



**UFRJ**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

**PALINOLOGIA ANTÁRTICA: APLICAÇÃO DO GRÃO DE PÓLEN E ESPOROS  
COMO BIOTRAÇADOR PARA IDENTIFICAÇÃO DO TRANSPORTE  
ATMOSFÉRICO ENTRE A AMÉRICA DO SUL E A ANTÁRTICA**

**LUIZ ANTONIO DA COSTA RODRIGUES**

2016



UFRJ

PALINOLOGIA ANTÁRTICA: APLICAÇÃO DO GRÃO DE PÓLEN  
COMO BIOTRAÇADOR PARA IDENTIFICAÇÃO DO TRANSPORTE  
ATMOSFÉRICO ENTRE A AMÉRICA DO SUL E A ANTÁRTICA

Luiz Antonio da Costa Rodrigues

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Botânica).

Orientadores: Dra. Vania Gonçalves- Esteves

Dr. Alexandre Santos de Alencar

Rio de Janeiro

Fevereiro de 2016

PALINOLOGIA ANTÁRTICA: APLICAÇÃO DO GRÃO DE PÓLEN COMO  
BIOTRAÇADOR PARA IDENTIFICAÇÃO DO TRANSPORTE ATMOSFÉRICO  
ENTRE A AMÉRICA DO SUL E A ANTÁRTICA

Luiz Antonio da Costa Rodrigues

Orientadores: Dra. Vania Gonçalves Lourenço Esteves e Dr. Alexandre Santos de  
Alencar

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências  
Biológicas (Botânica), Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro -  
UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em  
Ciências Biológicas (Botânica).

Aprovada por:

---

Presidente, Prof. Dra. Cláudia Barbieri Ferreira Mendonça

---

Prof. Dr. Alexandre Santos de Alencar

---

Prof. Dr. Marcus Vinícius Licínio

---

Prof. Dra. Lygia Dolores Ribeiro de Santiago Fernandes

---

Prof. Dr. Marcelo de Araújo Carvalho

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2016

# DEDICATÓRIA

À minha família, amigos, professores e aos brasileiros que jamais sentarão nos bancos de uma universidade, dedico.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera, pelo apoio financeiro para elaboração do trabalho.

À minha orientadora, Dra Vania Gonçalves Lourenço Esteves, suas palavras e conselhos transcenderam a colaboração ímpar para o meu crescimento profissional. Seus ensinamentos transformaram minha maneira de viver, suas palavras sempre me trouxeram paz e consolo nos momentos mais adversos. Em meio às críticas e correções de incontáveis medidas e fotografias ao microscópio encontrei uma grande amiga. Muito obrigado pelo apoio, confiança, abrigo, credibilidade e pela imensurável colaboração na minha formação profissional! Dra. Vania, sem seu apoio essa conquista não seria possível!

Ao meu orientador Alexandre Santos de Alencar, sua perspicácia e visão colaboraram de maneira indescritível para o andamento do presente trabalho. Agradeço a confiança, os ensinamentos e a maneira ética com que conduziu nossa interação. Dr. Alexandre, compreender processos dinâmicos que envolvem o Continente Antártico é apenas uma escolha e “uma escolha muda tudo”, quando se pretende dedicar ao entendimento das incontáveis variáveis que impactam nosso ambiente. Gostaria de expressar minha gratidão pela confiança e credibilidade e pela disponibilização das amostras utilizadas no desenvolvimento do presente trabalho!

Ao Professor Dr. Marcelo de Araújo Carvalho, pela revisão do texto final do presente trabalho. Dr. Marcelo, sua colaboração foi indispensável para conclusão desta dissertação, o convívio e o conhecimento transmitidos ao longo dos últimos meses contribuíram significativamente para compreensão dos processos tafonômicos e sua importância para compreensão de paleoambientes e mudanças climáticas.

À Dra Cláudia Barbieri Ferreira Mendonça, por toda confiança e paciência dedicadas. Sua presença, ética e seriedade foram indispensáveis ao meu desenvolvimento científico. Gostaria de expressar minha gratidão por ter acreditado e confiado no potencial do presente trabalho. Dra. Cláudia, obrigado pelas palavras de fé e principalmente por estar sempre disposta a ensinar e colaborar na identificação dos mais diversos artefatos encontrados em nossas lâminas.

Ao Dr. Heitor Evangelista da Silva, sua experiência em campanhas antárticas e conhecimento no estudo do clima e paleoclima foram indispensáveis ao desenvolvimento do presente trabalho. Gostaria de expressar minha gratidão pela dedicação na busca por alternativas metodológicas, pela disponibilidade das amostras antárticas e das instalações do Laboratório de Radioecologia e Mudanças Globais-LARAMG da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Agradeço a confiança, credibilidade e principalmente pela colaboração no desenvolvimento desta pesquisa. Dr. Heitor, “ainda há muito para ser feito”, muito obrigado!

Ao Dr. Antonio Carlos Freitas (ACAF), sua experiência, inteligência emocional e perspicácia garantiram o cerne deste trabalho. Os momentos de conselho, as longas e

produtivas conversas jamais serão esquecidas. Sua contribuição iniciou ainda na redação do projeto de pesquisa que seria submetido ao longo do processo seletivo ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Museu Nacional. Na ocasião estávamos em um evento científico no Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável, na Ilha Grande- Rio de Janeiro e suas críticas e sugestões foram acatadas e colaboraram para que eu pudesse lograr êxito na seleção. Gostaria de expressar minha gratidão pela credibilidade que depositou na minha capacidade técnica e profissional. Dr. Antonio, sua contribuição para o meu desenvolvimento profissional e pessoal, foram indispensáveis!

À Dra. Elaine Alves dos Santos, por apresentar de maneira tão clara e objetiva as ferramentas existentes para elaboração de modelos de trajetórias atmosféricas. Dra. Elaine, sua sabedoria, amizade e apoio foram indispensáveis ao desenvolvimento do presente trabalho. Gostaria de expressar minha gratidão pelo cuidado, pelas palavras de sabedoria, pelos fins de semana dedicados à leitura de textos e correções de resumos que levaram informações sobre o projeto à centenas de pessoas por todo o Brasil.

Às professoras Dra Bárbara de Sá Haiad e Dra. Lygia Santiago-Fernandes, pelo apoio e credibilidade dedicados na identificação de fibras vegetais em amostras de neve recente. Gostaria de agradecer o apoio, a disponibilização das dependências do laboratório de Anatomia Vegetal e o incentivo a desenvolvimento pessoal. Vocês acreditaram que era possível transformar, muito obrigado!

Ao professor Dr. Roberto Lourenço Esteves, pelos conselhos, dicas e críticas. Dr. Roberto sua presença é inspiradora e suas palavras inquietantes. Gostaria de agradecer o apoio e destacar que muito do que agora sou como profissional e também como cidadão tem sua contribuição. Das breves conversas às discussões de temas de cunho político e pessoal, guardei tudo o que pude.

À bióloga Ana Carolina Mezonato Pires, pela disposição, paciência, atenção e incentivo recebidos.

À bióloga Natália de Paula Sá pela preparação das amostras de sedimentos. Gostaria de expressar minha gratidão pela paciência, companheirismo e empolgação com que sempre tratou o trabalho. Natália, nossas tardes no laboratório de preparação de amostras colaboraram no meu desenvolvimento profissional e na elaboração de uma visão crítica sobre a atividade científica.

À bióloga Daniele Pedrosa Monteiro, pelo carinho e admiração com que sempre me tratou. Daniele, obrigado pelas dicas pessoais e pelo incentivo!

Ao biólogo Pedro César Teixeira pela amizade, colaboração, pelo auxílio técnico indispensável durante o desenvolvimento do presente trabalho. Pedro, sua companhia e apoio foram cruciais ao desenvolvimento do projeto. Muito obrigado!

À Sônia Maria Ignácio Teixeira, pela colaboração no desenvolvimento do trabalho. Gostaria de agradecer o carinho, respeito, credibilidade e bom humor!

Aos professores dos Departamentos de Botânica e Geologia e Paleontologia do Museu Nacional por todo ensinamento durante minha caminhada acadêmica.

Aos colaboradores do Laboratório de Radioecologia e Mudanças Globais (LARAM) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, pelo apoio nos momentos de alongamento, pelas críticas e sugestões ao longo dos incontáveis seminários e principalmente pela recepção e incentivo ao desenvolvimento científico.

À amiga, estagiária e agora bióloga Kamila da Matta Agostini, por sua companhia, confiança e lealdade. Gostaria de expressar minha gratidão pelo apoio recebido nos últimos dois anos, pelas intermináveis conversas, pelos fins de semana dedicados à mensuração de grãos de pólen e revisão bibliográfica, por conseguir entender cada demanda do projeto sem que eu pronunciasse uma única palavra. Guardo profunda gratidão pelo apoio recebido, pelas discussões científicas produtivas e pelos convites para programas de lazer e *Milk Shake*.

Aos amigos do laboratório de palinologia: Ana Carolina Mezzonato, Elysiane Marinho, Gabrielle Reboredo, Hian Carlos, Jéssica, Ana Carolina Fourny, Priscilla, Raquel Maria, Mariana Albuquerque e Tatiane, pelo apoio, carinho e confiança. Prezados guardarei com admiração respeito cada sugestão, correção e também os momentos de descontração.

À minha amiga Viviane Gonçalves Câmara, por acreditar nos meus sonhos como se seus fossem, por ser inúmeras vezes a primeira leitora dos meus textos acadêmicos. Sua colaboração enquanto colega de trabalho foi decisiva para o meu desenvolvimento profissional. Não existem palavras que possam expressar minha gratidão por me fazer sorrir nos momentos mais difíceis e por ser fonte inesgotável de criatividade e incentivo. Esse passo (mestrado) é uma conquista nossa.

À minha amiga Tatiane Alves da Costa, sua colaboração, inteligência emocional e presença foram essenciais para conclusão deste trabalho. A amizade construída ao longo dos anos tem sido cativante, inspiradora e fonte de motivação. Gostaria de expressar o orgulho que sinto em ter seu apoio!

À bióloga Renata Gabrielle, pelo apoio no uso de base de dados taxonômicos, pela companhia, pela elaboração de versão de textos em língua estrangeira e pelo incentivo pessoal.

À minha mãe Aldinéa Borges da Costa Rodrigues, por acreditar nos meus sonhos, pelo apoio incondicional ao meu desenvolvimento profissional e pessoal e por cultivar a curiosidade e interesse pela botânica enquanto cuidávamos de sua plantação de quiabos (*Abelmoschus moschatus*).

Ao meu pai Sildenir de Oliveira Rodrigues, por acreditar nos meus sonhos, pelo apoio incondicional ao meu desenvolvimento profissional e por sua visão crítica.

Às minhas irmãs Talita e Keila, pelo apoio, incentivo e admiração. Meninas vocês representam fonte de motivação para minhas empreitadas.

Aos meus tios e primos pela curiosidade, pelo apoio e admiração.

Aos que partiram do plano físico da existência humana, mas que se fazem presente nas lembranças, por seu apoio e colaboração direta ou indireta enquanto tive o privilégio de conviver com vocês. Dentre estes destaco o Sr. Sérgio por sua contagiante empolgação com o tema Antártica. Obrigado por me fazer acreditar na possibilidade do transporte do grão de pólen para o Continente Antártico.

# FICHA CATALOGRÁFICA

Costa Rodrigues, Luiz Antônio da.

Palinologia Antártica: Aplicação do grão de pólen como biotraçador para identificação do transporte atmosférico entre a América do Sul e a Antártica / Luiz Antonio da Costa Rodrigues. - Rio de Janeiro: UFRJ/ MN, 2016.

xvi, 66f.: il.;

Orientadores: Vania Gonçalves Lourenço Esteves e Alexandre Santos de Alencar

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ MN/ Programa de Pós-graduação Ciências Biológicas (Botânica), 2016.

Referências Bibliográficas: f. 79-87.

1. Antártica. 2. Palinologia. 3. Biotraçadores. 4. Teleconexões I. Esteves Vania Gonçalves Lourenço, e Alencar, Alexandre Santos de. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional- Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica). III. Palinologia Antártica: Aplicação do grão de pólen como biotraçador para identificação do transporte atmosférico entre a América do Sul e a Antártica.

## RESUMO

### PALINOLOGIA ANTÁRTICA: APLICAÇÃO DO GRÃO DE PÓLEN COMO BIOTRAÇADOR PARA IDENTIFICAÇÃO DO TRANSPORTE ATMOSFÉRICO ENTRE A AMÉRICA DO SUL E A ANTÁRTICA

Luiz Antonio da Costa Rodrigues

Orientadores: Dra. Vania Gonçalves Lourenço Esteves e Dr. Alexandre Santos de Alencar

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

O isolamento geográfico da Antártica associado às baixas temperaturas decorrentes do albedo e Corrente Circumpolar garantem a influência na regulação do clima global e nos ecossistemas do planeta. O presente trabalho teve como objetivo identificar a viabilidade do uso de grãos de pólen como biotraçadores do transporte atmosférico entre o Continente Antártico e a América do Sul. Para elaboração da pesquisa foram utilizadas amostras de neve coletadas em três pontos distintos no interior da Ilha Joinville no ano de 2005, bem como amostras de água de 10 lagos de degelo e um testemunho de sedimentos lacustre coletados na Ilha Rei George. As amostras foram coletadas pelo laboratório de Radieocologia e Mudanças Globais da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e analisadas palinologicamente no Laboratório de Palinologia Professor Álvaro Xavier Moreira, do Museu Nacional-Universidade Federal do Rio de Janeiro. As análises revelaram a presença de grãos de pólen de espécies como *Oreopolus glacialis* (Poepp.) Ricardi, *Adenodanthera colubrina* e esporo de *Blechnum* L, nas amostras de neve e água de lagos de degelo. Os táxons representados apresentam distribuição geográfica que contempla a América do Sul. O uso da plataforma *HYSPLIT - Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory*, permitiu avaliar a as possíveis trajetórias das massas de ar que alcançaram os pontos de coleta de neve na Ilha Joinville e associar a biogeografia das espécies representadas nas amostras com trajetórias de massas de ar. As amostras analisadas continham grãos de pólen e esporos além de outros palinomorfs e a biogeografia das espécies encontradas revelou o transporte polínico tendo como termo-fonte a região da Cordilheira dos Andes, demonstrando a viabilidade do uso do grão pólen como biotraçador do transporte atmosférico. Palavra-Chave: Antártica; Palinologia; Biotraçadores; Teleconexões.

Rio de Janeiro

Fevereiro de 2016

# ABSTRACT

## ANTARCTIC PALYNOLOGY: POLLEN GRAIN APPLICATION AS A BIOMARKER TO IDENTIFY THE ATMOSPHERIC TRANSPORT BETWEEN SOUTH AMERICA AND ANTARCTICA

Luiz Antonio da Costa Rodrigues

Orientadores: Dra. Vania Gonçalves Lourenço Esteves e Dr. Alexandre Santos de Alencar

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Geographic isolation of Antarctica, added to the low temperatures resulting from albedo and Circumpolar Current, ensures the influence in regulating the global climate and the ecosystems of the planet. This study aimed to identify the feasibility of using pollen as biomarkers of the atmospheric transport between Antarctic and South America. For drafting of this research, snow samples at three different points collected in the year of 2005 within the Island Joinville were used, as well as 10 defrost water lake and core of lacustrine sediments collected at King George Island. These samples were collected by the Radiocologia and Global Change laboratory of the State University of Rio de Janeiro and analyzed palynologically at the Professor Alvaro Xavier Moreira Palynology Laboratory of the National Museum of the Federal University of Rio de Janeiro. The analysis revealed the presence of pollen grains of *Oreopolus glacialis* (Poepp.) Ricardi, *Adenodanthera colubrina* and spore *Blechnum* L species in the samples of snow and defrost water lake. The represented taxa have geographic distribution including South America. The use of the platform HYSPLIT - Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory, allowed to evaluate the possible trajectories of air masses that reached the snow collection points on the Island Joinville and also to associate the biogeography of the species represented in the samples with trajectories of air masses. The samples analyzed contained pollen grains and spores as well as other palynomorphs, and biogeography of the species found showed that the pollen transport has the Andes as a heat source, showing the feasibility of using the grain pollen as atmospheric transport biomarker.

Keyword: Antarctica; palynology; biomarkers.

Rio de Janeiro

Fevereiro de 2016

# SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b>	vi
<b>RESUMO</b>	x
<b>ABSTRACT</b>	xi
<b>LISTA DE TABELAS</b>	Xi
	v
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	Xv
<b>CAPÍTULO 1(REFERENCIAL TEÓRICO)</b>	
<b>1.1. INTRODUÇÃO.....</b>	18
<b>1.2. O CONTINENTE ANTÁRTICO.....</b>	18
<b>1.2.1 Aspectos geológicos do Continente Antártico.....</b>	20
<b>1.2.2. A Antártica e o Clima Global.....</b>	22
<b>1.3. Teleconexões Atmosféricas.....</b>	25
<b>1.4. O grão de pólen.....</b>	27
<b>1.5. Angiospermas antárticas.....</b>	29
<b>1.6. Área de estudo.....</b>	30
<b>1.6.1. Breve caracterização das Ilhas Rei George e Joinville.....</b>	31
<b>1.6.2. Ilha Joinville.....</b>	32
<b>1.6.3 Ilha Rei George.....</b>	33
<b>1.7. Objetivo geral.....</b>	35
<b>1.7.1 Objetivos específicos .....</b>	35
<b>Capítulo2 (Conceitos, técnicas, material e métodos aplicados ao estudo palinológico de amostras do Continente Antártico).....</b>	35
<b>2.1. Introdução.....</b>	38
<b>2.1.1. Práticas laboratoriais na prevenção à contaminação.....</b>	38
<b>2.1.2. Coleta e armazenamento de neve recente.....</b>	39
<b>2.1.2. Coleta e armazenamento de água em lagos de degelo.....</b>	40
<b>2.1.3. Coletas de Sedimentos Lacustre.....</b>	43
<b>2.2. Processamento de amostras de neve, água e sedimentos- preparo das lâminas palinológicas.....</b>	42
<b>2.2.1. Processamento das amostras de neve.....</b>	44
<b>2.2.2. Processamento das amostras de água.....</b>	45
<b>2.2.3 Preparo e análise das amostras de sedimentos lacustre.....</b>	45
<b>2.3. Microscopia, descrição e registro.....</b>	46
<b>2.4. Modelos para interpretação de tendências do transporte atmosférico entre a América do Sul e a Antártica.....</b>	46
<b>Capítulo 3 (Resultados das análises de matrizes ambientais, discussões e conclusões)</b>	
<b>3.1. Introdução: resultados, discussões e conclusões.....</b>	48
<b>3.2. Registros palinológicos em neve - Ilha Joinville.....</b>	49
<b>3.2.1. Resultados palinológicos identificados no testemunho- Ponto W.....</b>	49
<b>3.2.2. Descrição polínica e dados gerais das espécies representadas no Ponto</b>	52

W

<b>3.2.3. Resultados palinológicos identificados no testemunho- Ponto-TG2.....</b>	<b>54</b>
<b>3.2.4. Descrição polínica e dados gerais das espécies representadas no Ponto TG2.....</b>	<b>56</b>
<b>3.3.1. Registro palinológico em água de lagos de degelo.....</b>	<b>60</b>
<b>3.3.2. Descrição polínica e dados gerais das espécies representadas no Ponto 5.</b>	<b>61</b>
<b>3.3.3. Descrição polínica e dados gerais das espécies representadas no Ponto 6.</b>	<b>60</b>
<b>3.3.4. Descrição polínica e dados gerais das espécies representadas no Ponto 7.....</b>	<b>61</b>
<b>3.4.5. Descrição polínica e dados gerais das espécies representadas no Ponto 8.....</b>	<b>61</b>
<b>3.5. Registro Palinológico em perfil de sedimentos lacustre.....</b>	<b>64</b>
<b>3.6. Modelagem atmosférica.....</b>	<b>66</b>
<b>3.7. Discussão.....</b>	<b>70</b>
<b>3.8. Conclusões.....</b>	<b>78</b>
<b>3.9. Referências bibliográficas.....</b>	<b>79</b>
<b>Apêndice (Guia simplificado para processamento de amostras de água e neve).....</b>	<b>87</b>
<b>Anexo-1(Trajatórias para o Verão do ano de 2003- Ilha Joinville).....</b>	<b>88</b>
<b>Anexo 2(Trajatórias para o Verão do ano de 2003- Ilha Joinville).....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo 3(Trajatórias para o Verão do ano de 2004- Ilha Joinville).....</b>	<b>91</b>
<b>Anexo 4(Trajatórias para o Verão do ano de 2004- Ilha Joinville).....</b>	<b>92</b>
<b>Anexo 5(Trajatórias para o Verão do ano de 2005 Ilha Joinville).....</b>	<b>93</b>
<b>Anexo 6(Trajatórias para o Verão do ano de 2005 Ilha Joinville).....</b>	<b>94</b>
<b>Anexo 7(Trajatórias para o Verão do ano de 2005 Ilha Joinville).....</b>	<b>95</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela I- Coordenadas Geográficas dos pontos de coleta na Ilha Joinville.....	41
Tabela II- Coordenadas Geográficas dos pontos de coleta em lagos de degelo-IRG.....	42
Tabela III- Perfil de sedimentos amostrado e peso das alíquotas.....	43
Tabela IV- Variação da concentração polínica ao longo do testemunho coletado no Ponto W.....	51
Tabela V- Variação da concentração polínica ao longo do testemunho coletado no Ponto TG2.....	55
Tabela VI- Quantitativo do registro de grãos de pólen e esporos nas amostras de água de lagos de degelo e neve.....	63
Tabela VII- Amostras de sedimentos com resultados palinológicos .....	64
Tabela VIII- Registro qualitativo dos resultados polínicos para o perfil de sedimentos lacustre.....	66

## LISTA DE FIGURAS

Figura -1: Principais topônimos antárticos, adaptado de Simões (2011).....	20
.....	
Figura- 2 Principais blocos crustais envolvidos na ligação entre o sul da Península e o Continente Antártico ao longo do Triássico, adaptado de Basto (2012).....	21
Figura-3: Principais zonas envolvidas na ligação entre o sul da Península e o Continente Antártico ao longo do Triássico, adaptado de Bastos (2012).....	22
Figura-4: Mapa do Continente Antártico demonstrando a divisão em Ocidental e Oriental, adaptado de Simões (2004).....	31
Figura 5: Mapa da Ilha Rei George, demonstrando áreas livres de gelo e estações científicas, adaptado de Simões (2004).....	33
Figura- 6: Lagos e cursos de água na Península Fildes, adaptado de Peter <i>et al.</i> (2008).....	34
Figura-7: Localização dos pontos de coleta na Ilha Joinville, adaptado de Alencar (2007).....	40
Figura- 8: Imagem aérea mostrando distribuição dos pontos de coleta na Ilha Rei George.....	42
Figura- 9: Grãos de pólen e esporos encontrados no Ponto W (Ilha Joinville).....	50
Figura- 10: Passiflora subg. <i>P. alata</i> .....	52
Figura-11: Grãos de pólen e esporos encontrados no Ponto TG2 (Ilha Joinville).	54
Figura 12: <i>O. glacialis</i> var. <i>glacialis</i> .....	56
Figura-13: Cyperaceae Juss.....	56
Figura- 14 : <i>Blechnum</i> L.....	57
Figura- 15: <i>chultesia</i> Mart.....	58
Figura-16: <i>Brosimum</i> Sw.....	58
Figura-17: Grãos de pólen e esporos identificados em água de lagos de degelo-IRG.....	62
Figura- 18: Registro polínico de amostras de perfil de sedimentos lacustre.....	64
Figura-19: Compilação de modelos de trajetórias de massas de ar.....	64
Figura-20: Análise temporal (mensal-verão Austral de 2003) do quantitativo de possíveis trajetórias modeladas para região de coleta.....	67
Figura-21: Análise temporal (mensal-verão Austral de 2004) do quantitativo de possíveis trajetórias modeladas para região de	67

coleta.....	
Figura-22: Análise temporal (mensal-verão Austral de 2005) do quantitativo de possíveis trajetórias modeladas para região de coleta.....	68
Figura-23: Percentual de trajetórias com origem na América do Sul e altitude de início.....	68
...	
Figura-24: Série temporal de focos de queimada para o território brasileiro.....	70
Figura-25: Demonstrativo da Velocidade média (km/h) na Estação Antártica Comandante Ferraz.....	71
Figura-26: Diagrama mostrando as principais origens e fontes de impurezas solúveis depositadas na neve e no gelo polar.....	72
Figura-27: Planta baixa da Unidade Operacional de Pesquisa do Laboratório Professor Álvaro Xavier Moreira.....	87

# **CAPÍTULO 1**

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

## **1.1 INTRODUÇÃO**

O capítulo introdutório apresenta informações preliminares sobre a região estudada, seu processo de isolamento climático, além de apresentar conceitos sobre teleconexões e traçadores do transporte atmosférico. Ao final do capítulo são apresentados os objetivos que nortearam o desenvolvimento das atividades de pesquisa do presente trabalho. Encontra-se dividido em seções temáticas e provê informações básicas para compreensão, após a apresentação dos resultados no capítulo 3, do uso de biotraçadores atmosféricos.

## **1.2 O CONTINENTE ANTÁRTICO**

Descoberto no início do século XIX, o Continente Antártico também denominado simplesmente Antártica, encontra-se localizado na porção austral do globo terrestre e representa grande parte da Criosfera do planeta (Fox & Cooper, 1994). O termo Criosfera define todo gelo e neve existente de forma natural na superfície terrestre (Simões, 2004). O Continente possui área aproximada de 13.600.000 km<sup>2</sup>, altitude média de 2.300 m e encontra-se coberto por uma camada de neve/gelo de aproximadamente 4,5 km de espessura. Possui formação geográfica com regiões livres de gelo, cadeias de montanhas, ilhas, vulcões ativos e lagos de degelo, entre outras formações características.

Processos históricos de divergências políticas, ideológicas e territorialistas existiram ao longo de décadas, envolvendo interesses econômicos e ideológicos. As razões precípuas de tais divergências podem ser amparadas em diferentes teorias, tais como: I) Teoria da Descoberta (Silva, 1987), que atribui o direito à posse para os pretensos descobridores de territórios antárticos e subantárticos; II) Teoria dos Quadrantes, que defende a divisão do Continente em parcelas formadas por seções imaginárias com referências às áreas fronteiriças dos países reivindicadores e III) Teoria da Ocupação Efetiva, que defende a legalidade da ocupação aos países que efetivamente promovem a colonização da Antártica. No dia 01 de dezembro de 1959, quatorze países assinaram em Washington (EUA) o Tratado Antártico reconhecendo a importância do Continente Antártico, as divergências territorialistas e os riscos diplomáticos com sua pecúnia ambiental e política. Este documento reconhece ser de interesse da humanidade a conservação da Antártica, com uso exclusivo para fins pacíficos, figurando desde então, como marco regulatório das atividades desenvolvidas neste Continente.

O Continente Antártico apresenta extremos característicos, configurando-se como o mais ventoso e o com menor índice de precipitação (podendo alcançar 30 mm ao ano). Dentre suas características geológicas pode-se destacar a presença de achados fósseis datados de 260 milhões de anos e outros indicadores de eventos paleontológicos, relacionados à compreensão da Deriva Continental (INACH, 2006). A Antártica representa, possivelmente, a porção do planeta mais preservada ecologicamente.

O Continente de superfície congelada e atmosfera pristina, não está livre da ação antrópica. A ação antrópica e outros agravos serão abordados ao longo das próximas seções. Cabe antecipar a importância da riqueza de espécies para uma região de ambiente tão restrito. A fauna e flora locais não encontram, em todo o Continente, as mesmas condições para o estabelecimento de populações estando, dessa forma, restritas às regiões de clima menos rigoroso. Para permitir a pesquisa científica e mitigar o impacto humano foram criadas as *Antarctic Specially Protected Area (ASPA)*, Áreas Antárticas de proteção especial, que se configuram como localidades de acesso restrito. No entanto, o trânsito de veículos, o sobrevôo de aeronaves e a atividade turística na região foram apontados como fatores de risco para impacto em colônias de pinguins, áreas de interesse paleoecológico, estabelecimento de populações vegetais e contaminação de água de lagos, sendo tais informações destacadas em relatório do *Institute of Ecology, Friedrich Schiller University Jena* no ano de 2007.

### 1.2.1. ASPECTOS GEOLÓGICOS DO CONTINENTE ANTÁRTICO

Aparentemente contínuo devido a cobertura do manto de gelo e neve, o Continente é formado por duas massas de terra com histórias geológicas divergentes e que atualmente separam a Antártica em Continente Antártico ou Antártica Oriental e Península Antártica ou Antártica Ocidental (Figura 1).

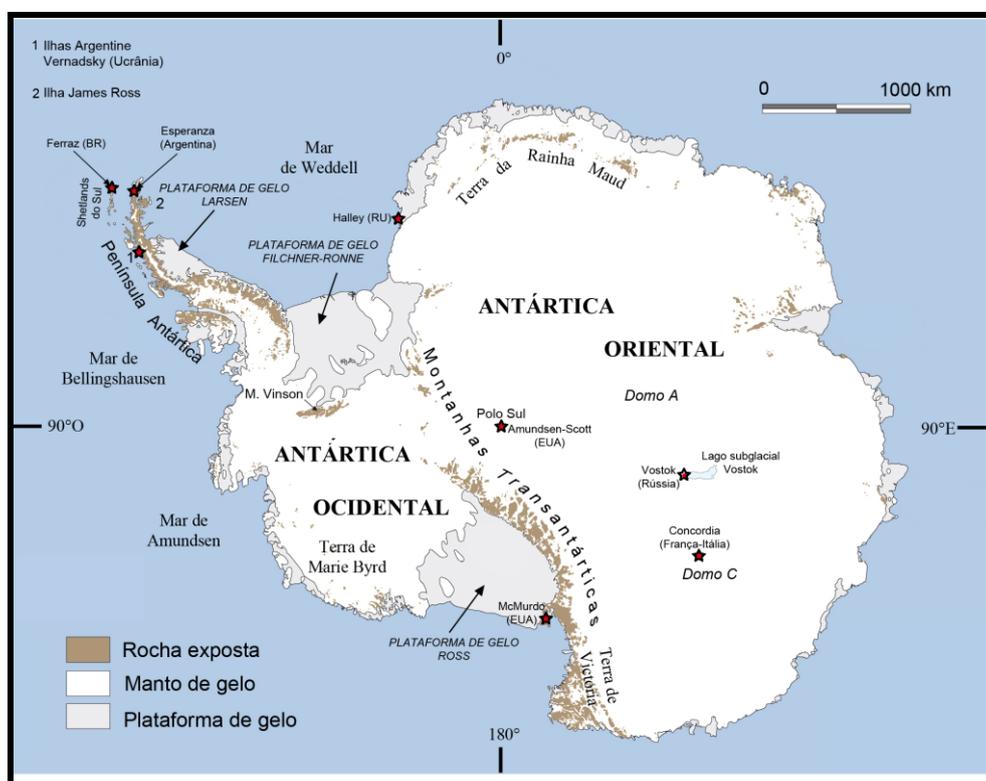


Figura 1: Principais topônimos antárticos, adaptado de Simões (2011).

Segundo Elliot (1991) as duas grandes massas de terra teriam se unido em um movimento convergente ao longo do Triássico, configurando a Bacia Transantártica (Figura 1). O Continente Antártico teve sua formação entre o Meso e Neomesozóico, e sua localização polar fora mantida ao longo de sua história geológica. Durante tal processo os Continentes do atual Hemisfério Sul, dele divergiram entre o Jurássico e o Oligoceno Inferior. Cunningham *et al.* (1995) e Bastos (2012) afirmam que a América do Sul teria sido isolada geologicamente da Antártica há 40 Ma, tendo como consequência o espalhamento de massas de terra que originaram a Península Antártica.

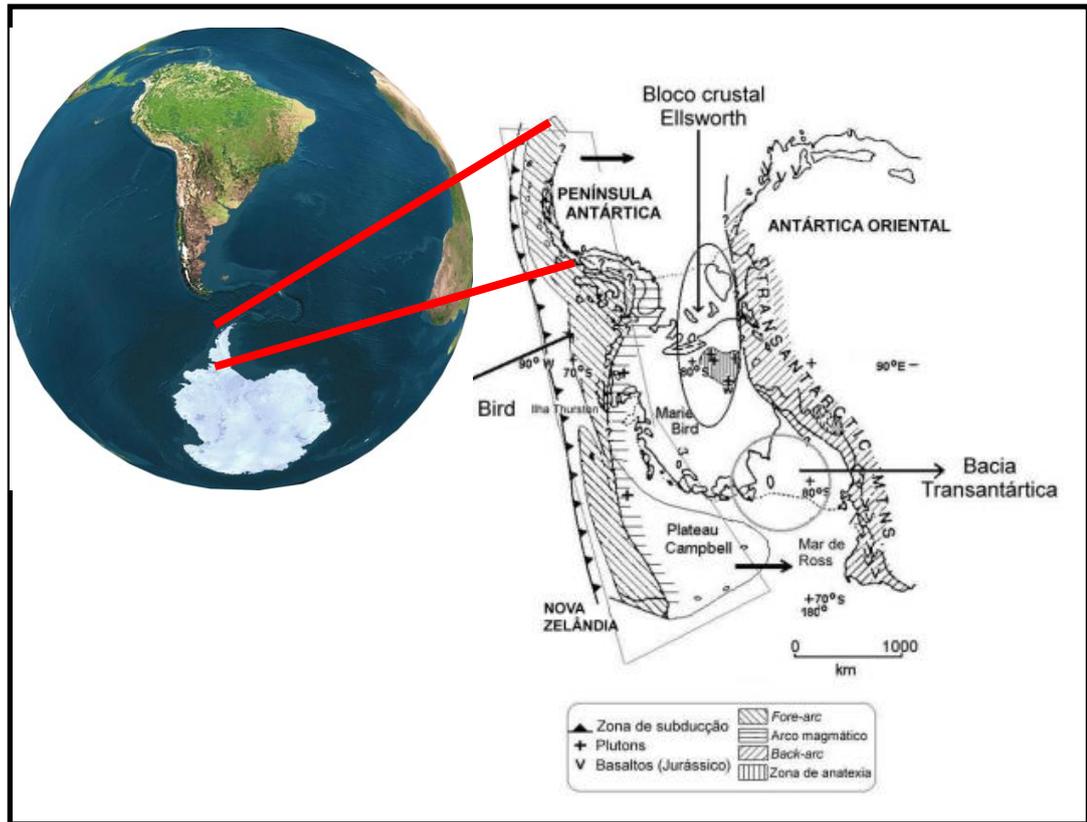


Figura 2: Principais blocos crustais envolvidos na ligação entre o sul da Península e o Continente Antártico ao longo do Triássico, adaptado de Bastos (2012).

A Península possui eventos geológicos distintos, sua localização reflete diferentes processos tectônicos. Dentre os mesmos destaca-se a interação de pequenas placas e processos de subducção (final do Permiano e Triássico), além de pacotes de rochas vulcânicas, sedimentares e plutônicas que foram depositadas após o evento de interação entre as placas. Para Del Valle *et al.* (1992) e Bastos (2012) tais processos originaram três seções tectônicas na Península, perceptíveis por depósitos e litologias diferentes.

Uma breve descrição litológica da região, embora complexa, pode ser encontrada em compilação realizada por Bastos (2012), o autor destaca que a formação da bacia Larsen na região do retroarco (Figura 2) com sedimentos que representam processos entre o Jurássico e o Eoceno Superior; posteriormente relata a semelhança destas bacias com a bacia Austral, na Patagônia. A compreensão de processos geológicos pode colaborar na elucidação de aspectos relativos aos paleoambientes.

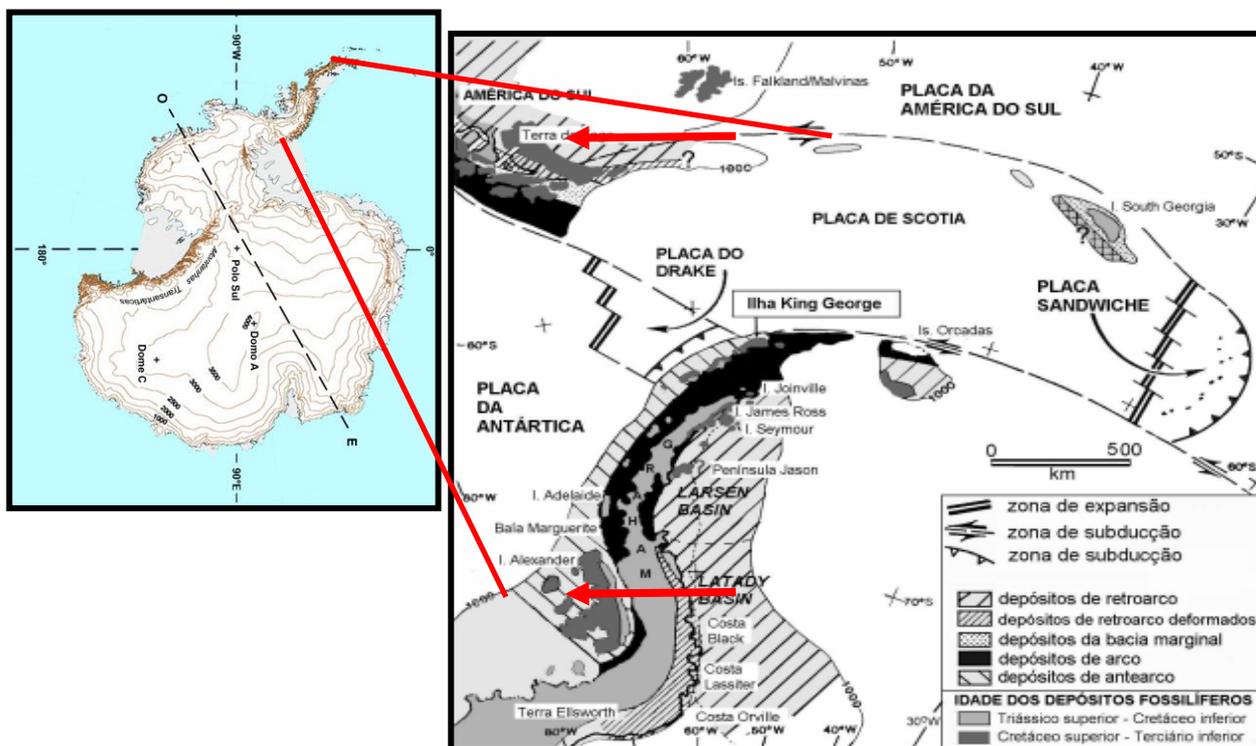


Figura 3: Principais zonas envolvidas na ligação entre o sul da Península e o Continente Antártico ao longo do Triássico, adaptado de Bastos (2012).

### 1.2.2. A ANTÁRTICA E O CLIMA GLOBAL

Todo o interior do Continente apresenta temperatura abaixo de zero, no entanto a região costeira apresenta marcada variação sazonal de temperatura, podendo alcançar valores positivos durante o verão austral (Goldemberg *et al.*, 2011). Desta forma, quanto mais próximo ao polo sul geográfico, mais intensas tornam-se as características climáticas. Recentes trabalhos vêm apontando o aumento da temperatura média local nas últimas cinco décadas (ex.: Alencar, 2007; Goldemberg *et al.*, 2011). O relatório de avaliação sobre Mudanças Climáticas produzido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), no ano de 2014, aponta severas alterações nas regiões congeladas do planeta, convergindo com o afirmado por Collins (2006) ao destacar a retração das geleiras nas últimas décadas e sua influência nas correntes de ar e volume dos mares. Poelking (2014) destaca o aumento de 1,63 km<sup>2</sup> em áreas livres de gelo na Península Potter, Iha Rei George e associa a alteração da cobertura de gelo com abertura de habitat para colonização por plantas e animais. Gryziak (2009) já relatava sobre a abertura de ambientes pelo derretimento de geleiras e realizou registro da colonização

de solos por ácaros da subordem Oribatida, artrópodes edáficos e plantícolas com ampla distribuição no globo terrestre.

A característica gélida associada ao polo sul é fruto da interação entre diversos fatores ambientais, dentre eles a Corrente Circumpolar Antártica que se destaca como um importante fator regulatório da climatologia e eventos atmosféricos regionais. A Corrente Circumpolar tem especial destaque por constituir-se no movimento de águas do Oceano Austral (limitado à latitude de 60°S pela Organização Hidrográfica Internacional) e camada de ar localizada sobre o mesmo, estabelecendo um gradiente térmico entre o polo sul e as demais regiões do globo. A manutenção da climatologia antártica tem ainda outros fatores reguladores, tais como a reflexão da luz solar pela superfície do Continente (albedo) e atmosfera antártica com baixa concentração de partículas em suspensão, contribuindo para o resfriamento do ar sobre o Continente. Fily (1983) aponta os valores de albedo para gelo e água, para o gelo o valor é de 0,6 enquanto o da água é de 0,1, revelando a importância do gelo marinho na regulação térmica da região. As características descritas, somadas ao afastamento geográfico dos demais Continentes e grandes centros industriais, permite que a Antártica apresente os menores índices de poluição quando comparado ao manto de gelo Groenlandês (Boutron, 1995).

A Península Antártica compreende a porção continental que se estende por mais de 1.300 km em direção a América do Sul (Licínio, 2006; Goldemberg e colaboradores, 2011). Localizada na parte ocidental do Continente, faz divisa com o mar de Belligshausen e Weddell. As massas de ar frio que percorrem o Oceano Pacífico em direção a oeste e atravessam o Mar de Weddel (Martin & Peel, 1978; Reynolds, 1981) são responsáveis pelo aumento de precipitação e redução da temperatura principalmente das regiões costeiras na América do Sul (Brito, 2006). Paralelamente, o mar de Belligshausen sofre o impacto dos centros de baixa pressão e ciclones extratropicais. O conjunto de forçantes climáticas e anomalias de baixa pressão contribuem para o estabelecimento de conexões atmosféricas com potencial para transporte de aerossóis (Aquino, 2012).

Considerando que pouco material é disperso do Continente devido a características de solo e cobertura de gelo e neve, a maioria das micropartículas verificadas no mesmo é originada principalmente da região da Patagônia (Goldemberg *et al.*, 2011). A relativa proximidade do Continente Antártico com a América do Sul

pode expor o Continente austral a impactos da atividade humana, principalmente através de teleconexões atmosféricas.

Neste aspecto, compreender os processos relacionados à influência da ação antrópica sobre o Continente Antártico demanda a busca por mecanismos que demonstrem as razões e modelos de transporte entre os continentes. A conexão atmosférica e o transporte sinótico de massas de ar entre a América do Sul e a Antártica pode permitir a deposição de particulados em diferentes matrizes na região do Continente Antártico. A compreensão de diferentes processos envolvidos no transporte atmosférico pode subsidiar estudos relativos ao aquecimento do manto de gelo antártico (Goldemberg *et al.*, 2011).

Para Ramanathan (2001) e Kaufman (2002) a concentração de aerossóis pode influenciar nas propriedades ópticas e nos padrões de precipitação. Evidentemente, a concentração de particulados não constitui a única forçante capaz de alterar os padrões de precipitação e influências climáticas derivadas. Para Kaufmann & Koren (2006) e Breón (2006), o aerossol antrópico pode responder por um aumento de até 5% na nebulosidade e segundo Wielicki & colaboradores (2005) até 6% no albedo do campo de nuvens, e tais alterações podem significar influências em um sistema complexo de equilíbrio ambiental.

Por tratar-se de uma região mais próxima ao Continente Sul Americano o arquipélago das Shetland do Sul, localizado na região da Península Antártica, tem sido objeto de estudos, fato que permite relativa compreensão dos eventos climatológicos e ambientais do local analisado (Arigony-Neto, 2001).

Os processos antrópicos podem ainda ser comparados com eventos ocorridos em outros períodos geológicos, permitindo a compreensão da dinâmica de mudanças globais com influência direta em processos biológicos e na sociedade. A aplicação de técnicas baseadas em microanálises necessárias para identificação do material particulado pode oferecer grande resolução quando associada ao uso de indicadores biológicos consistentes que permitam inferir a origem e trajetória das micropartículas e consequentemente das massas de ar que carregam as mesmas.

Torna-se, então, necessário conhecer a natureza e comportamento das entidades envolvidas no transporte de material. O particulado encontrado na atmosfera pode apresentar diferentes origens. Nesse aspecto é vital destacar que partículas em suspensão são elementos naturais e até necessárias nos sistemas climáticos e ambientais podendo apresentar em sua composição elementos bióticos e abióticos onde a parcela

orgânica, normalmente, possui grãos de pólen e esporos. A presença de grãos de pólen representa um indicador biológico, uma vez que os grãos de pólen são estruturas indispensáveis ao processo de reprodução em fanerógamas e os esporos caracterizam o ciclo reprodutivo de criptógamas. Além disso, estes são produzidos em grande quantidade com a finalidade principal de ampliar a possibilidade de reprodução. A ocorrência de grãos de pólen na atmosfera e depositados em matrizes ambientais pode favorecer o estudo de comunidades vegetais do ponto de vista palinológico.

### **1.3. TELECONEXÕES ATMOSFÉRICAS**

A região Antártica como um todo é importante componente do sistema climático global. A influência do Continente é principalmente ocasionada por ser este o maior componente da Criosfera e interagir com modos de variabilidade globais. Os padrões de variação de pressão atmosférica e consequentemente massas de ar em escala temporal e espacial. Os eventos descritos resultam da variação de temperatura na Antártica e na região Equatorial, embora dinâmico e complexo, é influenciado por inúmeras forçantes. Pode-se entender tais interações através do fenômeno *Southern Annular Mode* (SAM) ou Modo Anular do Hemisfério Sul (HS), também conhecido como Antarctic Oscillation (AAO) ou Oscilação Antártica, o fenômeno é responsável por 35% da variação climática do Hemisfério Sul (Justino & Peltier, 2008). O fenômeno é uma estrutura anular de variação de pressão que apresenta polaridades opostas para altura geopotencial sobre o Continente Antártico. A polaridade positiva está associada com anomalias negativas na temperatura do ar na superfície e altura geopotencial sobre a Antártica e anomalias positivas nas latitudes médias, tal variação representa aumento da temperatura na Península Antártica (Lindemann, 2015).

Além da SAM, os ventos são fenômenos de natureza local, regional e até global e representam a circulação ou movimento de massas de ar. O fenômeno pode ocorrer por diversos fatores, porém pode-se afirmar que ocorre por diferença de pressão e temperatura atmosféricas. Ou seja, o sistema de relações entre temperatura e pressão impõe às massas de ar um movimento. Considerando pressão e temperatura como grandezas que apresentam variação em diferentes ambientes. Se levarmos em conta que existe uma influência significativa da umidade, altitude, insolação, proximidade de corpos d'água e outras variáveis em tais grandezas, torna-se necessário uma análise multifatorial para compreensão da ocorrência e influência de tal fenômeno (Salgado-

Labouriau,1994). A meteorologia utiliza duas categorias para análise dos ventos e sua circulação: a Circulação Global e a Circulação Secundária. Para Salgado-Labouriau (1994), a circulação global é resultado da interação entre a geografia da superfície terrestre com a atmosfera com influências de natureza astronômica e geológica, resultante da geometria e relação ao planeta Terra e da relação terra/mar. A autora caracteriza a Circulação Atmosférica Secundária como um fenômeno local estreitamente relacionado à topografia de uma determinada região. A topografia regional tem influência na elevação ou subida de ventos para maiores altitudes, sendo possível destacar quatro situações promotoras da elevação: a) ocorrência de terras altas; b) zonas de convecção; c) convergência de massas de ar e d) fenômenos ciclônicos.

Ambrizzi (2014) destaca que a circulação atmosférica é fruto de variações de pressão e compõe o intrincado sistema de relação entre fenômenos físicos de caráter relacional entre a superfície terrestre, o mar e a atmosfera. A variação de resultantes da interação entre as entidades destacadas configura o clima da Terra, em um composto dinâmico o sistema forma e regula o clima do planeta. Eventos locais como queimadas, secas, jatos de vento e outros podem ter influência em regiões remotas através de ligações atmosféricas. No que tange ao Continente Antártico desçam-se os ventos catabáticos, que conduzem o ar frio até a região costeira e através do gradiente de pressão atmosférica infere movimentos às massas de ar na direção leste. A interação dos eventos de catabáticos ainda pode sofrer influencia indireta da Corrente de jato Polar, que é a responsável pela Frente de ar Polar e sistemas meteorológicos transientes, promovendo a troca de massas de ar entre as regiões subtropicais e polares (Boiask.2007). Alguns trabalhos em meteorologia abordam o tema e apresentam experimentos numéricos e de campo na busca pela compreensão de tais ligações. O estudo pioneiro de Wallace & Gutzler (1981) analisou diferença de pressão entre pontos ao nível do mar e outros a 500 hPa de altura geopotencial. Após o estudo desses autores, outros trabalhos como os de Blackmon e colaboradores (1984), Hoskinse & Ambrizzi (1993), Ambrizzi e colaboradores (1995), Cavalcanti & Ambrizzi (2009) dedicaram-se à compreensão de fenômenos observacionais e modelos que revelassem padrões de diferença de pressão para os polos Sul e Norte. Os padrões encontrados são semelhantes por sua natureza, apresentando variação cronológica e diferenças em relação ao hemisfério representado.

A compreensão de padrões torna-se relevante para elucidação de fatos ligados às mudanças climáticas globais, previsões de clima, análises comparativas entre clima e paleoclima para determinada região, além de ser útil para atividades humanas como

aeronavegação e agricultura. Os padrões observados revelam a existência de conexões atmosféricas e padrões sinóticos de movimento de massas de ar sobre a superfície terrestre. Sobre a superfície do mar, as massas de ar apresentam padrões diferentes daqueles observados quando sobre a superfície terrestre em razão da influência da temperatura superficial do mar. Para Ambrizzi (2014), conexões se refletem na circulação atmosférica e circulação oceânica que são alteradas pela interação entre a atmosfera e o oceano.

Horel & Wallace (1981) foram pioneiros ao apresentar a existência de anomalias dos padrões de variação de pressão entre pontos com influência da temperatura superficial do mar (TSM) na região do equador e um segundo padrão do Pacífico/América do Norte. Grimm & Ambrizzi (2009) apresentaram uma revisão dos mecanismos que determinam a resposta extratropical diante de forçantes tropicais associadas às alterações da TSM. Para os autores a natureza caótica da atmosfera pode permitir certas previsões, estes dados são obtidos devido à variabilidade de tais fenômenos apresentar frequência de grande amplitude e exemplificam através do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS).

No Brasil, o Programa INTERCONF desenvolvido por pesquisadores do GOAL-Grupo de Oceanografia de Altas Latitudes figura dentre as principais frentes de pesquisa em teleconexões. Além destes, outros grupos de pesquisa ligados ao PROANTAR (Programa Antártico Brasileiro) vêm desenvolvendo trabalhos nesta linha temática (Romão & Setzer, 2009). Grimm & Ambrizzi (2009) afirmam que anomalias associadas à TSM na América do Sul tem influência direta em correntes de jato e teleconexões.

#### **1.4. O GRÃO DE PÓLEN E ESPORO**

Ao longo da evolução, os vegetais adaptaram diversos melhoramentos com ênfase na sobrevivência e manutenção do seu ciclo vital. A reprodução figura como uma das fases mais frágeis para os diferentes grupos vegetais. Segundo Tryon (1972), nas Pteridófitas *s.l.* (Samambaias) a germinação dos esporos, o desenvolvimento do gametófito, a fertilização e o esporófito jovem são as fases mais vulneráveis do ciclo de vida de tais vegetais. A modulação da expressão gênica, o gasto energético para produção de esporos e a manutenção da viabilidade de esporos e microgametângios, fenômenos de vital importância para garantia de sucesso na reprodução vegetal,

ocorrem em fases relativamente frágeis, embora o caráter plesiormórfico de tais eventos garanta um sucesso em condições normais.

A dispersão polínica poderá ocorrer por ação de polinizadores ou por processos anemófilos (vento ou água). Os processos de polinização ou síndromes de polinização (abióticos - anemofilia ou bióticos - por animais) tem estreita relação com a morfologia floral e distribuição geográfica da espécie (Lewis, 2009). Faegri & Pijl's (1979) sugeriram um padrão floral para as plantas anemófilas. Esses autores afirmam que as plantas que compõem esse grupo possuem, predominantemente, inflorescências destacadas em relação à massa foliar, flores pequenas e com poucos atrativos (néctar odor e coloração). Lewis (2009) afirma que os polens presentes na atmosfera e que tenham sua dispersão do tipo anemófila são predominantemente pequenos, esferoidais e com poucos espinhos. Os trabalhos de Jackson & Lyford (1999) e Vergamini (2006) afirmam que a dispersão polínica, anemófila, apresenta padrões influenciados por fatores climáticos como temperatura, umidade, insolação, evaporação, altitude e pressão atmosférica e convergem quanto ao apontado por Lewis (2009), quando afirmam que a morfologia e ornamentação podem influenciar a trajetória do grão de pólen após a deiscência das anteras.

Embora existam investigações em relação à dispersão de particulados biológicos na atmosfera que relatem a incidência, padrão de dispersão e precipitação de esporos, conídios, bactérias e polens na atmosfera (aerobiologia), ainda são escassos os trabalhos que registrem os grãos de pólen encontrados na Antártica, oriundos de diferentes regiões do planeta (Del Ponte, 2004). Dentre eles, pode-se destacar os trabalhos que mencionam material proveniente de espécies nativas do Chile (Kappen & Straka, 1988). Utilizando musgos como indicadores biológicos através da bioacumulação de poluentes e aerossóis, Kappen & Straka (1988) realizaram registro do transporte atmosférico intercontinental e estimaram a concentração polínica na região analisada. Gonçalves e colaboradores. (2008) analisaram a morfologia polínica de angiospermas que ocorrem em regiões subantárticas: *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl., *Deschampsia antarctica* E. Desv. e *Poa annua* L. Tais espécies apresentam grãos de pólen pantoporados com espinescências em *Colobanthus quitensis* e monoporados e psilados, a levemente escabradados, em *Deschampsia antarctica* e *Poa annua*. Liskens *et al.* (1993) mostraram que a concentração de grãos de pólen na baixa atmosfera em regiões antárticas alcança aproximadamente 1 grão/m<sup>3</sup>, embora destacando que a existência de pólen na região não caracterize processos anemófilos entre os Continentes.

A palinologia associada ao estudo do transporte atmosférico apresenta considerável potencial científico em razão do conhecimento gerado sobre os caracteres polínicos (tamanho, forma, número e tipos de abertura, ornamentação e elementos de ultra-estrutura) de diversos grupos botânicos. O uso dos caracteres polínicos pode, então, desempenhar um importante papel na compreensão do aporte de polens e esporos depositados sobre a Antártica. Os grãos de pólen apresentam resistência contra injúrias físicas e sua ornamentação pode ser específica para famílias e até espécies botânicas. As características morfológicas, estruturais e taxonômicas dos grãos de pólen podem permitir a identificação da origem continental de tais estruturas, através do levantamento fitológico e palinológico disponível em bibliografias especializadas. A presença de danos mecânicos pode revelar a ocorrência de arrastamento e outros eventos associados ao transporte do grão de pólen (Luz, 2013). A associação entre caracteres morfológicos dos grãos de pólen, sua origem continental e a inferência das possíveis trajetórias percorridas permite denominar o conceito de biotraçador. Porém identificação polínica em matrizes ambientais não reflete a taxa de liberação ou deposição polínica, uma vez que as variáveis ambientais exercem influencia no transporte, deposição e conservação da estrutura polínica. Autores como Hopkins, 1959; Calcote & Davis, 1989 e Campbell, 1999, observam critérios e cuidados necessários na interpretação de assembléias polínicas recentes e fósseis.

Neste aspecto, o pólen como elemento biológico transportado por massas sinóticas de ar, pode permitir identificar e caracterizar conexões atmosféricas continentais (Kappen & Straka, 1988).

## **1.5. ANGIOSPERMAS ANTÁRTICAS**

O Continente Antártico restringe a diversidade biológica endêmica, os fatores extremos associados às baixas temperaturas demandam adaptação dos sistemas biológicos. A adaptação, fator condicionante ao estabelecimento de espécies na Região Antártica, recebe especial atenção de pesquisas em diferentes áreas do conhecimento. No escopo desta seção serão apresentadas as únicas espécies de plantas vasculares adaptadas à região Antártica, porém é importante destacar a enorme diversidade biológica composta por criptógamos, microfauna e fauna marítima. Ao destacar espécies como únicas adaptadas ao ambiente não excluimos a possibilidade de ocorrência de outras espécies exóticas na região. Antes é imprescindível destacar que

em ambientes extremos, novas adaptações ou estabelecimento de populações sofrem a pressão seletiva ambiental. Neste aspecto, mesmo as espécies já relatadas para região possuem um baixo sucesso reprodutivo, a germinação lenta e a dificuldade do estabelecimento de plântulas figura como uma das principais barreiras contra a conquista do ambiente. Ocorrem na região da península (Caryophyllaceae) *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl, (Poaceae) *Deschampsia antarctica* E. Desv. e (Poaceae) *Poa annua* L. Considerando o afastamento do Continente em relação aos demais surgem algumas hipóteses sobre a colonização da região por tais organismos.

Para Parnikoza (2011) a questão de apenas duas espécies apresentarem ocorrência na região, ainda não está bem compreendida cabendo destacar que a ocorrência de *Poa annua* foi verificada recentemente. O autor destaca que tais espécies poderiam ter alcançado o Continente através de dispersão por longas distâncias. Outro tópico destacado no trabalho deste autor é o fato de não ocorrerem outras espécies de plantas vasculares na região, bem como a existência de flora mais densa na região do Ártico em latitudes e clima semelhantes. Embora não existam relatos da ocorrência de novas espécies na região da Antártica Marítima, a ocorrência de *Poa annua* tem sido notada nos últimos 20 anos. Outro dado relevante é o registro de *Nassauvia magellanica* J. F. Gmelin (Asteraceae) na Ilha Deception (Parnikoza, 2011). O gênero *Deschampsia* possui de 30-40 espécies e sua ocorrência é relatada para ambos os hemisférios. No Hemisfério Sul ocorre na Argentina, Chile, Peru, Terra do Fogo, Ilhas Malvinas, Ilhas Geórgia do Sul, Ilhas Orkney Sul e Ilhas Shetland do Sul. Formado, predominantemente por ervas perenes, estudos filogenéticos confirmam a relação entre indivíduos de *Deschampsia antarctica* ocorrentes na América do Sul e Antártica, *D. parvula* (Hook. f.) Desv. e *D. venistula* Parodi.

O gênero *Colobanthus* Bartl (Poaceae) é composto por aproximadamente 20 espécies, possui ampla distribuição na América do Sul, porém a espécie *C. quitensis* ocorre tanto no México quanto na região da Antártica Marítima (Parnikoza, 2011) e possui similaridades morfológicas com *C. kerguelensis* Hook.f.; *C. muscoides* Hook.; *C. apetalus* (Labill.) Druce e *C. subulatus*. Dentre os principais caracteres utilizados na diferenciação intragenérica de tais espécies destacam-se ápice foliar, largura da folha, comprimento e número das sépalas e comprimento da cápsula das sementes

## 1.6. ÁREA DE ESTUDO

Uma cadeia de montanhas com 3.300 km de extensão e 4.500 metros de altitude, denominada Montanhas Transantárticas, divide o Continente Antártico em Antártica Oriental, Antártica Ocidental e a este último encontra-se conectado a Península Antártica (Figura 3). A Península compõe a região conhecida como Antártica Marítima e apresenta climatologia diferente das demais áreas do Continente (Simões, 2011). Com extensão aproximada de 1.300 km, a Península Antártica encontra-se posicionada mais próxima da América do Sul, atingindo 63,2 °S.

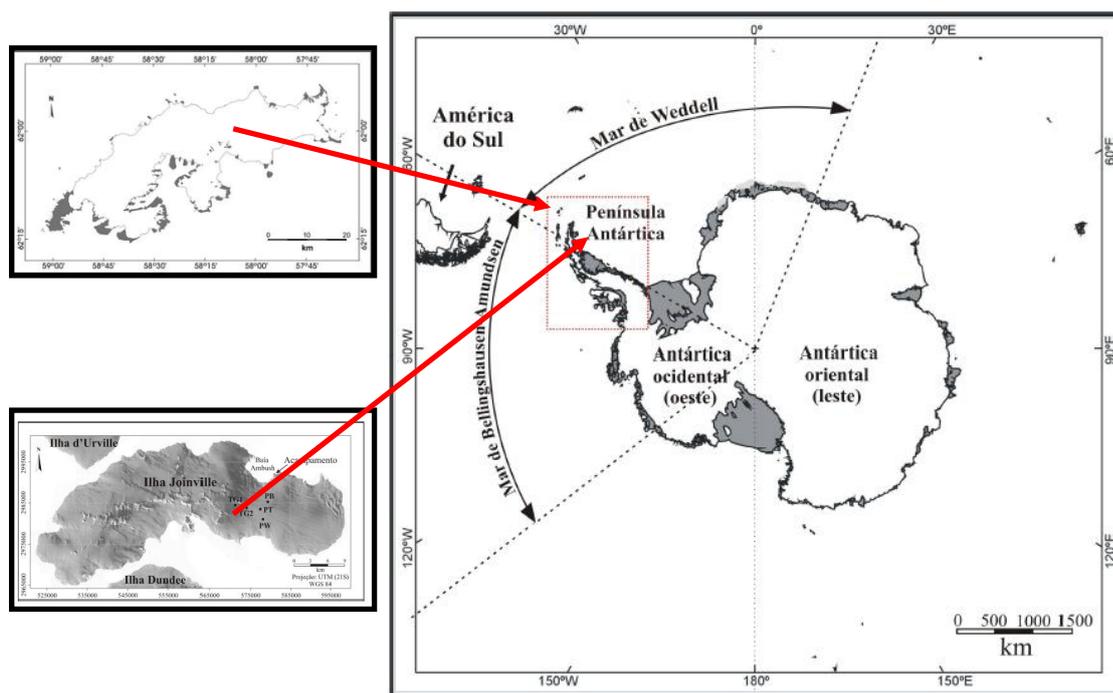


Figura-4: Mapa do Continente Antártico demonstrando a divisão em Ocidental e Oriental, adaptado de Simões (2004).

### 1.6.1. BREVE CARACTERIZAÇÃO DAS ILHAS REI GEORGE E JOINVILLE

O Continente Antártico e seu isolamento geográfico refletem a interação de fatores geológicos e físicos, em especial a Corrente Circumpolar Antártica e as características físicas do Continente são convenientes ao estado de conservação da plataforma Antártica (Cantril, 2000). As ilhas antárticas analisadas nesta dissertação, Rei George e Joinville, encontram-se localizadas no arco de Scotia, uma feição tectônica entre o extremo sul da América do Sul e o extremo nordeste da Península Antártica (Beck, 2004). O surgimento das ilhas em lide tem estreita relação com o

alagamento da passagem Drake. Tal evento corroborou para o isolamento da região Antártica e o soerguimento das ilhas.

### **1.6.2. ILHA JOINVILLE**

Descoberta no século XIX pelo Capitão Francês Jules Dumont d'Úrville, a ilha forma juntamente com as ilhas Dundee e d'Urville o arquipélago de Joinville. O descobrimento da Ilha Joinville está associado ao interesse expansionista francês e o Continente Antártico significava uma das mais recentes descobertas científicas da época. A ilha está localizada próxima à ilha Rei George e James Ross, regiões onde há pesquisa científica e diversos trabalhos têm sido realizados. Turner (1997) apresenta um levantamento contemporâneo da pesquisa meteorológica na Antártica até 1997. O autor destaca coleta de dados por estações meteorológicas e diferentes avanços tecnológicos utilizados no Continente. Levantamento bibliográfico realizado por Alencar (2007) revela que os principais trabalhos para a ilha se concentravam nas áreas geológicas (ex.: Bibby, 1960, 1966), da morfologia glacial (ex.: Beck, 2004); biológica (ex.: Elliott, *et al.*, 1978; Huiskes, A.H.L. *et al.*; Osvetedal & Smith (2001).

Para Beck (2004), a localização da ilha no extremo norte da Península Antártica caracteriza um clima próprio da região, com média anual de  $-6^{\circ}\text{C}$ , sendo a ilha banhada pelo mar de Weddell e mar de Bellingshausen. Os principais fatores que influenciam na caracterização do clima na região são a localização da ilha, a zona de baixa pressão (que será abordada nesta seção) e a geografia do terreno da Ilha Rei George). Sob forte influência da diferença de temperatura (gradiente) entre a superfície do Continente Antártico e a superfície do oceano, a região do mar de Weddell tem predominância de massas de ar fria e ventos catabáticos. O gradiente térmico na região favorece o surgimento de ciclones sobre o Oceano Austral. Tais fenômenos ocorrem em uma região conhecida como baixa circumpolar, sendo a área de maior cobertura de nuvens do mundo (King & Turner, 1997).

### 1.6.3. ILHA REI GEORGE

A Ilha Rei George (IRG - 62°05'S, 58°23'W) pertence ao arquipélago das Shetlands do Sul, possui uma área de 520.000 km<sup>2</sup> e encontra-se a aproximadamente 1.000 km de distância do extremo sul da América do Sul. Formada por uma extensão geológica do soergimento da Península Antártica e separada da mesma por 20 km de extensão do canal Antártica.

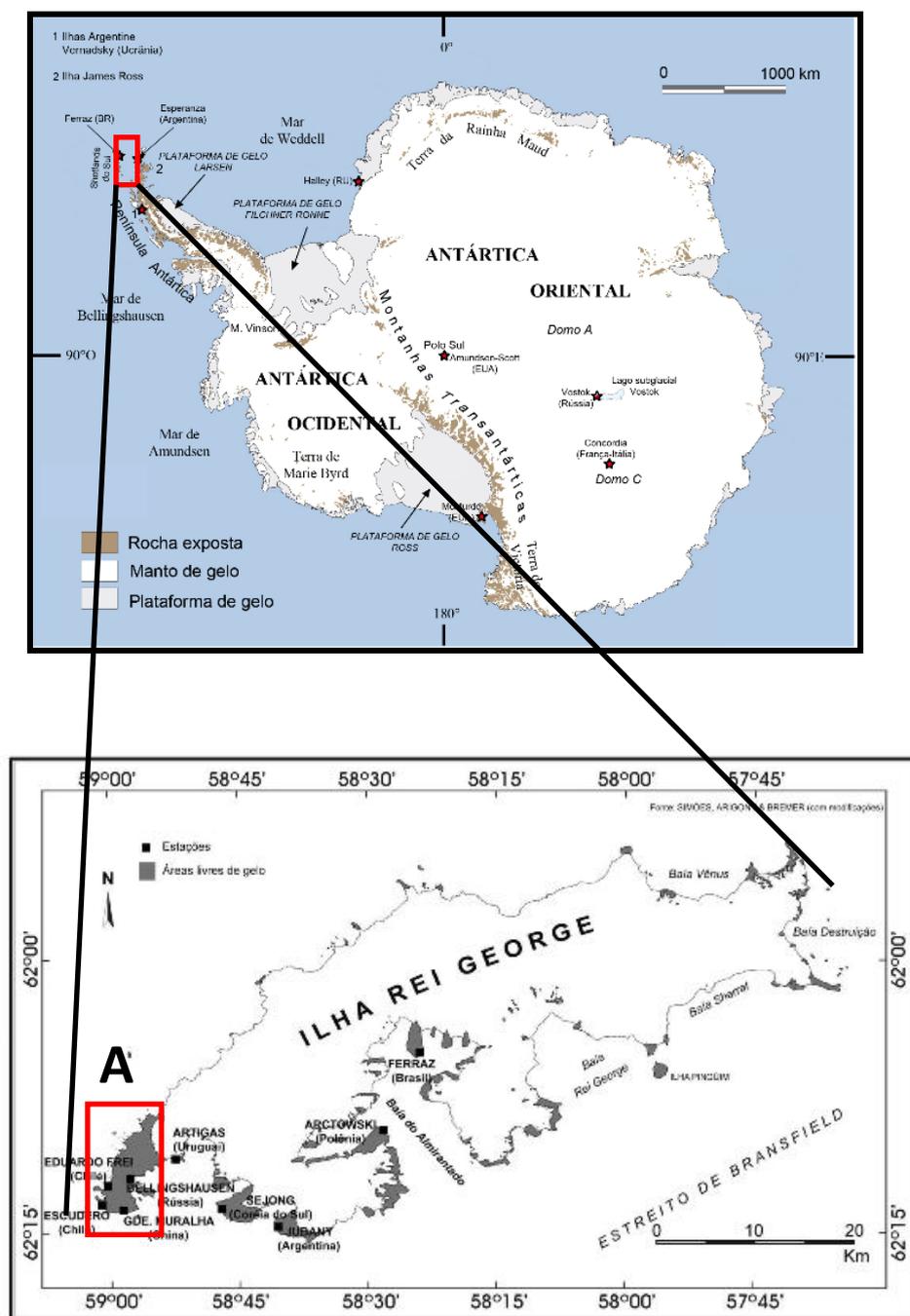


Figura-5: Mapa da Ilha Rei George, demonstrando áreas livres de gelo e estações científicas, adaptado de Simões (2004).

A topografia das áreas cobertas por gelo apresenta geleiras isoladas, massas de gelo morto (qualquer parte da geleira em que não há fluimento) e terminação das frentes de gelo em falésia (Bremer, 1998). As regiões livres de gelo apresentam cobertura de neve por um período de aproximadamente nove meses ao longo do ano (Vogt e Braun, 2004).

A Ilha possui área de 1.492 km<sup>2</sup>, extensão longitudinal de 77 km e latitudinal de 19 a 23 km, sua altitude máxima é de 810 metros (BAS,1973). A IRG é traspassada por uma faixa montanhosa que se estende até a latitude 63°S com largura média de 70km, além de um platô interno com elevação de 1500m. A topografia da ilha participa na caracterização do clima na região e em ilhas vizinhas, atuando no direcionamento de correntes de vento e na retenção de massas de ar (King & Turner, 1997). Dentre as áreas de interesse científico destaca-se a Península Fildes, onde segundo Peter *et al.*(2008) existem aproximadamente 100 lagos gerados por degelo (Figura 5).

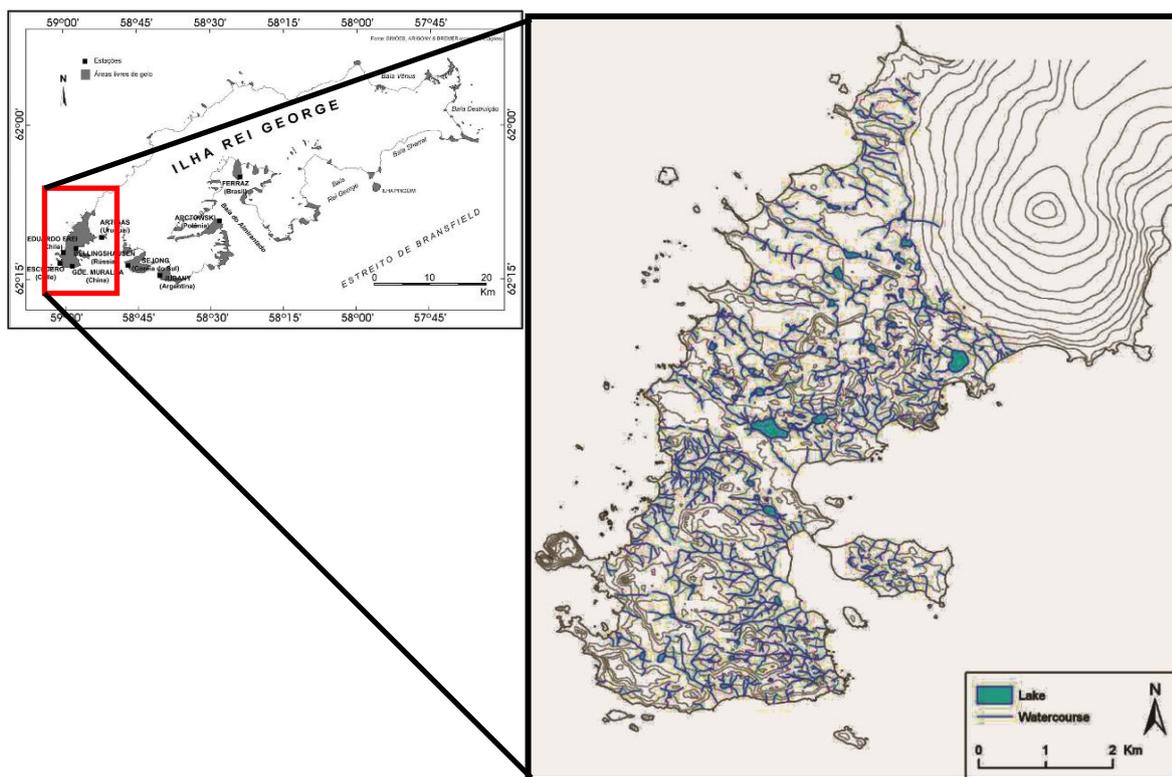


Figura-6: Lagos e cursos de água na Península Fildes, adaptado de Peter *et al.* (2008).

Ao longo do século XIX um extenso histórico de exploração, marcado por expedições e instalação de diversas de estações pesqueiras e intenso fluxo de navios baleeiros impactou a região (Licínio, 2006).

A região de localização da Ilha Rei George compreende a Antártica marítima. Embora apresente clima relativamente ameno em relação às demais regiões, as baixas temperaturas e condições climáticas ainda representam obstáculos para o estabelecimento de populações vegetais. Dentre as espécies vegetais com sucesso no domínio Antártico constam *Deschampsia antarctica* (Caryophyllaceae) e *Colobanthus quitensis* (Sancho, 2011). A Ilha encontra-se entre os territórios antárticos mais conhecidos. O clima e a proximidade com a América do Sul permitiram a elaboração de extensos levantamentos de sua flora e fauna. Sob esta óptica destaca-se a fauna bentônica de águas rasas ao longo da costa da Ilha, tendo maior representatividade de *Polychaeta* (Annelida), Mollusca e Crustacea. Além da flora bentônica existem também 13 espécies de aves marinhas e quatro espécies de focas (Braun *et al.*, 2012). Destaca-se que o período compreendido entre janeiro, fevereiro e dezembro (verão austral) a comunidade apresenta maiores índices em razão da chegada de aves migratórias (Machado & Brito, 2006). Para Poelking (2014) a Antártica representa um importante indicador de mudanças climáticas. O autor destaca que a região da Antártica marítima, que abrange a IRG, representa a área mais exposta às variações climáticas globais e nos últimos anos a região da Península Antártica representou os maiores índices de elevação de temperatura.

## **1.7. OBJETIVO GERAL**

Como objetivo geral buscou-se identificar um biotraçador consistente que permita a análise de transporte atmosférico entre a América do Sul e a Antártica.

### **1.7.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos consistiram em:

- \* Realizar análise polínica nas matrizes de neve, gelo e sedimentos.
- \* Compilar o registro polínico e taxonômico dos palinórfos presentes nas amostras.
- \* Identificar possíveis trajetórias atmosféricas que tenham relação com registro polínico das amostras.
- \* Identificar possível Termo-Fonte dos palinórfos encontrados.
- \* Realizar registro polínico da amostra de sedimentos lacustre.
- \* Aplicar modelagem atmosférica regional e local para uma análise mais detalhada do processo de transporte atmosférico na região de estudo, bem como para melhor compreensão dos processos de dispersão polínica entre os Continentes.

## **CAPÍTULO 2**

**Conceitos, técnicas, material e métodos aplicados ao estudo palinológico de amostras do Continente Antártico**

## **2.1. INTRODUÇÃO**

Neste capítulo é descrita a metodologia utilizada na obtenção, no armazenamento, preparo e na análise das amostras de água, neve e sedimentos utilizadas nas análises palinológicas. São apresentadas também as ferramentas lógicas utilizadas na obtenção de dados meteorológicos e modelagem atmosférica. O reduzido número de trabalhos realizados utilizando a composição de matrizes ambientais com indicadores indiretos para área amostrada, demandou a adaptação de métodos científicos usuais sem, no entanto, comprometer a segurança e confiabilidade dos dados obtidos. A exposição detalhada dos métodos utilizados objetiva viabilizar a reprodutibilidade dos experimentos realizados permitindo a obtenção de novos dados para as áreas analisadas ou mesmo novas regiões geográficas. A análise de matrizes ambientais oriundas da Antártica demanda cuidados específicos na conservação e preparo de tais amostras, visando a manutenção da pureza das amostras.

O uso da palinologia na identificação de proxies eficientes para compreensão de fenômenos de transporte atmosférico demanda em uma interpretação de informações que possam ser identificadas nos elementos analisados. Toda e qualquer informação pode colaborar na estruturação de um intrincado sistema que irá ou não corroborar na identificação de padrões de transporte atmosférico. Neste aspecto foram observados a presença e tipo de dano nos achados e percentual de elementos identificados. A análise quanto ao dano mecânico em registro palinológico pode ser complementar às informações taxonômicas, o tipo de dano corrobora na interpretação da ocorrência de impacto, arrastamento, corrosão e ataque biológico por fungos e bactérias.

### **2.1.1. PRÁTICAS LABORATORIAIS NA PREVENÇÃO À CONTAMINAÇÃO**

Considerando a natureza física das amostras de água e neve no planejamento do preparo do material, foram estabelecidos procedimentos padrões visando a limpeza prévia e manutenção dos equipamentos e da Unidade Operacional de pesquisa (Apêndice). O cuidado no preparo das amostras teve como principal objetivo a preservação do registro polínico, bem como o cuidado no tratamento da amostra, dos eventuais resíduos do processo e consistiu das etapas descritas no apêndice.

### **2.1.2. COLETA E ARMAZENAMENTO DE NEVE RECENTE**

Para o acondicionamento das amostras utilizaram-se tubos Falcon com capacidade volumétrica de 40 ml. Os recipientes foram previamente limpos em laboratório, através de uma lavagem inicial com água destilada e uma outra lavagem com água ultrapura (Milli-Q). Durante todo procedimento de preparação dos tubos (limpeza e acondicionamento em caixas de marfinito) foram utilizadas roupas, luvas, máscaras e toucas descartáveis (Alencar, 2007). Após limpos os mesmos foram acondicionados em câmara de fluxo laminar vertical modelo PA320, classe 100 (ABNT NBR 13.700) para secagem e posterior preparação para o transporte até a Ilha Joinville.

As amostras de neve foram coletadas pelos integrantes da primeira expedição glaciológica Brasileira à Ilha Joinville, durante o verão austral de 2005 (de 17/11/05 a 14/12/05), no decorrer da OPERANTAR XXIV. Foram construídas três trincheiras de 2 m de profundidade (Figura 6) cada uma em diferentes localizações, com o objetivo de verificar a origem geográfica do particulado, gerando maior confiabilidade nos dados, além de ampliar as variáveis cronológicas, ambientais estratigráficas e climáticas. As amostras consistiram em alíquotas retiradas em tubos Falcom de 40 ml a cada 10 cm de profundidade.

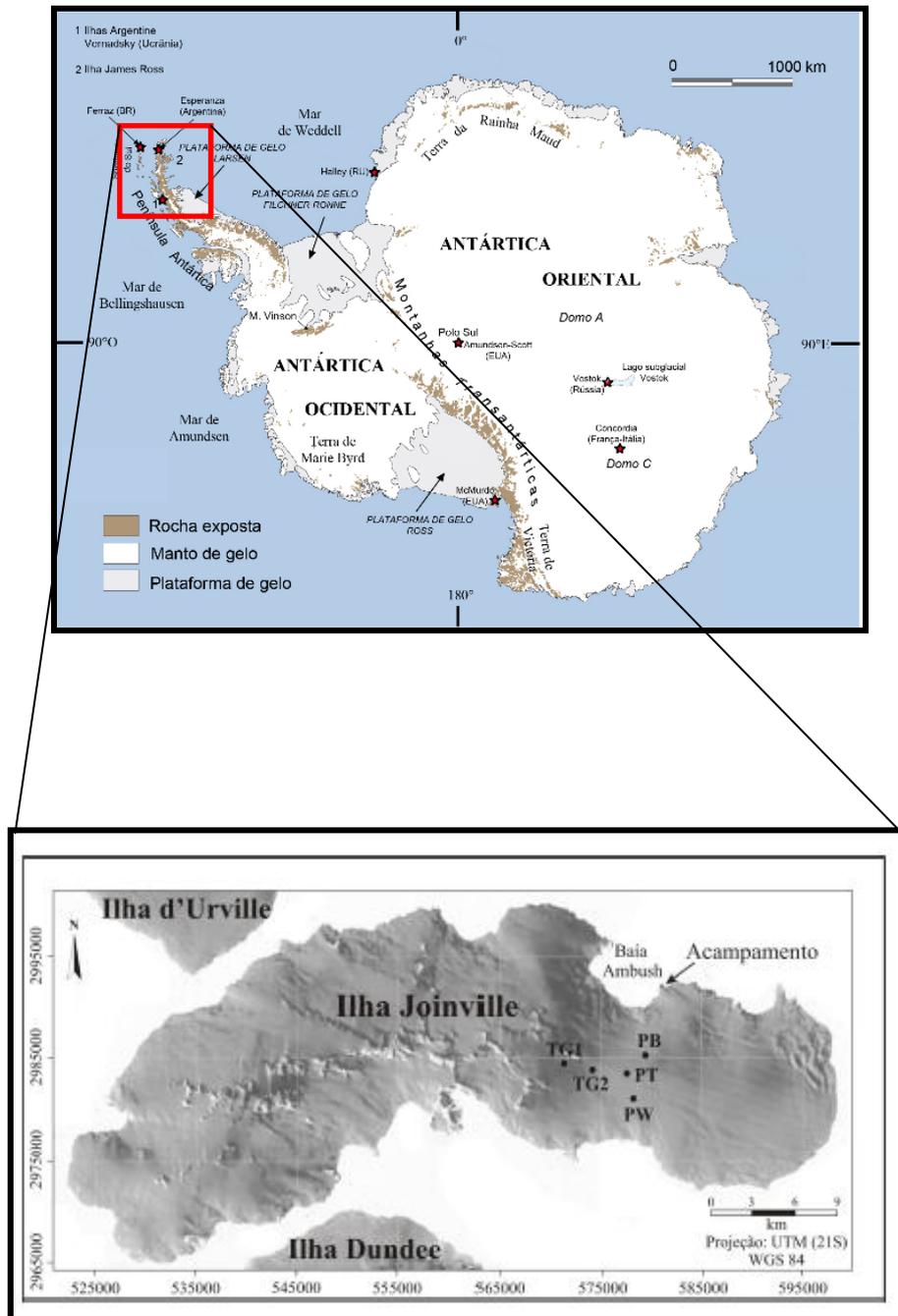


Figura- 7: Localização dos pontos de coleta na Ilha Joinville, adaptado de Alencar (2007).

As trincheiras foram georeferenciadas utilizando um GPS (*Global Positioning System*) GARMIN 45 (Tabela I). Depois de escavadas as trincheiras, uma das paredes foi preparada (aplainada) com uso de pá de polietileno para coleta de neve. Das paredes aplainadas foram retiradas amostras de neve a cada 10 cm de profundidade. Após coletadas, as amostras foram acondicionadas em caixa plásticas e mantidas congeladas em trincheira até o transporte ao Brasil, realizado em temperatura  $-30^{\circ}\text{C}$  no Navio de Apoio Oceanográfico Ary Rongel.

Tabela I- Coordenadas Geográficas dos pontos de coleta na Ilha Joinville.

<b>Pontos de coleta</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>
<b>TG2</b>	63°16'15,5"	55°32'28,8"	454
<b>Ponto B</b>	63°13'55,4"	55°20'46,6"	299
<b>Ponto W</b>	63°18'11,4"	55°22'38,6"	300

No Brasil, as amostras foram mantidas acondicionadas em tubos Falcon (40 ml) e conservadas em câmara frigorífica no Laboratório de Radioecologia e Mudanças Globais (LARAMG) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) até o momento de suas análises.

### **2.1.3. COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA EM LAGOS DE DEGELO**

Para acondicionamento das amostras foram utilizadas garrafas plásticas (1,5 L). Em laboratório as garrafas foram previamente lavadas com água Milli-Q (ultra-pura) e secas em ambiente limpo. Após este procedimento, as mesmas foram lacradas e somente reabertas no momento da coleta. As coletas foram realizadas por pesquisadores e alunos do Laboratório de Radioecologia e Mudanças Globais da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, ao longo da expedição antártica realizada no verão austral de 2012-2013. Foram coletadas amostras de água superficial (10 cm de profundidade) em lagos de degelo localizados na Ilha Rei George (Figura 7). Foram realizadas coletas de amostras de água em 10 lagos de degelo presentes na região (Tabela II). Após coletadas as amostras foram mantidas congeladas nos refrigeradores do navio Ary Rongel e transportadas a bordo do mesmo até a cidade do Rio de Janeiro. No Rio de Janeiro as amostras foram armazenadas nos refrigeradores do LARAMG até o processamento, que ocorreu no Laboratório de Palinologia Professor Álvaro Xavier Moreira do Museu Nacional.

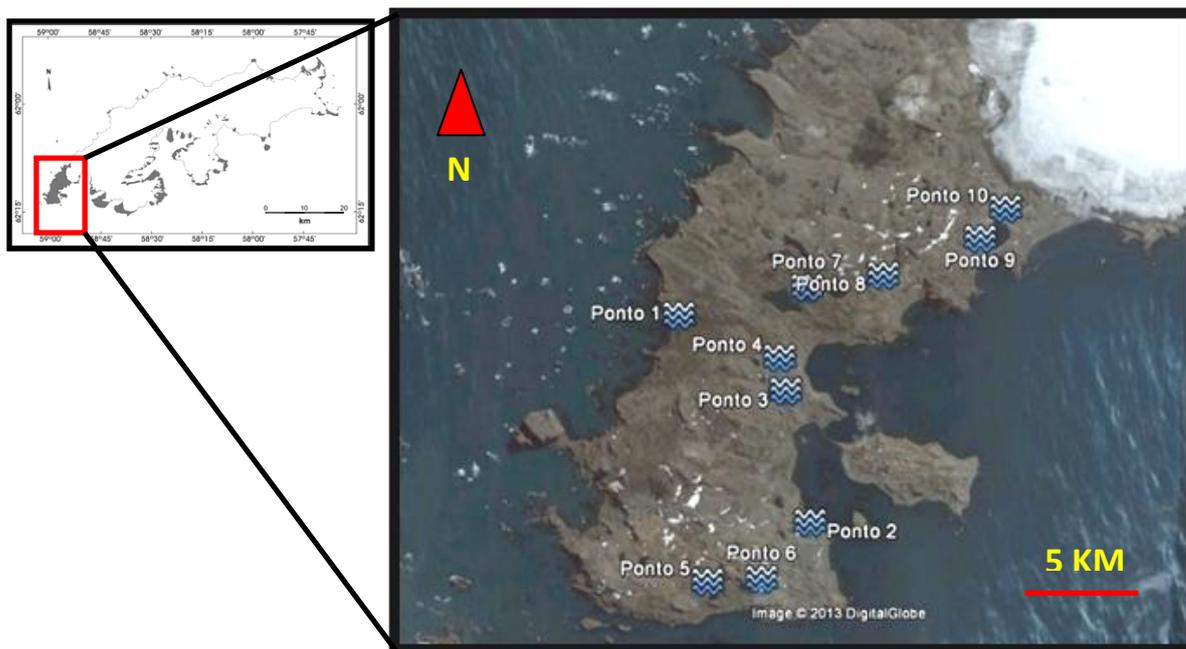


Figura-8: Imagem aérea mostrando distribuição dos pontos de coleta na Ilha Rei George.

Tabela II- Coordenadas Geográficas dos pontos de coleta em lagos.

Pontos de coleta	Latitude	Longitude
Ponto 1	-62.197502	-58.992633
Ponto 2	-62.221145	-58.957624
Ponto 3	-62.205922	-58.964835
Ponto 4	-62.202071	-58.966681
Ponto 5	-62.228434	-58.983330
Ponto 6	-62.227899	-58.969580
Ponto 7	-62.193788	-58.960217
Ponto 8	-62.192076	-58.940921
Ponto 9	-62.187465	-58.916477
Ponto 10	-62.183865	-58.910343

#### 2.1.4. Coletas de Sedimentos Lacustre

A coleta de sedimentos lacustre foi realizada na borda de um lago de degelo (-Latitude: -62.9164S;Longitude:-58.561888W) na localizado na Península Fieldes, Ilha Rei George. Realizada durante a expedição antártica no verão austral de 2012-2013 através do uso de um amostrador gravimétrico. O processo de amostragem consistiu na introdução de um tubo de acrílico (1 m de comprimento) nos sedimentos do lago e retirada cuidadosa do mesmo para evitar revolvimento do material amostrado. Após o processo de amostragem, o tubo foi fechado, identificado e congelado para transporte. O testemunho com comprimento de 30 cm foi lacrado, transportado, congelado e preservado em baixas temperaturas em refrigeradores no Laboratório de Radioecologia Mudanças Globais da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. O testemunho foi aberto e descrito nas dependências do Departamento de Geologia da Universidade Federal Fluminense. Posteriormente a amostra foi fracionada em sessões de 1 cm e encontram-se preservadas em refrigerador no Laboratório de Palinologia do Museu Nacional-UFRJ. O testemunho de sedimentos foi fracionado em seções de 1 cm, tendo sido analisadas as frações destacadas na Tabela III, totalizando 230,27 g de massa seca.

Tabela III- Perfil de sedimentos amostrado e peso das alíquotas

Profundidade(cm)	Peso(g)
1-2	13,88
4-5	29,0733
7-8	31,367
10-11	24,98
13-14	19,89
16-17	17,55
19-20	18,9
22-23	26,46
25-26	23,28
28-29	24,9

## **2.2. PROCESSAMENTO DE AMOSTRAS DE NEVE, ÁGUA E SEDIMENTOS- PREPARO DAS LÂMINAS PALINOLÓGICAS**

Os métodos usuais em análises palinológicas (Erdtman, 1952) tem como principal objetivo preparar os grãos de pólen para observação em microscopia de luz branca. Para esse estudo o preparo das amostras objetiva a remoção do conteúdo citoplasmático e conservação da estrutura externa (exina) e sua ornamentação. Já no método de Wodehouse (1935), o grão de pólen não sofre ação química, mantendo assim, seu conteúdo citoplasmático. Por tratar-se de amostra ambiental, oriunda de região remota do planeta e com considerável potencial de pureza, a metodologia utilizada deve contemplar ferramentas que minimizem a possibilidade de perda de registros, fato que inabilita o tratamento de tais amostras com ácidos. Antagonicamente, os grãos não acetolisados e, portanto, preenchidos com conteúdo citoplasmático podem representar um desafio à identificação polínica. Outro fator comprometedor na análise de amostras de neve é a presença de sedimentos locais, partículas residuais de erosão e fitoclastos. Tais elementos podem encontrar-se aderidos aos palinomorfos, dificultando a visualização precisa das características morfológicas. Para suplantar as fragilidades impostas pelas características das amostras de neve e natureza do pólen, foram testadas diferentes adaptações aos métodos já conhecidos. Com o objetivo de aumentar o resgate de grãos de pólen das amostras ambientais de neve, foi estabelecido novo protocolo conforme descrito a seguir.

### **2.2.1. PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS DE NEVE**

O descongelamento das amostras das amostras acondicionadas em tubos Falcon (40 ml) ocorreu em temperatura máxima de 10°C. Após descongelados, os tubos foram aquecidos a 35°C (crescente) em agitador (Ultracleaner modelo 750A) por 30 segundos. Em câmara de fluxo laminar previamente limpa, as amostras foram fracionadas em tubos com capacidade de 10 ml. As alíquotas foram centrifugadas por 10 min em 2.000 rpm. O conteúdo dos tubos foi decantado para redução do volume. Após a remoção do volume excedente os tubos foram emborcados em um Becker com papel absorvente por período mínimo de 60 minutos.

Após a secagem foi introduzido em cada tubo um cubo de gelatina glicerinada com dimensão aproximada de 3mm, preparada segundo o método de Kisser (1935 *apud* Erdtman,1952), com uso de estilete flambado. Com movimento espiral, o cubo foi arrastado até a borda do tubo. Quando retirado do tubo, o cubo de gelatina foi colocado sobre lâmina para fracionamento em três partes iguais. Depois de fracionada, a gelatina foi distribuída em três lâminas de vidro novas. As lâminas foram colocadas em manta aquecedora para derretimento e homogeneização da gelatina, quando então foram cobertas com lamínulas contendo pequenas porções de massa de modelar nos ângulos da mesma. Depois de cobertas por lamínula, as lâminas foram seladas com parafina líquida e postas sobre papel absorvente com a lamínula voltada para o papel.

Para viabilizar a análise qualitativa das amostras de neve dos achados palinológicos em trincheiras, foram adotados padrões para organização do material e códigos que relacionam a lâmina à sua origem e profundidade.

### **2.2.2. PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA**

O método empregado para análise de água consistiu no derretimento do volume total da amostra (garrafas) em temperatura máxima de 10°C, posteriormente as amostras permaneceram em repouso por, no mínimo 24 horas, para decantação sedimentar. Em câmara de fluxo laminar foram realizadas subamostragem do fundo da garrafa (20 ml) até o volume de 80 ml. As alíquotas retiradas das amostras foram distribuídas em tubos com volume de 10 ml e processadas conforme metodologia descrita para amostras de neve.

### **2.2.3. PREPARO E ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS LACUSTRE**

A metodologia utilizada no preparo das amostras de sedimentos foi baseada na proposta de Donizeti Oliveira *et al.* (2004), composta por ataques com ácido clorídrico (HCL 32%) para eliminar carbonatos, posterior aplicação de ácido fluorídrico (HF) a 40% para eliminação de silicatos. Após as lavagens com ácidos, o sedimento foi bateado para maior resgate do material palinológico e o conteúdo retirado com auxílio de pipeta para montagem das lâminas palinológicas.

### **2.3. MICROSCOPIA, DESCRIÇÃO E REGISTRO**

Para o estudo sob microscópio de luz branca, foram montadas um mínimo de três lâminas por tubo de 10 ml produzido, conforme metodologia descrita. A descrição polínica seguiu a sequência proposta por Barth & Melhem (2007) e para terminologia foi utilizada a de Punt *et al.* (2007), observando o tamanho, a forma, o número de aberturas e o padrão de ornamentação da sexina. Os resultados foram apresentados em gráficos, tabelas e para cada palinomorfo encontrado foi realizada descrição polínica e características básicas em nível taxonômico mais preciso possível. Para a análise sob microscopia de luz branca foi utilizado o fotomicroscópio Zeiss Axiostar *plus* com uma câmera de fotografia Canon PC 1089 acoplada e um microcomputador (padrão PC) para registro fotográfico de palinomorfos encontrados. Considerando a possibilidade de ocorrência de aberrações ópticas (esférica, cromática, de curvatura do campo, distorção, astigmatismo e coma), ou seja, defeitos causados por incapacidade do sistema óptico do microscópio em gerar uma imagem geometricamente perfeita do objeto, foram observadas diferentes imagens dos achados (Souza, 2010). Tal observação permitiu elencar imagens com melhor visualização ação da morfologia polínica, ou seja, o nível de visualização dos caracteres polínicos utilizados na identificação taxonômica do grão de pólen. O fato destacado, significa que para grãos de pólen diferentes existem pontos de observação mais eficientes.

### **2.4. MODELOS PARA INTERPRETAÇÃO DE TENDÊNCIAS DO TRANSPORTE ATMOSFÉRICO ENTRE A AMÉRICA DO SUL E A ANTÁRTICA**

Para análise do transporte atmosférico entre os Continentes, os dados de registro palinológico, obtidos na amostragem realizada no TG2, Ponto W e Ponto B foram agrupados por profundidade. Posteriormente, os dados palinológicos foram comparados com a estratigrafia proposta por Alencar (2007), para o testemunho TG2. A cronologia foi proposta com base na concentração de  $\delta O^{18}$ . A datação estratigráfica foi utilizada como ponto de referência cronológica para elaboração de modelos de retroanálises das trajetórias das massas de ar. O uso de modelos atmosféricos é amplamente aplicado na compreensão de padrões de dispersão para particulados com diâmetro superior a 10  $\mu m$

(Wang, 2010). Para modelagem de massas de ar transportadas por longas distâncias foram utilizados modelos gerados pela plataforma *Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory* (HYSPLIT), uma ferramenta da *National Oceanic and Atmospheric Agency* (NOAA) que através da conjugação de gradientes de altitude e posicionamento global elabora modelos com relativa precisão. O uso do *HYSPLIT* associado ao registro polínico em amostras de neve com estratigrafia conhecida permite a construção de retroanálises de massas de ar que tenham alcançado a área de estudo. O presente trabalho utilizou modelos *HYSPLIT* obtidos na plataforma e gerados a partir da entrada de dados ambientais para área de estudo. As trajetórias construídas foram elaboradas com a seguinte configuração: análises mensais de 120 horas (5 dias) com início às 20h do último dia de cada mês, altitude de 454 m para o ponto (63°16'15,5"; 55°32'28,8"). Foram elaborados modelos para os períodos cronológicos com registro palinológico no perfil estratigráfico.

## **CAPÍTULO 3**

### **Resultados das análises de matrizes ambientais, discussões e conclusões**

### **3.1. INTRODUÇÃO: RESULTADOS, DISCUSSÕES E CONCLUSÕES**

Este capítulo apresenta a compilação de dados obtidos através da análise de amostras das três diferentes matrizes ambientais (sedimentos lacustre, água e neve) coletadas na região da Antártica Marítima.

### **3.2. REGISTROS PALINOLÓGICOS EM NEVE - ILHA JOINVILLE**

A análise palinológica de amostras de neve coletadas nos Pontos TG2,B e W na Ilha Joinville revelou a presença de grãos de pólen e esporos de espécies com diferentes domínios biogeográficos. Os pontos amostrados na Ilha Joinville apresentam 3 mil metros de distância entre os mesmos, a ororografia da região e o movimento da camada de neve e gelo não foram levados em consideração na análise de dados cronológicos das amostras.

#### **3.2.1. RESULTADOS PALINOLÓGICOS IDENTIFICADOS NO TESTEMUNHO- PONTO W**

Foram encontrados 4 palinomorfos, sendo 3 grãos de pólen e um esporo. A análise palinológica permitiu identificar 2 grãos de pólen de *Passiflora* subg. *Passiflora* (Passiflaraceae), 1 grão de pólen não identificado e um esporo não identificado (Tabela V). Dentre os palinomorfos encontrados um grão de pólen de *Passiflora* subg. *Passiflora*, encontrado na seção 50-100 cm apresentou dano mecânico

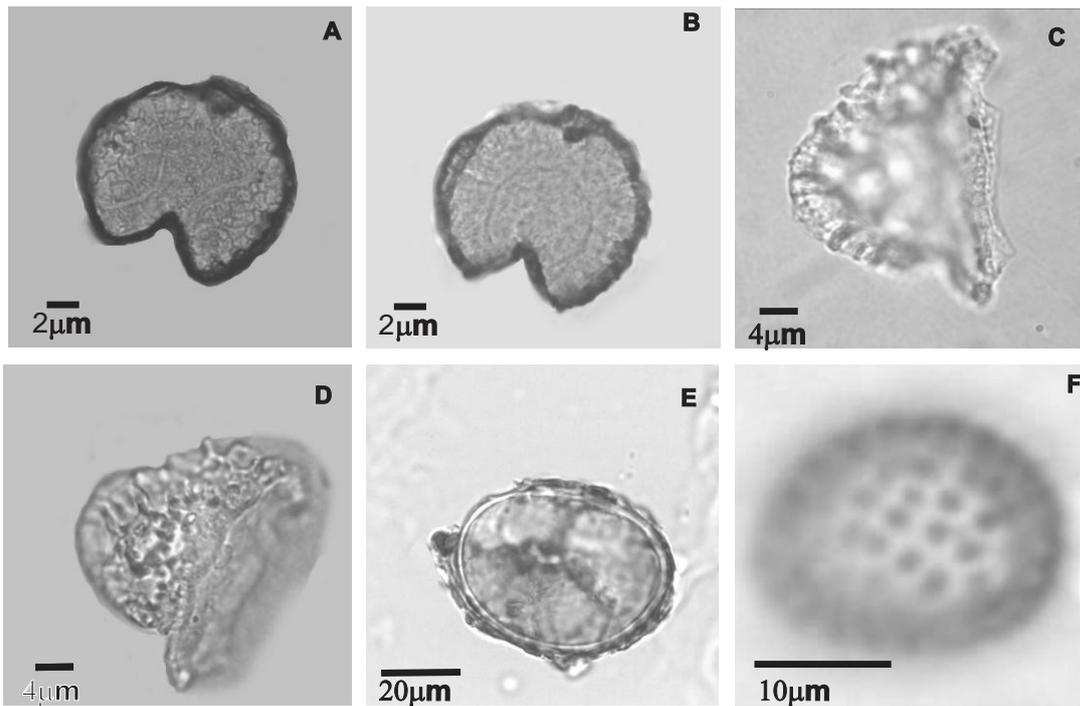


Figura-9: Grãos de pólen e esporos encontrados no Ponto W (Ilha Joinville). (Passifloraceae) *Passiflora* sp.: A, B- grão de pólen em vista polar, evidenciando a ornamentação e abertura. Fragmento de grão de pólen Passifloraceae: C, D- exina reticulada, muros sinuosos. Esporo monolete: E- vista polar, evidenciando ornamentação da perina e lesão da unidade. Grão de pólen não identificado: F- grão de pólen pequeno, evidenciando ornamentação.

Tabela IV- Variação da concentração polínica ao longo do testemunho Ponto W.

	Amostra	Palinomorfo	Taxa	Medidas $\mu$ m	Concentração
Verão de 2005	0-50 cm	1	(Passifloraceae) <i>Passiflora Passiflora</i>	72,5	1/250 ml
Verão de 2004	50-100 cm	2	(2) Palinomorfo não identificado	10	2/250 ml
		3	Passifloraceae	55	
	100-150 cm	4	Esporo não identificado	37	1/250 ml
Verão de 2003	150-200 cm		Não apresentou registro	—	—

### 3.2.2. DESCRIÇÃO POLÍNICA E DADOS GERAIS DAS ESPÉCIES REPRESENTADAS NO PONTO W

#### A- PALINOMORFO1: *PASSIFLORA* SUBG. *PASSIFLORA* (FIGURA 9-A).

**Descrição polínica:** Grão de pólen grande (72,5  $\mu\text{m}$ ), 6-colpado(?), superfície reticulada heterobrocada.

#### **Características ambientais e geográficas:**

O gênero *Passiflora* L. destaca-se como o mais representativo dentre aproximadamente outros 17 que compõem Passifloraceae subgên. *Passiflora* compreende arbustos e ervas principalmente lianas, ocorrendo predominantemente em áreas tropicais e subtropicais.



**Ocorrência no material:** 0-50 cm testemunho.

Figura-10: *Passiflora* subg. *P. alata*.  
Foto- Ana Carolina Mezzonato

**Referências:** Cervi (1997); Marbeley (1997); Diginani (1999); Feuillet & MacDougal (2004).

#### B- Palinomorfo 2: *Passiflora* subg. *Passiflora* (Figura 9-C)

**Descrição polínica:** Grão de pólen grande (55  $\mu\text{m}$ ), superfície reticulada heterobrocada apresentando fragmentação por dano mecânico.

**Características ambientais e geográficas:** O gênero *Passiflora* L. destaca-se como o mais representativo dentre aproximadamente outros 17 que compõem Passifloraceae subgên. *Passiflora* compreende arbustos e ervas principalmente lianas, ocorrendo predominantemente em áreas tropicais e subtropicais.

**Ocorrência no material:** 50-100 cm testemunho.

#### C- Palinomorfo 3: não identificado

-Grão de pólen não identificado (Figura 9-F).

**Descrição polínica:** palinomorfo pequeno, exina reticulada sem aberturas visíveis

**Ocorrência no material:** 50-100 cm - testemunho.

**D-Palinomorfo 4:**

-Esporo não identificado (Figura 9-E).

**Descrição:** Esporo monolete, pequeno (37  $\mu\text{m}$ ), perina apresentando cristas.

**Ocorrência no material:** 100-150 cm - testemunho.

### 3.2.3. RESULTADOS PALINOLÓGICOS IDENTIFICADOS NO TESTEMUNHO- PONTO-TG2

Foram encontrados 9 grãos de pólen e 2 esporos, e fibras vegetais. A análise palinológica permitiu identificar 5 grãos de pólen dos seguintes táxons: (Cyperaceae) *Carpha andina* Phil., Moraceae, (Rubiaceae) *Oreopolus glacialis* (Poepp.) Ricardi, (Gentianaceae) *Schultesia* Mart e um esporo de *Blechnum* L. Dentre os palinomorfos encontrados *Schultesia* Mart, encontrado na seção 0-50 cm apresentou dano mecânico (Figura 11).

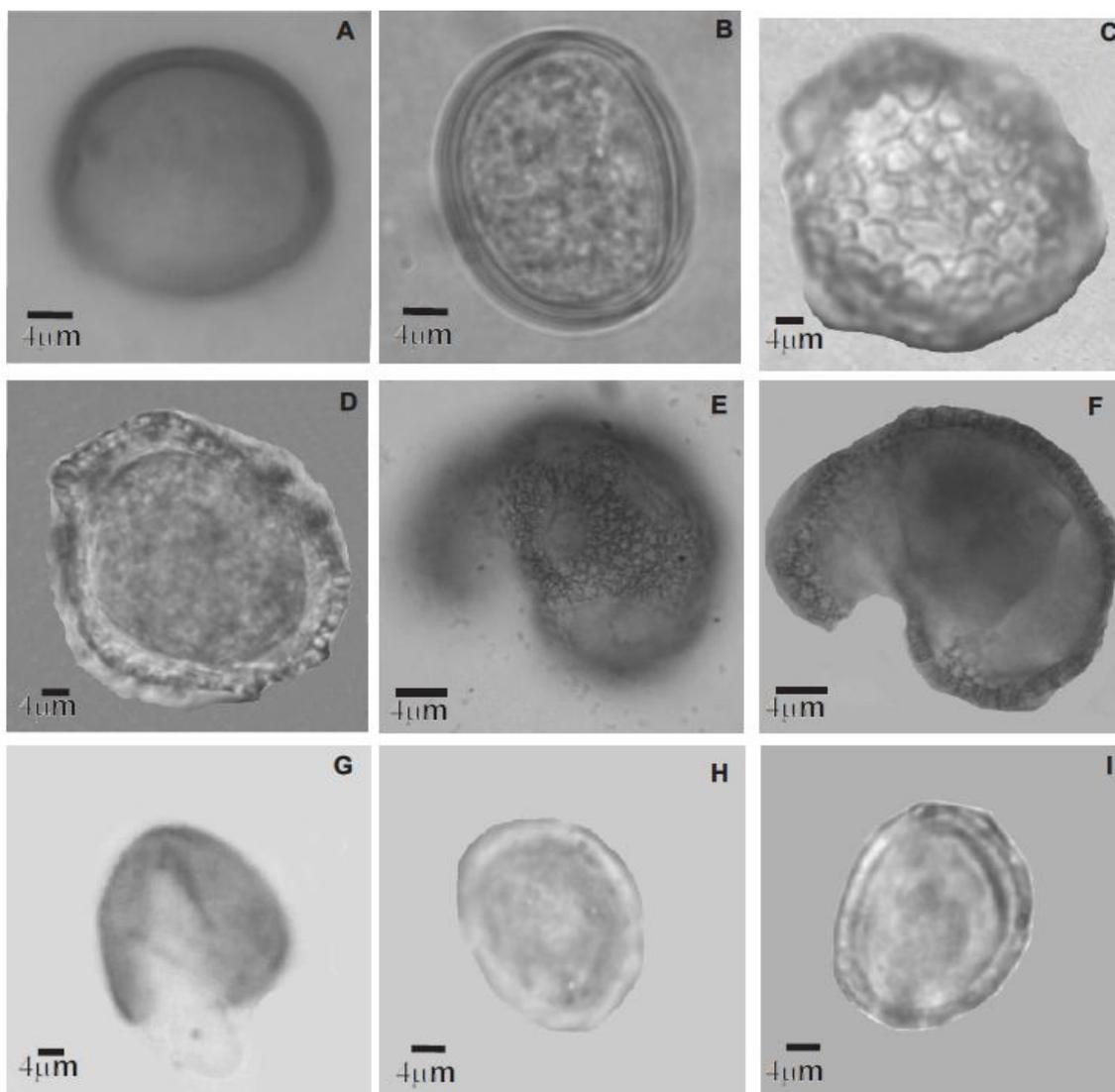


Figura- 11: Grãos de pólen e esporos encontrados no Ponto TG2 (Ilha Joinville). *Blechnum* sp.: A,B esporo em vista distal, corte óptico, evidenciando a exina. *Oreopolus glacialis*: C, D- grão de pólen em vista polar, evidenciando a ornamentação. *Schultesia*: E,F- fragmento de tetrade em vista polar, evidenciando distribuição de aberturas e ornamentação. Cyperaceae sp.: G- grão de pólen em vista equatorial, evidenciando ornamentação da superfície e lesão mecânica. *Brosimum* sp.: H,I- grão de pólen em vista polar, evidenciando a ornamentação

Tabela V- Variação da concentração polínica ao longo do testemunho coletado no Ponto TG2

Ponto-TG2

			Medidas	Concentração
Amostra	Taxa		$\mu m$	
Verão de 2005		(Rubiaceae) <i>Oreopolus glacialis</i> (Poepp.) Ricardi	40	
		Não identificado		
		Cyperaceae	10	
	0-50 cm	Não identificado	15	7/250 ml
		(Blechnaceae) <i>Blechnum</i> L.	67,5	
	(Gentianaceae) <i>Schutesia</i> Mart	107,5		
Verão de 2004	50-100 cm	Espero não identificado	10	
		Palinomorfo não identificado	20	3/250 ml
		(Cyperaceae) <i>Carpa andina</i> (?)	10	
100-150 cm	Não houve registro		250 ml	
Verão de 2003	150-200 cm	Moraceae	37,5	1/250 ml

### 3.2.4 DESCRIÇÃO POLÍNICA E DADOS GERAIS DAS ESPÉCIES REPRESENTADAS NO PONTO TG2

#### A) *Oreopolus glacialis* (Poepp.) Ricardi (Figura 11-A)

**Descrição polínica:** grão de pólen médio (40 $\mu$ m), isopolar, 4-colporado, ornamentação reticulada com retículos heterogêneos, muros simplicolumelados.

**Características ambientais e geográficas:** O gênero *Oreopolus* apresenta oito táxons, dentre eles *O. glacialis* var. *glacialis* e *O. glacialis* var. *pilosus*. Erva perene, ocorre em terrenos arenosos, floresce em janeiro. Ocorrendo do Chile a Argentina. No Chile apresenta distribuição na Cordilheira dos Andes a 3.000m de altitude e Região Metropolitana de Santiago; na Argentina ocorre em Chubut, Mendoza, Neuquen, Rio Negro, Santa Cruz, Terra do Fogo.



Figura 12: *O. glacialis* var. *glacialis*.

**Ocorrência no material:** 0-50 cm - testemunho

**Referências:** Heusser (1971), Zuloaga *et al.*, (2008) e Badano (2015).

#### B) Cyperaceae Juss. (Figura 11-G)

**Descrição polínica:** Grãos de pólen pequenos (10 $\mu$ m) heteropolares, normalmente apresentam 4-aperturados, superfície granulada e perfurada (Figura 15-G).

**Características ambientais e geográficas:** família composta por plantas herbáceas, aproximadamente 122 gêneros e 4500 espécies. Distribuição pantropical e subtropical, ocorrendo na Europa, Ásia, Oceania, África e nas Américas. No Brasil ocorrem em Campos úmidos e

Rupestres. Destacam-se com potencial econômico as seguintes espécies: *Cyperus alternifolius* (sombrinha-chinesa) e *Cyperus papyrus* (papiro). Apresentam inflorescência do tipo espiguetas, geralmente reunida em



Figura-13: Cyperaceae Juss.- adaptado de Ehoarn. Bidault

glomérulos, a polinização é predominantemente anemófila, com pico de dispersão às 12:00h.

**Ocorrência no material:** 20-30 cm (1) e 80-90 cm (1) – testemunho.

**Referências:** Bruhl (1995); Goetghebeur (1998); Vergamini (2003).

C) *Blechnum* L. (Figura 11-C)

**Descrição polínica:** Esporo monolete, médio (27x22µm), simetria bilateral, superfície psilada (Figura 11,C-D)

**Características ambientais e geográficas:** O gênero é composto por aproximadamente 200 espécies. São plantas terrícolas ou rupícolas, raramente hemiepífitas, podendo alcançar 3m de altura. Ocorre no Continente Americano desde o Estados Unidos até a Argentina, ocorrendo fora do domínio americano na China, Indonésia e Austrália. A maioria das espécies ocorre no hemisfério sul, sendo Oceania e América tropical os maiores centros de riqueza.



Figura- 14 : *Blechnum* L. Foto-Roberto Esteves.

**Ocorrência no material:** 20-30 cm– testemunho

**Referência:** Tryon & Tryon (1982); Coelho (2008).

#### D) *Schultesia* Mart. ( Figura 11-E)

**Descrição polínica:** grãos de pólen organizados em tetrade muito grande (107,5x 87,5µm), reticulado, heterobrocado, colporados, muros sinuosos com proeminências nas interseções (Figura 11, E-F)

**Características ambientais e geográficas:** Plantas herbáceas, ocorrendo em campos úmidos. A família possui aproximadamente 75 gêneros e distribuição pantropical.

**Ocorrência no material:** 30-40 cm – testemunho

**Referências:** Barth & Melhem (1988); Guimarães *et al.* (2003); Ferreira (2012).



Figura-15: *Schultesia* Mart. (Gentianaceae)- Adaptado de Missouri Botanical Garden.

#### E) *Brosimum* Sw. (Figura-11-H)

**Descrição polínica:** grão de pólen pequeno (15µm), isopolar, 2porado, psilado (Figura 11, H-D)

**Características ambientais e geográficas:** Árvores ou arbustos ocorrendo em áreas de cerrado e matas ciliares. O gênero está distribuído

em toda América Tropical. Faria (2015) afirma que a floração ocorre de junho a novembro com pico entre agosto e setembro e a frutificação de agosto a dezembro. No entanto, Lorenzi (2002) e

Faria (2015) afirmam que o período de floração ocorre entre agosto e novembro e a frutificação entre outubro e janeiro. Martins & Pirani (2010) obtiveram dados divergentes



Figura-16: *Brosimum* Sw. (Moraceae) -adaptado de Missouri Botanical Garden

dos apresentados ao verificarem que a floração ocorre geralmente o ano todo, mas na Serra do Cipó são encontrados indivíduos florescendo em setembro e outubro, e frutificando em novembro a janeiro.

**Ocorrência no material:** 180-190 cm – testemunho.

**Referência:** Martins (2010); Zuolaga (2008).

### 3.3.1. REGISTRO PALINOLÓGICO EM ÁGUA DE LAGOS DE DEGELO

A análise palinológica das amostras de água coletadas em lagos na Ilha Rei George revelou a ocorrência de seis palinomorfos nos pontos 4,5,6,7 e 8.

### 3.3.2. DESCRIÇÃO POLÍNICA E DADOS GERAIS DAS ESPÉCIES REPRESENTADAS NO PONTO 5

A) Leguminosae Juss. – Mimosoideae *Adenodanthera colubrina* (Figura 17, a-b)

**Descrição:** Políade média, com cerca de 16 grãos de pólen, exina areolada.

**Características e Distribuição:** hábito arbustivo, herbáceo e trepador (Dutra *et al.*, 2009), as Leguminosae apresentam-se distribuídas em 727 gêneros e 19.325 espécies. Mimosoideae possui quatro tribos, 78 gêneros e 3.270 espécies (Lewis *et al.*, 2005), distribuídos nas regiões tropicais, subtropicais e cálido-temperadas (Barroso *et al.*, 1991).

**Referência:** Roubick e Moreno (2003); Buriel *et al.* (2013)

### 3.3.3. DESCRIÇÃO POLÍNICA E DADOS GERAIS DAS ESPÉCIES REPRESENTADAS NO PONTO 6

A) 1 e 2: Asteraceae Bercht e J. Presl (Compositae Giseke) – Mutisieae (Figura, c-d)

**Descrição:** Mônade, pequeno, isopolar, oblato-esferoidal, âmbito subtriangular, tricolporado, exina equinada.

**Características e distribuição:** Família cosmopolita (Judd, 2009) engloba cerca de 1.100 gêneros e 25.000 espécies. Com representantes arbustivos, árvores (raramente) e pequenas ervas (Verdi *et al.*, 2005). Distribuição cosmopolita (Judd, 2009) comuns em regiões áridas, semi-áridas, montanhosas e em floresta tropical úmida (Hind, 1993). A tribo Mutisieae apresenta cerca de 85 gêneros e 1.062 espécies, distribuídos predominantemente na região neotropical, embora tenham representantes na África, Ásia, Austrália e ilhas do Pacífico (Bremer, 1994).

**Referência:** Roubik e Moreno (2003)

**B) Apocynaceae Juss.**

**Descrição:** Mônade, média, isopolar, âmbito subtriangular, 3-4-porado, poros pequenos, com ânulo, exina rugulada (Figura 17- F)

**Característica e distribuição:** Ervas, subarbustos, árvores, ou lianas, engloba cerca de 3.700 espécies e 400 gêneros. Apresenta distribuição predominantemente pantropical, embora haja representantes nas regiões temperadas. (Souza e Lorenzi, 2005).

**Referência:** Moreira (2004)

**3.3.4. DESCRIÇÃO POLÍNICA E DADOS GERAIS DAS ESPÉCIES REPRESENTADAS NO PONTO 7**

**A) Ruscaceae M.J. Roemer (*Semele* sp.)**

**Descrição polínica:** Mônade, pequeno, apolar, circular, inaperturado, exina psilada (Figura 17- H).

**Características e distribuição:** A família engloba 25 gêneros e 500 espécies. Suas plantas são herbáceas ou arborecentes, apresentando distribuição pantropical. (Souza e Lorenzi, 2005) A distribuição do gênero *Semele* ainda é pouco conhecida.

**3.4.5. DESCRIÇÃO POLÍNICA E DADOS GERAIS DAS ESPÉCIES REPRESENTADAS NO PONTO 8**

**B) Monophyta – Gleicheniaceae C.B. Presl**

**Descrição polínica:** pequeno, heteropolar, monolete, elíptico em vista polar e plano convexo em vista equatorial, perina finamente rugulada (Figura 17- I).

**Referências:** Trevisan (2011).

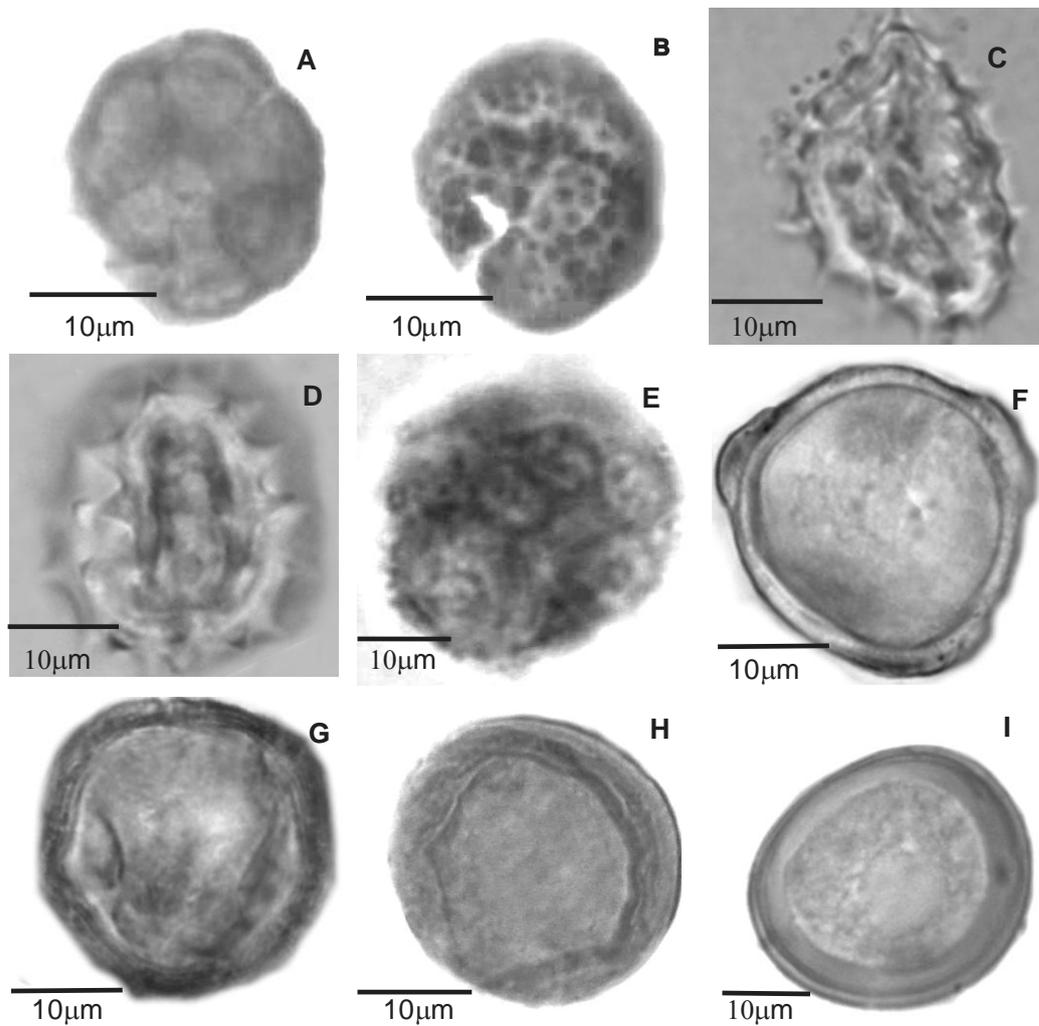


Figura-17: Grãos de pólen e esporos identificados em água de lagos de degelo-IRG. Palinomorfos Identificados–Ponto 5 (A e B – Mimosoideae); Ponto 6 ( C e D- Asteraceae); E – Mimosoideae; (F e G- Apocynaceae); Ponto 7 ( H – Rusceae); Ponto 8 ( I – Gleicheniaceae).

Tabela VI- Quantitativo do registro de grãos de pólen e esporos nas amostras de água de lagos de degelo e neve.

Ponto II (TG2)		Medidas µm	
Amostras de neve	(Rubiaceae) <i>Oreopolus glacialis</i> (Poepp.) Ricardi	40	
	Cyperaceae	10	
	Não identificado	15	
	(Blechnaceae) <i>Blechnum</i> L.	67,5	
	(Gentianaceae) <i>Schutesia</i> Mart	107,5	
	Esporo não identificado	10	
	Palinomorfo não identificado	20	
	(Cyperaceae) <i>Carpa andina</i> (?)	10	
	Moraceae	37,5	
	Ponto W		
	(Passifloraceae) <i>Passiflora Passiflora</i>	72,5	
	(2) Palinomorfo não identificado	10	
	Passifloraceae	55	
	Esporo não identificado	37	
Total de grãos de pólen e esporos nas amostras de neve:		13	
Amostras de água de lagos de degelo	Mimosoideae	30	
	Asteraceae	20	
	Apocynaceae	25	
	Ruscaceae	25	
	Gleicheniaceae	32,5	
Total de grãos de pólen e esporos nas amostras de neve:		10	

### 3.5. REGISTRO PALINOLÓGICO EM PERFIL DE SEDIMENTOS LACUSTRE

Após análise palinológica das amostras, apenas as lâminas referentes às amostras relacionadas na Tabela VI apresentaram resultados.

Tabela VII- Amostras de sedimentos com resultados palinológicos.

Profundidade (cm)	Massa
4-5	29,07
13-14	19,89
25-26	23,28
28-29	24,09

A análise qualitativa de amostras de sedimentos lacustre revelou a presença dos seguintes palinomorfos:

A) Palinomorfo Tipo 1.

Descrição: 4-colpado, médio, ornamentação psilada com grânulos, Figura 18-1;

B) *Baculatisporites comaumensis* Cookson.

Descrição: Esporo, trilete, grande, apiculado (Figura 18-B);

C) *Cyathidites australis* Couper.

Descrição: Esporo trilete, médio, psilado (Figura 18-C);

D) *Antulsporites verrucatus* Zhang & Grant-Mackie.

Descrição: Esporo, trilete, médio, verugado (Figura 18-D).

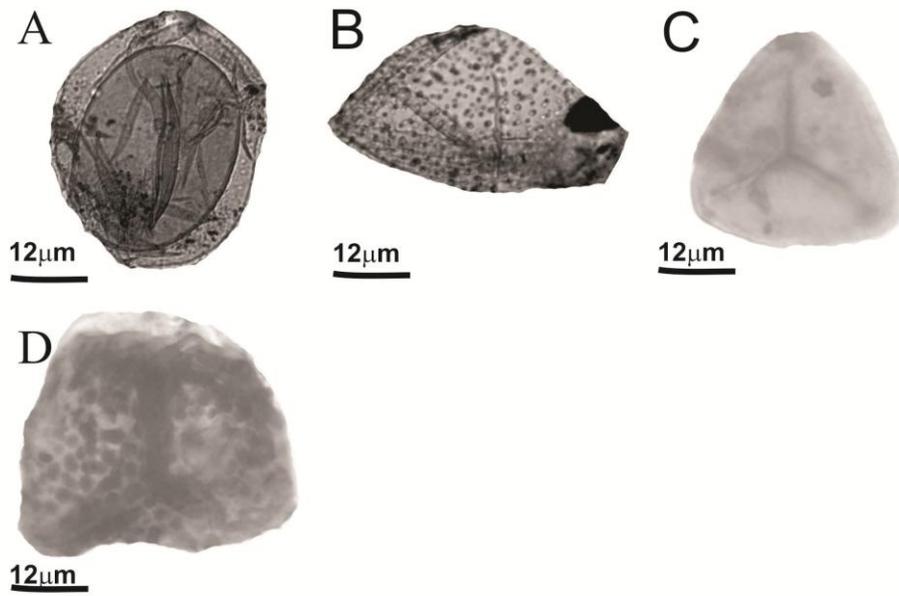


Figura- 18: Registro polínico de amostras de perfil de sedimentos lacustre.

A- Esporo Tipo 1; B- Esporo *Baculatisporites comaumensis* Cookson; C- *Cyathidites australis* Couper; D- Esporo *Antulsporites verrucatus* Zhang & Grant-Mackie.

Tabela VII- Registro qualitativo dos resultados polínicos para o perfil de sedimentos lacustre.

Número de esporos	Taxa	Afinidade botânica atual	Ocorrência cronológica	Profundidade (cm)
2	<i>Antulsporites verrucatus</i> Zhang & Grant-Mackie	Bryophyta	Jurássico	4-5
2	<i>Baculatisporites comaumensis</i> Cookson	Osmundaceae e Hymenophyllaceae	Triássico-Neogeno	13-14
1	Tipo 1	-	-	25-26
10	<i>Cyathidites australis</i> Couper	Cuatheaceae, Dickisoniaceae e Schizaeaceae	Jurássico - Cretáceo	28-29

### 3.6. MODELAGEM ATMOSFÉRICA

Conforme metodologia descrita no capítulo 2, foram tomados modelos de reanálise de trajetórias de massas de ar para o Ponto TG2, na Ilha Joinville. A escolha do ponto de coleta para modelagem considerou a datação cronológica e a proximidade dos pontos, uma vez que em relação às distâncias em escala global para teleconexões, a escala local torna-se insignificante quando considerada a grandeza volumétrica das massas de ar. A modelagem realizada com dados do Banco de Dados REANALYSES disponível no sítio eletrônico da National Oceanic and Atmospheric Administration que possui informações do ano de 1948 até o presente, e apresenta resultados gráficos com *interface* de fácil interpretação (Figura-19).

Utilizando plataforma HYSPLIT (*Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory*), conforme descrito no item 2.4 do capítulo 2, foi obtido um total de 1608 possíveis trajetórias, representadas por linhas coloridas na Figura 19.

A análise quantitativa das possíveis trajetórias revelou que aproximadamente apenas 10% (174 trajetórias) tem origem no Continente Sul Americano, sendo as demais mil quatrocentos e trinta e quatro (1434), de origem Austral ou oceânica.

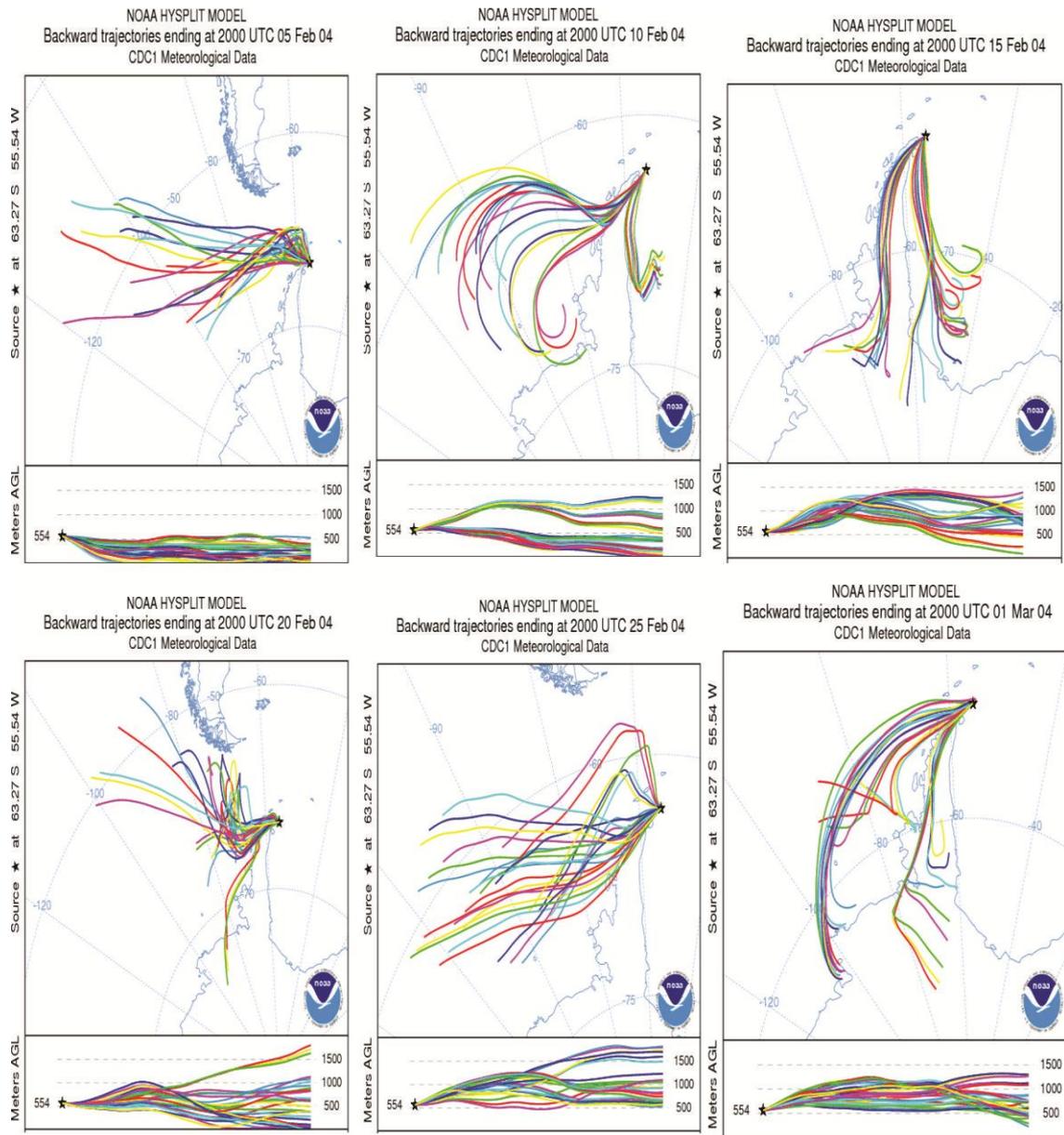


Figura-19: Compilação de modelos de trajetórias de massas de ar. As linhas coloridas indicam as possíveis trajetórias percorridas pelas massas de ar que alcançaram a região de coleta para o período analisado.

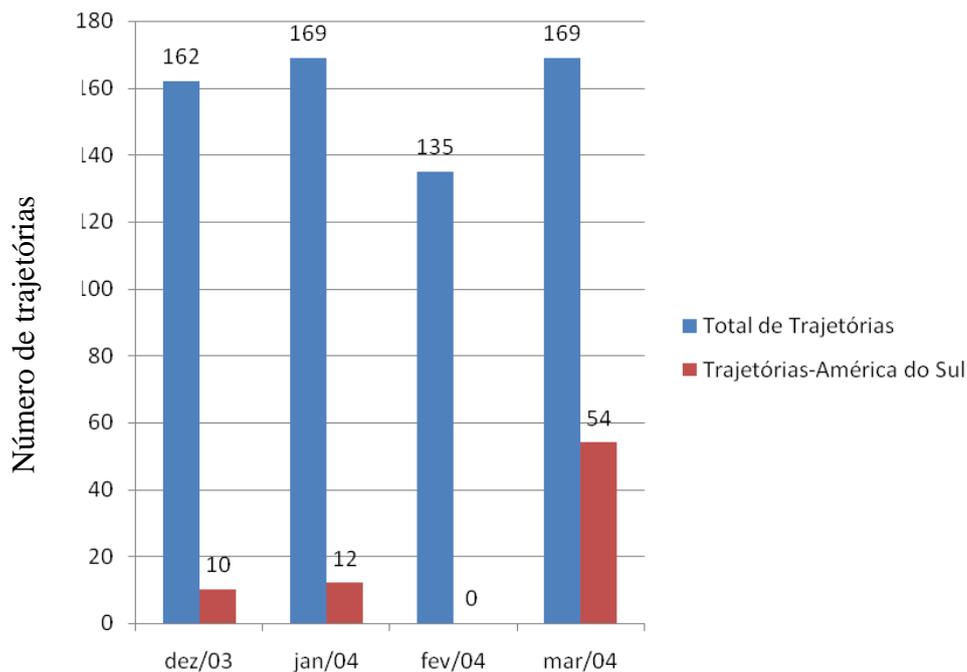


Figura-20: Análise temporal (mensal-verão Austral de 2003) do quantitativo de possíveis trajetórias modeladas para região de coleta.

A análise cronológica das trajetórias para os verões dos anos de 2003, 2004 e 2005 estão organizadas nos gráficos abaixo e permitem verificar o período correspondente ao verão do ano de 2004 como o de maior aporte de trajetórias para região analisada.

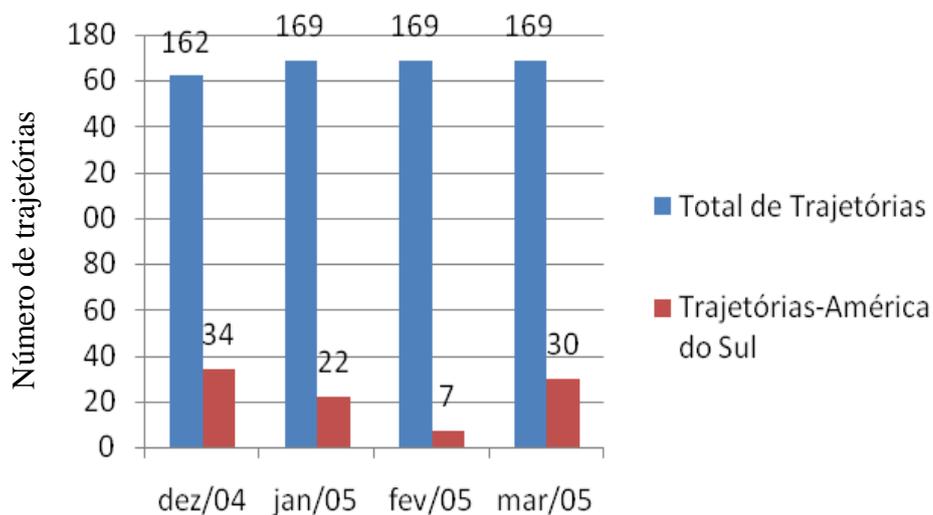


Figura-21: Análise temporal (mensal-verão Austral de 2004) do quantitativo de possíveis trajetórias modeladas para região de coleta.

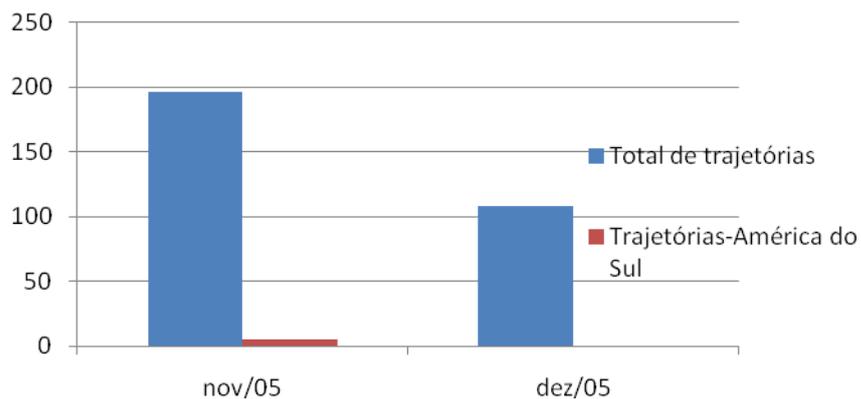


Figura-22: Análise temporal (mensal-verão Austral de 2005;N= 304 trajetórias) do quantitativo de possíveis trajetórias modeladas para região de coleta.

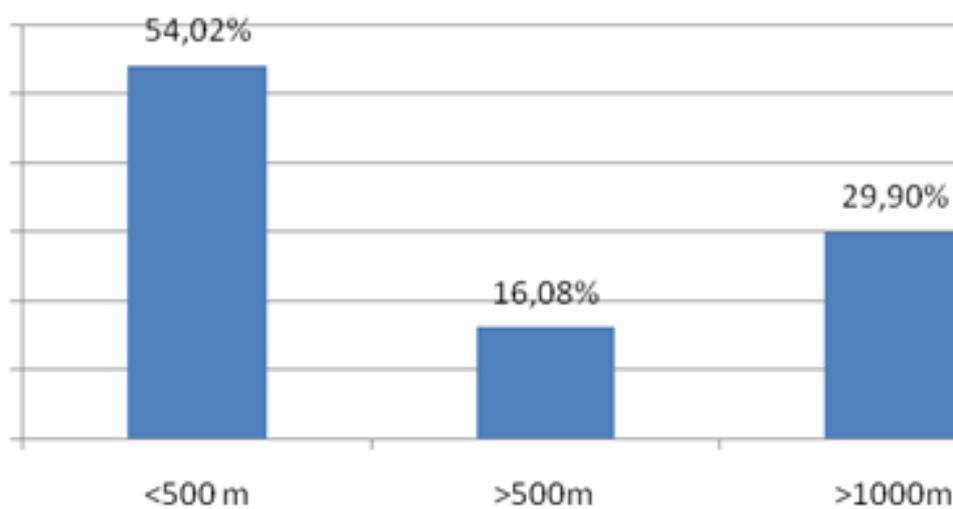


Figura-23: Percentual de trajetórias com origem na América do Sul e altitude de início.

A figura 23 demonstra o percentual de trajetórias com início em altitude menor ou igual a 500 metros em relação ao nível do mar.

### 3.7. DISCUSSÃO

A ocorrência de palimorfos com registro bibliográfico para o Jurássico-Cretáceo corrobora os conceitos apontados por Bastos (2012) ao contemplar os eventos geológicos e a similaridade da flora entre a atual Antártica marítima e a região andina na América do Sul. Paralelamente, os resultados palinológicos alcançados através da análise de amostras de neve (recente) coletadas na Ilha Joinville demonstram uma distribuição inconstante na deposição polínica quando analisados cronologicamente. A variabilidade em nível taxonômico e morfológico do registro polínico em uma matriz moderna não reflete a abundância ou a produtividade de regiões ou plantas-fonte, antes pode corroborar a compreensão de eventos relacionados ao transporte atmosférico. A presença de grãos de pólen de *Oreopolus glacialis*, *Blechnum* sp., *Schultesia*, Cyperaceae sp. e *Brosimum* sp. demonstra a existência de transporte de particulado extracontinental. Em caráter complementar os resultados da análise de água de lagos de degelo revelaram a ocorrência de grãos de pólen das famílias botânicas: Mimosoideae; Rubiaceae; Asteraceae; Apocynaceae; Ruscaceae; Cyperaceae e Gleicheniaceae. Embora desprovida de caráter cronológico na amostragem, a água de lagos de degelo permite inferir um aporte polínico para região, uma vez que os lagos representam amostras de água de geleira e de cursos de água.

A ocorrência de grãos de pólen e esporos nas três matrizes analisadas demonstra a viabilidade e resistência polínica aos agravos tafonômicos e de transporte atmosférico. O registro polínico em todas as matrizes demonstra ainda a disparidade de ornamentação e tipos polínicos entre as 3 matrizes analisadas (amostras de sedimentos lacustre e amostras de neve e água). Outro fator destacável é a ausência de grãos de pólen de táxons recentes nas amostras de sedimentos e a ausência de grãos de microfósseis polínicos nas amostras de neve e água de lagos de degelo. A ausência de grãos de microfósseis polínicos nas amostras de água corrobora a hipótese de Agostini (2016) ao destacar os lagos de degelo como depositórios de registros polínicos, por serem estes gerados através do derretimento de neve e gelo.

Trabalhos pioneiros como os de Erdtman (1938); Dyakowska (1948); Rudolph (1968); Barrow (1983), Kappen & Straka (1988), já abordavam o transporte do grão de pólen por longas distâncias.

Coletas realizadas por Harmata & Olech (1991) desde a região Antártica até a Europa, revelaram a ocorrência de grãos de pólen na atmosfera de Ushuaia. Os autores

identificaram grãos de pólen com sacos aéreos e pouco ornamentados, indicando que tais grãos pertencem a espécies de Podocarpaceae, família com distribuição tropical. As análises realizadas no presente trabalho não identificaram grãos de pólen com sacos aéreos, estrutura apontada por Erdtman (1938) como responsável pela permanência fluviabilidade aérea e transporte por distâncias superiores a 3.000 km. Embora o registro Erdtman (1938) seja cronologicamente remoto, o uso do grão de pólen na identificação de trajetórias de massas de ar tem sido notado no campo científico. Trabalhos como os de Luo *et al.*(2014) e Vergamini (2006) utilizam o grão de pólen, respectivamente, na identificação de trajetórias de massas de ar e monitoramento aerobiológico. Neste aspecto, a análise palinológica dos testemunhos de neve revelou que a maior concentração polínica ocorreu no testemunho de neve coletado no Ponto TG2 (63°16'15,5 S; 55 32'28,8"W), sendo representada por 7 palinomorfos /250 ml de água (neve) para o verão do ano de 2005, 3 para o verão do ano de 2004 e 1 para o verão do ano de 2003. É importante correlacionar fatores que corroborem a compreensão de eventos que possam suspender o grão de pólen na atmosfera.

Dentre os principais eventos com potencial para suspensão de particulado encontram-se as queimadas. Santiago (2013) associa o período de seca como o de maior concentração de particulado na atmosfera, para o autor o período é propenso para queimadas naturais e antrópicas. A comparação da série histórica de focos de incêndio na região política do Brasil, por exemplo, para os anos de 2003, 2004 e 2005 apresentaram picos históricos de focos de incêndio (Figura-24).

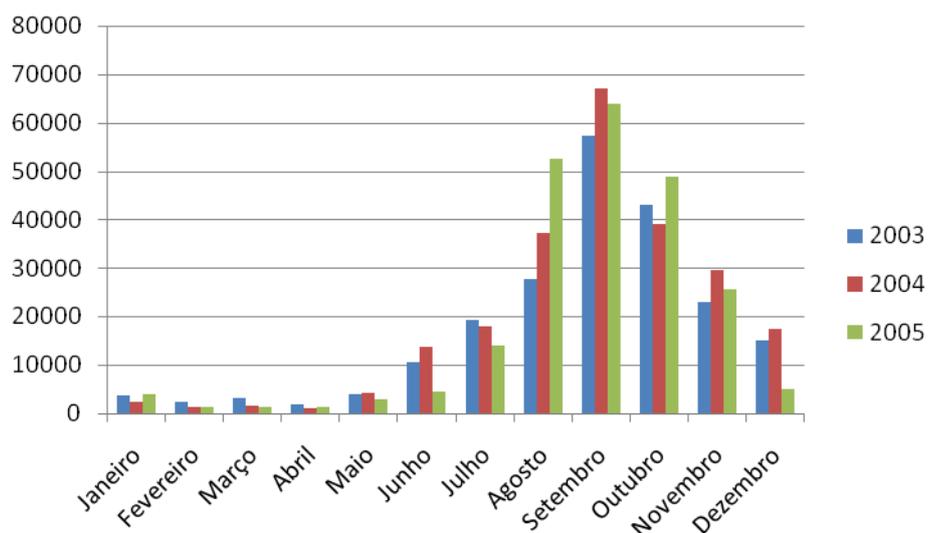


Figura- 24: Série temporal de focos de queimada para o território brasileiro.

O período de pico de focos de incêndio (mês de setembro dos anos de 2003, 2004 e 2005) é convergente com o período em que dados meteorológicos para região da Península Antártica registram baixa na pressão atmosférica média e queda da velocidade média dos ventos para 4,8 m/s (Figura-25). A relação entre baixa na pressão atmosférica e na velocidade do vento são fatores que corroboram a precipitação de particulado no Continente antártico. Tais fatores poderiam sustentar a possibilidade de aporte polínico oriundo de queimadas, no entanto a presença de fibras vegetais nas amostras (fitoclastos sem danos por queima) de neve do Ponto TG2 descarta tal hipótese. Uma vez que fitoclastos atingidos por incêndios são elementos opacos e as fibras identificadas não apresentam tal característica.

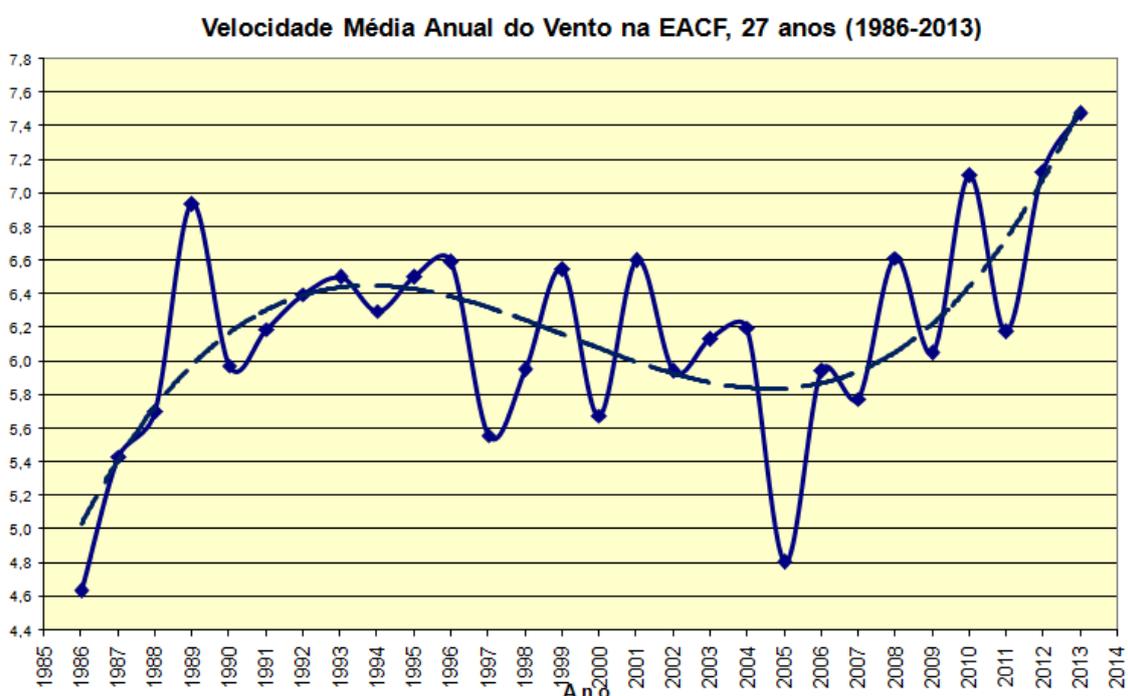


Figura-25: Demonstrativo da Velocidade média (km/h) na Estação Antártica Comandante Ferraz (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

A identificação de eventos em escalas continental e local para América do Sul considera o proposto por Ramanathan (2006), a atmosfera apresenta partículas sólidas, líquidas, nitratos e partículas minerais. A análise da composição elementar de aerossóis primários (sal marinho e poeira continental) e secundários (emissões gasosas biogênicas e antropogênicas) identificados em amostras de gelo e neve na região estudada revelou as seguintes categorias diferentes categorias de aerossóis presentes nas amostras.

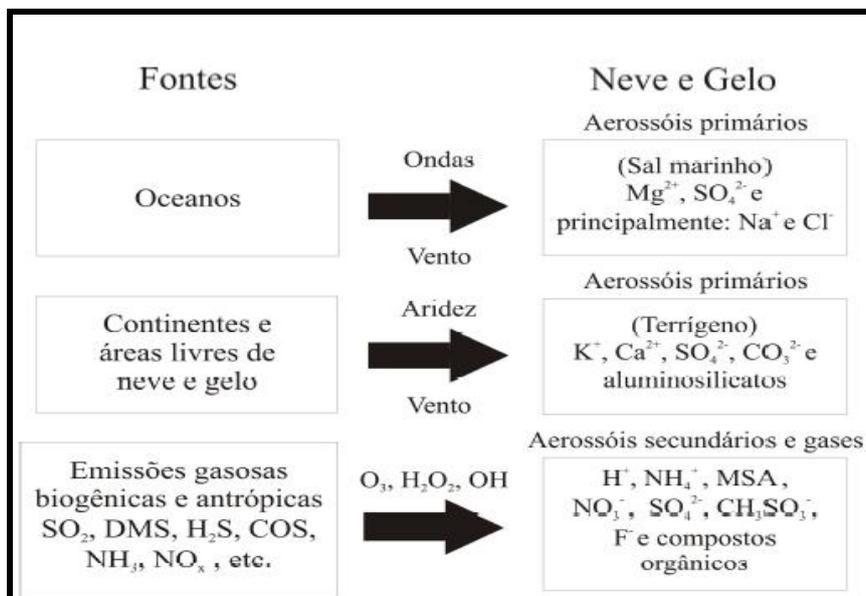


Figura-26: Diagrama mostrando as principais origens e fontes de impurezas solúveis depositadas na neve e no gelo polar, adaptado de Alencar (2007).

A análise da composição elementar de aerossóis presentes em amostras de neve e gelo, coletados na Ilha Joinville, foi realizada em caráter pioneiro por Alencar (2007) e revelou a presença de onze elementos (C, O, Na, Al, Si, K, Ca, Ti, Ba, Fe e Mg). O autor considerou a escassez de análises prévias para comparação de resultados e deliberou o uso de dados atmosféricos de coletas realizadas na cidade de Punta Arenas-Chile (Dalia, 2002). A análise comparativa entre os dados dos diferentes locais revelou que seis elementos (O, Al, Si, Ca, Ba e Fe) demonstraram valores compatíveis com a abundância relativa para atmosfera de Punta Arenas. Tal fato corrobora a possibilidade do transporte atmosférico por teleconexões entre o Continente Sul-Americano e a Antártica ser comprovado por indicadores indiretos ou traçadores.

Considerando as teleconexões como anomalias de padrões de pressão atmosférica (Horel e Wallace, 1981), o uso da palinologia *sensu lato* pode colaborar na compreensão e refinamento de dados de teleconexões. No entanto para região Antártica, dados de matrizes ambientais ainda são reduzidos, concentrados no trabalho de Kappen & Straka (1987), que analisaram musgos, *Polytrichum uniperinum*, na Ilha Rei George (62 °09'S, 58 °27'W) e identificou grãos de pólen de espécies exóticas; Agostini (2015) registrou a ocorrência de grãos de pólen em lagos de degelo na Ilha Rei George.

O advento do uso do grão de pólen como biotraçador do transporte atmosférico, figura como fonte de dados complementar ao estudo de teleconexões atmosféricas, uma vez que tais conexões são analisadas por dados de sensoriamento remoto e modelos

numéricos. A importância da compreensão da dinâmica de teleconexões figura como uma resposta à demanda por conhecimento sobre a previsão de alterações climáticas e meteorológicas. Walker & Bliss (1932) realizaram um dos primeiros estudos com teleconexões e apontaram correlações entre as regiões do Oceano Pacífico Sul e da Austrália/ Oceano Índico.

Ambrizzi (2014) define teleconexões como padrões de anomalias ou alterações, resultantes da interação entre as circulações atmosférica e oceânica e resultaria em estruturas de ondas de massas de ar locais com interações em regiões remotas. As teleconexões conhecidas apresentam padrões de variabilidade sazonais, no entanto, a oscilação por escala de tempo pode ter diferentes causas. Pode-se destacar o aquecimento da água superficial do mar como fenômeno gerador de energia para teleconexões e sua propagação através das ondas de Rossby. O quadro de teleconexões com influência sobre a América do Sul considera um modelo sinótico, porém não linear, pois a complexidade da dinâmica atmosférica não permite a ocorrência de tal padrão, fator resultante em vetores de velocidade, direção e geopotencial, representados por modelos numéricos. Sob essa óptica destacam-se as ondas de Rossby como ondas com movimento constante para oeste que exercem influência global e importante papel na convecção continental, e as correntes de jato que apresentam velocidade média sazonal para inverno e verão. Em análise quantitativa das trajetórias modeladas na Plataforma HYSPLIT foi verificado diferentes possíveis trajetórias com origem na América do Sul. A interação entre as ondas de Rossby e as correntes de jato representa outro possível evento de suspensão polínica, considerando a altitude média de início das trajetórias propostas pelo modelo *Hysplit*, sua localização (região andina), orografia e aspectos fitofisionômicos.

Santos *et al.*(2008) afirmaram que um número crescente de trabalhos tem apontado a ocorrência de fluxo de massas de ar oriundas da região norte localizado a leste dos Andes e o autor enfatiza, ainda, a nomenclatura de Jato de Baixos Níveis (JBN). Em experimento de Campo realizado no período de 15 de novembro de 2002 a 15 de fevereiro de 2003 o projeto *South American Low Level Jet Experiment* (SALLJEX) coletou dados atmosféricos da região andina através de balão meteorológico e vôos com o avião NOAA/WP-3D (Carneiro *et al.*, 2004).

Os trabalhos de Carneiro *et al.* (2004) apresentam colaborações em relação ao conhecimento da JBN e compila o teor de alguns trabalhos em relação ao evento JBN (Nogués-Paegle & Mo, 1997; Paegle, 1998; Douglas *et al.*,1998, 1999; Marengo *et al.*,2000; Nicolini & Saulo, 2000; Saulo *et al.*, 2000, Marengo & Soares, 2002a, b e

Marengo & Soares, 2004). Santos *et al.*,(2008) retratam a vasta colaboração do SALLJEX para o conhecimento da JBN na América do Sul (AS) e destacaram dois pontos frágeis em relação à aplicação dos dados gerados: a) a necessidade de interface que permita uma modelagem verdadeira dos dados gerados, os modelos testados superestimam os valores observados de umidade específica e temperatura potencial; b) a deficiência de dados topográficos para uma maior resolução dos modelos. A JBN, embora pouco conhecida pode apresentar fenômenos relacionados ao transporte polínico por longas distâncias. Ainda sob a óptica da pesquisa desenvolvida por Santos *et al.*(2008) foi verificado que a JBN ocorre com maior intensidade ao longo do verão Austral (dezembro, janeiro e fevereiro) e, preferencialmente, entre 06:00 UTC e as 12:00 UTC. O período e horário de ocorrência da JBN é convergente com o horário de pico de dispersão polínica de Cyperaceae Juss, além de ser concomitante com o período apontado por Jackson & Lyford (1999) como horário de maior liberação de pólen (10:00-18:00) para espécies herbáceas. Cabe acrescentar que dentre as espécies representadas no registro polínico 83,4% são ervas, dentre tais encontra-se *Oreopolus glacialis* (Rubiaceae), erva perene que ocorre no Chile e Argentina, nos Andes a partir de 3.000 de altitude. O evento JBN pode explicar a origem dos grãos de pólen identificados na Ilha Joinville, uma vez que o processo de transporte atmosférico de particulado precisa, preferencialmente, obedecer uma sequência de eventos: a) evento de quebra da inércia, retirada do grão de pólen ou outro particulado de uma superfície. Este processo demanda energia específica de diferentes ordens para romper a atração estática entre particulado e superfície; b) transporte, considerando a atmosfera como um complexo multifatorial e multicausal, o transporte não ocorre linearmente, antes sofre interferências de diferença de pressão atmosférica, agravos por atrito, umidade e ressecamento, microclima e outros. O evento de quebra da inércia do grão de pólen, partindo da antera ou de uma superfície foi abordado por Jackson & Lyford (1999), os autores utilizaram a seguinte equação para definir o início do movimento de um grão de pólen:

$$u' = (2r^2pg \tan \Theta)/9\mu$$

Onde a velocidade do vento ( $u'$ ) é dada por:  $r$  é o raio da partícula,  $p$  é a densidade da partícula,  $g$  é a constante gravitacional,  $\mu$  é a viscosidade do ar,  $\Theta$  é o ângulo formado por uma linha perpendicular entre o raio do grão de pólen e a superfície. Considerando as variáveis envolvidas no movimento do grão de pólen,

acredita-se que o padrão deposicional de palinomorfos e outros particulados sofram a influências semelhantes. Acrescentam-se que a morfologia dos palinomorfos pode possuir intrínseca relação com o transporte e deposição, tal afirmação diverge do apontado por Erdtman (1938), pois não foram encontrados grãos de pólen com sacos aéreos. Outro fator de importância peculiar é a ornamentação dos palinomorfos, no presente trabalho não foi verificado um padrão de ornamentação predominante no registro polínico. Desta forma um único grão de pólen que permita a identificação de seu possível Termo-Fonte representa um Proxy eficaz.

A variação de concentração, presença ou não de danos e correlação com outros traçadores pode permitir o aumento de sua eficiência; c) a deposição pode ocorrer por precipitação (neve ou chuva), eventos meteorológicos como brisa e correntes de vento, podendo ainda ser retrabalhado após a precipitação (arrastamento, tafonomia, ataque biológico, etc.) O transporte após a suspensão pode ocorrer por correntes de vento superficiais e nesse caso a presença de barreiras físicas representa um obstáculo, mas também sítio de coleta. Outros possíveis eventos são as correntes de jato, as ondas de Rossby e as células de Hadley. Em amostras de neve coletadas no Polo Sul Geográfico, Turney *et al.* (2015) analisou a composição glacioquímica com objetivo de identificar a influência tropical na temperatura do Continente Antártico e concluiu através de dados meteorológicos e isotópicos que anomalias de pressão no sudoeste do Oceano Pacífico podem reforçar a circulação meridional entre as latitudes médias, fato que sustenta a hipótese de interação cíclica entre as forçantes climáticas.

Em análise preliminar é possível identificar através de diferentes trabalhos que buscaram compreender e prever as forçantes e variáveis envolvidas nos processos de teleconexão, que o estado da arte do tema encontra-se ancorado em um talude multidisciplinar composto por áreas como física de altas atmosferas, meteorologia, oceanografia, aerobiologia, geologia e estatística aplicada. As diferentes áreas do conhecimento compilam dados coletados em campo e de sensoriamento remoto e buscam modelos que interpretem as diferentes interações observadas, sendo, no entanto limitados quanto ao fator cronológico e de frequência dos eventos, necessitando de robusta tecnologia aplicada para elaboração de modelos matemáticos capazes de inferir fenômenos reais. Destarte o registro não inédito, mas escasso da ocorrência de grãos de pólen depositados na Criosfera Austral surge dos auspícios de médio prazo através de recursos humanos e financeiros agrupados em esforços de grupos de pesquisa espalhados por todo o globo. Destaca-se sob a óptica do transporte polínico por longas distâncias os trabalhos de Erdtman (1938); Dyakowska (1948); Rudolph (1968); SCAR

(1974); Barrow (1983), Kappen & Straka (1988); Vergamini (2006), além de grupos e projetos como o Instituto Nacional da Ciência e Tecnologia da CRIOSFERA, CRIOSFERA- 1; SALLJEX.

A análise de dados biogeográficos dos resultados palinológicos das espécies representadas nas amostras da Ilha Joinville revelou que os grãos de pólen encontrados possui distribuição predominantemente tropical, no entanto a precisão do proxy analisado é corroborada através dos sistemas de teleconexões e climatologia, uma vez que as espécies representadas são predominantemente ervas e a disponibilidade do grão de pólen torna-se maior quando ocorrem em vales e campos, distantes de florestas densas Salgado-Labouriau (1994). A morfologia polínica predominante no registro realizado revelou que grãos de pólen com exina reticulada e maiores que 50  $\mu\text{m}$  podem foram transportados até a região de coleta das amostras. Considerando espécies herbáceas, ocorrendo em áreas elevadas, áreas livres de florestas e expostas a correntes de jato (JBN) a região abaixo de 50° LAT representa uma área com elevado potencial de aporte de particulado. Quando comparado com outros componentes do aerossol atmosférico o grão de pólen é relativamente grande (a média para o registro na Ilha Joinville é de 34,66  $\mu\text{m}$ ). Sendo maior que aerossóis como o BC- *Black Carbon* identificado em amostras de neve nos trabalhos de Pereira (2006) e Alencar (2007) o grão de pólen tem resultados satisfatórios na identificação do transporte por longas distâncias, e sua morfologia pode colaborar em tal processo. Destaca-se no entanto, a necessidade do levantamento biogeográfico de regiões potencialmente Termo-Fonte, a coleta de amostras de ar e neve e análise direta como aspectos que podem tornar mais confiáveis e precisos os trabalhos que utilizem os grãos de pólen e esporos como biotraçadores atmosféricos.

### 3.7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos através da análise do registro polínico nas amostras de neve, coletadas na Ilha Joinville, e amostras de água de lagos de degelo e sedimentos, coletadas na Ilha Rei George permitiram concluir:

- Os grãos de pólen identificados foram transportados por via aérea ao longo de distâncias superiores a 3.000 km e neste aspecto destaca-se a distribuição cronológica e concentração ao longo dos três pontos de coleta como fato que refuta a possibilidade de contaminação do sítio de coleta por artefatos e equipamentos.
- A compreensão do transporte atmosférico é potencializada quando a análise polínica é associada a proxies químicos (ou outras entidades palinológicas que gerem metadados de cronologia e eventos climatológicos em escala local ou global.
- A aplicação do grão de pólen como biotraçador possui potencial para identificação do termo-fonte de massas de ar e tal precisão é ancorada na morfologia polínica.
- O estudo da morfologia da exina, sua ornamentação e comportamento diante dos diversos estados físicos de elementos atmosféricos (vapor, gelo e neve) demonstra potencial para estudos futuros.
- A amplitude do potencial de contribuição da esporopolenina é reforçada pela identificação polínica de fragmentos de grãos de pólen de (Passifloraceae) *Passiflora*.
- Os grãos de pólen de espécies herbáceas que ocorram distante de florestas densas são aparentemente proxies mais eficientes.
- Frente ao elevado custo e tempo para formação de mão de obra científica e recursos tecnológicos para estudo da dinâmica atmosférica a palinologia como ciência botânica e de base demonstra eficácia de considerável relevância.
- Os dados de sensoriamento remoto e de campo em ciências atmosféricas são de extrema importância e utilizam plataforma e acordos de cooperação internacionais. Diante de tal realidade o uso do grão de pólen pode otimizar a elaboração de propostas e projetos na área. O grão de pólen é um biotraçador eficiente por permitir a identificação de seu termo fonte em escala regional.
- As amostras de neve coletadas e armazenadas por um período de aproximadamente nove anos demonstraram viabilidade após o período de congelamento.

### 3.9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencar, A. S. **Análise glacioquímica de testemunho de neve e gelo da Ilha Joinville, Península Antártica: Aplicações no estudo da variabilidade do gelo marinho e da produtividade primária na região.** Tese de doutorado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil: 164 p., 2007.
- Ambrizzi, T.; Sacco, M. A. L.; Ferraz, S.E.T. A importância das teleconexões para a Previsão Sazonal. *Ciência e Natura* .v.36,2014
- Badano, E. *et al.* .Efectos de la planta encojín *Oreopolus glacialis* (Rubiaceae) sobre la riqueza y diversidad de especies en una comunidad alto-andina de Chile central. *Rev. chil. hist. nat.*, Santiago , v. 75, n. 4, p. 757-765, dic. 2002 . Disponível em <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-078X2002000400011&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2002000400011&lng=es&nrm=iso)>. >. Acesso em 15 Outubro 2016.
- Aquino, F.E. **Conexão climática entre o modo anular do Hemisfério Sul com a Península Antártica e o sul do Brasil.** Tese (Doutorado) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil, 2012.
- Arigony N.J. Determinação e interpretação de características glaciológicas e geográficas com sistema de informações geográficas na Área Antártica Especialmente Gerenciada Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil, 2001.
- Arigony-Neto, J. & Bremer, U.F. O uso de mapas artísticos em publicações. *Pesquisa Antártica Brasileira*, 1988.
- Barth, O.M. & Melhem, T.S. *Clossário Ilustrado de Palinologia*. Ed. Unicamp, Campinas, 1995.
- Bastos, B. L. **Flora fossil do Pontal RIP, Ilha Nelson, Península Antártica: Taxonomia e Contexto Geológico.** Dissertação (Mestrado) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Brasil, 2012.
- Barrow, C. J. *Palynological studies in South Georgia: IV. Profiles from Barff Peninsula and Annekov Island.* - *Br. Antarct. Sum. Bull*, v.58,1983.
- Barth, O.M.; Justo, R.L.; Barros, M.A. Catálogo sistemático do pólen das plantas arbóreas do Brasil meridional. *Rev. Brasil. Biol.*, v. 58, n.3, 1998
- Boutron, C.F. Historical reconstruction of the earth's past atmospheric environment from Greenland and Antarctic snow and ice cores. *Environmental Reviews*, v.3,4,2004.
- Beck, C.D.; Ahlert, S. & Simões, J.C. Sensoriamento remoto da Ilha Joinville. *Actas del V Simposio Argentino y I Latino Americano sobre Investigaciones Antárticas*, 2004.

- Boutron, C.F. Historical reconstruction of the earth's past atmospheric environment from Greenland and Antarctic snow and ice cores. *Environmental Reviews*, v.3,1995.
- Bremer, U. F.. Morfologia e bacias de drenagem da cobertura de gelo da Ilha Rei George, Antártica . Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil, 1998.
- Brisbane, New Zealand palynology and paleobotany. A field guide to palynological and paleobotanical localities. New Zealand Geological Survey record,1988.
- Blackmon, M. L., Lee, Y.-H. and Wallace, J. M. Horizontal structure of 500 m height fluctuations with long, intermediate and short timescales. *J. Atmos Sci*,1984.
- Braun, C.; Mustafa, O.; Nordt, A.; Pfeiffer, S.; Peter, H. Environmental monitoring and management proposals for the Fildes Region, King George Island, Antarctica. *Polar research*, v. 31, 2012.
- Breóns, F.M. How Do Aerosols Affect Cloudiness and Climate? *Science*, v. 313. 2006. *Revista brasileira de Meteorologia*.v.24, n.2, 2009.
- British Antarctic Survey (BAS). British Antarctic Territory Joinville Island (map, 1:250.000; Series BAS 250), Directorate of Overseas Surveys (ed.), Tolworth,1973.
- Brito, T. O Brasil e o meio ambiente antártico. Ensino fundamental e ensino médio. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica(Coleção Explorando o ensino; 10),2006.
- Bruhl, J.J. Sedegenera of the World: relationships and a new classification of the Cyperaceae. *Australian Systematic Botany*, 1995.
- Buril, M.T.; Santos, F.A.R.; Alves, M. Diversidade polínica das Mimosoideae (Leguminosae) ocorrentes em uma área de caatinga, Pernambuco, Brasil. *Acta bot. Bras.* V.24, 2010.
- Calcote, R.R. & Davis, M.B. 1989. Comparison of pollen in surface samples of forest hollows with surrounding forests. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 70: 1-75.
- Campbell, I.D. 1999. Quaternary pollen taphonomy; examples of differential redeposition and differential preservation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 149: 245-256.
- Carneiro, G. M.; Nobre, C. A.; Seluchi, M. E.; Herdies, D. Análise do impacto dos dados observados coletados no SALLJEX na reanálise do modelo global do CPTEC/INPE. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004.
- Cavalcanti, I, F. A; Ferreira, N. J; Silva, M,G, A, J; Dias, M. A. F. S (Org). Tempo e clima no Brasil. Oficina de Textos. 2009.

- Cervi A.C. Passifloraceae do Brasil. Estudo do gênero *Passiflora* L., subgênero *Passiflora*. Fontqueria, 1997.
- Coelho, C. B.; Esteves, L.M. Morfologia de esporos de pteridófitas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil) Família: 2-Blechnaceae. *Hoehnea*, São Paulo, v. 35, n. 3, 2008. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2236-89062008000300006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-89062008000300006&lng=en&nrm=iso)>. accesson 01 Feb. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062008000300006>. >. Acessos em 15 Outubro 2016
- Collins, D.N.: Climatic variation and runoff in mountain basins with differing proportions of glacier cover. *Nordic Hydrology*, 2006.
- Cunningham, W. D.; Dalziel, I. W. D.; Lee Tung-yi; Lawver, L. A. 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*, 100(B5): 8257-8266, 1995.
- Dalia, K.C.P. **Identificação de eventos de transporte atmosférico por análise de micropartículas no ar e no depósito glacial da ilha Rei George - Península Antártica**. Dissertação (mestrado) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Brasil, 2002.
- Deginani, N.B. Passifloraceae L. *In*: Flora Del Valle de Lerma. Aportes Botanicos de Salta - Ser. Flora, 1999.
- Del Ponte, Emerson M.; Fernandes, J. Maurício C.; Pierobom, Carlos R. & Bergtrom, Gary C. Giberela do trigo: aspectos epidemiológicos e modelos de previsão. *Fitopatol. bras.* vol.29, n.6, 2004.
- 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.
- Donizeti, O.A., Filho. J.G.M., Carvalho, M.A., Menezes, T.R., Lana, C.C., Brenner, W.W. Novo método de preparação palinológica para aumentar a recuperação de Dinoflagelados. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 2004.
- Douglas, M. W.; Nicolini, M.; Saulo, C. Observational evidences of a low level jet east of the Andes during January-March 1998, *Meteorologica*, v. 3, 1998.
- Douglas, M. W.; Nicolini, M.; Saulo, C. The Low-Level Jet at Santa Cruz, Bolivia during january-march 1998, pilot ballon observation and model comparison. In: Extended abstracts of the 10th symposium on global change studies. Texas, 1999.
- Dyakowska, J. 1948. The pollenrainontheseaandonthecoastofGreenland. - Bull. 1st. Acad. Cracovie (Acad. Pol. Sci.), Scr. B. Sci. Nat., 1947.

- Elbert, W.; P. E. Taylor, M. O. Andreae & U. Pöschl. Contribution of fungi to primary biogenic aerosols in the atmosphere: wet and dry discharged spores, carbohydrates, and inorganic ions *Atmos. Chem. Phys. Munich*, v.7, 2007.
- Elliot, D. H. Triassic-Early Cretaceous evolution of Antarctica. In: THOMSON, M. R. A.; CRAME, J. A.; THOMSON, J. W. (Eds.). *Geological Evolution of Antarctic*. Cambridge: Cambridge University Press, Proceedings of the V INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTARCTIC EARTH SCIENCES, p.541-547, 1991.
- Erdtman, G. *Pollen Morphology and Plant Taxonomy –Angiosperms*. Almqvist & Wiksel, Stockholm, 1952.
- Faegri, K., Pijl, L. *The principles of pollination ecology*. Pergamin Press, London. 1979.
- Feuillet, C. & Macdougall, J. C. Infrageneric classification of *Passiflora* in XVI International Botanical Congress, St. Louis, 1999.
- Ferreira, M. G.; ABSY, M.L.; Gonçalves-Esteves, V. Pollen morphology of the genera *Irlbachia*, *Tachia*, *Voyria* and *Voyriella* (Gentianaceae Juss.) found in the Reserva Florestal Adolpho Ducke (Amazonas, Brazil). *Acta Bot. Bras.*, v. 26, 2012. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33062012000400020&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062012000400020&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 01 Fevereiro 2015.
- Fily, M. **Etude de paramètres influant sur l'évolution de la glace de mer dans l'océan de la Terre-Adélie (Antarctique)**. Tese de Doutorado. Universidade de Paris, France, 1983.
- Feuillet, C. & Mac Dougal, J.M. A new infrageneric classification of *Passiflora* L. (*Passifloraceae*). *Passiflora*, 2003
- Fox, A.J. & Cooper, A.P.R. Measured properties of the Antarctic ice sheet derived from the SCAR Antarctic digital database. *Polar Record*, v.30, 1994.
- Goldemberg, J. (Org.). *Antártica e as Mudanças Globais: um desafio para a humanidade*. Série Sustentabilidade, São Paulo, v.9, 2011.
- Gonçalves, P.N.; Neves, P.C.P.; Tonin, A.; Pereira, A.B. Morfologia dos grãos de pólen de angiospermas modernas da Ilha King George, Ilhas Shetland do Sul, Península Antártica. *Journal of Geoscience*, v.4, 2008.
- Guimarães, E. F ; Mendonça, C.B.F ; Esteves, V , v.l. ; pereira, Jorge Fontella . Palinotaxonomia de espécies de *Schultesia* Mart. - *Gentianaceae*. Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, v. 61, n.3, p. 151-164, 2003.
- Guimarães, E. F.; Saavedra, M. M.; Costa, C.G. Frutos e sementes em *Schultesia* Mart. e *Xestaea* Griseb. (*Gentianaceae*). *Acta Bot. Bras.*, São Paulo , v. 21, 2007 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33062007000200006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062007000200006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 01 Março 2015.

- Gryziak, Grzegorz. Colonization by mites of glacier-free areas in King George Island, Antarctica. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 44, n. 8, 2009. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2009000800013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009000800013&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 15 Outubro.
- Grokovisk, L., Cervi, A.C.; Tardivo, R.C. O gênero *Piptocarpha* R.Br. (Asteraceae: Vernonieae) no estado do Paraná, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, São Paulo, v. 23, 2009.
- Grimm, A.M.; S.E.T. Ferraz; J. Gomes. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño na La Niña events. *Journal of Climate*, v. 11, 1998.
- Huiskes, A.H.L. *Antarctic Biology in a Global Context*. 338 p. Amsterdam, 2003.
- Linskens, H.F.; Bargagli, R.; Cresti, M.; Focardi, S.. Entrapment of long-distance transported pollen, 1993.
- Heusser, C.J. *Pollen and spores of Chile*. University of Arizona Press, Tucson, 1971.
- Harmata K, Olech M.. Transect for aerobiological studies from Antarctica to Poland. *Grana*, v. 30, 1991.
- Horel, J.D.; Wallace, J.M. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, v. 109, 1981.
- Hopkins, J.S. 1950. Differential flotation and deposition of coniferous and deciduous tree pollen. *Ecology*, 31: 633-641.
- Hoskins, B. J. and Ambrizzi, T.. Rossby wave propagation on a realistic longitudinally varying flow. *J. Atmos. Sci.*, v. 50, 1993.
- INACHI. *La Antártica Nuestra, Una Introducción a su Conocimiento*. v.1. Chile. Instituto Antártico Chileno, 2006.
- Iqbal, M. *An introduction to solar radiation*. Londres: Academic, 1983.
- Jackson, S.T., & M.E. Lyford. Pollen dispersal models in Quaternary plant ecology: assumptions, parameters, and prescriptions. *Botanical Review*, 1999.
- Jersey, N.J.; Raine, J.I. Triassic and earliest Jurassic miospores from the Murihiku Supergroup, New Zealand. *New Zealand Geological Survey paleontological bulletin*, 1990.
- Justino, F.B.; Peltier, R. Climate anomalies induced by the Arctic and Antarctic Oscillations: Glacial Maximum and present-day perspectives. *Journal of Climate*, v. 21, n. 3, 2008.

- Kappen. L. & Straka. H. Pollen and spores transport into the Antarctic, *Polar Biology*, Germany, v.8, 1988.
- Kaufman, Y.J., Koren, I. Smoke and pollution aerosol effect on cloud cover. *Science*, v. 313, 2006.
- King, J.C. & Turner, J. *Antarctic Meteorology and Climatology* Cambridge University Press, Cambridge, 1997.
- Lewis WH.; Vinay. P.; Zenger, V.E. *Airborne and allergenic pollen of North America*. John Hopkins Univ Press, Baltimore, 1983.
- Licínio, M.V.S.L. **Impacto Ambiental Atmosférico na Baía do Almirantado / Ilha Rei George: Ocupação Humana e Testes Atômicos**. Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, 2006.
- Lindemann, D.S; Justino, F.B. A influência dos modos de variabilidade climática na temperatura em superfície na Antártica. *Rev. bras. meteorol.*, São Paulo, v. 30, n. 2, 2015. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862015000200214&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862015000200214&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em 20 de Dezembro 2015.
- Luo, C., *et al.* Comparison of modern pollen distribution between the northern and southern parts of the South China Sea. *Biometeorology*, v.59, 2014.
- Luz, C.F. P. Deposição Subaquática Diferencial de Pólen e Esporos. *Anu. Inst. Geocienc.*, Rio de Janeiro, v. 36, 2013. Disponível em <[http://papego.igc.usp.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-97592013000100009&lng=pt&nrm=iso](http://papego.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-97592013000100009&lng=pt&nrm=iso)>. Acessos em 01 fev. 2015.
- Machado, M.C.; Brito, T. *Antártica: ensino fundamental e ensino médio*. Brasília. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. 172 p. 2006. (Coleção explorando ensino, v.9).
- Marengo, J. A.; Douglas, M. W.; Dias, P. L. S. The South American low-level jet east of the Andes during the 1999 LBA-TRMM and LBA-WET AMC campaign. *Journal of Geophysical Research*, v. 107, 2002a.
- Marengo, J. A.; Soares, R. W. Episódios de jatos em baixos níveis ao leste dos Andes durante 13-19 de abril de 1999. *Rev. Brasileira de Meteorologia*, v.17, 2002b.
- Marbberley, D.J. *The Plant Book. A portable dictionary of the vascular plants*. Cambridge, Cambridge University Press, 1997.
- Martin, P.J.; Peel, D.A. The spatial distribution of 10m temperatures in the Antarctic Peninsula. *Journal of Glaciology*, v.20, 1978.
- Martins, E.G.A. & Pirani, J.R. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Moraceae. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, v. 28, 2010.

- Matozinhos, C. N., Konno, T.U.P. Diversidade taxonômica de Apocynaceae na Serra Negra, MG, Brasil. *Hoehnea*, v.38, 2011.
- Melhem, T.S., Cruz-Barros, M.A.V., Corrêa, A.M.S, Makino-Watanabe, H., Silvestre-Capelato & Esteves, V.L.G. Variabilidade Polínica em Plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). *Boletim do Instituto de Botânica*, 2003.
- Moreira, F.F. *et al.* Palinotaxonomia de espécies de Apocynaceae ocorrentes na Restinga de Carapebus, Carapebus, RJ, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 711-721, dez. 2004. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33062004000400002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062004000400002&lng=pt&nrm=iso)>. Acessos em 15 Outubro 2016.
- Nicolini, M.; Saulo, A. C. ETA characterization of the 1997-1998 warm season Chaco jet cases. Preprints of the 6<sup>th</sup> International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Santiago, Chile, 2000.
- Nogués-Paegle, J., e K.C. Mo. Alternating wet and dry conditions over the South America during summer. *Mon. Wea. Rev.*, 1997.
- Norris, G. Plant microfossils from Hawks Crag Breccia, southwest Nelson, New Zealand. *New Zealand journal of geology and geophysics*, 1968.
- Ollgaard, B., e Windisch, P.G. Lycopodiaceae in Brazil. Conspectus of the family I. The genera *Lycopodium*, *Austrolycopodium*, *Diphasium*, and *Diphasiastrum*. *Rodriguésia*. V.6, 2014.
- Parnikoza, I., Kozerevska, I.; Kunakh, V. Vascular Plants of the Maritime Antarctic: Origin and Adaptation. *American Journal of Plant Sciences*, v.2, 2011.
- Paegle, J. A comparative review of South American Low Level Jets. *Meteorologica*, v. 3, 1998.
- Pocknall, D.T.; Tremain, R., Tour LB1, 7th International Palynological Conference, 1988.
- PETER, H.U.; BUESSER, C.; MUSTAFA, O.; PFEIFFER, S. Risk assessment for the Fildes Peninsula and Ardley Island, and development of management plans for their designation as Specially Protected or Specially Managed Areas. Dessau-Roßlau. 2008
- Poelking, E.L. Variações da frente da geleira Polar Club, Península Potter (ilha Rei George, Antártica Marítima) entre 1986 e 2011. *Rev. bras. meteorol.*, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 379-388, Sept. 2014. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862014000300006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862014000300006&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em 20 Dezembro 2015.
- Punt, W., Blackmore, S., Nilsson, S. & Le Thomas, A. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Paleobotany and Palynology*, 2007.

- Ramanathan, V., Crutzen, P.J., Kiehl, J.T. and Rosenfeld, D., Aerosols, climate, and the hydrological cycle, Science, 2001.
- Reynolds, J.M. The distribution of mean annual temperatures in the Antarctic Peninsula. Br.Antarct. Surv. Bull. n.54, 1981.
- Roubik, D.W.; Moreno, J.E. *Pollen and Spores of Barro Colorado Island*. Panamá, 2003.
- Romão, M.O.; Setzer, A. Alertas de avanço de massa de ar da Antártica em direção ao Brasil. Programa e Resumos, XVII Simpósio Brasileiro sobre Pesquisa Antártica, IG-SP, 2009.
- Rudolph, E. D. Local Dissemination of Plant Propagules in Antarctica. Inst. Pol. Studies, v. 140, 1968.
- Sancho, L.G.; Pintado, A. *Ecología vegetal en la Antártida*. Revista Ecosistemas. España, v. 20, n. 1, p. 42-53, 2011.
- Salgado-Labouriau, M.L. *Contribuição à Palinologia dos Cerrados*. Rio de Janeiro, Ed. Academia Brasileira de Ciência, 1973.
- Salgado-Labouriau, M. L. *História ecológica da terra*. 2ed. Blucher, 1994.
- Santiago, A. **Material particulado total suspenso na baixa atmosfera em Cuiabá no período de queimadas**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil, 2013.
- Santos, A. Moraceae da Serra da Mantiqueira. Dissertação (não publicado), Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2012.
- Santos, J. G. M.; Campos, C. R. J.; LIMA, K. C. Análise dos jatos de baixos níveis associados a um sistema convectivo de mesoescala na América do Sul: Um estudo de caso. Revista Brasileira de Geofísica, v. 26, 2008.
- Saulo, C; Nicolini, M.; Chou S. C. Model characterization of the South American low-level flow during 1997-98 spring-summer season. Clim. Dyn., v. 16, 2000.
- Sepulveda, E.G. **2002**. Algunas observaciones sobre una microflora eocena de La isla vicecomodoro Marambio, *Ianigla, 30 años de investigación básica y aplicada em ciencias ambientales, Mendoza, Argentina*. p. 231.
- Silva, Maria Cristina Lima Ribeiro. Contribuição ao estudo da Antártica no sistema de relações internacionais. São Paulo, 1987. Dissertação (Mestrado em Direito) - Faculdade de Direito da USP, digitado, 1987.
- Silva, M. F., Gurgel, E. S. C., Souza Filho, A. P. S. & CARMO, M. N. L. Leguminosas invasoras de áreas cultivadas no nordeste do Pará, Brasil. Bol. Mus., Belém, V. 8, 2013.
- Simões, J.C. Glossário da língua portuguesa da neve, do gelo e termos correlatos. *Programa Antártico Brasileiro*, 2004.

- Simões, J.C. 2011. O ambiente antártico: domínio de extremos. In: Simões, J.C. et al. *Antártica e as Mudanças Globais: um desafio para a humanidade*. Série Sustentabilidade. São Paulo, Blucher, p. 15–27.
- Stephens, G. L. *Remote sensing of the lower atmosphere*. Oxford: Oxford University Press, 1994.
- Traverse, Alfred. *Paleopalynology*. Netherlands:Springer, v.28,2007.
- 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**. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil, 2011.
- Tryon, R. M. & Tryon, A. F. *Ferns and allied plants with special reference to tropical America*. Springer Verlag, New York, 1982.
- Vergamini, S.; Ramos, A.J.K.; Duso, L.; Sbersi, F.; Maffazzoli, F.T. Identificação de tipos polínicos não registrados nos estudos aeropalínológicos do Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria-RS, v.36, 2006.
- Vogt, S. & Braun, M. 2004. Influence of glaciers and snow cover on terrestrial and marine ecosystems as revealed by remotely-sensed data. *Pesquisa Antártica Brasileira*,4: 105-118.
- Wallace, J. M. and Gutzler, D. S.. Teleconnections in the geopotential height Field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*,v. 109,1981.
- Walker, G. T., and E. W. Bliss, *World Weather V. Mem. Roy. Meteor. Soc.*,v. 4, 1932.
- Wang, F.; Costabile, F.; Li, H.; Fang, D.; Alligrini, I., Measurements of ultrafine particle size distribution near Rome. *Atmospheric Research*, v. 98, 2010.
- Wodehouse, R.P. *Pollen Grains. Their structure, identification and significance in science and medicine*. McGraw-Hill Book Co., New York,1935.
- Wielicki, B.A., Wong, T., Loeb,N., Minnis,P.,Priestley,K., Kandel,R.: Changes in Earth's Albedo Measured by Satellite. *Science*. v. 308, 2005.
- Ybert, J.P.; Salgado-Labouriau, M.L.; Barth, O.M.; Lorscheiter, M.L.; Barros, M.A.; Chaves, S.A.M.; Luz, C.F.P.; Ribeiro, M.; Scheel, R.; Vicentini, K. Sugestões para padronização da metodologia empregada em estudos palinológicos do Quaternário. *Rev. Inst. Geol.*, São Paulo, v. 13, 1992.
- Zuolaga, F.O., O. Morrone& M.J. BELGRANO (eds.). *Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)*. *Monographs of the Missouri Botanical Garden*, V. 3, 2008.

## APÊNDICE

### Guia simplificado para processamento de amostras de água e neve

Como guia este documento tem como função transmitir orientações para padronização de procedimentos e métodos em análises palinológica de matrizes de neve e gelo.

#### Unidade Operacional de Pesquisa (UOP)

Este local é destinado à experimentos, testes e preparo de amostras. A circulação de pessoal deve ser restrita com o objetivo de mitigar a possibilidade de contaminação. Como exemplo a Figura-27 ilustra a UOP utilizada no Laboratório de Palinologia Professor Álvaro Xavier Moreira do Museu Nacional-UFRJ, a compartimentação e disponibilidade de recursos dentro do laboratório reduz a possibilidade de contaminação. O ideal é que disponha de unidade filtradora de água ou reservatório de água destilada/filtrada, uma pia para lavagem de vidrarias e uma capela de fluxo laminar ou cabine de segurança biológica. A capela de fluxo não demanda especificidades, as com menor fluxo são eficazes na proteção durante a manipulação das amostras.

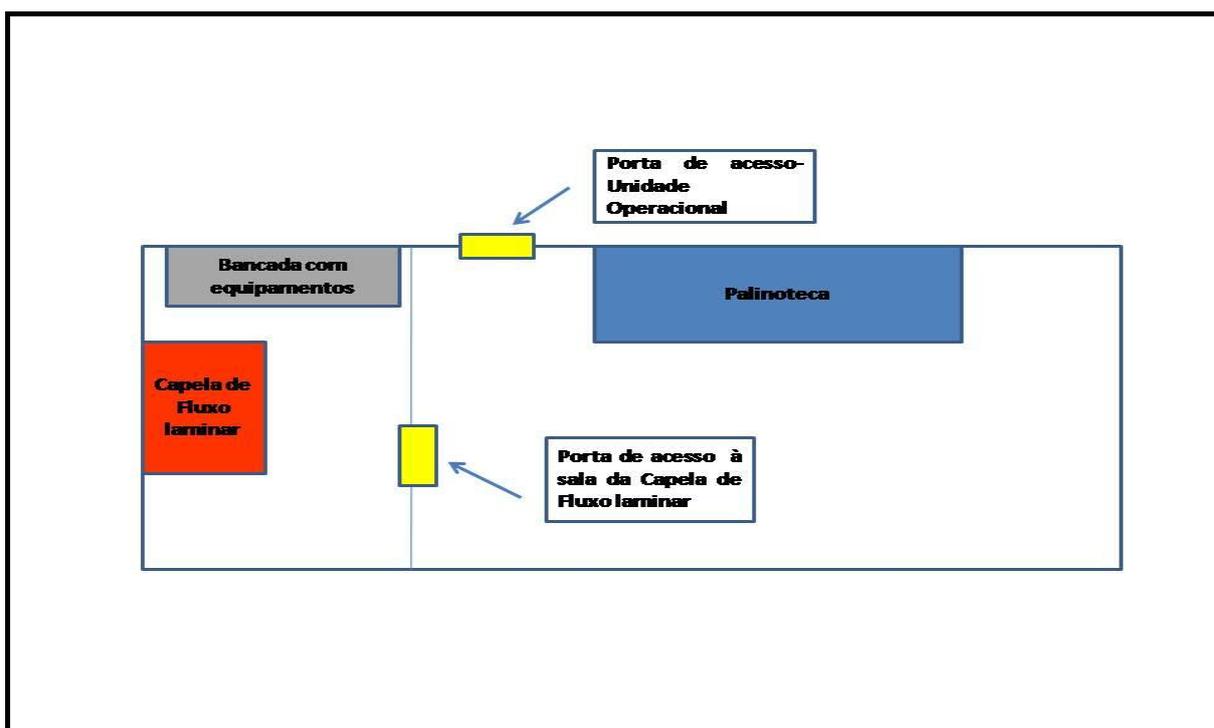


Figura- 27: Planta baixa da Unidade Operacional de Pesquisa do Laboratório Professor Álvaro Xavier Moreira.

#### Material (mínimo) necessário para preparo de amostras:

Becker (900-1000mL);

Pipetas descartáveis estéreis;

Filtros confeccionados em manta de polímero com lúmen máximo de 6µ m;

Tubos de ensaio (preferencialmente com volume de 40 ml); e

Placas de Petri.

Obs: Todo material deve ser de uso exclusivo para o preparo de amostras antárticas, após o preparo das amostras lavar todo o material na seguinte sequência a)lavagem com detergente comum e água; b) molho em hipoclorito ou água sanitária; c) enxague com água destilada ou filtrada.

### **Procedimento para processamento das amostras:**

Passo 1- Lentamente despejar o volume sobre a peneira, utilizando o Becker para depósito do resíduo. Caso a peneira ofereça resistência utilize pipetas para exercer pressão com jatos de água e ar, facilitando a passagem da água pelos poros.

Passo 2- Após filtrar todo o volume, mensurar e anotar o total da amostra.

Passo-3 Pipetar pequenos volumes de água da amostra para lavar a peneira, despejando o resíduo em tubos de ensaio.

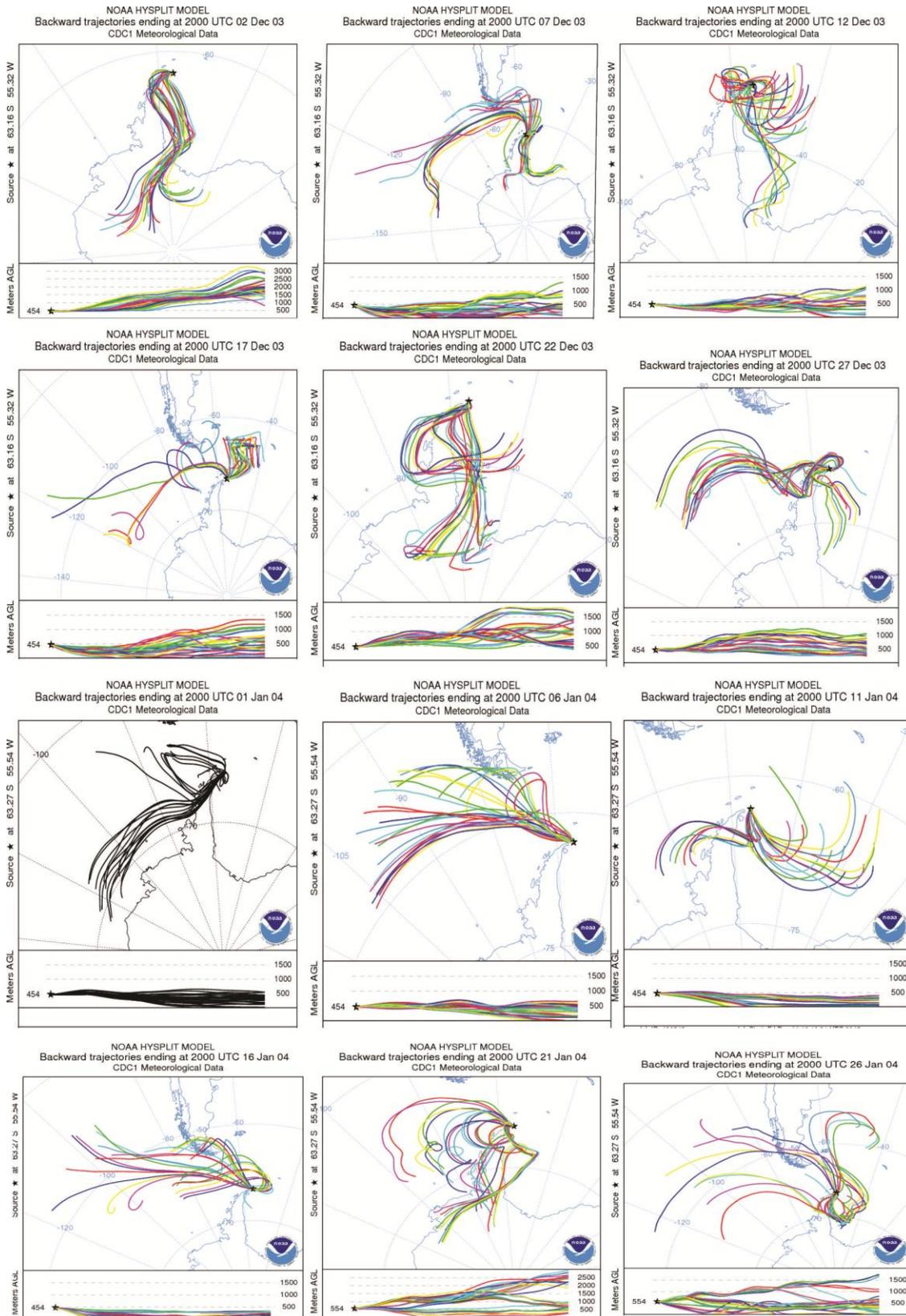
Passo 4- Processar a amostra com a metodologia descrita para o preparo de amostras de neve.

### **2.1. Práticas laboratoriais na prevenção à contaminação**

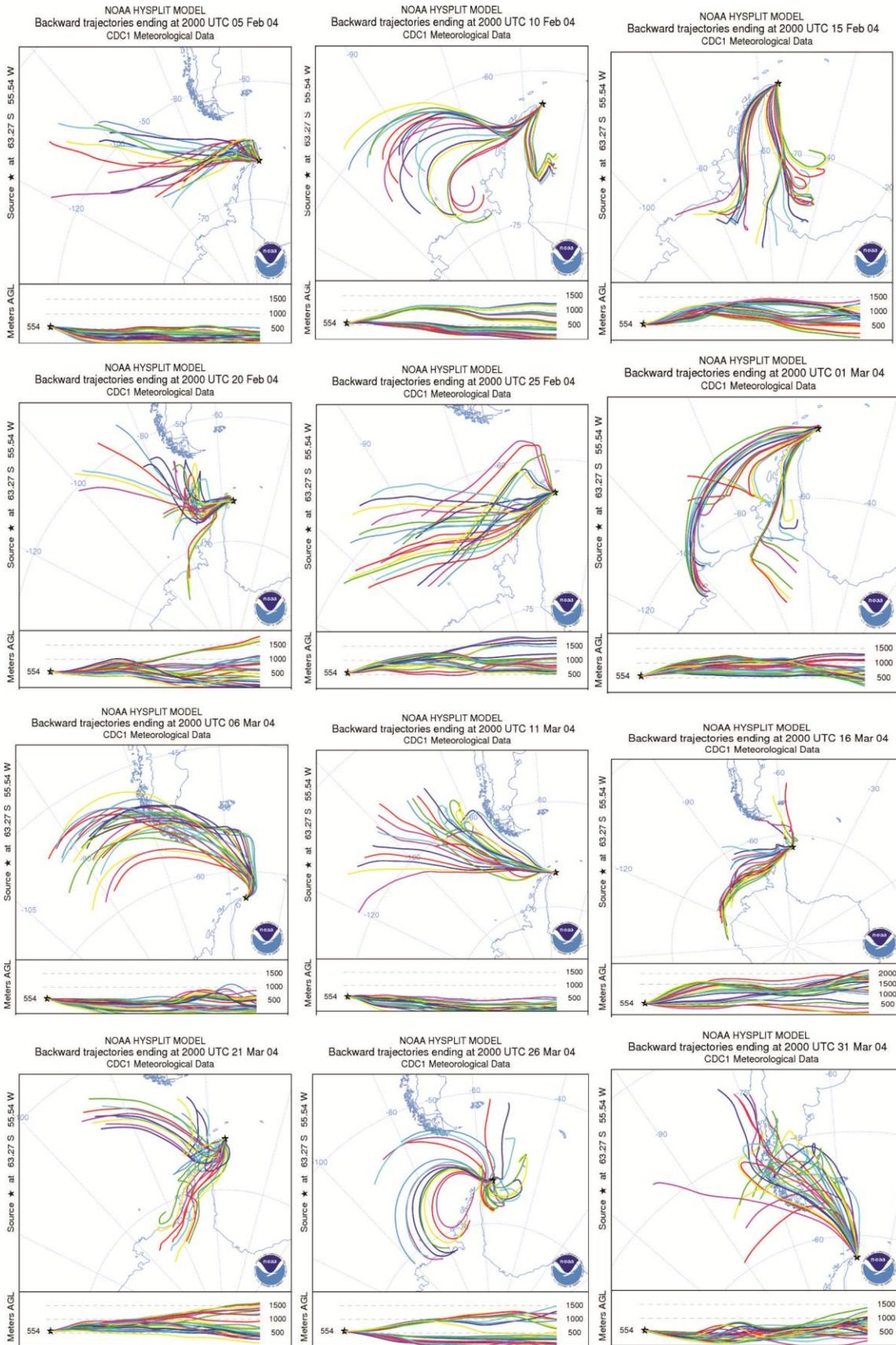
Considerando a natureza física das amostras de água e neve no planejamento do preparo do material, foram estabelecidos Procedimentos Padrão visando a limpeza prévia e manutenção dos equipamentos e da Unidade O cuidado no preparo das amostras teve como principal objetivo a preservação do registro polínico, bem como a prevenção contra contaminação e ataque biológico e consistiu das etapas descritas abaixo.

1. Retirada de todo material da bancada, permanecendo apenas os equipamentos (centrífugas, banhos, etc);
2. Limpeza da Capela de Fluxo Laminar
3. Montagem da Capela para preparação das amostras: limpeza de todo material antes da arrumação dentro da capela e posterior acionamento da mesma por 15 minutos antes do processamento.

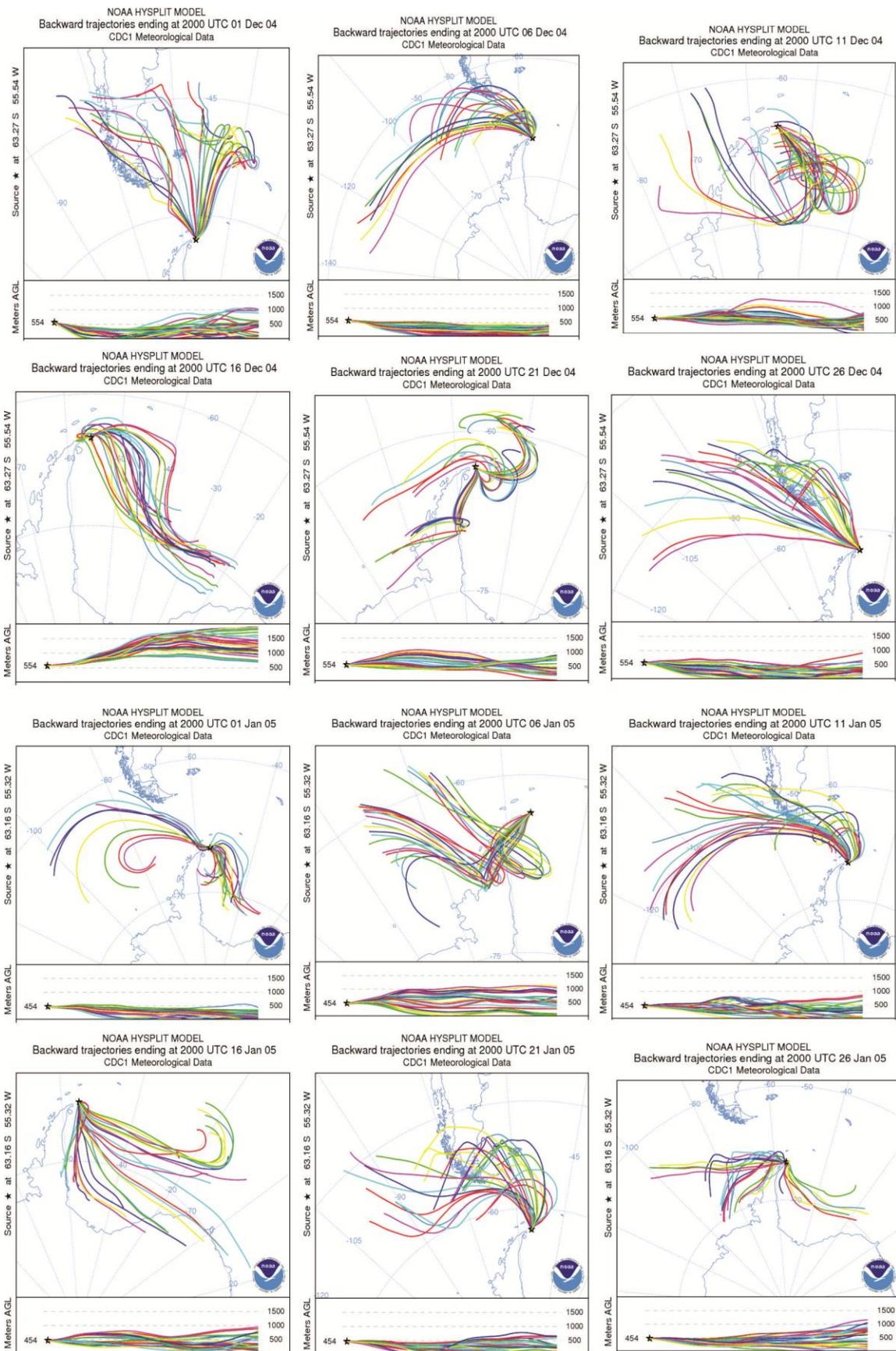
### Trajétórias para o Verão do ano de 2003- Ilha Joinville



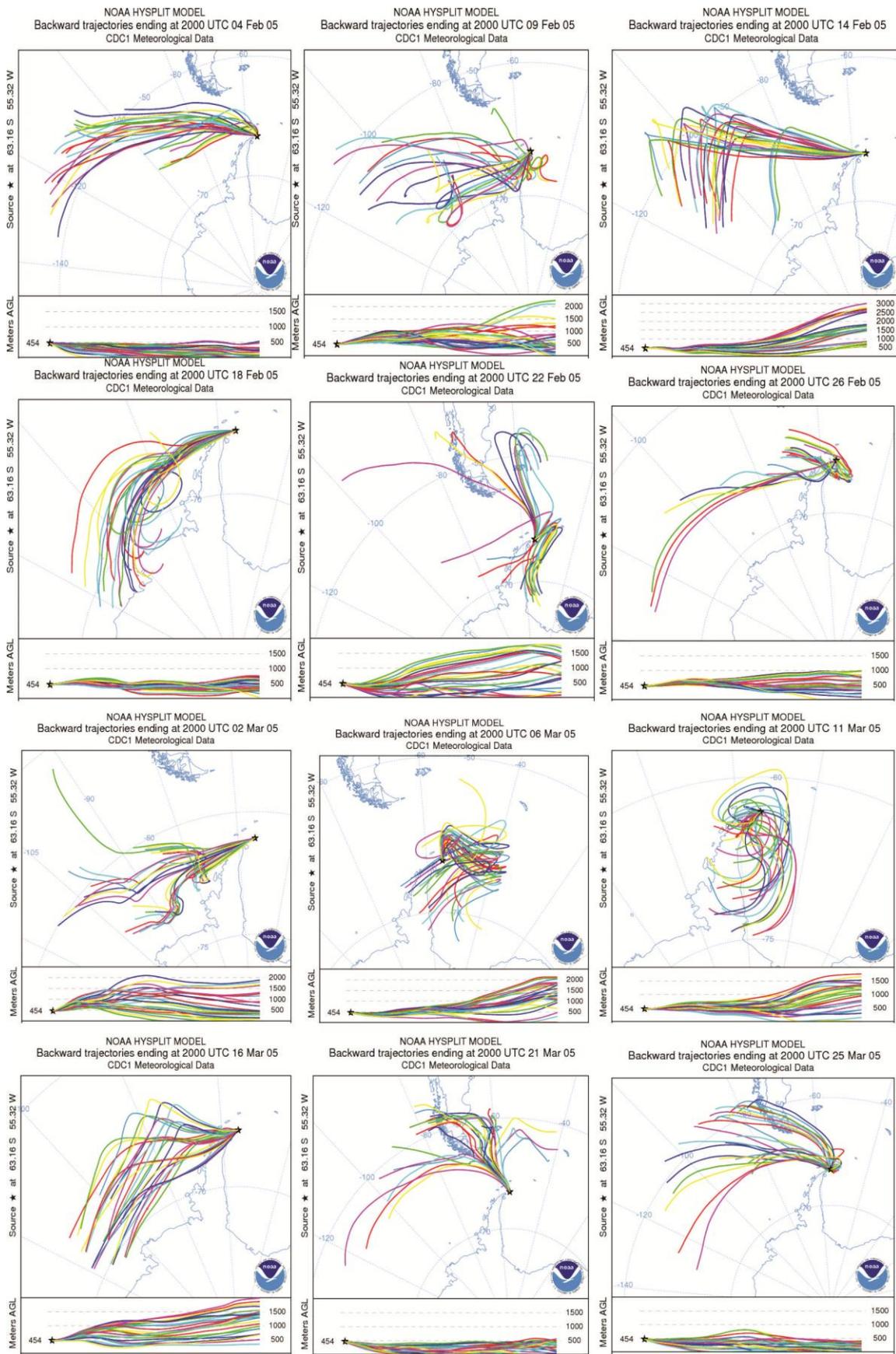
## Trajórias para o Verão do ano de 2003- Ilha Joinville



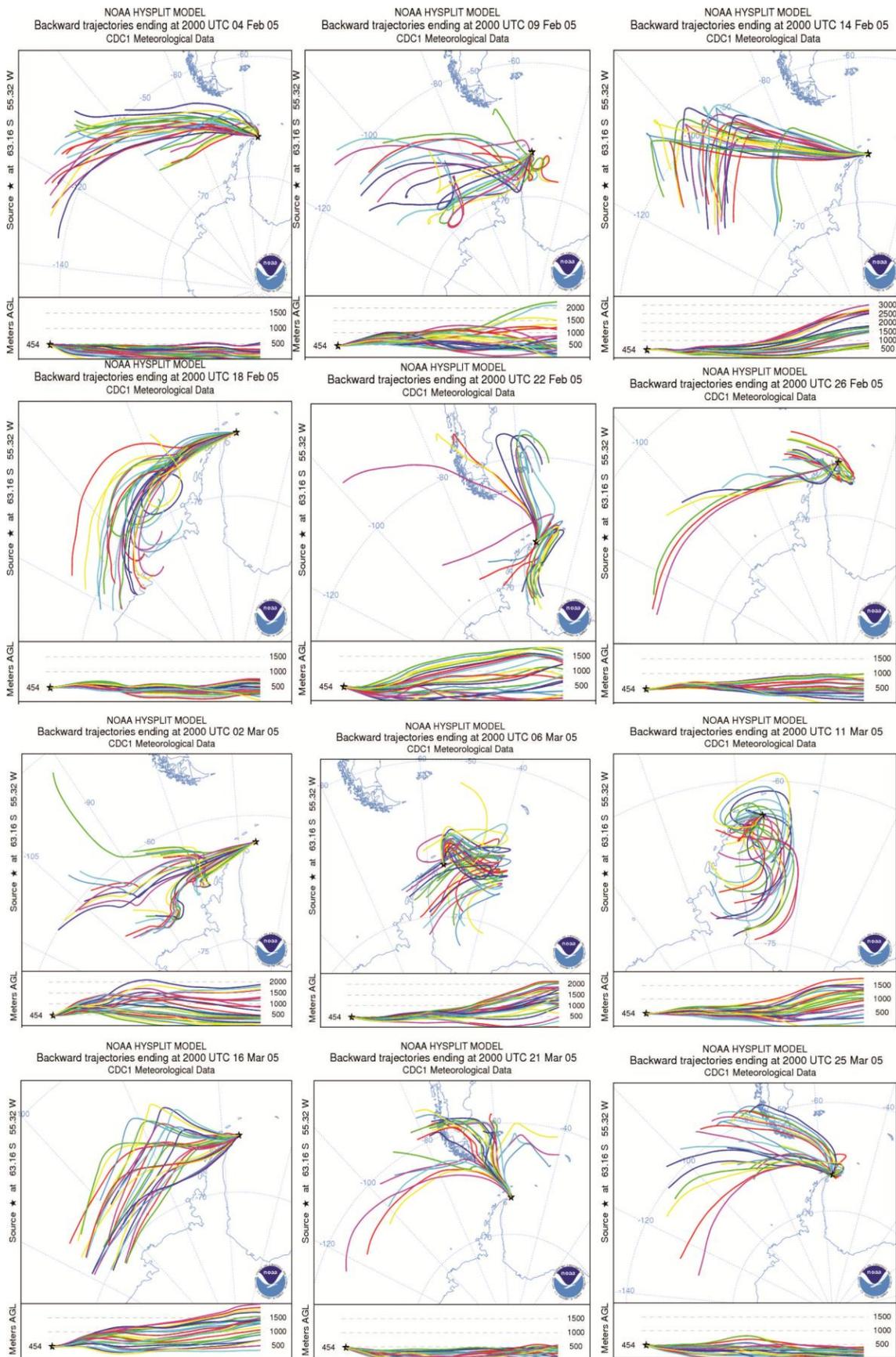
## Trajetórias para o Verão do ano de 2004- Ilha Joinville



### Trajórias para o Verão do ano de 2004- Ilha Joinville



### Trajórias para o Verão do ano de 2004- Ilha Joinville



## Trajatórias para o Verão do ano de 2005- Ilha Joinville

