

A satellite image of Earth showing the Americas, with the text overlay. The image shows the continent of North America in the upper half and South America in the lower half, surrounded by the Atlantic and Pacific Oceans. The text is overlaid in yellow on the image.

**Estado da Arte, Perspectivas, Desafios e
Oportunidades para a Área de Ciências da Terra**

Paulo Artaxo

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

Introdução

- A área de pesquisa de “**Ciências da Terra**” engloba várias áreas do conhecimento que lidam com nosso planeta em seus vários compartimentos e disciplinas (física, química, biologia, etc.).
- Envolve estudos da litosfera (incluindo geologia, geofísica, geoquímica, geografia física), a hidrosfera (incluindo hidrologia, oceanografia e ciências criosféricas), e a atmosfera (incluindo meteorologia, climatologia).
- Ciências da Terra é uma área em plena expansão, definindo a história da Vida e da evolução de nosso planeta Terra, quantificando desastres naturais, localizando minerais e recursos energéticos, tratando de nosso meio ambiente e caracterizando as mudanças climáticas.
- Em geral: realizamos pesquisas **multidisciplinares**, É uma área que convive bem com ciência básica e aplicada.
- O **futuro da área** aponta para um forte crescimento, na prospecção de recursos naturais para sustentar 7-10 bilhões de pessoas e em lidar com as mudanças climáticas.
- **DESAFIOS:** As mudanças climáticas e as necessidades de adaptação e mitigação de emissões, a disponibilidade de água, os entendimentos de processos críticos para o funcionamento dos ecossistemas e a urbanização crescente são desafios crescentes que precisam de ciência de alta qualidade para a formulação de políticas públicas coerentes e eficientes.

Indicadores da produção científica na área ao longo dos últimos 10 anos

É fácil observar que entre os cientistas brasileiros mais citados no Web of Sciences, uma fração significativa trabalha em ciências da terra, e em particular em questões ambientais na Amazônia. Estes pesquisadores trabalham em grandes equipes nacionais e internacionais e sua pesquisa é sempre destaque em artigos nas revistas Science, Nature e PNAS. As temáticas de geociências que aparecem na Science e na Nature, na Nature Geosciences, se referem predominantemente à estudos atmosféricos e à hidrologia, com foco na região amazônica.

Temos projetos grandes na área tais como INCTS e temáticos FAPESP de grande porte, e uma lista parcial pode ser observada abaixo:

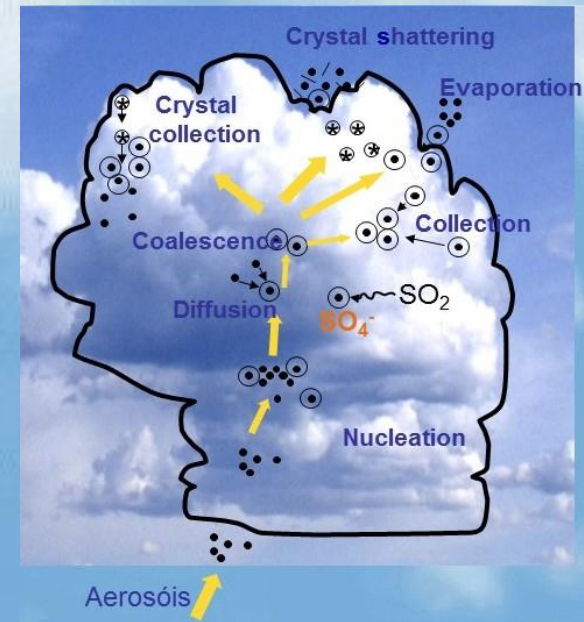
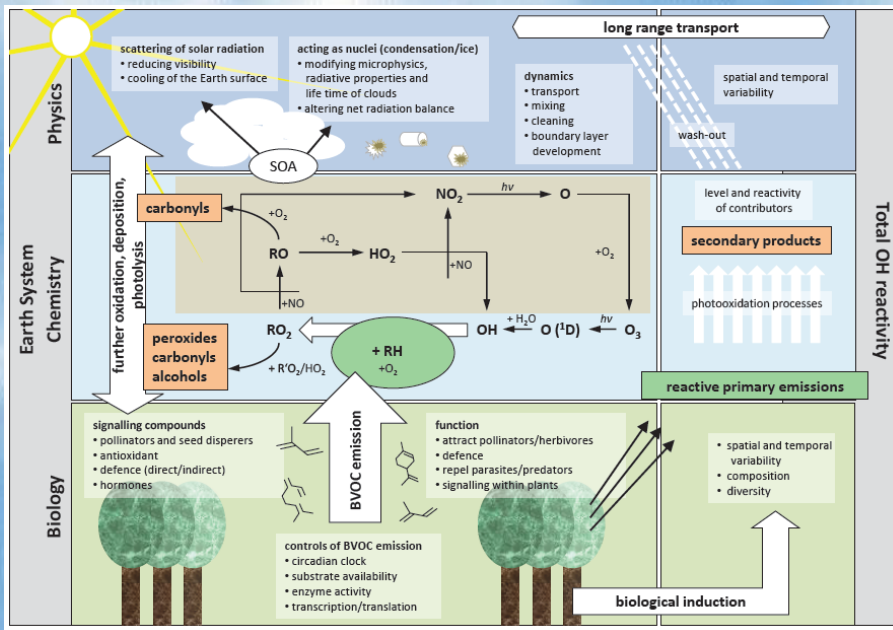
- INCT Mudanças Globais – José Marengo e Tércio Ambrizzi
- INCT- Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Estudos Tectônicos, R. Fuck, UnB.
- National Institute of Science and Technology of Petroleum Geophysics - Milton Jose Porsani
- AMAZONIA INSTITUTE OF ADVANCED GEOSCIENCES - INCT – IGEOVAM - Marcondes Lima da Costa
- National Observatory of Water and Carbon Dynamics in the Caatinga Biome - Antonio Celso Dantas Antonino
- INCT for Energy and Environment - Jailson Bittencourt de Andrade.
- INCT Tropical Marine Environments - Jose Maria Landim Dominguez
- INCT of Ocean and Fluvial Energy - Osvaldo Ronald Saavedra Mendez
- National Institute of Science and Technology in Energy Conversion and Storage - Alvaro de Souza Dutra
- INCT Continent-Ocean Materials Transfer - Luiz Drude de Lacerda.
- INCT-DCIFRAR (past climate Change in South America - Bases for the prediction of future climate) - Pedro Leite da Silva Dias
- Brazilian National Institute for Cryospheric Sciences - Jefferson Cardia Simões
- Geotechnical Institute for Rehabilitation of the Hillside-Plain Systems and Natural Hazards - Wilson da Silva Gomes
- INCT for Cooperative Autonomous Systems Applied to Security and Environment - Marco Henrique Terra.
- Biodiversity and land use in Amazonia- Sociobiodiversity conservation in sustainable landscape-CONSOBIO - Alexandre Aleixo

Perspectivas na área de Ciências Atmosféricas

Temos importantes questões em aberto no entendimento dos processos que regulam os acoplamentos em modelos atmosféricos da vegetação dinâmica, das camadas superiores da atmosfera, e da hidrologia.

Poluição do ar em áreas urbanas e seus impactos na saúde e no clima.

Necessidade de conhecer os processos físicos de formação e desenvolvimento de nuvens. Estudos de processos turbulentos de hidrometeoros, como se formam, como evoluem, como interagem com aerossol e a termodinâmica da atmosfera, visando um completo entendimento da interação vapor de água-aerossol-nuvem-precipitação.

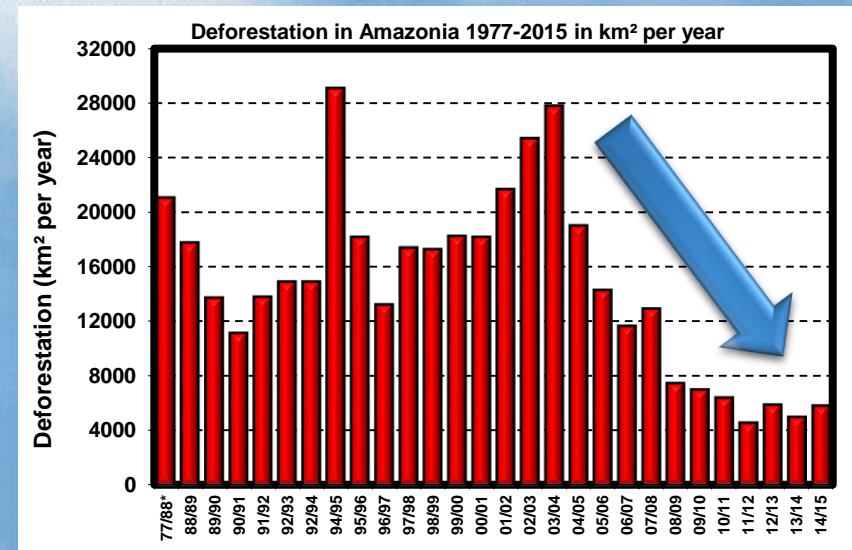
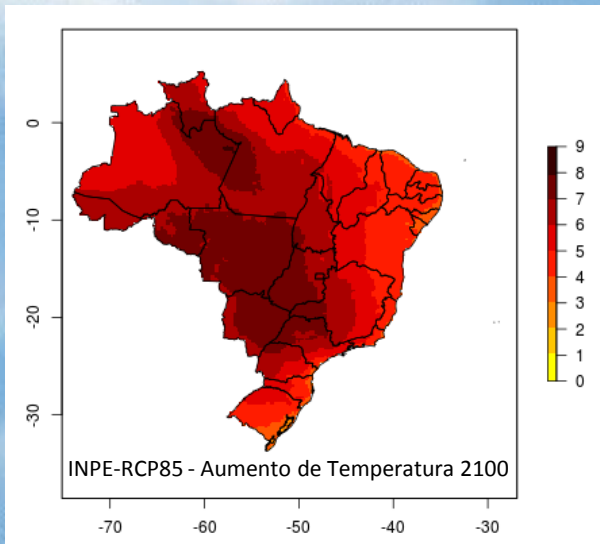


Perspectivas na área de Mudanças Climáticas Globais

O Brasil tem um papel de liderança na pesquisa em mudanças climáticas globais. Liderança científica mundial em mudanças de uso do solo, detecção de queimadas e desflorestamento. Destaque para área de pesquisas ligados ao funcionamento do ecossistema Amazônico

INDC Brasileira: **Brazil** intends to commit to reduce greenhouse gas emissions by 43% below 2005 levels in 2030, and to restore 12 million hectares of forest". Zero illegal deforestation.

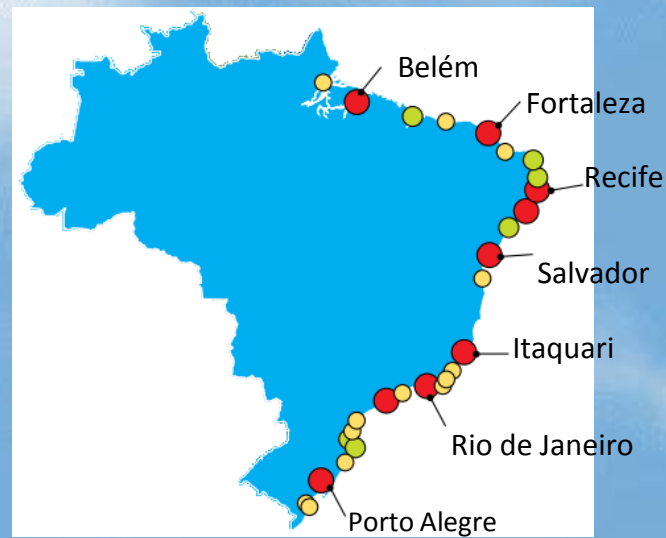
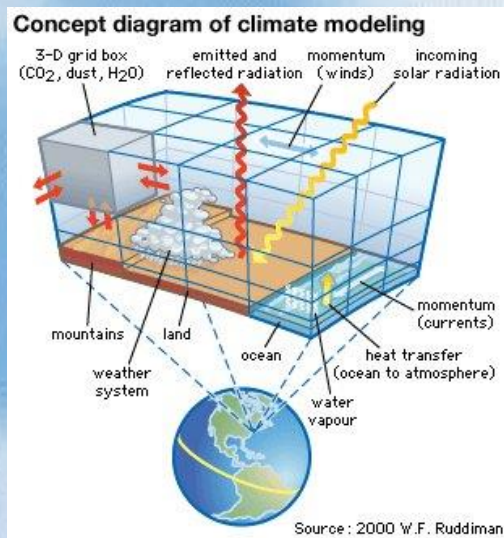
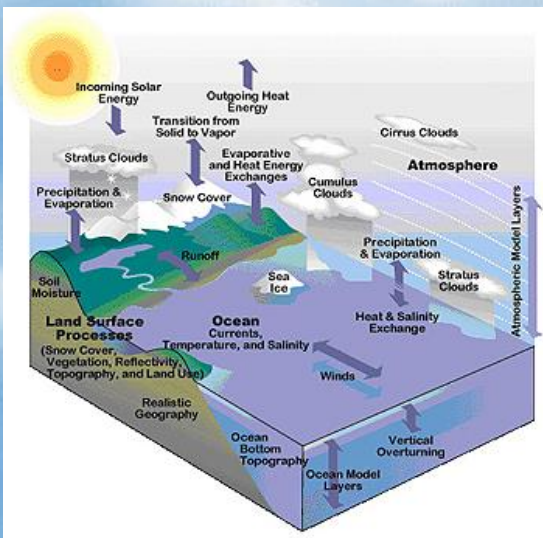
Vai requerer profundas mudanças no setor energético e forte redução de emissões na agricultura e pecuária em somente 14 anos. Remodelação no setor de transportes.



A mitigação e adaptação às mudanças climáticas: Tarefa urgente que necessita de soluções locais ou regionais.

O Brasil precisa ter ferramentas adequadas para modelar as alterações no clima global, implementando/desenvolvendo um “Earth System Model” de maneira comunitária e cooperativa entre as várias especialidades disponíveis no Brasil, e em parceria com órgãos internacionais.

É essencial que o país implante redes nacionais de observações das mudanças climáticas, para fornecer instrumentos de diagnósticos para o acompanhamento e implantação de políticas públicas ambientais efetivas. Os ciclos de carbono e água estão sendo alterados nos biomas brasileiros sem uma quantificação adequada destas alterações e seus efeitos nos ecossistemas e na sociedade.



Perspectivas na área de Oceanografia

Temos um vasto e desconhecido oceano ao longo da costa brasileira que apresenta características únicas no planeta Terra em termos de transporte de calor.

A área carece de um instituto centralizado que coordene as pesquisas oceanográficas no Brasil, pois a manutenção de infraestrutura (navios, grandes equipamentos, etc.) nesta área é cara e difícil.

Perspectivas na área de hidrologia

Água e sua disponibilidade serão um dos grandes desafios da humanidade nas próximas décadas. Melhorar a previsão de chuva e eventos extremos de secas e inundações é um importante desafio para a ciência brasileira.

A gestão eficiente dos recursos hídricos no Brasil aponta que é preciso estimular pesquisas integradas entre hidrologia, meteorologia, climatologia, gestão de recursos hídricos.

A água subterrânea vem sendo extraída para uso urbano e agrícola sem o devido conhecimento sobre a dinâmica dos reservatórios. O caso do Aquífero Guarani é um excelente exemplo, e é estratégico para o país.

Perspectivas em Geociências

As principais áreas de atuação de profissionais na área são na prospecção de petróleo e gás, exploração mineral, gestão de águas subterrâneas, geologia de estruturas em grandes obras civis, gestão ambiental, e outras áreas.

O Brasil tem fortes iniciativas de pesquisa em geociências, com estudos da estrutura e dinâmica da Terra, e suas relações entre processos profundos e superficiais. Trabalhos interdisciplinares entre a biologia-geologia do quaternário e pré-cambriano também se destacam

A Geociências tem papel fundamental na busca de recursos minerais, hídricos e energéticos para o uso da sociedade, como para prever e mitigar possíveis desastres naturais provocados pela dinâmica do planeta. Sua interface com o sistema produtivo é forte bem como os potenciais impactos ambientais de larga escala como o rompimento da barragem de Mariana, e o impacto de grandes projetos de mineração.

O setor de mineração responde por 4% do PIB brasileiro, adicionado ao setor de petróleo, que responde por 13% adicionais do PIB. O recente desastre de Mariana mostra que temos muito que caminhar na prevenção de acidentes e nos estudos de impactos ambientais do setor.



Ciências da Terra - Considerações finais



A pesquisa na área de Ciências da Terra é extremamente ativa e dinâmica, produzindo novos conhecimentos em pesquisa básica e aplicada com alto grau de internacionalização.

Um dos mais importantes desafios da área é auxiliar na transformação do conhecimento científico em políticas públicas

A área é fundamental para a execução da Agenda 2030 da ONU, para a execução das metas brasileiras (NDC) do Acordo de Paris, e no cumprimento dos 17 objetivos do desenvolvimento sustentável adotados pela ONU em 2015. A

Agradecimentos

Agradeço as ótimas discussões e textos enviados por vários colegas da área, em particular: Pedro Leite da Silva Dias, Luiz Augusto Machado, Ricardo Hirata, Ricardo Trindade, Claudio Ricomini, Álvaro Crosta, Gilberto Câmara, Marly Babinski, Edmo Campos, João Ometo, Umberto Cordani, Newton Lascale, Maria Assunção Faus da Silva Dias e outros.