm. Os fitólitos arredondados e de sela alongada são encontrados com mais freqüência do que os fitólitos lobados, de sela inclinada e de sela curta.

Imperata brasiliensis Trinius (Prancha II, Figs. 29-42).

Os fitólitos são freqüentes. Predominam absolutamente os fitólitos lobados pequenos de contornos variáveis e de comprimento 10-20 µm. Os trapézios ondulados e os trapézios pouco ondulados são raros. O comprimento dos trapézios é de 30-60 µm e a largura é de 10-20 µm. Os fitólitos de sela alongada, de sela curta e de sela inclinada são extremamente raros.

Panicum racemosum (P. Beauv.) Spreng (Prancha III, Figs. 63-90).

São freqüentes os fitólitos de vários tipos morfológicos. Os fitólitos lobados são abundantes e apresentam comprimentos de 8-15 µm. Trapézios ondulados também são freqüentes, juntando-se em placas "phytolitarians" que incluem de sela curta (F), de sela alongada (F), de sela elipsoidal, arredondado (F) e de cruz (C). O comprimento

dos trapézios é de 50-70 μm , e a largura é de 15-20 μm . Encontram-se raramente os fitólitos soltos de sela alongada, de torre com dois chifres e redondos. Espinhos de sílica (ES) são relativamente freqüentes, cuja base se apresenta em sela curta (F). Nos sedimentos holocênicos encontram-se fitólitos de tipos diferentes, parecidos com os descritos para essa espécie.

Paspalum vaginatum Swartz (Prancha III, Figs. 91-106).

Os fitólitos são menos abundantes do que em outras espécies de gramíneas analisadas. Mais freqüentes são os fitólitos de sela alongada, enquanto que os lobados são menos freqüentes. Os tipos carretel, sela curta e trapézios ondulados são raros. Os trapézios ondulados são relativamente de menor comprimento do que em outras espécies (comprimento - 35-50 μm , largura - 15-20 μm). Nos sedimentos holocênicos foi registrado fitólitos parecidos (Fig. 106).

Polypogon maritimus Willsdnov (Prancha II, Figs. 43-62).

Os fitólitos nas lâminas são escassos e de contornos bem definidos, entretanto são relativamente raros. Predominam os trapézios ondulados robustos alongados, trapézios lisos alongados e trapézios um pouco ondulados alongados de comprimento 30-50 μm e de largura - 10-15 μm . Às vezes, se encontram trapézios ondulados robustos agrupados em "phytolitarians" e entre eles se encontram os fitólitos arredondados. Os fitólitos lobados são escassos e os com contornos e tamanhos variados. Os fitólitos de sela elipsoidal são raros. Encontram-se espinhos de sílica. Os fitólitos retangulares são raros. De acordo com Piperno & Pearsal (1998), os fitólitos do gênero *Polypogon* são caracterizados pelo predomínio de trapézios ondulados. Os trapézios ondulados parecidos foram encontrados nos sedimentos holocênicos na planície costeira do RS.

Spartina ciliata Brongniart (Prancha IV, Figs. 107-134).

Os fitólitos de diferentes tipos morfológicos são abundantes. Os fitólitos de sela alongada e de trapézios ondulados são mais freqüentes. Às vezes, os trapézios ondulados se juntam formando os "phytolitarians" que incluem os fitólitos de sela curta (F), arredondados (F) e os

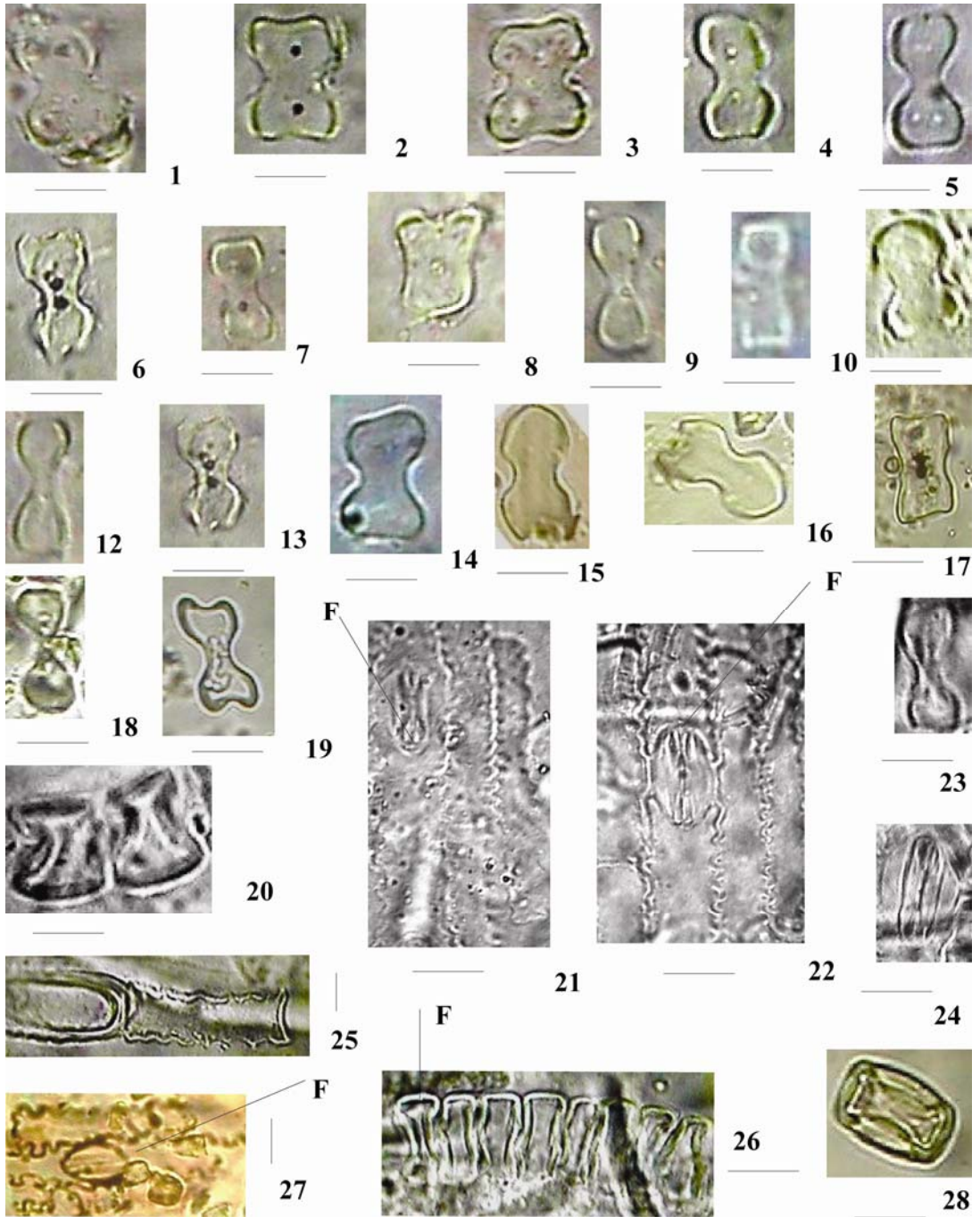
de sela curta e arredondados. Trapézios ondulados têm comprimento de 50-80 μm e largura de 15-20 μm . Os fitólitos de carretel e de torre são menos freqüentes. Os fitólitos de torre com dois chifres, retangulares e redondos são raros. Os espinhos de alturas diferentes são relativamente freqüentes. Os tipos morfológicos parecidos dos fitólitos foram descritos por Lu & Liu (2003 a, b), para as espécies atuais de *S. alterniflora* e *S. patens* para ambientes costeiros do sudeste dos Estados Unidos. Nos sedimentos holocênicos da planície costeira do RS, foram encontrados diferentes tipos de fitólitos, provavelmente, correspondentes aos tipos morfológicos dos fitólitos de *Spartina* (Figs. 135-147).

Registros de fitólitos nos sedimentos holocênicos

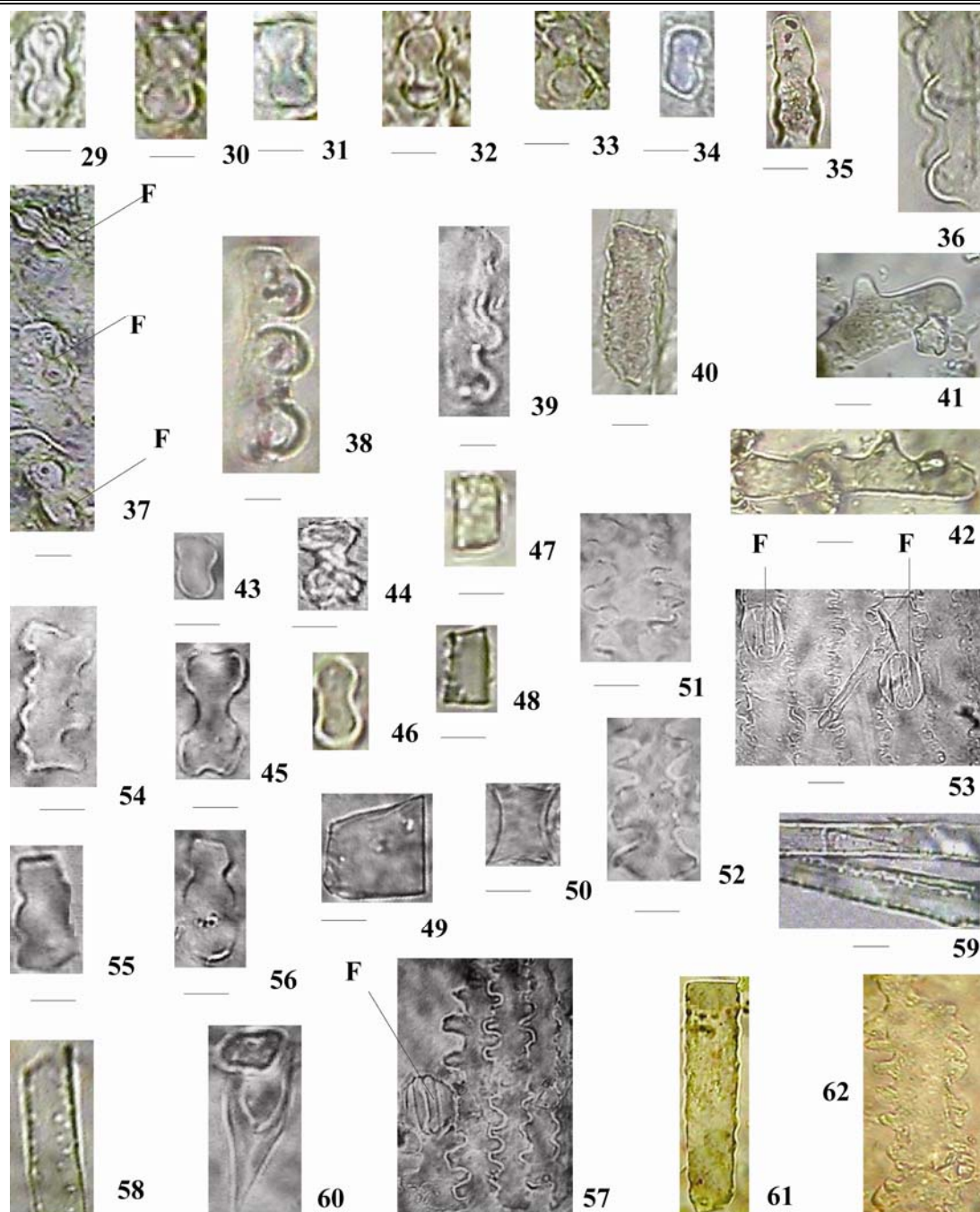
Os fitólitos dispersos, de diferentes morfotipos, foram encontrados nos sedimentos superficiais de pântanos, de marismas, no fundo da Laguna dos Patos e nas amostras de diferentes testemunhos e furos de sondagens, durante análises palinológicas. Para avaliar a freqüência de fitólitos nos sedimentos de diferentes ambientes desenvolvidos na planície costeira do RS e ver a sua importância na paleoreconstruções, foram usadas as mesmas lâminas palinológicas que serviram aos estudos dos palinomorfos (Medeanic, 2004, 2006; Medeanic *et al.*, 2007; Lima *et al.*, 2007; Caron *et al.*, 2007). Os fitólitos ainda não identificados foram contados (soma total de todos os fitólitos) em cada amostra. A sua freqüência (FR), ao relato da soma total de todos os palinomorfos (PL) apresentada nos trabalhos publicados, mencionados acima, foi avaliada - FR/PL (Figs. 2 e 3). A sua freqüência ao relato de palinomorfos nas lâminas, depende da densidade de cobertura vegetal do ambiente e a porção das plantas monocotiledôneas, as quais são fontes de fitólitos nos sedimentos, após sua decomposição.

Pântanos

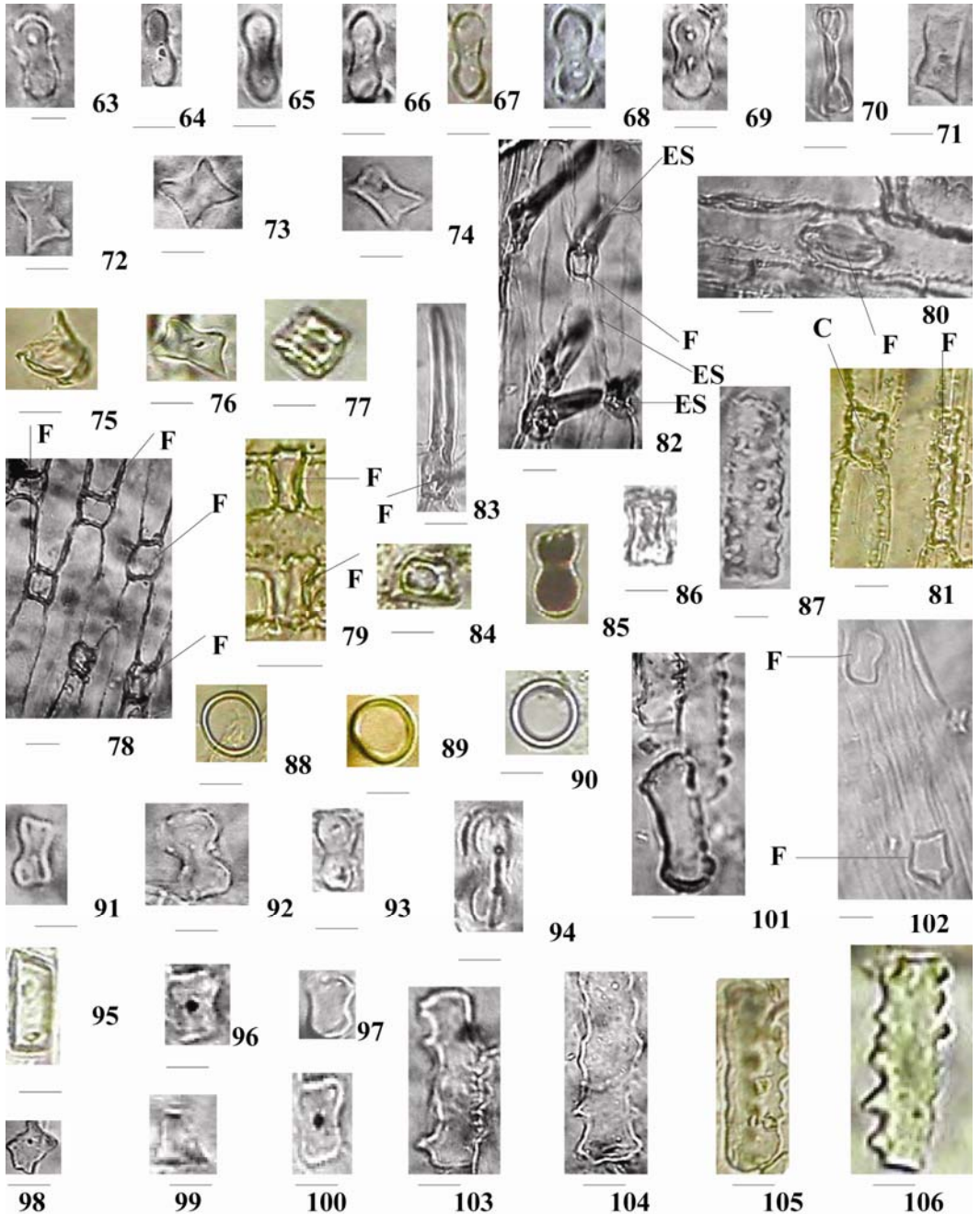
Os fitólitos são freqüentes (Fig. 2.1). Predominam os fitólitos retangulares e de trapézio ondulado, os fitólitos lobados são extremamente raros. Outros morfotipos de fitólitos não foram encontrados.



Prancha I – Figs. 1-14: *Andropogon arenarius*: 1-7, 9-14 - lobado, 8 - sela alongada; 15-19 - os fitólitos nos sedimentos holocênicos: 15-19 lobado. Figs. 20-26: *Eragrostis trichocolea*: 20 e 23 - lobado, 21 e 22 - trapézio ondulado com um fitólito arredondado (F), 24 - arredondado, 25 - trapézio ondulado e arredondado, 26 - grupo de fitólitos lobados, 27 - trapézio ondulado e arredondado (F). Barra = 10 μ m.



Prancha II – Figs. 29-42: *Imperata brasiliensis*: 29-34 e 37 - lobado, 35, 36, 38 e 39 - trapézio ondulado, 40 - trapézio ondulado, 41 - trapézio com um chifre, 42 - trapézio ondulado. Figs. 43-62: *Polypogon maritimus*: 43-46 - lobado, 47 e 48 - sela arredondada elipsoidal, 49 - retangular, 50 - sela alongada, 51, 52 e 54 - trapézio ondulado robusto, 53 e 57 - grupo de fitólitos de trapézio ondulado robusto com os fitólitos arredondados (F), 55 e 56 - trapézio ondulado, 58 e 59 - trapézio. Figs. 60-62: 60 - um espinho de sílica, 61 - trapézio ondulado, 62 - trapézio ondulado robusto. Barra = 10 µm.



Prancha III – Figs. 63-90: *Panicum racemosum*: 63-70 - lobado, 71-74 e 76 - sela alongada, 75 e 77 - sela inclinada, 78 - trapézio alongado e de sela curta (F), 79 - trapézio ondulado e lobado (F), 80 - trapézio ondulado e arredondado (F), 81 - trapézio ondulado, cruz (C) e três fitólitos lobados (F), 82 - sela curta (F) e espinhos de sílica (ES), 83 - espinho cuja base é fitólito de sela curta (F), 84 - torre com dois chifres, 88 - arredondado. Figs. 85-87, 89 e 90 - os fitólitos nos sedimentos holocênicos: 85 e 86 - lobado, 87 - trapézio ondulado, 89 e 90 - arredondado. Figs. 91-106: *Paspalum vaginatum*: 91-94 - lobado, 95 - retangular, 96, 97 e 100 - sela alongada, 98 - sela curta, 99 - carretel, 101 - trapézio curto ondulado, 102 - sela alongada (F); 103 - trapézio ondulado robusto. Figs. 105 e 106 - os fitólitos nos sedimentos holocênicos: trapézio ondulado robusto. Barra = 10 µm.



Prancha IV – Figs. 107-147: *Spartina ciliata*: 107, 108 e 115 - sela curta, 109-115, 117-119, 121 e 122 - sela alongada, 116 e 120 - carretel, 123 - torre com dois chifres, 124-125 - espinhas (ES) de sílica, 126 - trapézio ondulado, 127 - trapézio ondulado e arredondado (F), 128-130 - trapézio ondulado, 131 - trapézio simples, 132 e 133 - sela alongada (F) e espinhas (ES), 134 - redondo. Figs. 135-147: fitólitos nos sedimentos holocénicos: 135 - redondo, 136 - torre com dois chifres, 137, 139-143 - arredondado, 138-144 - sela elipsoidal, 145 - trapézio ondulado, 146 e 147 - trapézio ondulado. Barra = 10 μm .

Marismas

Os fitólitos são freqüentes (Fig. 2.2). Foram encontrados somente os fitólitos de trapézio ondulado e retangular.

Fundo da Laguna dos Patos

Os fitólitos são raros (Fig. 2.3). Mais freqüentes são os fitólitos de trapézio ondulado e trapézio sinusoidal. Raramente se encontram os fitólitos lobados e côncavos e de sela alongada (Medeanic *et al.*, 2007).

Turfeiras

Os fitólitos são abundantes (Fig. 2.4). Predominam os fitólitos de trapézio ondulado, às vezes encontram-se na forma de “phytolitarians”. Os fitólitos lobados, de sela alongada, redondos e retangulares são raros.

Sedimentos lagunares correspondentes à transgressão marinha

Nos sedimentos lagunares, formados de silte, correspondentes à transgressão marinha, os fitólitos são escassos, predominam retangulares e de trapézio liso. Os trapézios ondulados são raros, provavelmente por causa de coerção mecânica em ambientes de alta energia e/ou pelo longo transporte sofrido.

Sedimentos lagunares correspondentes à regressão marinha

Nos sedimentos síltico-arenosos, formados durante a regressão marinha posterior, os fitólitos são mais abundantes, representados pela variedade morfológica maior do que nos sedimentos correspondentes à transgressão marinha. Os fitólitos de trapézio ondulado, retangular são freqüentes, mais raros são os lobados, de sela e redondos.

DISCUSSÕES

Os resultados apresentados mostram que a diversidade de tipos morfológicos de fitólitos nas plantas atuais de gramíneas é bastante variável e são bem abundantes. Resumindo as descrições morfológicas detalhadas dos fitólitos de sílica, nas espécies de gramíneas analisadas, podem-se indicar os seguintes principais tipos morfológicos: lobado, sela alongada, sela alongada elipsooidal, sela curta, sela inclinada, carretel, torre, arredondados e de trapézio ondulado. A freqüência relativa de cada morfotipo de fitólitos (abundante, comum e raro) em espécies é apresentada no Quadro 1. Esse quadro mostra que os tipos morfológicos de fitólitos são relacionados com a taxonomia de gramíneas. A avaliação estatística de elementos morfológicos em fitólitos lobados é apresentada na Figura 1.

Quadro 1. Tipos morfológicos dos fitólitos em gramíneas de dunas da planície costeira do RS e sua freqüência: **A** - abundante, **C** - comum, **R** - raro; **L** - lobado, **Sa** - sela alongada, **Sc** - sela curta, **Si** - sela inclinada, **Se** - sela elipsooidal, **Ca** - carretel, **To** - torre, **Tr** - trapézio, **Ar** - arredondado, **Rt** - retangular **Re** - redondo, **Cr** - cruz.

Taxa	Morfotipos											
	L	Sa	Sc	Si	Se	Ca	To	Tr	Ar	Rt	Re	Cr
Panicoideae												
<i>Andropogon arenarius</i>	A	R					R		R			
<i>Imperata brasiliensis</i>	A	R	R	R				R				
<i>Panicum racemosum</i>	A	C	C	R	R		R	C	C		R	R
<i>Paspalum vaginatum</i>	C	A	R			R		R				
Pooideae												
<i>Polypogon maritimus</i>	R	R			R			A	C	R		
Chloridoideae												
<i>Eragrostis trichocolea</i>	R	C	R	R				A	C			
<i>Spartina ciliata</i>		A	C			C	C	A	R	R	R	

Para os fitólitos da subfamília Panicoideae (*Andropogon arenarius*, *Imperata brasiliensis*, *Panicum racemosum* e *Paspalum vaginatum*), os

fitólitos lobados são abundantes ou comuns, os fitólitos de sela alongada variam entre raros, comuns e abundantes, e os trapézios ondulados

são comuns ou raros. Os fitólitos de Pooideae (*Polygona maritimus*) são caracterizados pela abundância de trapézio ondulado e de freqüentes arredondados. Os morfotipos de fitólitos de Chloridoideae (*Eragrostis trichocolea* e *Spartina ciliata*) são muito variáveis: predominam os de sela alongada e trapézio ondulado, mas os fitólitos lobados são raros ou ausentes.

Os fitólitos lobados, nas espécies de gramíneas estudadas, se diferenciam pelo tamanho e razão entre as dimensões do comprimento do fitólito lobado (C)/largura maior de lobo (L) - C/L (Fig. 1). Para o lobado de Panicoideae, a grandeza média dessa razão nas espécies *Andropogon arenarius*, *Imperata brasiliensis* e *Paspalum vaginatum* são próximas (1.8-2.1), e para *Panicum racemosum* aumenta até 3.3. Para a espécie *Eragrostis trichocolea* (Chloridoideae), onde lobados são raros, a grandeza C/L atinge o maior significado (3.9). Extremamente raros, os fitólitos lobados em *Polygona maritimus* (Pooideae) são caracterizados pela grandeza média da razão C/L menor (2.0).

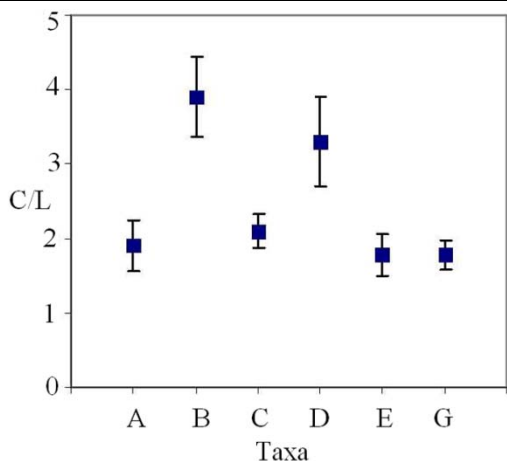


Figura 1. A razão de C/L nos fitólitos lobados em espécies: *Andropogon arenarius* (A), *Eragrostis trichocolea* (B), *Imperata brasiliensis* (C), *Panicum racemosum* (D), *Paspalum vaginatum* (E), *Polygona maritimus* (G).

A variedade de tipos morfológicos encontrados nos sedimentos é menor do que a diversidade de morfotipos de fitólitos descobertos nos mesmos. A variedade de fitólitos, descritos em plantas atuais de gramíneas não foi observada nos sedimentos superficiais de diferentes ambientes e nos sedimentos holocênicos. Extremamente raros foram os fitólitos lobados, de sela, de torre, arredondado e outros mencionados para os fitólitos extraídos de plantas atuais de gramíneas. Mais freqüentemente foram encontrados os fitólitos de trapézios ondulados de tamanhos diferentes, que se diferenciam pela forma e freqüência de ondas. Foram encontrados também outros tipos de fitólitos que se diferenciam dos fitólitos descritos em sete espécies de gramíneas. Esses pertencem a outras espécies de plantas monocotiledôneas, distribuídas da planície costeira do RS, que também possuem fitólitos (outras espécies de gramíneas, Cyperaceae, Juncaceae entre outros). Os estudos futuros dos fitólitos dessas espécies irão incrementar a coleção de referência dos fitólitos em plantas monocotiledôneas da planície costeira o que ajudará nas identificações dos fitólitos dos sedimentos e sua aplicação nas paleoreconstruções.

Outra razão de variedade limitada de fitólitos nos sedimentos holocênicos pode ser causada pelo tratamento das amostras por hidróxido de potássio (usado para os estudos palinológicos) que podem atingir ou destruir completamente os fitólitos mais finos (lobado, sela, e outros). Por isso, para receber mais registros de fitólitos variáveis nos sedimentos é necessário seguir as várias metodologias que evitam o uso de substâncias alcalinas (Barboni et al., 1999).

A avaliação das freqüências de fitólitos (soma total) ao relato de palinomorfos (soma total) nas lâminas palinológicas, mostra que a maior quantidade de fitólitos se encontra nas turfeiras, e menor - nos sedimentos lagunares. Isso pode provar que as maiores quantidades de fitólitos se depositam "in situ" ao lado da planta-mãe. Provavelmente, eles possuem a capacidade limitada de transporte em comparação com os mais leves, polens e esporos, compostos de esporopolenina (Fig. 2).

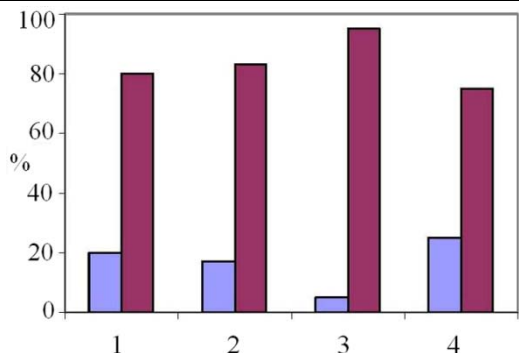


Figura 2. Os dados aproximados FL/PL nas amostras dos sedimentos superficiais: FL - soma total média de fitólitos em amostras, PL - soma total média de palinomorfos em amostras. 1 - sedimentos superficiais de pântanos, 2 - sedimentos superficiais de marismas, 3 - sedimentos superficiais do fundo da Laguna dos Patos, 4 - turfeiras holocênicas. (FL - azul; PL - vermelho).

Nos sedimentos lagunares holocênicos, formados durante a transgressão marinha (Medeanic *et al.*, 2001), os fitólitos são extremamente raros, o que prova também a capacidade restrita de transporte em fitólitos. As quantidades dos fitólitos aumentam nos sedimentos formados durante a regressão marinha posterior, em ambientes de água relativamente rasa adjacentes de marismas, pântanos, dunas e depressões interdunas.

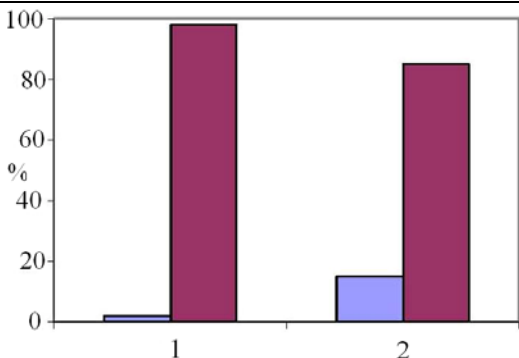


Figura 3. Os dados aproximados FL/PL nas amostras dos sedimentos holocênicos: FL - % da soma total média dos fitólitos em amostras, PL - % da soma total média de palinomorfos em amostras. 1 - silte correspondente à transgressão marinha, 2 - silte arenoso correspondente à regressão marinha posterior. (FL - azul; PL - vermelho).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos apresentam a primeira tentativa em reconhecer os fitólitos das plantas atuais de gramíneas amplamente distribuídas nas dunas do extremo sul da planície costeira do RS. É apresentada a descrição de tipos morfológicos de fitólitos de sete das principais espécies de gramíneas de dunas e alguns fitólitos encontrados nos sedimentos holocênicos.

Os fitólitos são ferramentas importantes nas reconstruções paleoambientais e podem servir para adicionar as conclusões palinológicas sobre a distribuição da vegetação do passado.

A sua importância nas reconstruções paleoambientais é conectada também com a capacidade de preservação melhor nos sedimentos do que polens e esporos das plantas.

O resultado obtido com base nos fitólitos descritos irá facilitar nas identificações dos fitólitos nos sedimentos quaternários e irá ajudar nas reconstruções paleogeográficas do passado, incluindo a mesma história passada da cobertura vegetal das dunas.

O presente estudo fundamenta-se na criação de um guia de referência de fitólitos de plantas de dunas atuais de forma a aplicar futuros estudos dos fitólitos em sedimentos do Quaternário.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelas facilidades técnicas, durante o período da criação da coleção de fitólitos em plantas de dunas, oferecidas pelo Laboratório de Geoquímica da FURG, ao CNPq (processos nº 300001/2008-8; 303956/2006-2) pelo apoio financeiro deste estudo através de Bolsa de Pesquisador Visitante e Bolsas de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, F.; BORRELLI, N.; FERNÁNDEZ HONAINÉ, M.; MONTTI, L.; OSTERRIETH, M.; OYARBIDE, F. & ROSSI, V. 2002. Silicofitólitos en medianos e intermedianos costero de mar Chiquita, Buenos Aires, Argentina. Fitólíticas (GEFACS), 4. Segundo Encuentro de Investigaciones Fitólíticas Del Cono Sur, *Actas - versión electrónica*.

- BARBONI, D.; BONNEFILLE, R.; ALEXANDRE, A. & MEUNIER, J.D. 1999. Phytoliths as paleoenvironmental indicators, West Side Middle Awash Valley, Ethiopia. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, **152**: 87-100.
- CAMPOS, A.C. & LABOURIAU, L.G. 1969. Corpos silicosos das gramíneas dos Cerrados II. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, **4**: 143-151.
- CARON, F.; TOMAZELLI, L.J.; DEHNHARDT, B.A.; MEDEANIC, S. & DILLENBURG, S.R. 2007. A transgressão marinha pós-glacial na região da desembocadura do Arroio Chuí, Planície costeira do Rio Grande do Sul: implicações paleogeográficas. In: **Anais... do XI CONGRESSO DE ABEQUA**, Belém, PA. CD-ROM.
- CORDAZZO, C.V.; PAIVA DE, J.B. & SEELIGER, U. 2006. **Guia Ilustrado: Plantas das Dunas da Costa Sudoeste Atlântica**. Pelotas: Editora USEB. 107 p.
- CORDAZZO, C.V. & SEELIGER, U. 1995. **Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo Sul do Brasil**. Rio Grande: Editora da FURG. 275 p.
- COSTA, C.S.B.; CORDAZZO, C.V. & SEELIGER, U. 1996. Shore Disturbance and Dune Plant Distribution. **Journal of Coastal Research**, **12**(1), p. 133-140.
- DILLENBURG, S.R.; ROY, P.S.; COWELL, P.J. & TOMAZELLI, L.J. 2000. Influence of Antecedent Topography on Coastal Evolution as tested by shoreface Translation-Barrier Model (STM). **Journal of Coastal Research**, **16**(1): 71-81.
- FAEGRI, K. & IVERSEN, J. 1989. **Text-book of pollen analyses**. Hafner Press., New York. 295 p.
- FEARN, M.L. 1998. Phytoliths in sediment as indicators of grass pollen source. **Review of Palaeobotany and Palynology**, **103**: 75-81.
- FISHER, R.F.; NEWELL L.C. & FISHER, W.F. 1995. Opal phytoliths as an indicator of the floristics of prehistoric grasslands. **Geoderma**, **68**(4): 243-255.
- FREDLUND, G.G. & TIESZEN, L.L. 1994. Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. **Journal of Biogeography**, **21**: 321-335.
- GEIS, J.W. 1978. Biogenic Opal in three species of Gramineae. **Annals of Botany**, **42**: 1119-1129.
- GOLUEVA, A.A. 1995. Experience in using phytolith analysis in soil science. **Pochvovedenye**, **12**: 1498-1503.
- JONES, R.L. 1964. Note on occurrence of opal phytoliths in some Cenozoic sedimentary rocks. **Journal of Paleontology**, **38**: 773-775.
- KONDO, R. & SASE, T. 1986. Opal phytoliths, their nature and application. **Quaternary Research**, **25**(1): 31-63.
- LIMA, L.G. & MEDEANIC, S. 2007. A variação morfológica dos fitólitos de opala em duas espécies de gramíneas na Planície costeira do Rio Grande do Sul e sua importância nas paleoreconstruções. In: **Anais... XI CONGRESSO DE ABEQUA**, Belém, PA. CD-ROM.
- LIMA, L.G.; MEDEANIC, S. & DILLENBURG, S.R. 2007. Reconstrução paleoambiental de uma turfeira na praia do Hermenegildo, RS: palinórfos e diatomáceas. In: **Anais... XI CONGRESSO DE ABEQUA**, Belém, PA. CD-ROM.
- LU, H. & LIU, K. 2003a. Phytoliths of common grasses in the coastal environments of south-eastern USA. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, **58**: 587-600.
- LU, H. & LIU, K. 2003b. Morphological variations of lobate phytoliths from grasses in China and the Southeastern USA. **Diversity and Distributions**, **9**(1): 73-87.
- MEDEANIC, S. 2006. The palynomorphs from surface sediments of intertidal marshes in the estuarine part of the Patos Lagoon. **Iheringia, Série Botânica**, **61**(1-2): 49-62.
- 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**(2): 183-200.
- MEDEANIC, S.; CORRÊA, I.C.S. & WESCHENFELDER, J. 2007. Palinórfos nos sedimentos de fundo da Laguna dos Patos, RS: Aplicação nas reconstruções paleoambientais, **Gravel**, **5**(1): 89-102.
- MEDEANIC, S.; DILLENBURG, S.R. & TOLDO Jr., E.E. 2001. Novos dados palinológicos da transgressão marinha pós-glacial em sedimentos da Laguna dos Patos.

- Revista Universidade Guarulhos. **Geociências**, **6**: 64-76.
- PIPERNO, D.R. & PEARSAL, D.M. 1998. The silica bodies of tropical American grasses: Morphology, taxonomy, and implications for grass systematics and fossil phytolith identification. **Smithsonian Contributions to Botany** **85**. Smithsonian Institution Press, Washington D.C. 40 p.
- ROVNER, I. 1971. Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction. **Quaternary Research**, **1**(3): 343-359.
- SEELIGER, U. 1992. Coastal Foredunes Of Southern Brazil: Physiography, Habitats And Vegetation. In: SEELIGER, U. (Org.). **Coastal Plant Communities of Latin America**. 1 ed.: Academic Press, Inc., v. 1, p. 367-381.
- SMITHSON, F. 1956. Plant opal in soil. **Nature**, **178**: 107-107.
- TWISS, P.C. 1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. In: RAPP, G. & MULHOLLAND, S.C. (eds.). **Phytolith Systematics**. Emergent Issue in Advance of Archaeological Museum Sciences, **1**: 113-128.
- TWISS, P.C. 2001. A Curmudgeon's view of Grass phytolithology. In: MEUNIER J.D. & COLIN, F. (eds.). **Phytoliths: Application in Earth Sciences and Human History**. Taylor & Francis, p. 7-26.
- TWISS, P.C., SUESS, E. & SMITH, R.M. 1969. Morphology classification of grass phytoliths. **Proceedings of Soil Science Society of America**, **33**: 109-115.
- TOLDO Jr., E.E. 1991. Morfodinâmica da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul. **Pesquisas**, **18**(1): 58-63.
- TOLDO Jr., E.E.; AYUP-ZOUAIN, R.N. & CORRÊA, I.C.S. 1991. Evidências de um Paleocanal na Barreira Múltipla da Província Costeira do Rio Grande do Sul. In: II SIMPÓSIO SOBRE OCEANOGRAFIA, 1991, São Paulo, SP. **Anais...** do II Simpósio sobre Oceanografia. São Paulo, SP. USP, v. 1. p. 239.
- TOLDO Jr., E.E.; DILLENBURG, S.R.; CORRÊA, I.C.S. & ALMEIDA, L.E.S.B. 2000. Holocene sedimentation in Lagoa dos Patos Lagoon. **Journal of Coastal Research**, **16**(3): 816-822.
- TOMAZELLI, L.J. & VILLWOCK, J.A. 1991. Geologia do Sistema Lagunar Holocênico do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, **18**: 13-24.
- VILLWOCK, J.A. & TOMAZELLI, L.J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**, Porto Alegre, **8**: 1-45.