

A full-page background image of an Antarctic landscape. The upper portion shows a vast, textured expanse of white and light blue ice. The lower portion features dark, rocky terrain partially covered in snow, with a calm body of water in the foreground reflecting the light.

Plano Decenal
para a
**CIÊNCIA
ANTÁRTICA**
do Brasil

**2023
2032**

Plano Decenal para a Ciência Antártica do Brasil

Brasília – DF – Brasil
2023

República Federativa do Brasil

Presidente da República

Luiz Inácio Lula da Silva

Vice-Presidente da República

José Geraldo Rodrigues de Alckmin

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI

Ministra de estado da Ciência, Tecnologia e Inovação

Luciana Santos Barbosa de Oliveira

Secretária de Políticas e Programas Estratégicos – SEPPE

Marcia Cristina Bernardes Barbosa

Diretor do Departamento de Programas Temáticos – DEPTE

Leandro Bortolozo Pedron

Coordenação-Geral de Ciências para Oceano e Antártica - CGOA

Andrea Cancela da Cruz

Iran Cardoso Júnior

Roberto Dantas de Pinho

Rothier Flores de Siqueira Junior

Thaís Fernandes Mota de Souza

Marcelo Araújo Filho

Colaboradores Externos

Alexander Kellner

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Carolina Amorim da Silva Bittencourt

Ministério da Agricultura e Pecuária

Eduardo Resende Secchi

Universidade Federal do Rio Grande

Emília Correia

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Francisco Leonardo Maciel Machado (CMG)

Marinha do Brasil

Haynnee Trad Souza (CMG-EN)

Marinha do Brasil

Jefferson Cardia Simões

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Julie Messias e Silva

Secretaria do Meio Ambiente e dos Povos Indígenas do Acre

Karen de Oliveira Silverwood-Cope

SAG/Presidência da República

Luciana Hemétrio Valadares

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

Luiz Carlos Weinschütz

Universidade do Contestado

Luiz Henrique Rosa

Universidade Federal de Minas Gerais

Margareth Alves Carvalho

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Mauricio Magalhães Mata

Universidade Federal do Rio Grande

Moacyr Cunha de Araujo Filho

Universidade Federal de Pernambuco

Rosa Maria Esteves Arantes

Universidade Federal de Minas Gerais

Sandra Silvestre de Souza

Ministério da Agricultura e Pecuária

Tania Alexandra Malinski

Ministério das Relações Exteriores

Thiago Carlos Cagliari

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Vivian Helena Pellizari

Universidade de São Paulo

Projeto gráfico e diagramação / Marcelo Araújo Filho

Capa / Foto de Felipe Sugimoto



Sumário

Apresentação		08
Introdução		10
Justificativa		11
Objetivo		13
Quadro lógico		16
Planejamento e Gestão		20
P 1	A criosfera no sistema terrestre e suas interações com a América do Sul	22
P 2	Biodiversidade antártica: mudanças climáticas e conexões com América do Sul e Ártico	32
P 3	Mudanças Climáticas e o oceano Austral	40

P4	Geodinâmica e história geológica da Antártica e suas relações com a América do Sul	48
-----------	--	-----------

P5	Dinâmica da média e alta atmosfera antártica: interações com o geoespaço e as conexões com a região tropical sul-americana	56
-----------	--	-----------

P6	Ciências Humanas e Sociais	64
-----------	----------------------------	-----------

P7	Saúde Polar	74
-----------	-------------	-----------

Artico	Uma nova fronteira para a ciência polar brasileira	82
---------------	--	-----------

Apresentação

O apoio estruturado à ciência antártica brasileira iniciou em 1982 com a criação do Programa Antártico Brasileiro – PROANTAR. O Programa, gerido pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), tem entre seus objetivos principais fomentar pesquisa substancial na Antártica e promover a cooperação científica internacional, visando manter ao país a condição de Membro Consultivo do Tratado da Antártica. O Brasil é membro consultivo desde 1983, o que lhe assegura a plena participação nos processos decisórios institucionais que decidem o futuro político de toda a área ao sul do paralelo 60°S, aproximadamente 34 milhões de quilômetros quadrados.

As diretrizes científicas para o PROANTAR advêm do Plano Decenal para a Ciência Antártica, que é coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, e foi instituído com o objetivo de oferecer orientação estratégica para pesquisa antártica e promover a coordenação da atuação dos atores do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.

O primeiro Plano Decenal para gestão estratégica da Ciência Antártica foi elaborado para o decênio 2013-2022. Ele orientou áreas de investigação pela apresentação de cinco programas temáticos de pesquisa. Em comum, esses programas priorizaram a exploração de conexões entre os ambientes antártico e sul-americano e investigaram os processos ambientais e as relações atuais, pretéritas e futuras, entre o continente sul-americano e as regiões polares. Também incentivou temas emergentes de pesquisas nas áreas de Ciências Humanas e Sociais, e de Biologia Humana na Antártica.

Sob o marco do Plano Decenal 2013-2022, alcançou-se a consolidação da ciência antártica nacional e o seu reconhecimento internacional evidenciado pelo expressivo aumento da produção científica, fomentadas por chamadas públicas de projetos de pesquisa. Destacam-se a formação de dois Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) o Antártico de Pesquisas Ambientais - INCT- APA (2008-2017) e o da Criosfera (vigente desde 2008), e a ampliação e melhoria da infraestrutura de pesquisa.



Um ponto fundamental para o desenvolvimento da pesquisa brasileira no continente antártico foi a reinauguração da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), em 2020, após um incêndio que destruiu parte de suas instalações.

A nova estação dispõe de 17 laboratórios, estado da arte em ciência e tecnologia. No decênio 2013-2022 foi também ampliada a área geográfica de atuação do PROANTAR, com a instalação de laboratórios automatizados (Criosfera 1 e Criosfera 2) ao sul da EACF no interior do continente antártico.

O avanço das pesquisas nacionais na Antártica abrangeu todas as áreas do conhecimento, incluindo esforços para difusão da ciência polar, ampliando a divulgação das informações geradas e dos resultados obtidos, produzindo benefícios para toda a sociedade.

Assim, este Plano Decenal para o ciclo 2023-2032 busca alçar a pesquisa polar nacional para um novo patamar por meio da articulação e integração do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação entre atores federais, estaduais, municipais e do setor privado. A atualização das diretrizes para os programas de pesquisa proposta neste Plano e as recomendações para eficiência da gestão científica visam propor uma estratégia rumo à vanguarda da ciência e desenvolvimento, com agendas de pesquisa que estejam na fronteira do conhecimento nas diversas áreas.

Marcia Cristina Bernardes Barbosa
Secretária de Políticas e Programas Estratégicos - SEPPE



Introdução

O Plano Decenal Ciência Antártica 2023-2032 é um instrumento de planejamento estratégico nacional elaborado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e pelo Comitê Nacional de Pesquisas Antárticas, o CONAPA (Decreto Nº10.603 de 2021), órgão colegiado para orientar ao nível estratégico órgãos e entidades responsáveis pela produção técnico-científica sobre a região Antártica e suas conexões com o oceano Atlântico, a América do Sul e o Ártico.

O MCTI tem a responsabilidade pela gestão científica das atividades de pesquisa desenvolvidas pelo Brasil na Antártica (Decreto Nº 11.493 de 2023) e utiliza este Plano como instrumento orientador para avançar em áreas do conhecimento consideradas estratégicas e para promover a gestão científica nas atividades relacionadas.

Cabe destacar que a produção científica é a condição para permanência do Brasil como Parte Consultiva no Tratado da Antártica, promulgado pelo Decreto nº 75.963, de 11 de julho de 1975. Além disso,

este Plano oferece subsídios científicos às ações do Governo Federal que estão em curso por meio de outros planos, políticas e programas federais concernentes aos processos polares, notadamente para políticas setoriais de agricultura, defesa, meio ambiente, saúde, turismo, e política externa.

Este documento está em consonância com a Política Nacional para Assuntos Antárticos (Polantar), instituída pelo Decreto Nº11.096 de 2022, e com a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação do MCTI. O Plano, a ser implementado entre 2023 e 2032, apresenta diretrizes estratégicas para gestão da ciência polar e orienta programas de pesquisa, de forma convergente com o Comitê Científico sobre Pesquisa Antártica (Scientific Committee on Antarctic Research - SCAR do Conselho Internacional de Ciência - ISC), os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU e a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (entre 2021 e 2030), declarada pelas Nações Unidas em 2017.

“O derretimento do manto de gelo na Antártida é o maior e mais incerto contribuinte potencial para o futuro aumento do nível do mar”.

Florence Colleoni, Tim Naish, Robert De Conto, Laura De Santis e Pippa L. Whitehouse. O futuro incerto do derretimento do gelo na Antártica. EOS, janeiro de 2022.



Justificativa

O Continente Antártico, com uma área de aproximadamente 13,8 milhões de km², representa cerca de um décimo da superfície terrestre do planeta, quase 90% do gelo da Terra e cerca de 70% de sua água doce. O oceano Austral, seu oceano circundante, é crucial para a regulação do clima e a absorção de carbono pela água do mar.

A pesquisa científica desenvolvida na Antártica é fundamental para entender os processos que ocorrem nas altas latitudes e o seu impacto global. Por exemplo, os fenômenos que ocorrem na Antártica afetam a América do Sul, e, portanto, as alterações climáticas que aqui estão ocorrendo.

A Antártica está muito próxima do Brasil e os impactos que sofre com as mudanças climáticas podem interferir drasticamente no clima. A sociedade deve entender a importância global da Antártica, como a região afeta e é influenciada pelo nosso cotidiano. A comunidade científica, e os gestores responsáveis, devem envidar esforços para abordar essas questões nas melhores condições possíveis.

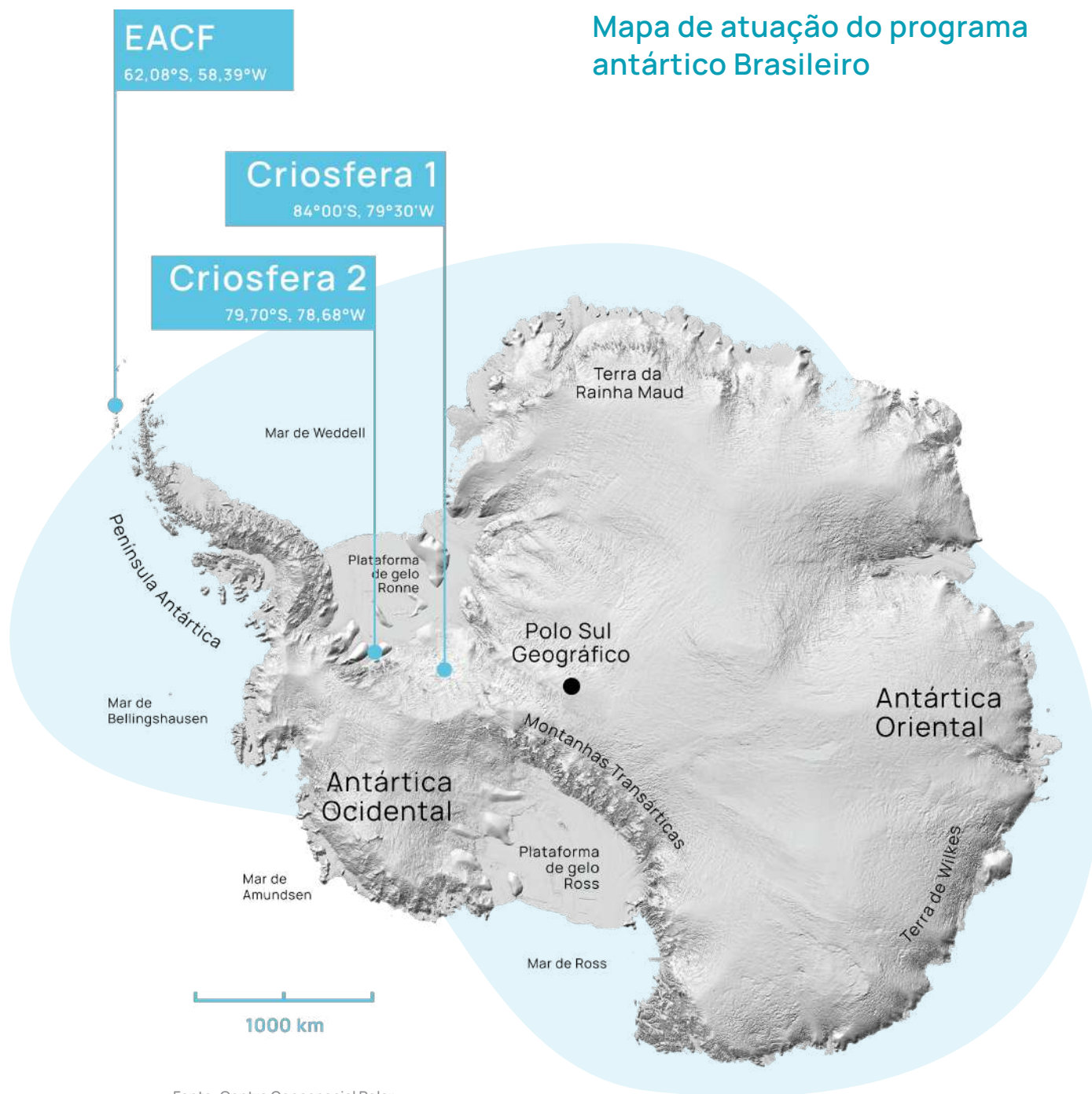
O Sistema do Tratado da Antártica é o cerne da governança da região. Atualmente vinte e nove países são membros consultivos, e elaboram as normativas sobre o uso e a proteção daquele continente. O Brasil participa ativamente desse grupo seleto que tem direito a voz e veto nas decisões sobre o futuro da Antártica e suas águas circundantes. Para manter tal condição, o país precisa continuar realizando pesquisas científicas de qualidade naquela região, reservada para fins científicos e pacíficos (cláusula IX do Tratado).



Visão em perspectiva do hemisfério sul mostrando a relação do Brasil e o oceano Atlântico Sul com a Antártica e o oceano Austral.

Fonte: Centro Polar e Climático a UFRGS

Mapa de atuação do programa antártico Brasileiro



Fonte: Centro Geoespacial Polar,
Universidade de Minnesota, EUA

O Decreto Nº 11.096, de 15 de junho de 2022, institui a Política Nacional para Assuntos Antárticos – POLANTAR, que determina o cumprimento dos objetivos do Brasil naquela região, de acordo com os compromissos assumidos no âmbito do Sistema do Tratado da Antártica. Dentre as diretrizes, a promoção da difusão da ciência antártica na sociedade. Fornecer a informação científica, identificar oportunidades, e facilitar colaboração para pesquisa são ações da competência do MCTI.

Objetivo

O objetivo do Plano Decenal 2023-2032 é promover de forma contínua a ciência de excelência sobre a região Antártica e suas conexões com o oceano Atlântico, a América do Sul e o Ártico. Tal objetivo será alcançado por meio de ações orientadas a objetivos específicos e resultados esperados para sete programas temáticos.

Objetivos específicos:

- 1 Ampliar a liderança científica brasileira em fóruns antárticos internacionais;
- 2 Oferecer assessoramento científico para políticas públicas e para sociedade;
- 3 Promover a comunicação e difusão do conhecimento científico sobre as regiões polares;
- 4 Promover formação científica sobre temas polares;
- 5 Promover articulação institucional fortalecendo e expandindo parcerias;
- 6 Promover diversidade, equidade e inclusão na ciência antártica;
- 7 Melhorar continuamente a gestão da pesquisa polar nacional.



Foto de Iran Cardoso Jr.

EACF

Estação Antártica Comandante Ferraz





Quadro Lógico de Ações e Resultados Esperados



É esperado que em 2032, a Ciência Antártica tenha impactado no desenvolvimento sustentável, beneficiando a sociedade pelo conhecimento e tecnologias geradas a partir da investigação científica do continente antártico. A relevância da pesquisa nacional será expandida na medida em que a sociedade esteja engajada na cultura científica e no reconhecimento do valor da sustentabilidade, especialmente dos processos que afetam diretamente o território nacional.

Na Tabela são apresentadas os objetivos, as ações e os resultados esperados:

Objetivo 1 • Ampliar a liderança científica brasileira em fóruns antárticos internacionais

Ações

Estabelecer e ampliar as pesquisas transdisciplinares e interinstitucionais;

Expandir a cooperação com redes de pesquisas internacionais por temas de pesquisa;

Realizar a ciência de forma colaborativa e participativa, em cooperação nacional e internacional;

Aumentar o compartilhamento de amostras, dados e conhecimentos entre pesquisadores e sociedade civil;

Aumentar a publicação em periódicos e mídias de alto impacto a partir das pesquisas realizadas;

Ampliar a capacidade preditiva de modelos e de sistemas de observação;

Aumentar o conhecimento sobre múltiplos vetores de estresse sobre a Antártica, bem como as interações com a atmosfera, a criosfera e a interface terra/mar.

Resultados

Área geográfica explorada no continente ampliada;

Áreas e temas de pesquisa ampliados;

Aumento na capacidade de monitoramento, predição e mitigação sobre os processos naturais e humanos associados às regiões polares;

Consolidação de pesquisa polar, com avanço do conhecimento sobre o Ártico e suas teleconexões;

Meios de publicidade e publicações sobre ciência antártica aumentados;

Ampliação de atores envolvidos na ciência antártica.

Objetivo 2 • Oferecer assessoramento científico para políticas públicas e para sociedade

Ações

Garantir a interface entre políticas públicas e o conhecimento científico por meio da participação de cientistas em fóruns e comitês pertinentes;

Produzir relatórios técnico-científicos para formuladores de políticas públicas;

Produzir conteúdo relevante para políticas públicas e subsidiar com evidências ações de atores públicos e privados;

Promover a articulação entre a ciência antártica e as políticas públicas setoriais para agricultura, meio ambiente, turismo, defesa civil e militar e política externa.

Resultados

Gestão científica implementada para efetiva governança da Antártica;

Gestão e proteção ambiental implementada para autorização das atividades de pesquisa na Antártica de forma a garantir a conservação ambiental;

Evidências científicas providas para as políticas públicas setoriais de agricultura, meio ambiente, turismo, defesa civil e militar e política externa;

Assessoramento promovido de forma contínua para prevenção de desastres naturais;

Pesquisa orientada para atender as necessidades da sociedade brasileira;

Previsão meteorológica e climática sobre massas de ar e frentes frias antárticas que atuam sobre o Brasil aperfeiçoada;

Maior conhecimento sobre onexo Antártica e mudança do clima e seus impactos para o Brasil.

Objetivo 3 • Promover a comunicação e difusão do conhecimento científico sobre as regiões polares

Ações

Promover ações de divulgação da ciência para diferentes públicos-alvo, incluindo escolas, comunicadores e mídias especializadas;

Promover a cultura científica e da sustentabilidade;

Desenvolver um plano de comunicação e engajamento;

Promover ações de divulgação dos resultados dos projetos de pesquisa realizados;

Promover desenvolvimento de capacidades sobre a divulgação da ciência e da cultura científica;

Produzir materiais informativos em formatos adequados para diferentes públicos-alvo.

Resultados

Aumento nas atividades de difusão científica para o governo e sociedade;

Mídia capacitada e engajada na divulgação científica antártica;

Ações de educação formal e não formal sobre a ciência antártica implementadas.

Objetivo 4 • Promover a formação científica avançada sobre temas polares

Ações

Formular propostas para oferecimento de bolsas de pós-graduação e pesquisa em valores internacionalmente competitivos;

Formular propostas para o aumento contínuo de oferta no número de bolsas de pós-graduação e pesquisa;

Fomentar a participação de jovens pesquisadores em fóruns e eventos internacionais;

Incentivar a participação de pesquisadores de graduação com viagens para estação ou embarcado, oportunidades de realizar práticas e vivências de campo para o cumprimento das grades curriculares.

Resultados

Ampliação na formação de recursos humanos;

Capacitação de pesquisadores oferecida de forma contínua;

Aumento da mobilidade estudantil na graduação e na pós-graduação.

Objetivo 5 • Promover Articulação Institucional fortalecendo e expandindo parcerias

Ações

Promover a articulação institucional com o setor privado de forma a realizar o levantamento convergente de prioridades estratégicas e prospectar possibilidades de financiamento, desenvolvimento de produtos e oportunidades de negócios de base científica;

Promover a articulação institucional com o terceiro setor para realizar o levantamento de convergente de prioridades estratégicas e prospectar possibilidades de financiamento;

Promover a articulação institucional com países para realizar o levantamento convergente de prioridades estratégicas e prospectar possibilidades de financiamento;

Desenvolver um plano de engajamento estratégico para estabelecimento de parcerias;

Promover a contínua articulação com a associação de cientistas polares em início de carreira (APECS - *Association of Polar Early Career Scientists*).

Resultados

Ampliação das redes de pesquisas nacionais e internacionais, de forma interinstitucional e transdisciplinar;

Aumento e diversificação das fontes de financiamento da pesquisa antártica;

Aumento de acordos internacionais de pós-graduação para intercâmbio de estudantes;

Aumento da cooperação sul-sul na realização da pesquisa;

Estabelecimento de programas de cooperação científica bilaterais ou multilaterais;

Aumento na participação de empresas e terceiro setor, a exemplo da Associação de cientistas polares em início de carreira (APECS), em projetos e iniciativas de ciência antártica.

Objetivo 6 • Promover Diversidade, Equidade e Inclusão na ciência Antártica

Ações

Promover ações afirmativas de gênero, raça, etnia e etária nos processos seletivos de equipes de pesquisa;

Reconhecer e promover ações afirmativas de gênero, raça e idade nos postos de liderança da pesquisa;

Fomentar ações institucionais de diversidade, equidade e inclusão de forma contínua e articulada entre os atores do Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia;

Promover ações de combate ao assédio de qualquer natureza de forma contínua.

Resultados

Diversidade, Equidade e Inclusão efetivamente aplicadas por meio de ações afirmativas em chamadas públicas, participação em eventos e gestão de equipes de pesquisa;

Aumento no número relativo de diversidade de representação de gênero, raça, etnia e etária na coordenação de projetos;

Aumento no número relativo de bolsistas de representação de gênero, raça, etnia e etária.

Objetivo 7 • Melhorar continuamente a gestão da pesquisa polar nacional;

Ações

Captar recursos financeiros para realização da pesquisa antártica, com aumento progressivo de investimentos;

Buscar meios e logística para expansão contínua das fronteiras de agenda dos programas de pesquisa indicados;

Prover equipamentos e tecnologia para a pesquisa para expansão contínua das fronteiras de agenda de pesquisa dos programas indicados;

Otimizar as atividades de pesquisa em campo;

Promover ações para sustentabilidade ambiental da pesquisa para reduzir a pegada ecológica;

Estabelecer um programa de longa duração da pesquisa antártica com mecanismos contínuos de manutenção;

Facilitar acesso ao conhecimento e dados da ciência por meio de sistemas multiusuários de gestão do conhecimento que atendam os princípios FAIR - Findable, Accessible, Interoperable, Reusable - para pesquisa;

Estabelecer um Guia orientador de gestão de dados, alinhado às melhores práticas internacionais.

Resultados

Repositório digital integrado da produção científica implementado de forma alinhada às melhores práticas internacionais;

Sistemas de gestão de dados para depósito, armazenamento e compartilhamento eficientes implementados;

Produção científica aberta atendendo os princípios FAIR - Findable, Accessible, Interoperable, Reusable - para pesquisa;

Ampliação na capacidade de transporte de pesquisadores para Antártica;

Melhoria contínua e expansão da infraestrutura de pesquisa laboratorial;

Programa de Longa Duração para Antártica implementado;

Aumento significativo na oferta de bolsas e de chamadas públicas de projetos;

Aumento da articulação e integração entre agências de fomento do Sistema Nacional de Pesquisa em níveis federal, estadual e municipal; Institutos Nacionais de C&T; Universidades e Institutos públicos e privados de pesquisa;

Expansão e qualificação do CONAPA por meio de grupos de trabalho;

Realização de eventos científicos periódicos e ações preparatórias prévias aos fóruns internacionais;

Aumento significativo de pesquisas científicas voltadas aos grupos de trabalho existentes na CCAMLR.

Planejamento e Gestão

O Plano Decenal 2023-2032 é implementado e gerido pelo MCTI/CGOA com assessoramento do CONAPA. Para cada objetivo específico previsto são indicados resultados esperados a serem executados por ações de distintas instituições inseridas ao CONAPA e entidades, de origem pública ou privada, envolvidas no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação associados à Ciência Antártica. Com base no monitoramento e avaliação de progresso dos objetivos e resultados, o Plano poderá ser revisto e atualizado a qualquer momento pelo MCTI e CONAPA.



Programas

O aumento da temperatura média global representa um vetor de mudanças de alto impacto para a Antártica. Segundo os relatórios “O oceano e a Criosfera em um Clima em Mudança” e “Antarctic Climate Change and the Environment: a decadal synopsis and recommendations for action/SCAR”, há mudança na cobertura de gelo e instabilidade no nível do mar que já impactam os processos ecossistêmicos na Antártica. Ainda, afirma-se, com alto grau de confiança, que mantido o padrão atual de emissão de gases de efeito estufa, a atmosfera e o oceano continuarão a aquecer, o processo de acidificação do oceano continuará, os padrões de circulação atmosférica e oceânica serão alterados, a criosfera continuará a perder gelo em todas as formas e o nível do mar aumentará.

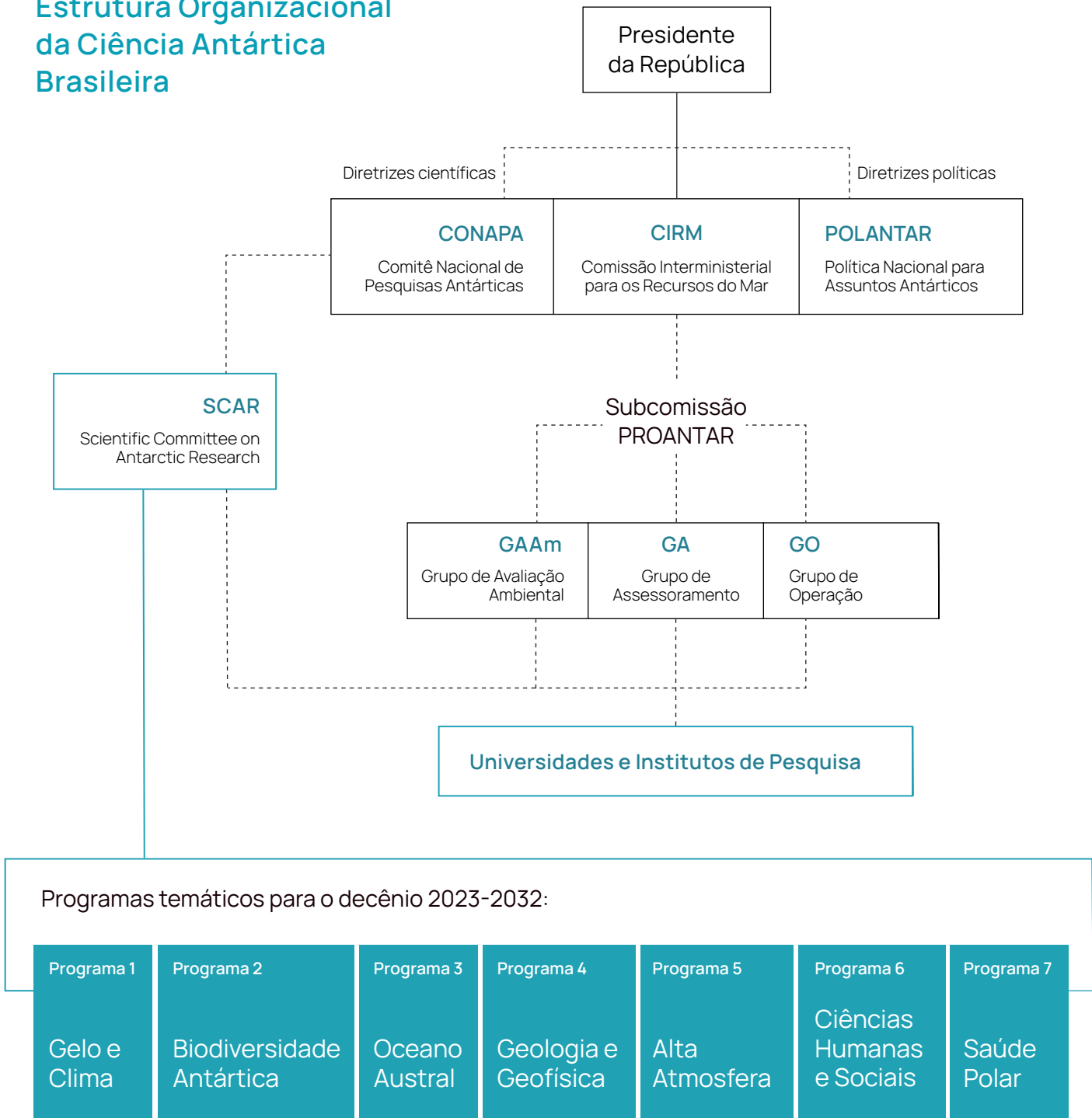
Considerando as evidências científicas sobre o grave impacto da mudança do clima e a urgência da crise climática, este tema é orientação prioritária dos órgãos científicos internacionais. Em convergência com esta visão, este Plano Decenal 2023-2032 também prioriza as pesquisas associadas à mitigação da mudança do clima e adaptação aos seus impactos em suas várias áreas do conhecimento, bem como o meio ambiente local.

Neste contexto, são propostos sete programas de pesquisa interrelacionados que orientam a investigação em temas estratégicos sobre a Antártica e suas conexões.

Módulo de Telecomunicações - Fornece internet de alta velocidade; telefonia móvel com conexão 4G; acesso wi-fi e sinal de TV por toda a área da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF).

Foto de Felipe Sugimoto

Estrutura Organizacional
da Ciência Antártica
Brasileira



P1

A criosfera no
sistema terrestre e
suas interações com
a América do Sul



Objetivo geral

Investigar o papel da criosfera, as massas de gelo e neve que cobrem dez por cento do Planeta, no clima do Hemisfério Sul, com ênfase no continente sul-americano, no presente, no passado próximo e suas tendências para o futuro, assim como as mudanças na química atmosférica.

Objetivos específicos

- › Investigar as conexões entre o sistema acoplado atmosfera - criosfera - oceano austral com os processos meteorológicos e climáticos na América do Sul e no Atlântico Sul com foco nos trópicos e subtropicais;
- › Determinar e investigar as mudanças climáticas na região Antártica e sua influência no clima e eventos extremos na América do Sul;
- › Explorar os efeitos dos processos biogeoquímicos naturais e das atividades antrópicas e a sua influência na química da atmosfera de altas latitudes do Hemisfério Sul;
- › Investigar as relações entre a variabilidade na extensão do gelo marinho das duas regiões polares com as condições meteorológicas e climáticas na América do Sul;
- › Investigar o impacto dos processos de “ondas de calor” e “rios atmosféricos” na Antártica Ocidental e suas consequências sobre o manto de gelo;
- › Investigar como o principal modo de variabilidade da circulação atmosférica austral, o Modo Anular do Hemisfério Sul – SAM, afeta o tempo e o clima sul-americano;
- › Modelar e elaborar cenários de resposta da criosfera às variações climáticas ao longo dos próximos 100 anos e as consequências para o ambiente brasileiro, principalmente sobre a dinâmica ciclogênica, frentes frias e eventos extremos associados que chegam ao território nacional;

O módulo Criosfera 2 para pesquisas do clima e do manto de gelo da Antártica. Este laboratório automatizado foi instalado na elevação de gelo (ice rise) Skytrain, no verão de 2022-2023

Foto do Centro Polar e Climático da UFRGS



- › Integrar dados de arquivos polares da natureza (testemunhos de gelo, sedimentos glaciais de superfície e subaquosos, dinâmica glacial e observações geomorfológicas) para ampliar o conhecimento as mudanças do clima no passado, detectar o impacto antrópico e estabelecer cenários para o futuro;
- › Investigar o impacto do derretimento parcial das geleiras e mantos de gelo no aumento do nível médio dos mares e as consequências para diferentes regiões da costa brasileira;
- › Investigar as consequências do rápido derretimento da criosfera ártica para o ambiente brasileiro, principalmente para a variabilidade climática dos trópicos e o sistema de monções da América do Sul;
- › Investigar o impacto do derretimento das massas de gelo andinas para o ciclo hidrológico e recursos hídricos sul-americanos.

*Pesquisadores
puxando trenós
com equipamentos
geofísicos para medir
a espessura e estrutura
interna da geleira.*

Foto do Centro Polar e
Climático da UFRGS.

Metas

- › Expandir o sistema nacional de monitoramento e avaliação do estado das massas de gelo e do permafrost em um transecto latitudinal abrangendo os Andes e a Antártica;
- › Manter e ampliar as pesquisas glaciológicas e da química atmosférica no interior da Antártica;
- › Expandir a rede de monitoramento atmosférico e meteorológico brasileiro, entre 85°S e o norte da península Antártica, integrada com a rede sul-americana;
- › Manter os dois módulos científicos automatizados (Criosfera 1 e 2) para a pesquisa meteorológica, climática e da química atmosférica no interior da Antártica;
- › Manter um laboratório nacional de testemunhos de gelo;
- › Manter um laboratório nacional para levantamento e monitoramento das geleiras e mantos de gelo da Antártica e América do Sul, usando sensoriamento remoto com tecnologia nacional;
- › Manter uma rede de monitoramento do permafrost na Antártica e nos Andes, avaliando as respostas às mudanças do clima.



Foto (acima): Uma equipe brasileira durante uma expedição glaciológica a geleira da Ilha Pine, manto de gelo da Antártica Ocidental..

Fotos de Jefferson C. Simões

Foto (abaixo): Pesquisador examinando as camadas anuais de neve e que representam a história do clima.

Foto de Jefferson C. Simões

Relevância

A Antártica é dominada pelo maior manto de gelo terrestre (13,8 milhões de quilômetros quadrados, 90% do volume do gelo planetário), sendo o principal sorvedouro de energia do clima da Terra. Além disso, controla o nível médio dos mares e, junto com o gelo marinho que a circunda, fornece água de fundo fria para os oceanos. Essa massa de gelo proporciona uma excelente 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 variação da massa do manto de gelo antártico (que em média atinge 2.000 m de espessura) é um dos principais controladores do nível médio dos mares. O rápido aquecimento da atmosfera e das águas superficiais dos oceanos contribui para o derretimento de parte desse gelo e, potencialmente, pode levar a desestabilização da dinâmica do manto de gelo da Antártica Ocidental. Consequentemente, ameaça elevar o nível dos mares em dezenas de centímetros ao longo do século XXI.

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, e da amplificação polar (onde as regiões polares aquecem duas a três vezes mais do que a média do planeta), destaca-se a influência da Antártica no clima do hemisfério sul. Ela controla a circulação atmosférica nas médias e altas latitudes, que respondem à marcante presença do vórtice circumpolar antártico que, por sua vez, deriva da existência da maior massa de gelo da atualidade. Esse vórtice



Equipe de pesquisadores no dia da inauguração do módulo Criosfera 2 (janeiro 2023).

Foto do Centro Polar e Climático da UFRGS

circumpolar condiciona uma circulação atmosférica média vinda do oeste, que se estende da superfície à estratosfera no Hemisfério Sul. Conexões climáticas entre os trópicos e as altas latitudes podem promover mudanças ou variabilidade climática na Antártica, assim como na América do Sul.

As massas de ar frio que atuam no território brasileiro são controladas pela expansão e contração da cobertura de gelo marinho do oceano Austral. Assim, promover a investigação e o monitoramento sobre as variações na extensão de gelo marinho antártico são essenciais para a compreensão da evolução, das variações e para a elaboração de cenários de mudanças climáticas no Hemisfério Sul, com ênfase para o Brasil.

Interação com programas científicos internacionais

Este programa está concatenado aos objetivos dos programas do SCAR “Variabilidade e Previsão de Curto Prazo do Sistema Climático Antártico (AntClimNOW)” e “INStabilidades e Limiares no ANTArctica (INSTANT)”.

Continuará como a contribuição brasileira à “Parceria Internacional para Ciência de Testemunhos de Gelo” (IPICS) do Programa Mudanças Globais Passadas (PAGES) vinculado ao Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP), em especial com a rede de testemunhos de gelo para os últimos 2.000 anos. Especificamente, nos estudos associados a variabilidade na extensão do gelo marinho, interage com o Sistema de Observação do oceano Austral (SOOS), iniciativa conjunta do SCAR e o Comitê Científico sobre Pesquisa Oceânica (SCOR). Também estará associado ao projeto Clima e a Criosfera (CliC) do Programa Mundial de Pesquisa Climática (WCPR).

O laboratório automatizado Criosfera 1 é um módulo científico dedicado ao estudo da atmosfera e gelo antártico, localizado a 2490 km ao sul da Estação Antártica Comandante Ferraz.

Foto do Centro Polar e Climático da UFRGS





Pesquisador examinando um testemunho de gelo (amostra de neve ou gelo do passado) recém obtido pela perfuração.

Interações com programas e ações no país

Esse programa fortalece mutuamente os seguintes Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs): da Criosfera e de Mudanças Climáticas. Contribui também para as ações da Rede Clima e para o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Também integra e apoia o posicionamento da representação do PROANTAR junto ao Comitê para Proteção Ambiental (CEP) do Tratado da Antártica.



representação do PROANTAR junto ao Comitê para Proteção Ambiental (CEP) do Tratado da Antártica.



Pesquisador subamostrando um testemunho de gelo antártico. Este trabalho é realizado em uma câmara fria a 20°C negativos.

Sequência de fotos do Centro Polar e Climático da UFRGS



Produtos esperados

- › Aperfeiçoamento da compreensão meteorológica e climática sobre massas de ar, frentes frias antárticas e eventos extremos que atuam sobre o Brasil;
- › Ampliação do transecto de testemunhos de gelo rasos, que representam milhares de anos da história climática e química atmosférica antártica, interligado a estudos similares ao longo da cordilheira dos Andes, explorando conexões entre a variabilidade climática da Antártica com a da América do Sul;
- › Ampliação do conhecimento sobre a química da atmosfera, suas interações com a radiação (UV) e a dispersão de poluentes entre a América do Sul e o interior da Antártica, em particular dos subprodutos de queimadas;

*Expedição
Criosfera 2022
Hora de retornar ao
acampamento base
que está a 250 km de
distância. Um avião
DC3 Basler veio pegar
a equipe, equipamentos
e os valiosos 98 m de
testemunhos de gelo.*

Foto do Centro Polar e
Climático da UFRGS



- › Identificação de eventos de “ondas de calor” a partir da base de dados em tempo real dos laboratórios remotos Criosfera 1 e 2;
- › Explicação das mudanças na circulação atmosférica, temperatura do ar e extensão do gelo marinho no hemisfério sul ao longo dos últimos 50 anos, delimitando o papel de fatores controladores naturais (como o El Niño-Oscilação Sul e Modo Anular Sul) o Southern Annular Mode - SAM e antrópicos;
- › Monitoramento de mudanças na extensão e volume em áreas críticas do manto de gelo e geleiras antárticas, com ênfase na Península Antártica;
- › Montagem de cenários sobre o impacto do derretimento parcial da criosfera no nível dos mares na costa brasileira e consequências socioambientais;
- › Desenvolvimento de novos sensores para o monitoramento de parâmetros dinâmicos da criosfera;
- › Avaliação do impacto da redução da cobertura de gelo marinho ártico para o clima sul-americano.



A fotografia acima: mostra pesquisador amostrando o pacote de neve superficial para determinação de concentração de contaminantes em concentrações ultrabaixas, para evitar contaminação da amostras, ele usa vestimentas de laboratórios ultralimpas.

Fotografia abaixo: Testemunhagem rasa de neve usando um trado manual. Pesquisadores usam esta técnica para determinar a acumulação anual de neve no local.

Foto do Centro Polar e Climático da UFRGS



Pesquisadores brasileiros coletando amostras de neve nas cercanias do módulo Criosfera 1.

Foto do Centro Polar e Climático da UFRGS



Acampamento do PROANTAR no meio do manto de gelo da Antártica Ocidental. Neste local, a espessura do gelo ultrapassa os 1000 metros! (Foto tirada por drone).

Foto do Centro Polar e Climático da UFRGS

P2

Biodiversidade Antártica:
Mudanças climáticas
e conexões com
América do Sul e o Ártico



Objetivo Geral

Investigar a origem e evolução da biodiversidade polar, assim como sua distribuição e as relações entre os organismos e o ambiente, por meio de pesquisa interdisciplinar de longa duração nos ambientes terrestre e marinho, contribuindo para a compreensão sobre as conexões biológicas entre a Antártica, a América do Sul e o Ártico, bem como sobre as consequências perante as alterações antrópicas recentes.

Objetivos específicos

- › Investigar os ciclos de vida, fisiologia e autoecologia de organismos, utilizando 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 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 e impactos antrópicos, especialmente a pesca, servindo como instrumento de gestão ambiental nas regiões polares e subpolares;
- › Investigar os processos e efeitos do aumento atual da temperatura, radiações solares e da acidificação dos oceanos na cadeia alimentar e no ciclo biogeoquímico nas regiões polares;
- › Investigar os fluxos de matéria, energia e ciclos biogeoquímicos, incluindo o balanço de carbono, nas regiões polares e subpolares;
- › Investigar o potencial biotecnológico de matrizes ambientais e de organismos polares, levando em consideração a conservação e recuperação dos recursos naturais;

Coleta de amostras biológicas nas proximidades da Estação Henryk Arctowski (Polônia), na Baía do Almirantado.

Foto de Felipe Sugimoto

- › Desenvolver e aplicar novas tecnologias para observação remota nos ambientes terrestre e marinho, para compreender os padrões de ocorrência e distribuição espaço-temporal da biota em regiões polares e subpolares;
- › Investigar a biota do ambiente antártico para identificar organismos endêmicos e exógenos estudando mecanismos de dispersão e sobrevivência em zonas remotas do continente;
- › Monitorar e avaliar as ocorrências diretas e indiretas da poluição antropogênica, incluindo o lixo marinho, nos ecossistemas polares.



Coleta de sedimentos para a análise de DNA ambiental nas proximidades da Estação Henryk Arctowski (Polônia), na Baía do Almirantado.

Foto de Felipe Sugimoto

Metas

- › Consolidar o conhecimento da biologia e ecologia das espécies polares de forma a subsidiar as avaliações de risco de espécies invasoras na Antártica perante as mudanças ambientais;
- › Estruturar e fortalecer centros de referência na concentração de informações e coleções biológicas de organismos antárticos (atuais e fósseis);
- › Compreender o papel das mudanças ambientais, naturais e antropogênicas, no funcionamento e serviços dos ecossistemas antárticos.

Pesquisadoras em atividade de coleta de neve na ilha Deception, para detecção de micro-organismos presentes em amostras de neve sazonal da Antártica

Foto de Luiz H. Rosa



Relevância

Antártica e o oceano Austral são centros de divergência evolutiva e de adaptação a ambientes extremos. No entanto, as mudanças nas condições ambientais como o 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 vêm ocorrendo de forma intensiva. Essas mudanças que ocorrem de forma sem precedente, tanto em magnitude quanto em taxa, particularmente na Antártica Ocidental e Península Antártica, potencialmente conduzirão a alterações massivas de longo prazo no funcionamento das comunidades biológicas, e nos serviços e integridade dos ecossistemas. As consequências dessas alterações, somente poderão ser compreendidas pela elucidação de como as mudanças históricas afetaram as comunidades no passado geológico e recente, e a obtenção de dados referenciais para a projeção de cenários futuros.

Dessa forma, a região torna-se um laboratório natural, propiciando a realização de pesquisas direcionadas ao entendimento dos efeitos das mudanças ambientais, naturais e antropogênicas, passadas e presentes. Além disso, considera-se as previsões para o futuro, inclusive de possíveis cenários para outras bacias oceânicas. Pesquisas projetadas sobre a biodiversidade, adaptações dos organismos e populações, bem como sobre a função e estrutura dos ecossistemas, devem ser priorizadas.



Foto de Felipe Sugimoto

Interação com programas científicos internacionais

As linhas temáticas deste programa estão em sinergia com as principais questões e metas dos novos programa do SCAR “Ciência Integrada para Informar a Conservação da Antártica e do oceano Antártico (Ant-ICON)” e preveem interações com atividades contempladas no programa “Variabilidade e Previsão de Curto Prazo do Sistema Climático Antártico (AntClimNOW)”, e com diversos grupos de especialistas ou de ação, como por exemplo, o “Grupo de Especialistas de Mamíferos e Aves Marinhas (EGBAMM)”, “Registro Contínuo de Plâncton (SO-CPR)” e “Acidificação dos Oceanos”.

Interação com programas e ações no país

Esse programa interage fortemente com as metas globais da “Agenda 2030”, com as ações do país em alinhamento ao escopo da Década da Ciência Oceânica para o desenvolvimento sustentável, a Resolução 5/2022 da CIRM, de apoio a pesquisa brasileira no Ártico e a relevantes projetos temáticos voltados para ciência antártica. Os conhecimentos científicos gerados por este programa apoiarão a representação nacional perante à Comissão para Conservação dos Recursos Marinhos Vivos (CCAMLR).



*Foto acima: Skua ou mandrião-antártico (*Stercorarius antarcticus*) é uma espécie de mandrião, aves predadoras que vivem na Baía do Almirantado.*

*Foto abaixo: A foca-de-weddell (*Leptonychotes weddellii*) é uma foca carnívora que vive na Antártida, mais frequentemente no mar de Weddell de onde provém o seu nome.*

Foto de Felipe Sugimoto



Produtos esperados

- › Plano de manejo e conservação da biodiversidade polar na área de atuação geográfica do PROANTAR;
- › Elaboração de volumes de síntese de conhecimento de biodiversidade antártica e da sua vulnerabilidade perante os impactos ambientais antrópicos e decorrentes das mudanças climáticas pretéritas e futuras;
- › Integração de conhecimentos sobre o bioma marinho e o ambiente terrestre antárticos para a compreensão dos mecanismos de biodiversidade dos oceanos ao largo da costa oriental da América do Sul;
- › Produção de conhecimento para subsidiar políticas sobre a conservação da diversidade biológica e o uso sustentável dos recursos vivos marinhos, inclusive para o posicionamento do Brasil em convenções internacionais;

Avaliação da influência das mudanças climáticas em tapete de musgo centenário e seus micro-organismos associados (briosfera) localizado na região de Punta Ullman, ilha Rei George, Antártica por pesquisadores.

Foto de Luiz H. Rosa

- › Estimular a criação e/ou manutenção de banco de dados do programa de biodiversidade do PROANTAR, assim como as coleções de organismos existentes;
- › Desenvolvimento de modelos ecológicos com caráter descritivo e preditivo, para uso em gestão ambiental das regiões antárticas e subantárticas e para comparação com o Ártico e a América do Sul;
- › Desenvolvimento de uma rede integrada de informações ômicas da macroflora e microbiota para fins fisiológicos, ecológicos, evolutivos e de exploração biotecnológica;
- › Desenvolvimento de bancos de dados de moléculas com potencial biotecnológico para aplicação na saúde humana, animal, vegetal e/ou meio ambiente.



Colônias dos fungos antárticos *Pseudogymnoascus spp.*, *Antarctomyces pellizariae* e *Penicillium chrysogenum* (cima para baixo), os quais são produtores de substâncias de interesse biotecnológico.

Fotos de Luiz H. Rosa.

Pesquisadora antártica em atividade de coleta de musgos para estudo de micro-organismos da Antártica.

Fotos de Luiz H. Rosa.



P3

Mudanças
climáticas e o
oceano Austral

Objetivo geral

Investigar processos físicos e biogeoquímicos associados às mudanças na dinâmica do oceano Austral e suas interações com a atmosfera, a cobertura de gelo marinho, ecossistema marinho e com as mudanças observadas no manto de gelo da Antártica que possam ter impacto no clima continental e no oceano adjacente ao Brasil.

Objetivos específicos

- › Investigar o papel do oceano Austral nos balanços de calor, carbono e de água do Planeta no contexto das mudanças climáticas globais;
- › Investigar o papel do oceano Austral nas alterações na dinâmica da circulação oceânica da Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico (Atlantic Meridional Overturning Circulation - AMOC);
- › Contribuir para o entendimento do papel do oceano Austral na estabilidade do manto de gelo antártico e as consequências para o aumento do nível do mar e circulação oceânica global;
- › Investigar a variabilidade da cobertura do gelo marinho no oceano Austral;
- › Investigar impactos das mudanças do clima nos ecossistemas marinhos, por abordagens de multiescalas (aumento da frequência e intensidade de eventos extremos, ondas de calor, etc.) e estressores múltiplos (ex. acidificação, aquecimento, desoxigenação, poluição e contaminação dos oceanos);
- › Produzir projeções da magnitude e padrões de mudanças nas propriedades físico-químicas do oceano Austral para os próximos 100 anos como resultado de mudanças nas forçantes climáticas, tais como aumento na concentração de gases de efeito estufa e a recuperação do buraco na camada de ozônio;
- › Investigar o impacto das mudanças do oceano Austral e da extensão do gelo marinho Antártico no clima na América do Sul;
- › Investigar o impacto das mudanças do oceano Ártico e da redução na extensão do gelo marinho no clima global e especificamente da América do Sul.

*Coleta de sedimento
para estudo de micro-
organismos antárticos
na ilha Deception.*

Foto de Luiz H. Rosa



Metas

- › Definir uma ou mais secções do oceano Austral para monitoramento oceanográfico de longo prazo sob responsabilidade do Brasil e que estejam alinhadas com o plano de observações do Southern Ocean Observing System (SOOS), do Programa CLIVAR (Southern Ocean Regional Panel) e demais programas do SCAR/SCOR e WCRP;
- › Instalar registradores autônomos para monitorar a variabilidade da exportação de águas densas do mar de Weddell;
- › Consolidar grupos de estudo observacional, sensoriamento remoto e de modelagem de gelo marinho, plataformas de gelo e interações gelo-oceano;
- › Modelar numericamente a variabilidade e da evolução do oceano Austral, incluindo a biogeoquímica marinha, e das interações com o Atlântico Sul ao longo dos últimos ciclos glaciais-interglaciais;

- › Definir o papel das zonas costeiras e oceânicas do oceano Austral como áreas absorvedoras ou emissoras de carbono, através da diminuição das incertezas regionais para o balanço global de carbono;
- › Incentiv desenvolvimento e inovação de novas ferramentas tecnológicas para estudo e monitoramento de propriedades ambientais do oceano Austral. Por exemplo, AUVs (veículos submarinos autômatos), *sea gliders* e técnicas acústicas (por exemplo, tomografia, comunicações submarinas, dentre outras).

Visão do desprendimento de gelo da geleira Domeyko, enseada Mackellar, baía do Almirantado, ilha Rei George, Antártica.

Fotos de Luiz H. Rosa.



Relevância

Mudanças significativas nos componentes físicos e biogeoquímicos do oceano Austral já estão em curso. As camadas superiores e intermediárias desse oceano (até 2000 metros) estão aquecendo a taxas maiores do que aquelas observadas nas outras regiões oceânicas do planeta. Ao mesmo tempo, as camadas superficiais dos mares regionais no entorno do continente antártico apresentam redução significativa de salinidade - um resultado de alterações nos regimes de precipitação e do maior derretimento basal e desintegração de plataformas de gelo milenares. Parte dessas modificações já se propagaram para profundidades abissais, especialmente por alterações na massa de Água de Fundo Antártica - de grande importância para a circulação oceânica mundial e para o clima - a qual também já registra aquecimento acelerado. No entanto, grandes incertezas ainda pairam sobre a quantificação dessas alterações devido, sobretudo, à falta de observações contínuas e exercícios de modelagem computacional dedicados e de alta

resolução espaço-temporal. Observações a partir de sensoriamento remoto orbital confirmam as importantes alterações na dinâmica do oceano Austral, como aumento generalizado no nível do mar e alterações latitudinais nas posições das principais frentes (e, portanto, do próprio eixo) da Corrente Circumpolar Antártica (CCA) e ainda fortes alterações regionais na extensão da cobertura do gelo marinho Antártico.

Do ponto de vista biogeoquímico, o aumento da absorção de CO_2 pelos oceanos está acidificando suas águas e consequentemente diminuindo a disponibilidade de carbonato de cálcio utilizado por uma parcela significativa de organismos-chave para o delicado ecossistema marinho antártico. As reais quantidades de CO_2 absorvidas pelo oceano Austral ainda são desconhecidas. Há evidências de que os ecossistemas da região Antártica estarão entre os primeiros a sofrerem com essas alterações. Ressalta-se que o oceano Austral é aquele que mais armazena os excessos antropogênicos de calor e de CO_2 (cerca de 40% do inventário de dióxido de carbono nos oceanos são encontrados ao



Foto de Felipe Sugimoto

sul de 30°S). Estima-se ainda que a exportação de nutrientes das altas latitudes austrais, pelo ramo superficial da Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico, sustente cerca de 75% da produção primária oceânica ao norte de 30°S.

Finalmente, dada a influência e a sensibilidade do oceano Austral às alterações ambientais em curso, é consenso que mudanças no sistema regional acoplado atmosfera-criosfera-oceano terão reflexos significativos sobre os ecossistemas regionais e mesmo sobre o sistema climático em escala planetária.



Interações com programas científicos internacionais

Esse programa está alinhado aos objetivos dos programas do SCAR “INStabilidades e Limiares no ANTArctica (INSTANT)” e “Ciência Integrada para Informar a Conservação da Antártica e do oceano Antártico (Ant-ICON)”, com a iniciativa internacional para estudo, observação e monitoramento desse oceano, o Sistema de Observação do oceano Austral (SOOS), criado em 2011 sob a égide do SCAR e SCOR. Ressalta-se que a comunidade científica ligada ao SCOR enfatiza a necessidade de observações e estudos coordenados para acelerar o entendimento sobre a dinâmica do oceano Austral e suas relações com outras partes do Sistema Terrestre. Além disso, os objetivos deste programa refletem as estratégias definidas pela comunidade científica, em especial abordadas no Relatório Especial para Oceanos e Criosfera (SCROCC) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC).

Boia meteoceanográfica fundeada na enseada Mackellar, Baía do Almirantado, ilha Rei George. Os dados coletados, como: salinidade, temperaturas do mar e do ar, velocidade e direção do vento, umidade relativa, pressão atmosférica e radiação solar, são utilizados para estimar os fluxos de calor, momento e gases na interface oceano-atmosfera-criosfera, e podem fornecer uma maior compreensão sobre a dinâmica local e suas conexões entre a Antártica e América do Sul, auxiliando na melhoria das previsões de tempo e clima.

Fotos de Marcelo Santini

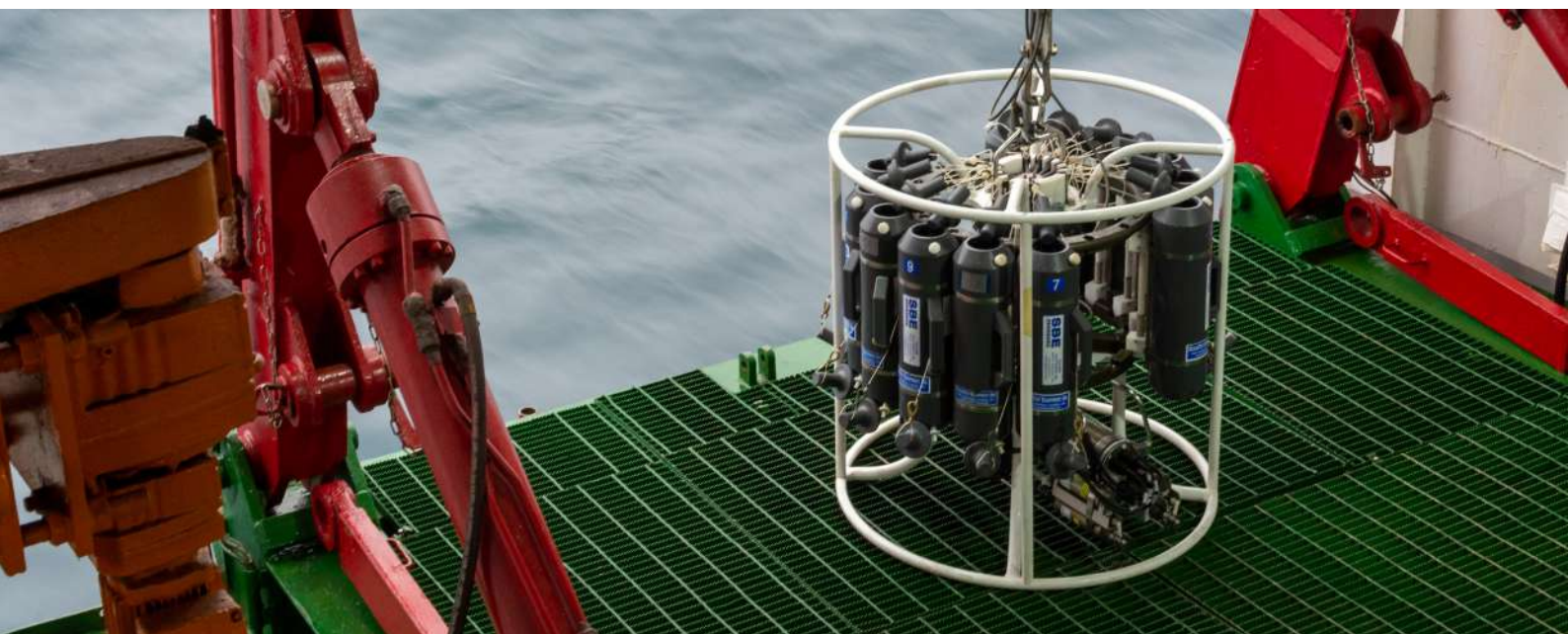
Interações com programas e ações no país

Esse programa servirá de balizamento das ações, em termos de oceanos, das grandes iniciativas nacionais que atuam no oceano Austral como o programa de Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs) e o próprio PROANTAR em suas mais diversas ramificações. Além disso, o alinhamento desse programa com a comunidade internacional, sobretudo pelo viés do SOOS, apoiará outras ações e fóruns nacionais envolvidos com as questões de mudanças climáticas (tais como o Painel Brasileiro de Mudanças do Clima - PBMC, o INCTs de Mudanças Climáticas e o da Criosfera, Rede CLIMA, GOOS, AtlantOS e AANCHOR) principalmente sobre o papel da Antártica no aumento do nível do mar, na acidificação do oceano Austral devido ao aumento de CO₂ antrópico, e o manejo sustentável dos recursos vivos marinhos.



Pesquisador em atividade de coleta de amostras de águas profundas do oceano Austral para caracterização de micro-organismos extremófilos.

Foto de Franciane M. Pellizzari.



Produtos esperados

- › Monitoramento de longo prazo das condições oceanográficas na região norte da península Antártica e noroeste do mar de Weddell – regiões amplamente reconhecidas como hotspots climáticos regionais, com potencial influência global;
- › Desenvolvimento e implementação de modelos regionais de alta resolução que abordam os processos de interação e retroalimentação no sistema oceano-atmosfera-criosfera e interações com o Atlântico Sul;
- › Quantificação de processos e relações entre o ecossistema marinho, o gelo marinho antártico, o oceano e atmosfera adjacentes e suas implicações climáticas regionais e globais. Esse produto pode apresentar-se na forma das parametrizações necessárias para medir as relações entre esses processos em escalas regionais e/ou hemisféricas;
- › Validação de modelos climáticos acoplados para a região Antártica;
- › Análise de projeções climáticas e impactos da Antártica e do oceano Austral na região do Atlântico Sul e continente sul-americano.

O Navio Polar “Almirante Maximiano” (H41) e o Navio de Apoio Oceanográfico “Ary Rongel” (H44) fundeados na Baía do Almirantado em frente à EACF.

Foto de Iran Cardoso Jr.





P4

Geodinâmica e história
geológica da Antártica
e suas relações com a
América do Sul

Objetivo Geral

Integrar estudos geocientíficos para entender os mecanismos que levaram à configuração geográfica atual da Antártica desde sua formação e posterior fragmentação do supercontinente Gondwana, seu isolamento atual, bem como as consequências ambientais para a América do Sul, resultantes das mudanças paleogeográficas, tectônicas e climáticas ocorridas ao longo do tempo geológico, em grande parte refletida por suas faunas e floras fósseis.

Objetivos específicos

- › Investigar a desagregação do supercontinente Gondwana e a compartimentação geológica da Antártica, no processo de abertura do Atlântico Sul;
- › Investigar o registro fóssilífero antártico e sua correlação com as ocorrências da América do Sul;
- › Analisar a evolução paleoclimática da Antártica a partir da abertura das passagens de Drake e da Tasmânia e suas consequências evolutivas para a biota marinha do Atlântico Sul;
- › Investigar a história glacial antártica e seu papel no controle das sucessões sedimentares do Cenozoico;
- › Caracterizar a assinatura tectônica, estratigráfica, paleobiogeográfica, paleo-oceanográfica, paleontológica e sedimentológica da Antártica na evolução do Atlântico Sul, desde sua abertura até os dias atuais, das modificações de conexões entre os oceanos Austral e Atlântico;
- › Integrar o conhecimento paleoclimático antártico derivado de estudos paleontológicos, testemunhos de sedimentos e estudos geomorfológicos para calibrar respostas climáticas, oceanográficas e ecológicas às mudanças do clima;
- › Investigar a correlação das sucessões sedimentares coetâneas fanerozóicas da Antártica e da América do Sul;
- › Analisar a evolução estratigráfica da margem do Gondwana Ocidental;
- › Investigar os processos vulcânicos na península Antártica e Shetlands do Sul.

*Levantamento
estratigráfico e
coleta de amostras,
ilha Snow 2017.*

Foto de Ricardo Leizer



Metas

- › Expandir a área geográfica de investigação geocientífica para sul da península Antártica e para as montanhas Transantárticas;
- › Criar uma rede nacional de coleções de amostras geológicas e paleontológicas provenientes da Antártica;
- › Criar uma base de dados geocientíficos antárticos brasileiros, incluindo dados petrográficos, litogeoquímicos, paleontológicos e geocronológicos;
- › Realizar coletas de testemunhos de perfuração geológica nas Shetlands do Sul e Península Antártica.

Atividade de descrição estratigráfica e coleta de fósseis.

Foto de Ricardo Leizer

Relevância

A Antártica foi a parte central do supercontinente de Gondwana e compartilhou história geológica e paleoclimática comum com os continentes do Hemisfério Sul. Posteriormente à fragmentação do supercontinente, a Antártica e o fundo marinho circundante permaneceram sob influência de processos geológicos que levaram à presente conformação física. A compreensão desses processos é relevante para o entendimento do comportamento geológico e climático do passado, ajudando na montagem de cenários para o futuro. O rompimento definitivo da conexão Antártica-América do Sul, há cerca de 35 milhões de anos, permitiu o estabelecimento de uma circulação circumpolar que condicionou o clima antártico a partir do final

do Cenozoico. As características dessa circulação e as conexões estabelecidas entre a Antártica e as regiões tropicais do Atlântico, fatores igualmente controladores do clima moderno, são pouco entendidas. A natureza dessa evolução pode ser obtida por meio da integração de trabalhos de campo que obtenham informações da evolução tectono-estratigráfica e dos ambientes deposicionais das áreas paleozoicas e mesocenoicas da Antártica Ocidental. O impacto desses eventos nos oceanos, em particular no Atlântico Sul, pode ser avaliado pelo estudo do registro geológico e geofísico. A evolução tectônica das passagens marítimas (*seaways*) e das margens da Antártica no mar de Scotia, suas ilhas periféricas e do mar de Weddell são importantes para entendermos as ligações pretéritas com a América do Sul.



Fósseis de plantas. Período Cretáceo, ilha Snow, 2017.

Foto de Ricardo Leizer



Interações com programas científicos internacionais

É esperada a ampliação dos trabalhos de campo conjuntos com geólogos do Instituto Antártico Argentino (IAA) e o Instituto Antártico Chileno (INACH), o British Antarctic Survey (BAS, Reino Unido) e com novas instituições, por exemplo, o Institut Polaire Français Paul Emile Victor (IPEV, França) e o Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology (IVPP, China).

Interações com programas e ações no país

Esse programa prevê interações com a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, com o Centro de Oceanografia Integrada, o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Estudos de processos oceanográficos integrados da Plataforma Continental ao Talude (INCT-PRO-OCEANO), e ainda com outros INCTs: da Criosfera, em Estudos Tectônicos, e com o PALEOVERT.

Coquina de gastrópodes em arenito da formação Santa Marta, ilha James Ross. (Janeiro de 2023)

Foto de Luiz Carlos Weinschütz



Produtos esperados

- › Maior conhecimento sobre o papel dos processos geológicos, glaciológicos e climáticos na evolução da flora e fauna antárticas fósseis e atuais;
- › Banco de dados integrado das diversas áreas das geociências no continente gelado (WebSig);
- › Reconstituição paleo-oceanográfica, e análise do papel das águas profundas do Atlântico Sul de origem Antártica na escultura da margem continental Sul Americana e sua interação com o clima;

Ilha Snow 2017.

Atividade de descrição estratigráfica e coleta de fósseis.

Foto de Ricardo Leizer

- › Esclarecimento da evolução geotectônica da porção austral do Gondwana; Análise cinemática da separação da Antártica da América do Sul;
- › Integração das investigações geofísicas, geológicas e paleontológicas em estudo sobre o oceano Austral, visando o entendimento da sua influência pretérita e atual sobre a margem continental e sobre os recursos minerais fora da região Antártica, mais especificamente na costa da América do Sul e África;
- › Banco de dados geológicos georreferenciados, incluindo coleções para a área de atuação do PROANTAR.



Ilha Vega, jan 2018. Investigação geológica.
Foto de Luiz Carlos Weinschütz

Ilha Rei George, levantamento geológico.

Fotos de João H. Z. Ricetti



Geologia da ilha Vega. Levantamento estratigráfico, Formação Santa Marta.

Foto de Luiz Carlos Weinschütz

P5

Dinâmica da média e Alta atmosfera
na Antártica: Interações com o geo-
espaço e as conexões com a região
tropical sul-americana



Objetivo Geral

Investigar a dinâmica e a química da média e alta atmosfera e o seu papel na depleção do ozônio estratosférico frente às condições do geoespaço, bem como definir o grau de importância desses processos nas alterações climáticas de longo período na Antártica e suas conexões com a América do Sul.

Objetivos Específicos

- › Investigar a influência das relações Sol-Terra na alta atmosfera na Antártica e seu papel nas variações climáticas de longo período;
- › Investigar a dinâmica e a química da média e alta atmosfera na Antártica, e sua influência no conteúdo de vapor d'água, bem como a temperatura e os ventos para subsidiar modelos de previsão climática e suas conexões com a América do Sul, em especial sobre o território brasileiro;
- › Investigar a influência da região de depleção na camada de ozônio (buraco de ozônio), bem como a sua dinâmica, no clima da região Antártica e da América do Sul, especialmente sobre o sul do Brasil;
- › Investigar o acoplamento vertical e trocas de energia entre as diferentes camadas atmosféricas para avaliar seu papel na formação do buraco de ozônio;
- › Investigar a ocorrência das irregularidades ionosféricas frente às condições do geoespaço (clima espacial) e ao acoplamento da ionosfera com a atmosfera neutra na região Antártica e sobre a América do Sul;
- › Investigar a geração, propagação, variabilidade e climatologia das ondas atmosféricas, e como afetam os processos atmosféricos sobre a Antártica e o oceano Austral. Subsidiar modelos semi-empíricos e numéricos;
- › Monitorar a incidência da radiação ultravioleta sobre a Antártica e território brasileiro e o fluxo de raios cósmicos;
- › Realizar observações astronômicas na faixa do espectro eletromagnético do ultravioleta próximo até o Terahertz.

Antena de posicionamento (GPS) instalada em cima do Módulo VLF (Very Low Frequency) na Estação Antártica Comandante Ferraz.

Fotografia de Felipe Sugimoto



Metas

- › Manter o monitoramento da ionosfera na Antártica e no território brasileiro, e modelar os efeitos dos fenômenos do clima espacial na atmosfera terrestre para previsão a curto e médio prazo de perturbações ionosféricas que possam afetar as telecomunicações, medidas de posicionamento com alta precisão (GNSS), e cortes nas redes de transmissão de energia elétrica;
- › Manter o monitoramento da radiação solar e do “buraco de ozônio” na Antártica para produção de modelagens preventivas sobre impactos socioeconômicos, na saúde pública, na agricultura e no meio ambiente;
- › Manter o monitoramento do conteúdo do vapor d’água, um dos gases importantes do efeito estufa, para avaliar seu papel nas alterações climáticas de longo período;
- › Avaliar as diferenças inter-hemisféricas de longo prazo na média e alta atmosfera e seu papel no aquecimento mais rápido do Ártico em relação ao resto do planeta (*Arctic Amplification*).

Módulo de Meteorologia - dedicado aos estudos da atmosfera e sua interação com a superfície terrestre, incluindo observações sobre a camada de ozônio e medições da umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura na região da EACF.

Foto de Felipe Sugimoto

Relevância

A Antártica é um lugar privilegiado para se estudar e melhor compreender o papel do geoespaço nas condições da Terra, dado ser esta a região onde a atmosfera terrestre interage mais diretamente com o espaço vizinho. Nas regiões polares as partículas que vem do espaço interagem com a atmosfera emitindo luz (as chamadas auroras, Boreal no Hemisfério Norte e Austral no Hemisfério Sul). As auroras ocorrem durante as tempestades geomagnéticas, que geram perturbações na magnetosfera terrestre e precipitação de partículas na oval auroral, que afetam globalmente a dinâmica e as correntes da ionosfera, podendo provocar falhas, ou até mesmo cortes, nas comunicações rádio em ondas curtas em solo e com satélites, além de poderem causar falhas nos sistemas de posicionamento global (GPS) e quedas nas redes de transmissão de energia elétrica. As condições do geoespaço são denominadas de clima espacial, que em casos extremos são considerados um tipo de “Desastre Natural” devido aos danos que podem causar nas infraestruturas no espaço e nos sistemas terrestres. A camada de ozônio também merece atenção especial na Antártica, pois sua capacidade de absorção da radiação ultravioleta nociva à saúde, durante a primavera Antártica, apresenta uma diminuição considerável não só sobre o continente, mas que pode se expandir por uma grande área atingindo regiões populosas da América do Sul, chegando até o sul do Brasil.

Instalação micrometeorológica na Ilha Pinguim possibilita entender os processos de interação entre os meios gelo marinho, zona costeira e atmosfera, bem como quantificar os fluxos de CO₂ e calor entre a superfície da ilha e a atmosfera.

Foto de CC(T) Generoso



A monitoração da interação Sol-Terra e os efeitos do clima espacial na média e alta atmosfera requer redes de instrumentação de grande cobertura espacial desde o Ártico até a Antártica, demandando colaborações internacionais, e que envolvem projetos multi e interdisciplinares. Observações coordenadas da atmosfera terrestre frente aos fenômenos do geoespaço, bem como aos fenômenos atmosféricos internos, são relevantes para determinar os impactos locais e globais. O entendimento da resposta da atmosfera a esses fenômenos geofísicos e atmosféricos são importantes para subsidiar os modelos de previsão de tempo e de clima com uma maior acurácia.

As condições de céu nas regiões polares permitem observações astronômicas a partir do solo com excepcional transparência, por isso muitos dos projetos astronômicos de vanguarda estão sendo transferidos para o Ártico e interior da Antártica.

Vista parcial da torre micrometeorológica instalada na proa do Navio Polar “Almirante Maximiano” (H41). Esta torre é utilizada para estudos climáticos e de interação oceano-atmosfera, permitindo a coleta de dados atmosféricos continuamente durante a navegação.

Foto de Felipe Sugimoto





Interações com programas científicos internacionais

No contexto internacional, este programa está em sintonia com os objetivos científicos do SCAR na área de Ciências Físicas e de Geociências, mais especificamente dentro do Grupo de Especialistas GNSS Research and Application for Polar Environment (EG-GRAPE), do Grupo de Ação Antarctic Gravity Wave Instrument Network (AG-ANGWIN), bem como dentro do Programa de Pesquisa Científica INStabilities & Thresholds in ANTArctica (SR-P-INSTANT), e do novo Grupo de Planejamento do Programa, o Antarctic Geospace and ATmosphere reseArch (PPG-AGATA), recentemente aprovado.

O módulo VLF (very low frequency) está equipado com ionossondas, radiômetros, medidores de radiação UV (radiação UltraVioleta) e medidor de campo elétrico atmosférico possibilitando estudos sobre a propagação eletromagnética na ionosfera.

Foto de Felipe Sugimoto

Na área de Astronomia e Astrofísica as atividades de pesquisa deste programa estão dentro do Grupo de Especialistas Astronomia e Astrofísica da Antártica (EG-AAA), também do SCAR.



Interações com Programas e Ações no país

No contexto nacional esta ação está em sintonia com o programa para o Estudo e Monitoramento Brasileiro do Clima Espacial (EMBRACE), criado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/MCTI), com o objetivo de monitorar os impactos dos fenômenos do geoespaço na magnetosfera e alta atmosfera, e seus possíveis impactos nas atividades tecnológicas e econômicas.

Os parceiros do programa são universidades de todas as regiões do país, e envolvem a participação, além do INPE, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Instituto de Estudos Avançados (IEAv/DCTA), entre outras instituições.

Pesquisador finalizando a manutenção de um dos radiômetros solares instalados sobre o Módulo VLF da Estação Antártica Comandante Ferraz.

Foto de Felipe Sugimoto



Manutenção da antena transmissora da ionossonda digital CADI (Canadian Advanced Digital Ionosonde) que opera na EACF.

Foto de INPE

Produtos Esperados

- › Expansão das observações da média e alta atmosfera na Antártica e na América do Sul;
- › Manutenção das pesquisas das relações Sol-Terra e seus efeitos na alta atmosfera na península Antártica, e ampliá-las para o interior do continente antártico, com especial interesse na região da oval auroral onde os efeitos dos fenômenos do geoespaço são mais pronunciados;
- › Expansão do monitoramento da depleção da camada de ozônio da região da Antártica para regiões do Sul ao Norte do Brasil, reforçando políticas públicas internacionais que preveem um aumento da rede de monitoramento de ozônio e radiação UV;
- › Caracterização e modelagem dos efeitos de longo período das interações Sol-Terra na dinâmica da média e alta atmosfera e seu papel na depleção da camada de ozônio;
- › Definição climatológica de ocorrência de irregularidades ionosféricas frente às condições do clima espacial desde a Antártica até a América do Sul;
- › Caracterização do acoplamento dinâmico vertical e troca de energia entre as camadas atmosféricas, e o papel das ondas atmosféricas nesse acoplamento.



P6

Ciências Humanas
e Sociais

Objetivo Geral

Investigar os processos culturais, históricos e sociais que moldam a relação da humanidade com a região antártica de maneira ampla e incluindo temas como relações internacionais, política e direito internacional, defesa, economia, turismo, educação científica, formas de engajamento público com a pesquisa antártica e exploração econômica de recursos naturais. Inclui o exame do crescente interesse de atores públicos e privados pela questão antártica e as relações sociedade-natureza em um processo global de mudanças do clima.

Objetivos específicos

- › Analisar aspectos normativos e regulatórios do Tratado da Antártica, bem como perspectivas da evolução legal e institucional, dando destaque para as agendas de negociação multilateral, dentro e fora do Sistema do Tratado da Antártica (STA), com interessados do Estado, mercado, sociedade, comunidade científica e outros atores;
- › Mapear, mensurar, analisar, modelar economicamente e avaliar os impactos sobre os recursos e as atividades da economia polar;
- › Avaliar o impacto de mudanças culturais, socioeconômicas, tecnológicas, climáticas e políticas nas configurações geopolíticas de poder e como afetam a governança antártica e as políticas nacionais de pesquisa polar;
- › Realizar pesquisa etnográfica dos diversos grupamentos humanos na Antártica e analisar as relações interpessoais, de gênero e raça, das relações civis-militares e das práticas dos diferentes grupos atuantes na Antártica;
- › Investigar os modos de habitar a Antártica e sua logística, incluindo modos de deslocamento até o continente (portas de entrada), planejamento e execução do transporte de materiais naquele território;
- › Estudar aspectos arqueológicos, históricos e antropológicos da ocupação humana na Antártica, dando visibilidade a processos de exploração econômica dos recursos naturais e à dimensão humana dos exploradores e caçadores do passado, e dos cientistas, militares e turistas do presente;

Totem com setas apontando a direção e a distância de diversos locais no mundo a partir da Baía do Almirantado, nas imediações da EACF.

Foto de Felipe Sugimoto

- › Determinar os impactos da modificação humana do ambiente antártico em escalas locais e regionais e seus efeitos nos grupamentos humanos lá atuantes;
- › Investigar a dinâmica biopsicossocial entre o ambiente antártico, indivíduos e grupos em diferentes áreas de pesquisa, para a construção e aperfeiçoamento de modelos teórico-conceituais e para a produção de novas metodologias e tecnologias;
- › Investigar as formas de engajamento público com a Antártica, a ciência e a pesquisa antártica; aprofundando o conhecimento de fatores demográficos (como gênero, idade, educação e contexto socioeconômico) dos públicos que se engajam aos temas antárticos;
- › Investigar e avaliar as práticas de divulgação científica e educação polar no âmbito do programa e seu alcance, visando incrementar a agenda de pesquisas em comunicação pública da ciência realizada na Antártica;
- › Avaliar diferentes metodologias de pesquisa de modo a favorecer o engajamento público na pesquisa antártica, e a participação de cientistas em ações de divulgação científica.

Vista geral do acampamento de investigação arqueológica na Península Byers.

Foto de Michele Moraes





Foto de Felipe Sugimoto

Metas

- › Monitorar as mudanças tecnológicas e relacionais com potencial para afetar os interesses geopolíticos na região;
- › Gerar novos conhecimentos acerca do papel das relações sociedade-natureza, sociais e de trabalho em ambiente confinado na dinâmica social e relações humanas possibilitando estratégias de monitoramento, gestão e ação mais adequadas;
- › Produzir uma base de dados normativa que integre as políticas públicas relacionadas à Antártica;
- › Conservar os recursos econômicos vivos e não vivos comprometida com o desenvolvimento sustentável;
- › Conservar os vestígios (estruturas ou artefatos) históricos humanos;
- › Gerar diretrizes para estratégias de letramento científico, a educação científica e para a comunicação pública da ciência produzida na Antártica;
- › Criar metodologias e técnicas para ampliar a mediação da ciência e o engajamento de diferentes públicos;
- › Sistematizar uma base de conhecimentos científicos de modo a favorecer a abordagem das ciências antárticas pelos currículos da educação básica.



Relevância

As pesquisas acadêmicas antárticas historicamente foram dedicadas às Ciências Naturais, no entanto, desde o Ano Polar Internacional (2007–2008) a questão da “dimensão humana” cresce tornando-se essencial entender como a sociedade dá significado e como se relaciona com o ambiente polar. Reconhecendo a relevância da área de conhecimento para garantir um futuro sustentável e integrado da Antártica, o SCAR estabeleceu em 2018 o Comitê Permanente de Humanidades e Ciências Sociais (SC-HASS), refletindo também ações do Conselho Internacional de Ciência (ISC).

Escavações em sítio arqueológico na península Byers, ilha Livingston, Shetlands do Sul (2016)

Foto de Thiago Mendes

A Antártica, diferente dos demais continentes, não teve uma povoação local prévia à chegada de caçadores de mamíferos e exploradores no início do século XIX, sendo sua ocupação muito recente em termos históricos. Essas características influenciaram as pesquisas históricas iniciais sobre a ocupação humana desse território, inicialmente restritas a descrições de

eventos, expedições e personagens importantes e uma fonte de narrativas para pleitos de soberania de diversos países. Por outro lado, a presença humana na Antártica teve impacto no meio ambiente local, principalmente pela exploração de recursos marinhos vivos no século XIX e primeira metade do século XX. Por sua vez, o próprio ser humano precisou gerar tecnologias e se adaptar fisiologicamente para sobreviver em um contexto tão inóspito.

Nos últimos anos, o panorama da pesquisa na Antártica vem se transformando com a incorporação de um perfil mais heterogêneo de grupos sociais (cientistas, militares, operadores logísticos e turístico e outros profissionais civis) e de gênero. Interessam, pois, as análises de gênero (especialmente a partir do crescente número de mulheres que estão participando de pesquisa ou apoio logístico), a análise de práticas científicas e logísticas (quer civil ou militares), o que oferece um espaço cada vez maior para o desenvolvimento e consolidação da pesquisa em Ciências Humanas e Sociais.

As Ciências Humanas e Sociais incluem diversas áreas do conhecimento relevantes para a pesquisa, por exemplo, geopolítica, história, segurança e defesa, política externa, engajamento público com a ciência, interesses econômicos e as inovações tecnológicas no âmbito do Sistema do Tratado da Antártica (STA). Estas pesquisas têm impacto direto nas políticas públicas no Brasil e especificamente na rede política antártica, afetando a regulação jurídica das atividades presentes e futuras na região, bem como a negociação diplomática dentro e fora do STA. Temas como regulamentação do turismo, gestão do patrimônio cultural, gestão ambiental, relações internacionais e mudanças nas configurações geopolíticas impactam na governança e na ciência antártica, exigindo uma atuação conjunta das Ciências Humanas e Sociais com as Ciências Naturais.



Escavações em sítio arqueológico na península Byers, ilha Livingston, Shetlands do Sul.

Foto de Thiago Mendes

A diversidade de estudos no âmbito das Ciências Humanas e Sociais permite entender a complexidade do processo de ocupação humana da Antártica e as transformações através do tempo, incluindo o contexto da mudança climática, os riscos do aquecimento global e o desafio de descrever e manejar o impacto humano no continente e no patrimônio natural e histórico antártico. A gestão sustentável do ambiente e dos seus recursos é de interesse vital para a humanidade e para as respostas institucionais brasileiras na interlocução com os mecanismos de tomada de decisão. A questão climática está implícita desde o deslocamento das pessoas para a Antártica, até as atividades antrópicas no território, as quais, independentemente da sua natureza (científica, logística ou turística) e da sua escala, introduzem compostos antropogênicos em áreas intocadas. Também os interesses e as práticas relacionadas à exploração dos recursos vivos e exploração de recursos minerais no futuro devem ser acompanhados e devidamente estudados.

Atividades de escaneamento 3D de sítios arqueológicos em península Byers, ilha Livingston, Shetlands do Sul.

Foto de Andres Zarankin







Interações com programas científicos internacionais

As ações desta área de conhecimento interagirão principalmente com os diversos grupos do Comitê Permanente das Ciências Humanas e Sociais (SC-HASS) do SCAR. É prevista a colaboração com grupos de pesquisas das mesmas áreas de conhecimento de vários institutos de pesquisa polar em todo o mundo.

Interações com programas e ações no país

Será necessário fomentar a formação de redes nacionais de pesquisa visando a integração entre programas de pós-graduação nos temas polares e interdisciplinares.



*Prospecções em
procura de sítios
arqueológicos nas
ilhas Shetlands do Sul.*

Foto de Andres Zarankin

Produtos esperados

- › Promoção de uma gestão do PROANTAR participativa capaz de aperfeiçoar e planejar os modos de habitar, pesquisar e gerir o transporte de materiais e pessoas à Antártica;
- › Compreensão das dinâmicas socioculturais e logísticas próprias do continente, suas transformações e impactos ambientais decorrentes;
- › Oferta de subsídios para programas eficazes de prevenção de assédio, de violência sexual e de gênero, e orientar práticas inclusivas e não discriminatórias nos ambientes civis e militares na Antártica, e no Brasil;
- › Investigação da complexa dinâmica biopsicossocial e cultural entre o ambiente antártico, os indivíduos e grupos em diferentes áreas de pesquisa, contribuindo para a construção de modelos teórico-conceituais e para a produção de novas metodologias e tecnologias;
- › Compreensão das configurações geopolíticas de poder e conflito que envolvem a Antártica e suas consequências locais e globais;
- › Construção de uma base de dados normativa e de políticas públicas sobre a Antártica;
- › Criação de uma base de dados dos recursos econômicos vivos e não vivos da região e das atividades econômicas relacionadas à atuação na Antártica;
- › Levantamento dos desafios e oportunidades associados ao envolvimento de diferentes públicos e tomadores de decisão sobre a ciência conduzida na região da Antártica ou sobre ela;
- › Consolidação e divulgação da historiografia da presença brasileira na Antártica, registrando as contribuições de diferentes atores no fazer científico e reconhecendo o valor intrínseco que a Ciência Antártica imprime ao Estado brasileiro;



P7

Saúde
Polar

Objetivo Geral

Investigar os processos fisiológicos e psicofisiológicos adaptativos ao ambiente isolado, confinado e extremo, incluindo questões de segurança comportamental para melhorar práticas de saúde por participantes de missões antárticas. Também investigará a adaptação de potenciais patógenos ao ambiente polar e os possíveis riscos para a saúde humana. Em particular, o programa dará atenção aos possíveis impactos das mudanças climáticas na fisiologia e saúde humana.

Objetivos específicos

- › Identificar e caracterizar processos de adoecimento físico e psíquico durante a permanência prolongada na Antártica, propondo procedimentos de escaneamento diagnósticos e abordagens terapêuticas;
- › Investigar como humanos, as doenças, microbiota e patógenos serão afetados e/ou adaptados em um ambiente antártico sob mudança ambiental, desenvolvendo sistemas de detecção de possíveis impactos para a saúde humana, animal e ambiental, bem como ferramentas terapêuticas e mitigatórias;
- › Estudar riscos de acidentes provenientes de erros que permitam construir modelos preditivos e prescritivos de segurança comportamental, preservando o meio ambiente, o patrimônio e as vidas humanas;
- › Investigar os mecanismos de termorregulação e regulação do sono em ambientes isolados, confinados e extremos (ICE) em sua relação com situações de ambiente frio, quente, exercícios físicos, regimes de luz e ciclo circadiano, bem como com o sedentarismo ou outras alterações comportamentais, nas diversas situações de permanência antártica;
- › Estudar as mudanças comportamentais, de humor e cognitivas nas diversas situações de estresse e/ou salutogênicas experimentadas em uma expedição antártica, bem como os modos como o cenário e o contexto antártico interferem no psiquismo nos planos social e pessoal;
- › Investigar a prática da telemedicina e telesaúde integral em navios e estação antártica para sistematizar os desafios e aplicações de seu uso na Antártica.

Coleta de dados termorregulatórios na Baía do Almirantado, medidor de temperatura interna e externa de mergulhadores.

Foto de Alexandre Sérvulo

Metas

- › Implementar novas tecnologias de telemedicina, incluindo monitoramento de funções fisiológicas, cognitivas, emocionais e comportamentais, em plataformas de pesquisa antárticas;
- › Dar visibilidade à abordagem “Saúde Única” (*One Health*), necessária para uma resposta eficaz aos desafios de saúde e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e suas consequências no ambiente antártico;
- › Obter novos conhecimentos acerca do papel das relações sociais e de trabalho no ambiente confinado, propondo intervenções biopsicossociais e estratégias de monitoramento da saúde mental;
- › Integrar projetos de pesquisa na área de biologia/psicologia humana com setores de saúde do PROANTAR para potencializar gestão de pessoas, operacionais e logísticos na produção de ciência na área biomédica;
- › Implementar um banco de dados e metadados de informações e amostras biológicas, psicológicas e outras relacionadas ao fator humano.

Acampamento com barracas individuais e barracas de uso comum, onde cuidados de amarração e proteção com barricadas de caixas de marfinites foram tomados para evitar a ação dos ventos.

Foto de Ygor Tinoco





Relevância

O continente antártico ainda é pouco estudado sob o ponto de vista da saúde, principalmente sobre os riscos e oportunidades que microrganismos presentes na região podem oferecer à saúde humana. Ademais, ganha reforço o conceito da “Saúde Única” na relação com a Antártica, em que se reconhece que a saúde dos seres humanos, animais, plantas e o ambiente está interconectada e interdependente. A iniciativa chamada “Um Mundo, Uma Saúde”, lançada em 2008 pela Organização Mundial de Saúde (OMS), a Organização Mundial de Saúde Animal (OIE) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) reforça a inseparabilidade da saúde humana, animal e ambiental para tratar os desafios de saúde pública hoje.

Esse programa insere-se no contexto da experiência internacional de profissionais da saúde engajados em operações médicas tais como triagem e prevenção, diagnóstico, tratamento, telemedicina, evacuação de pacientes e treinamento de profissionais. É inovadora ao propor um programa de ciência antártica na área biomédica, ao investigar as consequências das mudanças de condições climáticas para desastres e crises sanitárias, como aquelas decorrentes de condições atmosféricas extremas (exemplo: de temperatura, umidade, alimentar e doenças emergentes).

A investigação dos mecanismos fisiológicos do sono, ciclo circadiano, mudanças neuro-humorais, imunológicas e termoregulatórias em resposta aos ambientes isolados, confinado e extremos (ICE, isolated, confined and extreme) desta região e que exige, em muitas situações, considerável esforço físico, informa sobre processos adaptativos da espécie humana em situações desafiantes, e permite comparações da adaptação a ambientes quentes, de ausência de gravidade e restrições nutricionais.



Coleta de material biológico (gota de sangue) em papel filtro, adaptada para locais remotos.

Foto de Ygor Tinoco

É patente o interesse crescente em tecnologias e ferramentas de monitoramento remoto, autogestão e funcionalidades off-line que atendam às necessidades metodológicas das pesquisas, bem como das práticas de saúde e segurança humana em ambientes isolados.

Interações com programas científicos internacionais

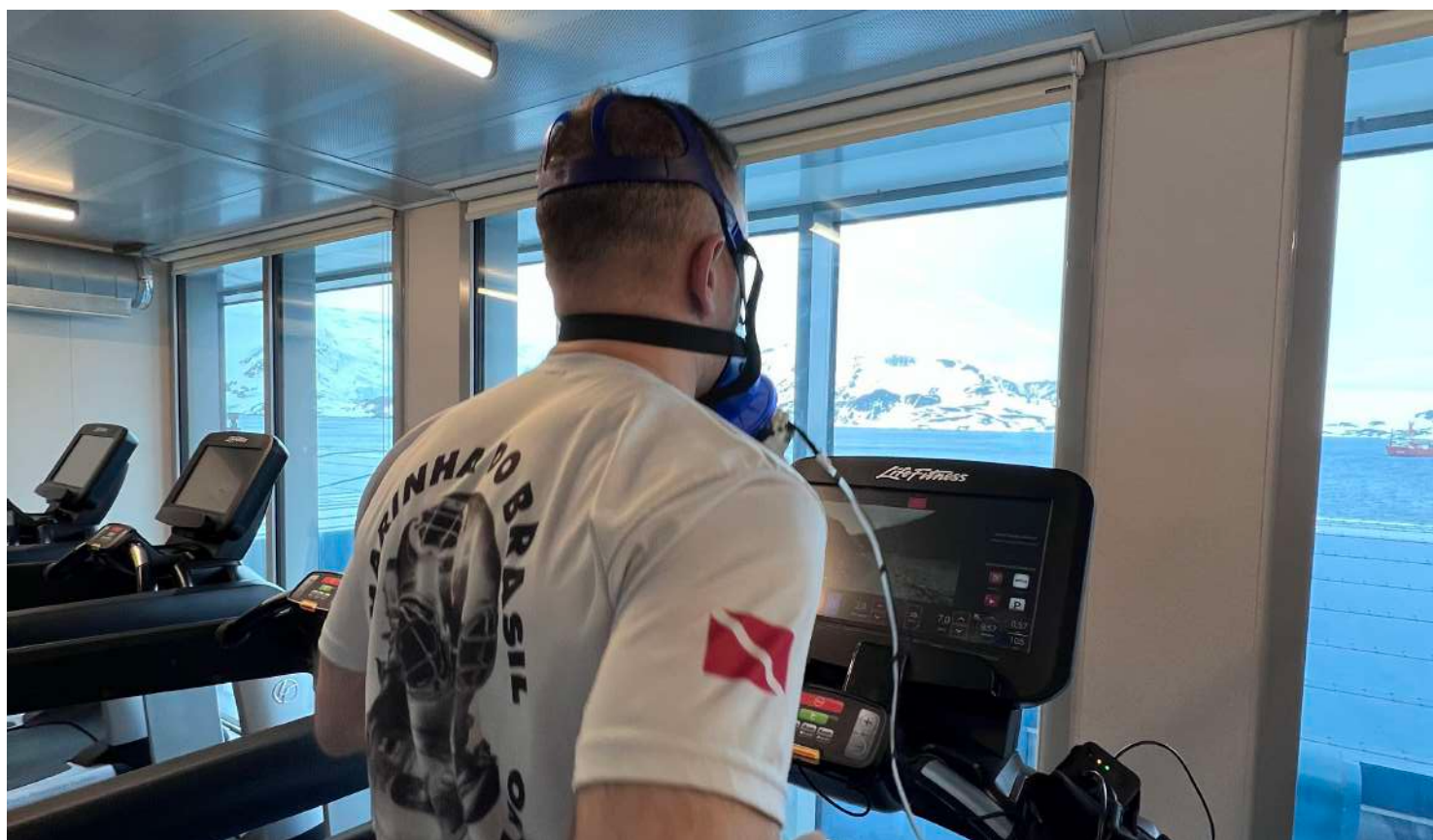
O programa interagirá com o Grupo Conjunto de Especialistas em Biologia Humana e Medicina (JE-GHBM) do Conselho de Gestores de Programas Antárticos Nacionais (COMNAP). Este programa contribuirá para a iniciativa “Adotando uma abordagem multissetorial de saúde única: um guia tripartido para abordar doenças zoonóticas nos países” da Organização Mundial da Saúde (OMS). Parceria com grupos de pesquisa antártica internacionais é esperada.

Interações com programas e ações no país

A emergência deste programa irá motivar a formação de redes de pesquisas na área da saúde polar, bem como a implementação de programas de pós-graduação e linhas investigativas nos temas polares e interdisciplinares.

Espirometria em voluntário realizando teste de esforço em esteira na academia da EACF.

Foto de Thiago Mendes



Produtos esperados

- › Produção científica focada em questões na área da biologia humana e saúde única;
- › Produção de evidências baseadas em ciência que impactem na preparação dos expedicionários polares, na saúde e implementação de práticas seguras para o trabalho em ambientes remotos;
- › Implementação de tecnologias, protocolos para sistemas de rastreo, monitoramento e autogestão em expedições antárticas para acompanhamento e alimentação de dados em modelos preditivos e prescritivos sobre saúde e segurança polar;
- › Aperfeiçoamento e atualização da prática médica para áreas remotas com manejo de protocolos para emergências médicas e psicológicas, evacuações e resgates, e ações em situações de desastres, acidentes e pandemias;
- › Conhecimento de mecanismos fisiológicos termo regulatórios, de padrões de sono, controle do ritmo circadiano, respostas sazonais dependentes de luminosidade, respostas endócrinas e imunológicas que operam nos ambientes isolados, confinados e extremos (ICE) da Antártica;
- › Estabelecimento de modelos animais que repliquem as condições ICE e os fenômenos de aquecimento ambiental em laboratórios para testar potenciais medidas de mitigação do impacto do aquecimento crônico e de ondas de calor (já previstos nos cenários de mudanças do clima para as próximas décadas) no risco à saúde humana, em especial com relação ao Brasil.

Vista de um acampamento após uma nevasca na península Byers, ilha Livingston, Shetlands do Sul.

Foto de Andrés Zarankin





ÁRTICO



“Os efeitos da perda de gelo marinho do Ártico não se limitam às altas latitudes do norte e atingem profundamente os trópicos”.

Mark R. England, Lorenzo M. Polvani, Lantao Sun and Clara Deser
Nature Geoscience | VOL 13 | April 2020 | 275–281



Uma nova fronteira para a ciência polar brasileira

Enquanto a Antártica tem sido objeto de estudo pela comunidade científica brasileira ao longo de quatro décadas, no escopo do PROANTAR, o Ártico ainda permanece uma região basicamente desconhecida, distante do entorno geográfico do país. No entanto, as mudanças climáticas recentes na região ártica já afetam o meio ambiente de grande parte do Planeta, em decorrência de um aquecimento três vezes maior do que a média global desde o início do século XX. Nas últimas duas décadas este aquecimento acelerou e, como consequência, ecossistemas, aspectos culturais, a saúde de diferentes populações, a economia de muitos países e o bem-estar de mais de 4 milhões de indivíduos foram afetados. Além disso, as mudanças climáticas no Ártico afetam a geopolítica regional, a qual está sendo rapidamente modificada.

A mudança na cobertura de gelo marinho do Ártico é atualmente uma das mais rápidas modificações ambientais que ocorrem no Planeta. Cenários apontam que já em 2040 poderemos ter um oceano sem mar congelado no auge do verão setentrional. Acoplado a essa mudança, as águas superficiais do oceano Ártico também aquecem. Ao longo da última década, estudos mostraram que o aquecimento do Ártico já afeta a circulação atmosférica do hemisfério norte, principalmente ao causar uma circulação atmosférica mais meridional, onde se alternam eventos extremos de frio e ondas de calor simultaneamente em diferentes longitudes. Recentemente, modelos teóricos mostram que tais modificações podem alterar o clima nos trópicos. Estas alterações modificam não apenas a circulação atmosférica, mas influenciam significativamente a circulação oceânica de grande



Foto de Pexels

escala, e consequentemente, as interações e trocas de calor e massa entre o oceano e a atmosfera. Mais especificamente, as mudanças observadas têm alterado a variabilidade natural da Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico (AMOC), influenciando assim a variabilidade climática dos continentes da bacia Atlântica. Por sua extensão no Atlântico tropical e sul, o Brasil deverá ter seu clima influenciado em médio e curto prazos por tais modificações, o que reforça a necessidade de pesquisas envolvendo a compreensão de previsão de tais consequências.

Na massa continental circumpolar, os sinais de rápidas mudanças também são observados, com aumento do derretimento do solo congelado (permafrost) e a consequente liberação de gás metano (CH_4) aprisionado nestes solos em seu estado natural (congelado). Tal processo intensifica mais ainda o efeito estufa em diferentes regiões do Planeta. Também o limite entre a floresta boreal (bioma típico de regiões temperadas) e a tundra (bioma polar) migra para o norte, afetando

a distribuição da flora e fauna. No oceano, espécies de peixes temperados avançam para latitudes mais altas.

O conhecimento da história geológica do Ártico é fundamental para entendermos a evolução geológica planetária e a origem da vida. Por exemplo, na Groenlândia são encontrados os mais antigos estromatólitos (estruturas rochosas que foram construídas por colônias de organismos microscópicos fotossintetizantes) conhecidos. Entender a tectônica e a fragmentação do supercontinente Laurásia, e a abertura do Atlântico Norte, é essencial para investigar os grandes depósitos de hidrocarbonetos naquela parte da Terra.

Em termos geopolíticos, uma cobertura menos extensa de mar congelado abre novas rotas marítimas, o que encurtará e reduzirá custos do transporte entre a Europa e o Extremo Oriente. Um oceano ártico aberto em parte do ano facilitará o aumento das atividades turísticas e a exploração de recursos marinhos, principalmente de óleo e gás nas extensas plataformas continentais ao norte da Sibéria. Estima-se que 22% das reservas não descobertas de hidrocarbonetos globais estejam no Ártico. Associado a essas rápidas mudanças, os países árticos intensificaram sua presença na região e mudaram suas estratégias militares. Ao mesmo tempo, países não árticos intensificam sua presença no oceano e ilhas árticas por meio de instalação de estações científicas.

Tendo em vista a crescente relevância da região ártica, o Governo brasileiro examinou a possibilidade de uma maior inserção do Brasil nas atividades da comunidade internacional no Ártico, por meio da criação, em maio de 2021, do Grupo Técnico sobre Atividades no Ártico (GT “Ártico”) no âmbito da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). Como resultado dos trabalhos do GT, foram aprovadas resoluções sobre a associação formal



Foto de Pexels

do país ao Comitê Internacional para a Ciência do Ártico (International Arctic Science Committee - IASC), a adesão do Brasil ao Tratado de Svalbard e a cooperação com as atividades dos grupos de trabalho do Conselho do Ártico, as quais deverão ampliar o protagonismo do país nas regiões polares e fomentar o estabelecimento de parcerias diretas entre os pesquisadores brasileiros e a comunidade científica ártica.

Em suma, as rápidas modificações ambientais que ocorrem no Ártico já causam modificações econômicas, sociais, militares e geopolíticas locais e começam a afetar outras regiões do Planeta. Ao considerar tais constatações, as quais ameaçam a segurança ambiental e sustentabilidade global, este plano de ação recomenda que temas árticos, principalmente aqueles focados em diferentes conexões com o hemisfério sul, impactos para o ambiente e sociedade brasileira sejam fomentados dentro dos Programas de Pesquisa do plano decenal do PROANTAR para o período 2023-2032, com a consequente inserção e integração do Brasil em fóruns e instituições internacionais de investigação ártica.

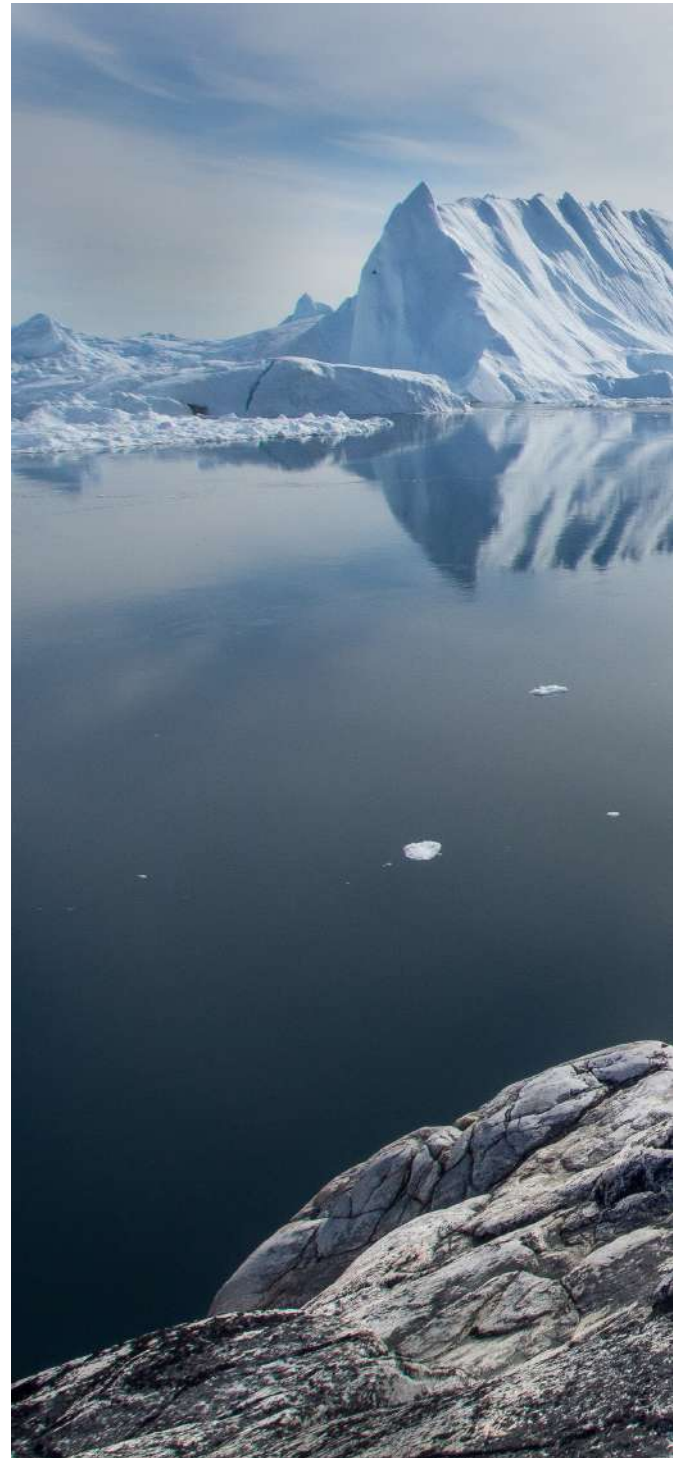




Foto de Pexels



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO FEDERAL



UNIÃO E RECONSTRUÇÃO