

Métodos Geofísicos para a Investigação da Terra

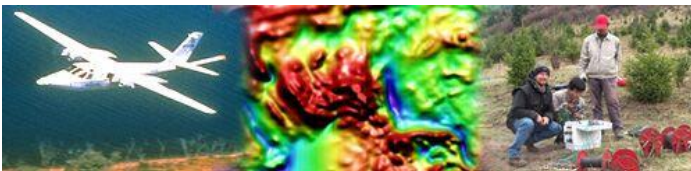
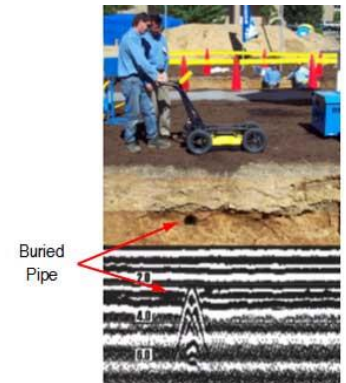
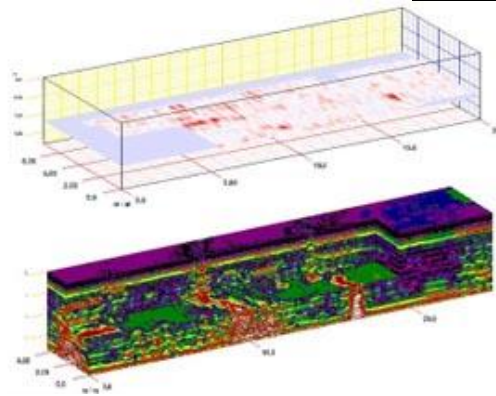
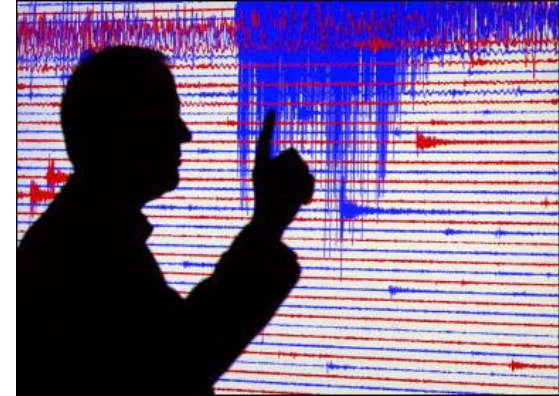
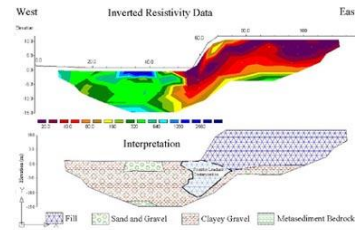
Eder Cassola Molina
Departamento de Geofísica
IAG-USP

GEOFÍSICA – A CIÊNCIA DE INVESTIGAR A TERRA

A Geofísica é a ciência que estuda a estrutura, composição, origem e evolução da Terra utilizando métodos físicos.

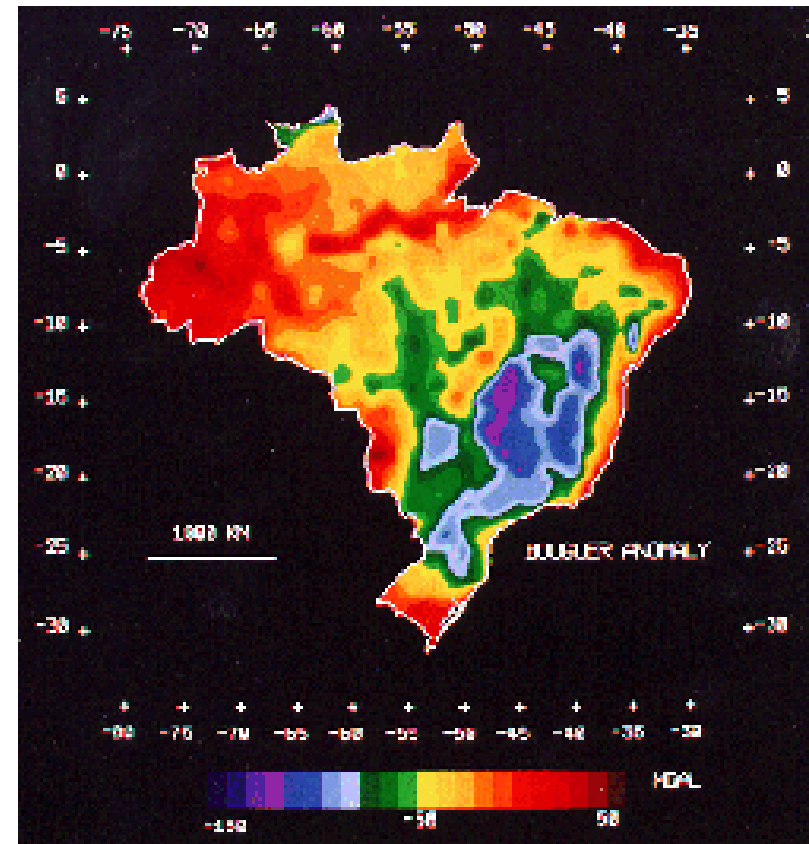
É uma ciência multidisciplinar, com interface com diversas áreas, dentre as quais destacam-se: Física, Matemática, Computação, Geologia, Oceanografia, Meteorologia e Engenharia.

Principais métodos geofísicos: gravimetria, magnetometria, sismologia e sísmica, métodos elétricos e eletromagnéticos, geofísica nuclear, paleomagnetismo, fluxo térmico.



GRAVIMETRIA

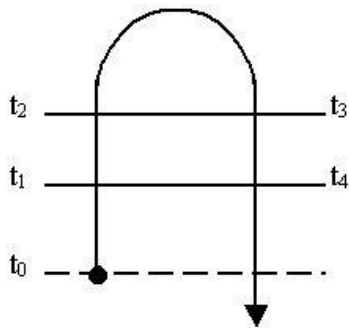
- O campo de gravidade terrestre fornece importantes informações sobre a distribuição de massa do planeta.
- Estruturas com diferentes densidades no interior terrestre causam modificação no campo de gravidade; estas variações são muito pequenas, mas possíveis de serem medidas por equipamentos muito sensíveis denominados gravímetros.



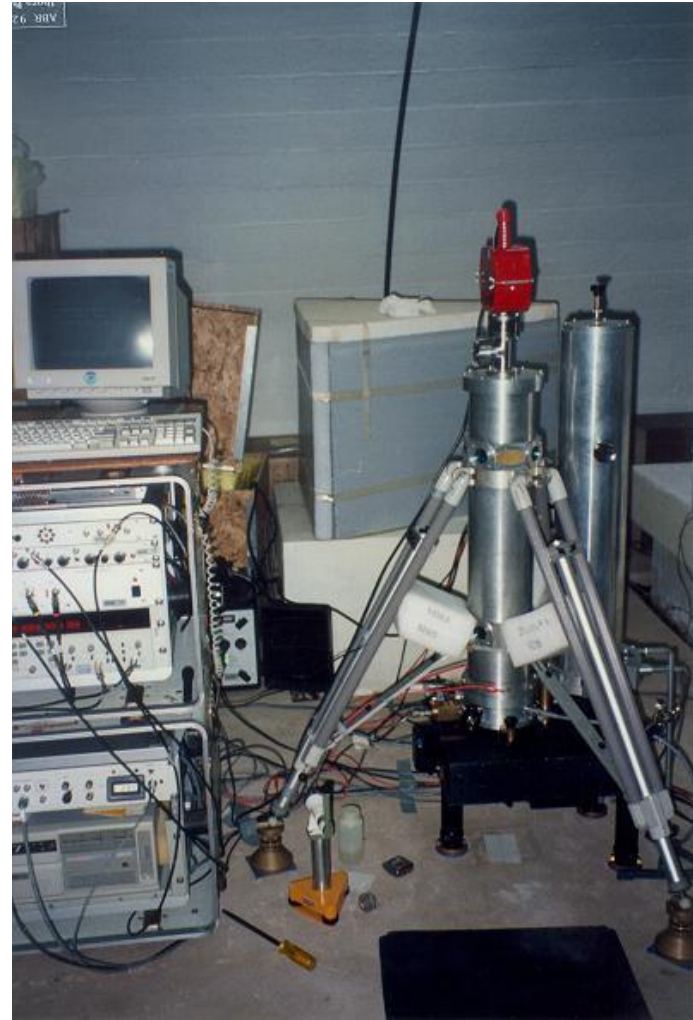
**Mapa de anomalia Bouguer
(Sá, Ussami e Molina, 1992)**

GRAVÍMETROS ABSOLUTOS

- Valores Absolutos de g só podem ser obtidos por meio de gravímetros absolutos (queda livre).
- Gravímetros diferenciais instáveis (LaCoste & Romberg) – devem ser referenciados antes e após as medidas a um ponto com g absoluto conhecido.



$$x = x_o + v_o t + \frac{1}{2} g t^2$$



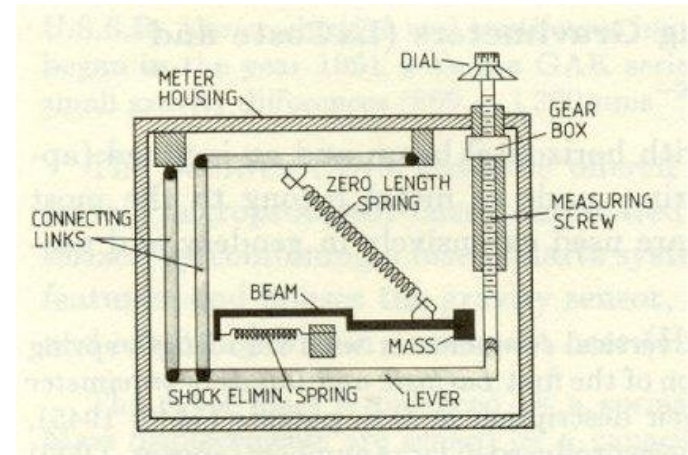
GRAVÍMETROS DIFERENCIAIS – LaCoste & Romberg

Uma barra horizontal que suporta a massa (~ 10 g) é fixa em seu centro de massa por uma mola metálica de 3,5 cm.

A força na mola é proporcional ao seu comprimento, de forma que um deslocamento da massa pode ser compensado por uma variação no comprimento da mola.

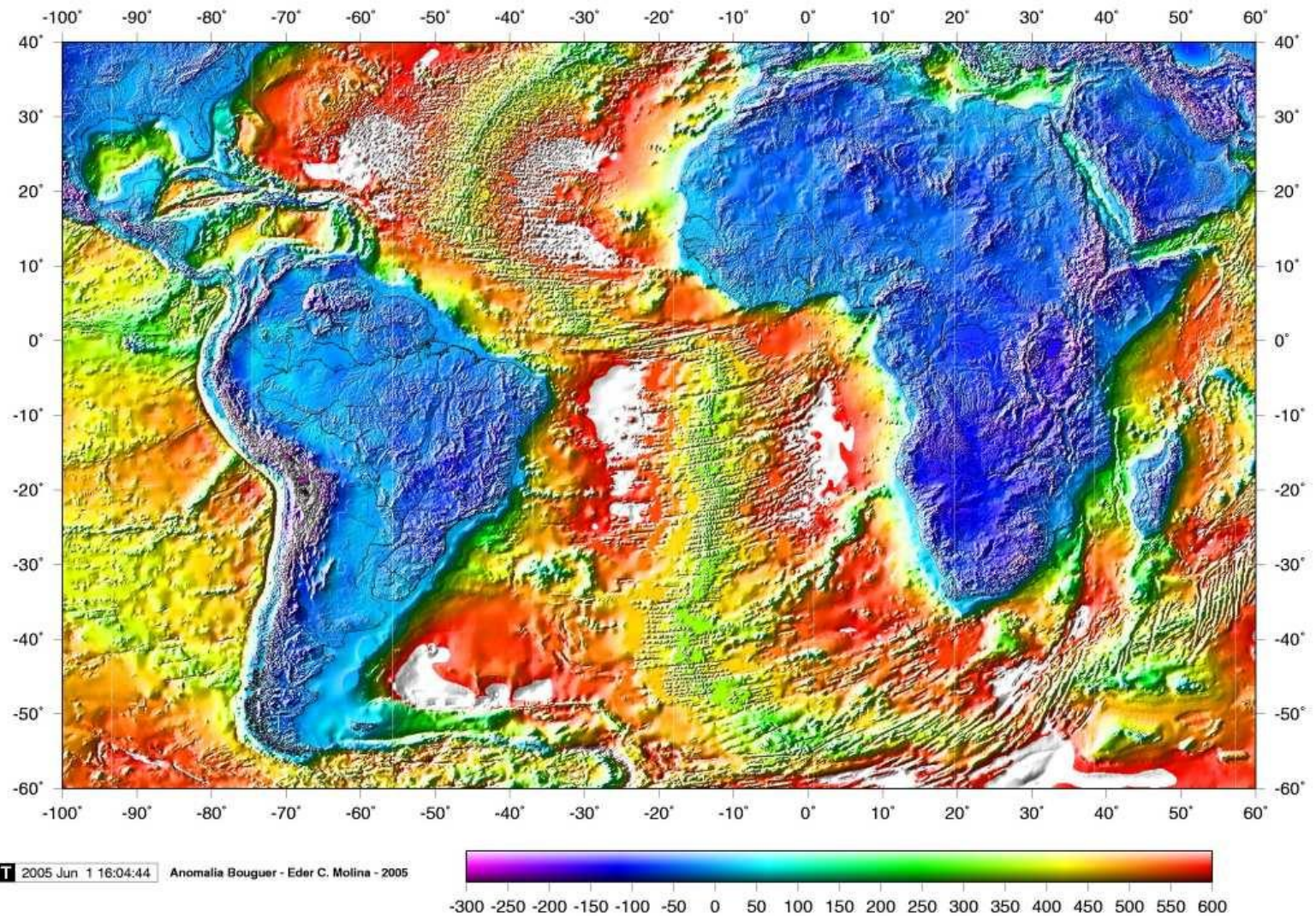
O sistema é isolado termicamente, mantido a uma temperatura de 50°C , e a mola é desmagnetizada.

Precisão do gravímetro: melhor do que $0,01$ mGal para o tipo G.

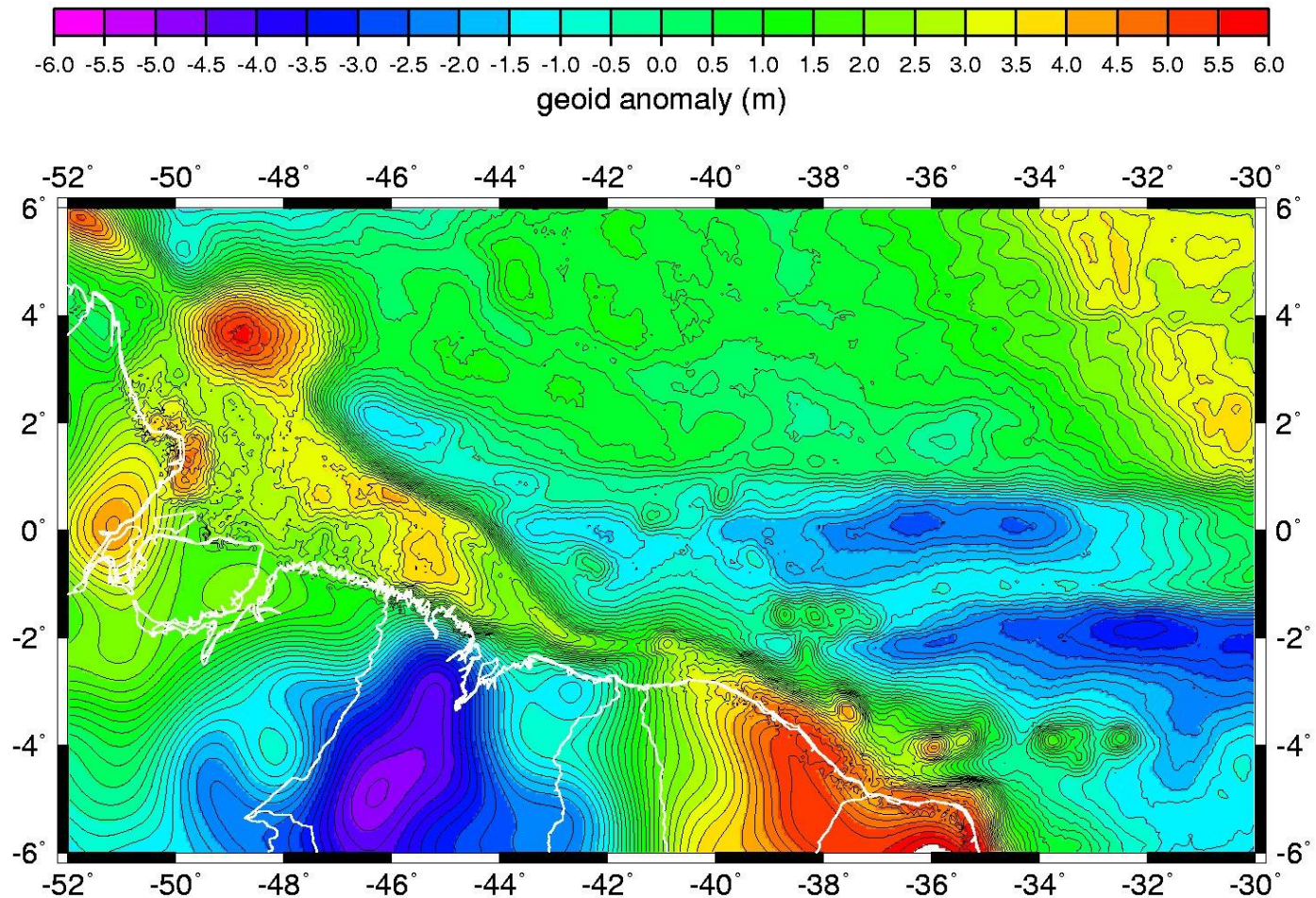


$$1 \text{ mGal} = 10^{-3} \text{ cm/s}^2$$

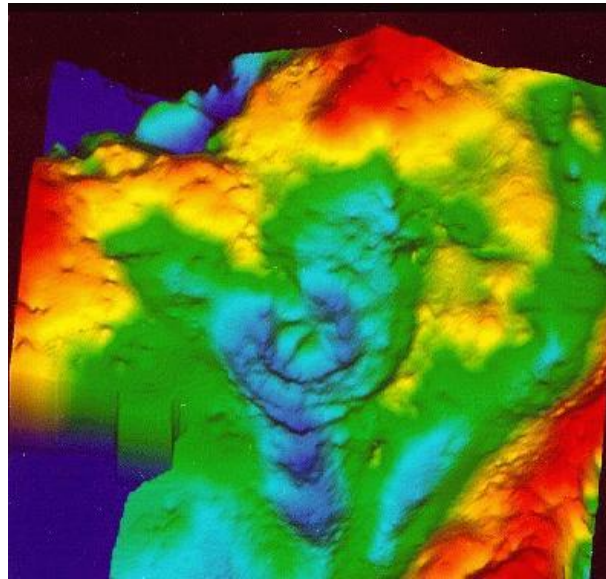
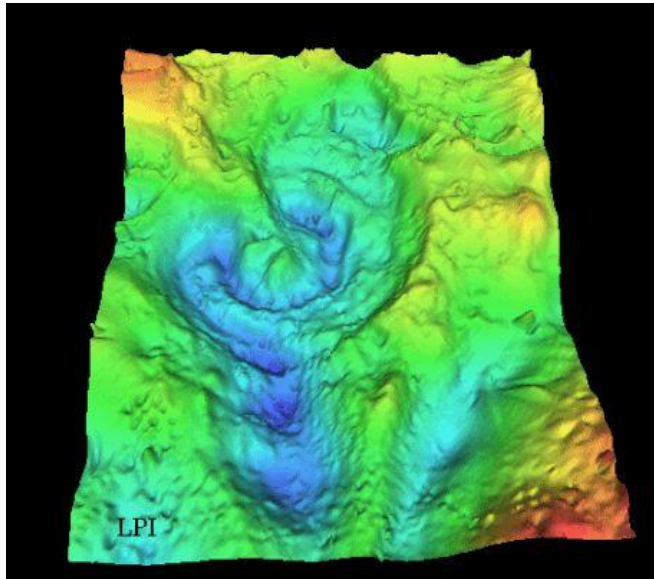
ANOMALIA GRAVIMÉTRICA



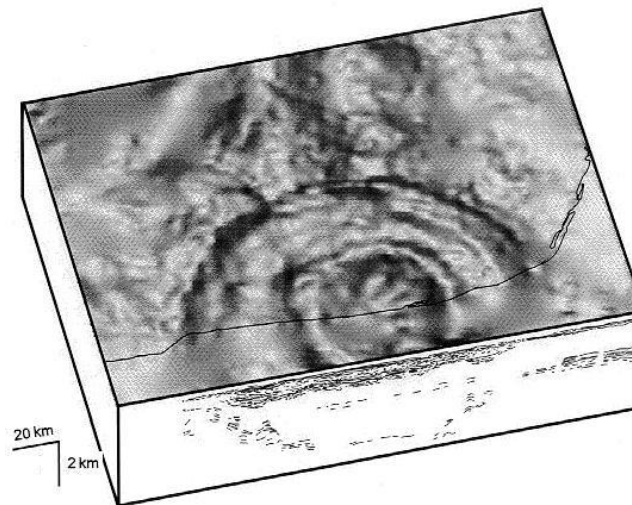
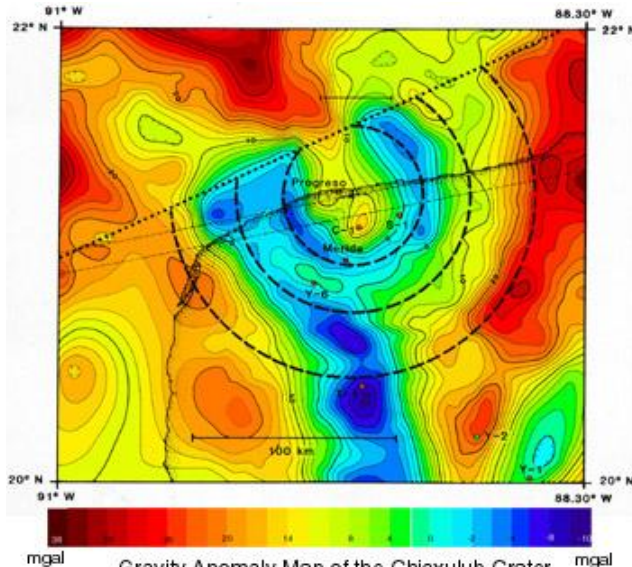
DELIMITAÇÃO DA PLATAFORMA CONTINENTAL E INVESTIGAÇÃO DE ESTRUTURAS *OFFSHORE*



GRAVIMETRIA



Cratera de Chicxulub, mapeada por métodos geofísicos, com 180 km de diâmetro, na região do golfo do México. Acredita-se que o corpo que gerou a cratera tivesse entre 10 e 20 km de extensão, e o impacto tenha ocorrido há 65 milhões de anos.



GRAVIMETRIA – DADOS DISPONÍVEIS

DADOS GRAVIMÉTRICOS DISPONÍVEIS NO BRASIL

IAG-USP(1) - Nelsi Côgo de Sá - nelsi@iag.usp.br

IAG-USP(2) - Naomi Ussami - naomi@iag.usp.br

IAG-USP(3) - Yára Regina Marangoni - yara@iag.usp.br

IAG-USP(4) - Eder Cassola Molina - eder@iag.usp.br

PETROBRAS - PETRÓLEO BRASILEIRO S.A.

ON-RJ - OBSERVATÓRIO NACIONAL - RIO DE JANEIRO

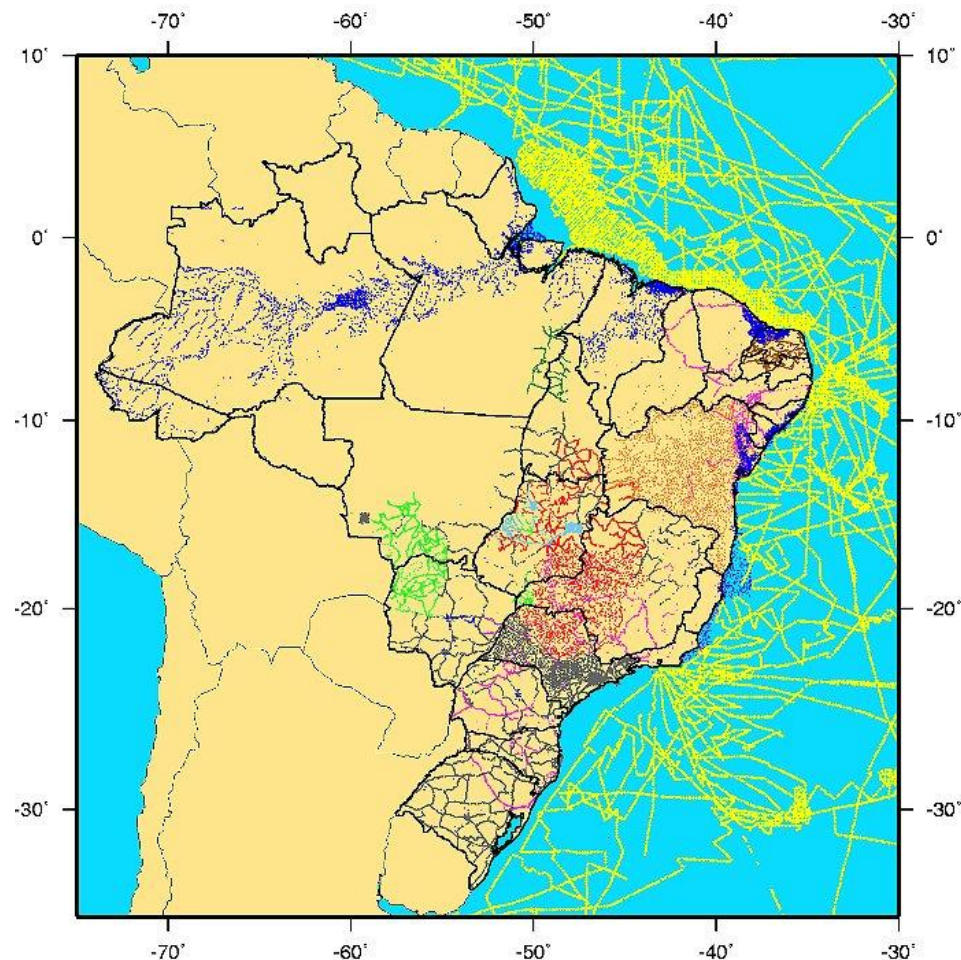
UFPA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

UFRN - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

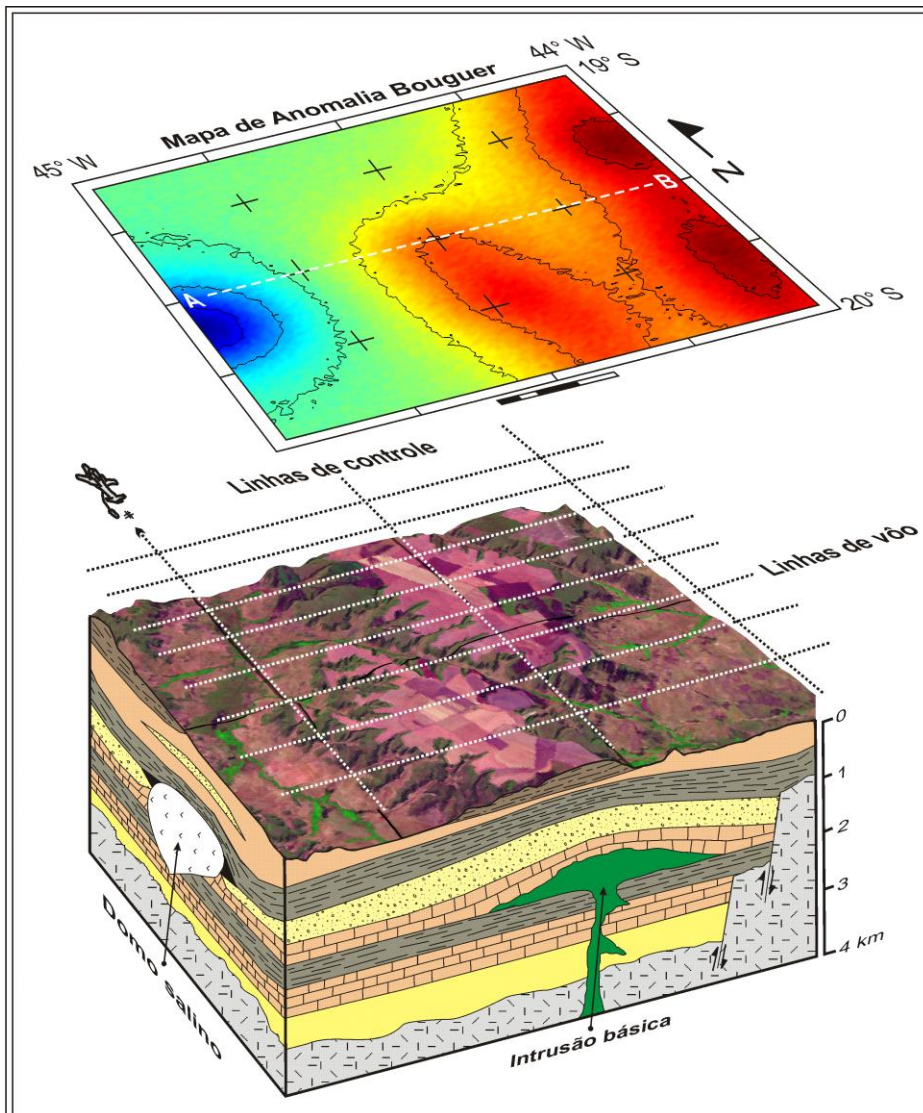
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

UFPR - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

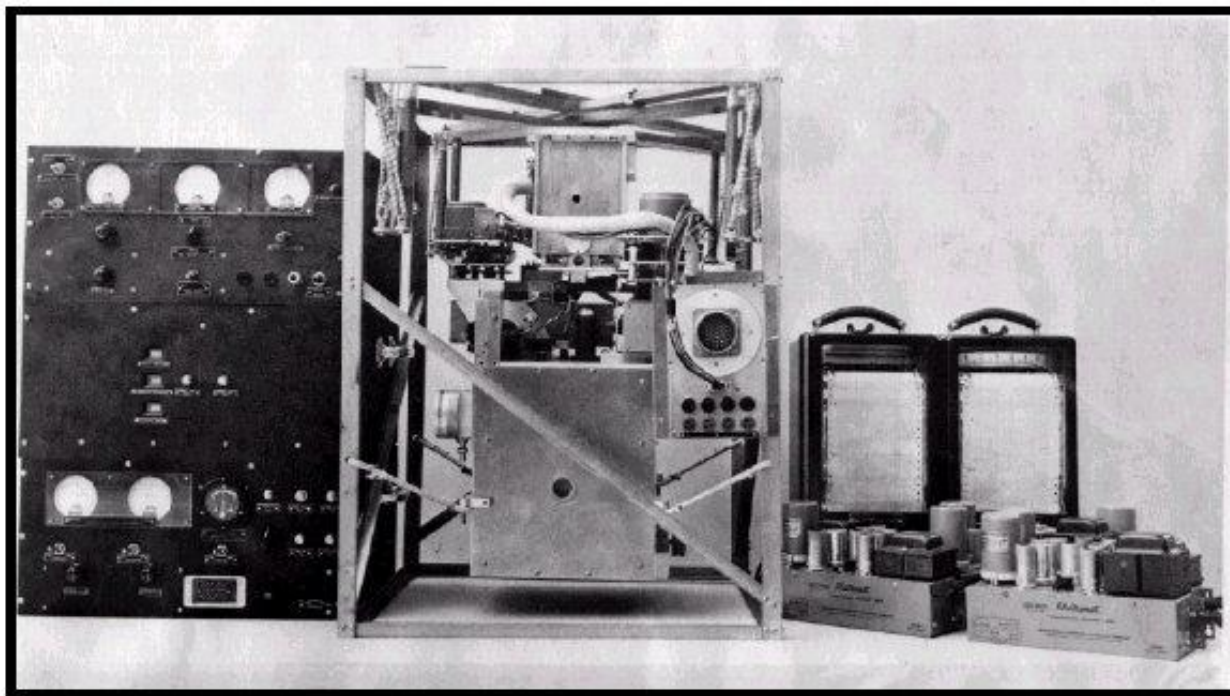


AEROGRAVIMETRIA



- Identificação de grandes estruturas geológicas (profundidade e estrutura do embasamento cristalino, profundidade de bacias, limites de grandes falhas e lineamentos);
- Identificação de grandes províncias crustais
- Delimitação de zonas de sutura entre blocos crustais
- Identificação de estruturas favoráveis ao acúmulo de hidrocarbonetos, como domo salinos e altos do embasamento

AEROGRAVIMETRIA



Os primeiros gravímetros air-sea foram utilizados por submarinos em 1955. Na ocasião, eram denominados “*Gimbal Meter*”. Até 1965 foram fabricados 18 gravímetros deste tipo, S1 a S19.

AEROGRAVIMETRIA



O gravímetro S6 foi utilizado a partir de 1958 pela força aérea americana para os primeiros testes de aerogravimetria, sem resultados satisfatórios. Após diversos estudos, concluiu-se que a aerogravimetria tinha problemas técnicos que não poderiam ser solucionados, apesar de conceitualmente ser muito promissora.

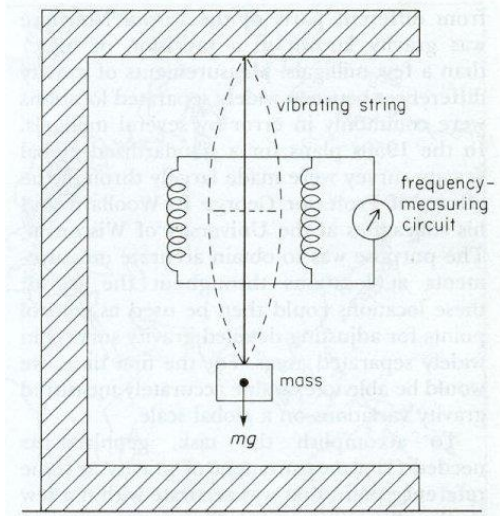
O GRAVÍMETRO TIPO “*VIBRATING STRING*”

Considerando um sistema com uma massa suspensa por uma mola ou corda, nota-se que uma perturbação na corda vai produzir uma vibração de frequência f , que depende da massa suspensa M , do comprimento da corda x , da massa por unidade de comprimento da corda m , e da atração da gravidade g de acordo com a fórmula

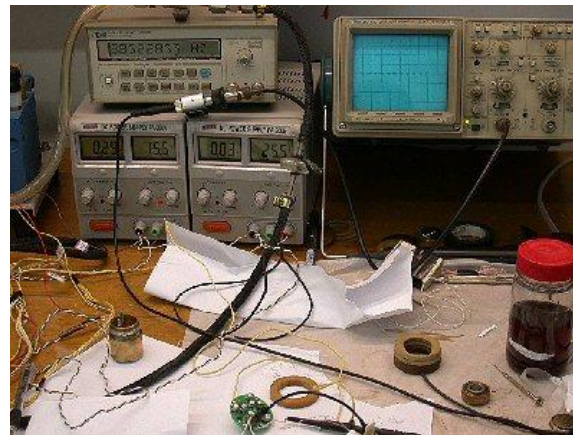
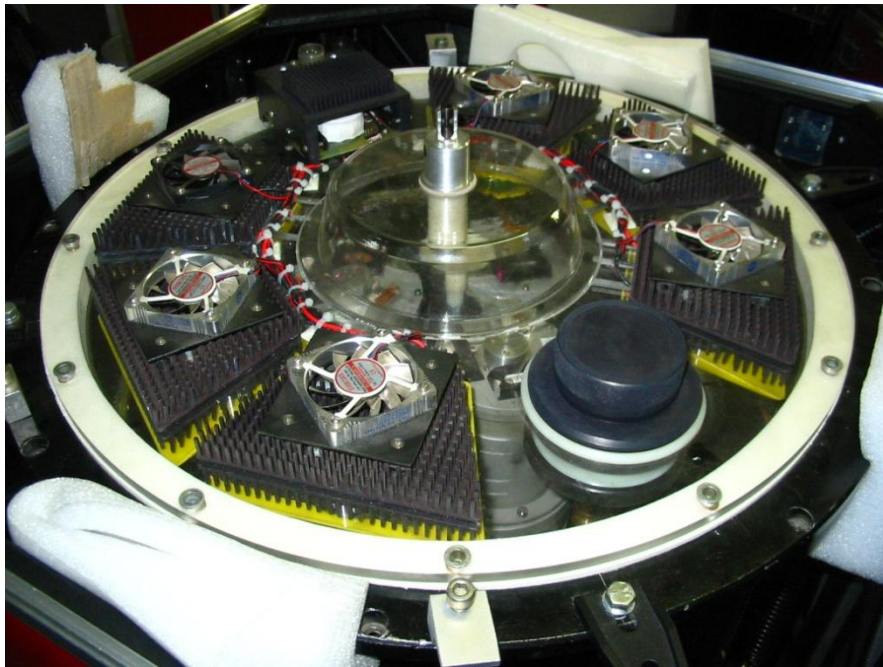
$$f = \sqrt{\frac{Mg}{4x^2m}}, \quad \text{ou} \quad g = \frac{4x^2 f^2 m}{M}$$

As diferenças de g podem ser medidas pelas diferenças de frequência de vibração da corda em locais diferentes, medidas eletronicamente.

Esse tipo de gravímetro não está disponível comercialmente, pelas dificuldades de construção e estabilização do sistema.



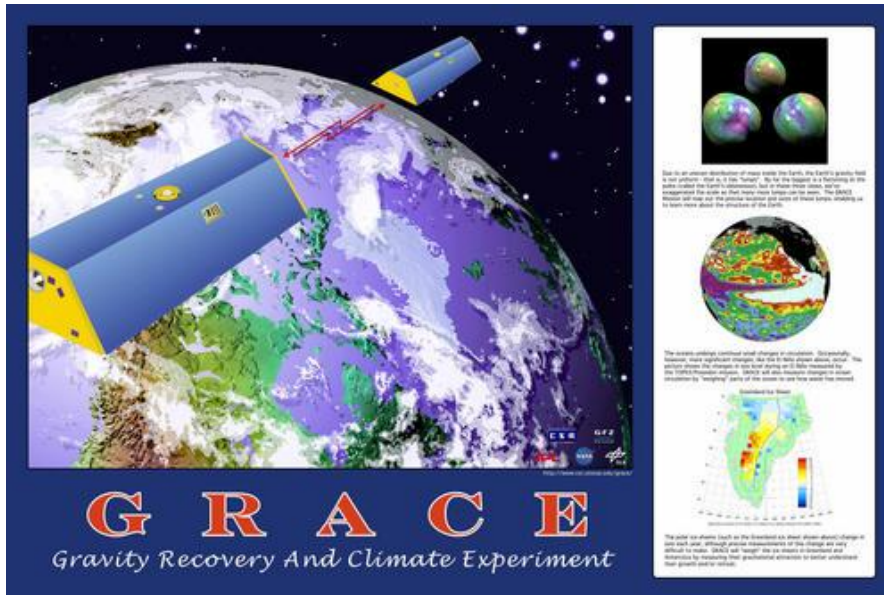
AEROGRAVIMETRIA – A SOLUÇÃO VINDA DA RÚSSIA



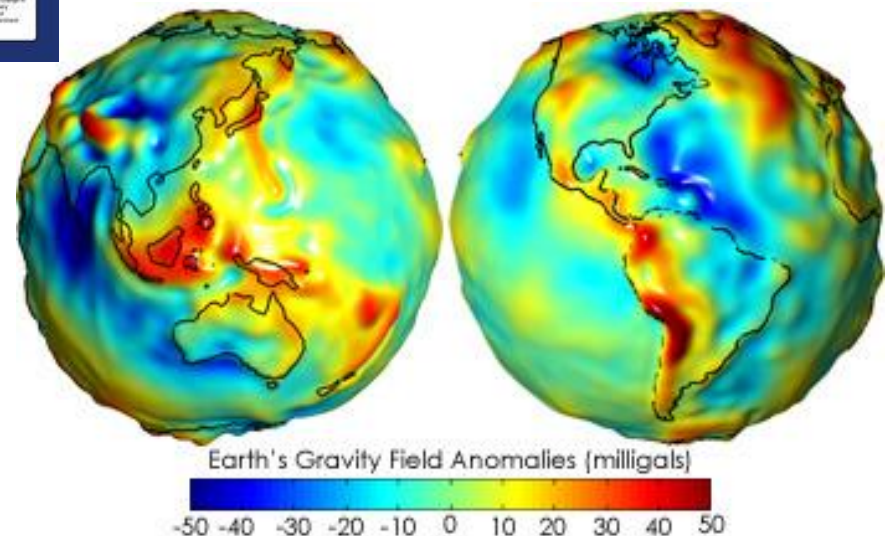
AEROGRAVIMETRIA – A SOLUÇÃO VINDA DA RÚSSIA



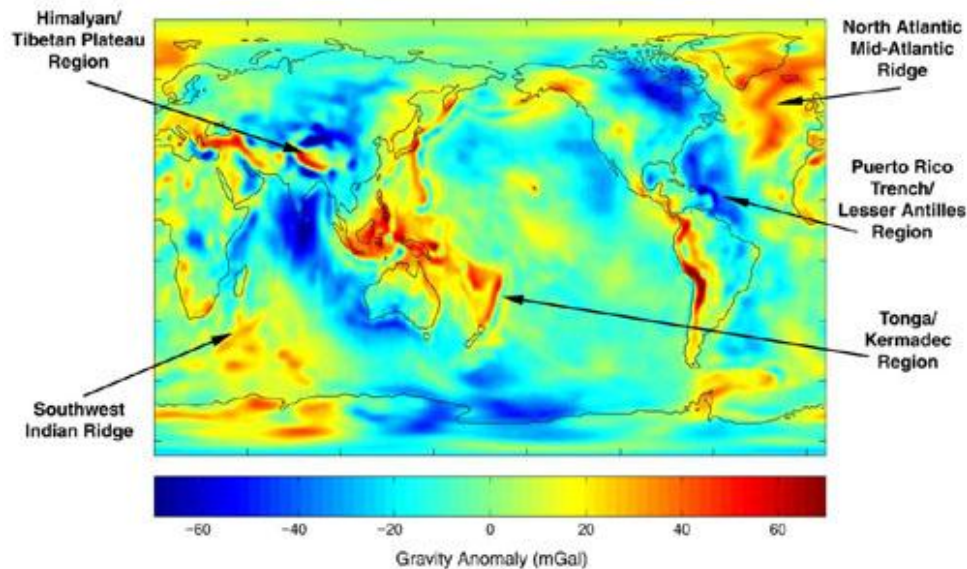
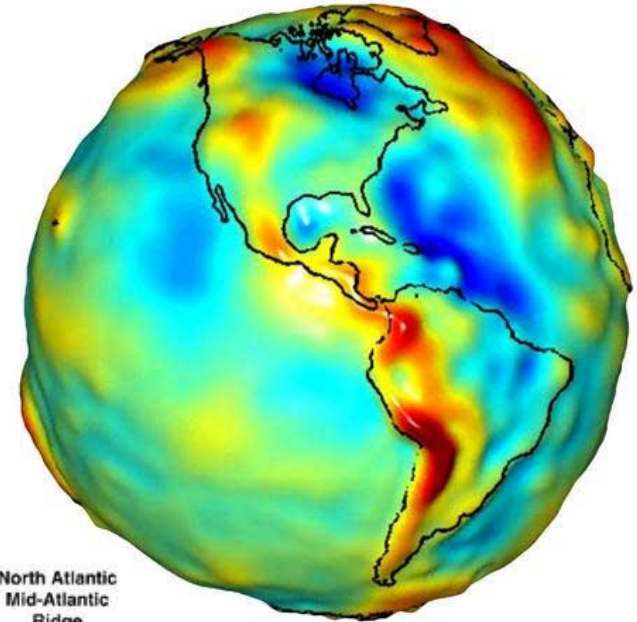
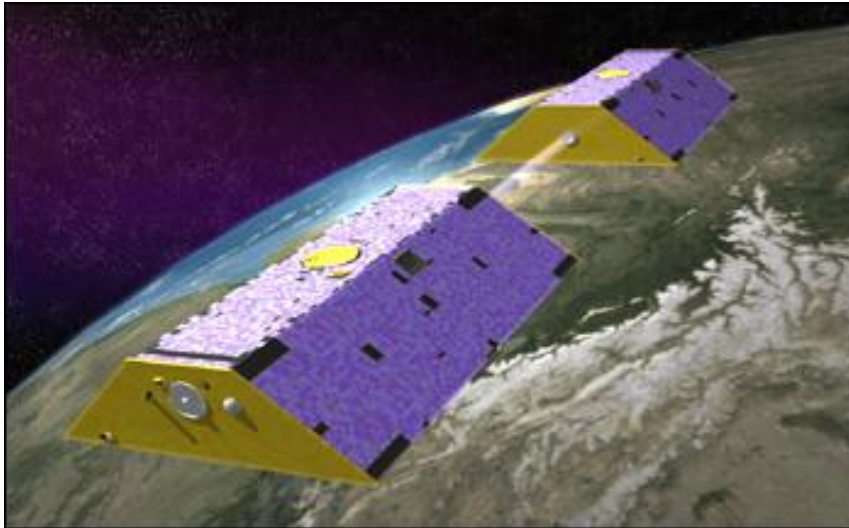
OS SATÉLITES GRACE



Dois satélites gêmeos, orbitando a Terra a uma distância de 220 km entre si; as medidas de variação da distância entre eles é feita com precisão melhor do que 10^{-9} m.

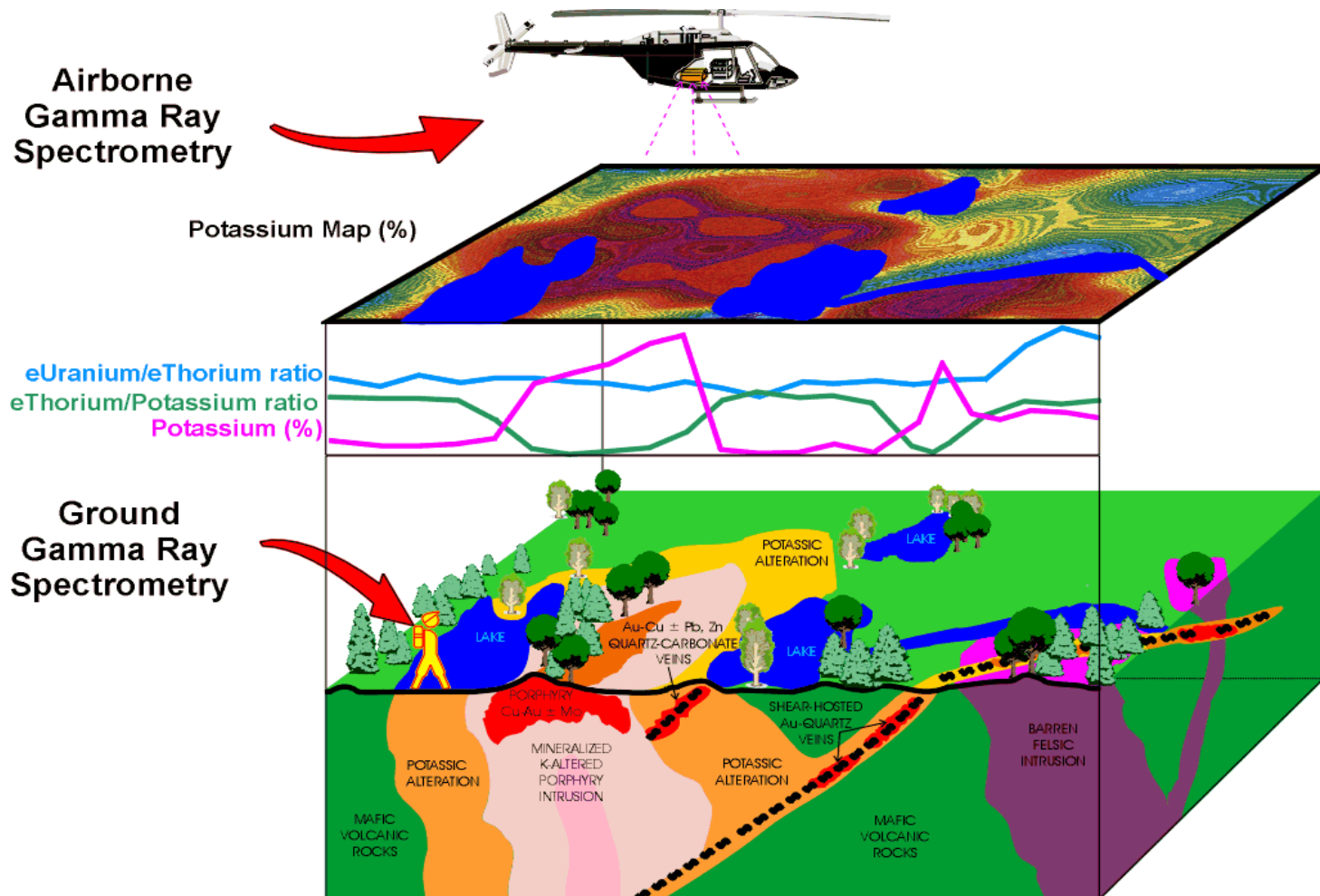


OS SATÉLITES GRACE



O uso dos dados do GRACE permitem uma melhor definição do campo de gravidade terrestre e delinea com boa precisão diversas estruturas da Terra.

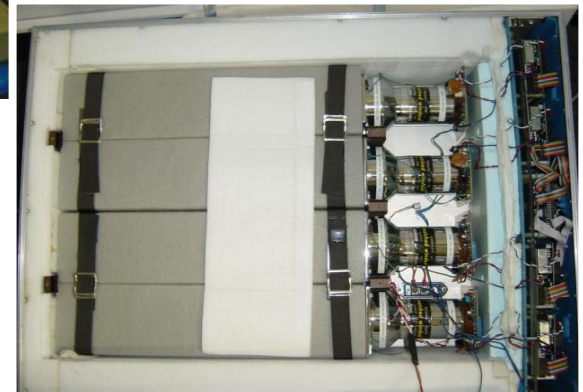
AEROGAMMAESPECTROMETRIA



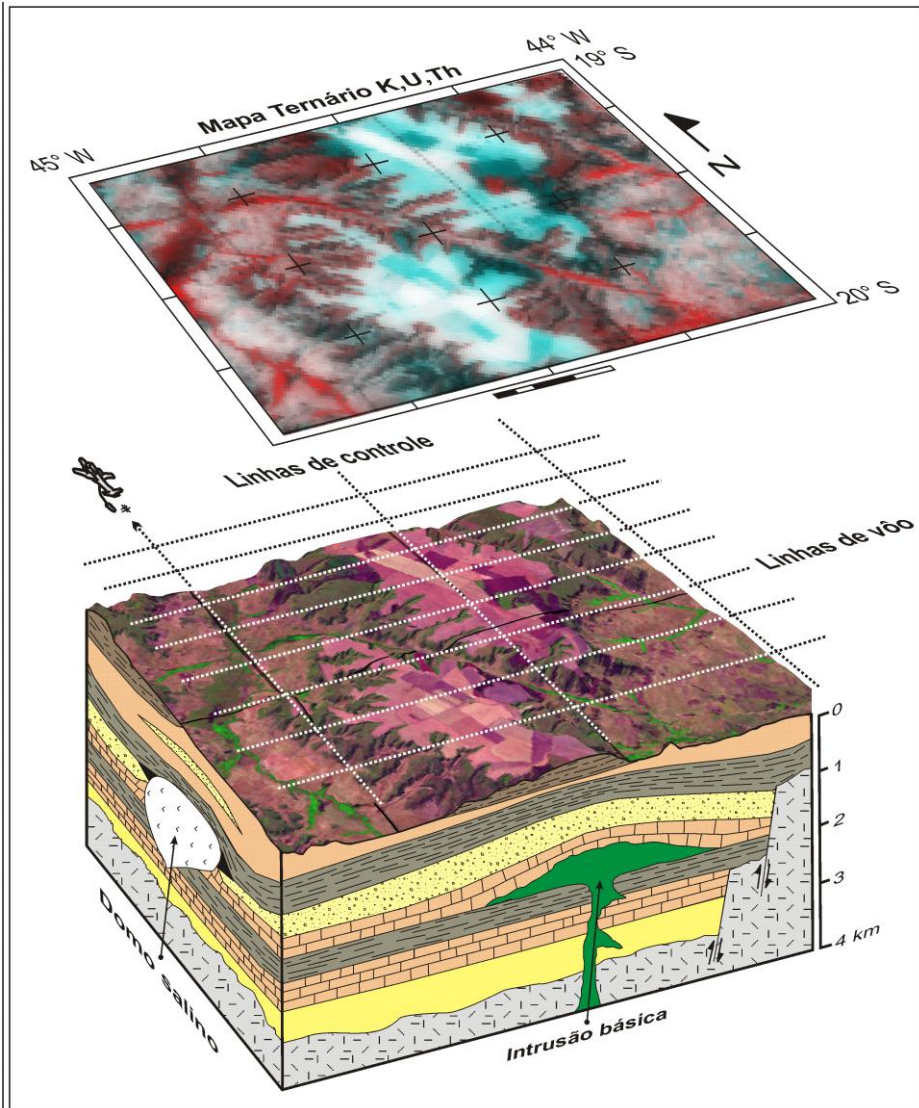
AEROGAMAESPECTROMETRIA

Specifications:

- NaI(Tl) crystals
- Model: PicoEnvirotec GRS410
- Cristal volume: 48/8 Litres
- Resolution: 256/512 channels with independent recording for NASVD processing
- Automatic spectral stabilization and linearisation

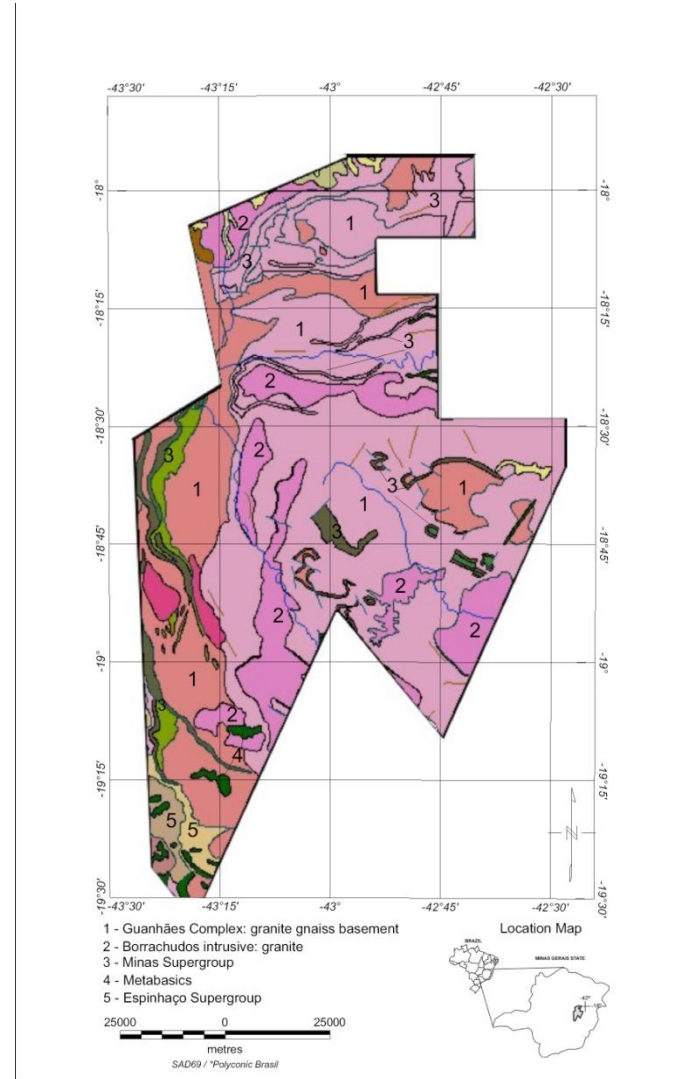
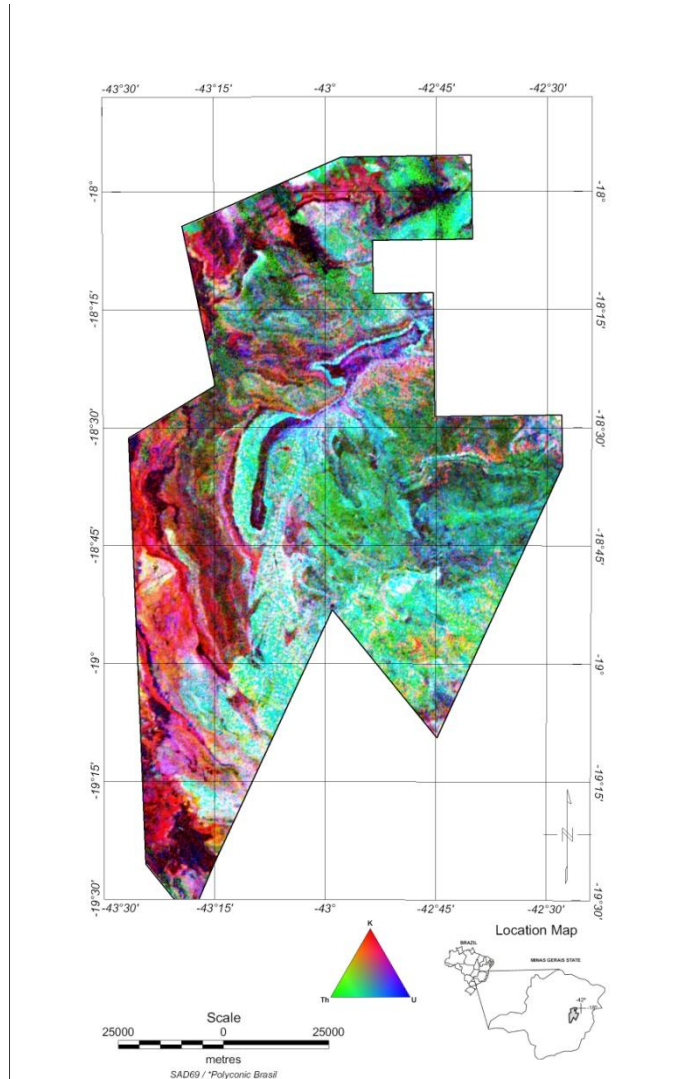


AEROGAMAESPECTROMETRIA

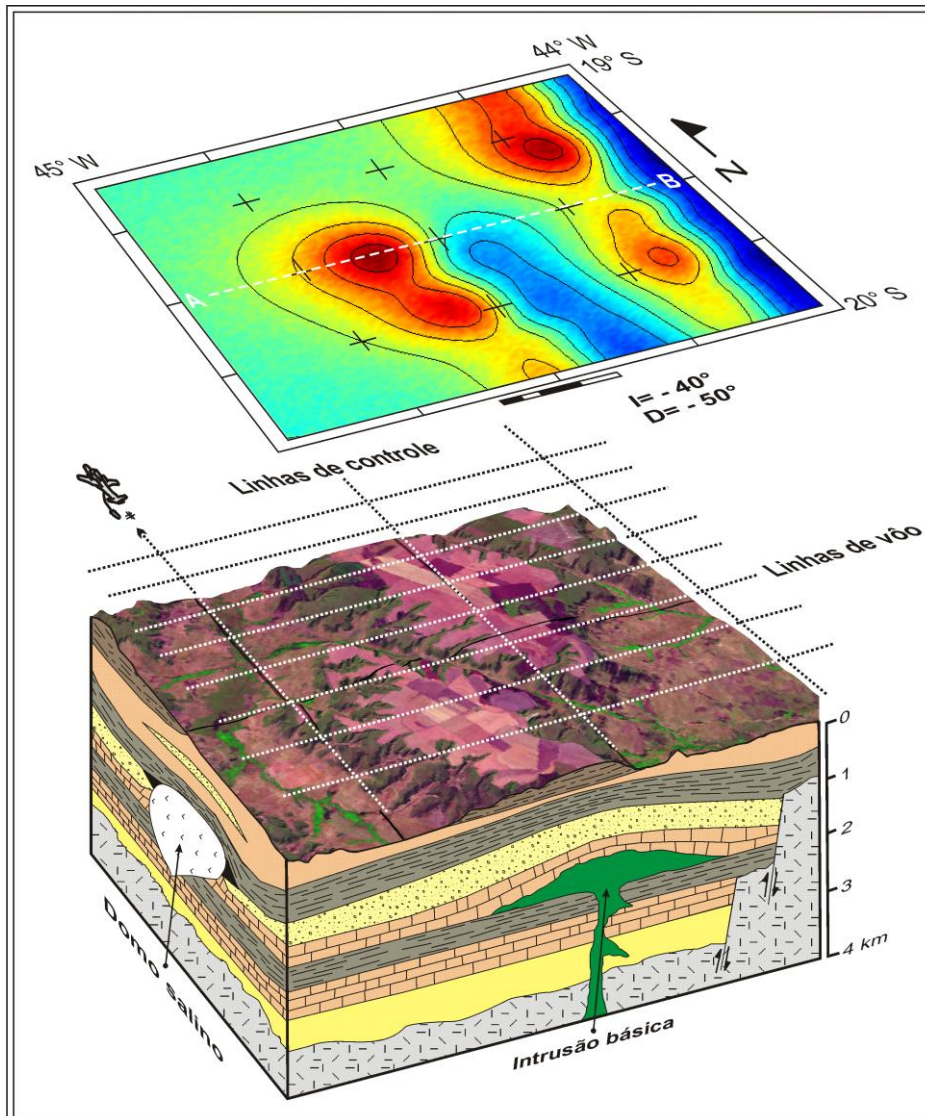


- Prospecção Mineral de Superfície
- Exploração de Hidrocarbonetos
- Mapeamento Geológico
- Exploração Mineral – Au, U, Th, Terras Raras
- Exploração Geotermal – alteração de K
- Mapeamento e Detecção de Contaminação: lixo militar e industrial
- Pesquisa para determinação de locais para mineração, reatores nucleares e indústrias

MAPA TERNÁRIO X GEOLOGIA



AEROMAGNETOMETRIA



- Necessita de bases magnéticas em solo para as correções
- Definições de alinhamentos e falhas
- Investigação da profundidade do embasamento cristalino
- Investigação de estruturas propícias ao acúmulo de hidrocarbonetos
- Busca de estruturas propícias a mineralizações como kimberlitos, jazidas de ferro e minerais metálicos

AEROMAGNETOMETRIA

Specifications:

Cesium vapour magnetic sensor

- Model: Scintrex CS3
- Noise envelope: 0.001nT
- Sample rate: 100Hz
- Operating range: 15000nT – 105000nT

Triaxial magnetic sensor, Fluxgate type

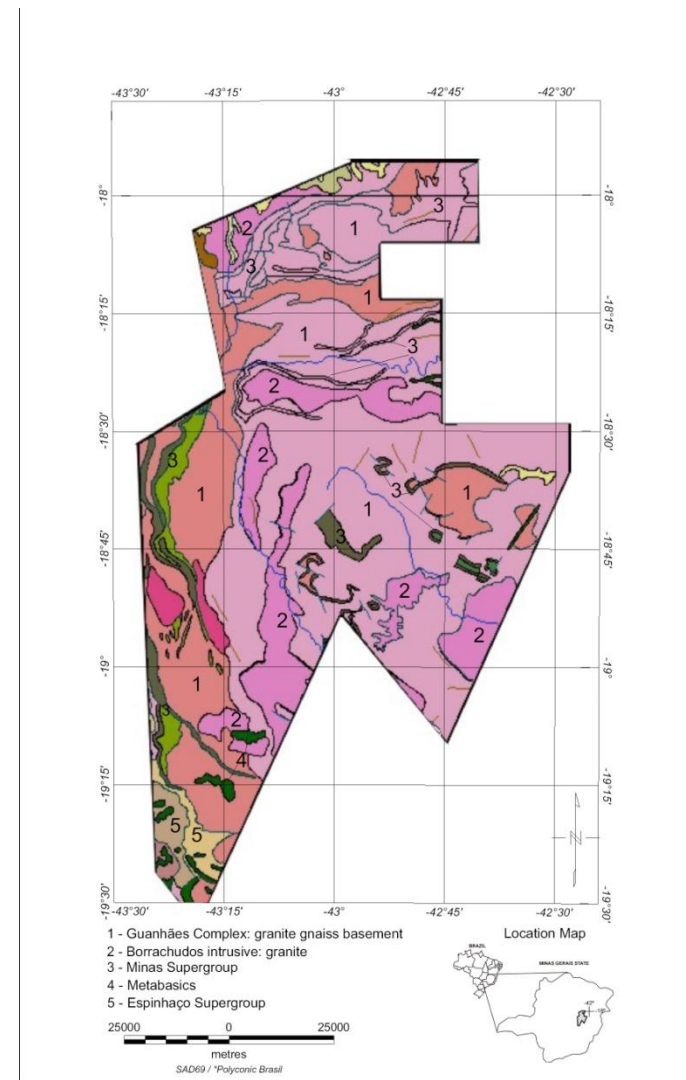
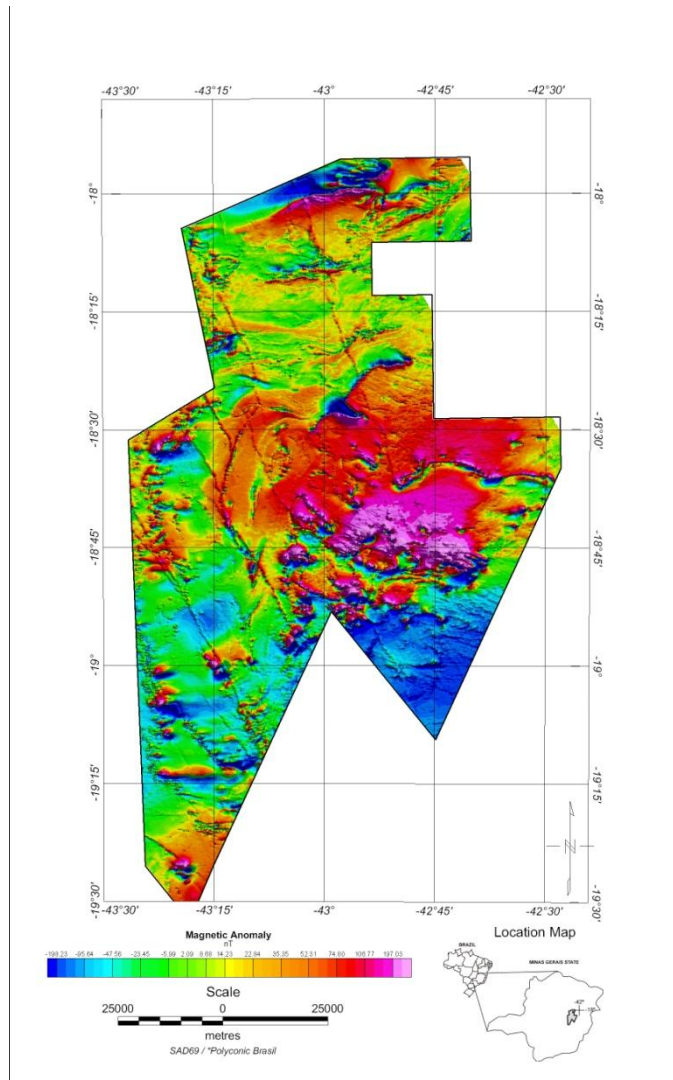
- Model: Stefan-Mayer FL3-100
- Accuracy: 0.5%
- Noise envelope: < 20 pT/sHz @ 1 Hz

Stinger with

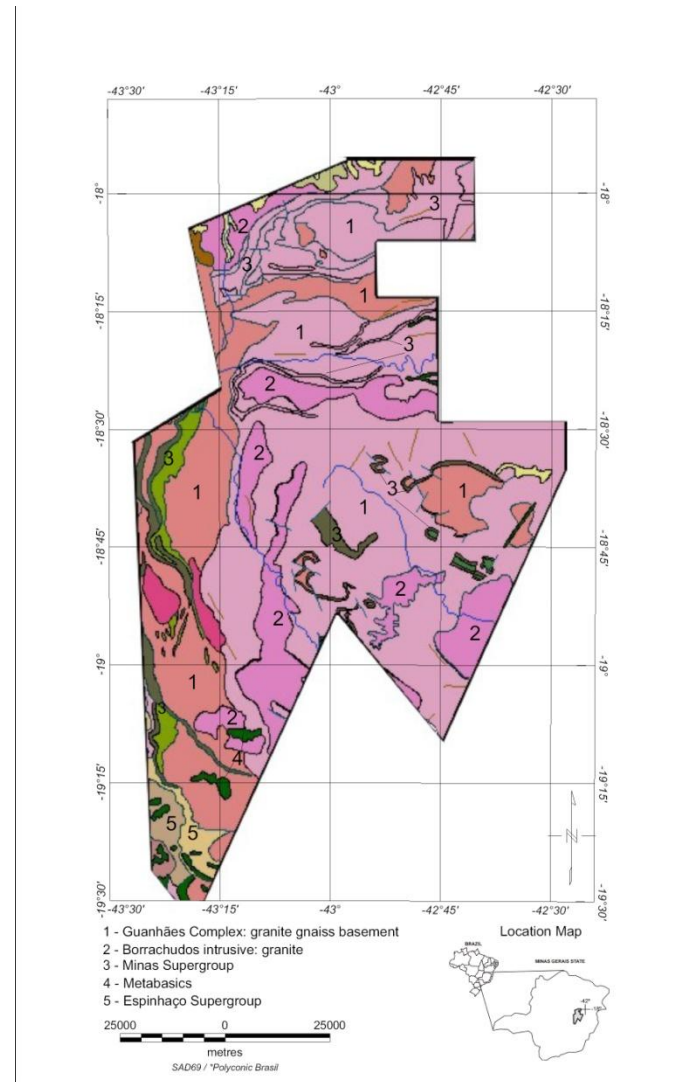
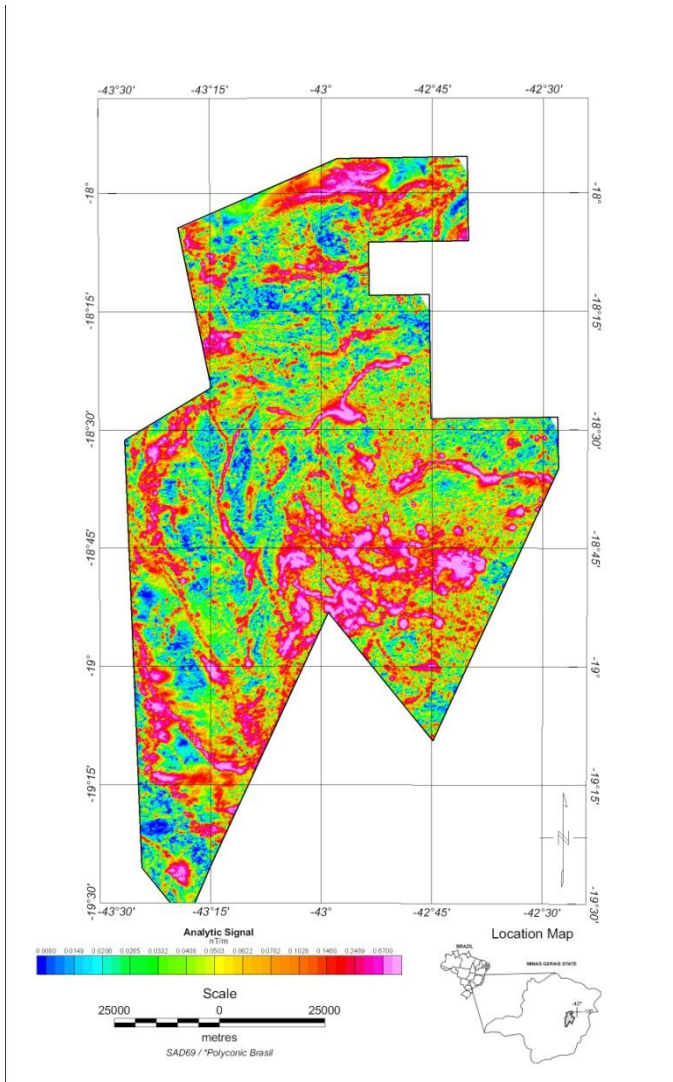
- over 4.5m in length
- Full non-metallic construction
- High resistance and stability



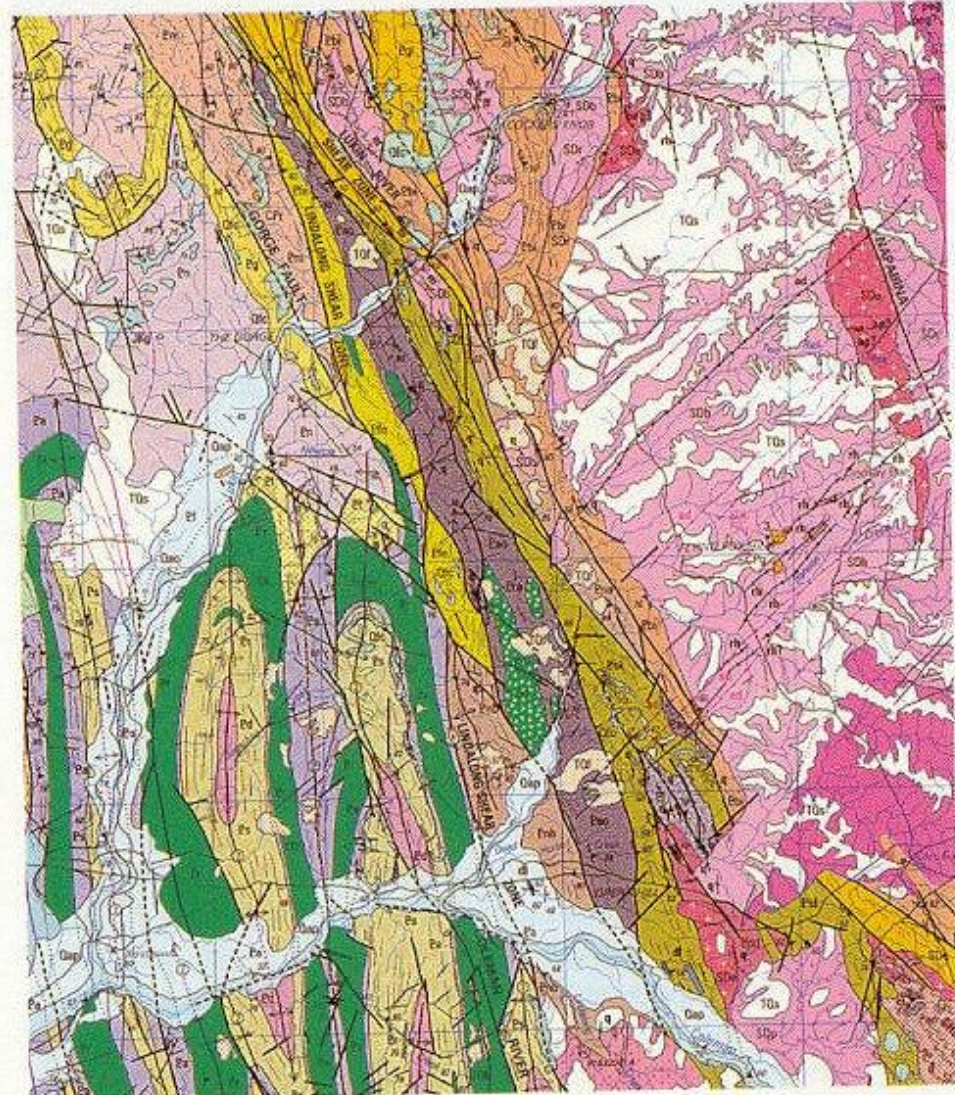
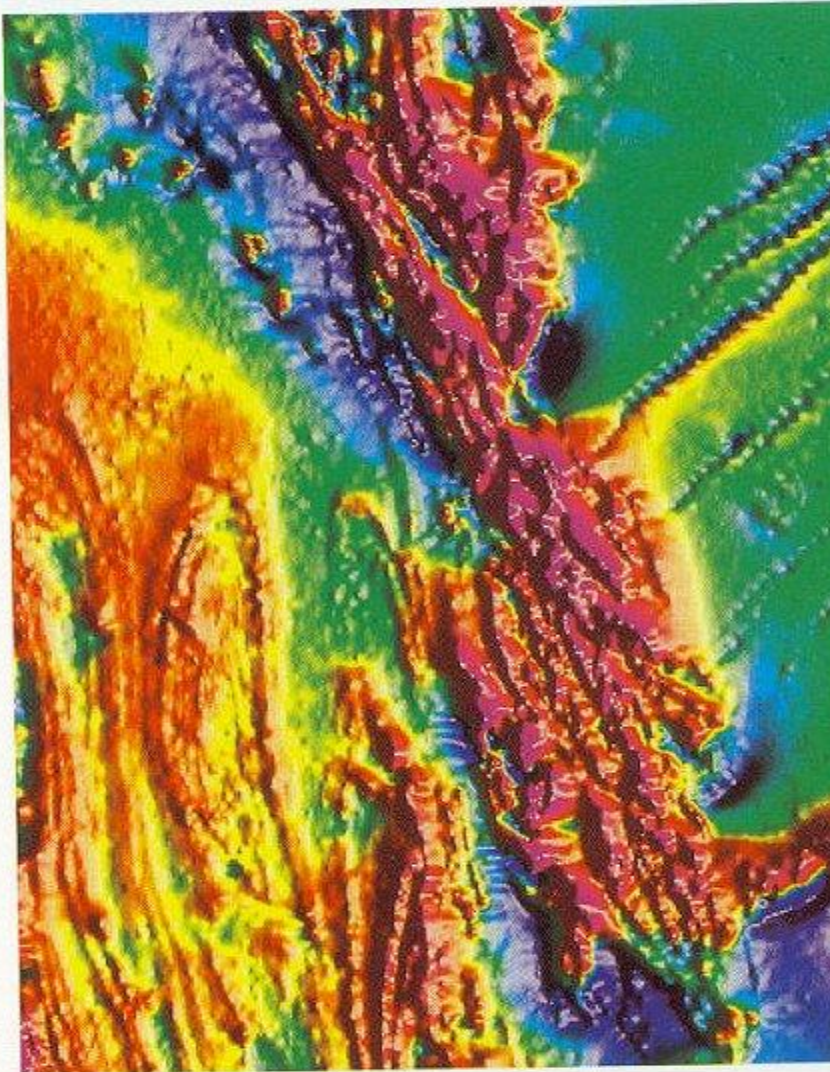
MAGNETOMETRIA X GEOLOGIA



SINAL ANALÍTICO X GEOLOGIA



MAGNETOMETRIA X GEOLOGIA



MODELAGEM MAGNÉTICA E GAMAESPECTROMÉTRICA

D – Mapa Ternário drapado sobre o modelo de fonte de anomalia detectada.

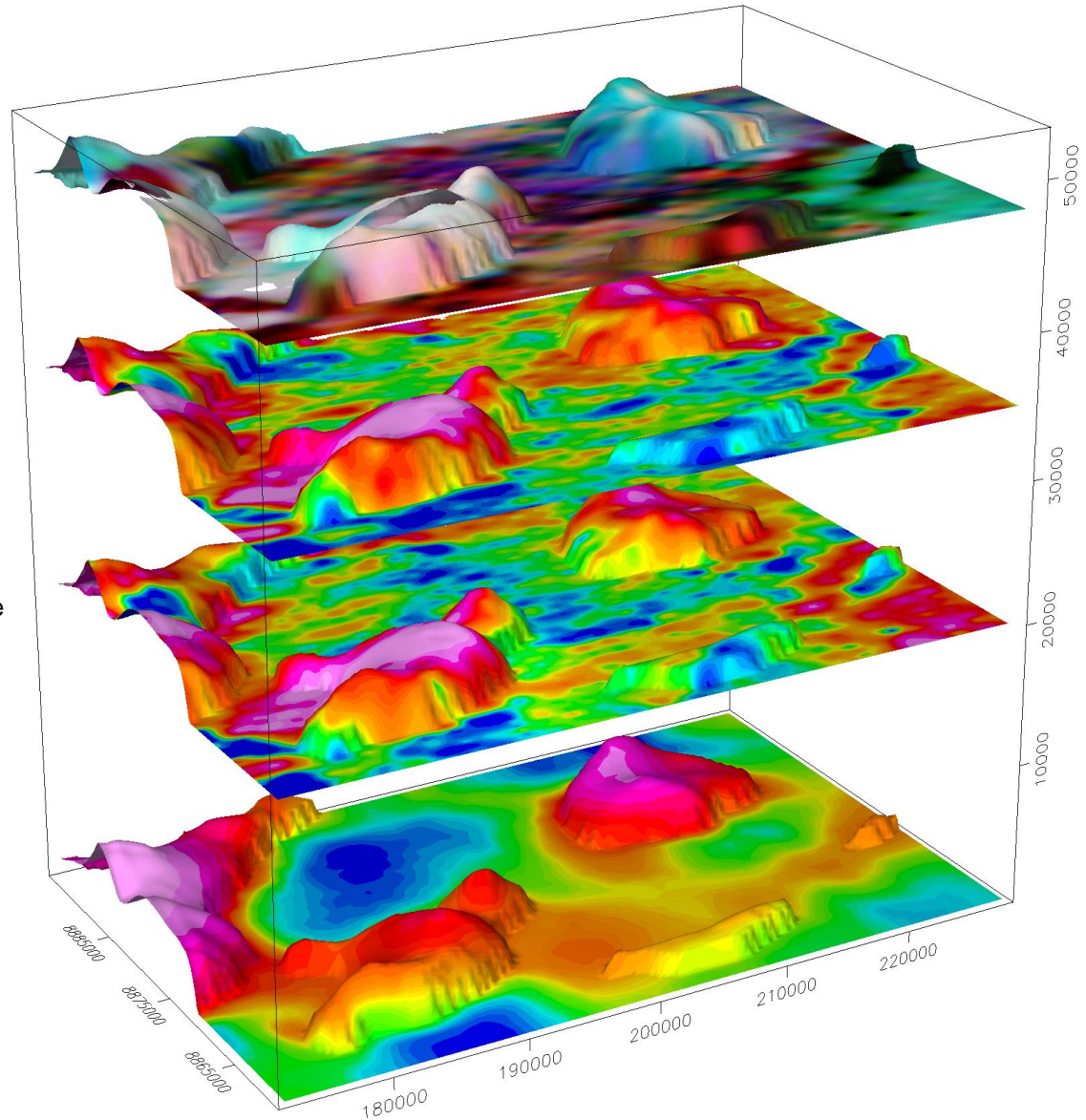
C – Mapa de Tório drapado sobre o modelo de fonte de anomalia detectada.

B – Mapa de Urânio drapado sobre o modelo de fonte de anomalia detectada.

A – Modelo de magnetização efetiva drapado sobre o modelo de fonte de anomalia detectada.

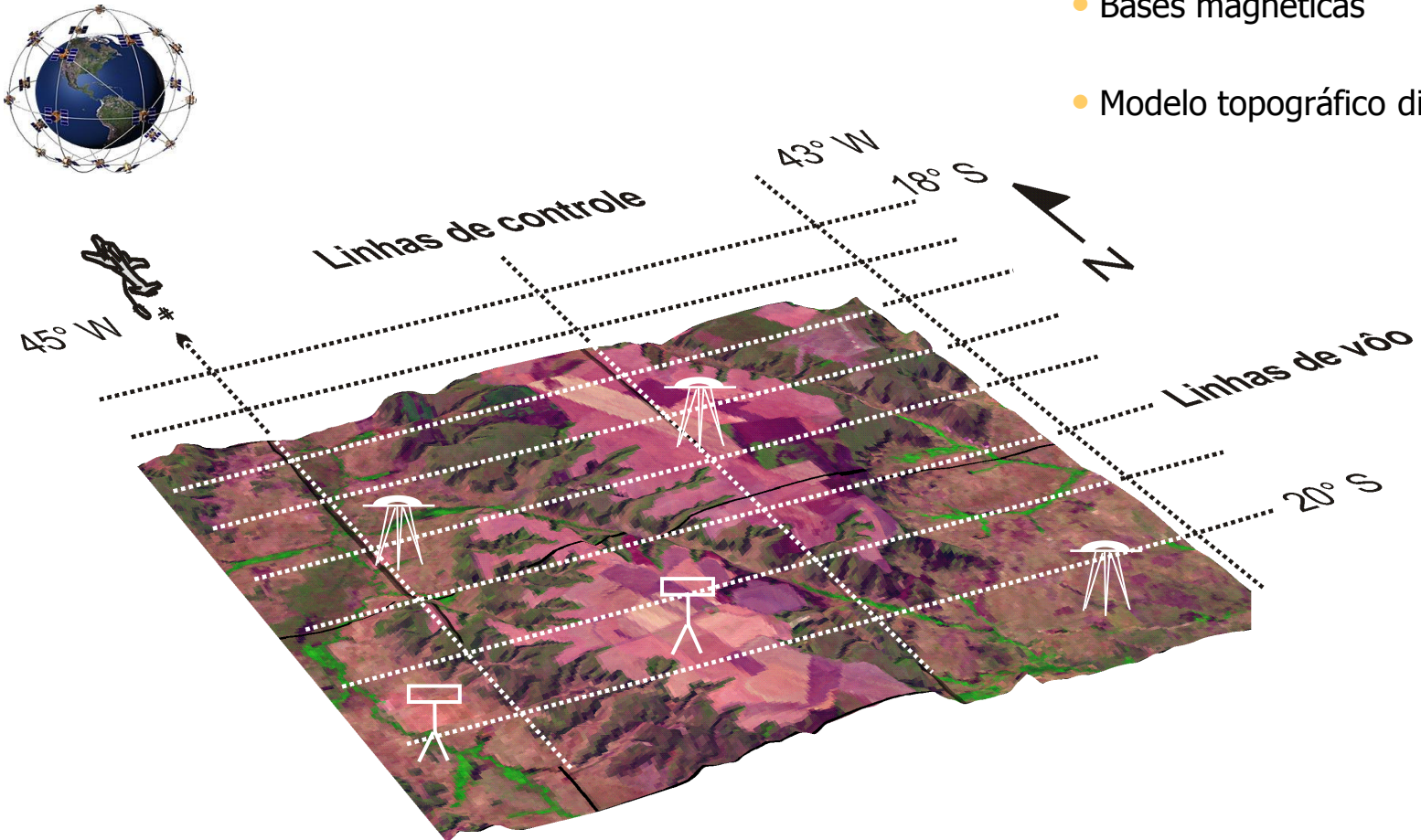
Magnetização calculada pelo REIST
Estimativa de prof. das fontes pelo ROMGAS

Deteção de fontes de anomalia magnética através do COSCAD 3D



GPS, BASES MAGNÉTICAS, TOPOGRAFIA

- Posicionamento GPS
- Bases magnéticas
- Modelo topográfico digital



TOPOGRAFIA MAPEADA POR RADAR

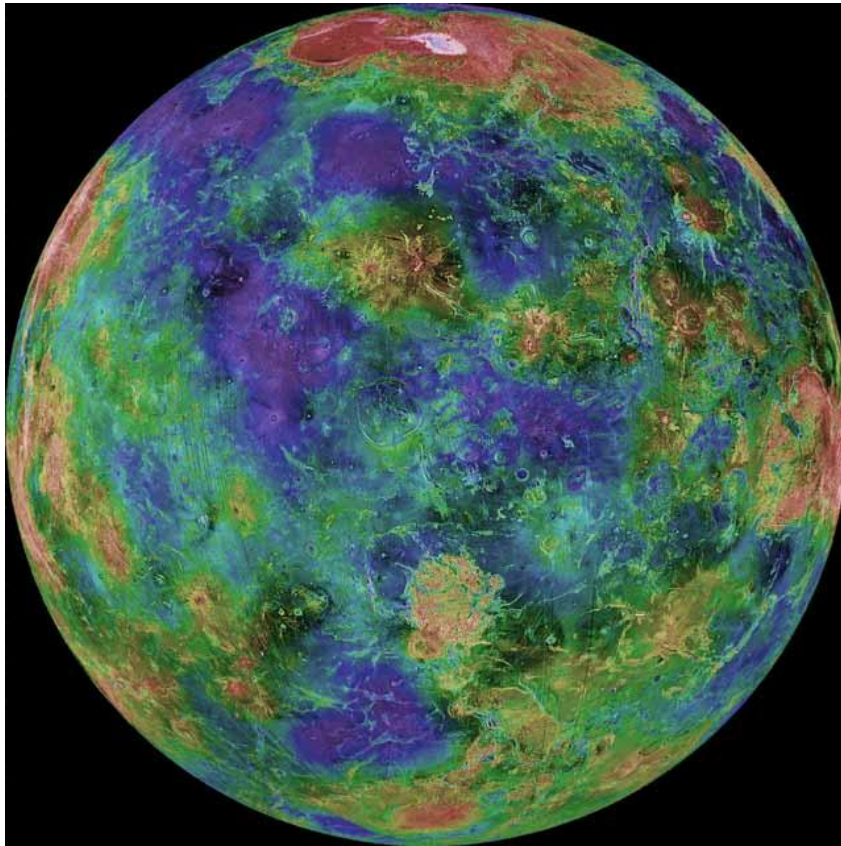
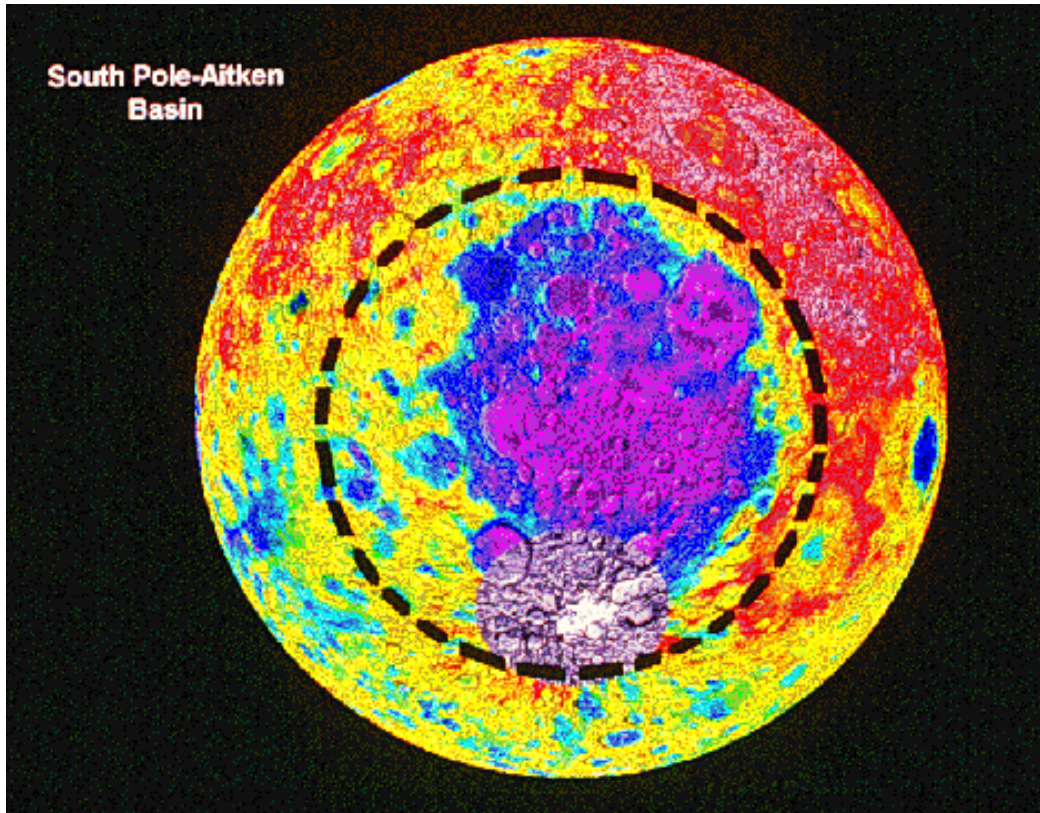


Imagem da superfície de Vênus mapeada por radar. Nota-se a presença de inúmeras crateras de impacto. As cores são artificiais, utilizadas para realçar as estruturas.

TOPOGRAFIA E SENSORIAMENTO REMOTO



Com quase 2000 km de diâmetro, a bacia Aitken, no pólo sul lunar, é a maior estrutura de impacto conhecida no Sistema Solar. Vista em cores artificiais, a cratera ocupa grande parte do hemisfério sul lunar, no lado oculto da Lua.

TOPOGRAFIA E SENSORIAMENTO REMOTO



Estrutura Richat, com 50 km de diâmetro, no deserto do Saara, imageada pela Challenger. Permanece um mistério a origem desta estrutura circular. Cratera de impacto, produto de vulcanismo, erosão de camadas sedimentares?

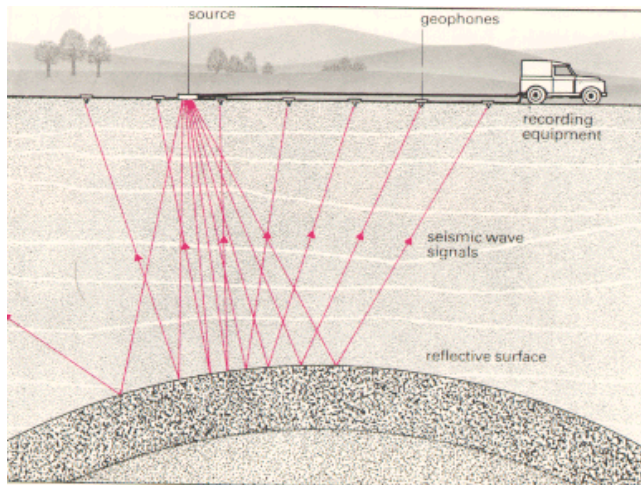
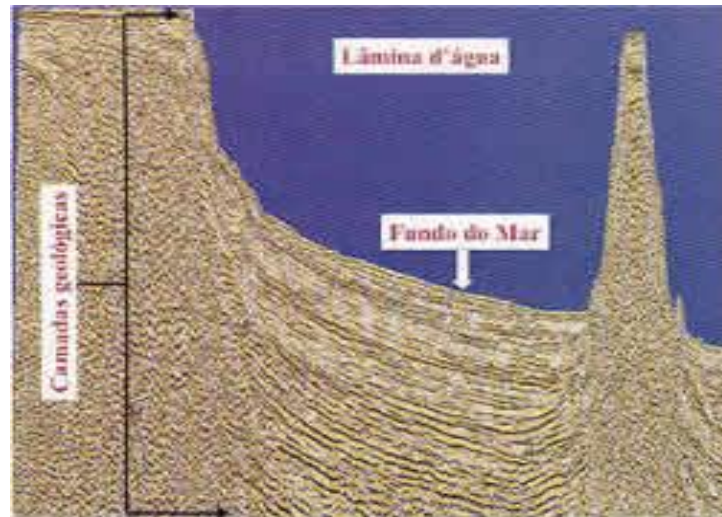
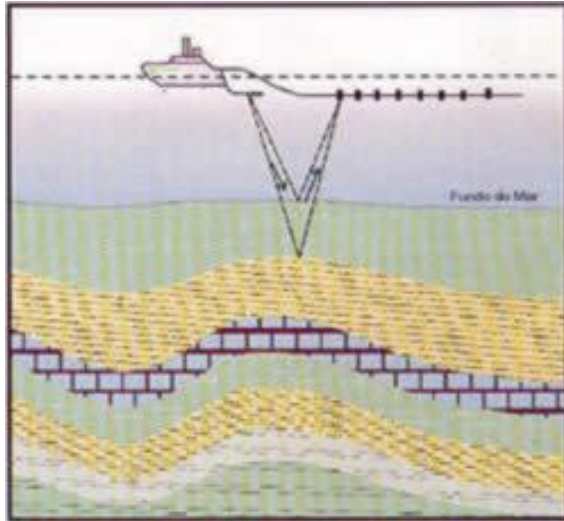


TOPOGRAFIA E SENSORIAMENTO REMOTO



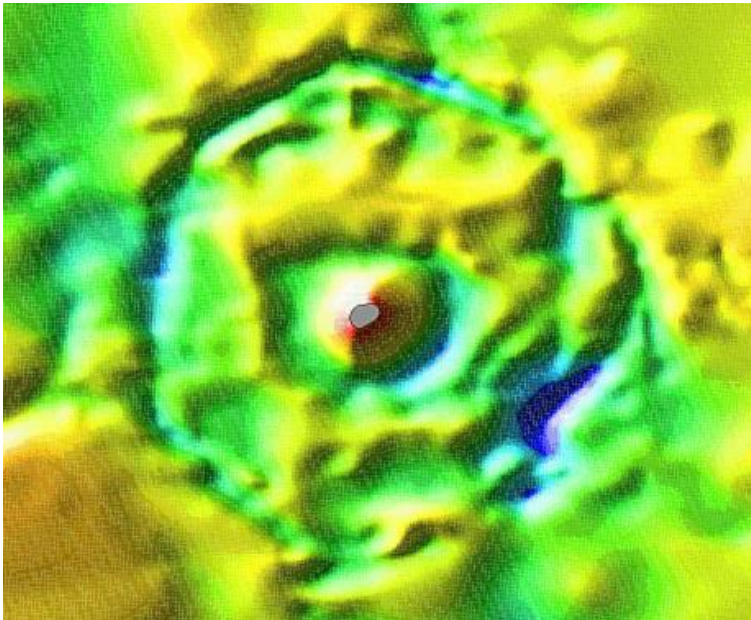
Cratera Galle, presente na superfície de Marte, também conhecida como cratera happy face.

SÍSMICA E BATIMETRIA



- Definição do assoalho oceânico
- Imageamento da estrutura em subsuperfície

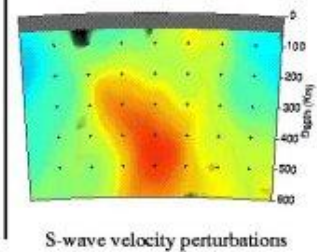
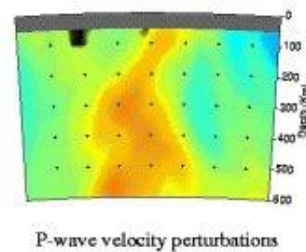
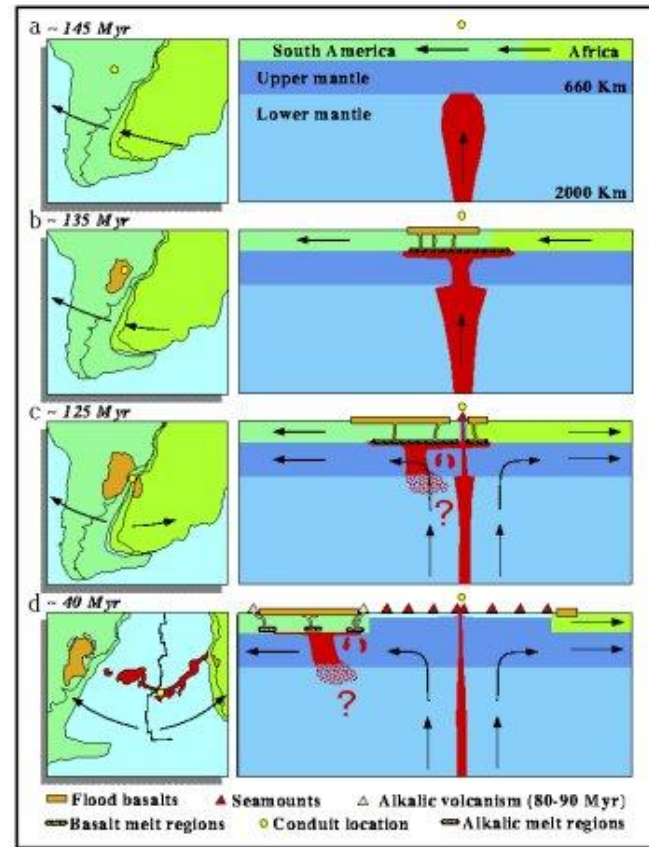
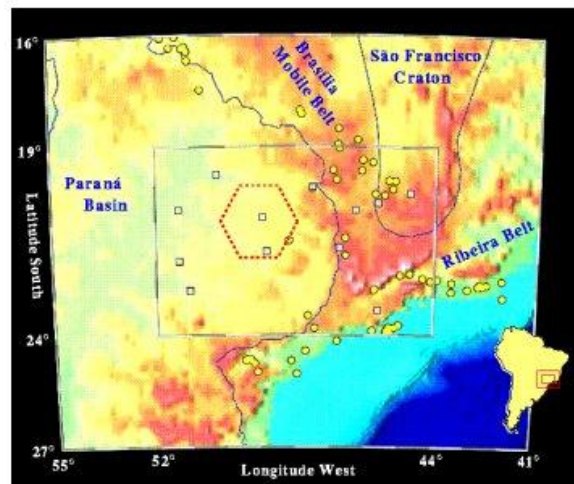
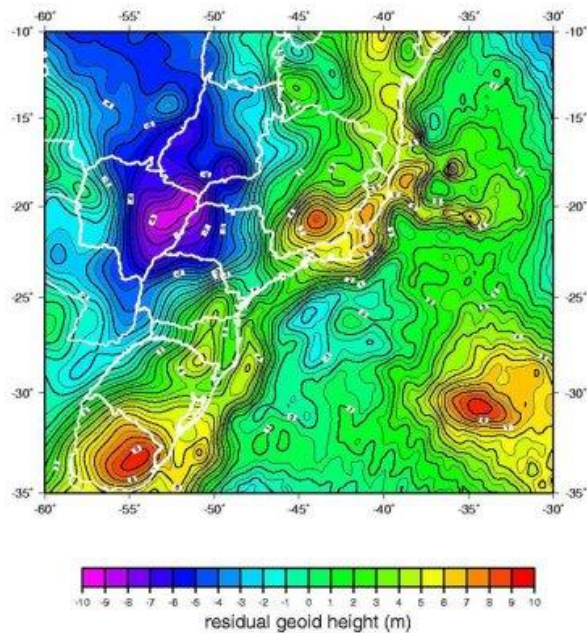
SÍSMICA E BATIMETRIA



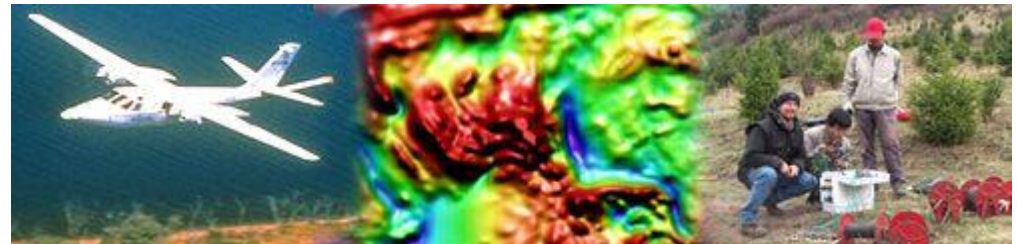
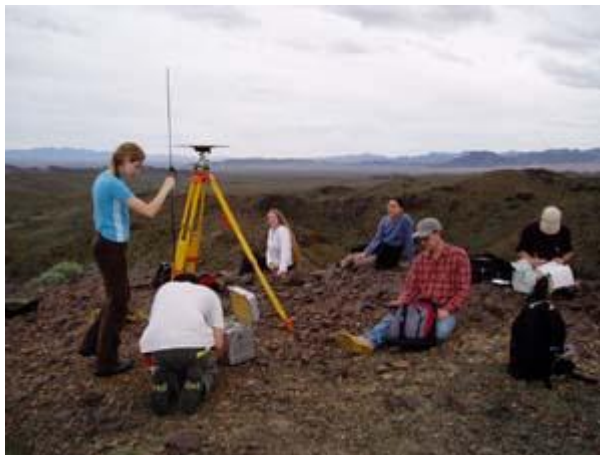
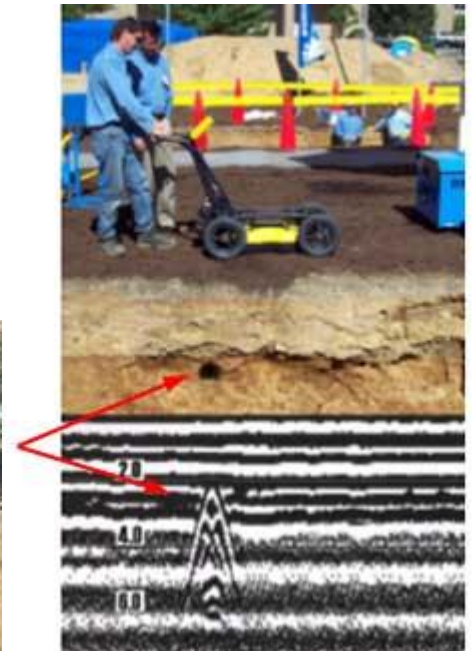
Cratera Mjølnir – o martelo de Thor

Encontrada no fundo do mar de Barents, por perfilagem sísmica. A cratera tem diâmetro de 35 km, e deve ter sido causada por um impacto com energia de 1 milhão de megatons.

TOMOGRAFIA SÍSMICA



MATERIAL HUMANO



AGRADECIMENTOS



AeroGeoPhysica
LATINOAMERICA



FIM