

# CIÊNCIA ANTÁRTICA PARA O BRASIL

Um plano de ação para o período 2013 – 2022



**Comitê Nacional de Pesquisas Antárticas**  
**Coordenação para o Mar e Antártica**  
**Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento**  
**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO**

*Brasília, 2013*

**República Federativa do Brasil**

Presidente: Dilma Vana Rousseff

Vice-Presidente: Michel Temer

**Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)**

Ministro: Marco Antonio Raupp

Secretário-Executivo: Luiz Antonio Rodrigues Elias

**Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (SEPED)**

Secretário: Carlos Afonso Nobre

Coordenação para o Mar e Antártica: Janice Romaguera Trotte-Duhá

**Capa:** Do canto superior esquerdo, seguindo o sentido horário, as fotografias da capa ilustram (1) amostragem de organismos marinhos na baía do Almirantado (local da Estação Antártica Comandante Ferraz), ilha Rei George; (2) Navio Polar Almirante Maximiano da Marinha do Brasil; (3) Módulo científico Criosfera 1 localizado no interior do manto de gelo antártico (84°S, 79,5°W).

# Ciência Antártica para o Brasil

## Um plano de ação para o período 2013 – 2022

---

### Grupo de trabalho

*Jefferson C. Simões (UFRGS) - relator*

*Adriano R. Viana (PETROBRAS)*

*Eduardo Resende Secchi (FURG)*

*Emília Correia (UPM/INPE)*

*Heitor Evangelista da Silva (UERJ)*

*Ilana E. K. C. Wainer (USP)*

*Maurício Magalhães Mata (FURG)*

*Vivian Helena Pelizzari (USP)*

*Yocie Yoneshigue Valentin (UFRJ)*

---

Resumo

Introdução

Visão

Missão

Relevância da ciência realizada na Antártica

Liderança política antártica no início do século XXI

Programas de pesquisa

Novas áreas de investigação

Conexões com o Ártico

Formação e absorção de especialistas antárticos no sistema nacional de C&T

Divulgação e inserção do conhecimento

Lista de siglas

Mapa da área geográfica de atuação do Programa Antártico Brasileiro

## Resumo

A Antártica é uma das regiões mais sensíveis às variações climáticas na escala global e os processos atmosféricos, biológicos, criosféricos, geológicos e oceânicos que ocorrem naquela região afetam diretamente o Brasil. Este documento propõe a criação de **cinco programas de investigação científica** que exploram conexões entre o ambiente antártico e sul-americano, com ênfase nos processos que afetam a América do Sul e em especial o território brasileiro. Tais programas também almejam aumentar o protagonismo brasileiro no Sistema do Tratado Antártico, em particular no [Scientific Committee on Antarctic Research](#) \* (SCAR).

O Programa 1 **“Interações gelo-atmosfera: o papel da criosfera no sistema ambiental e o registro de mudanças climáticas”** investiga o papel da Antártica no clima do Hemisfério Sul com ênfase no continente sul-americano e na evolução dos processos biogeoquímicos ao longo dos últimos 2000 anos. Já o Programa 2 **“Efeitos das Mudanças Climáticas na Biocomplexidade dos Ecossistemas Antárticos e suas Conexões com a América do Sul”** dá atenção a origem e evolução da biodiversidade Antártica, sua distribuição e as relações entre os organismos e o ambiente, contribuindo para a compreensão das conexões biológicas entre a Antártica e América do Sul, e consequências perante as influências antrópicas e as mudanças climáticas regionais e globais.

Um terceiro programa **“Mudanças e Vulnerabilidade Climática no Oceano Austral”** é voltado às investigações dos processos físicos e biogeoquímicos associados às mudanças na circulação do Oceano Austral e sua interação com o gelo marinho e as plataformas de gelo que possam ter impacto no clima continental e oceano adjacente do Brasil. O papel da **“Antártica na evolução e ruptura do Gondwana e na evolução do Atlântico Sul”** é o tema do quarto programa, o qual integrará os estudos geológicos da Antártica com ações para entender os mecanismos que levaram à fragmentação do continente Gondwana e à abertura do Atlântico Sul. Trata-se de ação que tem como um de seus objetos de estudo a questão de recursos de óleo e gás no Atlântico Sul.

Finalmente, o programa **“Dinâmica da alta atmosfera na Antártica, interações com o geoespaço e conexões com a América do Sul”** investigará a dinâmica e química da alta atmosfera e o impacto da depleção do ozônio estratosférico no clima Antártico e ecossistemas associados. Serão considerados os efeitos da interação Sol–Terra e os impactos de fenômenos astrofísicos de alta energia.

Este documento também tece comentários sobre quatro pontos para garantir a qualidade das ações de C&T no âmbito do [PROANTAR](#) ao longo dos próximos dez anos: (1) recomenda atenção a outras áreas de investigação, inclusive temas emergentes, não contempladas nos cinco programas propostos; (2) estudos sobre conexões com o Ártico; (3) a necessidade de formação de especialistas antárticos e posterior absorção no sistema de ensino e pesquisa do país; (4) a divulgação e inserção social do conhecimento gerado pela pesquisa antártica brasileira.

---

\* SCAR é a comitê interdisciplinar do Conselho Internacional para a Ciência (ICSU) responsável pela implementação, desenvolvimento e coordenação de investigação científica internacional na região Antártica, e seu papel no sistema Terra. As ações do SCAR são conduzidas por **cientistas indicados pelos respectivos comitês nacionais de pesquisa antártica**.

Além de cumprir seu papel científico, SCAR também fornece pareceres científicos objetivos e independentes para as Reuniões Consultivas do Tratado da Antártica e outras organizações sobre questões de ciência e conservação que afetem a gestão da Antártica e do Oceano Austral.

41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81

## INTRODUÇÃO

Ao comemorar trinta anos de existência, é chegado o momento de avaliar e reestruturar os objetivos e metas da parte científica do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR). Ao longo desse período, a atuação dos pesquisadores brasileiros naquela região garantiu o direito do país em decidir o futuro político de quase sete por cento da superfície da Terra. Os avanços científicos no mesmo período demonstraram a relevância da Região Antártica para o ambiente sul-americano, por outro lado ainda existem muitas lacunas de conhecimento sobre os processos polares que afetam o cotidiano brasileiro.

Este documento, surgido de demanda da Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (SEPED) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) ao Comitê Nacional de Pesquisas Antárticas (CONAPA), define áreas prioritárias de investigação pela apresentação de cinco programas científicos. Em comum, esses programas priorizam a exploração de conexões entre o ambiente antártico e sul-americano, com ênfase nos processos que afetam o território brasileiro.

O grupo tarefa responsável por esta proposta parte do princípio que somente um programa científico de vanguarda, inserido internacionalmente, reforça o papel do Brasil junto ao sistema jurídico aplicado a região Austral, o Tratado da Antártica.

## VISÃO

**Ser até 2018 um programa de pesquisa científico antártico de excelência internacional; garantindo ao Brasil reconhecimento como um dos líderes nas investigações sobre o papel dos processos polares no Hemisfério Sul.**

## MISSÃO

**Ter um programa de pesquisa científica de nível internacional na região Antártica, garantindo influência ativa nas decisões políticas sobre o futuro daquele continente e do Oceano Austral (7% do Planeta).**

**Promover a cooperação internacional, principalmente entre os países sul-americanos, através de investigações que avancem os conhecimentos das interações Antártica – América do Sul.**

82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100  
101  
102  
103  
104  
105  
106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125

## RELEVÂNCIA DA CIÊNCIA REALIZADA NA ANTÁRTICA

"Os polos ou os trópicos? Quem lidera a dança do clima?"

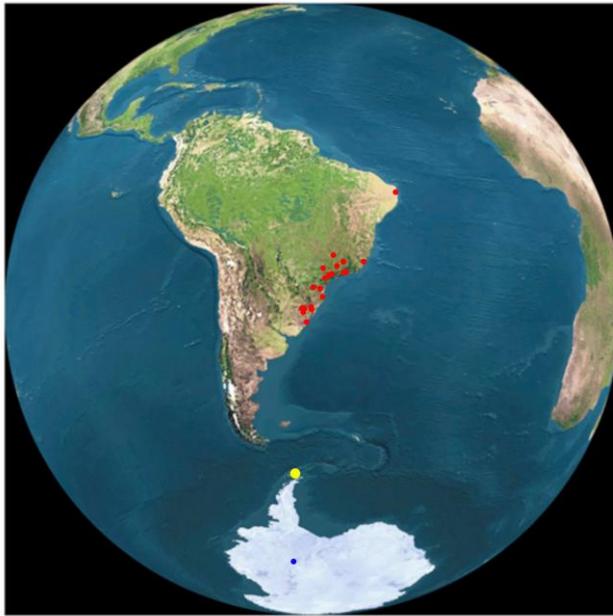
Fred Pearce, 2007.  
*With Speed and Violence,*  
*why scientists fear tipping points in climate change*

As regiões polares são tão importantes quanto o trópicos no sistema ambiental global. Em particular, a região Antártica, devido à presença de 90% do volume da massa de gelo do planeta, é o principal sorvedouro de energia da Terra, tendo papel essencial na circulação atmosférica e oceânica e, conseqüentemente, no sistema Climático Terrestre. É uma das partes mais sensíveis às variações climáticas na escala global, estando interligada com processos que ocorrem em latitudes menores, em especial com a atmosfera sul-americana e os oceanos circundantes. Essa ligação trópicos-altas latitudes está vinculada a gênese e dinâmica das massas de ar frias geradas sobre o Oceano Austral e que, na escala sinóptica, avançam sobre a América do Sul subtropical produzindo eventos de baixa temperatura e geadas nos estados do sul do Brasil (as friagens ou frentes frias que podem chegar até o sul da Amazônia).

A sensibilidade da região às mudanças ambientais é enfatizada por constatações tais como: (1) a carência planetária de ozônio estratosférico (o "buraco de ozônio") ainda atinge recordes sobre a Antártica; (2) a superfície e as camadas intermediárias do Oceano Austral estão aquecendo mais rapidamente do que o resto dos oceanos e já há indícios da transferência desses sinais para as células profundas da circulação oceânica mundial; (3) o norte da Península Antártica (a parte mais amena do continente) registra os maiores aumentos de temperatura média superficial do planeta ao longo dos últimos 60 anos (cerca de 3°C); (4) o manto de gelo antártico apresenta balanço de massa global negativo, contribuindo para o aumento do nível do mar; (5) é constada a migração de várias espécies animais para sul na costa ocidental da Península Antártica conforme intensifica-se o aquecimento regional.

A Antártica ainda é sítio de experimentos inéditos que usam algumas de suas condições especiais (o espesso manto de gelo, que atinge quase 5 km de espessura; um continente alto com uma atmosfera seca; um fundo oceânico e processos oceanográficos sob o gelo marinho ainda desconhecidos), a presença de mais de 400 lagos subglaciais que caracterizam um novo ambiente terrestre. Tais condições permitem a obtenção dos registros mais detalhados existentes das variações climáticas e da química atmosférica nos últimos 800.000 anos (por estudos de testemunhos de gelo); a procura de novas espécies animais no fundo do Oceano Austral (e especificamente abaixo das plataformas de gelo e da região permanentemente coberta por gelo marinho); a busca de extremófilos no manto de gelo antártico; a investigação detalhada dos impactos do 'geoespaço' na dinâmica da atmosfera terrestre, a instalação de alguns dos mais avançados telescópios no Polo Sul geográfico, a investigação de partículas subatômicas de difícil detecção (por exemplo, neutrinos).

126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165



Na perspectiva ao lado, centrada na América do Sul, fica evidente a proximidade da Região Antártica ao Brasil. Pontos vermelhos identificam cidades brasileiras com instituições que realizam pesquisas antárticas. A localização da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) é marcada por ponto amarelo, na Península Antártica. O pequeno ponto azul no centro daquele continente marca a localização do módulo científico Criosfera 1.

Resumidamente, os processos atmosféricos, biológicos, criosféricos, geológicos e oceânicos que ocorrem na Antártica afetam diretamente o Brasil. A realização de um programa científico nacional de vanguarda é, portanto, essencial para o avanço do conhecimento das relações ambientais Antártica–Brasil, destacando-se as questões climáticas e a biodiversidade.

## LIDERANÇA POLÍTICA NA ANTÁRTICA NO INÍCIO DO SÉCULO XXI

A ciência antártica tem forte componente político decorrente das peculiaridades do Tratado da Antártica, que no seu artigo IX exige "substancial atividade de pesquisa científica,..." para que as partes contratantes mantenham o direito de voto nas reuniões que decidem o futuro da região. No caso, toda a região ao sul do paralelo 60°S, aproximadamente 34 milhões de km<sup>2</sup> \*. Ao longo das últimas décadas, o novo quadro político internacional pós Guerra Fria, o surgimento da questão das mudanças ambientais globais e as modificações internas do Sistema do Tratado da Antártica – STA (como a criação do Protocolo ao Tratado Antártico sobre Proteção ao Meio Ambiente, ou Protocolo de Madrid) deram à ciência antártica papel mais proeminente nas decisões políticas sobre a região. Hoje, a influência de um país no STA está atrelada à qualidade de seu programa científico, de suas publicações e, por decorrência, de seu papel dentro do [Scientific Committee on Antarctic Research](#) (SCAR), órgão interdisciplinar do ICSU (Conselho Internacional para Ciências), responsável por promover,

\*

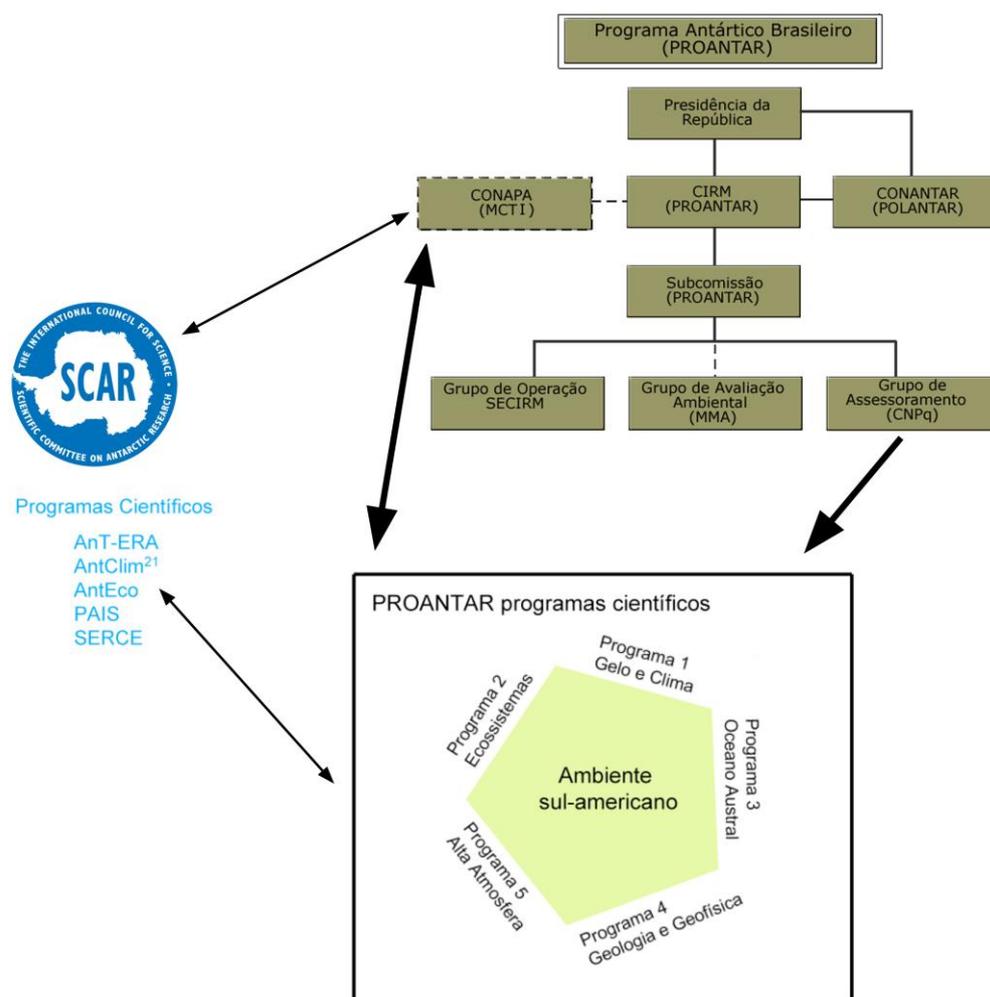
Esta é a área na qual se aplica o Tratado da Antártica. Geograficamente, e de interesse da comunidade científica, a Região Polar Antártica é a aquela ao sul da Zona da Frente Polar Antártica (posição média ao redor dos 58°S), cobrindo 45,6 milhões de quilômetros quadrados (ou seja quase 9% da superfície terrestre).

desenvolver e coordenar a investigação científica na Antártica e prestar aconselhamento científico independente para o STA.

Em suma, o Brasil alcançará um protagonismo antártico proporcional à sua relevância no cenário internacional somente quando tiver um programa científico de vanguarda, bem estruturado gerencialmente e financeiramente.

## PROGRAMAS DE PESQUISA

Cinco programas de pesquisa interrelacionados são propostos para responder questões que aprofundem o conhecimento sobre as conexões entre o ambiente antártico e o brasileiro. Os programas propõem investigar problemas de importância regional e/ou global e interagem entre si. A consecução dos objetivos desses programas levará ao aprimoramento da qualidade da produção intelectual antártica nacional, adquirindo no processo maior protagonismo nos fóruns antárticos internacionais, em especial no SCAR.



Os novos programas científicos do [PROANTAR](#), enfocando a América do Sul, e os programas científicos do SCAR recentemente aprovados (Veja lista de siglas para identificar estes programas: [Ant-ERA](#), [AntClim<sup>21</sup>](#), [AntEco](#), [PAIS](#) e [SERCE](#)).

182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216

## PROGRAMA 1

### Interações gelo-atmosfera: o papel da criosfera no sistema terrestre e o registro de mudanças ambientais

#### Objetivo Geral

Investigar o papel da criosfera antártica no clima do Hemisfério Sul com ênfase no continente sul-americano, no passado recente, presente e suas tendências para o futuro, assim como a evolução da química atmosférica

#### Objetivos Específicos

- Investigar as conexões entre o sistema acoplado atmosfera/criosfera antártico com os processos climáticos no Brasil.
- Explorar os efeitos das atividades antrópicas e a sua influência na química da atmosfera das altas latitudes do Hemisfério Sul.
- Investigar os efeitos da variabilidade climática na região Austral sobre o Hemisfério Sul e sua relação com eventos extremos.
- Investigar as relações entre a variabilidade na extensão do gelo marinho antártico com a evolução climática do Hemisfério Sul nos últimos 2.000 anos.
- Modelar e elaborar cenários de resposta da criosfera às variações climáticas ao longo dos próximos 100 anos e as consequências para ambiente brasileiro, principalmente sobre a (dinâmica de frentes frias e consequências para o nível médio dos mares).

#### Marcos

- ✓ Implantar um sistema nacional de monitoramento e avaliação do estado das massas de gelo em um transecto latitudinal abrangendo os Andes e a Antártica.
- ✓ Manter e ampliar as pesquisas glaciológicas e da química atmosférica no interior da Antártica a partir do módulo científico Criosfera 1 (instalado a 84°S).
- ✓ Montar uma rede de monitoramento atmosférico e meteorológico do Brasil entre 84°S e o norte da Península Antártica, interligada com a rede sul-americana.
- ✓ Implantar o Laboratório Nacional de Testemunhos de Gelo.
- ✓ Manter uma rede nacional de monitoramento do *permafrost* na Antártica, avaliando respostas às mudanças do clima.

Acampamento brasileiro no manto de gelo antártico para coleta de testemunhos de gelo (o melhor arquivo natural sobre as mudanças do clima).



218

219

## Justificativa e Relevância

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

A Antártica é dominada pelo enorme manto de gelo de 13,8 milhões de quilômetros quadrados, o principal sorvedouro de energia do clima da Terra, controlador do nível médio dos mares e formador da maioria da água de fundo dos oceanos (junto com o cinturão de gelo marinho que o circunda). Essa massa de gelo também fornece a melhor técnica de reconstrução da história do clima e da composição química da atmosfera, os estudos de testemunhos de gelo. Ainda, para a correta interpretação do registro de testemunhos de gelo é essencial o estudo de aerossóis atmosféricos no continente Antártico. A monitoração em estações remotas tem papel fundamental na determinação mais precisa dos períodos de residência atmosférica, diluição e transporte de aerossóis e gases em escala global e em particular entre a América do Sul e Antártica. No atual cenário de mudanças e variabilidade climática do planeta destaca-se o Hemisfério Sul – o qual possui um importante controle na circulação atmosférica nas médias e altas latitudes, em resposta à marcante presença do vórtice circumpolar-antártico que por sua vez decorre da presença da maior massa de gelo existente na atualidade (a Antártica). Esse vórtice circumpolar condiciona uma circulação média atmosférica de oeste que se estende da superfície até a estratosfera no Hemisfério Sul. Conexões climáticas entre os trópicos e as altas latitudes podem promover mudanças ou variabilidade climática na região antártica, assim como mudanças no clima na região antártica podem influenciar o clima no Hemisfério Sul, contribuindo na variabilidade climática na América do Sul. As massas de ar frio que afetam o território brasileiro são controladas pela expansão e contração da cobertura de gelo marinho do Oceano Austral. Portanto, promover a investigação e o monitoramento sobre as variações do manto de gelo e da extensão de gelo marinho antártico são essenciais para entender a evolução, variações e elaborar cenários de mudanças climáticas no Hemisfério Sul, com ênfase para o Brasil.

243

244

## Interações com programas científicos internacionais

245

246

247

248

249

250

251

Esta proposta está concatenada aos objetivos do novo programa do SCAR "[Mudanças Climáticas Antárticas no Século XXI](#)" (AntClim<sup>21</sup>). Também é uma contribuição brasileira ao "[Parceria Internacional para Ciência de Testemunhos de Gelo](#)" (IPICS) do PAGES (*Past Global Changes*) do Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP), em especial na montagem da rede de testemunhos de gelo para os últimos 2.000 anos. A componente de investigação de solos congelados contribuí para o programa "[Permafrost Antártico e Subantártico, Solos e Ambientes Periglaciais](#)" (ANTPAS).

252

253

254



Amostragem simultânea de ar e da neve em condições ultralimpas. Esses estudos são essenciais para quantificar o transporte de poluentes da América do Sul para a Antártica.

255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299

## Interações com programas e ações no país

Este programa fortalece mutuamente os seguintes INCTs: da Criosfera, Antártico de Pesquisas Ambientais e de Mudanças Climáticas, contribuindo também para a ações da Rede Clima e para o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.

## Produtos Esperados

- Integração da variabilidade da extensão do gelo marinho antártico nos modelos climáticos para a América do Sul aperfeiçoando a previsão meteorológica e climática sobre massas de ar e frentes frias antárticas que atuam sobre o Brasil.
- Obtenção de um transecto de testemunhos de gelo rasos que represente os últimos 2.000 anos de história climática e química atmosférica antártica, interligado a estudos similares ao longo da cadeia dos Andes.
- Determinação da dispersão e trajetória de poluentes entre a América do Sul ao interior da Antártica, em particular dos subprodutos de queimadas.
- Explicação das mudanças na circulação atmosférica, temperatura do ar e extensão do gelo marinho antártico ao longo dos últimos 50 anos no Hemisfério Sul, delimitando fatores naturais e antrópicos.
- Montagem de cenários sobre o impacto do derretimento parcial da criosfera na costa brasileira.
- Determinação e monitoramento de mudanças na extensão e volume em áreas críticas do manto de gelo e geleiras antárticas, com ênfase na Península Antártica, e as consequências para o nível do mar na costa brasileira.
- Estabelecer a evolução do clima da Península Antártica ao longo do últimos 2000 anos explorando teleconexões com a América do Sul, provendo informações para delimitar cenários de mudanças futuras.



**Módulo científico Criosfera 1**, instalado no interior do manto de gelo antártico (84°S, 79,5°W) no verão do 2011/2012. Este módulo é totalmente automatizado e serve para o monitoramento da química atmosférica e análise meteorológica. Ao fundo acampamento dos pesquisadores que trabalham no módulo ou realizam levantamentos glaciológicos e geofísicos na região. A partir deste módulo, as pesquisas brasileiras antárticas expandirão em direção ao Polo Sul deoaráfico.

300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331

## PROGRAMA 2

### Efeitos das Mudanças Climáticas na Biocomplexidade dos Ecossistemas Antárticos e suas Conexões com a América do Sul

#### Objetivo Geral

Investigar a origem e evolução da biodiversidade Antártica, sua distribuição e as relações entre os organismos e o ambiente, através de pesquisa interdisciplinar de longa duração nos ambientes terrestre e marinho, contribuindo para a compreensão das conexões biológicas entre a Antártica e América do Sul, e consequências perante as influências antrópicas e as mudanças climáticas regionais e globais.

#### Objetivos específicos

- Investigar os ciclos de vida, fisiologia e autoecologia de organismos, através de séries temporais longas para compreensão da estrutura e função dos ecossistemas terrestres e marinhos antárticos.
- Investigar a biodiversidade, sua evolução, padrões atuais de distribuição, abundância, adaptações ao meio ambiente polar e conexões com a América do Sul.
- Identificar, em nível morfológico e molecular, espécies endêmicas, espécies crípticas, espécies invasoras, espécies-chaves e indicadoras de alterações ambientais.
- Caracterizar e elaborar modelos de habitats para entender e prever respostas de populações e comunidades às mudanças e variações climáticas, servindo como instrumento de gestão ambiental nas regiões antárticas e subantárticas.
- Avaliar a presença de espécies invasoras e os seus possíveis efeitos sobre as comunidades antárticas.
- Avaliar bioquimicamente componentes moleculares de organismos da base da cadeia alimentar para se entender a dinâmica de componentes precursores e essenciais para a vida marinha na região antártica.
- Investigar os processos e efeitos do aumento da temperatura e da acidificação dos oceanos na cadeia alimentar e no ciclo biogeoquímico na região antártica e subantártica.



Lançamento de veículo submarino operado remotamente - ROV (*Remotely operated underwater vehicle*) na área rasa da baía do Almirantado (Ilha Rei George).

- 332
- 333
- Investigar efeitos do aumento das radiações solares sobre organismos antárticos.
- 334
- Investigar os fluxos de matéria, energia e ciclos biogeoquímicos, incluindo o balanço de carbono, nas regiões antárticas e subantárticas.
- 335
- Determinar a produção primária e avaliar as interações entre os diferentes níveis tróficos visando elaborar modelos numéricos para avaliar transferência de nutrientes e prever efeitos de mudanças ambientais.
- 336
- Inferir relações filogenéticas dos organismos e avaliar a sua distribuição geográfica na Antártica e conectividade com a América do Sul.
- 337
- Avaliar a plasticidade de processos moleculares, fisiológicos e fenotípicos dos organismos polares.
- 338
- Investigar o potencial biotecnológico de matrizes ambientais da região antártica, levando em consideração a conservação dos recursos naturais.
- 339
- Desenvolver e aplicar tecnologia para observação remota no ambiente terrestre e marinho, mapeando a população subaquática para compreender os processos de migração de diferentes animais para a região antártica.
- 340
- Investigar a microflora do ambiente antártico para identificar microorganismos endêmicos e exógenos, estudando mecanismos de dispersão e sobrevivência em zonas remotas do continente.
- 341
- Investigar o potencial biotecnológico de organismos dos diversos ecossistemas da região antártica, levando em consideração a conservação dos recursos naturais.
- 342
- Avaliar as características estruturais de componentes bioquímicos com alta performance a baixas temperaturas polares.
- 343
- 344
- 345
- 346
- 347
- 348
- 349
- 350
- 351
- 352
- 353
- 354
- 355

### Marcos

- 356
- ✓ Consolidação do conhecimento da biologia e ecologia das espécies polares de forma a subsidiar avaliações de risco de espécies invasoras na Antártica perante as mudanças ambientais.
- 357
- ✓ Estruturação e fortalecimento de centros de referência na concentração de informações e coleções biológicas de organismos antárticos.
- 358
- ✓ Compreensão do papel das mudanças ambientais no funcionamento e serviços dos ecossistemas antárticos.
- 359
- 360
- 361
- 362
- 363
- 364
- 365

Amostragem de alga vermelha na zona de entremarés da (Ilha Rei George).



366

367 **Justificativa e Relevância**

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

A Antártica e o Oceano Austral são centros de divergência evolutiva e de adaptação a ambientes extremos. No entanto, as mudanças nas condições ambientais (aquecimento da atmosfera regional, depleção de ozônio, introdução de espécies não-nativas, transporte global de contaminantes, crescente visitação pública e extração de recursos naturais vivos), sem precedente em magnitude e taxa, particularmente na Antártica Ocidental e Península Antártica, potencialmente conduzirão alterações massivas de longo-prazo nas comunidades biológicas e no funcionamento, serviços e integridades dos ecossistemas. As consequências dessas alterações somente poderão ser compreendidas elucidando como as mudanças históricas afetaram as comunidades no passado e obtendo dados referenciais presentes. Dessa forma, a região torna-se um *laboratório natural* no qual pesquisas direcionadas ao entendimento dos efeitos de mudanças ambientais passadas, presentes e projetadas sobre a biodiversidade, adaptações dos organismos e populações, bem como sobre a função e estrutura do ecossistema devem ser priorizadas.

382

**Interações com programas científicos internacionais**

383

384

385

386

387

388

389

390

391

As linhas temáticas do Programa “Biodiversidade e Ecossistemas Antárticos” estão em sinergia com as principais questões e metas dos novos programas científicos da área das Ciências da Vida do SCAR, o “[Limiares Antárticos – Resiliência e Adaptações dos Ecossistemas](#)” (AnT-ERA) e o “[Estado do Ecossistema Antártico](#)” (AntEco), bem como preveem interações com atividades contempladas no Programa “[Mudanças Climáticas Antárticas no Século 21](#)” (AntClim<sup>21</sup>), nos Grupos de Especialistas e Grupos de Ação, como por exemplo, o “[Grupo de Especialistas de Mamíferos e Aves Marinhas](#)” (EGBAMM), “[Registro Contínuo de Plâncton](#)” (CPR) e “[Acidificação dos Oceanos](#)”.

392

393



Estudos sobre populações de aves marinhas na ilha Rei George.

Amostragem de invertebrados da zona de entremarés da baía do Almirantado.



394

395 **Interações com programas e ações no país**

396 Este programa interage fortemente com os INCTs Antárticos (Antártico de Pesquisas  
397 Ambientais, da Criosfera) e outros, como o INCT de Mudanças Climáticas, INCT MarCOI (Mar  
398 Centro de Oceanografia Integrada) e o INCT-MAR (Processos Oceanográficos da Plataforma  
399 ao Talude).

400

401 **Produtos Esperados**

402 • Plano de manejo e conservação da biodiversidade antártica na área de atuação geográfica do  
403 Brasil.

404 • Revisão e síntese sobre biodiversidade antártica que identifiquem o estado atual de  
405 conhecimento e apontem as prioridades de pesquisas futuras.

406 • Elaboração de volumes de síntese de conhecimento de biodiversidade antártica e dos  
407 impactos ambientais decorrentes das mudanças climáticas.

408 • Integração de conhecimentos sobre o bioma marinho e o ambiente antártico para a  
409 compreensão dos mecanismos pelos quais aquela região influencia a produtividade e  
410 biodiversidade dos oceanos ao largo do Brasil.

411 • Identificação de aplicações médicas e farmacêuticas de bioprodutos a partir de  
412 conhecimentos sobre a biodiversidade, bem como sobre mecanismos e processos  
413 adaptativos dos organismos antárticos a condições extremas daquele ambiente

414 • Produção de conhecimento aplicado à gestão governamental para subsidiar decisões  
415 políticas sobre a diversidade biológica e o uso sustentável dos recursos vivos marinhos,  
416 inclusive para o posicionamento do Brasil em convenções internacionais.

417 • Banco de dados do programa de biodiversidade do PROANTAR, através de uma colaboração  
418 com Laboratório Nacional de Computação Científica, interagindo com o "[Banco de Dados  
419 internacional de Biodiversidade Antártica](#)" (ANTABIF).

420



Baleia jubarte com transmissor satelital implantado.

Implantação de um transmissor satelital para investigar padrões de uso do habitat por baleias jubarte na Antártica.



421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446

## PROGRAMA 3

### Mudanças e Vulnerabilidade Climática no Oceano Austral

#### Objetivo geral

Investigar processos físicos e biogeoquímicos associados às mudanças na circulação do Oceano Austral e sua interação com as plataformas de gelo marinho que possam ter impacto no clima continental e oceano adjacente do Brasil.

#### Objetivos específicos

- Determinar o papel do Oceano Austral nos balanços de calor e de água do Planeta.
- Monitorar a variabilidade da componente do Oceano Austral na Célula de Revolvimento Meridional (CRM) da circulação oceânica mundial.
- Investigar o papel do oceanos na estabilidade do manto de gelo Antártico e as consequências para o aumento do nível do mar.
- Investigar a variabilidade da cobertura do gelo marinho no Oceano Austral.
- Modelar e monitorar as alterações no ecossistema marinho devido ao aumento da absorção do CO<sub>2</sub> atmosférico no Oceano Austral e as consequências para os processos climáticos globais.
- Produzir projeções da magnitude e padrões de mudanças no ambiente físico antártico para os próximos 100 anos como resultado de mudanças nas forçantes, tais como aumento na concentração de gases estufa e a recuperação do buraco na camada de ozônio.



Colocação de sensores para monitoramento de icebergs com o apoio de helicóptero da Marinha do Brasil.

447

448 **Marcos**

- 449 ✓ Definição de uma (ou mais) seções no Oceano Austral para monitoramento oceanográfico  
450 sob a responsabilidade do Brasil e que estejam alinhadas com o plano de observações do  
451 [Southern Ocean Observing System](#) (SOOS) e do Programa CLIVAR ([Southern Ocean](#)  
452 [Panel](#)).
- 453 ✓ Instalação de registradores autônomos para monitorar a exportação de águas densas do  
454 mar de Weddell.
- 455 ✓ Consolidação de grupo(s) de estudo observacional, sensoriamento remoto e de modelagem  
456 de gelo marinho, plataformas de gelo e interações gelo-oceano.
- 457 ✓ Modelagem numérica da variabilidade e evolução do Oceano Austral e das interações com  
458 o Atlântico Sul ao longo do últimos ciclos glaciais-interglaciais.

459

460 **Justificativa e relevância científica**

461 Mudanças significativas nos componentes físicos e biogeoquímicos do Oceano Austral  
462 já estão em curso. As camadas superiores e intermediárias deste oceano (até 2000 m) estão  
463 aquecendo em taxas maiores do que aquelas observadas nos outros oceanos. Ao mesmo  
464 tempo, a salinidade das camadas superficiais do mares regionais no entorno do continente  
465 antártico apresentam redução significativa de salinidade, um resultado de alterações nos  
466 regimes de precipitação e do maior derretimento basal e desintegração de plataformas de gelo.  
467 Parte dessas modificações já se propagaram para profundidades abissais, especialmente por  
468 alterações na massa de Água de Fundo Antártica, a qual também já registra aquecimento  
469 acelerado. No entanto, grandes incertezas ainda pairam sobre a quantificação dessas  
470 afirmações devido à falta de observações e exercícios de modelagem computacional  
471 dedicados. Medidas de sensoriamento remoto orbital mostram importantes alterações na  
472 dinâmica do Oceano Austral, como aumento generalizado no nível do mar e alterações  
473 latitudinais nas posições das principais frentes (e portanto do próprio eixo) da Corrente  
474 Circumpolar Antártica (CCA) e ainda fortes alterações regionais na extensão do gelo marinho  
475 Antártico.

476 O aumento da absorção de CO<sub>2</sub> pelos oceanos está acidificando suas águas e  
477 consequentemente diminuindo a disponibilidade de carbonato utilizado por grande parte dos  
478 organismos. As reais quantidades de CO<sub>2</sub> absorvidas pelo Oceano Austral ainda são incertas.  
479 Existem evidências de que os ecossistemas dessa região polar deverão estar entre os  
480 primeiros a sofrerem com essas alterações. Ressalta-se que o Oceano Austral é aquele que  
481 mais armazena os excessos antropogênicos de calor e de CO<sub>2</sub> (em torno de 40% do inventário  
482



Amostragem de parâmetros oceanográficos a bordo de navio polar brasileiro.

483 desse dióxido de carbono nos oceanos são encontrados ao sul de 30°S). Estima-se que a  
484 exportação de nutrientes das altas latitudes austrais, pelo ramo superficial da Célula de  
485 Revolvimento Meridional (*Meridional Overturning Circulation*), sustente cerca de 75% da  
486 produção primária oceânica ao norte de 30°S.

487  
488 Finalmente, dada a influência e sensibilidade do Oceano Austral, é consenso que  
489 alterações no sistema regional acoplado atmosfera-criosfera-oceano alterarão os ecossistemas  
490 regionais e mesmo o sistema climático planetário.

#### 491 492 **Interações com programas científicos internacionais**

493 Este programa está alinhado com a mais recente iniciativa internacional para estudo,  
494 observação e monitoramento do Oceano Austral, o [Southern Ocean Observing System](#)  
495 (SOOS), criado em 2011 sob a égide do SCAR e do [Scientific Committee on Oceanic Research](#)  
496 (SCOR). Ressalta-se que a comunidade científica ligado ao SCOR enfatiza a necessidade de  
497 observações e estudos coordenados para acelerar o entendimento sobre a dinâmica do  
498 Oceano Austral e suas relações com outras partes do Sistema Terrestre. Portanto, as  
499 pesquisas desse programa envolvem ações coordenadas com o SCAR e SCOR.

#### 500 501 **Interações com programas e ações científicas no país**

502 Inicialmente, este programa servirá de balizamento das ações, em termos de oceanos,  
503 das duas grandes redes de pesquisa nacional que atuam no Oceano Austral: o INCT da  
504 Criosfera e o INCT APA. Além disso, com o alinhamento com a comunidade internacional,  
505 principalmente através do SOOS, este programa apoiará outras ações e fóruns nacionais  
506 envolvidos com as questões de mudanças climáticas (tais como o Painel Brasileiro de  
507 Mudanças do Clima - PBMC, o INCT de Mudanças Climáticas, INCT MarCOI (Mar Centro de  
508 Oceanografia Integrada) e o INCT-MAR (Processos Oceanográficos da Plataforma ao Talude),  
509 principalmente sobre o papel da Antártica no aumento do nível do mar, a acidificação do  
510 Oceano Austral devido ao aumento de CO<sub>2</sub> antrópico e o manejo sustentável dos recursos  
511 vivos marinhos.

#### 512 513 **Produtos esperados**

- 514 • Desenvolvimento e implementação de modelos regionais de alta resolução que abordam os  
515 processos de interação e retroalimentação no sistema oceano-atmosfera-criosfera e  
516 interações com o Atlântico Sul.
- 517 • Quantificação da variabilidade das propriedades oceanográficas do mar de Weddell,  
518 plataforma continental ocidental da Península Antártica e estreito de Bransfield.
- 519 • Quantificação de processos e relações entre o gelo marinho Antártico, o oceano e  
520 atmosfera adjacentes e suas implicações climáticas regionais e globais. Este produto pode  
521 se apresentar na forma das parametrizações necessárias para medir as relações entre  
522 esses processos em escalas regionais ou hemisféricas.
- 523 • Validação de modelos climáticos acoplado para a região antártica no Século 20.
- 524 • Análise de projeções climáticas e impactos da Antártica na região do Atlântico Sul.

525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550  
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559

## PROGRAMA 4

### O papel da Antártica na evolução e ruptura do Gondwana e na evolução do Atlântico Sul

#### Objetivo Geral

Integrar os estudos geológicos da Antártica com ações que visam entender os mecanismos que levaram à fragmentação do continente Gondwana e à abertura do Atlântico Sul.

#### Objetivos Específicos

- Identificar o controle imposto pela compartimentação geológica da Antártica na ruptura do continente Gondwana e no processo de abertura do Atlântico Sul.
- Caracterizar a assinatura tectônica, estratigráfica, paleogeográfica, paleoceanográfica e sedimentológica da evolução do Atlântico Sul, desde sua abertura até os dias atuais, com registro das modificações de teleconexões entre o Oceano Austral e o Oceano Atlântico.

#### Marcos

- ✓ Levantamento e recuperação do acervo de dados geológicos e geofísicos antárticos produzidos pelo Brasil e criação de base de dados para este programa.
- ✓ Realização da primeira missão geológica brasileira ao interior da Antártica, especificamente às montanhas Ellsworth.
- ✓ Expansão da investigação geológica brasileira até as montanhas Transantárticas.

#### Justificativa e relevância científica

A busca do entendimento da evolução do Atlântico Sul tem ganhado relevância nos últimos anos. A descoberta de campos gigantes de petróleo em ambas as margens desse oceano, com sistemas petrolíferos formados desde o período imediatamente precedente à fragmentação do Gondwana e à separação entre América do Sul e África (Cretáceo inferior) até períodos mais recentes da fase francamente marinha (Cenozóico), implicou numa aceleração da pesquisa nesta porção do globo, que durante décadas permaneceu ao largo de maiores preocupações científicas. Durante anos o Atlântico Sul foi considerado apenas como uma zona de *by-pass* da transferência de sal e calor entre a região polar austral e o Hemisfério Norte.



Entender os processos de **ruptura do continente de Gondwana** e abertura do Atlântico Sul é essencial para a prospecção de petróleo na costa brasileira.

560

561 A obtenção de dados modernos, impulsionada pela motivação da indústria de energia,  
562 permitiu que se perceba mais claramente o importante papel que este setor desempenha no  
563 balanço climático da Terra. Este contexto indica a necessidade de estudos que integrem o  
564 papel que a história tectônica da Antártica desempenhou na evolução paleogeográfica e  
565 paleoceanográfica do Atlântico Sul. Processos como a distribuição e preservação de matéria  
566 orgânica dependem do regime de circulação oceânica, que por sua vez é fruto da geometria da  
567 bacia oceânica e da glaciação e formação de águas de fundo na região antártica. O  
568 rompimento da conexão Antártica – América do Sul permitiu o estabelecimento de uma  
569 circulação circumpolar que levou à glaciações e rearranjo climático global como visto nos dias  
570 atuais. As características dessa circulação e as teleconexões estabelecidas entre o Polo Sul e  
571 as regiões tropicais do Atlântico são fatores controladores do clima global. A assinatura dessa  
572 evolução pode ser obtida através da integração de trabalhos de campo que obtenham  
573 informações da evolução tectono estratigráfica e características dos ambientes deposicionais  
574 dos maciços Paleozóicos e Meso-cenozóicos do Oeste da Antártica, cujo impacto no Atlântico  
575 Sul pode ser identificado através de poços e testemunhos, complementado por dados  
576 geofísicos em geral disponíveis nas indústrias de petróleo e agências reguladoras.

577

#### 578 **Interações com programas científicos internacionais**

579 Estas investigações contribuirão para a novo programa do SCAR: "[Evolução da](#)  
580 [Criosfera e Resposta da Terra Sólida](#)" (SERCE) e também estarão associadas ao Programa  
581 Internacional ANDRILL ([ANtartic geological DRILLing](#)) que realizará várias perfurações  
582 geológicas na plataforma continental antártica, principalmente para investigar a variabilidade  
583 climática dos últimos 56 milhões de anos (início do Eoceno).

584

#### 585 **Interações com programas e ações científicas no país**

586 Este programa é estruturado de forma a poder interagir com o INCT de Tectônica e os  
587 dois INCTs do Mar, principalmente através de projetos da Petrobras com esses INCTs (por  
588 exemplo, projeto Gondwana – UFRJ/Petrobras). É esperado colaborações com instituições  
589 como o [Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofísica Sperimentale](#), OGS (Trieste/Itália),  
590 [Institut Français de Recherche pour L'Exploitation de la Mer](#) (Ifremer) e o [Institut Polaire](#)  
591 [Français Paul Emile Victor](#) (IPEV, França).

592

#### 593 **Produtos esperados**

- 594 • Integração das investigações geofísicas, geológicas e biológicas em estudos sobre o  
595 Oceano Austral, visando o entendimento da sua influência pretérita e atual sobre a margem  
596 continental e sobre recursos petrolíferos do território nacional.
- 597 • Estudo de evolução geotectônica da porção austral do Gondwana.
- 598 • Análise cinemática da separação da Antártica da América do Sul.
- 599 • Reconstrução paleoceanográfica das águas profundas do Atlântico Sul, com origem na  
600 Antártica e seu papel na escultura da margem continental da América do Sul.
- 601 • Análise da interação paleoclima-paleocirculação oceânica.

602

603

## 604 PROGRAMA 5

605

### 606 **Dinâmica da alta atmosfera na Antártica, interações com o geoespaço e conexões com** 607 **a América do Sul**

608

#### 609 **Objetivo Geral**

610 Investigar a dinâmica e química da alta atmosfera e o impacto da depleção do ozônio

611 estratosférico no clima Antártico, considerando os efeitos da interação Sol–Terra e os impactos

612 de fenômenos astrofísicos de alta energia. Definir o grau de importância desses processos nas

613 alterações climáticas de longo período na Antártica e suas conexões com a América do Sul.

614

#### 615 **Objetivos Específicos**

616 • Investigar a dinâmica e química da alta atmosfera da Antártica e o conteúdo de vapor  
617 d'água para subsidiar modelos de previsão climática e suas conexões com a América do  
618 Sul.

619 • Investigar o papel da depleção na camada de ozônio no clima da região antártica e da  
620 América do Sul.

621 • Investigar o acoplamento vertical e troca de energia entre as diferentes camadas  
622 atmosféricas para avaliar seu papel na formação da área de depleção ("buraco") na camada  
623 de ozônio.

624 • Investigar a influência das relações Sol–Terra na alta atmosfera antártica e seu papel nas  
625 variações climáticas de longo período.

626 • Realizar observações astronômicas de solo na faixa do espectro eletromagnético entre o  
627 ultravioleta próximo e microondas para investigar a matéria escura, exoplanetas e ruído  
628 cósmico de fundo.

629 • Realizar observações na faixa Terahertz a partir de observatórios estratosféricos instalados  
630 em balões com voos de circunavegação.

631 • Monitorar o fluxo de raios cósmicos.

632

633

634 Conjunto de antenas e laboratório para estudos ionosféricos  
635 realizados na Península Keller, que operam nas cercanias da  
636 Estação Antártica Comandante Ferraz.



637

638 **Marcos**

639 ✓ Manter rede de monitoramento da depleção da camada de ozônio desde a região da  
640 Antártica até o Sul do Brasil.

641 ✓ Manter as pesquisas das relações Sol–Terra e seus efeitos na dinâmica e química da alta  
642 atmosfera na Península Antártica, e ampliá-las para o interior do Continente Antártico, com  
643 especial interesse na região do oval auroral onde os efeitos dos fenômenos do ‘geoespaço’  
644 na atmosfera terrestre são mais pronunciados.

645 ✓ Caracterizar e modelar os efeitos de longo período das interações Sol–Terra na dinâmica da  
646 alta atmosfera e na depleção da camada de ozônio.

647

648 **Justificativa e Relevância**

649 A Antártica é um lugar privilegiado para se estudar o nosso espaço vizinho  
650 (‘geoespaço’), pois é a região onde a atmosfera terrestre interage mais diretamente com o  
651 vento solar, que consiste de feixes de partículas carregadas (elétrons e íons). As partículas  
652 provenientes do Sol ao interagirem com a atmosfera terrestre emitem luz (auroras) e geram  
653 calor, e ao interagirem com o campo magnético provocam tempestades magnéticas, que  
654 podem provocar cortes nas transmissões de rádio em ondas curtas e na comunicação com  
655 satélites, bem como flutuações nas redes de transmissão de energia elétrica longas. Para  
656 melhor se caracterizar a interação Sol–Terra são necessárias redes de instrumentação de  
657 grande extensão espacial, demandando colaborações internacionais envolvendo projetos multi-  
658 e interdisciplinares. O completo entendimento da física do ‘geoespaço’ também requer  
659 observações coordenadas no Ártico e na Antártica, bem como na América do Sul (onde está  
660 localizada a Anomalia Magnética do Atlântico do Sul, hoje sobre o Sul do Brasil). Essas  
661 observações coordenadas são importantes para se entender os efeitos dos fenômenos que  
662 perturbam localmente e globalmente a atmosfera terrestre. Por outro lado, observações  
663 coordenadas das diferentes camadas da atmosfera são também necessárias para se entender  
664 como se processam o acoplamento vertical e a troca de energia entre elas, cujo conhecimento  
665 dará subsídios para o melhor entendimento da dinâmica da camada de ozônio bem como para  
666 modelos de previsão de tempo e clima mais acurados.

667 As condições de céu na Antártica, especialmente na região do platô do manto de gelo,  
668 permitem observações a partir do solo com excepcional transparência na faixa do espectro  
669 eletromagnético do ultravioleta próximo até a faixa de microondas, portanto é um lugar  
670 excelente para se estudar matéria escura e exoplanetas. Além disso, é o lugar mais favorável  
671 para a detecção de raios cósmicos, devido à proximidade do polo magnético mesmo os raios  
672 de menor energia penetram até o solo mais facilmente do que nas baixas latitudes. Muitos dos  
673 projetos astronômicos de vanguarda estão sendo transferidos para o interior da Antártica  
674 devido a esses fatores.

675

676

### 677 Interações com programas científicos internacionais

678 Os temas de pesquisa referentes a este programa estão em sintonia com as seguintes  
679 atividades do SCAR: (1) Atmosfera Antártica: estudo da camada de ozônio e ondas  
680 atmosféricas (Grupo de Especialistas do SCAR [Interhemispheric Conjugacy Effects in Solar-  
681 Terrestrial and Aeronomy Research](#) - ICESTAR), estudos do conteúdo de vapor d'água (Grupo  
682 [GNSS Research and Application for Polar Environment](#) - GRAPE/SCAR). Cobertura de nuvens  
683 e radiação longa (Grupo de Especialistas do SCAR - Clouds and Aerosols). (2) As pesquisas  
684 sobre a interação Sol–Terra, especificamente o estudo dos impactos dos fenômenos solares na  
685 ionosfera/magnetosfera terrestre (GRAPE, ICESTAR e programa "[Evolução da Criosfera e  
686 Resposta da Terra Sólida](#)" - SERCE/SCAR).

687 Na área de Astronomia e Astrofísica poderão ser estimuladas as observações feitas  
688 com alta sensibilidade, permitindo o estudo de matéria escura, ruído cósmico de fundo, a  
689 procura de exoplanetas, e detecção de neutrinos e raios cósmicos seguindo as propostas do  
690 programa "[Astronomia e Astrofísica a partir da Antártica](#)" (AAA) do SCAR. Além de estudos da  
691 radiação solar com telescópio na faixa do TeraHertz instalados em balões de circunavegação.

692

### 693 Interações com programas e ações no país

694 Este programa interage fortemente com os INCTs Antárticos (Antártico de Pesquisas  
695 Ambientais, da Criosfera).

696

### 697 Produtos esperados

- 698 • Monitoramento e modelagem dos efeitos dos fenômenos do 'geoespaço' na atmosfera  
699 terrestre com o objetivo de previsão a curto e médio prazo de perturbações atmosféricas  
700 que possam afetar as telecomunicações, medidas de posicionamento com alta precisão  
701 (GNSS), e cortes nas redes de transmissão de energia elétrica.
- 702 • Monitoramento preventivo da radiação solar e do "buraco de ozônio" antártico decorrentes  
703 de mudanças químicas na atmosfera, com vistas à produção de modelagens preventivas  
704 sobre impactos socioeconômicos, na saúde pública, na agricultura e no meio ambiente.
- 705 • Monitoramento do conteúdo do vapor d'água, um dos gases importantes do efeito estufa na  
706 atmosfera terrestre, dando subsídios para avaliar seu papel nas alterações climáticas de  
707 longo período.

708

709



Ionossonda instalada na península Keller, ilha Rei George, nas cercanias da Estação Antártica Comandante Ferraz.

710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750

## **NOVAS ÁREAS DE INVESTIGAÇÃO**

Nos próximos dez anos a ciência antártica avançará rapidamente pelo uso intensivo de novas tecnologias. São exemplos as investigações dos mais de 400 lagos subglaciais, a procura de extremófilos nesses ambientes e outras partes isoladas do continente, a implantação de rede de equipamentos astronômicos no platô antártico e de equipamentos para monitorar a atmosfera em todo o continente antártico. Também deve-se atentar que pesquisas em ciências sociais, em áreas tais como arqueologia, sociologia da ciência e geografia política, tornaram-se de interesse a partir do Ano Polar Internacional (2007–2009). Investigações sobre vetores de doenças transmissíveis, microbiota antártica patogênica, psicologia de grupos sob condições extremas enfatizam a relevância das investigações na área de Biologia Humana e Medicina Polar.

Assim, recomenda-se que uma parte dos recursos para C&T do PROANTAR sejam dedicados a essas novas áreas de conhecimento e a projetos inovadores não previstos nesta proposta.

## **CONEXÕES COM O ÁRTICO**

A comunidade científica antártica aprofunda sua cooperação com os colegas árticos, considerando que se acumulam evidências das conexões entre as duas regiões polares, por exemplo na circulação oceânica de fundo dos oceanos, nos processos de variabilidade climática e nos efeitos das interações Sol–Terra na atmosfera. Nos últimos anos esse interesse intensificou-se devido às rápidas mudanças no Ártico, incluindo a abrupta redução da cobertura de gelo marinho. Tais modificações têm implicações globais e servem também de modelos de processos similares que podem acontecer na Antártica. Assim, o SCAR tem aumentado a colaboração com o "[Comitê Científico Ártico Internacional](#)" (IASC).

Ao considerar que tanto as modificações ambientais e as decorrentes mudanças políticas no Ártico terão impacto global, recomenda-se que o Brasil atue com observador junto ao IASC, principalmente nas questões do clima e exploração de recursos não renováveis.

## **FORMAÇÃO E ABSORÇÃO DE ESPECIALISTAS ANTÁRTICOS NO SISTEMA NACIONAL DE C&T**

No momento, a primeira geração dos pesquisadores brasileiros especialmente treinados para a ciência antártica atinge a maturidade e nos próximos dez anos estarão perto da idade de aposentadoria. Algumas das áreas emergentes da ciência polar ainda contam com pouco ou nenhum especialista no Brasil (por exemplo, especialistas no modelamento da

751 variação do gelo marinho e acoplamento a modelos do clima, geofísica de geleiras,  
752 invertebrados extremófilos, ecologia polar). É necessária uma ação conjunta do CNPq e  
753 CAPES para lançamento de edital de bolsas de formação dedicado ao tema polar, ou a  
754 inclusão do tema em programas já existentes como o "Ciência Sem Fronteiras", garantido a  
755 continuidade de diversos grupos de pesquisa associados ao PROANTAR.

756  
757 É preocupante a falta de oportunidade de especialistas antárticos nas instituições de  
758 ensino e pesquisa no Brasil. Raros são os recém-doutores em temas antárticos que puderam  
759 dar continuidade plena as suas pesquisas. Portanto, é também importante uma ação junto ao  
760 MEC para incentivar as Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) na realização de  
761 concursos para professores em temas antárticos.

762 Os proponentes deste plano ressaltam que o investimento nessas duas ações, a  
763 formação de pessoal e concursos, é baixa. A alocação de bolsas de formação e de vagas em  
764 concursos para professores doutores específicas para o tema antártico, dentro do período  
765 deste plano de ação, já seria de extrema valia para a continuidade das pesquisas do  
766 PROANTAR.

767

768

## 769 **DIVULGAÇÃO E INSERÇÃO SOCIAL DO CONHECIMENTO**

770

771

772 É essencial aumentar a visibilidade da parte científica do PROANTAR na sociedade  
773 brasileira como um todo, e em especial juntos aos órgãos governamentais de fomento à  
774 pesquisa e associações científicas. Ao fazer trinta anos, o programa é conhecido mais por suas  
775 ações logísticas do que pela relevância da ciência antártica e o seu papel no STA. Assim,  
776 considera-se essencial a elaboração de um plano integrado de comunicação social, envolvendo  
777 a divulgação na comunidade interna e externa das pesquisas do PROANTAR, usando as  
778 diferentes mídias e redes sociais.

779 Evidentemente, para o aumento da visibilidade junto à comunidade científica, é  
780 essencial o aumento das publicações de resultados das pesquisas antárticas em periódicos  
781 internacionais de alto índice de impacto. Sobre este ponto, as agências de fomento devem dar  
782 mais peso à produção científica antártica de alto impacto dos proponentes de novos projetos.

783 Os editais para novos projetos do PROANTAR devem ter a maior divulgação possível  
784 entre as sociedades científicas nacionais, garantindo maior transparência e oportunidade para  
785 envolvimento de novos pesquisadores e grupos de pesquisa. Esses novos projetos deverão ter  
786 ações de educação e popularização da ciência associados, incluindo, por exemplo, divulgação  
787 na mídia eletrônica, redes sociais e projetos de *e-learning* para o ensino de nível médio e  
788 superior sobre a questão antártica.

789 Todas as ações listadas serão mais efetivas se vinculadas à associações científicas  
790 nacionais e em particular a Associação de Pesquisadores Polares em Início de Carreira -  
791 [APECS - Brasil](#).

791

792

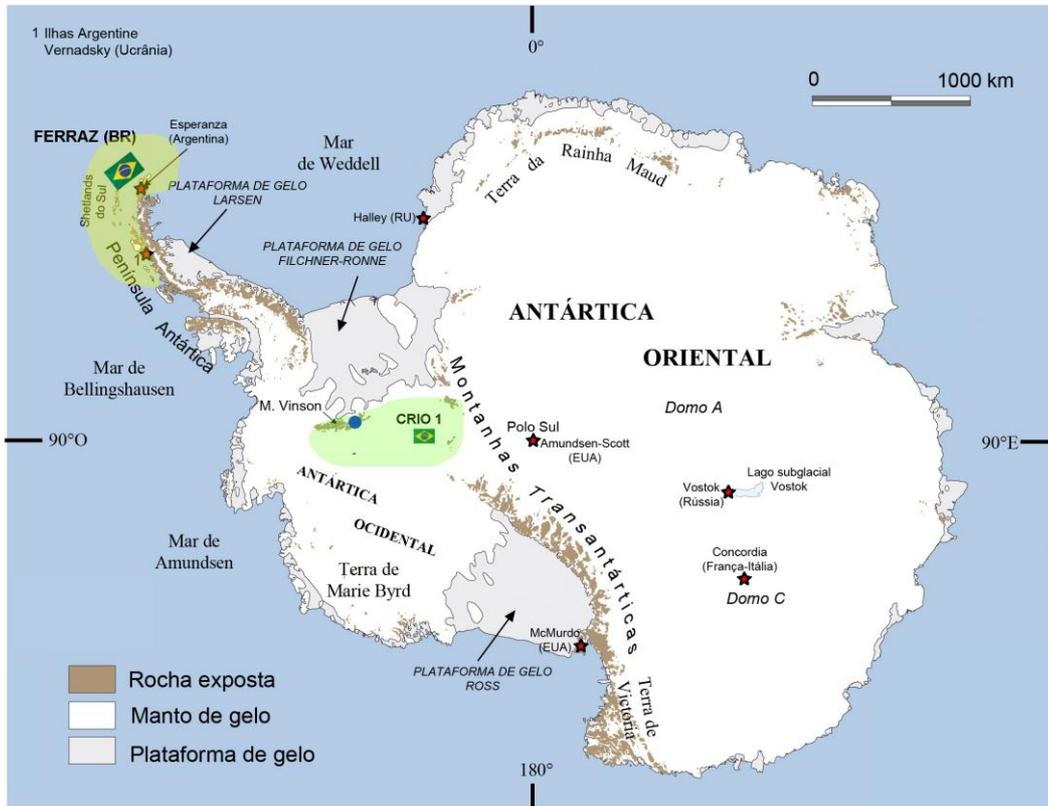
793 **LISTA DE SIGLAS**

794 795	AAA	Astronomia e Astrofísica a partir da Antártica ( <i>Astronomy and Astrophysics from Antarctic/SCAR</i> )
796 797	AnT-ERA	Limiares Antárticos – Resiliência e Adaptações dos Ecossistemas ( <i>Antarctic Thresholds – Ecosystem Resilience and Adaptation</i> )/SCAR
798 799	ANTABIF	Banco de Dados internacional de Biodiversidade Antártica ( <i>Antarctic Biodiversity Information Facility</i> )
800 801	AntClim <sup>21</sup>	Mudanças Climáticas Antárticas no Século XXI ( <i>Antarctic Climate Change in the 21<sup>st</sup> Century</i> )/SCAR
802	AntEco	Estado do Ecossistema Antártico ( <i>State of the Antarctic Ecosystem</i> )/SCAR
803 804	ANTPAS	Permafrost Antártico e Subantártico, Solos e Ambientes Periglaciais ( <i>Antarctic and Sub-Antarctic Permafrost, Soils and Periglacial Environments</i> )/SCAR
805 806	APECS - Brasil	Associação de Pesquisadores Polares em Início de Carreira - APECS - Brasil ( <i>Association of Polar Early Career Scientists</i> - seção brasileira)
807	CLIVAR	<i>Climate Variability and Predictability/ World Climate Research Programme</i>
808	CPR	Registro Contínuo de Plâncton ( <i>Southern Ocean Continuous Plankton Record</i> )/SCAR
809 810	EGBAMM	Grupo de Especialistas de Mamíferos e Aves Marinhas ( <i>Expert Group on Birds and Marine Mammals</i> )SCAR
811	FURG	Universidade Federal do Rio Grande
812	GNSS	<i>Global Navigation Satellite Systems</i>
813 814	GRAPE	<i>GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Research and Application for Polar Environment</i> /SCAR
815	IASC	Comitê Científico Ártico Internacional ( <i>International Arctic Science Committee</i> )
816	ICESTAR	<i>Interhemispheric Conjugacy Effects in Solar-Terrestrial and Aeronomy Research</i> /SCAR
817	IFES	Instituições Federais de Ensino Superior
818	INCTs	Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia
819	INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
820 821	IPICS	Parceria Internacional para a Ciência de Testemunhos de Gelo ( <i>International Paternship on Ice Core Sciences/PAGES-IGBP</i> )
822 823	PAIS	Dinâmica do Manto de Gelo Antártico no Passado ( <i>Past Antarctic Ice Sheet Dynamics</i> )/SCAR
824	SCADM	<i>Standing Committee on Antarctic Data Management</i> do SCAR
825	SCAGI	<i>Standing Committee on Antarctic Geographic Information</i> do SCAR
826 827	SCAR	<i>Scientific Committee on Antarctic Research</i> (Comitê Científico de Pesquisas Antárticas) do Conselho Internacional para Ciências (ICSU)
828	SCOR	<i>Scientific Committee on Oceanic Research</i> /ICSU
829 830	SERCE	<i>Evolução da Criosfera e Resposta da Terra Sólida (Solid Earth Response and Cryosphere Evolution)</i> /SCAR
831	SOOS	<i>Southern Ocean Observing System</i>
832	STA	Sistema do Tratado da Antártica
833	UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
834	UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
835	UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
836	UPM	Universidade Presbiteriana Mackenzie
837	USP	Universidade de São Paulo
838		

839  
840  
841  
842  
843

## MAPA DA ÁREA GEOGRÁFICA DE ATUAÇÃO DO PROGRAMA ANTÁRTICO BRASILEIRO

844  
845  
846  
847  
848



849  
850  
851  
852  
853  
854  
855  
856  
857  
858  
859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866  
867  
868  
869  
870  
871  
872  
873  
874  
875  
876  
877  
878  
879

**Mapa da Antártica** Em amarelo a área principal de atuação do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR) na Antártica Marítima. O local da Estação Antártica Comandante Ferraz é identificado com bandeira sobre a ilha Rei George. Esta proposta inclui a manutenção e expansão das pesquisas geocientíficas brasileiras no interior do manto de gelo antártico (na área marcada em verde) a partir de pista de pouso na geleira Union (marcada com ponto azul) e incluindo apoio ao módulo Criosfera 1 (CRIO 1; 84°S, 79,5°W).

880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896

**Contracapa:** Do canto superior esquerdo, seguindo o sentido horário, as fotografias da contracapa ilustram (1) Módulos Emergenciais (MAEs) da Estação Antártica Comandante Ferraz, baía do Almirantado, ilha Rei George; (2) Navio de Apoio Oceanográfico Ary Rongel realizando investigações sobre deriva de icebergs; (3) Amostragem de parâmetros oceanográficos abordo do Navio Polar Almirante Maximiano; (4) Acampamento glaciológico no manto de gelo antártico (79°S) é observado parte de um parélio; (5) O continente antártico e o Brasil na mesma escala geográfica; (6) Levantamento de perfis de praia na baía do Almirantado.

