

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA - PPGeo
NÍVEL MESTRADO

**FLORA FÓSSIL DO PONTAL RIP, ILHA NELSON, PENÍNSULA ANTÁRTICA:
TAXONOMIA E CONTEXTO GEOLÓGICO**

BIBIANA LIGUORI BASTOS

SÃO LEOPOLDO

2012

BIBIANA LIGUORI BASTOS

**FLORA FÓSSIL DO PONTAL RIP, ILHA NELSON, PENÍNSULA ANTÁRTICA:
TAXONOMIA E CONTEXTO GEOLÓGICO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, pelo programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tânia Lindner Dutra.

São Leopoldo

Agosto, 2012

B327f Bastos, Bibiana Liguori
Flora fóssil do pontal rip, ilha nelson, península antártica: taxonomia e contexto geológico / Bibiana Liguori Bastos. – 2012.
99 f. : il. color. ; 30cm.

Inclui o artigo: “Nova flora do cretáceo superior para o Pontal Rip, Ilha Nelson, Península Antártica”.

Dissertação (mestrado em Geologia) -- Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Geologia, São Leopoldo, RS, 2012.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tânia Lindner Dutra.
1. Paleontologia. 2. Taoflora. 3. Nothofagus. 4. Ilha Nelson. 5. Península Antártica. 6. Cretáceo Superior. I. Título. II. Dutra, Tânia Lindner.

CDU 56

Aos meus pais, com amor, e àqueles que se interessam pela Paleontologia da Antártica.

AGRADECIMENTOS

Á minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Tânia Lindner Dutra, pelas conversas e troca de conhecimento ao longo desse tempo. Principalmente por me fazer conhecer e amar a história da Antártica.

Aos meus amados pais, Antônio José Bastos e Vitória Salton Liguori, por terem estado sempre presentes, me apoiando e apostando em mim ao longo dessa caminhada. Sem vocês tudo isso teria sido mais difícil de realizar.

Aos professores do PPGeo, especialmente aos que contribuíram, de alguma forma, na construção desse trabalho: Dr. Itamar Ivo Leipniz, Dr. Gerson Fauth e Dra. Renata Guimarães Netto, os quais foram meus avaliadores em seminários que antecederam a defesa da dissertação.

Aos queridos colegas que conheci ao longo desses dois anos e meio de convivência, principalmente àqueles que se tornaram grandes amigos e que jamais esquecerei: Cristine Trevisan, Joseline Manfroi, Gabriela Corrêa, Daniel Alves Spiazzi, Ana Paula Ferrareze e Carina Paier.

Á Alex Borba Duarte, Ronaldo Barboni e Daniel Alvez Spiazzi pela obtenção das fotografias dos macrofósseis. Á Thiérs Wilberger pela colaboração nas ilustrações.

Aos laboratórios de palinologia da UNISINOS e da UFRGS. Neste último, um agradecimento especial ao laboratorista Bruno Turbino Noronha, pela confecção das lâminas, disponibilidade e carinho com que nos recebeu.

Á professora Msc. Andréia Sander, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, pela confecção da lâmina petrográfica.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado e ao PROANTAR pelo apoio nas expedições de coleta do material de estudo.

Ao canino “Marco Antônio” (*in memoriam*), pela amizade, amor e companheirismo ao longo de grande parte da minha vida. Partiste deixando saudade, mas marcaste os tempos mais lindos.

RESUMO

Fósseis de plantas são comuns na Península Antártica e têm sido encontrados não apenas em áreas orientais, correspondentes aos ambientes de retro-arco, mas também na Terra de Graham e no arquipélago das Shetland do Sul, que representam respectivamente, o contexto de arco e ante-arco. Na ilha Nelson, que faz parte do arquipélago das Shetland do Sul, o registro fossilífero mostra-se profundamente ligado aos processos vulcânicos que marcaram sua história, inicialmente afetada pelos eventos mesozóicos de subducção do Pacífico e posteriormente pela construção de um arco de ilhas. A macro e microflora encontradas em um depósito piroclástico retrabalhado no nível superior do pontal Rip, a noroeste da Ilha Nelson, são aqui apresentadas pela primeira vez. Na macroflora dominam folhas muito fragmentadas de *Nothofagus* e de formas primitivas de angiospermas, relacionadas às famílias Lauraceae, Anacardiaceae e Melastomataceae. Escassas pínulas de pteridófitas e um único ramo de conífera também compõem esta assembleia. Entre os palinomorfos, as pteridófitas são o principal componente, seguidas por grãos de pólen de gimnospermas. A presença de grãos relacionados à *Nothofagus* é atestada por tipos ancestrais e modernos (*e.g.* *Nothofagidites* cf. *endurus*, *N.* cf. *kaitangataensis* e *N.* cf. *brachyspinulosus*). Grãos de *Classopollis*, em associação com *Nothofagidites* cf. *endurus* e *N.* cf. *kaitangataensis*, sugerem uma idade neocretácica para este depósito. Em relação à correlação stratigráfica, a composição da macroflora também mostrou maior identidade com aquelas presentes em outras exposições na ilha King George, especialmente, com assembléias atribuídas ao Campaniano médio (*e.g.* pontal Half Three, pontal Price e monte Zamek). Em termos paleofitogeográficos, foi possível observar o domínio das angiospermas relacionadas às formas decíduas e primitivas de *Nothofagus*, muitas das quais são similares a espécies modernas que crescem em áreas ao sul da América do Sul. Deste modo, baseando-se no domínio de folhas microfílicas e na presença de folhas e grãos de pólen relacionados à *Nothofagus*, pode-se sugerir uma condição de clima temperado úmido para a Península durante a deposição do nível estudado. Por fim, deve-se ressaltar que as pteridófitas (famílias Blechnaceae e Hymenophyllaceae), a cupressácea do gênero *Papuacedrus* e alguns dos morfotipos associados à *Nothofagus* aqui descritos, indicam que ainda existiam terras contínuas entre a Península Antártica e a Australásia durante o final do Cretáceo.

Palavras-chave: Tafoflora, *Nothofagus*, Ilha Nelson, Península Antártica, Cretáceo Superior.

ABSTRACT

Plant fossils are common in the Antarctic Peninsula and have been found not only in the eastern areas that correspond to the back arc deposition environments, but also in the Graham Land and the South Shetland archipelago, which represent the arc and fore arc contexts, respectively. In the Nelson Island, part of the South Shetland archipelago, the fossil record is deeply linked to the volcanic processes that marks its geological history, initially affected by the Mesozoic subduction events and after by the construction of an island arc. The macro and microflora found in a reworked pyroclastic deposit from the upper part of Rip Point outcrop, in northwestern Nelson Island, are herein presented for the first time. The macroflora is dominated by very fragmented leaves of *Nothofagus* and primitive forms of angiosperms, related to the families Lauraceae, Anacardiaceae and Melastomataceae. Rare pinnules of Pteridophyta and a sole and partial conifer shoot also compound this assemblage. Amongst the palynomorphs, the Pteridophyta are a main component, follow by pollen grains of gymnosperms. The presence of grains related to *Nothofagus* is represented by ancestral and modern types (e.g. *Nothofagidites* cf. *endurus*, *N.* cf. *kaitangataensis* and *N.* cf. *brachyspinulosus*). The *Classopollis* grains, in association with *Nothofagidites* cf. *endurus*, *N.* cf. *kaitangataensis*, suggested a Late Cretaceous age to this deposit. In relation to stratigraphic correlation, the composition of macroflora showed also a greatest identity with ones recorded in other exposures found in the King George Island, specially, with assemblages attributed to the middle Campanian (e.g. Half Three point, Price point and Zamek Hill). In terms of paleophytogeography, it was possible observe the domain of angiosperms related to a deciduous and primitive leaves of *Nothofagus*, similar to many of modern species that live in southern South America. In this way, it is suggested that the Antarctic Peninsula was under a humid temperate climatic condition during the deposition time of study interval, based on the domain of microfilic leaves and the presence of leaves and pollen grains related to *Nothofagus*. Finally, it should be highlighted that the pteridophytes (families Blechnaceae e Hymenophyllaceae), the cupressacea of genus *Papuacedrus* and the few morphotypes associated to *Nothofagus* described here, indicated the existence of a land connection between the Antarctic Peninsula and Australasia during the end of Cretaceous.

Keywords: Taphoflora, *Nothofagus*, Nelson Island, Antarctic Peninsula, Upper Cretaceous.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 CONTEXTO GEOLÓGICO DA ANTÁRTICA E IDADE DOS DEPÓSITOS.....	9
3 PENÍNSULA ANTÁRTICA: LITOESTRATIGRAFIA E REGISTRO PALEONTOLÓGICO PRÉVIO.....	14
3.1 Setor Oriental.....	14
3.2 Setor Ocidental.....	17
3.2.1 Ilha King George.....	19
3.2.1.1 Pontal Half Three.....	20
3.2.1.2 Baía Skua (ou pontal Winkle).....	21
3.2.1.3 Pontal Price.....	21
3.2.1.4 Baía Rocky (ex pontal Suffield ou bacia-dos-tanques).....	22
3.2.1.5 Morro dos Fósseis (ou Fossil Hill).....	23
4 ÁREA DE ESTUDO.....	23
5 OBJETIVOS.....	25
6 MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
6.1 Material de estudo.....	26
6.2 Preparação das amostras.....	26
7 RESULTADOS.....	27
7.1 Análise petrográfica das amostras dos níveis fossilíferos.....	27
7.2 Análise da flora fóssil e conclusão.....	28
8 REFERÊNCIAS.....	29
9 ANEXO 1: ARTIGO CIENTÍFICO SUBMETIDO À REVISTA BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. As duas grandes subdivisões da Antártica: Ocidental e Oriental.....	10
Figura 2. Principais blocos crustais envolvidos na união entre as áreas do sul da Península Antártica e do Continente durante o Triássico.....	11
Figura 3. Contexto geotectônico da Península Antártica e a correspondência com o tectonismo em áreas do sul dos Andes.....	12
Figura 4. Parte setentrional da Península Antártica, ilhas orientais da sub-bacia James Ross e aquelas que compõem o arquipélago das Shetland do Sul.....	14
Figura 5. Proposta estratigráfica para a sub-bacia James Ross.....	15
Figura 6. Mapa das ilhas King George, evidenciando as principais áreas onde foram identificadas associações de restos de plantas, e Nelson.....	20
Figura 7. Mapa da ilha Nelson, evidenciando a localização do afloramento do pontal Rip, também conhecido como Rip Point.....	24
Figura 8. Vista geral do afloramento do pontal Rip, ilha Nelson (esquerda), e perfil litológico da sucessão localizando os dois níveis com restos de plantas.....	25
Figura 9. Aspecto geral de uma das amostras laminadas (aumento de 25x, técnica de luz natural). O material escuro refere-se a minerais opacos (carvão) e os grãos claros a fragmentos de cristais imersos em matriz tamanho pó. Na porção central da amostra (circulo vermelho) observa-se a presença de uma testa de foraminífero. Escala = 2 mm.....	28

1 INTRODUÇÃO

A atual posição geográfica da Antártica e as litologias identificadas nas áreas livres de gelo permitem supor sua ligação pretérita com outros continentes austrais, tanto em termos de processos geológicos, quanto biológicos. Organismos comuns a estas áreas apoiam estas inferências, constituindo uma importante ferramenta para a compreensão da moderna geografia e fitogeografia do Hemisfério Sul (WOODBURNE; ZINSMEISTER, 1984; BOSE et al., 1990). No que diz respeito às floras locais, os dados mostram sua ampla distribuição geográfica desde o final do Paleozóico entre as massas de terra do Gondwana (BERRY, 1913; SEWARD, 1914; ORLANDO 1971; TRUSWELL, 1991a, 1991b; DUTRA, 1997a; KELCH, 1997).

Na Península Antártica, restos de plantas são comuns e representam distintos intervalos de tempo. Além disso, foram intensamente pesquisados durante as últimas décadas e demonstram sua importância na compreensão da origem e dispersão dos ancestrais de espécies que hoje crescem na Nova Zelândia, Austrália e sul da América, além de informar sobre a chegada das angiospermas às altas latitudes (CANTRILL; NICHOLS, 1996).

2 CONTEXTO GEOLÓGICO DA ANTÁRTICA E IDADE DOS DEPÓSITOS

A Antártica, hoje uma grande porção de terra isolada no extremo sul do globo, formou-se a partir do fracionamento do Gondwana, entre o Meso e o Neomesozóico. Durante este processo, o continente antártico sempre manteve uma posição polar, tendo dele divergido, as massas de terra que hoje compõem os continentes do Hemisfério Sul, entre o Jurássico e o Oligoceno Inferior (WEISSEL et al., 1977; LAWVER et al., 1985; BOSE et al. 1990; JOKAT et al. 2003; LAWVER; GAHAGAN, 2003; BROWN et al., 2006; GHIDELLA et al., 2007).

Atualmente, sua superfície é apenas um pouco menor que a da América do Sul e, o que parece ser um continente contínuo pela cobertura de gelo, abrange duas massas de terra praticamente independentes e com uma história geológica distinta: o Continente Antártico ou Antártica Oriental, e a Península Antártica ou Antártica Ocidental (Figura 1).

Segundo Elliot (1991), estas duas grandes porções de terra teriam se unido no início do Triássico, a partir de um movimento convergente, fechando a bacia Transantártica, formando as montanhas homônimas e aproximando os blocos crustais da península (*e.g.* Thurston, Marie Byrd Land e Ellsworth-Whitmore) com os do continente (Figura 2). Entre

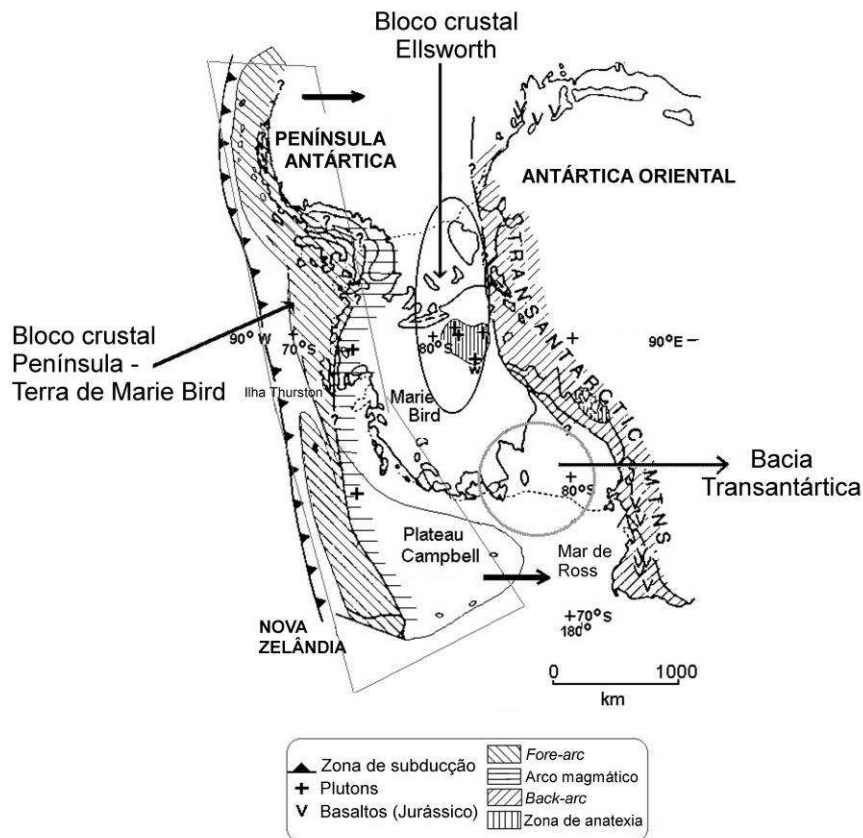
160 Ma e 118 Ma, o Continente Antártico foi cercado por sistemas de *rift* extensionais, separando-se da África e da Península Antártica, e há 55 milhões de anos separou-se da Austrália. Embora Nova Zelândia e Tasmânia, com seu afastamento, tenham dado lugar à formação do Mar de Ross há 70 milhões de anos atrás, ainda permaneceram próximas às terras antárticas até cerca de 30 Ma (JAMIESON; SUGDEN, 2008). As conexões entre o sul da América e a Antártica se romperam há 40 Ma (CUNNINGHAM et al., 1995). Disto resultou a configuração fragmentada das massas de terra da Península Antártica (Figura 3), hoje igualmente mascarada pela cobertura de gelo.



Figura 1. As duas grandes subdivisões atuais da Antártica: Ocidental e Oriental (modificado de Dutra, 1997a).

A presença de litologias do final do Paleozóico e Mesozóico no registro geológico do Continente Antártico, aponta uma história comum com outras massas de terra do Gondwana. A deposição se estendeu do Devoniano ao Jurássico, com uma expressiva presença de rochas de idade Permiano e Triássico (BOSE et al. 1990; PLAYFORD, 1990; TAYLOR; TAYLOR, 1990; MCLOUGHLIN et al., 1997; ASHWORTH; CANTRILL, 2004). Por sua vez, a sucessão jurássica foi recoberta por uns poucos níveis do Cenozóico.

Os restos fósseis indicam que entre o final do Cambriano e o Devoniano, o continente teria ocupado uma posição subequatorial, sob a influência de climas tropicais. Ao longo do Paleozóico, movimentou-se gradativamente para o sul e, no final do Permiano, atingiu uma posição próxima a que ocupa hoje. Neste mesmo período a América do Sul teria se movimentado em sentido contrário, saindo das altas latitudes do sul e entrando na zona de



influência dos climas tropicais e subtropicais (CUNNINGHAM et al., 1995).

Figura 2. Principais blocos crustais envolvidos na união entre as áreas do sul da Península Antártica e do Continente durante o Triássico (modificado de Elliot, 1991).

No continente, os depósitos fossilíferos estão concentrados em quatro grandes bacias localizadas próximas às montanhas Transantárticas e Ellsworth, e em duas bacias na Terra de Vitória. Neste setor dominam fósseis de idade permiana (Supergrupo Beacon) e triássica, com floras de *Glossopteris* e *Dicroidium*, respectivamente (TAYLOR; TAYLOR, 1990; DUTRA; JASPER, 2010).

Graças aos processos tectônicos citados, a Península Antártica é geologicamente complexa. Reflete a interação e união de pequenas placas e de processos de subducção ocorridos em seu flanco voltado para o Pacífico, entre o final do Permiano e Triássico

(STOREY; GARRET, 1985; ELLIOT, 1988; RILEY; LEAT, 1999). Os espessos pacotes de rochas vulcânicas, sedimentares e plutônicas intrusivas que se depositaram após esses eventos, sugerem um magmatismo característico de ambientes de arco e bacias de antearco associadas. Esses eventos deram origem a três regiões tectônicas principais ao longo da Península Antártica, configurando depósitos e litologias distintos (ELLIOT, 1988; DEL VALLE et al., 1992; DEL VALLE; RINALDI, 1993).



Figura 3. Contexto geotectônico da Península Antártica e a correspondência com o tectonismo em áreas do sul dos Andes (modificado de Elliot, 1988 e Del Valle e Rinaldi, 1993).

Os depósitos de arco, localizados na Península Continental ou Terra de Graham, são representados por rochas metamórficas e vulcânicas e foram incluídos no Grupo *Antarctic Peninsula Volcanic* (ADIE, 1964). Se interdigitam com conglomerados e depósitos de planícies de inundação do Grupo *Botany Bay*, rico em restos vegetais.

Na região de retroarco formaram-se duas bacias, a de Larsen a norte, e a de Latady ao sul, subdivididas a partir do Cretáceo por um soergimento transversal (HATHWAY, 2000; HUNTER et al., 2006). Na bacia de Larsen, a sub-bacia de James Ross reúne um espesso conjunto de sedimentos distribuído entre o Jurássico e o Eoceno Superior, assentado sobre um

embasamento Triássico (MACDONALD et al., 1988). Para Olivero (1995), representa “a melhor sucessão de plataforma em altas latitudes do Hemisfério Sul”, compartilhando muitos aspectos com a bacia Austral, na Patagônia. A partir do Cretáceo Superior os depósitos atestam a presença de um megaciclo regressivo, mais controlado pela atividade tectônica e ígnea que pelas variações eustáticas, que levou à substituição dos ambientes marinhos francos pelos de caráter marginal. Daí em diante, e até o final do Oligoceno, os depósitos se unificaram e só foram perturbados, eventualmente, pelos movimentos de abertura do Gondwana (OLIVERO, 1995; HAMBREY; SMELLIE, 2006).

No lado ocidental da Península, no conjunto de ilhas representativas do antearco, os ambientes foram inicialmente controlados pelos processos de subducção (das placas do Pacífico, Aluk e Drake) e, posteriormente (parte média do Cenozóico), por processos resultantes da formação de um provável arco de ilhas ou de um *hot spot* (WEISSEL et al., 1977; BIRKENMAJER et al. 1981; ELLIOT, 1988).

A partir do início do Oligoceno, um novo hiato marca a deposição, tanto nas áreas da península, como nas bacias do sul da América. Corresponde à atividade tectônica que originou a abertura do mar de Drake e a definitiva separação entre Antártica e América (BARKER; BURREL, 1977; JEFFERS et al., 1991; TOKARSKI, 1991; SOLIANI JR.; BONHOME, 1994; CUNNINGHAM et al., 1995).

A formação do Arco de Scotia entre as placas da América do Sul e Antártica foi o maior evento tectônico ocorrido no sul do Atlântico e garantiu a ligação austral entre o Atlântico e o Pacífico (BARKER, 2001). A transição da fase de subducção para a de movimentos transcorrentes característicos da formação do Arco de Scotia, ocorrida há cerca de 35 milhões de anos (Mioceno Inferior), provocou o rearranjo das placas, a inclinação dos estratos (menos pronunciada que aquela dos níveis do Cretáceo-Paleógeno) e uma série de falhamentos que irá reativar o vulcanismo (BOHOYO et al., 2007).

Estes processos cessaram entre cinco e quatro milhões de anos atrás, com a inversão do sentido do movimento crustal e o início do *rift* que forma o Estreito de Bransfield (GONZÁLES-FERRÁN, 1985; JEFFERS et al., 1991; TOKARSKI, 1991). Para Weaver et al. (1994), no entanto, a abertura do Estreito de Bransfield e o deslocamento das ilhas Shetland do Sul para norte, em cerca de 65 km, ocorre apenas há dois milhões de anos. Os eventos permitem supor uma conexão inicial das Shetland do Sul com o setor ocidental da Península continental.

O conjunto de dados prévios permitiu propor que os depósitos do arco e aqueles preservados nas Shetland do Sul representam uma sucessão predominantemente subaérea,

submetida a uma intensa atividade vulcânica e tectônica. Os restos de plantas são a evidência quase exclusiva da vida que ali se desenvolveu (TORRES, 1990; SHEN YANBIN, 1994; DUTRA, 1997b, 2004; HUNT; POOLE, 2003).

3 PENÍNSULA ANTÁRTICA: LITOESTRATIGRAFIA E REGISTRO PALEONTOLÓGICO PRÉVIO

3.1 Setor Oriental

Os fósseis de plantas estão concentrados na sub-bacia James Ross (parte norte da bacia de Larsen) e afloram na ilha de mesmo nome e nas ilhas Vega e Seymour (Figura 4).

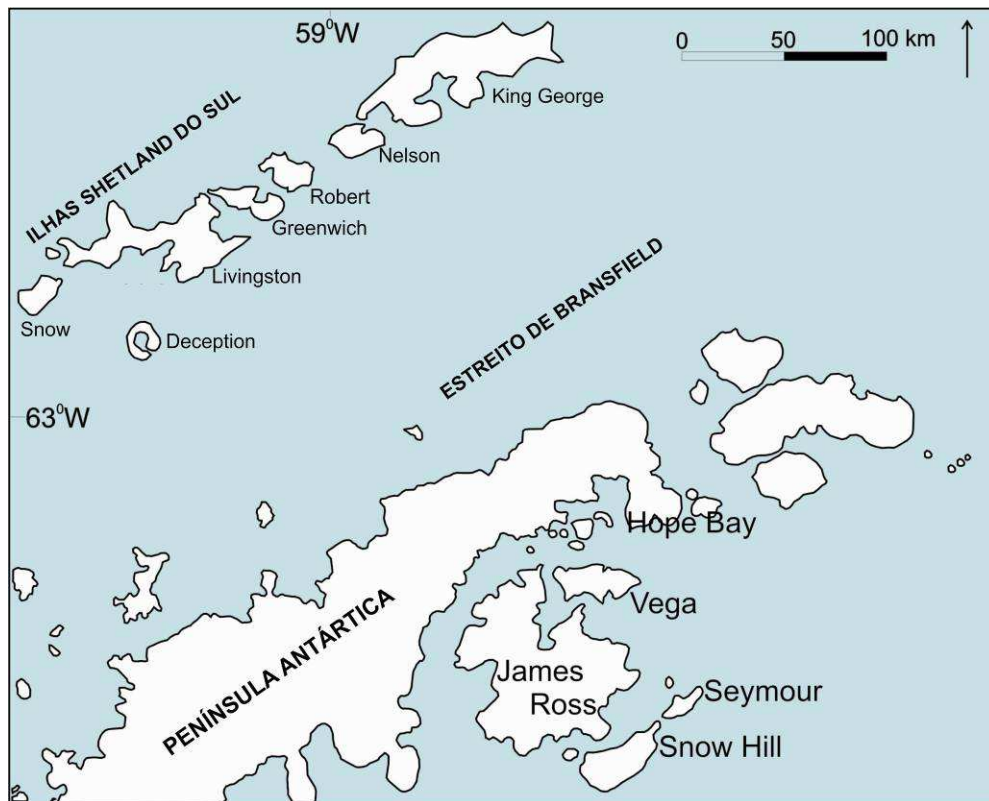


Figura 4. Parte setentrional da Península Antártica, ilhas orientais da sub-bacia James Ross e aquelas que compõem o arquipélago das Shetland do Sul (modificado de Fisch, 2009).

Na ilha Seymour (Figuras 4 e 5) ocorrem os grupos Marambio (formações Santa Marta, Lopez de Bertodano e Sobral), do Paleoceno Inferior, e Seymour Island, do Paleoceno Superior ao Oligoceno, com as formações Cross Valley e La Meseta (BIBBY, 1966; RINALDI et al., 1978; ELLIOT; TRAUTMAN, 1982; ZINSMEISTER, 1982; HERVÉ et al., 1990; PIRRIE et

al., 1991a, 1991b; CRAME et al., 1991). A Formação Sobral é marcada por ambientes deltaicos que preenchem canais escavados durante um evento erosivo do Paleoceno Inferior (MACELLARI, 1988; SADLER, 1988; MONTES et al., 2007; SANTILLANA et al., 2007). Para Santillana e Marensi (1997), esta configuração resultou da interação entre os esforços de soerguimento do arco e as variações eustáticas do nível do mar. Duas descontinuidades internas permitem separar três alomembros, com idades entre o Daniano e o Selandiano. A influência marinha e costeira é atestada pela mescla de fósseis de moluscos (MACELLARI,

Cenozóico	Plioceno	Grupo Vulcânico	
	Mioceno	ilha James Ross	
	Oligoceno	Grupo Seymour	
	Eoceno		Fm. La Meseta
Cretáceo	Paleoceno	Fm. Cross Valley	
		Fm. Sobral	
	Maastrichtiano	Grupo Marambio	Fm. Lopez de Bertodano
			Fm. Snow Hill
			Fm. Rabor
	Campaniano	Fm. Santa Marta	
	Santoniano	Grupo Gustavo	
	Coniaciano		Fm. Lago Hidden
	Turoniano		Fm. baía Whisky
	Cenomaniano		
	Albiano		Fm. Pontal Kotick
	Aptiano		Fm. Pontal Langrelius
	Barremiano		
P/Tr	Grupo Península Trinity		

1988) e lenhos (MAYER; BARROCAS, 1991).

Figura 5. Proposta estratigráfica para a sub-bacia James Ross (modificado de Ditchfield et al. 1994 e Santillana et al., 2007).

O Grupo Seymour Island representa a progradação subsequente, com uma grande quantidade de fósseis marinhos e continentais (OLIVERO; PALAMARCZUK, 1990; CRAME et al., 1991; CRAME, 1992), icnofósseis (SCASSO et al., 1991), macroinvertebrados (OLIVERO; AGUIRRE-URRETA, 1994a, 1994b), vertebrados (GASPARINI et al., 1987; TAMBUSI et al., 1994; GOIN; CARLINI, 1995; NORIEGA; TAMBUSI, 1995; GASPARINI et al., 1996; JADWISZCZAK, 2006) e restos de plantas (BALDONI, 1986,

1987a, 1987b; ASKIN, 1990; TRUSWELL, 1991a, 1991b; TORRES et al., 1994; CANTRILL, 2000; CÉSARI et al., 2001).

A Formação Cross Valley, mais basal, possui contato erosivo com a Formação Sobral e, provavelmente, com o topo da Formação Lopez de Bertodano (ELLIOT et al., 1993; SANTILLANA; MARENSSI, 1997), mais uma vez preenchendo um *canyon* submarino (SADLER, 1988). Dados isotópicos de estrôncio (DINGLE; LAVELLE, 1998) e faunas de dinoflagelados (ASKIN, 1988) sugerem uma idade Paleoceno Superior. Como na Formação Sobral, desconformidades internas permitiram sua subdivisão em três alomembros, representativos de ciclos sedimentares menores (MONTES et al., 2007).

Os arenitos e conglomerados arenosos que compõem os depósitos da Formação Cross Valley mostram uma origem vulcanoclástica (ELLIOT; TRAUTMAN, 1982; PIRRIE et al., 1991a). Os fósseis são escassos, mas são constituídos por restos de flora com *Nothofagus* e outras angiospermas, coníferas (Araucariaceae e Podocarpaceae) e diversas pteridófitas (ZINSMEISTER, 1982; CASE, 1988; BIRKENMAJER; ZASTAWNIK, 1989; ASKIN, 1990; ASKIN et al. 1991; BARNES; RIDING, 1994). Para Case (1988) as impressões de folhas coletadas na ilha Seymour pela Expedição Sueca e estudadas por Dusén (1908) e Cranwell (1966), representariam uma mistura de materiais provenientes desta unidade e da Formação La Meseta. Recentemente, Gandolfo et al. (1998a, 1998b), Francis et al. (2007) e Cantrill et al. (2011) mostraram que a maior parte dos materiais provinham da Formação Cross Valley.

Na Formação La Meseta, aflorante nas ilhas James Ross, Seymour e Cockburn, os fósseis são muito diversificados e igualmente indicam ambientes transicionais (FLEMING; ASKIN, 1982; ASKIN, 1988; WRENN; HART, 1988; MARENSSI, 1995; DOKTOR et al., 1996; MARENSSI et al., 1998). As floras são dominadas por coníferas podocarpáceas e angiospermas (ZAMALOA et al., 1987; CASE, 1988; TORRES et al., 1994; DUTRA, 2004; STEPHENS et al., 2005, 2006) e provêm dos níveis superiores de arenitos e folhelhos.

Truswell (1990) considerou a assembleia polínica da Formação La Meseta como um mosaico da vegetação do Paleógeno da Austrália, as “floras mistas” de Specht et al. (1992). Pole (1994) encontrou a mesma condição para as florestas do início do Cenozóico na Nova Zelândia. O termo “floras mistas” ou “de mescla” havia sido anteriormente utilizado também por Romero (1978, 1986), para se referir as floras do Paleoceno e do Eoceno Médio do sul da Argentina, inclusive estendendo este termo para as floras até então conhecidas para a ilha Seymour. A mistura de elementos se manifesta pela ocorrência conjunta de táxons termofílicos (subtropicais), associados a formas que hoje caracterizam climas temperados frios e

significariam condições climáticas transacionais exclusivas destas duas regiões, sem comparativos modernos.

O contato erosivo basal da formação La Meseta com as unidades sotopostas sugere a provável presença de um hiato temporal significativo. Para Barnes e Riding (1994), foi o resultado da inversão do relevo da bacia e de uma queda do nível do mar, que pode ser acompanhada globalmente (HAQ et al., 1987; BARNES; RIDING, 1994). Depósitos de *lahar* (*sensu* SMITH, 1986) compostos por rochas piroclásticas na forma de blocos angulosos de tufos, andesitos, andesito-basaltos, englobando restos de lenho, foram identificados nessa formação por Doktor et al. (1988) e se assemelham às deposições semelhantes nas sucessões da ilha King George.

3.2 Setor Ocidental

Este setor da Península representa os ambientes de arco e antearco (Figuras 2 e 3). Apesar do contexto tectônico distinto daquele de retroarco, as floras sugerem uma composição taxonômica similar e é possível, igualmente, acompanhar a gradativa transição dos ambientes marinhos, intercalados com lavas piroclásticas e cinzas do Cretáceo, para os de caráter mais continentalizado (mais evidentes), coincidentes com o início do Paleógeno.

A ilha Alexander (70°S), mais ao sul, mostra depósitos expressivos do Mesozóico e raras ocorrências do Cenozóico inferior, similares aos que caracterizam a parte continental da Península (BELL, 1973; BUTTERWORTH; MACDONALD, 1991; MONCRIEFF; KELLY, 1993; DOUBLEDAY; TRANTER, 1994). Sua paleoflora é de grande importância por testemunhar a chegada das angiospermas às altas latitudes, no Albiano Superior (CANTRILL; NICHOLS, 1996).

Tipos primitivos de Fagales fazem parte deste conjunto. Este grupo de plantas, cujo centro de origem é o sudeste asiático, originou dois troncos distintos: as formas de *Nothofagus* (Família Nothofagaceae, monogenérica) no sul, e as Fagaceae no Hemisfério Norte. Para Hill (1994), teriam chegado até a Antártica no Cretáceo Inferior através da Austrália e ainda indiferenciadas, originado as Nothofagaceae já em áreas austrais. Dutra (2001) sugere sua chegada pela América do Sul ou África, baseada no registro de microfósseis do gênero primeiro na Península Antártica e antes do final do Cretáceo, quando estavam presentes apenas na microflora da Austrália.

No final do Cretáceo, as plantas com flores já constituíam cerca de 12% do conjunto nas taofloras deste setor da Península, acompanhadas de gimnospermas, ainda tipicamente mesozóicas, e de formas modernas de coníferas (araucariáceas, taxodiáceas e podocarpáceas) e pteridófitas (POOLE; FRANCIS, 1999).

Na ilha Adelaide (67.25°S - 68.5°W), os macrófilos de angiospermas identificados permitiram reavaliar a idade jurássica originalmente proposta (PANKHURST, 1982a, 1982b). Angiospermas de folhas grandes e venação craspedódroma (*Nothofagus?*) e pólen colpados e tricolpados compõem o restrito documentário da ilha.

Os restos de flora da ilha Snow (62° 45'S - 61° 11'W) também são escassos e ocorrem na parte nordeste da ilha, em President Head (FUENZALIDA et al., 1972). Sua idade, também reavaliada, é considerada correspondente ao Valangiano-Hauteriviano (ASKIN, 1983; PHILIPPE et al., 1995). Na macroflora dominam as compressões de pteridófitas, ocasionalmente de frondes inteiras, e coníferas, sem angiospermas (TORRES et al., 1995).

A deposição na ilha Livingston (62°36'S - 60°30'W) assemelha-se à da ilha Alexander por conter uma sucessão mesozóica com restos vegetais distribuídos entre lenhos, folhas e grãos de pólen, aflorante no pontal Williams e de idade Cretáceo Superior (ORLANDO, 1968, 1971; CHAPMAN; SMELLIE, 1992; PHILIPPE et al., 1993; DUANE, 1994; POOLE; CANTRILL, 2001; PHILIPPE et al., 2004). Os níveis com plantas assentam-se diretamente sobre um embasamento de rochas turbidíticas deformadas do final do Paleozóico, similares às identificadas na península continental (KELM; HERVÉ, 1994).

Na península Byers (Grupo Bayers), a oeste de Livingston, os níveis se distribuem entre o Albiano e o Aptiano (CRAME, 1995). Representam uma sucessão de caráter regressivo que mescla restos de animais marinhos e continentais, e que permitiram a correlação com zonas bioestratigráficas globais (HERNANDEZ; AZCÁRATE, 1971; DUANE, 1994). O achado de palinórfos indica ambientes marinhos proximais e confirma o contexto de retroarco marginal para a deposição (ELLIOT, 1988; DUANE, 1994). Em sua unidade mais basal e datada como Aptiano inferior, a Formação Cerro Negro (HATHWAY, 1997), foi registrada a presença de cf. *Pseudectenis ensiformis* Halle, *Araucarites* sp., *Archangelskya furcata* Herbst, *Cladophlebis* sp., *Dictyosamytes* sp., *Elatocladus* sp., *Phyllopteroides* sp., *Pseudectenis* sp., *Ptyllophyllum menendezii* Cantrill, *Shenopteris* sp., *Eocyathea remesaliae* Césari, *Sergioa austrina* Césari e *Taeniopteris* sp. (CÉSARI et al., 1999; PÁRICA et al., 2007). A ocorrência de *Cyatheacidites annullatus* Cookson entre os esporos sugere um clima frio e úmido e ambientes sujeitos à perturbação (TRUSWELL,

1990). Aos fetos associam-se outras formas herbáceas de musgos e hepáticas, que deveriam compor o substrato de uma floresta de coníferas dominadas por podocarpáceas (ASKIN, 1981). A ausência de angiospermas nesse local, apoia sua maior antiguidade em relação às floras do pontal Williams (BARALE et al., 1994).

Em outras localidades, pontal Shirref e Hanna, respectivamente, foram identificados restos de *Araucarioxylon* sp. (PHILIPPE et al., 1993) e uma paleoflora de pteridófitas e coníferas, acompanhadas de um único resto de angiosperma (LEPPE et al., 2007). As assembleias de plantas ocorrem associadas a tufos intercalados a basaltos olivínicos de idade Cretáceo Médio (PÁRICA et al., 2007).

A ilha Robert (62°24'S - 59°03'W) que se localiza mais ao norte, permanece praticamente desconhecida quanto a sua geologia e conteúdo fóssil, em parte por suas elevadas montanhas e costa escarpada.

3.2.1 Ilha King George

A deposição na ilha King George (61°50' - 62°15'S; 57°30' - 59°00'W), extremo norte da Península, se caracteriza por uma grande quantidade de fósseis de plantas e, à semelhança das outras ilhas ocidentais já comentadas, constituem seu quase exclusivo registro de vida.

As ocorrências paleobotânicas conhecidas estão concentradas em duas principais áreas: península Fildes e baía Admiralty (Figura 6). As litologias que englobam a maior parte dos fósseis correspondem a tufos de distintas granulometrias e, com muito menor expressão, tufitos com evidências de retrabalhamento pela água (BIRKENMAJER, 1981, 2001). Os inúmeros depósitos de lavas que constituem parte significativa das áreas expostas sugerem que a atividade vulcânica era intensa e partia de *vents* próximos (SMELLIE et al., 1984; SHEN YANBIN, 1994).

O arcabouço geológico foi previamente conhecido pelos trabalhos dos ingleses (BIBBY, 1961; HAWKES, 1961; BARTON, 1965; SMELLIE et al., 1984), depois aprofundado por Birkenmajer (1981, 1988), na região da baía Admiralty, e por Shen Yanbin (1994), na península Fildes. No entanto, até o momento não existe uma proposta formal de correlação geológica entre estes dois setores, a não ser aquela preliminarmente proposta por Smellie et al. (1984).

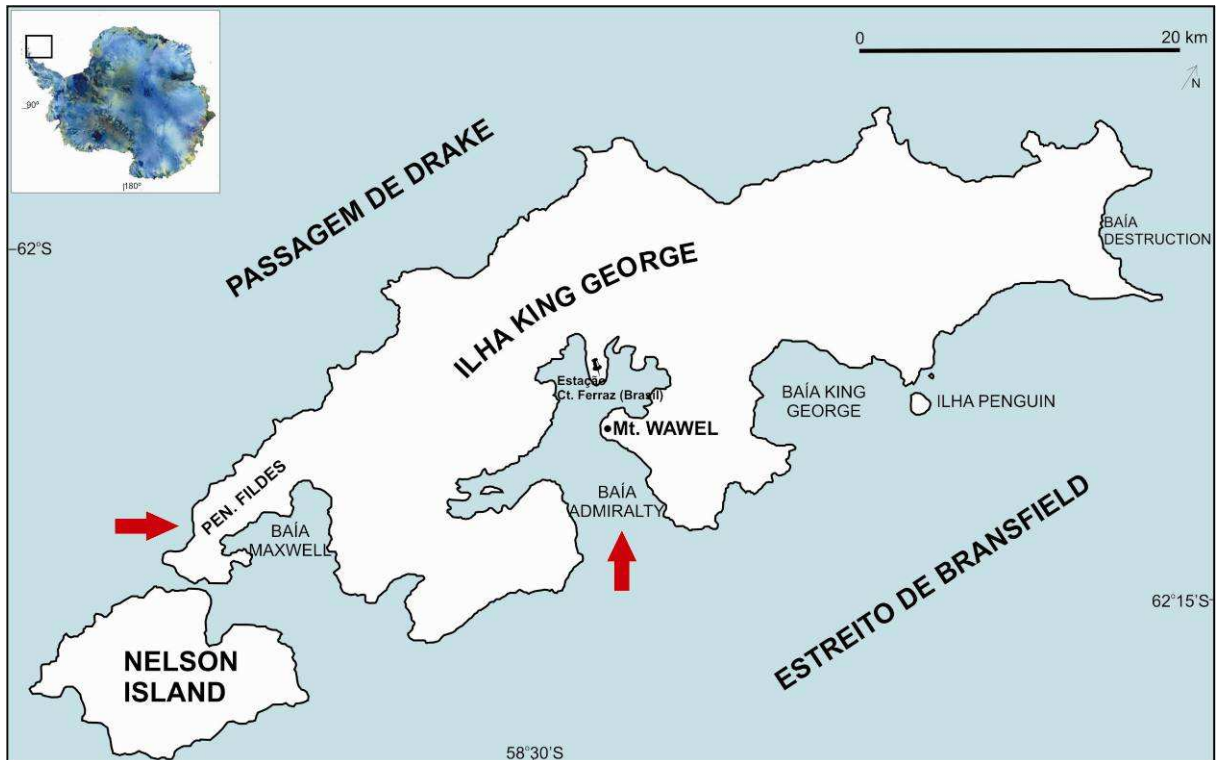


Figura 6. Mapa das ilhas King George, evidenciando as principais áreas onde foram identificadas associações de restos de plantas, e Nelson (modificado de Dutra, 1997a).

A primeira referência à presença de fósseis deve-se a Orlando (1964) e Barton (1965), para restos de plantas encontrados no afloramento Morro dos Fósseis (ou Fossil Hill), na península Fildes. A partir deste momento, a ilha foi visitada por pesquisadores de diferentes países e muitas outras ocorrências (de macro e microflora) foram objeto de estudo, embora alguns tenham se limitado apenas à comunicação de sua presença.

As tafofloras dividem-se entre aquelas datadas como neocretácicas e as correspondentes ao limite Paleoceno-Eoceno, Eoceno Médio e, provavelmente, Oligoceno Superior (BIRKENMAJER, 2001; DUTRA, 2004; ANELLI et al., 2006; QUAGLIO et al., 2008). As assembleias são compostas por gimnospermas e uma grande variedade de angiospermas dominadas por *Nothofagus* (ZASTAWNIAK, 1981, 1994; TORRES, 1990; DUTRA, 2001, 2004; BOARDMAN; DUTRA 2005; FONTES; DUTRA, 2010). Uma análise mais detalhada dos aspectos geológicos e do registro fóssil nas áreas antárticas foi recentemente apresentada por Dutra e Jasper (2010).

3.2.1.1 Pontal Half Three

Os níveis do pontal Half Three (Grupo Península Fildes, Formação Half Three Point de Shen Yanbin, 1994) afloram na margem do Estreito de Bransfield. Nesta localidade foi obtida uma idade Rb-Sr (rocha total) de 71,3 Ma, correspondente ao limite Campaniano Maastrichtiano (WANG YINXI; SHEN YANBIN, 1994).

O conteúdo palinológico estudado por Cao Liu (1994) mostra uma assembleia dominada por esporos de fungos e pteridófitas, com representantes das famílias Gleicheniaceae, Cyatheaceae, Dicksoniaceae, Lygodiaceae, Osmundaceae e Polypodiaceae. Também faz parte da palinoflora grãos de pólen de Podocarpaceae, Araucariaceae, Gnetaceae e angiospermas primitivas. Na macroflora domina *Nothofagus* e algumas angiospermas primitivas, podocarpáceas, e pteridófitas subrepresentadas em relação ao visto na microflora (ZHOU ZHIYAN; LI HAOMIN, 1994).

3.2.1.2 Baía Skua (ou pontal Winkle)

Nesta assembleia, a flora é apenas conhecida a partir dos macrofósseis. Uma idade de 57,7 Ma foi obtida nas lavas que recobrem os níveis fossilíferos (SOLIANI JR. et al., 1988), sugerindo uma deposição ocorrida entre o final do Cretáceo e o Paleoceno.

Na tafoflora as pteridófitas dominam, com morfologias similares àquelas que, em camadas mesozóicas, seriam associadas ao gênero *Coniopteris* sp. (TREVISAN, 2011). Rohn et al. (1994, não publicado) associaram estas formas inicialmente a *Phyllocladus*, dado o aspecto coriáceo e a similaridade com as folhas (filocladus) destas coníferas podocarpáceas. Rohn et al. (1994, não publicado) ainda propuseram a presença de formas duvidosas de *Osmunda* sp., e Dutra (1997a), de *Culcita* sp., para a associação. Estão acompanhadas de raras coníferas podocarpáceas e angiospermas representadas por morfotipos sapindofílicos, cinamomofílicos, laurofílicos e platanofílicos (DUTRA, 1997a). A presença de *Nothofagus*, comum em outras assembléias da ilha, é aqui bastante rara (RÖSLER et al., 1985).

3.2.1.3 Pontal Price

Localizado um pouco mais a norte da baía Skua, mas ainda na margem da Península Fildes voltada para o Drake, o pontal Price apresenta um conjunto de litologias e de fósseis muito similar àquele visto para o pontal Half Three e parece conter, igualmente, níveis correspondentes ao final do Cretáceo.

A deficiente preservação dos macrorrestos fez com que fossem tentadas análises palinológicas do material associado aos níveis de carvão (*charcoal* e *coal*) aflorantes. Estas análises também mostraram associações similares às aquelas identificadas para o pontal Half Three, permitindo a proposta de que este local se insira entre os que expõem níveis da Formação Half Three Point (SHEN YANBIN, 1994).

Quatro distintos níveis foram amostrados e evidenciaram a presença dominante das pteridófitas, com formas de *Leiotriletes*, *Cyathidites*, *Cyatheidites* (Cyatheaceae/Dicksoniaceae), *Osmundacites*, *Baculatisporites* (Osmundaceae), *Klukisporites*, *Verrucosisporites* e *Laevigatosporites*, o último associado às Schizeaceae (DUTRA et al., 1996). A presença de *Klukisporites* confirma a idade pré-Cenozóica e sustenta o caráter mais antigo da deposição em relação à da baía Skua e Morro dos Fósseis, as outras duas áreas fossilíferas na Península Fildes. *Kuklisporites* está presente em muitas floras de idade cretácica da Península Antártica (CAO LIU, 1994; DUTRA; BATTEN, 2000; CÉSARI et al., 2001).

Os poucos macrorrestos presentes foram abordados preliminarmente por Czajkowski e Rösler (1986) e Rohn et al. (1994, não publicado) e evidenciam a presença equilibrada entre filicales, coníferas e angiospermas, estas mais uma vez representadas por formas primitivas, com tipos laurofílicos, protofílicos, mirtofílicos, e *Nothofagus* aff. *cretacea* Zastawniak, 1994, forma inicialmente identificada para níveis do monte Zamek, na baía Admiralty.

3.2.1.4 Baía Rocky (ex pontal Suffield ou bacia-dos-tanques)

Entre as localidades atribuídas ao Cenozóico basal, a baía Rocky chama a atenção pela maior concentração de restos de pteridófitas (representadas apenas por segmentos de pinas isoladas). Uma idade de 44 Ma (Eoceno Médio) foi obtida numa área próxima (pontal Suffield) por Pankhurst e Smellie (1983) e é aqui apenas utilizada para balizar a deposição, embora tenha tido bom suporte nas informações provenientes da tafoflora.

Na macroflora dominam as coníferas podocarpáceas (60%), seguidas de angiospermas (25%), representadas por *Nothofagus* sp. e morfotipos sapindofílicos, laurofílicos e platanofílicos, além de pteridófitas (15%) das famílias Cyatheaceae/Lophosoriaceae, Dicksoniaceae e Osmundaceae. Na microflora dominam os esporos de pteridófitas (Cyatheaceae e Polypodiaceae), seguidos de angiospermas e gimnospermas (Podocarpaceae e Cupressaceae), além de algas e fungos (TORRES, 1990; DUTRA et al., 1996, DUTRA, 1997a).

3.2.1.5 Morro dos Fósseis (ou Fossil Hill)

A sucessão do Morro dos Fósseis é uma das mais conhecidas entre as áreas da Península Antártica e ilha King George, pela abundância de restos de flora identificados desde os primeiros trabalhos realizados na ilha. A semelhança composicional das tafofloras com as identificadas para a Formação La Meseta, na sub-bacia James Ross (DUSÉN, 1908; MARENSSI et al., 1998), e os dados absolutos de idade obtidos por Pankhurst e Smellie (1983), de 58-59 Ma, e por Li Zhaonai et al. (1989), de 52 Ma, permitiram incluir os estratos na Formação Fossil Hill (SHEN YANBIN, 1994), com idades entre o final do Paleoceno, ou mais provavelmente, Eoceno basal, como mais tarde proposto por Hunt e Poole (2003) e Dutra (2004).

Dentre os macrofósseis há o domínio das angiospermas (54%), seguidas de gimnospermas coníferas e cicadáceas (37%) e pteridófitas (7%, com Cyatheaceae dominante). As análises palinológicas mostraram, também, o domínio das angiospermas e, entre as filicales, a presença de elementos tipicamente antárticos e que apóiam as idades absolutas propostas. Estão presentes representantes de Cyatheaceae (*Cyathidites minor*, *C. patagonicus* e *C. australis*), Lophosoriaceae (*C. annulatus*), Schizeaceae (*Lygodioisporites*), Dicksoniaceae (*Trilites tuberculiformis*, *T. parvalatus*), Polypodicae (*Tuberculatosporites parvus*, *Polypodiisporites* sp.) e Gleicheniaceae (*Concavisporites* sp. e *Gleicheniidites circinidite*) (LYRA, 1986; PALMA-HEDT, 1987; TORRES, 1990; TORRES; MÉON, 1990; 1993).

4 ÁREA DE ESTUDO

A ilha Nelson (Figura 6 e 7), com cerca de 200 km² de área, compõe uma das ilhas Shetland do Sul. Localiza-se a sul da ilha King George, sendo dela separada por uma pequena entrada de mar (400 m), o estreito Fildes. Junto com as outras ilhas do arquipélago das Shetland, foi isolada da parte continental da península (Terra de Graham) pelo Estreito de Bransfield, com cerca de 110 km de largura (Birkenmajer, 1983).

A ilha é formada por rochas vulcânicas, sendo 90% de sua área hoje coberta pelo gelo (DUTRA, 2001). Um levantamento prévio realizado mostrou que os fósseis estão restritos, até o momento, ao seu setor norte, junto ao estreito Fildes (FONTOURA et al., 1988; DUTRA et al., 1998). Estudos anteriores indicam que a sucessão inicia com brechas junto ao nível do mar, onde ocorrem ramos e lenhos carbonizados, seguidas de níveis de tufos cinza escuros, com restos de

pteridófitas (nível inferior), restritos exclusivamente a pinas e pínulas de *Coniopteris* sp. (TREVISAN, 2011). Superiormente, e após um setor encoberto que lateralmente permite avaliar sua composição em conglomerados e brechas, dominam as lavas andesíticas, com apenas uma intercalação restrita de tufitos cinza-amarronados onde foram identificadas impressões de folhas, mostrando formas relacionadas a *Nothofagus*, angiospermas primitivas e algumas pteridófitas (Figura 8).



Figura 7. Mapa da ilha Nelson, evidenciando a localização do afloramento do pontal Rip, também conhecido como Rip Point (a partir de Trevisan, 2011).

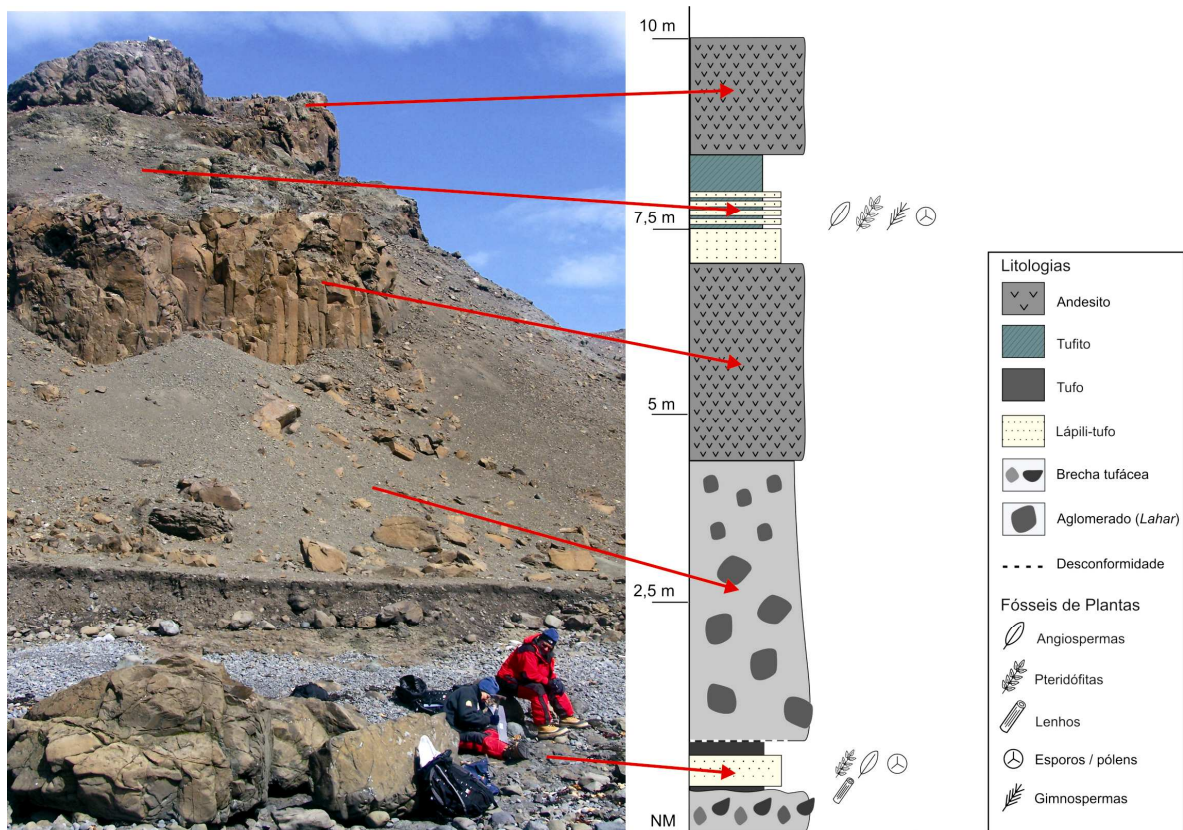


Figura 8. Vista geral do afloramento do pontal Rip (esquerda), ilha Nelson, e perfil litológico da sucessão localizando os dois níveis com restos de plantas (modificado de Trevisan, 2011).

5 OBJETIVOS

- Caracterizar taxonomicamente a macroflora fóssil da porção superior da sucessão vulcânica do afloramento do pontal Rip, situado ao norte da ilha Nelson, Península Antártica;
- Comparar a macroflora identificada com as das ilhas adjacentes e bacias austrais próximas, de modo a contribuir para o estabelecimento da idade do conjunto e sua coerência com os dados de idade isotópicas previamente propostos;
- Identificar elementos da microflora associada, a fim de confirmar a ocorrência de grupos apontados na macroflora e auxiliar na datação relativa do depósito;
- Inferir as condições paleoambientais na área de estudo no momento da deposição do nível estudado.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Material de estudo

O material de estudo do presente trabalho provém de um nível de tufos que compõem a camada fossilífera superior do perfil do afloramento do pontal Rip. A coleta foi realizada durante duas expedições do PROANTAR, nos anos de 1989 e 2007.

No conjunto, um total de 109 fragmentos, preservados como impressões de parte e/ou contraparte de plantas, foram registrados e analisados. Destes, apenas 45 permitiram a proposição de afinidades taxonômicas.

As amostras estão depositadas no Laboratório de História da Vida de da Terra (LaViGaea), seção Antártica, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS (Av. Unisinos, 950, CEP 93022-000, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil), sob a sigla ANTF 34.

6.2 Preparação das amostras

Os microfósseis foram limpos e as impressões foliares foram observadas em microscópio estereoscópico Olympus, tendo sido desenhadas com auxílio de câmara clara. A seguir, foram medidos com o auxílio de um paquímetro de precisão. Os desenhos foram digitalizados e redesenhados com o uso do programa Corel Draw. Por fim, as amostras foram fotografadas com câmera digital.

O material referente a coníferas e pteridófitas foi comparado com aqueles já descritos para a área e com formas modernas de exsiccatas do herbário do Instituto Anchietao (IAC-PACA) e do herbário-folheário do LaViGaea, ambos da UNISINOS. Sua inserção taxonômica foi baseada, respectivamente, em Eckenwalder (2009) e Smith et al. (2006).

Devido ao caráter incompleto das amostras, optou-se por analisar as angiospermas segundo sua morfologia, como originalmente proposto por Spicer (1986) e Crabtree (1987), para amostras do Cretáceo. Nesta abordagem, as impressões são tratadas por grupos morfológicos, dada sua pouca capacidade de comparação com as floras modernas, em geral, e seu caráter desconectado da planta mãe. O arranjo dos tipos foliares nesse sistema é independente de sua afinidade a um gênero, família, ordem ou subclasse, fornecendo apenas uma ferramenta capaz de propiciar a comparação entre o material fóssil, com aquele de outras comunidades fósseis ou modernas. O estabelecimento dos grupos morfológicos foi baseado

naqueles propostos recentemente por Iglesias et al. (2007) que trabalhou com flora cretácica da Bacia Austral, Argentina (Formação Mata Amarilla) e segundo os parâmetros descritivos do *Manual of Leaf Architecture* (ELLIS et al., 2009). A sistemática botânica foi baseada em Stewart e Rothwell (1993).

Independente dos procedimentos adotados, os morfotipos foram comparados com elementos presentes na flora atual e no registro fóssil das bacias próximas da América do Sul e Australásia.

Os palinomorfos foram processados segundo a metodologia usual para este tipo de fóssil (eliminação dos carbonatos e silicatos, seguidos de oxidação), resumida em Jones e Rowe (1999), nos laboratórios de palinologia da UFRGS e da UNISINOS, utilizando, para isto, as mesmas amostras de onde provinham os macrofósseis. As lâminas foram analisadas e, posteriormente, fotografadas em aumento de 400 vezes. Este material é aqui abordado apenas de modo amplo e na busca de elementos que possam auxiliar na obtenção de idades mais precisas (dados cronológicos) e na avaliação da diversidade da tafoflora.

Finalmente, fragmentos da mesma rocha foram utilizados para a confecção de lâmina petrográfica, realizada em laboratório na Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM, escritório de Porto Alegre, buscando ampliar as informações de caráter petrográfico.

7 RESULTADOS

7.1 Análise petrográfica das amostras dos níveis fossilíferos

A análise mais detalhada dos níveis com plantas mostram a profunda influência dos processos vulcânicos sobre a preservação e uma deposição proximal ao *necks* vulcânico.

Os níveis da base, quando analisados em secções petrográficas, demonstraram um aspecto em geral maciço e pouca compactação (TREVISAN, 2011). Entre seus componentes, dominam os grãos líticos, com cristais acessórios, que sugerem processos explosivos (FISHER; SCHMINCKE, 1984).

O nível de topo, cuja flora é aqui abordada, evidenciou uma composição distinta com tufos retrabalhados em meio subaquoso. A presença de testas de foraminíferos entre os grãos (Figura 9), representando cerca de 20% da composição da lâmina, sugere que este processo tenha ocorrido sob a influência de águas marinhas. A análise petrográfica mostrou cores escuras, cinza esverdeadas, e aspecto geral homogêneo. A matriz é de tamanho cinza, com grãos de diâmetro entre 2 mm a 1/16 mm representando mais de 80% da composição e

incluindo vidro devitrificado. Subordinadamente ocorrem fragmentos de cristal (cristaloclastos) compostos por quartzo e feldspatos.

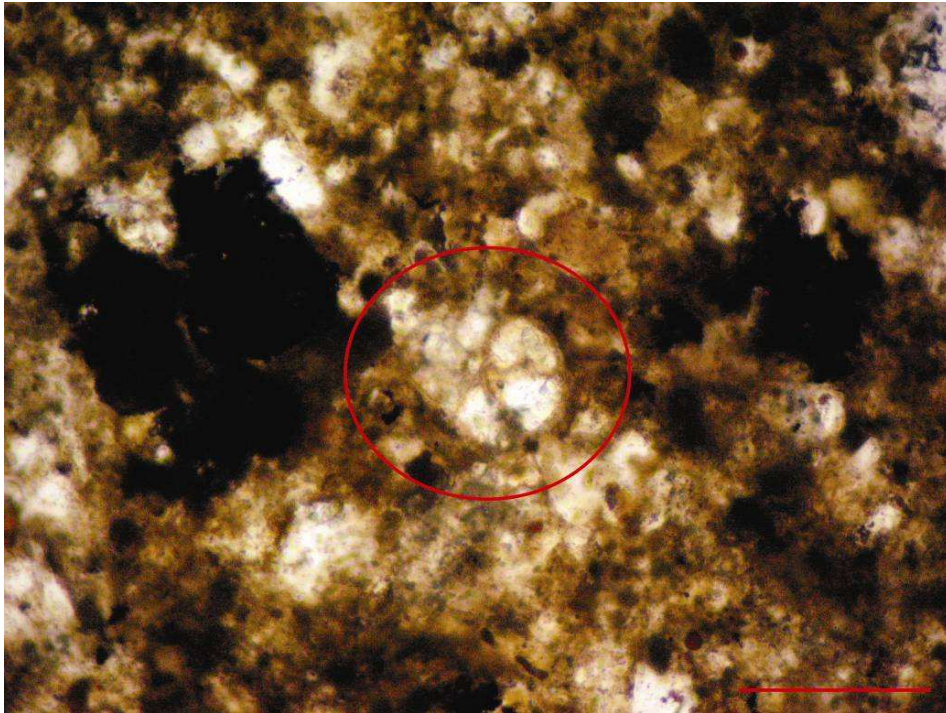


Figura 9. Aspecto geral da amostra laminada (aumento de 25x, técnica de luz natural). O material escuro refere-se a minerais opacos e os grãos claros a fragmentos de cristais imersos em matriz tamanho pó. Na porção central da amostra (circulo vermelho) observa-se a presença de uma testa de foraminífero. Escala = 2 mm.

7.2 Análise da flora fóssil e conclusão

Os resultados e a conclusão são tratados no manuscrito anexo, submetido à Revista Brasileira de Paleontologia.

8 REFERÊNCIAS

ADIE, R. J. Stratigraphic correlation in West Antarctica. In: ADIE, R. J. (ed.). **ANTARCTIC GEOLOGY, PROCEEDINGS OF THE FIRST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTARCTIC GEOLOGY**, 1964. p. 307-313.

ANELLI, L. E. et al. Early Miocene bivalves from the Cape Melville Formation, King George Island, Antarctica. **Alcheringa**, v. 30, n. 1, p. 111-132, 2006.

ASHWORTH, A. C.; CANTRILL, D. J. Neogene vegetation of the Meyer Desert Formation (Sirius Group) Transantarctic Mountains, Antarctica. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 213, p. 65-82, 2004.

ASKIN, R. A. Jurassic-Cretaceous palynology of Byers Peninsula, Livingston Island, Antarctica. **Antarctic Journal of the United States**, v. 16, n. 5, p. 11-13, 1981.

_____. Tithonian (Uppermost Jurassic) - Barremian (Lower Cretaceous) spores, pollen and microplankton from the South Shetland Islands, Antarctica. In: OLIVER, R. L.; JAMES, P. R.; JAGO, J. B. (eds.). **Antarctic Earth Sciences**, p. 295-297, 1983.

_____. The palynological record across the Cretaceous/Tertiary transition on Seymour Island, Antarctica. In: FELDMANN, R. M.; WOODBURN, M. O. (eds.). **Geology and Paleontology of Seymour Island**. Colorado: Memoir of The Geological Society of America, 1988. v. 169, p. 155-162.

_____. Campanian to Paleocene spore and pollen assemblages of Seymour Island, Antarctica. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 65, p. 105-113, 1990.

_____. et al. Stratigraphy and paleontology of Campanian and Eocene sediments, Cockburn Island, Antarctic Peninsula. **Journal South American Earth Sciences**, v. 4, p. 99-117, 1991.

BALDONI, A. M. Características generales de la megafloora, especialmente de la especie *Ptilophyllum antarcticum*, en el Jurásico Superior- Cretácico Inferior de la Antártida y Patagonia, Argentina. **Boletim do Instituto de Geociências, USP, Série Científica**, v. 17, p. 77-87, 1986.

_____. Nuevas descripciones palinológicas en la zona de Collon Cura (Terciario Inferior) Provincia de Neuquén Argentina. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 4, 1987, Bolivia. **Anais**, v. 1, p. 399-414, 1987a.

_____. Estudios Palinológicos de la Zona de Collon Cura, Provincia del Neuquén, sobre elementos del Terciario Inferior y redepositados del Cretácico Inferior. **Revista Española de Micropaleontología**, v. 19, n. 3, p. 367-411, 1987b.

BARALE, G. et al. Triassic floras from Williams Point, Livingston Island (South Shetland Island, Northern Antarctica). **Compte Rendue de la Academie des Sciences**, v. 319, n. 2, p. 141-147, 1994.

BARKER, P. F. Scotia Sea regional tectonics evolution: implications for mantle flow and palaeocirculation. **Earth Science Reviews**, v. 55, p. 1-39, 2001.

_____; BURRELL, J. The opening of Drake Passage. **Marine Geology**, v. 25, p. 15-34, 1977.

BARNES, R. P.; RIDING, J. B. Angular unconformity between the López de Bertodano and La Meseta Formations (Campanian-Maastrichtian and Eocene), Cockburn Island, northern Antarctic Peninsula. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 7, n. 1, p. 35-44, 1994.

BARTON, C. M. The Geology of South Shetland Islands. III. The stratigraphy of King George Island. **Scientific Reports of the British Antarctic Survey**, v. 44, n. 1, p. 33. 1965.

BELL, C. M. The geology of Southern Alexander Island. **British Antarctic Survey Bulletin**, v. 33-34, p. 1-16, 1973.

BERRY, E. W. Some paleontological results of the Swedish South Polar Expedition under Nordenskiöld. **Science**, p. 656-661, 1913.

BIBBY, J. S. The geology of Ezcurra Inlet and Point Thomas, Admiralty Bay, King George Island, South Shetland. **Falkland Island Department Survey, Preliminary Geological Report**, v. 8, p. 1-10, 1961.

_____. The stratigraphy of part of north-east Ghaham Land and James Ross Island Group. **Browse Surface Science Reports**, v. 53, p. 1-37. 1966.

BIRKENMAJER, K. Lithostratigraphy of the Point Hennequin Group (Miocene volcanics and sediments) at King George Islands, Antarctica. **Studia Geologica Polonica**, v. 72, p. 59-73, 1981.

_____. Late Cenozoic phases of block-faulting on King George Island (South Shetland Islands, West Antarctica). **Studia Geologica Polonica**, v. 74, p. 175-179, 1983.

_____. Tertiary glacial and interglacial deposits (South Shetland Islands, Antarctica: Geochronology versus Biostratigraphy (A Progress Report). **Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences**, v. 36, n. 2, p. 33-145, 1988.

_____. Mesozoic and Cenozoic stratigraphic units in parts of the South Shetland Islands and northern Antarctic Peninsula (as used by the Polish Antarctic Programmes). **Studia Geologica Polonica**, v. 118, p. 5-188, 2001.

_____; ZASTAWNIAK, E. Late Cretaceous-Early Tertiary floras of King George Island, West Antarctic: their stratigraphic distribution and palaeoclimatic significance. In: CRAME, J.A. (ed.). **Origins and Evolution of the Antarctic Biota**. London: The Geological Society Special Publication, 1989. v. 47, p. 227-240.

_____ et al. Geochemistry and origin of the tertiary island-arc calc-alkaline volcanic suite at Admiralty bay, King George Island (South Shetland Islands, Antarctica). **Studia Geologica Polonica**, v. 72, p. 7-58, 1981.

BOARDMAN, D.; DUTRA, T. D. Upper Paleocene?-Lower Eocene fossils related to Araucariaceae from King George Island, Antarctic Peninsula. In: INTERNATIONAL ORGANIZATION OF PALEOBOTANICAL CONFERENCE, 7, 2005, Bariloche. **Abstracts**, p. 86.

BOHOYO, F. et al. Development of deep extensional basins associated with the sinistral transcurrent fault zone of the Scotia-Antarctic plate boundary, In: COOPER, A. K.; RAYMOND, C. R. et al. (eds.). **ANTARCTICA: A KEYSTONE IN A CHANGING WORLD**, Online Proceedings Of The 10th Isaes X, USGS Open-File Report 2007-1047. **Extended Abstract**, 042, 4 p.

BOSE, M. N.; TAYLOR, E. L.; TAYLOR, T. N. Gondwana Floras of India and Antarctica. A survey and appraisal. In: TAYLOR, T. N.; TAYLOR, E. L. (eds.). **Antarctic Paleobiology**. Springer Verlag: New York, 1990. p. 118-148.

BROWN, B.; GAINA, C.; DIETMAR, R. M. Circum-Antarctic palaeobathymetry: Illustrated examples from Cenozoic to recent times. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 231, p. 158-168, 2006.

BUTTERWORTH, P. J.; MACDONALD, D. I. M. Basin shallowing from the Mesozoic Fossil Bluff Group of Alexander Island and its regional tectonic significance. In: Thomson, M. R. A.; Crame, J. A.; Thomson, J.W. (eds.). **Geological Evolution of Antarctic**. Cambridge University Press, Proceedings of the V INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTARCTIC EARTH SCIENCES, Robinson College, Cambridge, p. 449- 454. 1991.

CANTRILL, D. J. A petrified cycad trunk from the Late Cretaceous of the Larsen Basin, Antarctica. **Alcheringa**, v. 24, p. 307-318, 2000.

_____; NICHOLS, G. J. Taxonomy and paleoecology of Early Cretaceous (Late Albian) angiosperm leaves from Alexander Island, Antarctica. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 92, p. 1-28, 1996.

_____; TOSOLINI, A. M. P.; FRANCIS, J. E. Paleocene flora from Seymour Island, Antarctica: revision of Dusén's (1908) pteridophyte and conifer taxa. **Alcheringa**, v. 35, p. 309-328, 2011.

CAO LIU. Late Cretaceous palynoflora in King George Island of Antarctic, with references to its paleoclimatic significance. In: Shen Yanbin (ed.). **Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctic**. Monograph Science Press: Beijing, p. 51-83, 1994.

CASE, J. A. Paleogene Floras from Seymour Island, Antarctic Peninsula. In: Feldmann, R.; Woodburne, M. O. **Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula**. GSA Memoir, v. 169, p. 489-498, 1988.

CÉSARI, S.; PARICA, C.; REMESAL, M.; SALANI, F. Paleoflora del Cretácico Inferior de la península Byers, islas Shetland del Sur, Antártida. **Ameghiniana**, v. 36, n. 1, p. 3-22, 1999.

_____; MARENSSI, S. A.; SANTILLANA, S. N. Conifers from the Upper Cretaceous of Cape Lamb, Vega Island, Antarctica. **Cretaceous Research**, v. 22, p. 309-319, 2001.

CHAPMAN, J. L.; SMELLIE, J. L. Cretaceous fossil wood and palynomorphs from Williams Point, Livingston Island, Antarctic Peninsula. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 74, p. 163-192, 1992.

CRABTREE, D. R. Angiosperms of the Northern Rocky Mountains: Albian to Campanian (Cretaceous) megafossil floras. **Annals of Missouri Botanical Garden**, v. 74, p. 707-747. 1987.

CRAME, J. A. Late Cretaceous palaeoenvironments and biotas: An Antarctic Perspective. **Antarctic Science**, v. 4, p. 371- 382, 1992.

_____. **Report of activities at the British Antarctic Survey**. Cambridge, U.K. SAMC News: Rio de Janeiro, v. 3, p. 24, 1995.

_____ et al. Campanian-Maastrichtian (Cretaceous) stratigraphy of the James Ross Island area, Antarctica. **Journal of the Geological Society of London**, v. 148, p. 1125-1140, 1991.

CRANWELL, L. M. Senonian dinoflagellates and microspores from Snow Hill and Seymour Island, Eastern Antarctica. In: ANNUAL MEETING ARIZONA ACADEMY OF SCIENCE, 10. **Journal of the Arizona Academy of Science**, The University of Arizona: USA, 1966. v. 4, n. 2, p. 136.

CUNNINGHAM, W. D. et al. Southernmost South America-Antarctic Peninsula relative plate motions since 84 Ma: Implications for the tectonic evolution of the Scotia Arc region. **Journal of Geophysical Research**, v. 100, n. B5, p. 8257-8266, 1995.

CZAJKOWSKI, S.; RÖSLER O. Plantas fósseis da Península Fildes, ilha King George (Shetland do Sul): Morfografia das impressões foliares. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 58, p. 99-100, 1986.

DEL VALLE, R. A.; RINALDI, C. A. Structural features of the north-eastern sector of the Antarctic Peninsula. In: SEGUNDAS JORNADAS DE COMUNICACIONES SOBRE INVESTIGACIONES ANTÁRTICAS, 1993, Buenos Aires. **Resumos**, Buenos Aires: Instituto Antártico Argentino, 1993. p. 261-267.

_____; ELLIOT, D. H.; MACDONALD, D. I. M. Sedimentary basins on the east flank of the Antarctic Peninsula: proposed nomenclature. **Antarctic Science**, v. 4, n. 4, p. 477-478, 1992.

DINGLE, R. V.; LAVELLE, M. Antarctic Peninsula cryosphere: early Oligocene (c. 30 Ma) initiation and a revised glacial chronology. **Journal Geological Society London**, v. 155, p. 433-437, 1998.

DITCHFIELD, P. W.; MARSHALL, J. D.; PIRRIE, D. High latitude palaeotemperature variation: New data from the Tithonian to Eocene of James Ross Island, Antarctica. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 107, p. 79-101, 1994.

DOKTOR, M. et al. Argentine-Polish geological investigations on Seymour (Marambio) Island, Antarctica. **Polish Polar Research**, v. 9, n. 4, p. 521-541, 1988.

_____ et al. A plant-and-Fish assemblage from the Eocene La Meseta Formation of Seymour Island (Antarctic Peninsula) and its environmental implications. **Palaeontologia Polonica**, v. 55, p. 127-146, 1996.

DOUBLEDAY, P. A.; TRANTER, T. H. Deformation mechanism paths for oceanic rocks during subduction and accretion: the Mesozoic forearc of Alexander Island, Antarctica. **Geological Society of London, Journal**, v. 151, p. 543-554, 1994.

DUANE, A. Preliminary palynological investigation of the Byers Group (Late Jurassic-Early Cretaceous), Livingston Island, Antarctic Peninsula. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 84, p. 113-120, 1994.

DUSÉN, P. Über die tertiäre flora der Seymour-Insel. **Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition, 1901-1903**, v. 3, n. 3, p. 1-27, 1908.

DUTRA, T. L. **Composição e História da Vegetação do Cretáceo e Terciário da Ilha Rei George, Península Antártica**. 1997. 488 f. Tese (Doutorado em Geociências) -- Curso de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, RS, 1997a.

_____ *Nothofagus* leaf architecture, an old design to a new Gondwana: the use of the modern subtropical and temperate foliar character of the genus in paleoecology. In: PROGRAMS AND ABSTRACTS OF THE SOUTHERN CONNECTION CONGRESS, 2, 1997, Valdivia. **Resumos**, Valdivia, Chile, 1997b. p. 189.

_____ Paleoflora da ilha 25 de Mayo, Península Antártica: contribuição à paleogeografia, paleoclima e para a evolução de *Nothofagus*. **Asociación Paleontology Argentina, Publicación Especial**, v. 8, p. 29-37, 2001.

_____ Paleofloras da Antártica e sua relação com os eventos tectônicos e paleoclimáticos nas altas latitudes do sul. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 3, p. 401-410, 2004.

_____; BATTEN, D. J. Upper Cretaceous floras of King George Island, West Antarctica, and their palaeoenvironmental and phytogeographic implications. **Cretaceous Research**, v. 21, p. 181-209, 2000.

_____; JASPER, A. Paleontologia da Antártica. In: Carvalho, I. (org.). **Paleontologia**. 3 ed. Interciência: Rio de Janeiro, v. 1, p. 537-572, 2010.

_____; HANSEN, M. A. F.; FLECK, A. **New evidences of wet and mild climates in Northern Antarctic Peninsula at the end of Cretaceous.** In: 3rd. Annual Conference of IGCP Project 381, p. 10-13, 1998.

_____; et al. A non marine Upper Cretaceous interval in West Antártica (King George Island, Northern Antarctic Peninsula). **South American Mesozoic Correlations –IGUS- 381 Project News**, v. 5, p. 21-22, 1996.

ECKENWALDER, J. E. **Conifers of the world: the complete reference.** Portland: Timber Press, 720 p., 2009.

ELLIOT, D. H. The James Ross Basin, northern Antarctic Peninsula. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 5, 1988, Chile. **Resúmenes**, Chile, 1988. v. 39, p. 226.

_____. Triassic-Early Cretaceous evolution of Antarctica. In: Thomson, M. R. A.; Crame, J. A.; Thomson, J. W. **Geological Evolution of Antarctic.** Cambridge University Press, Cambridge. Proceedings Of The V International Symposium On Antarctic Earth Sciences, Robinson College, Cambridge, p. 541-547, 1991.

_____; TRAUTMAN, T. A. **Lower Tertiary strata on Seymour Island, Antarctic Peninsula.** In: CRADDOCK, C. (ed.). **ANTARCTIC GEOSCIENCE - SYMPOSIUM ON ANTARCTIC GEOLOGY AND GEOPHYSICS**, 1977. Wisconsin, USA, University of Wisconsin Press, Madison, International Union of Geological Sciences, v. 4, p. 287-297, 1982.

_____; MARENSSI, S. A.; ASKIN, R. A. Submarine canyon-like deposits of Tertiary age on Seymour Island, Antarctic Peninsula, Antarctica. In: ANNUAL MEETING OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. **Abstract**, A -466, Session 177, 1993.

ELLIS, B. et al. **Manual of Leaf Architecture.** New York: Cornell University Press, 190 p., 2009.

FISCH, F. **Taxonomia e contexto geológico da tafolfora da ilha Dufayel, ilha King George, Península Antártica.** 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) -- Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, São Leopoldo, RS, 2009.

FISHER, R.V., SCHMINCKE, H. U. **Pyroclastic Rocks.** Berlin: Springer-Verlag, 472 p., 1984.

FONTES, D.; DUTRA, T. L. Palogene imbricate-leaved podocarps from King George Island (Antarctica): assessing the geological context and botanical affinities. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 13, n. 3, p. 189-204, 2010.

FONTOURA, M. A.; [FENSTERSEIFER, H. C.](#); TROIAN, F. L. Geology and Petrography of intrusive bodies of Stansbury Peninsula, Nelson Island, South Shetland Islands, Antarctica. **Serie Científica INACH**, v. 38, p. 45-58, 1988.

FLEMING, F.; ASKIN, R. A. An Early Tertiary coal bed on Seymour Island, Antarctic Peninsula. **Antarctic Journal of the United States**, v. 17, p. 5-67, 1982.

FRANCIS, J. E. et al. 100 Million Years of Antarctic Climate Evolution: Evidence from Fossil Plants. In: COOPER, A. K. et al. (eds.) **Antarctica: A Keystone in a Changing World.** Proceedings of the 10th International Symposium on Antarctic Earth Sciences, Santa Barbara, California, p. 19-27. 2007.

FUENZALIDA, H.; ARAYA, R.; HERVÉ, F. Middle-Jurassic flora from north-eastern Snow Island, South Shetland Islands. In: Adie, R. J. (ed.). **ANTARCTIC GEOLOGY AND GEOPHYSICS - SYMPOSIUM ON ANTARCTIC GEOLOGY AND SOLID EARTH GEOPHYSICS**, 1970. Oslo, Universitetsforlaget, p. 93-97, 1972.

GANDOLFO, M. A. et al. Una flor fósil morfológicamente afin a las Grossulariaceae (Orden Rosales) de la Formación La Meseta (Eoceno Médio), isla Marambio, Antártida. In: CASADÍO, S. (ed.). **Paleógeno de América del Sur y de la Península Antártica**. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial, v. 5, p. 147-154, 1998a.

_____; MARENSSI, S. A.; SANTILLANA, S. N. Flora y paleoclima de la Formación La Meseta (Eoceno medio), isla Marambio (Seymour), Antártida. In: CASADÍO, S. (ed.). **Paleógeno de América del Sur y de la Península Antártica**. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial, v. 5, p. 155-162, 1998b.

GASPARINI, Z.; OLIVERO, E. B.; SRCINAASSLOD, I. R. C. A. Un ankylosauro (Reptilia, Omithischia) campaniano en el continente antartico. In: CONGRESO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, 1987, Rio de Janeiro. **Anais**, Rio de Janeiro, 1987. v. 1, p. 131-144.

_____; DE LA FUENTE, M.; DONADIO, O. Los reptiles cenozóicos de la Argentina: implicancias paleoambientales y evolución biogeográfica. In: CONGRESSO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA, 4, 1996, Mendoza. **Actas**, Mendoza, 1996. p. 119-130.

GHIDELLA, M. E.; LAWVER, L. A.; GAHAGAN, L. M. La ruptura de Gondwana y la apertura del Atlántico sur: revisión de modelos de tectónica de placas. In: SIMPOSIO ARGENTINO Y LATINOAMERICANO SOBRE INVESTIGACIONES ANTÁRTICAS, 6, 2007, Buenos Aires. **Resúmen Expandido**, Buenos Aires, 2007. 5 p.

GOIN, F. J.; CARLINI, A. A. An Early Tertiary Microbiotheriid Marsupial from Antarctica. **Journal of Vertebrate Paleontology**, v. 15, n. 1, p. 205-207, 1995.

GONZÁLEZ-FERRÁN, O. Volcanic and tectonic evolution of the Northern Antarctic Peninsula - Late Cenozoic to recent. **Tectonophysics**, v. 114, n. 1-4, p. 389-409, 1985.

HAMBREY, M. J.; SMELLIE, J. L. Distribution, lithofacies and environmental context of Neogeneglacial sequences on James Ross and Vega islands, Antarctic Peninsula. In: FRANCIS, J.; PIRRIE, D.; CRANE, P. (eds.). **Cretaceous-Tertiary High-Latitude Palaeoenvironments: James Ross Basin, Antarctica**. Geological Society Special Publication, 258, p. 187-200, 2006.

HAQ, B. U.; HARDENBOL, J.; VAIL, P. R. The new chronostratigraphy basis for Cenozoic and Mesozoic sea level changes. In: ROSS, C.A.; HAMAN, C. (eds). **Timing and Depositional History of eustatic sequences: Constraints on seismic stratigraphy**. Cushing's Support & Research Foundation, Special Publications, v. 24, p. 7-13, 1987.

HATHWAY, B. Nonmarine sedimentation in an Early Cretaceous extensional continental-margin arc, Byers Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands. **Journal of Sedimentary Research**, v. 67, p. 686-697, 1997.

_____. Continental rift to back-arc basin: Jurassic-Cretaceous stratigraphical and structural evolution of the Larsen basin, Antarctic Peninsula. **Journal of the Geological Society London**, v. 157, p. 417-432, 2000.

HAWKES, D. D. The Geology of the South Shetland Islands. I. The petrology of the King George Island. **Falkland Island Departament Survey, Science Reports**, v. 26, p. 1-28, 1961.

HERNANDEZ, P.; AZCARÁTE, V. Estudio paleobotánico preliminar sobre restos de una tafoflora de la Peninsula Byers (Cerro Negro), Isla Livingston, Islas Shetland del Sur, Antártida. **Serie Científica del Instituto Antártico Chileno**, v. 2, n. 1, p. 15-20, 1971.

- HERVÉ, F. et al. New Rb-Sr age data from the Scotia Metamorphic Complex of Clarence Island, West Antarctica. **Zentralblatt für Geologie und Paläontologie**, v. 1, n. 1-2, p. 119-126, 1990.
- HILL, R. S. The history of selected Australian taxa. In: HILL, R.S. (ed.). **Australian Vegetation History: Cretaceous to Recent**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 390-420, 1994.
- HUNT, R.; POOLE, I. Paleogene West Antarctic climate and vegetation history in light of new data from King George Island. **Geological Society of America Special Paper**, n. 369, p. 395-412, 2003.
- HUNTER, M. A. et al. Mid-Jurassic age for the Botany Bay Group: implications for Weddell Sea Basin creation and southern hemisphere biostratigraphy. **Journal of the Geological Society**, v. 162, n. 5, p. 745-748, 2006.
- IGLESIAS, A. et al. Diversity, taphonomy and palaeoecology of an angiosperm flora from the Cretaceous (Cenomanian–Coniacian) in Southern Patagonia, Argentina. **Paleontology**, v. 50, n. 2, p. 445-466, 2007.
- JADWISZCZAK, P. Eocene penguins of Seymour Island, Antarctica: Taxonomy. **Polish Polar Research**, v. 27, n. 1, p. 3-62, 2006.
- JAMIESON, S. S. R.; SUGDEN, D.E. Landscape Evolution of Antarctica. In: COOPER, A. K. et al. (eds.). **Antarctica: A Keystone in a Changing World**. Proceedings of the 10th International Symposium on Antarctic Earth Sciences. Washington, DC, The National Academies Press, p. 39-54, 2008.
- JEFFERS, J.D.; ANDERSON, J.B.; LAWVER, L.A. Evolution of the Bransfield Basin, Antarctic Peninsula. In: THOMSON, R.A.; Crame, J.A.; THOMSON, J.W. **Geological Evolution of Antarctic**. Cambridge University Press, Cambridge (Proceedings of the V International Symposium on Antarctic Earth Sciences, Robinson College, Cambridge, 1987), p. 481-486, 1991.
- JOKAT, W. et al. Timing and geometry of early Gondwana breakup. **Journal of Geophysical Research**, v. 108, n. B9, p. 24-28, 2003.
- JONES, T. P.; ROWE, N. P. **Fossil plants and spores: Modern techniques**. London: The Geological Society, p. 71-75, 1999.
- KELCH, D. G. The phylogeny of the Podocarpaceae based on morphological evidence. **Sistematic Botany**, v. 22, p. 113-131, 1997.
- KELM, U.; HERVÉ, F. Ilite crystallinity of metapelites from the Trinity Peninsula Group, Lesser Antarctica: some implications from provenance and metamorphism. **Serie Científica del Instituto Antártico Chileno**, v. 44, p. 9-16, 1994.
- LAWVER, L. A.; GAHAGAN, L. M. Evolution of Cenozoic seaways in the circum-Antarctic region. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 198, p. 11-37, 2003.
- _____; SCHLATER, J. G.; MEINKE, L. Mesozoic and Cenozoic reconstructions of the South Atlantic. **Tectonophysics**, v. 114, p. 233-254, 1985.
- LEPPE, M. et al. Paleobotany of Livingston Island: the first report of a Cretaceous fossil flora from Hannah Point. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTARCTIC EARTH SCIENCES, 10. U.S. Geological Survey and the National Academies, **Short Research Paper**, p. 1-4, 2007.

LI ZHONAI et al. Tertiary volcanism and formation of volcanic rocks in the Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica. In: GUO KUN et al. (eds.). PROC. INTER. SYM. ANTAR. RES. Beijing: China Ocean Press, p. 114-118, 1989.

LYRA, C. Palinologia dos sedimentos terciários da Península Fildes, ilha Rei George (Ilhas Shetland do Sul, Antártica) e algumas considerações paleoambientais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 58, p. 137-147, 1986.

MACELLARI, C.E. Stratigraphy, sedimentology and paleoecology of Late Cretaceous/Paleocene shelf-deltaic sediments of Seymour Island. In: FELDMANN, R.M.; WOODBURNE, M.O. (eds.). **Geology and Paleontology of Seymour Island**. Memoir of The Geological Society of America, v. 169, p. 25-53, 1988.

MACDONALD, D. I. M. et al. A preliminary assessment of the hydrocarbon potencial of the Larsen Basin, Antarctica. **Marine and Petroleum Geology**, v. 5, p. 34-53, 1988.

MARENSSI, S. A. **Sedimentología y paleoambientes de sedimentación de la Formación La Meseta, isla Marambio, Antártida**. Tesis (Doctorado), Universidad de Buenos Aires, tomo I: 330 p., tomo II: 172 p. 1995.

_____; SANTILLANA, S. N.; RINALDI, C. A. Paleoambientes Sedimentarios de la Aloformación La Meseta (Eoceno), Isla Marambio (Seymour), Antártida. **Instituto Antártico Argentino**, Contribución, v. 464, 51 p., 1998.

MAYER, L. M.; BARROCAS, S. Contribuição ao conhecimento das tafofloras lenhosas terciárias da Ilha Seymour (Norte da Península Antártica), no contexto estratigráfico e paleoclimático. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 12, 1991, São Paulo. **Boletim de Resumos** São Paulo: USP, 1991. p. 95.

MCLOUGHLIN, S.; LINDSTRÖM, S.; DRINNAN, A. Gondwanan floristic and sedimentological trends during the Permian-Triassic transition: new evidence from the Amery group, northern Prince Charles Mountains, East Antarctica. **Antarctic Science**, v. 9, n. 3, p. 281-298, 1997.

MONCRIEFF, A. C. M.; KELLY, S. R. A. Lithostratigraphy of the uppermost Fossil Bluff Group (Early Cretaceous) of Alexander Island, Antarctica: History of the Albian regression. **Cretaceous Research**, v. 14, n. 1-15, 1993.

MONTES, M. et al. Secuencias de relleno del valle incidido en la Fm. Cross Valley, Paleoceno Superior de la isla Marambio (Mar de Weddell, Antártida). In: SIMPOSIO ARGENTINO Y LATINOAMERICANO SOBRE INVESTIGACIONES ANTÁRTICAS, 6, 2007, Buenos Aires. **Actas**, Resumen expandido, Buenos Aires, 2007. 5 p.

NORIEGA, J.; TAMBUSI, C. A late Cretaceous Presbyornithidae (Aves Anseriformes) from Vega Island, Antarctic Peninsula: paleobiogeographic implications. **Ameghiniana**, v. 32, p. 57-61, 1995.

OLIVERO, E. B. Molluscan Cretaceous biostratigraphy of the James Ross Basin (Antarctica) and the Austral Basin of Terra del Fuego (Argentina). In: INAUGURAL MEETING OF IGCP PROJECT 381 (South Atlantic Mesozoic Correlations), 1995, Brazil. **Extended abstracts**, Brazil, 1995. p. 5.

_____; PALAMARCZUK, S. Dinoflagelados y Amonites del Cretácico Superior de Cabo Lamb, Isla Vega, Antártida. **Paleobotánica Latinoamericana**, v. 9, n. 1, p. 37, 1990.

_____, AGUIRRE-URRETA, M. B. Simbiontes de cangrejos ermitanos en el Cretácico de Antártida: Asociaciones y control ambiental. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA Y BIOSTRATIGRAFIA, 6, 1994, Trelew. **Resúmenes**, Trelew, Chubut, 1994a. p. 64.

_____; AGUIRRE-URRETA, M. B. New tube-builder hydractinian, symbiotic with hermit crabs, from the Cretaceous of Antarctica. The Paleontological Society. **Journal of Paleontology**, v. 68, n. 6, p. 1169-1182, 1994b.

ORLANDO, H. A. The Fossil Flora of the surroundings of Ardley Peninsula (Ardley Island), 25 de Mayo Island (King George Island), South Shetland Islands. In: ADIE, R. J. (ed.). Antarctic Geology. Proceedings of the First International Symposium on Antarctic Geology, Cape Town, 1963. **Amsterdam, North Holland Publ. Co.**, p. 629-636. 1964.

_____. A new Triassic Flora from Livingston Island, South Shetland Islands. **Bulletin of The British Antarctic Survey**, v. 16, p. 1-13, 1968.

_____. Las floras fosiles de Antartida occidental y suas relaciones estratigraficas. **Instituto Antártico Argentino**, v. 140, p. 2-12, 1971.

PALMA-HELDT, S. Estudio palinológico en el Terciario de las Islas Rey Jorge y Brabante, Territorio Insular Antártico. **Série Científica del Instituto Antártico Chileno**, v. 36, p. 56-71, 1987.

PANKHURST, R. J. Rb-Sr geochronology of Graham Land, Antarctica. **Jornal of the Geological Society**, v. 139, p. 701-711, 1982a.

PANKHURST, R. J. Sr-isotope and trace element geochemistry of Cenozoic Volcanic Rocks from the Scotia Arc and the Northern Antarctic Peninsula. In: CRADDOCK, C., **Antarctic Geosciences**, p. 229-234, 1982b.

_____; SMELLIE, J. K-Ar Geochronology of the South Shetland Islands, Lesser Antarctica: apparent lateral migration of Jurassic to Quaternary island arc volcanism. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 66, p. 214-222, 1983.

PÁRICA, C. A.; REMESAL, M. B. Y.; SALINI, F. Vulcanitas de punta Alfíler, extremo oriental de la isla Livingston, isla Shetland del Sur. Antártida. In: SIMPOSIO ARGENTINO Y LATINO AMERICANO SOBRE INVESTIGACIONES ANTÁRTICAS, 6, 2007, Buenos Aires. **Actas**, resúmen expandido, Buenos Aires, 2007. 6 p.

PHILIPPE, M. et al. First study of in situ fossil woods from the Upper Cretaceous of Livingston Island, South Shetland Islands, Antarctica: palaeoecological investigations. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, v. 317, n. 2, p. 103-108, 1993.

_____ et al. President Head, Snow Island, South Shetland Island, a key-point for Antarctic Mesozoic Paleobotany. **Compte Rendus de l'Academie des Sciences**, v. 32, n. 11, p. 105-106, 1995.

_____ et al. Biogeographic analysis of Jurassic-Early Cretaceous wood assemblages from Gondwana. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 129, p. 141-173, 2004.

PIRRIE, D.; CRAME, J. A.; RIDING, J. B.. Late Cretaceous stratigraphy and sedimentology of Cape Lamb, Vega Island, Antarctica. **Cretaceous Research**, v. 12, p. 227-258, 1991a.

_____; WHITHAM, A. G.; INESON, J. R. The role of tectonics and eustasy in the evolution of a marginal basin: Cretaceous-Tertiary Larsen basin, Antarctica. In: MACDONALD, D. I. M. (ed.). **Sedimentation, Tectonics and Eustasy**. IAS Special Publishing, v. 12, p. 293- 305, 1991b.

PLAYFORD, G. Proterozoic and Paleozoic palynology of Antarctica: a review. In: Taylor, T. N.; TAYLOR, E. L., (eds.). **Antarctic Paleobiology, its role in the reconstruction of Gondwana**. Springer-Verlag, p. 51-70, 1990.

POLE, M. An Eocene macroflora from the Taratu Formation at Livingstone, North Otago, New Zealand. **Australian Journal of Botany**, v. 42, p. 341-367, 1994.

POOLE, I.; FRANCIS, J. E. The first record of fossil atherospermataceous wood from the upper Cretaceous of Antarctica. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 107, p. 97-107, 1999.

_____; CANTRILL, D. J. Fossil woods from Williams Points Beds, Livingston Island, Antarctica: A Late Cretaceous Southern high latitude flora. **Palaeontology**, v. 44, p. 1081-1112, 2001.

QUAGLIO, F. et al. Invertebrates from the Low Head Member (Polonez Cove Formation, Oligocene) at Vauréal Peak, King George Island, West Antarctica. **Antarctic Science**, v. 20, n. 2, p. 149-168, 2008.

RILEY, T. R.; LEAT, P. T. Large volume silicic volcanism along the proto- Pacific margin of Gondwana: Lithological and stratigraphical investigations from the Antarctic Peninsula. **Geological Magazine**, v. 36, p. 1-16, 1999.

RINALDI, C. et al. Geología de la Isla Vicecomodoro Marambio. **Contribuciones del Instituto Antártico Argentino**, v. 217, p. 1-37, 1978.

RÖSLER, O.; FENSTERSEIFER, H.; CZAJKOWSKI, S. Ocorrência de plantas fósseis de idade terciária em rochas vulcanoclásticas na escarpa ocidental da Península Fildes, Ilha Rei George, Antártica. **Paleobotânica Latinoamericana**, v. 7, n. 1, p. 8, 1985.

ROMERO, E. J. Paleoeología y paleofitogeografía de las tafofloras del Cenofítico de Argentina y áreas vecinas. **Ameghiniana**, v. 15, n. 1-2, p. 209-227, 1978.

ROMERO, E. J. Paleogene Phytogeography and Climatology of South América. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 73, n. 2, p. 449-461, 1986.

ROHN, R.; RÖSLER, O.; CIGUEL, J. H. G. Megafósseis vegetais do Terciário Inferior coletados durante a Operação Antártica V (Península Fildes, ilha Rei George). Localidades III e IV: Pontal Winkel e Pontal Price (relatório não publicado), 1994a.

SADLER, P. M. Geometry and stratification of uppermost Cretaceous and Paleogene units on Seymour Island, northern Antarctic Peninsula. In: FELDMANN, R.M.; WOODBURN, M.O. (eds.). **Geology and Paleontology of Seymour Islands, Antarctic Peninsula**. Memoir of the Geological Society of America, v. 169, p. 303-320, 1988.

SANTILLANA, S. Y.; MARENSSI, S. Descripción e interpretación de las discordancias paleocenas de la isla Marambio, Antártida. In: JORNADAS SOBRE INVESTIGACIONES ANTÁRTICAS, 5, 1997, Buenos Aires. **Actas**, Buenos Aires, 1997. p. 262-266.

_____, et al. Secuencias estratigráficas de la Fm. Sobral. Paleoceno de la isla Marambio (Mar de Wendell, Antártida). In: SIMPOSIO ARGENTINO Y LATINOAMERICANO SOBRE INVESTIGACIONES ANTÁRTICAS, 6, 2007, Buenos Aires. **Actas**, Resumen Expandido, Buenos Aires, 2007. 5 p.

SEWARD, A. C. Antarctic Fossil Plants. Brit. Antarct. Terra Nova Expedition, 1910. British Museum (Natural History), London, **Natural History Report Geology**, v. 1, n., p. 1-49, 1914.

SCASSO, R. A.; OLIVERO, E. B.; BUATOIS, L. A. Lithofacies, biofacies, and ichnoassemblage evolution of a shallow volcanoclastic fan-shelf depositional system (Upper Cretaceous, James Ross Island, Antarctica). **Journal of the South American Earth Sciences**, v. 4, n. 3, p. 239-260, 1991.

SHEN YANBIN. Subdivision and correlation of Cretaceous to Paleogene volcanosedimentary sequence from Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica. In: SHEN YANBIN (ed.). **Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctic**. Beijing: Monograph Science Press, v. 3, p. 1-36, 1994.

SMELLIE, J.L. et al. The geology of the South Shetland Islands: VI. Stratigraphy, geochemistry and evolution. **British Antarctic Survey Scientific Reports**, v. 87, p. 1-85, 1984.

SMITH, G. A. Coarse-grained nonmarine volcanoclastic sediment: Terminology and depositional process. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 97, p. 1-10, 1986.

SMITH, A. R. et al. A classification of extant ferns. **Taxon**, v. 3, p. 705-731, 2006.

SOLIANI JR., E. et al. K-Ar Ages of the Winkel Point Formation (Fildes Peninsula Group) and Associated Intrusions, King George Island, South Shetland Islands, Antarctica. **Série Científica Instituto Antártico Chileno**, v. 38, p. 133-139, 1988.

SOLIANI JR., E; BONHOMME, M. G. New evidence for Cenozoic resetting of K-Ar ages in volcanic rocks of the northern portion of the Admiralty bay, King George Island, Antarctica. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 7, n. 1, p. 85-94, 1994.

SPECHT, R.L.; DETTMANN, M.E. & JARZEN, D.M. 1992. Community associations and structure in the Late Cretaceous vegetation of southeast Australasia and Antarctica. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 94, p. 283-309.

SPICER, R. A. Computerized paleobotanical data bases: the way forward? In: SPICER, R.A.; THOMAS, B.A. (eds.). **Systematic and Taxonomic Approaches in Paleobotany**. Oxford: Clarendon Press, p. 283-296, 1986.

STEPHENS, R. S. et al. A new Eocene conifer flora from Seymour Island, Antarctica. **Geophysical Research Abstracts**, vol. 7, 2005.

_____ et al. Early Eocene Palaeoenvironments. In: Antarctica: Evidence From Fossil Conifers Of Seymour Island. Philadelphia Annual Meeting. **Geological Society of America Abstracts with Programs**, v. 38, n. 7, p. 201, 2006.

STEWART, W. N.; ROTHWELL, G. W. **Paleobotany and the evolution of plants**. 2. ed. Cambridge University Press: Cambridge, 535 p., 1993.

STOREY, B. C.; GARRETT, S. W. Crustal growth of the Antarctic Peninsula by accretion, magmatism and extension. **Geological Magazine**, v. 122, p. 5-14, 1985.

TAMBUSSI, C. P. et al. Ratite bird from the Paleogene La Meseta Formation, Seymour Island, Antarctica. **Polish Polar Research**, v. 15, n. 1-2, p. 15-20, 1994.

TAYLOR, T. N.; TAYLOR, E. L. **Antarctic paleobiology: its role in the reconstruction of Gondwana**. New York: Springer-Verlag, 350 p., 1990.

TORRES, G. T. **Etude paleobotanique du tertiaire de les Isles Roi George et Seymour, Antarctique**. These (Doctorat.), Laboratoire de Paléobotanique et Evolution de Végétaux, L'Université Claude Bernard, LYON. 290 p., 1990.

_____; MEON, H. Estudio palinológico preliminar de Cerro Fósil, Península Fildes, Isla Rey Jorge, Antártica. **Série Científica del Instituto Antártico Chileno**, v. 40, p. 21-39, 1990.

_____; _____. *Lophosoria* del Terciario de isla Rey Jorge y Chile Central: origen y dispersión em el hemisfério Sur. **Série Científica del Instituto Antártico Chileno**, v. 43, p. 17–30, 1993.

_____; MARENSSI, S.; SANTILLANA, S. Fossil wood of Seymour Island, La Meseta Formation, Antartica. **Série Científica del Instituto Antártico Chileno**, v. 44, p. 35-38, 1994.

_____ et al. New discoveries of plant fossils in Snow Island. **Boletín Antártico Chileno**, v. 14, n. 1, p. 25-28, 1995.

TOKARSKI, A. K. The Late Cretaceous-Cenozoic structural history of King George Island, South Shetland Islands, and its plate-tectonic setting. In: THOMSON, M. R. A.; CRAME, J.A.; THOMSON, J.W. **Geological Evolution of Antarctica**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 493-498, 1991.

TREVISAN, C. **Fósseis de pteridófitas das ilhas King George e Nelson: afinidade taxonômica e importância no contexto deposicional e do clima nas áreas setentrionais da Península Antártica**. 2011. 44 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) -- Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, São Leopoldo, RS.

TRUSWELL, E. M. Cretaceous and Tertiary Vegetation of Antarctica: A palynological perspective. In: TAYLOR, T.N.; TAYLOR, E.L. (eds.). **Antarctic Paleobiology, its role in the reconstruction of Gondwana**. Springer-Verlag, p. 71-88, 1990.

_____. Antarctica: a history of terrestrial vegetation. In: TINGEY, R. J., (ed.). **The Geology of Antarctica**. Oxford University Press, p. 499-537, 1991a.

_____. Data report: palynology of sediments from Leg 119 drill sites in Prydz Bay, East Antarctica. In: MAZZULLO, E. K.; STEWART, N. J., (eds.). College Station, Texas A and M University. **Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results**, v. 119, p. 941-945, 1991b.

WANG YINXI; SHEN YANBIN. Rb-Sr isotopic dating and trace element, REE geochemistry of Late Cretaceous volcanic rocks from King George Island, Antarctica. In: SHEN YANBIN (ed.). **Stratigraphy and palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica**. China: Monograph Science Press, v. 3; p. 109-131, 1994.

WEAVER, S. D. et al. Antarctica-New Zealand rifting and Marie Byrd Land lithospheric magmatism linked to ridge subduction and mantle plume activity. **Geology**, v. 22, p. 811-814, 1994.

WEISSEL, J. K.; HAYES, D. E.; HERRON, E. M. Plate tectonics synthesis: The developments between Australia, New Zealand and Antarctica since the Late Cretaceous. **Marine Geology**, v. 25, p. 231-277, 1977.

WRENN, J. H.; HART, G. F. Paleogene dinoflagellate cyst biostratigraphy of Seymour Island, Antarctica. In: FELDMANN, R. M.; WOODBURNE, M. O. (eds.). **Geology and Paleontology of Seymour Island**. Memoir of The Geological Society of America, v. 169, p. 321-447, 1988.

WOODBURNE, M. O.; ZINSMEISTER, W. J. The first land mammal from Antarctica and its biogeographic implications. **Journal of Paleontology**, v. 58, n. 4, p. 913-948, 1984.

ZAMALOA, M. C.; ROMERO, J. E. E.; STINCO, L. Polen y esporas fósiles de la Formación La Meseta (Eoceno Superior-Oligoceno) de la Isla Marambio (Seymour), Antartica. In: SIMPÓSIO ARGENTINO DE PALEOBOTÂNICA E PALINOLOGIA, 7, 1987, Buenos Aires. **Actas**, Buenos Aires, 1987. p. 199-203.

ZASTAWNIAK, E. Tertiary leaf flora from the Point Hennequin Group of King George Island (South Shetland Island, Antarctica); Preliminary Report. **Studia Geologica Polonica**, v. 72, p. 97-108, 1981.

_____. Upper Cretaceous leaf flora from the Blaszyk moraine (Zamek Formation), King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica. **Acta Paleobotanica**, v. 34, p. 119-163, 1994.

ZINSMEISTER, W. J. Review of Upper Cretaceous-Lower Tertiary sequence on Seymour Island, Antarctica. **Journal of the Geological Society London**, v. 139, p. 779-786, 1982.

ZHOU ZHIYAN; LI HAOMIN. Some Late Cretaceous plants from King George Island, Antarctica. In: SHEN YANBIN (ed.). **Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctic**. Beijing: Monograph Science Press, v. 3, p. 91-105, 1994.

ANEXO 1

NOVA FLORA DO CRETÁCEO SUPERIOR PARA O PONTAL RIP, ILHA NELSON,
PENÍNSULA ANTÁRTICA

Bibiana Liguori Bastos

Tânia Lindner Dutra

Thiêrs Porfírio Wilberger

Cristine Trevisan

(Manuscrito submetido à Revista Brasileira de Paleontologia)

NOVA FLORA DO CRETÁCEO SUPERIOR PARA O PONTAL RIP, ILHA NELSON, PENÍNSULA ANTÁRTICA

BIBIANA LIGUORI BASTOS, TÂNIA LINDNER DUTRA, THIÈRS PORFÍRIO WILBERGER, CRISTINE
TREVISAN

Programa de Pós Graduação em Geologia, PPGeo. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Unisinos. Av.
Unisinos, 950, Bairro Cristo Rei, CEP 93.022-000, São Leopoldo, RS, Brasil. *bibiana.biologia@gmail.com*,
tdutra@unisinos.br, *thiersw@gmail.com*, *cristrevisan@hotmail.com*

RESUMO – Fósseis de plantas identificados em uma sucessão vulcânica exposta no norte da ilha Nelson são caracterizados em sua composição taxonômica. A associação macroflorística mostra restos fragmentários de angiospermas com morfotipos que permitem inferir a dominância de formas relacionadas à *Nothofagus*, associadas a prováveis Lauraceae, Anacardiaceae e Melastomataceae, raras pteridófitas e coníferas. No entanto, na microflora, esporos de pteridófitas e grãos de pólen de gimnospermas são os principais componentes. Grãos de pólen *Nothofagidites* são também frequentes, acompanhados de outras angiospermas representadas por Proteaceae e Aquifoliaceae. Esta composição florística, e a presença de testas de foraminíferos, sugerem um crescimento da vegetação original em um ambiente próximo da costa, sob clima úmido e temperado, semelhante ao que hoje é encontrado na costa ocidental da América do Sul. O tamanho reduzido das folhas e o padrão simples de venação dos representantes de *Nothofagus*, além do conteúdo palinológico associado, indicam uma idade do final do Cretáceo para os níveis do pontal Rip, similar àquela proposta para algumas áreas vizinhas (pontais Half Three e Price, e Zamek Hill) na ilha King George.

Palavras-chave: Tafoflora, *Nothofagus*, ilha Nelson, Península Antártica, Cretáceo Superior.

ABSTRACT – NEW UPPER CRETACEOUS FLORA TO THE RIP POINT, NELSON ISLAND, ANTARCTIC PENINSULA. Plant fossils identified in a volcanic succession exposed in the northern sector of Nelson Island are characterized in its taxonomic composition. The macrofloristic assemblage show fragmentary remains of angiosperms which morphotypes allows inferring a dominance of *Nothofagus* related forms, associated to probable Lauraceae, Anacardiaceae and Melastomataceae related forms, and with few pteridophyta and conifers. Yet, in the microflora, spores of Pteridophyta and pollen grains of gimnosperms are the main

components. *Nothofagidites* grains are also frequent, accompanied by rare other angiosperms represented by Proteaceae and Aquifoliaceae. This floristic composition and the associated foraminifer remains suggests a growing of the original vegetation in a coastal environment, under wet and temperate climate, similar to that today found in the western coast of South America. The low size and the simple venation pattern of *Nothofagus* leaves and the associated palinological content indicate a Late Cretaceous age to the Rip Point level, similar to that proposed to some neighbor areas (Half Three and Proce points and Zamek Hill) of the King George Island.

Keywords: Taphoflora, *Nothofagus*, Nelson Island, Antarctic Peninsula, Upper Cretaceous.

INTRODUÇÃO

A atual posição geográfica da Antártica e as litologias identificadas nas áreas livres de gelo suportam sua ligação pretérita com outros continentes austrais, tanto em termos biológicos, como geológicos. Os fósseis de plantas constituem uma importante ferramenta neste aspecto e para a compreensão da moderna fitogeografia do Hemisfério Sul (Woodburne & Zinsmeister, 1984; Bose *et al.*, 1990), além de informar sobre a origem das floras, ou o momento de sua chegada às altas latitudes (Cantrill & Nichols, 1996).

A macro e microflora dos níveis superiores do afloramento do pontal Rip, na ilha Nelson, ilhas Shetland do Sul, é aqui discutida pelo caráter inédito de seu achado e pela presença de restos de plantas. O material paleobotânico provém de uma sucessão vulcânica exposta no norte da ilha, que é separada da ilha King George (KG) pelo estreito Fildes (Figura 1). A ocorrência de restos de plantas neste local havia sido apenas comunicada preliminarmente por Dutra *et al.* (1998), a partir do registro de impressões de folhas de angiospermas dos níveis superiores da exposição, em expedição ocorrida no verão de 1989. O retorno à área em 2007 permitiu a identificação de um nível mais inferior, com macrorrestos restritos a lenhos carbonizados e frondes de pteridófitas, também acompanhados de microflora (Trevisan, 2011).

Como parte das áreas ocidentais da Península Antártica, a ilha Nelson pode ter sido submetida aos mesmos processos de subducção que afetaram a península como um todo até

pelo menos o final do Cretáceo Médio, inserindo-a num contexto de antearco (Smellie, 1981; Zinmeister, 1988; Tokarski, 1991). Sua atual posição geográfica permite inferir, ainda, que foi também afetada pelos processos de formação de um arco de ilhas, ou de *hot spot*, que condicionou as áreas ocidentais a partir do Cretáceo, rejuvenescendo as litologias de sul para norte da península (Barker, 1982; Thomson, 1982; Pankhurst, 1982; Thomson *et al.*, 1983; Birkenmajer *et al.*, 1986; Elliot, 1988). Entre as ilhas Shetland do Sul, aquelas mais ao sul (Alexander, Adelaide e Livingston), têm depósitos distribuídos entre o Jurássico e Cretáceo Inferior (Butterworth *et al.*, 1988; Rees & Smellie, 1989; Cantrill & Nichols, 1996; Griffiths & Oglethorpe, 1998; Cantrill & Nagalingum, 2005; Leppe *et al.*, 2007), enquanto a ilha King George, ao norte, exhibe litologias e fósseis distribuídos entre o Cretáceo Superior e o Mioceno (Birkenmajer, 1980; Smellie *et al.*, 1984; Shen Yanbin, 1994).

Aspectos geológicos

A sucessão do pontal Rip, com cerca de 10 m de espessura, inicia ao nível do mar e é composta em sua maior parte por litologias vulcânicas predominantemente andesíticas (Fontoura *et al.*, 1988; Dutra *et al.* 1998; Trevisan, 2011). Lentes restritas de piroclásticas (tufos e lápili) e tufitos finos a grossos, de cores cinza escuro, ocorrem entre os derrames e concentram a macro e microflora (Figura 2). Brechas contendo clastos de basalto e andesito com arranjo caótico, e fragmentos queimados de lenho, formam a base da sucessão e são recobertas por tufos finos onde foram identificadas partes de frondes de pteridófitas do gênero *Coniopteris* sp. (Trevisan, 2011).

Nos níveis superiores, após um setor encoberto, mas que lateralmente permite avaliar sua composição conglomerática/aglomerática, segue-se uma intercalação restrita de tufitos cinza-amarronzados (Fontoura *et al.*, 1988; Dutra *et al.*, 1998), que forneceu as impressões de folhas que são aqui discutidas. O caráter alterado das litologias e as cores escuras dificultam a

visualização dos fósseis, algumas vezes somente possível pelo caráter brilhante (vítreo) dos minerais que recobrem as impressões.

Na sucessão próxima da ilha KG, esses tipos litológicos e a presença de níveis finos de carvão, foram considerados por algum tempo como os mais antigos na sucessão, e representativos do Jurássico Superior (Hawkes, 1961). Novos estudos geológicos e paleontológicos comprovaram a ausência de rochas desta idade na ilha, propondo uma idade no final do Cretáceo para estas litologias mais antigas (Birkenmajer, 1981; Smellie *et al.*, 1984; Shen Yanbin, 1994; Dutra, 1997a; Dutra & Batten, 2000).

Dados de idade obtidos no pontal Half Three, na costa sul de KG, acabaram por confirmar estas inferências, fornecendo valores entre 71-77 Ma (idades Rb-Sr), em basaltos cálcico-alcalinos que se sobrepõem a camadas de tufos com palinomorfos e alguns poucos restos de folhas carbonizadas (Li Zhaonai *et al.*, 1989; Cao Liu, 1994; Song Zichen & Cao Liu, 1994; Zhou Zhiyan & Li Haomin, 1994a). Idades comparáveis foram também obtidas em outros locais da ilha KG, como no Pontal Price (Dutra *et al.*, 1996), na Península Barton (Tokarski *et al.*, 1987), e em Zamek Hill e Stacek Cove, na baía Admiralty (Birkenmajer, 1980, 2001).

Em termos paleobotânicos, estes níveis contêm uma flora mais empobrecida, caracterizada pelo domínio de *Nothofagus*, pteridófitas e poucas coníferas, quando comparada àquelas mais jovens, do Paleoceno-Eoceno da ilha KG (Dutra, 2001, 2004).

MATERIAL E MÉTODOS

O material aqui estudado foi coletado durante as atividades do Programa Antártico Brasileiro e depositado no Laboratório de História da Vida de da Terra (LaViGæa), seção Antártica, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, sob a sigla ANTF 34.

Analisaram-se 109 amostras provenientes do nível superior da sucessão (Figura 2), das quais 45 mostraram fragmentos capazes de ser descritos em termos morfológicos. Os fósseis foram preparados, com a remoção do material superficial que os recobria, e desenhados, com o uso de microscópio estereoscópico Olympus e câmara clara acoplada. A seguir foram medidos com auxílio de paquímetro de precisão. Os desenhos foram digitalizados e redesenhados no programa Corel Draw 15 e as amostras fotografadas com câmera digital Canon EOS REBEL, 12 Mpx de resolução.

O material referente a coníferas e pteridófitas foi comparado com aqueles já descritos para o registro fóssil e com formas modernas de exsiccatas do herbário do Instituto Anchietano (IAC) e do herbário-folheário do LaViGæa, ambos da UNISINOS. Sua inserção taxonômica baseou-se, respectivamente, em Eckenwalder (2009) e Smith *et al.* (2006).

Para a descrição dos macrorrestos foliares de angiospermas adotou-se a nomenclatura de Hickey (1973, 1977) e a versão correspondente e atualizada do *Leaf Architecture Working Group (Manual of Leaf Architecture)* de Ellis *et al.* (2009). O caráter primitivo de grande parte das morfologias presentes e o estado muito fragmentário da preservação impediram o estabelecimento de afinidades taxonômicas mais precisas. Dessa forma, optou-se por analisar a flora segundo grupos morfológicos e parâmetros sugeridos para floras contendo angiospermas primitivas por Spicer (1986) e Crabtree (1987). Para a separação dos distintos morfotipos de angiospermas e seu agrupamento por afinidades, foram utilizados os grupos morfológicos propostos por Iglesias *et al.* (2007), que trabalharam com uma flora cretácica (Santoniano-Campaniano) da Formação Mata Amarilla, Bacia Austral, na Patagônia argentina. Estes autores salientaram a dificuldade de comparar taofloras deste período com seus análogos modernos, especialmente quando se tratam, como aqui, de impressões incompletas. A sistemática paleobotânica foi baseada em Stewart & Rothwell (1993) e os

grupos familiares de angiospermas modernas, quando necessário, foram incluídos nas categorias do *Angiosperm Phylogeny Group* (2009).

Os palinomorfos foram processados segundo a metodologia usual para este tipo de fóssil (eliminação dos carbonatos e silicatos, seguidos de oxidação), resumida em Jones & Rowe (1999), nos laboratórios de palinologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), utilizando para isto as mesmas amostras de onde provinham os macrofósseis. As lâminas obtidas foram fotografadas em aumento de 400 x e estão armazenadas no LaViGæa, sob a sigla ANTF 34, adicionadas da sigla P (palinomorfos), número 9528 (a-d). Este material é aqui abordado apenas de modo amplo e na busca de elementos que possam auxiliar na obtenção de idades mais precisas (dados cronológicos) e na avaliação dos aspectos tafonômicos e de diversidade da tafoflora.

Finalmente, uma das amostras contendo macrorrestos foi processada em laboratório da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM, buscando ampliar as informações de caráter petrográfico.

SISTEMÁTICA PALEOBOTÂNICA

Reino PLANTAE

Divisão TRACHEOPHYTA

Classe FILICOPSIDA

Ordem FILICALES

Família BLECHNACEAE Newman

cf. *Blechnum* sp.

(Figura 3A)

Material: impressão de pínula (ANTF 34 040).

Descrição: Parte de uma pínula de margem pregueada e irregularmente denticulada, com base decurrente. Veia média proeminente e veias laterais provavelmente acroscópicas, geralmente bifurcadas, ocasionalmente ramificadas.

Discussão: Estes caracteres aproximam a amostra ao gênero moderno *Blechnum* L., embora seu caráter incompleto previna maiores afinidades.

As Blechnaceae são hoje um grupo disperso, mas preferencialmente austral e distribuído na região paleotropical (Sehnen, 1968). O gênero *Blechnum* possui espécies espalhadas nas florestas temperadas da África, América do Sul e Australásia. Na Nova Zelândia, é o segundo gênero mais abundante, depois de *Hymenophyllum* (Brownsey & Smith-Dodsworth, 2000). No registro fóssil, formas relacionadas ao gênero são registradas desde o Jurássico na Austrália (Taylor *et al.*, 2009).

Na ilha KG, formas de Blechnaceae ocorrem entre os palinomorfos do Cretáceo Superior (Dutra *et al.*, 1996) e os microfósseis do Paleógeno (Troncoso, 1986). A pínula do pontal Rip se distingue dos últimos por não apresentar uma aurícula na base.

Em áreas da América do Sul, *Blechnum* foi reconhecido em níveis do Eoceno Inferior, do Rio Turbio, Chubut, Argentina (Baldoni *et al.*, 1985), onde se associa a *Nothofagus*, e na flora de Quinamavida, do Eoceno Inferior, no Chile (Troncoso, 1992). Entre os tipos previamente descritos, a forma chilena é a que compartilha o maior número de caracteres, por tratar-se igualmente de uma pínula com veia média bem destacada e laterais bifurcadas.

Família HYMENOPHYLLACEAE Link.

cf. *Hymenophyllum* sp.

(Figura 3B)

Material: impressão de pina (ANTF 34 042).

Descrição: Fragmentos de pina de ordem alta, de lâmina irregular e dividida em segmentos oblongos. Venação livre e divergente, com uma central para cada segmento ou pínula.

Discussão: Os poucos caracteres presentes aproximam a amostra aqui estudada dos representantes modernos do gênero *Hymenophyllum* Sm. O registro fóssil deste gênero é escasso, dada a natureza membranácea (*filmy*) de suas frondes e os caracteres compartilhados com outros grupos de pteridófitas, como por exemplo, com formas atribuídas a *Coniopteris* sp., da família Dicksoniaceae (Taylor *et al.*, 2009). De qualquer modo, não é possível descartar completamente uma afinidade destes restos com formas do gênero *Coniopteris*, dada a antiguidade sugerida para os níveis do pontal Rip, pela ocorrência conjunta na assembleia de esporos e grãos de pólen de formas indicativas do final do Cretáceo.

A presença, contudo, de esporos de Hymenophyllaceae no registro palinológico da área próxima do pontal Half Three, no sul da ilha KG (Cao Liu, 1994) fez com que uma associação preferencial com esta família fosse proposta. A ocorrência do esporo *Baculatisporites comaumensis* (Cookson) Potonié 1956, com afinidade com Osmundaceae/Hymenophyllaceae, em níveis do Cretáceo Superior (Formação Lopez de Bertodano), da ilha Humps, na Bacia de James Ross (Dolding, 1992), é mais um suporte a esta proposta de afinidade.

Classe GYMNOSPERMOPSIDA

Ordem CONIFERALES

Família CUPRESSACEAE Gray

Gênero *Papuacedrus* H.-L.Li.

cf. *Papuacedrus shenii* Zhou, 1994

(Figuras 3C-D)

Material: impressão de parte de um ramo (amostra ANTF 34 036).

Descrição: Fragmento de uma porção de ramo, provavelmente de caráter transicional, dado o contraste de tamanho entre as folhas laterais e faciais. O eixo é recoberto por duas folhas laterais alongadas (21 mm de comprimento e 5 mm de largura), de contornos levemente curvos, fundidas pela margem em uma cicatriz espessa, com ápices parcialmente preservados. Sua superfície é marcada por linhas finas e longitudinais, que parecem corresponder a múltiplas bandas de estômatos. Um canal resinífero proeminente percorre as folhas laterais, com orientação também paralela à margem. Na porção distal do par lateral é possível observar três folhas faciais pequenas (3 mm de comprimento e 2-1 mm de largura), de forma rombóide a ovada, com ápices acuminados e sem quilha aparente.

Discussão: Apesar da preservação muito parcial, os restos se inserem entre as características esperadas para ramos de coníferas associadas à Família Cupressaceae. Esta afinidade é sugerida pela presença de folhas aplainadas e dimórficas, de inserção decussada. Estas características, embora nem sempre presentes, associadas à ocorrência de canais resiníferos, caracterizam as formas modernas e fósseis relacionadas à família (Farjon, 2005; Eckenwalder, 2009).

A presença de folhas laterais maiores e bifaciais pequenas caracteriza o grupo E de Eckenwalder (2009), e é exclusiva dos gêneros modernos *Austrocedrus* Florin & Boutelje (endêmico do Chile), *Libocedrus* Endl. (exclusivo da Nova Zelândia e Nova Caledônia) e *Papuacedrus* H.-L.Li., endêmico de Papua-Nova Guiné. Destes, *Papuacedrus* se distingue pela presença de um canal resinífero proeminente e pela fusão apical das folhas laterais com as faciais (Wilf *et al.*, 2009). A separação genérica entre *Papuacedrus*, *Libocedrus* e *Austrocedrus* e suas diferentes espécies não é completamente aceita, dada a grande semelhança morfológica entre estas formas (Hill, 2001).

A presença de folhas decussadas, dimórficas, com as laterais alongadas e faciais reduzidas, ambas fusionadas e com cicatriz destacada, e a preservação de moldes do canal resinífero, atestam a afinidade aqui proposta com os representantes do gênero *Papuacedrus*.

Entre os tipos fósseis previamente descritos, o ramo aqui analisado mostra grande afinidade com *Papuacedrus shenii* Zhou, descrito por Zhou Zhiyan & Li Haomin (1994, Pl. 2:5-12; Pl. 3:4) para níveis eocênicos da Formação Fossil Hill, na ilha KG. Entre as impressões destes autores (embora as ilustrações sejam pouco informativas), é possível avaliar a grande identidade do tipo aqui descrito com os ramos jovens ou transicionais (os ramos adultos possuem folhas equidimensionais) no caráter alongado das folhas laterais e na presença de três folhas bifaciais que emergem de sua extremidade superior (soldadas?). Desta mesma localidade provêm ramos transicionais e apicais, acompanhados de folhas isoladas, que foram ilustrados por Dutra (1997a) e associados a *P. shenii* Zhou e à forma moderna *P. papuana* (F. Mueller) Li.

Impressões foliares de Cupressaceae também foram identificadas por Berry (1938) nos níveis do Eoceno do Rio Pichileufú (Formação Ventana), no sul da América. Os restos foram atribuídos a *Libocedrus prechilensis* e caracterizados pela presença de folhas laterais fusionadas e canais resiníferos bem marcados, como o aqui analisado. Wilf *et al.* (2009), trabalhando com níveis de mesma idade em Laguna Del Hunco, criticam a afinidade genérica proposta e sugerem sua inserção em *Papuacedrus*, baseados na disposição das folhas laterais e sua fusão quase completa, caráter único para este gênero entre as formas modernas. Para estes autores as formas de folha atribuídas a *Austrocedrus australis*, do Oligoceno da Tasmânia (Paull & Hill, 2008, fig. 8), deveriam ser também incluídas em *Papuacedrus*, pelo caráter fusionado das folhas laterais e sua base convexa.

Para níveis do Mioceno do Chile (Formação Navidad), Troncoso & Romero (1993) propõem uma afinidade para tipos muito similares com o gênero *Austrocedrus*, provavelmente por sua presença ainda hoje em áreas próximas daquele país.

Numa análise do registro de Cupressaceae para o Hemisfério Sul, Hill & Carpenter (1989) e Hill (2001) comentaram a dificuldade em distinguir suas diferentes formas entre os microfósseis e propuseram que seus tipos mais antigos datam do início do Cretáceo, diversificando-se ao longo do Cenozóico. Para os fósseis da Australásia, onde o registro mais antigo data do limite Eoceno-Oligoceno (*Papuacedrus australis*), propuseram uma maior relação com as formas que hoje crescem no Hemisfério Norte. *Papuacedrus* sp. ainda é descrito para o Mioceno Inferior de Otago, Nova Zelândia, com base em ramos vegetativos com cutículas preservadas e na fusão das folhas laterais (Pole, 2007).

Alvin (1982, Fig. 7) ilustrou a espécie *Cupressinocladus valdensis* (Seward) Seward, com folhas opostas decussadas similares às da forma aqui estudada. Originalmente figurada por Watson (1977), para o Cretáceo Inferior da Inglaterra, difere na ausência das folhas faciais. Para este autor, as características cuticulares aproximariam melhor os restos das Cheirolepidiaceae que das Cupressaceae.

Mao *et al.* (2012), ao apresentarem propostas filogenéticas para a família Cupressaceae, sugerem uma origem para o grupo no Triássico e que as relações entre as espécies e gêneros teriam se formado entre o final do Jurássico e Cretáceo, coincidentes com a quebra do Gondwana. Este processo, ocorrido há aproximadamente 153 Ma, teria resultado na separação entre as formas setentrionais (laurasianas) de Cupressoideae e das formas gondwânicas de Callitroidea.

O achado desta impressão, relacionada à *Papuacedrus* (hoje endêmico da Australásia), em áreas da península e em níveis de provável idade cretácica, faz dos restos aqui descritos, a

mais antiga evidência destas cupressáceas no registro e insere as áreas do norte da península como provável centro de origem e dispersão da secção Callitroidea.

Subdivisão ANGIOSPERMOPHYTINA

Classe Magnoliopsida

Como expresso anteriormente, os grupos de caracteres morfológicos e arquiteturais para folhas fragmentadas ou incompletas de angiospermas propostos por Iglesias *et al.* (2007) foram utilizados. Dos cinco grupos propostos, apenas folhas com morfologias comparáveis a três deles estão presentes nos níveis superiores do pontal Rip.

Angiosperma Grupo 1

Folhas ovadas a elípticas, margens inteiras, venação primária pinada, secundárias camptódromas ou broquidódromas (*sensu* Iglesias *et al.* 2007).

Morfotipo 1

(Figuras 4A-B)

Material: impressões incompletas de duas lâminas foliares, uma delas com parte e contraparte (ANTF 34 058a, 058b; ANTF 34 061).

Descrição: Fragmento da porção média de folha microfílica e alongada (comprimento máximo de 43 mm e 20 mm de largura), com margem inteira visível em poucos setores, de aspecto ondulado. Primária pinada (0,2 mm) de onde partem, pelo menos, três pares de secundárias alternas, de espaçamento irregular e com ângulos amplos de divergência (55°), formando alças broquidódromas principais, que dão lugar a outras menores e externas. Destas se originam veias finas (3ª. ordem?), que chegam até a margem. Intersecundárias presentes.

Venação de terceira ordem percorrente sinuosa, com ângulos obtusos em relação à primária e, de quarta e quinta ordem, poligonal reticulada. Areolação de cinco ou mais lados com ausência de FEVs.

Discussão: Esta fisionomia insere os restos dentro dos morfotipos laurofílicos (Dutra, 2004, fig. 6.2) ou magnoliofílicos de Crabtree (1987), passíveis de serem encontrados nas Laurales, Illiciales e Magnoliales.

Em termos de morfologia geral, estas impressões mostram grande afinidade com a espécie *Ficophyllum skuaensis* Dutra (Dutra & Batten, 2000, fig. 5A) descrita para os níveis do pontal Winkle, outra das localidades potencialmente correspondentes ao final do Cretáceo na península Fildes, ilha King George (Figura 1). A afinidade é atestada pela margem aparentemente inteira, venação secundária desorganizada e com ângulos amplos de divergência da primária, contendo alças externas e intersecundárias. A localização das camadas, não muito distantes da ilha Nelson, constitui um bom suporte a esta afinidade. Formas do mesmo gênero e com caracteres similares haviam sido descritos previamente para o Albiano da ilha Alexander, como *F. palustris* Cantrill (Cantrill & Nichols, 1996), mas estas são dotadas de dentes ou irregularidades marginais e não estão presentes as ramificações marginais das secundárias.

Fragmentos de folha com características similares foram descritos para os depósitos mais jovens da mesma ilha KG, na península Fildes (Morro dos Fósseis ou Fossil Hill) e Baía do Almirantado (Pontal Hennequin). Foram atribuídos por Zastawniak (1981), Birkenmajer (1985), Torres (1990), Li Haomin (1994, Fig. texto 5; Pl. 4:1-2) e Czajkowski & Rösler (1986), a *Rhoophyllum nordenskjoeldii* Dusén (1899), forma proveniente do Eoceno de Punta Arenas, Chile (Rio de las Minas).

Berry (1932; 1937) e Romero (1986), ao abordar a coleção de plantas do mesmo local e de Cañadon Hondo (Chubut, Argentina), identificaram mais formas atribuídas a *R.*

nordenskjoeldii e propuseram sua inclusão entre as Anacardiaceae, embora o primeiro autor chame a atenção para a falta de caracteres diagnósticos para tal. A afinidade familiar foi, no entanto mantida, pela presença da família em ambientes modernos da América do Sul.

Já a forma cretácica de Rio Guillermo, igualmente atribuída a *R. nordenskjoeldii* por Hünicken (1966, Pl. E: 25-26), é mais semelhante pelo caráter coriáceo, bordo liso e secundárias formando alças próximo à margem, com ângulos amplos de divergência.

Deste modo, questiona-se a associação dos tipos de margens lisas presentes nos depósitos das ilhas Nelson e KG ao gênero *Roophyllum* e à família Anacardiaceae. Entre os trabalhos prévios apenas Czajkowski & Rösler (1986, est. III, fig. 17-18), utilizando material da mesma sucessão de Fossil Hill, e Fisch (2009, fig. 20), trabalhando com material da ilha Dufayel, na baía do Almirantado, salientou esta dificuldade e manteve o caráter duvidoso da associação ao gênero e a família Anacardiaceae, hoje um grupo de afinidades tropicais e cujas raras formas temperadas se caracterizam pela presença de dentes marginais.

As preservações incompletas, especialmente a dúvida sobre os caracteres marginais impede, contudo, uma aproximação maior com tipos modernos.

Morfotipo 2

(Figuras 4C-D)

Material: parte e contraparte de uma folha isolada (ANTF 34 066a, 066b).

Descrição: Folha microfílica (32 mm de comprimento e 15 mm de largura na parte preservada), simétrica, base arredondada, com pecíolo espesso de base alargada (7 mm de comprimento e 1 mm de largura), margem inteira e ápice ausente. Primária pinada (0,5 mm de espessura), destacada e reta, com secundárias broquidrôdomas opostas, de ângulos amplos (70°) e espaçamento regular, formando alças externas junto ao bordo. Intersecundárias

presentes. Venação de terceira ordem percorrente de ângulo obtuso em relação à primária. Raros setores mostram venação de quarta ordem do tipo reticulada regular poligonal.

Discussão: Entre as formas previamente descritas para as áreas periantárticas não foram encontrados tipos de morfologia comparável. Contudo, folhas de arquitetura similar, atribuídos a morfotipos laurofílicos ou magnolídeos, são abundantes entre as impressões de folhas da ilha KG, tendo sido descritas tanto para níveis do Cretáceo, como do Paleógeno (Birkenmajer & Zastawniak, 1986, 1989; Dutra & Batten, 2000; Dutra, 2004).

Morfotipo 3

(Figuras 4E-F)

Material: impressão de folha isolada (amostra ANTF 34 097)

Descrição: Folha microfílica (30 mm de comprimento, 17 mm de largura), onde faltam o ápice e parte da base. Margem inteira parcialmente preservada. Primária pinada, destacada (1 mm de largura), de onde partem pelo menos quatro pares de secundárias broquidódromas, com um conjunto externo adicional de alças pouco visíveis, das quais parece emergir uma veia terciária que alcança a margem. As secundárias divergem da primária em ângulos amplos na base, reduzindo-se para o topo, mas mantendo-se ainda quase retos. Intersecundárias presentes, venação terciária fracamente preservada e percorrente.

Discussão: Este morfotipo compartilha um conjunto de caracteres na venação muito similares ao Morfotipo 1 aqui descrito, diferindo apenas no aspecto geral e no maior desenvolvimento da venação marginal, especialmente junto à base (a falta desta parte da folha no Morfotipo 1 impede o estabelecimento mais acurado destas relações).

Formas de arquitetura similar foram previamente descritas para níveis de provável idade cretácica da península Barton, na ilha KG, como *dicotyledoneus leaves of uncertain*

affinity por Tokarski *et al.* (1986, fig. 8-h). As secundárias com ângulos amplos de inserção e com alças broquidódromas externas destas formas são similares às aqui presentes.

Entre as famílias modernas de angiospermas, padrões de venação parecidos são encontrados em diferentes magnólideas (*e.g.* Lauraceae, Anacardiaceae, Salicaceae e Monimiaceae).

Entre as floras fósseis da América do Sul, assembleias do Paleoceno Superior e Eoceno Inferior do Chile Central (Quinamavida; Troncoso, 1992) e das bacias de Neuquén e Rio Negro, na Argentina (Pichileufú; Berry, 1938), mostram folhas com arquitetura similar aos morfotipos laurofílicos vistos acima. Porém, nestas, geralmente *Nothofagus* está ausente, o que sugere condições mais termofílicas para o clima.

Angiosperma Grupo 2

Folhas com três primárias ou duas secundárias basais bem desenvolvidas formando arcos convergentes em direção ao ápice. Venação acródroma (*sensu* Iglesias *et al.*, 2007).

Morfotipo 4

(Figuras 4G-H)

Material: impressão de folha (ANTF 34 001).

Descrição: Folha microfílica (44 mm de comprimento na porção preservada e 15 mm de largura), de margem lisa, onde falta o ápice e parte da base. Veia central de curso retilíneo e calibre destacado especialmente na base (1 mm de espessura), e duas laterais de menor calibre que se originam próximo a base da lâmina, superiormente formam dois arcos amplos que acompanham a margem e finalmente parecem convergir no ápice, num caráter acródomo de venação. A possibilidade alternativa de uma venação eucamptódroma é de difícil estabelecimento na ausência dos caracteres basais e apicais da lâmina, ou a avaliação da presença de uma conexão distal das veias laterais com a primária (vide Ellis *et al.*, 2009, pgs.

51, 57 e 64). Veias de menor calibre, opostas e percorrentes, divergem da central em ângulos retos e uniformes e aparentemente alcançam as laterais, formando alças que recobrem a lâmina em toda a sua extensão, e originam pregas ou saliências muito características. Um sistema de vênulas acompanha paralela e ortogonalmente o curso das veias principais. Veias intramarginais presentes e divergentes em ângulos retos do par lateral.

Discussão: A morfologia descrita se assemelha àquela atribuída a *Miconiophyllum australe*, forma identificada para os níveis do Eoceno da ilha Seymour, por Dusén (1908, plate I:14). Dusén (1908) atribuiu a designação genérica à semelhança dos tipos fósseis com a forma moderna *Miconia* Ruiz & Pav., uma Melastomataceae da América do Sul.

A comparação feita com as espécies atuais deste gênero confirma esta afinidade, especialmente pelo caráter inteiro das margens, o padrão aparentemente acródromo da venação de ordem mais alta, regularmente distribuída sobre a lâmina, e das ramificações de segunda ordem que formam saliências bem marcadas sobre a folha. Nas formas descritas por Dusén (1908), no entanto, as veias de menor calibre são mais numerosas e as intramarginais mostram ângulos agudos que sugerem a formação de alças externas. Dusén (1908) ainda indica uma possível relação com formas modernas de *Cinnamomum*, *Smilax* e *Dioscorea*, atualmente incluídas entre as Lauraceae e Liliaceae.

Impressões de características morfológicas comparáveis foram também descritas por Czajkowski & Roesler (1987, plate I, figs. 3 e 5) para os níveis de Fossil Hill na ilha KG e relacionadas à forma de Dusén (1908). A análise do material, preservado de modo mais completo mostra, no entanto, um padrão mais desorganizado nas veias de menor calibre (“inconstante”, segundo Czajkowski & Roesler, 1987, pg. 100) e cinco “nervuras longitudinais” ao invés das três presentes no material de Dusén (1908).

Zastawniak (*in* Birkenmajer & Zastawniak, 1989, figura 4-A e plate 5-A), trabalhando com material da mesma localidade, também descreve uma forma de venação acródroma

pentanervada, que considera distinto do de Czajkowski & Roesler (1987) e propõe sua inclusão em um novo táxon, *Dicotylophyllum duseni* Zastawniak. Comenta igualmente que a forma de Dusén (1908) seria muito incompleta para garantir a determinação de uma nova espécie e que o tipo de venação terciária não se relacionaria às Melastomataceae. Embora não aceito por Zastawniak (*in* Birkenmajer & Zastawniak, 1989), as cinco veias destacadas, a presença de intramarginais com alças externas e o caráter desorganizado da venação de ordem mais alta, são caracteres idênticos àqueles presentes nos exemplares descritos por Czajkowski & Rösler (1987).

O material aqui estudado distingue-se das formas de Fossil Hill por conter um menor número de primárias (3) e um padrão de venação de ordem mais alta melhor estabelecido e ortogonal. Assim, e em que pese seu caráter incompleto, não parece haver afinidades entre o morfotipo do pontal Rip e os previamente descritos para o Eoceno da ilha KG.

Dentre as formas modernas de Melastomataceae, a relação com o gênero *Miconia* parece ser a mais adequada, pela presença de três veias principais e das saliências no limbo. As espécies de *Miconia* são consideradas nativas das regiões temperadas quentes a tropicais das Américas, sendo muito comuns nas florestas úmidas do sul do Brasil, norte da Argentina e Uruguai, podendo ocorrer igualmente e como formas arbustivas, em áreas mais secas, de solos pobres ou instáveis. É conhecida por seu caráter pioneiro e invasivo (Cogniaux, A. 1891; Goldenberg, 2004).

Angiosperma Grupo 5

Folhas com venação primária pinada e secundária craspedódroma (modificado de Iglesias *et al.*, 2007).

As características morfológicas apontadas para este grupo por Iglesias *et al.* (2007), ainda incluíam margens lobadas, ausentes nas impressões foliares do pontal Rip, embora tipos pinados

e craspedódromos sejam comuns e majoritariamente representados por tipos relacionados ao gênero *Nothofagus*. Levando-se em conta que algumas das formas primitivas deste gênero identificadas em níveis do Cretáceo Inferior da Península Antártica possuíam folhas lobadas (Cantrill & Nichols, 1996), optou-se por manter este grupo para incluir as folhas relacionadas a este gênero.

Restos de *Nothofagus* não foram, até o momento, encontrados em níveis cretácicos das bacias da América do Sul, sendo exclusivos da Península Antártica para este intervalo, no Gondwana Ocidental. Assim, não foram incluídos nas diagnoses dos distintos grupos de angiospermas propostos por Iglesias *et al.* (2007).

Morfotipo 5

(Figuras 5A-B)

Materiais: impressões de folhas (ANTF 34 001, ANTF 34 014a).

Descrição: Partes de folhas microfílicas, uma delas correspondendo ao setor apical (10 mm de largura na porção preservada) e outra à porção média (16 mm de largura). A margem, fracamente preservada, mostra em poucos setores, duas ordens de dentes, o de primeira ordem com uma veia principal em posição quase central, com flanco distal reto-concavo e proximal convexo (rt-cc/cv), ápice mucronado a esferulado, sinus arredondado. Primária pinada craspedódroma, espessa (0,25 mm). Secundárias igualmente destacadas (5 a 6 pares visíveis), de inserção oposta a suboposta, curso levemente arqueado e com ângulos de inserção agudos (43-45° em média), chegando ao ápice do dente. Venação de ordem mais alta fracamente preservada, aparentemente percorrente e oposta.

Discussão: Dado o caráter muito incompleto da preservação e a presença de folhas isoladas, a determinação mais precisa das afinidades deste morfotipo é de difícil estabelecimento, mesmo entre os grupos de angiospermas característicos das áreas austrais pretéritas.

O caráter craspedódromo da venação secundária e a presença de dentes duplos do tipo platanóide ou rosóide aproximam os restos aqui descritos das Hammamelididae e/ou Rosidae, bem como dos tipos primitivos das Dillenidae Pinada (Hickey, 1973). Estas características, em folhas fósseis do Hemisfério Sul, são comuns às Nothofagaceae (Thomson & Burn, 1977; Jefferson, 1980, 1981; Cantrill & Nichols, 1996), e similares àquelas previamente identificadas para o Cretáceo Inferior da ilha Alexander já comentados, ou a tipos platanóides (Spicer, 1986).

A venação craspedódroma, os sinus arredondados e o caráter plicado da lâmina foliar, por outro lado, sugere tipos modernos de *Nothofagus* da América do Sul, de hábitos decíduos. A presença de um sinus pronunciado e a venação secundária de inserção oposta é um caráter comum na espécie atual *N. glauca* (Romero, 1980). Falta aqui, no entanto, o característico encurvamento da primária, comum a *N. glauca*, que, além disso, não tem folhas tão alongadas e dentes com ápice mucronado (Tanai, 1986, pl. I:2).

No registro fóssil um complexo de formas foi associado por distintos autores a *N. glauca* e *N. obliqua* modernas, outra afinidade também possível. Este é o caso de *N. subferruginea* (Dusén) Tanai, 1986, e *N. magelhaenica* (Engelh.) Dusén, 1899. Entre estas, os dentes de ápice destacado e extremidade arredondada, com sinus igualmente arredondado característicos das formas do pontal Rip, os aproximam preferencialmente de *N. magelhaenica*, identificada nos níveis de Rio Las Minas, na Patagônia Chilena (Tanai, 1986, text. fig. 7G; pl. 10:4, 6-8 e 12).

Alguns caracteres como o tamanho, o pequeno número de secundárias e o seu ângulo e modo de divergência da primária, com sinus marginais bastante pronunciados, foram atribuídos a forma *N. variabilis* Dusén (Dusén, 1899, pl. IX:10-13). As três formas associadas a esta espécie não foram reconhecidas mais tarde por Romero & Dibern (1985). Para estes autores, que ainda comentam a ausência de comparações na obra de Dusén (1899) *N.*

Variabilis também seria bastante similar a *N. obliqua* e *N. glauca*, formas hoje nativas das florestas temperadas do Chile.

Morfotipo 6

(Figuras 5C-D)

Material: impressão de folha (ANTF 34 070).

Descrição: Folha pinada, simétrica, microfílica (42 mm de comprimento na porção preservada), aparentemente oblongo-ovalada, onde faltam os caracteres marginais, da base e do ápice, levemente pregueada na base e aplainada na porção média e superior. Veia primária espessa, especialmente na base (1 mm de largura), afinando em direção ao ápice (0,25 mm). No mínimo dez veias secundárias igualmente espessas (0,8 mm), aparentemente craspedódromas, de curso reto e paralelo, distanciam-se entre 3-3,5 mm e possuem inserção em geral oposta e em ângulos agudos amplos, maiores na base (60°) que no ápice (50° a 45°). Venação de ordem mais alta não visível.

Discussão: A forma alongada, o grande número de secundárias de curso reto e inserção oposta, com as basais de ângulos mais amplos de inserção, aproximam este morfotipo da espécie moderna *Nothofagus alpina* (Popp. & Endl.) Oerst. Difere na razão entre a primária e as secundárias, apontada como 2:1 por Romero (1980, lám. I:7).

Dutra (1997b) levantou aspectos distintivos entre as formas modernas do gênero *Nothofagus* que auxiliam na diferenciação entre *N. alpina* e *N. alessandrii* Espinosa entre os fósseis. *N. alpina* seria caracterizado por uma maior densidade de secundárias, menor largura relativa e seria, entre as formas atuais do gênero, a que apresenta os maiores valores de razão comprimento-largura ($C/L = 3/2$).

Para van Steenis (1953), Romero (1980) e Tanai (1986), este último incluindo *N. alpina* em seu Grupo I que reúne as formas americanas, os tipos da espécie teriam dentes

compostos, alimentados por secundárias externas de curso curvo exmedialmente, todos caracteres de difícil estabelecimento na forma aqui descrita. Para Tanai (1986), a ausência de uma veia fimbrial e os caracteres de venação de ordem mais alta seriam diagnósticos, mas estes caracteres também estão ausentes na impressão do pontal Rip. Diante disto, apenas uma afinidade genérica com *Nothofagus* é possível.

Alguma semelhança é compartilhada ainda com a forma de *Fagus subferruginea* descrita por Dusén (1899, plate VIII:2 e 3) para a paleoflora da Patagônia chilena, mais tarde incluída por Tanai (1986) em *Nothofagus*. Os caracteres que permitem esta afinidade são o pregueamento, espaçamento regular e o ângulo agudo de inserção das secundárias.

Morfotipo 7

(Figuras 5E-F)

Material: impressão de folha (ANTF 34 023).

Outros materiais: impressões de folhas (ANTF 34 005bB, 002, 007, 013a, 013c, 023, 033, 047a, 047d, 047g, 052a, 052b, 077a, 077b, 080, 098).

Descrição: Folha pinada, microfílica (35 mm de comprimento e 19 mm de largura na porção preservada), aparentemente elíptica, com forte pregueamento entre as secundárias, sugerindo venação plicada. Ápice não preservado e margem parcialmente preservada na porção basal, de forma cuneada e lisa. Veia primária destacada (1 mm de espessura) de onde partem oito secundárias craspedódromas (0,2 mm de espessura) para ambos os lados, alternas a subopostas e regularmente espaçadas (3,5 mm), que divergem em ângulos agudos (40°) e de curso curvo ascendente, sem ramificações externas visíveis. Venação terciária percorrente sinuosa, oposta, com ângulos obtusos em relação à veia média.

Discussão: Li Haomin (1994), trabalhando com os restos de plantas da península Fildes, na ilha KG, ilustrou e associou alguns morfotipos, provenientes da Formação Fossil Hill (Eoceno

Inferior) a *Nothofagus subferruginea* (Dusén) Tanai. Os exemplares figurados nas pls. 1:1 e 2:2, compartilham caracteres comuns com a amostra aqui descrita, na forma foliar, número e curso das secundárias, e na aparente falta de bifurcações externas. A presença de *N. subferruginea* para esta mesma unidade ainda é referida por Torres (1990) e Li Haomin & Shen Yanbin (1990).

Scriven *et al.* (1995, pl. 1:2), em trabalho realizado no sul e sudeste da Austrália, descreveram uma nova espécie, *Nothofagus plicata*, para níveis do Eoceno Superior, considerando-a como a primeira evidência de elementos decíduos para aquele continente. A forma da folha, a veia primária destacada, o caráter fortemente plicado da venação secundária e sua inserção suboposta e em ângulos agudos, bem como as terciárias percorrentes, são características compartilhadas com a forma aqui descrita. Outras características diagnósticas da espécie não são visualizadas neste fragmento por sua preservação parcial (*e.g.* margem serrada e um único dente por secundária, frequentemente com uma glândula no ápice).

Para a ilha Seymour, Zastawniak (*in* Doktor *et al.*, 1996) figurou e descreveu brevemente restos de morfologia similar, mais uma vez sem caracteres marginais, e os atribuiu a *Nothofagus* sp. A autora ainda destaca sua semelhança, como aqui, com *N. subferruginea* (fóssil) e com *N. alessandrii* (moderna).

Dutra & Batten (2000), estudando formas do Cretáceo Superior da ilha KG (Formação Zamek de Birkenmajer, 1981), apontaram igualmente morfotipos caracterizados por secundárias numerosas e levemente arqueadas, embora ramificadas externamente, inclusive no par basal. As formas dotadas desta arquitetura foram incluídas na nova espécie *N. cretaceae* Zastawniak (Zastawniak, 1994). No mesmo trabalho os autores ainda figuraram outras formas com afinidade a esta espécie, para as localidades de pontal Price, onde o conteúdo palinológico sugere igualmente uma idade cretácica (Dutra *et al.* 1996), e para Fossil Hill.

Zastawniak *et al.* (1985), apontaram a presença de muitas formas de *Nothofagus* com características morfológicas semelhantes às das formas hoje distribuídas nas florestas temperadas da América do Sul, quando abordou os fósseis do pontal Hennequin, na ilha KG, à época atribuídos ao Oligoceno Superior. No abundante material figurado, sem uma descrição formal, grande parte não possui caracteres marginais preservados e cinco deles foram associados a *N. alessandrii* (figura 8:9,12 e 13; figura 10:8 e 11). Entre estes, a forma representada na figura 10:8, pelo tipo percorrente e destacado da venação terciária, é a que compartilha maior afinidade com a forma aqui descrita.

Tanai (1986), na revisão das formas do gênero *Nothofagus* para o Hemisfério Sul, apontou *N. subferruginea* (Dusén) Tanai para a Formação Loreto, no sul do Chile (Punta Arenas e Terra do Fogo). Esta unidade, considerada inicialmente como correspondente ao limite Oligoceno-Mioceno (Terada *et al.*, 2006), foi atribuída, mais recentemente, ao Eoceno Superior (Malumián & Jannou, 2010; Otero *et al.* 2012). Entre os tipos figurados, apenas os referentes a pl. 9:1 e 4, compartilham semelhanças com o aqui descrito na forma e no número e curso das secundárias. Entre as formas originais ilustradas no trabalho de Dusén (1899), apenas as da pl. 8:1-2 compartilham características com as impressões aqui discutidas.

Na falta de maiores elementos, já que o número e tipo de dentes marginais, bem como sua relação com as secundárias, são um caráter diagnóstico importante na individualização das espécies de *Nothofagus*, é aqui proposto um caráter decíduo para estas folhas e uma afinidade maior, entre os fósseis, com *N. subferruginea* (Dusén) Tanai (Romero, 1980; Romero & Dibbern, 1985). Entre os tipos modernos, *N. alessandrii*, considerada a mais primitiva e relictual entre as espécies atuais, é aquela que pelas razões acima discriminadas, mais se aproxima morfológicamente.

(Figuras 6A-B)

Material: impressão de folha (ANTF 34 005a).

Outros materiais: impressões de folhas (ANTF 34 004aB, 004bB, 005bA, 014A, 029, 079a).

Descrição: Fragmento de folha larga, correspondendo à parte média da lâmina, microfílica (27 mm de comprimento e 35 mm de largura na porção preservada). Veia primária pinada (0,8 mm de largura) de onde partem pelo menos 6 pares de secundárias dispostas de modo alternado a subopostas, divergindo em ângulos agudos (50° - 55°). Veias secundárias retas e paralelas (0,4 mm de largura), craspedódromas, sem bifurcações externas visíveis, mantendo distâncias regulares entre si (4 mm).

Discussão: Esta forma distingue-se das anteriormente analisadas por sua maior largura, primária menos destacada (2:1), secundárias mais numerosas de curso reto e paralelo, de inserção alternada, que divergem da primária em ângulos amplos. No entanto, ainda cai dentro do âmbito de variação apontado por Tanai (1986), para *Nothofagus subferruginea*. Neste aspecto, é importante salientar que os morfotipos associados a esta espécie por Tanai (1986) e ilustrados posteriormente em vários trabalhos, mostram uma suíte de formas muito distintas.

No trabalho original de Dusén (1899), os exemplares aqui descritos assemelham-se unicamente aos figurados na pl. VIII:6 e 8, pelas folhas mais largas e pela venação secundária delicada, numerosa e regularmente espaçada. Na descrição deste autor, ainda é apontado que o padrão das veias de mais alta ordem dilui-se em calibres cada vez menores, o que as torna quase imperceptíveis. Este mesmo aspecto foi observado por Dutra (1997b), para as formas perenes de *Nothofagus*.

Na revisão feita por Tanai (1986) para as formas de Punta Arenas e Terra do Fogo, levando a propor a nova combinação genérica (*N. subferruginea*), apenas a forma da pl. 9:10 compartilha caracteres com o exemplar aqui descrito e nos mesmos aspectos já apontados. Distingue-se, contudo, pela inserção oposta das secundárias.

Entre as formas associadas por Li Haomin (1994) a *N. subferruginea* para a Formação Fossil Hill, a figurada na pl. 2:2, se assemelha em forma, tipo de venação e sua inserção alterna. Diferencia-se pelo tamanho menos expressivo e pela veia primária mais destacada.

Pole (1993) ao descrever as formas de *Nothofagus* do Grupo Manuherikia da Nova Zelândia (Mioceno) aponta a presença de *N. novaezealandiae* (Oliver) Pole, comparável no tamanho, número de secundárias e no curso reto da primária. O autor ainda comenta que as formas presentes nesta unidade compartilham características com *N. alessandrii* e *N. moorei* (modernas). Uma nova espécie descrita, *N. azureus* Pole, possui igualmente um padrão de secundárias e ausência de venação de ordem mais alta, similar ao das formas do pontal Rip. Pole (1993) inseriu a nova espécie na secção *Lophozonia* do gênero. O mesmo autor (Pole, 2000), ao abordar material alóctone de blocos rolados do Eoceno de McMurdo, Antártica Oriental, aponta dois tipos principais de folhas de *Nothofagus*, as grandes não plicadas, como as aqui descritas, e as pequenas fortemente plicadas. Não é de todo impossível que estes dois tipos possam se referir, respectivamente, a folhas maduras e juvenis do gênero.

A presença de folhas maduras e jovens no registro fóssil de *Nothofagus* foi apontado por Dutra & Batten (2000, fig. 11), ao ilustrar e discutir as afinidades da espécie *Nothofagus zastawniakiae* Dutra, cujas características de folhas amplas e com raras bifurcações, estão aqui presentes. *N. zastawniakiae* foi identificada para níveis do Monte Zamek, de idade Cretáceo Superior (Birkenmajer, 1981) e inclui em sua diagnose a espécie *N. cretaceae* Zastawniak (Zastawniak, 1994).

Entre as formas decíduas modernas do gênero, apenas *N. alessandrii* (Romero, 1980), forma endêmica da VII região (36° S) do Chile, possui um padrão comparável na presença de secundárias delicadas. Nesta espécie, as folhas maduras igualmente não possuem pregas destacadas. Contudo, a falta dos caracteres marginais, de base e de ápice impede, novamente,

o estabelecimento de uma afinidade mais precisa. Para van Steenis (1953) e Romero (1980), dentes finamente serrilhados e bifurcações externas das secundárias caracterizam esta espécie.

Entre os tipos perenes, apenas *N. moorei* (F. Muell.) Krasser, da Austrália, mostra alguma identidade com a forma aqui descrita, no número de secundárias.

Até que exemplares mais completos sejam identificados, uma associação preferencial com *N. zastawniakae* é aqui proposta.

Morfotipo 9

(Figuras 6C-D)

Material: impressão de parte e contraparte de folha (ANTF 34 046a, 046b) e outras impressões foliares isoladas (ANTF 34 017, 037, 097B, 097C, 101).

Descrição: Folha aparentemente lanceolada, fortemente pregueada, microfílica (17 mm de largura), sem caracteres marginais preservados, visível apenas por sua porção média. Padrão destacado de veias, com primária pinada (0,3 mm de largura) de curso sinuoso, de onde divergem em ângulos agudos (40° em média), quatro pares de secundárias alternas a subopostas. Terciárias fracamente preservadas e de curso percorrente.

Discussão: A forma alongada e pregueada da lâmina e as secundárias de curso reto e inserção variável na primária, aproximam estes restos de *Nothofagus serrulata* Dusén da Formação Loreto (Dusén, 1899, pl. IX: 4 e 5), descrita para Punta Arenas (Rio Las Minas e Carmen Silva) e Terra do Fogo (Rio Chico, Tanai, 1986). Segundo Hünicken (1966), formas de *N. serrulata* também ocorrem nos níveis de Rio Turbio. Esta espécie caracteriza-se, no entanto, pela presença de bordos duplamente serrilhados, o que impede sua designação às formas sem margens preservadas do pontal Rip. Alguma semelhança é ainda evidenciada com *N. simplicidens* Dusén (Dusén, 1899, pl. IX:21), no caráter bastante pregueado das lâminas e seu tamanho, mas estas possuem secundárias inseridas em ângulos mais amplos.

O forte pregueamento das secundárias pode sugerir ainda uma forma jovem e decídua de *Nothofagus*, resultante da preservação de sua venação plicada.

Entre os tipos modernos, *N. gunii* (subgênero *Fuscospora*) espécie decídua e exclusiva da Tasmânia, é a forma moderna com folhas mais similares, compartilhando caracteres como o pequeno tamanho da lâmina, o caráter coriáceo desta, o número reduzido de secundárias de inserção sub-oposta. Estes elementos tornam-se ainda mais visíveis quando se observam folhas jovens.

Um aspecto distintivo destas impressões em relação as outras preservadas para o pontal Rip, e mesmo em outros locais, é o caráter sinuoso da primária. Para Pole (1994), este caráter permitiria reconhecer as formas do subgênero *Lophozonia*, que inclui *N. alpina*, *N. obliqua* e *N. glauca*, da América do Sul, a última onde este caráter é mais visível.

A dificuldade em estabelecer a relação destes restos com formas jovens ou adultas e o caráter incompleto das impressões, impede uma afinidade mais precisa que apenas com o gênero *Nothofagus*, mas permite distinguir este morfotipo de outros presentes nas áreas da Península.

Morfotipo 10

(Figuras 6E - F)

Material: impressão de folha (ANTF 34 047F).

Descrição: Fragmento incompleto de parte do setor central da lâmina, evidenciando uma folha pinada e fortemente plicada. Da veia primária de curso reto e destacado (0,8 mm de largura) partem oito a nove pares de secundárias de inserção sub-oposta e em ângulos agudos (45°), de curso igualmente reto e paralelas entre si (distanciadas em 0,2 mm). Venação de mais alta ordem não aparente.

Discussão: O pequeno tamanho e o pregueamento das secundárias sugere a possibilidade de se referir a uma folha jovem e decídua de *Nothofagus*. Os poucos caracteres preservados previnem maiores comparações, mas o curso das secundárias e seu caráter plicado aproxima o fóssil aqui descrito a *N. pulchra* Dusén (1908, pl. 1:10 e 12), identificado na ilha Seymour, mas sem que os níveis de onde provém sejam conhecidos. Este autor apontou ainda, certa semelhança, entre os tipos por ele descritos para o Rio Condor, na porção chilena da Terra do Fogo, com aqueles atribuídos a *N. densinervosa* (Dusén, 1899, tab. 9:14-19). Alguma afinidade com *N. simplicidens* Dusén ainda pode ser proposta, pelo número expressivo de secundárias (8-10) numa lâmina de tamanho restrito. Esta última forma provém dos mesmos níveis de Rio Condor e de outros locais do sul do Chile (Punta Arenas, Carmen Silva, e rios Beta e Guillermo).

Tanai (1986, pl. 12:1-12), em sua revisão das formas modernas e fósseis do gênero, confirmou a validade de *N. densinervosa*, mas mostrou tipos muito variáveis em tamanho entre as formas ilustradas. Caracterizada por margens crenuladas, o autor salienta, novamente, a afinidade destas formas com *N. pulchra* Dusén, e chama a atenção para a necessidade de um reestudo das formas do Cenozóico da Patagônia chilena.

Romero & Dibern (1985), em trabalho não referido por Tanai (1986) e voltado à revisão das espécies de *Fagus* e *Nothofagus* descritas por Dusén (1899), invalidaram *N. pulchra* e *N. densinervosa*, por serem incompletas e considerarem que poderiam representar folhas juvenis do gênero, como parece ser este caso.

Comentários gerais sobre os morfotipos agrupados em Angiosperma Grupo 5

As amostras relacionadas ao gênero *Nothofagus* totalizam 25% da assembleia. Nas floras antárticas, a abundância deste gênero já foi apontada por distintos autores (*e.g.*

Birkenmajer & Zastawniak, 1986; Dettmann & Jarzen, 1990; Truswell, 1990; Dutra & Batten, 2000; Dutra, 1997a, 2001, 2004).

A maioria dos tipos aqui estudados insere-se no Grupo I de Tanai (1986), cujas formas modernas comparativas *N. alessandri*, *N. alpina*, *N. glauca* e *N. obliqua* são decíduas, portadoras de grãos de pólen do tipo *Menziesii* (subgênero *Lophozonia*) e atualmente exclusivas da América do Sul. Estas formas são registradas pioneiramente no final do Campaniano na Península Antártica e penetram em áreas do sul da América apenas no final do Maastrichtiano. Seu primeiro aparecimento entre os microfósseis nas áreas orientais da Austrália ocorre somente no Eoceno Inferior (Dutra, 1997b), mas nas assembleias polínicas, *Nothofagidites* sp., que tem como característica a possibilidade de se deslocar a grandes distâncias, está presente desde o final do Cretáceo.

As características incompletas dos microfósseis referentes ao gênero *Nothofagus* nos níveis superiores do pontal Rip não foram o único aspecto que dificultou o estabelecimento de relações mais específicas. O pequeno tamanho das folhas e padrões morfológicos que mesclam aqueles individualizados em distintas espécies fósseis e modernas, além de prejudicar a identificação, sugere uma maior antiguidade destes níveis em relação àqueles conhecidos para o final do Paleoceno e Eoceno basal em áreas da Península, onde estes já estão mais bem estabelecidos e as comparações com elementos atuais é em geral possível.

MICROFÓSSEIS

Uma análise preliminar dos palinomorfos, associados ao nível fitofossilífero aqui estudado (Figura 7), demonstrou uma composição distinta daquela presente na macroflora, com um domínio de esporos de pteridófitas (61%), uma menor proporção de grãos de pólen de gimnospermas (22%) e angiospermas (12%), além da ocorrência de raros fungos (4%).

As pteridófitas estão representadas, principalmente, por *Trilites parvallatus*, *Cyathidites minor* e *Rugulatisporites mallatus*. Entre as gimnospermas, domina *Araucariacites australis* (50%), seguido de *Classopollis simplex* e *Cycadopites* aff. *C. follicularis*. Nas angiospermas, contudo, se mantêm o domínio de *Nothofagus*, representado pelos tipos primitivos *Nothofagidites endurus*, *N. kaitangataensis* e *N. asperus*. Em menor proporção, aparecem representantes de Proteaceae (*Proteacidites* spp.) e Aquifoliaceae (*Illexpolinites* sp.).

A presença dos grãos de *Classopollis*, geralmente relacionados às Cheirolepidiaceae (família exclusivamente mesozóica de coníferas), sugere uma idade neocretácica para este nível (Srivastava, 1976). Sua associação aos grãos *N. endurus* e *N. kaitangataensis*, ambos pertencentes ao “tipo ancestral (b)” de Dettmann *et al.* (1990) e que primeiro aparecem no Campaniano Médio do continente australiano, confirma a inserção no final do Cretáceo (Hill & Dettmann, 1996).

A análise da lâmina petrográfica deste mesmo nível mostrou ainda a presença de diferentes testas de foraminíferos, que representam cerca de 20% da composição da lâmina, sugerindo que o processo de deposição final das cinzas tenha ocorrido sob a influência de águas marinhas. Estes foraminíferos serão objeto de estudo posterior (Figura 8).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado bastante fragmentado das folhas fósseis, que resultou na ausência de parte dos caracteres diagnósticos na maioria dos exemplares (*e.g.* margem, ápice e base), não permitiu determinações mais específicas ou precisas para os restos encontrados no pontal Rip. Este estado de preservação, que poderia ser visto como um prejuízo para o estudo taxonômico, atesta que os processos tafonômicos na região foram drásticos e confirma a

proximidade aos eventos de vulcanismo e o transporte *post-mortem* dos restos vegetais, ambos corroborados pela composição das litologias acompanhantes (ver perfil, figura 2).

Por sua vez, a presença de restos macroscópicos e identificáveis entre os fósseis estudados e a reconhecida restrição ao transporte que a maioria das folhas apresenta, as quais não suportam deslocamentos por distâncias quilométricas devido a fragilidade de suas lâminas (Spicer, 1989), sugere que o transporte prévio dos restos vegetais até as áreas de deposição foi curto. Portanto, as plantas aqui representadas por suas folhas fósseis habitavam áreas próximas à costa, dado o caráter marinho do nível fossilífero, atestado pela ocorrência de foraminíferos associados aos restos vegetais.

Em termos estratigráficos e de correlação, a composição da taoflora mostra maior identidade com aquelas presentes em outras deposições na ilha KG, especialmente, às atribuídas ao final do Cretáceo (*e.g.* pontal Half Three, pontal Price e monte Zamek). Entre estes depósitos, a maior identidade é expressa com o Half Three, cuja datação absoluta aponta para o Campaniano médio e inclui a presença, entre os macrofósseis, de *Nothofagus* de folhas pequenas e venação simples e formas afins à *Blechnum* sp. e, entre os microfósseis, dos grãos de pólen *Nothofagidites* cf. *N. endurus* e cf. *N. brachyspinulosus*, entre outros (Cao, 1994; Li Haomin, 1994; Zhou & Li, 1994; Dutra *et al.*, 1996; Dutra & Batten, 2000).

A ausência de formas tipicamente eocretácicas ou jurássicas (Bennettitales e certas formas de fetos e Araucariaceae) no pontal Rip, as quais são importantes elementos nas assembleias das ilhas mais ao sul da Península (como Alexander e Livingston), suporta estas inferências.

Quando se analisam as floras cretáceo-paleógenas do lado oriental da Península (Baía de James Ross), as similaridades são pequenas. Embora as Nothofagaceae e morfotipos semelhantes aos descritos permaneçam como elementos importantes, as áreas orientais mostram abundantes restos de angiospermas afins às Proteaceae e Myrtaceae, e coníferas

podocarpaceas, que estão quase ausentes do registro deste intervalo nas ilhas ocidentais, como Nelson e KG.

Em busca de elementos capazes de facilitar as correlações, também foi feito um exame das assembleias de outras bacias austrais. A macroflora aqui identificada se assemelha àquelas presentes no lado ocidental da Patagônia, tanto para o final do Cretáceo (*e.g.* Rio Chalia, Cerro Guido e Loreto) quanto para o final do Paleoceno e início do Eoceno, em Chubut e Neuquén (*e.g.* Laguna Del Hunco e Pichileufú), embora nestas, *Nothofagus* esteja ausente.

Em termos paleofitogeográficos, foi possível observar o domínio das angiospermas e, entre elas, de tipos relacionados a formas decíduas e primitivas de *Nothofagus*, muitas das quais crescem hoje em áreas ao sul da América do Sul. Este resultado pode refletir um desvio (*bias*) já que, quando se avalia a microflora, formas da Australásia estão presentes (*N. endurus* e *N. kaitangataensis*). Contudo, nas áreas orientais do Gondwana, os níveis do Cretáceo são caracterizados apenas por micro e mesofloras (Hill & Dettmann, 1996; Cantrill *et al.*, 2011), impedindo comparações com os elementos macroflorísticos descritos. *Nothofagus* aparece aqui associado a outras formas de angiospermas de afinidade duvidosa, representados por morfologias encontradas hoje em distintas famílias (*e.g.* Lauraceae, Anacardiaceae e Melastomataceae). Estes componentes também suportam uma maior identidade com as áreas austrais da América do Sul, em especial, àquelas situadas nas altas latitudes e voltadas para o Pacífico (Magallanes e Tierra del Fuego). Deste modo, baseando-se no domínio de folhas microfílicas e na presença de folhas e grãos de pólen relacionados à *Nothofagus*, pode-se sugerir uma condição de clima temperado úmido para a Península durante a deposição do nível estudado.

Deve-se ressaltar ainda que as pteridófitas (famílias Blechnaceae e Hymenophyllaceae), a cupressácea do gênero *Papuacedrus* e os morfotipos 8 e 9, associados a certas espécies de *Nothofagus*, aqui descritos, confirmam que ainda existiam terras

contínuas entre a Península Antártica e a Australásia durante o final do Cretáceo. Isto porque mostram afinidades com formas típicas daquela região.

AGRADECIMENTOS

Às equipes dos laboratórios de palinologia da UFRGS e UNISINOS. A Daniel Alves Spiazzi, Alex Borba Duarte e Ronaldo Barboni pelo auxílio na obtenção das fotografias dos microfósseis, e a Ms. Andréia Sander pelo auxílio na análise petrográfica. Ao CNPq pela bolsa de mestrado para a primeira autora. Ao PROANTAR pelo suporte durante as expedições Antárticas.

REFERÊNCIAS

- Alvin, K.L. 1982. Cheirolepidiaceae: biology, structure and paleoecology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **37**(1-2):71-98.
- Angiosperm Phylogeny Group. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **161**:105-121.
- Baldoni, A.M.; Dibbern, M. & Genini, A. 1985. Nota sobre una especie de *Blechnum* (Blechnaceae-Pteridophyta) e impronta de *Fagus subferruginea* Dusen en el Terciario de la Provincia de Chubut, Argentina. *Ameghiniana*, **22**:229-232.
- Barker, P.F. 1982. The Cenozoic subduction history of the Pacific margin of the Antarctic Peninsula: ridge crest–trench interactions. *Journal of the Geological Society*, **139**:787-801.
- Berry, E.W. 1932. Fossil Plants from Chubut Territory collected by the Scarritt Patagonian Expedition. *American Museum Novitates*, **536**:1-10.

- Berry, E.W. 1937. Contributions to paleobotany of South America. A Paleocene Flora from Patagonia. Johns Hopkins University, *Studies in Geology*, **12**:33-50.
- Berry, E.W. 1938. Tertiary flora from the Rio Pichileufú, Argentina. *Geological Society of America Special Papers*, **12**: 1-149.
- Birkenmajer, K. 1980. Tertiary volcanic-sedimentary succession at Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, Antarctica). *Studia Geologica Polonica*, **64**:7-65.
- Birkenmajer, K. 1981. Lithostratigraphy of the Point Hennequin Group (Miocene volcanics and sediments) at King George Islands, Antarctica. *Studia Geologica Polonica*, **72**:59-73.
- Birkenmajer, K. 1985. Oligocene-Miocene glacio-marine sequences of King George Island (South Shetland Islands), Antarctica. *Palaeontologia Polonica*, **49**: 9-36
- Birkenmajer, K. 2001. Mesozoic and Cenozoic stratigraphic units in parts of the South Shetland Islands and northern Antarctic Peninsula (as used by the Polish Antarctic Programmes). *Studia Geologica Polonica*, **118**: 5-188.
- Birkenmajer, K. & Zastawniak, E. 1986. Plant Remains of the Dufayel Island Group (Early Tertiary?), King George Island, South Shetland Islands (West Antarctic). *Acta Paleobotânica*, **26**(1-2):33-54.
- Birkenmajer, K. & Zastawniak, E. 1989. Late Cretaceous-Early Tertiary floras of King George Island, West Antarctic: their stratigraphic distribution and palaeoclimatic significance. In: J.A. Crame (ed.) *Origins and Evolution of the Antarctic Biota*. The Geological Society, London, Special Publication, **47**:227-240.
- Birkenmajer, K.; Delitala, M.C.; Narebski, W.; Nicoletti, M. & Petrucciani, C. 1986. Geochronology and migration of Cretaceous through Tertiary plutonic centers, South Shetland Islands (West Antarctica): subduction and hot spot magmatism. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, **34**:243- 255.

- Bose, M.N.; Taylor, E.L. & Taylor, T.N. 1990. Gondwana Floras of India and Antarctica. A survey and appraisal. *In*: T.N. Taylor & E.L. Taylor (eds.) *Antarctic Paleobiology*. New York, Springer Verlag, p. 118-148.
- Brownsey P.J. & Smith-Dodsworth J.C. 2000. *New Zealand ferns and allied plants*. 2^a ed. David Bateman Ltd., Albany, 168p
- Butterworth, P.J.; Crame, J.A.; Howlett, P.J. & Macdonald, D.I.M. 1988. Lithostratigraphy of Upper Jurassic-Lower Cretaceous strata of eastern Alexander Island. *Cretaceous Research*, **9**:249-64.
- Cantrill, D.J. & Nichols, G.J. 1996. Taxonomy and paleoecology of Early Cretaceous (Late Albian) angiosperm leaves from Alexander Island, Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **92**:1-28.
- Cantrill, D.J. & Nagalingum, N.S. 2005. Ferns from the Cretaceous of Alexander Island, Antarctica: Implications for Cretaceous phytogeography of the Southern Hemisphere. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **137**:83-103.
- Cantrill, D.J.; Wanntorp, L.; Drinnan, A.N. 2011. Mesofossil flora from the Late Cretaceous of New Zealand. *Cretaceous Research*, **32**:164–173.
- Cao Liu. 1994. Late Cretaceous palynoflora in King George Island of Antarctic, with references to its paleoclimatic significance. *In*: Shen Yanbin (ed.) *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctic*. Monograph, Science Press, China, **3**:51-83.
- Cogniaux, A. 1891. Melastomataceae. *In*: A. & C. de Candolle (eds.). *Monographiae Phanerogamarum*, G. Masson, Paris.
- Crabtree, D.R. 1987. Angiosperms of the Northern Rocky Mountains: Albian to Campanian (Cretaceous) megafossil floras. *Annals of Missouri Botanical Garden*, **74**:707-747.

- Dettmann, M.E. & Jarzen, D.M. 1990. The Antarctic/Australian rift valley: Late Cretaceous cradle of northeastern Australian relicts? *Review of Paleobotany and Palynology*, **65**:131-144.
- Dettmann, M.E.; Pocknall, D.T.; Romero, E.J. & Zamalao, M.C. 1990. *Nothofagidites* Erdtman ex Potonie, 1960; a catalogue of species with notes on the palaeogeographic distribution of *Nothofagus* Bl. (Southern Beech). *Paleontological Bulletin of the New Zealand Geological Survey*, **60**:1-79.
- Dolding, P.J.D. 1992. Palynology of the Marambio Group (Upper Cretaceous) of northern Humps Island. *Antarctic Science*, **4**(3):311-326.
- Dusén, P. 1899. Über die tertiäre Flora der Magellans-länder. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedische Expedition nach den Magellandändern 1895-1897*, **1**(4):87-107.
- Dusén, P. 1908. Über die tertiäre Flora der Seymour-Insel. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Sudpolar-Expedition 1901-1903. Lithographisches Institut des Generalstabs*, Bd **1-3**(3):1-27.
- Dutra, T.L. 1997a. *Composição e História da Vegetação do Cretáceo e Terciário da Ilha Rei George, Península Antártica*. Curso de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Tese de Doutorado, 488 p.
- Dutra, T.L. 1997b. *Nothofagus* leaf architecture, an old design to a new Gondwana: the use of the modern subtropical and temperate foliar character of the genus in paleoecology. In: II SOUTHERN CONNECTION CONGRESS, 2, 1997. *Noticeros de Biologia*. Valdivia e Santiago, Universidad de Chile, **5**:148-149.
- Dutra, T.L. 2000. *Nothofagus* no norte da Península Antártica (Ilha Rei George, ilhas Shetland do Sul). II. Paleoceno Superior – Eoceno Inferior. *Revista da Universidade de Guarulhos, Geociências V (no. especial)*, pp. 131-136

- Dutra, T.L. 2001. Paleoflora da ilha 25 de Mayo, Península Antártica: contribuição à paleogeografia, paleoclima e para a evolução de *Nothofagus*. *Asociación Paleontology Argentina, Publicación Especial*, **8**: 29-37.
- Dutra, T.L. 2004. Paleofloras da Antártica e sua relação com os eventos tectônicos e paleoclimáticos nas altas latitudes do sul. *Revista Brasileira de Geociências*, **34**(3):401-410.
- Dutra, T.L. & Batten, D.J. 2000. Upper Cretaceous floras of King George Island, West Antarctica, and their palaeoenvironmental and phytogeographic implications. *Cretaceous Research*, **21**:181-209.
- Dutra, T.L.; Leipnitz, B.; Faccini, U.F. & Lindenmayer, Z. 1996. A non marine Upper Cretaceous interval in West Antártica (King George Island, Northern Antarctic Peninsula). *SAMC (South Atlantic Mesozoic Correlations) News, IGCP Project 381*, **5**: 21-22.
- Dutra, T.L.; Hansen, M.A.F. & Fleck, A. 1998. New evidences of wet and mild climates in Northern Antarctic Peninsula at the end of Cretaceous. In: 3rd. *Annual Conference of IGCP Project 381*, 10-13.
- Doktor, M.; Gazdzicki, A.; Jerzmanska, A. Porebski, S.J. & Zastawniak, E. 1996. A plant-and-Fish assemblage from the Eocene La Meseta Formation of Seymour Island (Antarctic Peninsula) and its environmental implications. *Palaeontologia Polonica*, **55**:127-146.
- Eckenwalder, J.E. 2009. *Conifers of the world: the complete reference*. Timber Press, Portland, 720 p.
- Elliot, D.H. 1988. The James Ross Basin, northern Antarctic Peninsula. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 5. *Resúmenes*, Chile, **39**:226.
- Ellis, B.; Daly D.C.; Hickey L.J.; Johnson K.R.; Mitchell J.D.; Wilf P. & Wing S.L. 2009. *Manual of Leaf Architecture*. New York, Cornell University Press, 190 p.

- Farjon, A. 2005. A monograph of Cupressaceae and *Sciadopitys*. *Royal Botanic Gardens*, Kew, UK.
- Fisch, F. 2009. *Taxonomia e contexto geológico da tafolfora da ilha Dufayel, ilha King George, Península Antártica*. Programa de pós-graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Dissertação de Mestrado, 140 p.
- Fontoura, M.A.; Fensterseifer, H.C. & Troian, F.L. 1988. Geology and Petrography of intrusive bodies of Stansbury Peninsula, Nelson Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Serie Científica INACH*, **38**:45-58.
- Goldenberg, R. 2004. O gênero *Miconia* (Melastomataceae) no Estado do Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, **18**(4): 927-947.
- Gonçalves, E.G. & Lorenzi, H. 2007. *Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia de plantas vasculares*. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 416 p.
- Griffiths, C.J. & Oglethorpe, R.D.J. 1998. The stratigraphy and geochronology of Adelaide Island. *Antarctic Science*, **10**:462-475.
- Hawkes, D.D. 1961. The Geology of the South Shetland Islands. I. The petrology of the King George Island. *Science Reports of the Falkland Island Dependencies*, **26**:1-28.
- Hickey, L.J. 1973. Classification of the architecture of dicotyledoneous leaves. *American Journal of Botany*, **60**(1):17-33.
- Hickey, L.J. 1977. Stratigraphy and paleobotany of the Golden Valley Formation (early Tertiary) of western North Dakota. *Geological Society of America, Memoir*, **150**:157–164.
- Hill, R.S. 2001. The Cenozoic macrofossil record of the Cupressaceae in the Southern Hemisphere. *Acta Palaeobotanica*, **41**(2):123–132.
- Hill, R.S. & Carpenter, R.J. 1989. Tertiary gymnosperms from Tasmania: Cupressaceae. *Alcheringa*, **13**:89-102.

- Hill, R.S. & Dettmann M.E. 1996. Origin and diversification of the genus *Nothofagus*. In: T.T. Veblen, R.S. Hill & J. Read (eds.) *The Ecology and Biogeography of Nothofagus Forests*. Yale University Press, New Haven, USA, p. 11-24.
- Hünicken, M. 1966. Flora Terciaria de los estratos Rio Turbio, Santa Cruz (niveles plantíferos del Arroyo Santa Flavia). *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Serie Ciencias Naturales*, **56**(3-4):139-260.
- Iglesias, A.; Zamuner, A.B.; Poiré, D.G. & Larriestra, F. 2007. Diversity, taphonomy and palaeoecology of an angiosperm flora from the Cretaceous (Cenomanian–Coniacian) in Southern Patagonia, Argentina. *Paleontology*, **50**(2):445-466.
- Jefferson, T.H. 1980. Angiosperm fossils in supposed Jurassic volcanic shales, Antarctica. *Nature*, **285**:157-158.
- Jefferson, T.H. 1981. *Paleobotanical contributions to the geology of Alexander Island, Antarctica*. Ph.D. Thesis, University of Cambridge, England.
- Jones, T.P. & Rowe, N.P. 1999. *Fossil plants and spores: Modern techniques*. Londres, The Geological Society, p. 71-75.
- Leppe, M., Michea, W., Muñoz, C., Palma-Heldt, S. & Fernandoy, F. 2007. Paleobotany of Livingston Island: the first report of a Cretaceous fossil flora from Hannah Point. *10th International Symposium on Antarctic Earth Sciences*, 1-4.
- Li Haomin. 1994. Early Tertiary fossil flora from Fildes Peninsula of King George Island, Antarctica. In: Shen Yanbin (ed.) *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. Monograph, Science Press, China, **3**:133-171.
- Li Haomin & Shen Yanbin. 1990. A primary study of Fossil Hill flora from Fildes Peninsula of King George Island, Antarctica. *Acta Paleontologica Sinica*, Nanjing, **29**(2):147-153. 2 plates.

- Li Zhaonai; Liu Xiaohan; Zheng Xiangshen; Jin Qingmin & Li Gou. 1989. Tertiary volcanism and formation of volcanic rocks in the Fildes Peninsula, King George Island, Antarctic. In: GUO KUN (ed.). *Proceedings of the International Symposium on Antarctic Research*. Beijing, China, Ocean Press, 114-118.
- Malumián, N. & Jannou, G. 2010. Los Andes Fueguinos: el registro micropaleontológico de los mayores acontecimientos paleoceanográficos australes del Campaniano al Mioceno. *Andean Geology*, **37**(2):345-374.
- Mao, K., Milne, R.I.; Libing Zhangd; Yanling Penga; Jianquan Liua; Thomas, P.; Mill, R.R. & Renner, S.S. 2012. Distribution of living Cupressaceae reflects the breakup of Pangea. *PNAS Early Edition*, 1-6.
- Otero, R.A.; Torres, T.; Le Roux, J.P.; Hervé, F.; Fanning, C.M.; Yury-Yáñez, R.E. & Rubilar-Rogers, D. 2012. A Late Eocene age proposal for the Loreto Formation (Brunswick Peninsula, southernmost Chile), based on fossil cartilaginous fishes, paleobotany and radiometric evidence. *Andean Geology*, **39**(1):180-200.
- Pankhurst, R.J. 1982. Rb-Sr geochronology of Graham Land, Antarctica. *Journal of the Geological Society*, **139**:701-711.
- Paull, R. & Hill, R.S. 2008. Oligocene *Austrocedrus* from Tasmania (Australia): Comparisons with *Austrocedrus chilensis*. *International Journal of Plant Sciences*, **169**:315-330.
- Pole, M. 1993. Early Miocene flora of the Manuherikia Group, New Zealand. 8. *Nothofagus*. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, **23**(4):329-344.
- Pole, M.S. 2007. Conifer and cycad distribution in the Miocene of southern New Zealand. *Australian Journal of Botany*, **55**:143-164.
- Poole, I.; Hunt, R.J. & Cantrill, D.J. 2001. A fossil wood flora from King George Island: ecological implications for an Antarctic Eocene vegetation. *Annals of Botany*, **88**:33-54.

- Rees, P.M. & Smellie, J.L. 1989. Cretaceous angiosperms from an allegedly Triassic flora at Williams Point, Livingston Island, South Shetlands. *Antarctic Science*, **1**:239-248.
- Reguero, M.; Goin, F.J.; Hospitaleche, C.A.; Dutra, T.L.; Marensi, S.A. 2012. *Eocene West Antarctica (WANT) biota and its intercontinental affinities*. Springer Briefs, New York / Heidelberg [in print]
- Romero, E.J. 1980. Arquitectura Foliar de Las Especies Sudamericanas de *Nothofagus* Blume. *Boletín da la Sociedad Argentina de Botanica*, **19**(1-2):289-308.
- Romero, E.J. 1986. Paleogene Phytogeography and Climatology of South América. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **73**(2):449-461.
- Romero E.J. & Dibern M.C. 1985. A review of the species described as *Fagus* and *Nothofagus* by Dusen. *Palaeontographica Abt. B*, **197**:123-137.
- Sehnem, A. 1968. O gênero *Blechnum* nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Sellowia*, **15**:9-37.
- Scriven, L.J.; McLoughlin, S. & Hill, R.S. 1995. *Nothofagus plicata* (Nothofagaceae), a new deciduos Eocene macrofossil species, from southern continental Australia. *Review of Paleobotany and Palynology*, **86**:199-209.
- Shen Yanbin. 1994. Cretaceous to Paleogene biostratigraphy in Antarctic peninsula and its significance in the reconstruction of Gondwanaland. In: Shen Yanbin (ed.) *Stratigraphy And Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. Monograph, Science Press, China, **3**:329-348.
- Smellie, J.J. 1981. A complete arc-trench system recognized in Gondwana sequences of the Antarctic Peninsula region. *Geological Magazine*, **118**:139-159.
- Smellie, J.L.; Pankhurst, R.J.; Thomson, M.R.A. & Davies, R.E.S. 1984. The geology of the South Shetland Islands: VI. Stratigraphy, geochemistry and evolution. *British Antarctic Survey Scientific Reports*, **87**:1-85.

- Smith, A.R.; Pryer, K.M.; Schuettpelz, E.; Korall, P.; Schneider, H. & Wolf, P.G. 2006. A classification of extant ferns. *Taxon*, **3**:705-731.
- Song Zichen & Cao Liu. 1994. Late Cretaceous fungal spores from King George Island, Antarctica. In: Shen Yanbin (ed.) *Stratigraphy and palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. Monograph, Science Press, China, 37-49.
- Spicer, R.A. 1986. Computerized paleobotanical data bases: the way forward? In: R.A. Spicer & B.A. Thomas (eds.) *Systematic and Taxonomic Approaches in Paleobotany*. Oxford, Clarendon Press, p. 283-296.
- Spicer, R.A. 1989. The formation and interpretation of plant fossil assemblages. *Advances in Botanical Research*, **16**:95-191.
- Srivastava, S.K. 1976. The fossil pollen genus *Classopollis*. *Lethaia*, **9**:437-457.
- Stewart, W.N. & Rothwell, G.W. 1993. *Paleobotany and the evolution of plants*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, 535 p.
- Tanai, T. 1986. Phytogeography and phylogenetic history of the genus *Nothofagus* Bl. (Fagaceae) in the Southern Hemisphere. *Journal of Faculty Science Hokkaido University Series 4*, **21**: 505-582.
- Taylor, T.N.; Taylor, E.L. & Krings, M. 2009. *Paleobotany: The biology and evolution of fossil plants*. Burlington MA, London, San Diego CA, New York NY, Elsevier/Academic Press Inc., 1230 p.
- Terada K.; Asakawa T.O. & Nishida H. 2006. Fossil woods from Arroyo Cardenio, Chile Chico Province, Aisen (XI) Region, Chile. In: H. Nishida (ed.) *Post-Cretaceous floristic changes in southern Patagonia, Chile*. Chuo University, Tokyo, 57-65.
- Thomson, M.R.A. 1992. Western South America and Antarctica. In: G.E.G. Westermann (ed.) *The Jurassic of the Circum-Pacific*. Cambridge University Press, 122-160.

- Thomson, M.R.A. & Burn, W. 1977. Angiosperm fossils from latitude 70° S. *Nature*, **269**:139-141.
- Thomson, M.R.A.; Pankhurst, R.J. & Clarkson, P.D. 1983. The Antarctic Peninsula - a Late Mesozoic-Cenozoic arc (review). In: R.L. Oliver, P.R. James & J.B. Jago (eds.) *Antarctic Earth Sciences*, Australian Academy of Sciences, Cambridge, p. 289-294.
- Tokarski, A.K. 1991. The Late Cretaceous-Cenozoic structural history of King George Island, South Shetland Islands, and its plate-tectonic setting. In: M.R.A. Thomson; J.A. Crame & J.W. Thomson, *Geological Evolution of Antarctica*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 493- 498.
- Tokarski, A.K.; Danowski, W. & Zastawniak, E. 1987. On the age of fossil flora from Barton Peninsula, King George Island, West Antarctica. *Polish Polar Research*, **8**(3):293-302.
- Torres, G.T. 1990. Etude paléobotanique du tertiaire de les Isles Roi George et Seymour, Antarctique. These de Doctorat. Laboratoire de Paléobotanique et Evolution de Végétaux de L'Université Claude Bernard LYON. 290 p. 40 pl. 2 tomes.
- Trevisan, C. 2011. *Fósseis de pteridófitas das ilhas King George e Nelson: afinidade taxonômica e importância no contexto deposicional e do clima nas áreas setentrionais da Península Antártica*. Programa de pós-graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Dissertação de Mestrado, 44 p.
- Troncoso, A. 1986. Nuevas órganos-especies en la taoflora terciaria inferior de Peninsula Fildes, Isla Rey Jorge, Antártica. *Série Científica del Instituto Antártico Chileno*, **34**:23-46.
- Troncoso, A. 1992. La taoflora terciaria de Quinamavida (VII Región, Chile). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*, **43**:155-178.
- Troncoso, A. & Romero, E.J. 1993. Consideraciones acerca de las coníferas del Mioceno de Chile central occidental. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*, **44**:47-71.

- Tryon, R.M. & Tryon, A.F. 1982. *Fern and Allied plants*. Springer-Verlag, New York, 857 p.
- Truswell E.M. 1990. Cretaceous and Tertiary Vegetation of Antarctica: A palynological perspective. In: T.N. Taylor & E.L. Taylor (eds.) *Antarctic Paleobiology, its role in the reconstruction of Gondwana*, Springer-Verlag, p. 71-88.
- van Steenis, C.G.G.J. 1953. Results of the Archbold expeditions Papuan. *Nothofagus*. *Journal of Arnold Arboretum*, **34**:301–374.
- Watson, J. 1977. Some Lower Cretaceous conifers of the Cheirolepidiaceae from the U.S.A. and England. *Palaeontology*, **20**:715–749.
- Woodburne, M.O. & Zinsmeister, W.J. 1984. The first land mammal from Antarctica and its biogeographic implications. *Journal of Paleontology*, **58**(4):913-948.
- Wilf, P.; Little, S.A.; Iglesias A.; Zamaloa, M.C.; Gandolfo, M.A.; Cúneo, N.R. & Johnson, K.R. 2009. *Papuacedrus* (Cupressaceae) in Eocene Patagonia, a new fossil link to Australasian rainforests. *American Journal of Botany*, **96**:2031-2047.
- Zinsmeister, W.J. 1988. Early geological exploration of Seymour Island, Antarctica. In: R.M. Feldmann & M.O. Woodburne, *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. *Memoir of The Geological Society of America*, **169**:1-16.
- Zastawniak, E. 1981. Tertiary leaf flora from the Point Hennequin Group of King George Island (South Shetland Island, Antarctica). Preliminary Report. *Studia Geologica Polonica*, **72**:97-108.
- Zastawniak, E. 1994. Upper Cretaceous leaf flora from the Blaszyk Moraine (Zamek Formation), King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica. *Acta Paleobotanica* (Kraków), **34**(2): 119-163.

Zastawniak, E.; Wrona, R.; Gazdzicki, A. & Birkenmajer, K. 1985. Plant remains from the top part of the Point Hennequin Group (Upper Oligocene), King George Island (South Shetland Islands, Antarctica). *Studia Geologica Polonica*, **81**:143-164.

Zhou Zhiyan & Li Haomin. 1994. Early tertiary gymnosperms from Fildes peninsula, King George island, Antarctica. In: Shen Yanbin (ed.) *Stratigraphy and palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica, Monograph 3*, p. 208-219.

LEGENDA DAS FIGURAS

Figura 1. Mapa das ilhas King George e Nelson, evidenciando o afloramento do pontal Rip (estrela). Os círculos claros apontam os locais com estratos atribuídos ao Cretáceo Superior e os de cor cinza, os referentes ao final do Paleoceno e/ou Eoceno Inferior (Modificado de Dutra, 1997a e Reguero *et al.*, 2012, idades isotópicas segundo Shen Yanbin, 1994, Li Zhaonai *et al.*, 1989 e Birkenmajer *et al.*, 1986). **1.** Half Three Point; **2.** Skua Bay (Wickle Point); **3.** Price Point; **4.** Fossil Hill; **5.** Rocky Bay; **6.** Collins Glacier; **7.** Barton Peninsula; **8.** Potter Península; **9.** Paradise Cove; **10.** Block Point; **11.** Zamek Hill; **12.** Admiralen Peak; **13.** Dufayel Island; **14.** Point Thomas; **15.** Keller Peninsula; **16.** Point Hennequin.

Figure 1. *Location map of King George and Nelson Island, detaching the studied area at Rip Point (star). The white circles marks the places where an Upper Cretaceous age was proposed, and the grey ones those where the levels are considered to correspond to Late Paleocene and/or Early Eocene (modified from Dutra, 1997a and Reguero et al., 2012, and isotopic data from Shen Yanbin, 2004, Li Zhaonai et al., 1989 and Birkenmajer et al., 1986).* **1.** Half Three Point; **2.** Skua Bay (Wickle Point); **3.** Price Point; **4.** Fossil Hill; **5.** Rocky Bay; **6.** Collins Glacier; **7.** Barton Peninsula; **8.** Potter Península; **9.** Paradise Cove; **10.** Block Point; **11.** Zamek Hill; **12.** Admiralen Peak; **13.** Dufayel Island; **14.** Point Thomas; **15.** Keller Peninsula; **16.** Point Hennequin.

Figura 2. Perfil geológico da sucessão vulcânica e vulcanoclástica do pontal Rip, Nelson Island, evidenciando os níveis com fósseis de plantas (modificado de Dutra *et al.*, 1998).

Figure 2. *Geological section of the volcanic and volcanoclastic succession from the Rip Point, showing the levels with plant fossil (modified from Dutra et al.; 1998).*

Figura 3. **A.** Fragmento de pínula relacionada a *Blechnum* sp. (Blechnaceae); **B.** Fragmento de pina de alta ordem, com afinidade a *Hymenophyllum* sp. (Hymenophyllaceae); **C-E:** parte

de um ramo associado com *Papuacedrus shenii* Zhou, evidenciando as folhas laterais alongadas e fundidas pela margem, e as três folhas faciais curtas e apicais. Escalas: 5 mm.

Figure 3. *A. Pinnule fragment similar to that found in Blechnum sp. (Blechnaceae); B. Part of a probable ultimate segment of a pinnae associated with Hymenophyllum sp. (Hymenophyllaceae); C-E. shoot fragment showing elongated bilateral and short facial leaves, similar to that found in Papuacedrus shenii Zhou, from Lower Eocene levels from King George Island. Scale bars: 5 mm.*

Figura 4. Morfotipos relacionados a Angiosperma Grupo 1, com venação broquidódroma (A-F) e Angiosperma Grupo 2, com venação acródroma (G-H). **A-B.** Morfotipo RP 1; **C-D:** Morfotipo RP 2; **E-F:** Morfotipo RP 3; **G-H.** Morfotipo RP 4. Grupos de Angiospermas baseados em Iglesias *et al.* (2007) Escala: 1 cm.

Figure 4. *Morphotypes related to Angiosperm Group 1, with a brochidodromous venation pattern (A-F) and Angiosperm Group 2, with acrodromous venation (G-H). A-B: Morphotype RP 1; C-D: Morphotype RP 2; E-F: Morphotype RP 3. G-H: Morphotype RP 4. Angiosperm Groups from Iglesias et al. (2007). Scale bars: 1 cm.*

Figura 5. Morfotipos relacionados a Angiosperma Grupo 5 (modificado de Iglesias *et al.*, 2007), com folhas com padrão craspedódromo de venação. **A-B:** Morfotipo RP 5; **C-D:** Morfotipo RP 6; **E-F:** Morfotipo RP 7. Escala: 1 cm.

Figure 5. *Morphotypes related to Angiosperm Group 5 (modified of Iglesias et al., 2007), with a craspedodromous pattern of venation. A-B: Morphotype RP 5; C-D: Morphotype RP 6; E-F: Morphotype RP 7. Scale bars: 1 cm.*

Figura 6. Morfotipos relacionados a Angiosperma Grupo 5 (modificado de Iglesias *et al.* 2007) (cont.). **A-B:** Morfotipo RP 8; **C-D:** Morfotipo RP 9; **E-F:** Morfotipo RP 10. Escala: 1 cm.

Figure 6. *Morphotypes related to Angiosperm Group 5 (modified of Iglesias et al. 2007)*
(cont.). **A-B:** Morphotype RP 8; **C-D:** Morphotype RP 9; **E-F:** Morphotype RP 10. Scale bars: 1 cm.

Figura 7. Principais formas de esporos (A-E) e grãos de pólen (F-O) identificados no nível tufáceo com restos de plantas do topo da sucessão do pontal Rip. **A-B.** esporo monocolpado/monoete indeterminado; **C.** *Cibotioidites tuberculiformis* (Cookson) Skarby; **D.** esporo trilete indeterminado; **E.** *Cyathidites minor* Couper; **F.** *Araucariacites australis* Cookson; **G.** *Classopollis simplex* (Danze-Corsin & Laveine) Reiser & Williams; **H.** *Cycadopites* aff. *C. follicularis* Wilson & Webster; **I.** *Nothofagidites endurus* Stover & Evans; **J.** *Nothofagidites* sp.; **K.** *Nothofagidites brachyspinulosus* (Cookson) Harris; **L.** *Ilexpollenites* sp.; **M.** *Proteacidites parvus* Cookson; **N.** *Proteacidites adenanthoides* Cookson; **O.** *Proteacidites* sp. Escala = 10 μ m.

Figure 7. Main palynological content in spores (A-E) and pollen grains (F-O), in the upper tuffaceous levels with plant remains at the Rip Point. **A-B.** *indeterminate monoete/monocolpado spore*; **C.** *Cibotioidites tuberculiformis* (Cookson) Skarby; **D.** *indeterminate trilete spore*; **E.** *Cyathidites minor* Couper; **F.** *Araucariacites australis* Cookson; **G.** *Classopollis simplex* (Danze-Corsin & Laveine) Reiser & Williams; **H.** *Cycadopites* aff. *C. follicularis* Wilson & Webster; **I.** *Nothofagidites endurus* Stover & Evans **J.** *Nothofagidites* sp. **K.** *Nothofagidites brachyspinulosus* (Cookson) Harris; **L.** *Ilexpollenites* sp.; **M.** *Proteacidites parvus* Cookson; **N.** *Proteacidites adenanthoides* Cookson; **O.** *Proteacidites* sp. Scale bars = 10 μ m

Figura 8. Sessão delgada de uma amostra contendo macrorrestos de plantas, com fragmentos de carvão e uma testa de foraminífero (círculo). Escala: 0,3 mm.

Figure 8. *Thin section of one sample containing plant fossil remains, showing coal debris and a foraminifer test (circle). Scale bar: 0,3 mm.*

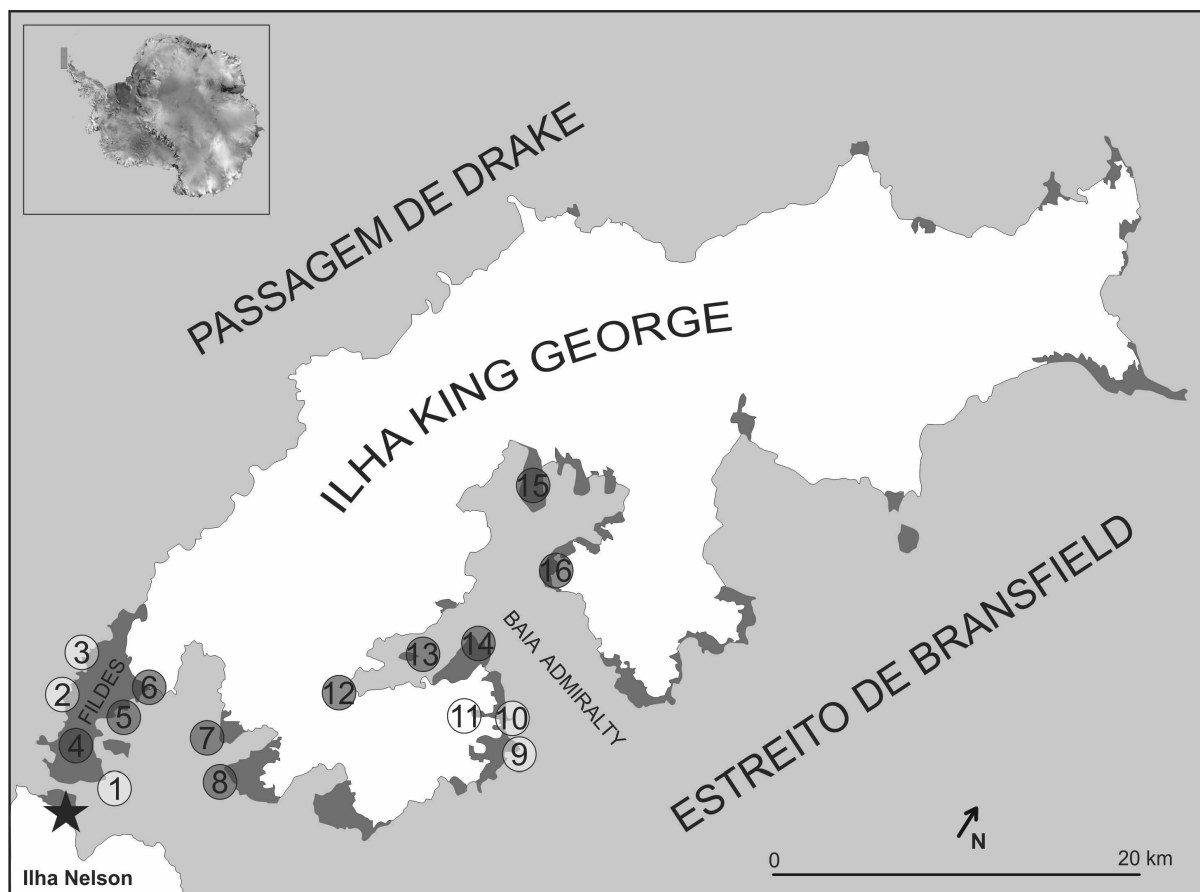


Figura 1

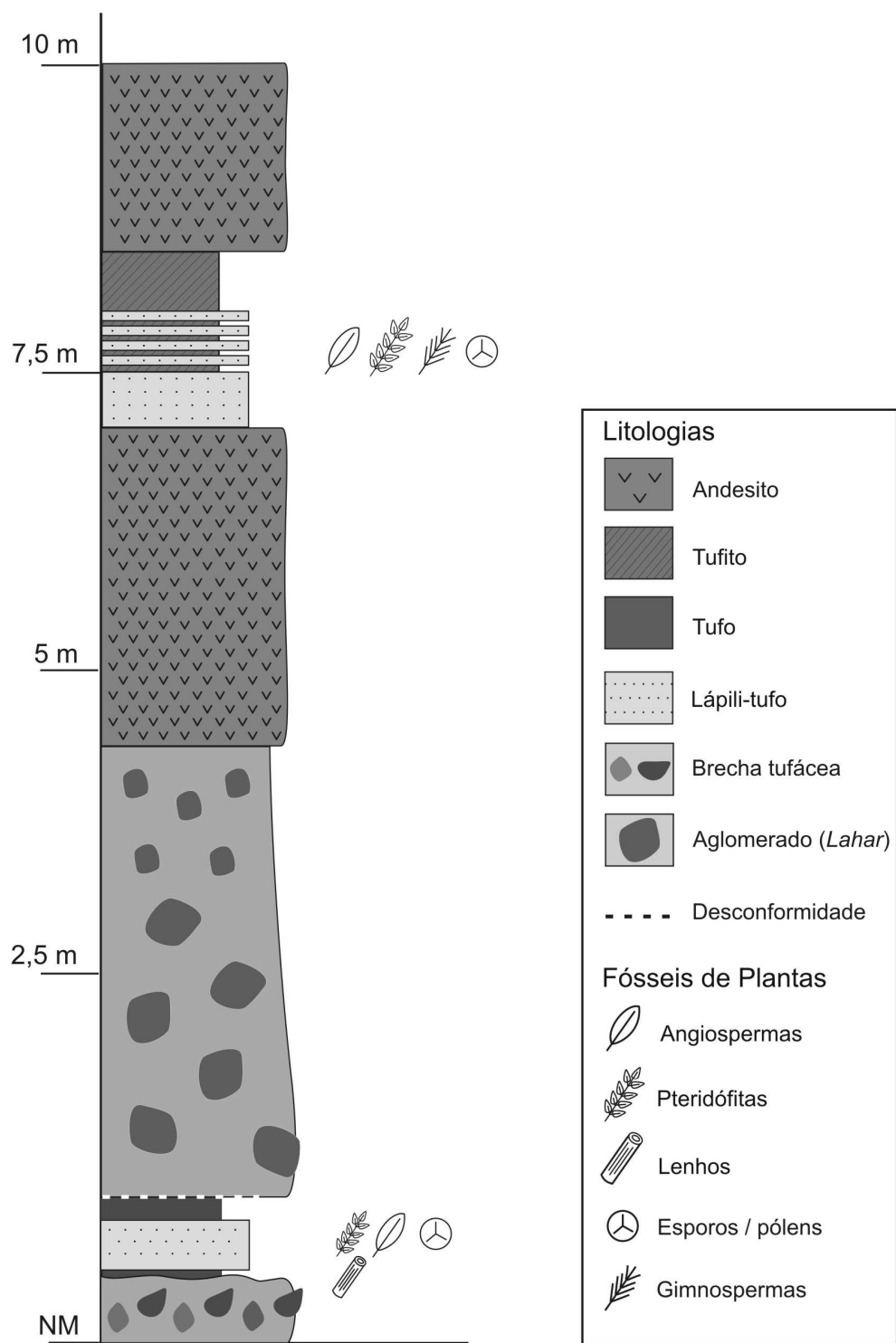


Figura 2

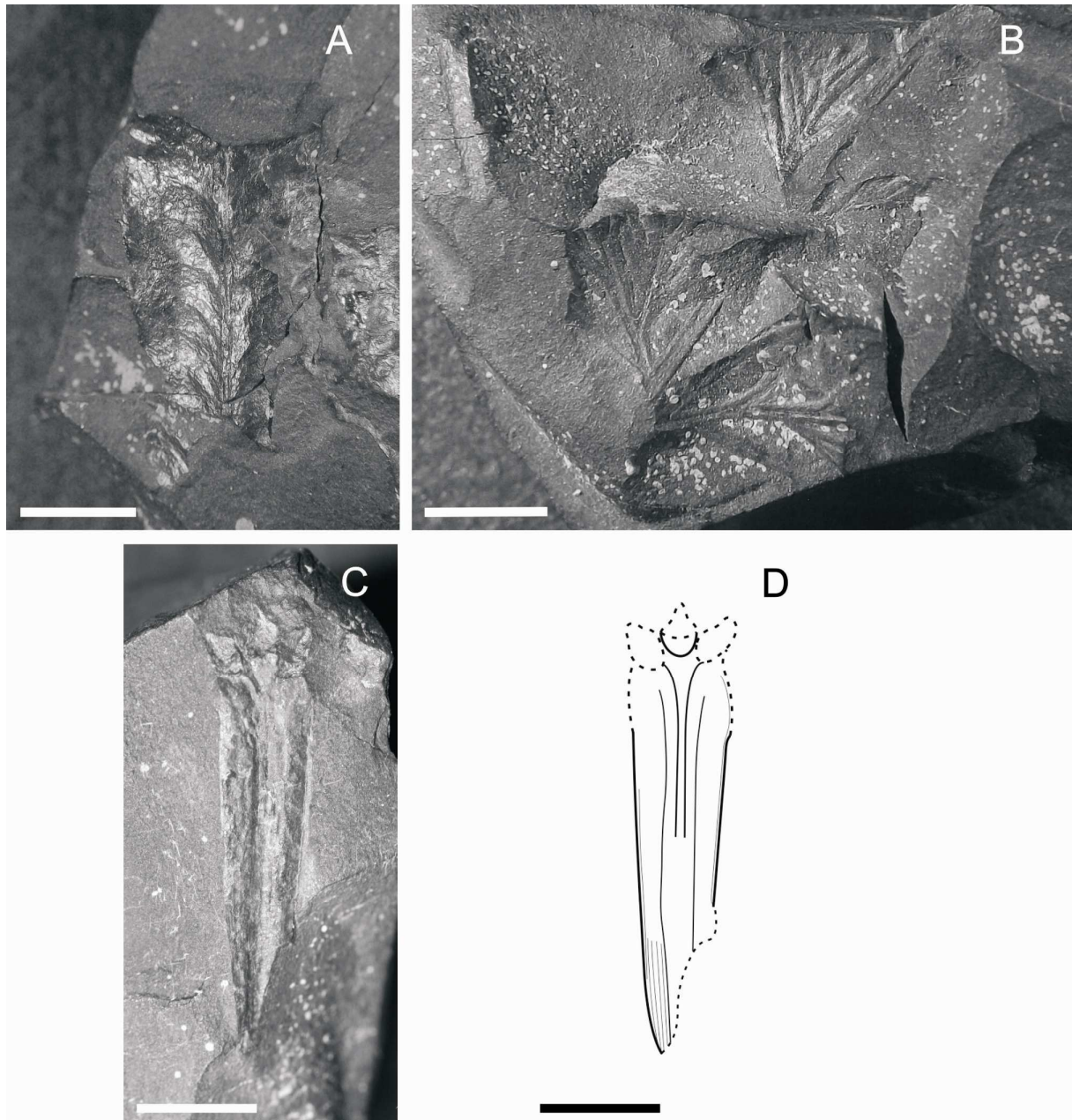
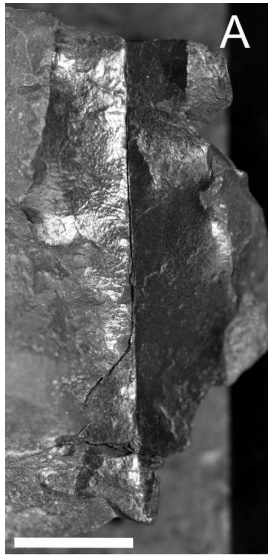
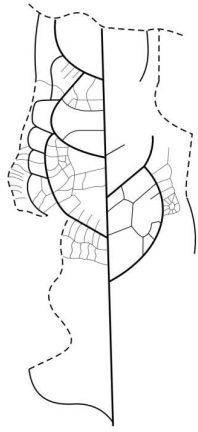


Figura 3



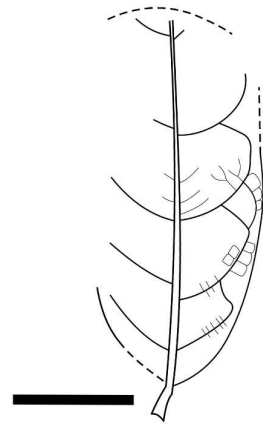
A



B



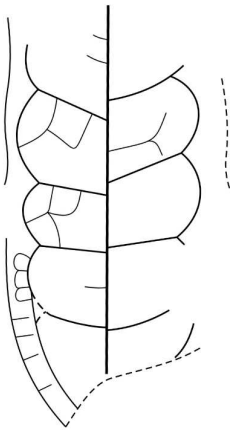
C



D



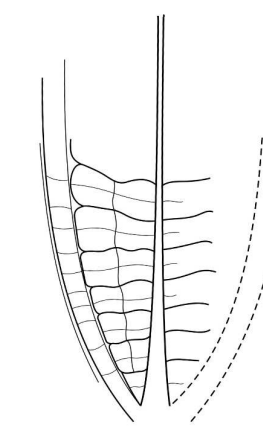
E



F



G



H

Figura 4

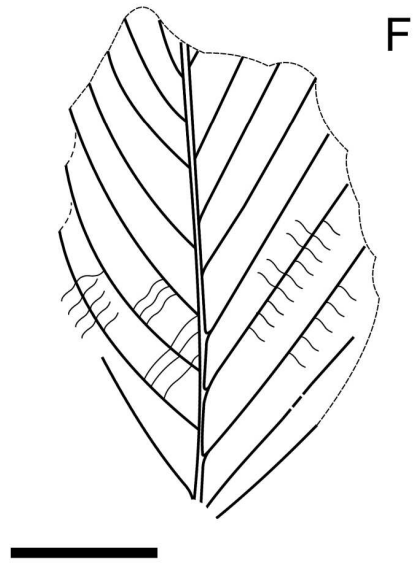
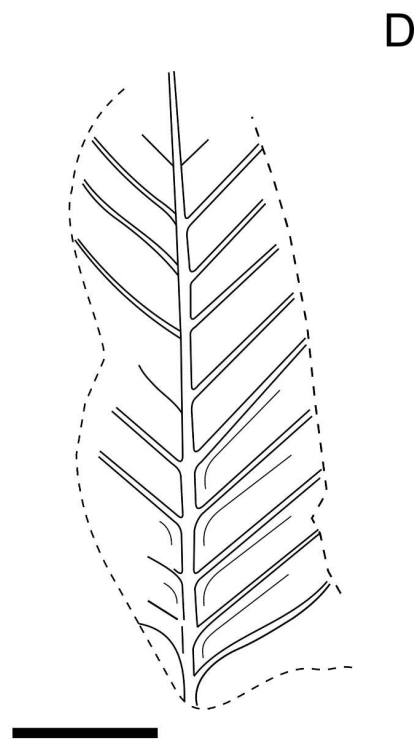
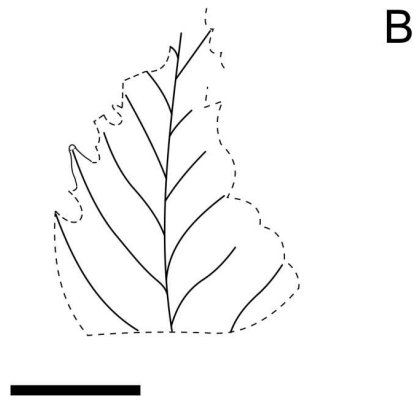


Figura 5

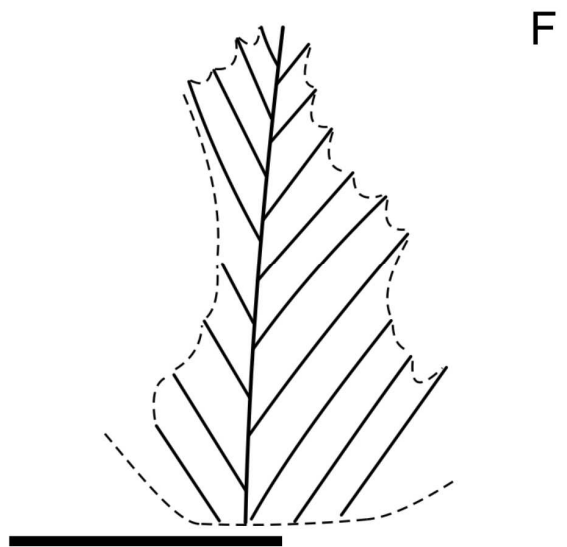
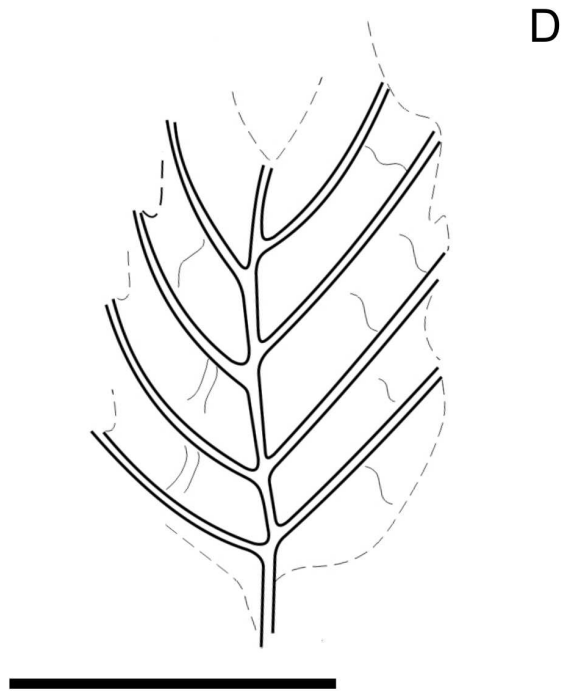
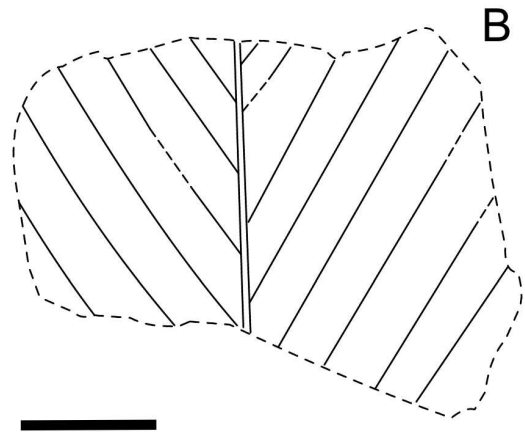
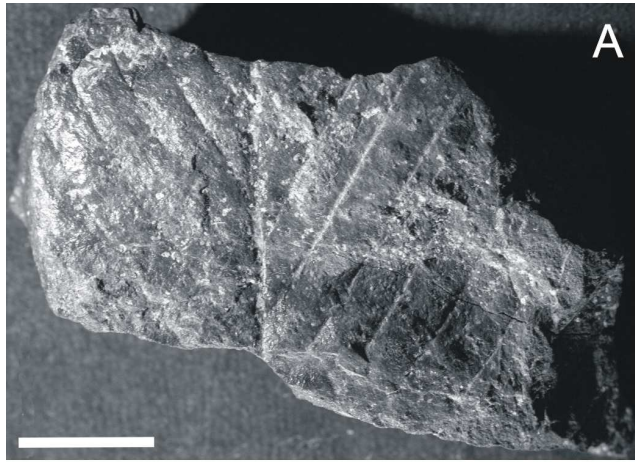


Figura 6

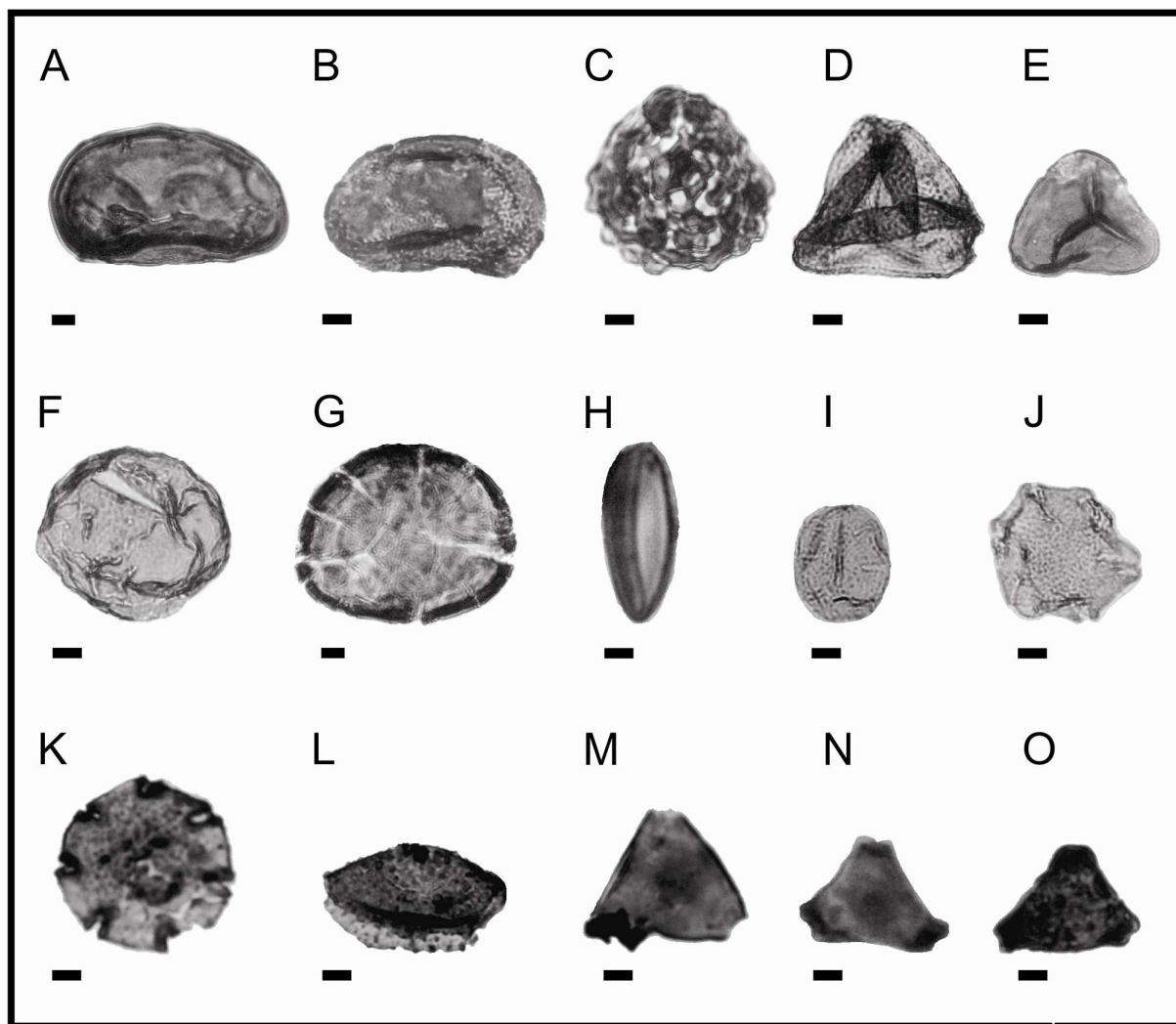


Figura 7

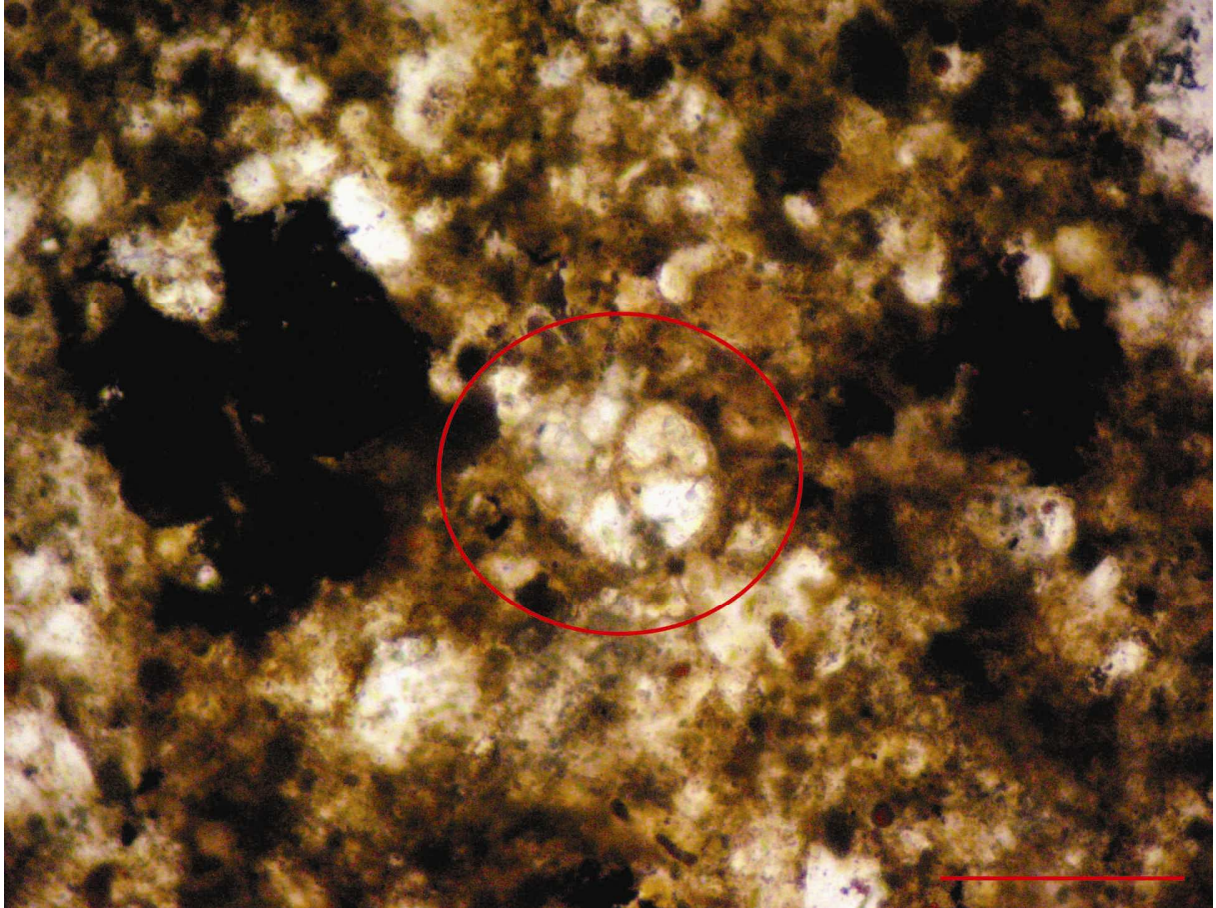


Figura 8