

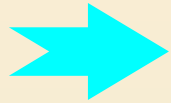


## MEG-HYBAM - Monitoramento Espacial Hidrológico em Grandes Bacias

Monitoramento dos níveis dos rios por satélites:  
princípios e metodologias

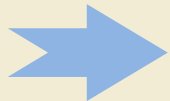


## Utilização dos dados de satélites na hidrologia : uma fonte de informação complementar

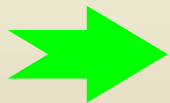


*cobertura homogênea e contínua de grandes superfícies*

- no espaço: acesso a extensas áreas
- no tempo: repetitividade regular



*prazo de distribuição reduzido*



*distribuição gratuita (frequentemente)*



## Altimetria Espacial: Princípios

### Tecnologia de radar:

- desenvolvida durante a segunda guerra mundial.
- enviar um pulse eletromagnético em direção a um alvo reflexivo e medir o intervalo de tempo  $\Delta t$  que separa a emissão da onda do eco recebido.
- $d = c \cdot \Delta t / 2$  com  $c$  = velocidade da luz

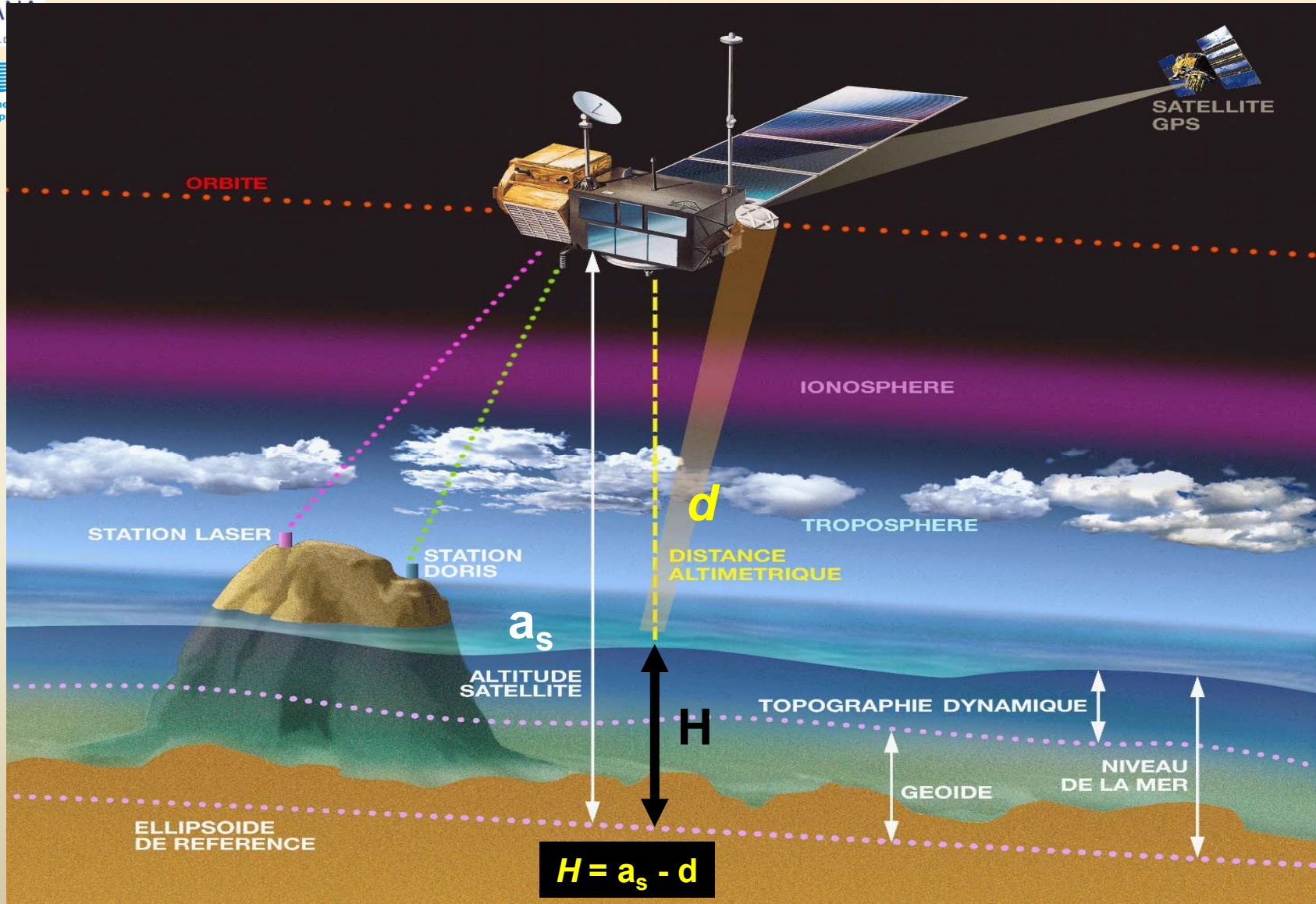
$d$  = distância entre o emissor e o alvo

### Altímetro a bordo de satélites:

- a partir dos anos 1970
- para medir a distância entre o satélite e a superfície terrestre na direção do nadir
- principalmente para estudar os oceanos

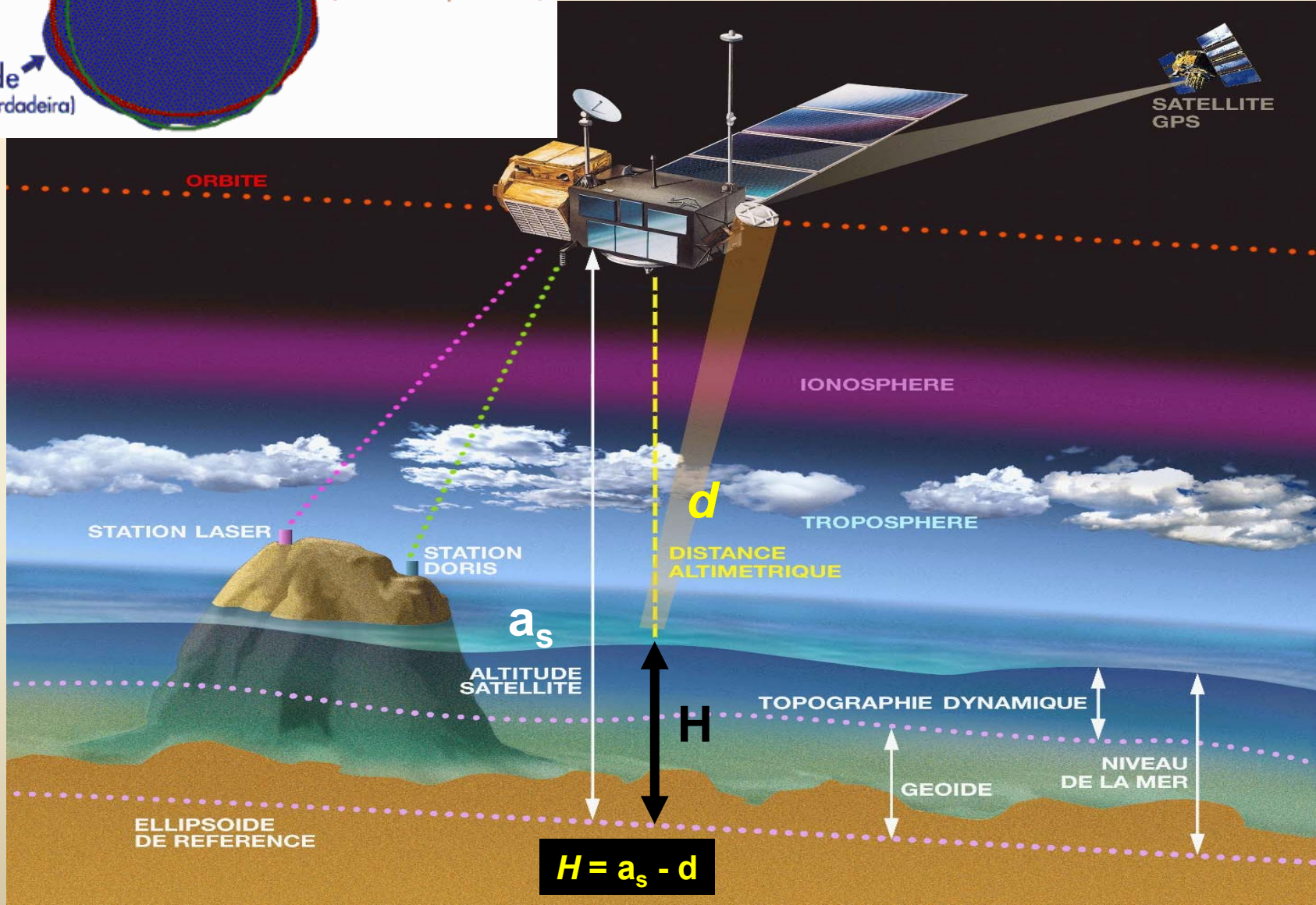
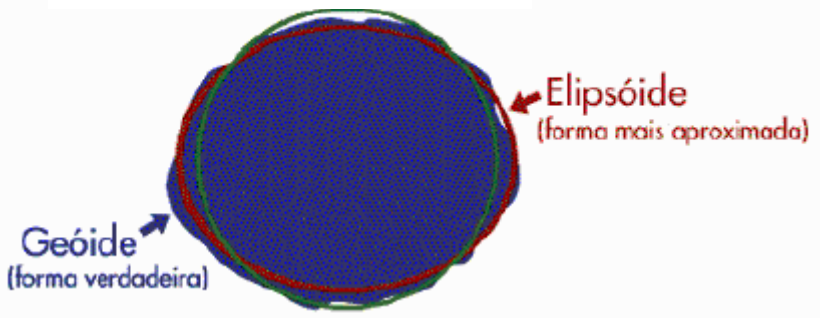


# Altimetria Espacial: Princípios



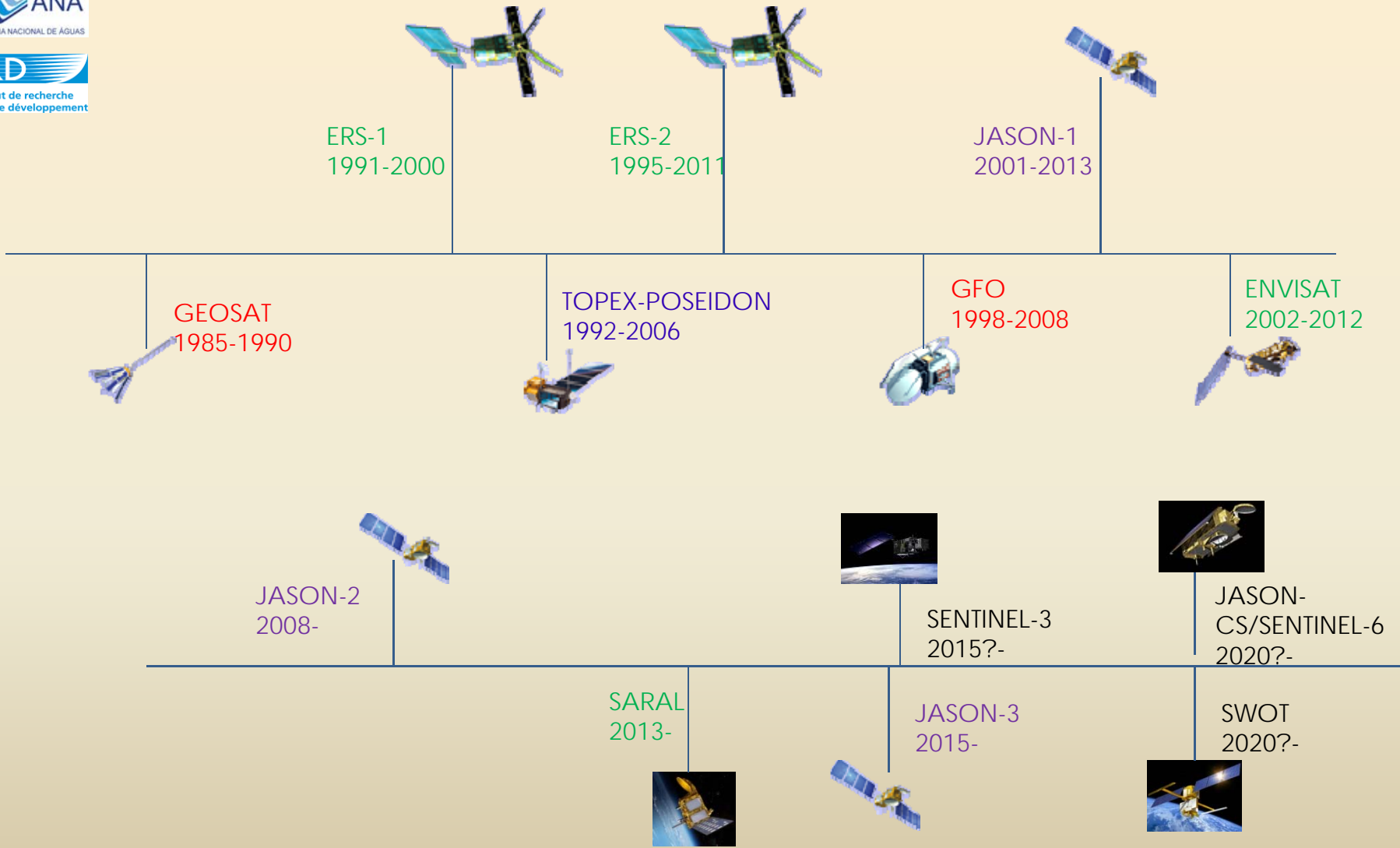
Fonte: professoralexeinowatzki.webnode.com.br

# Altimetria Espacial: Princípios





# Principais satélites com altímetro a bordo





## Altimetria espacial no contexto do monitoramento do nível dos rios de grande porte:

### *-Dificuldade de operação das redes de observação convencionais*

- áreas de difícil acesso ou em outro país
- instabilidade de recursos financeiros para operação e manutenção da rede
- alto custo para instalação e manutenção de equipamentos automáticos
- falhas nos dados prejudicando os estudos a longo prazo e as previsões

### *-Uma oportunidade :*

- existência de satélites altimétricos operacionais para medição do nível dos oceanos desde os anos 90
- no final dos anos 90 cogitou-se em aproveitar as medições altimétricas continentais registradas sobre os grandes corpos de água
- a bacia amazônica com grandes corpos de água adaptados para testar a metodologia
- levou a ANA e o IRD a desenvolver o projeto Meg-Hybam a partir de 2009.



# Altimétrie spatiale : Amostra da cobertura espacial



Institut de recherche

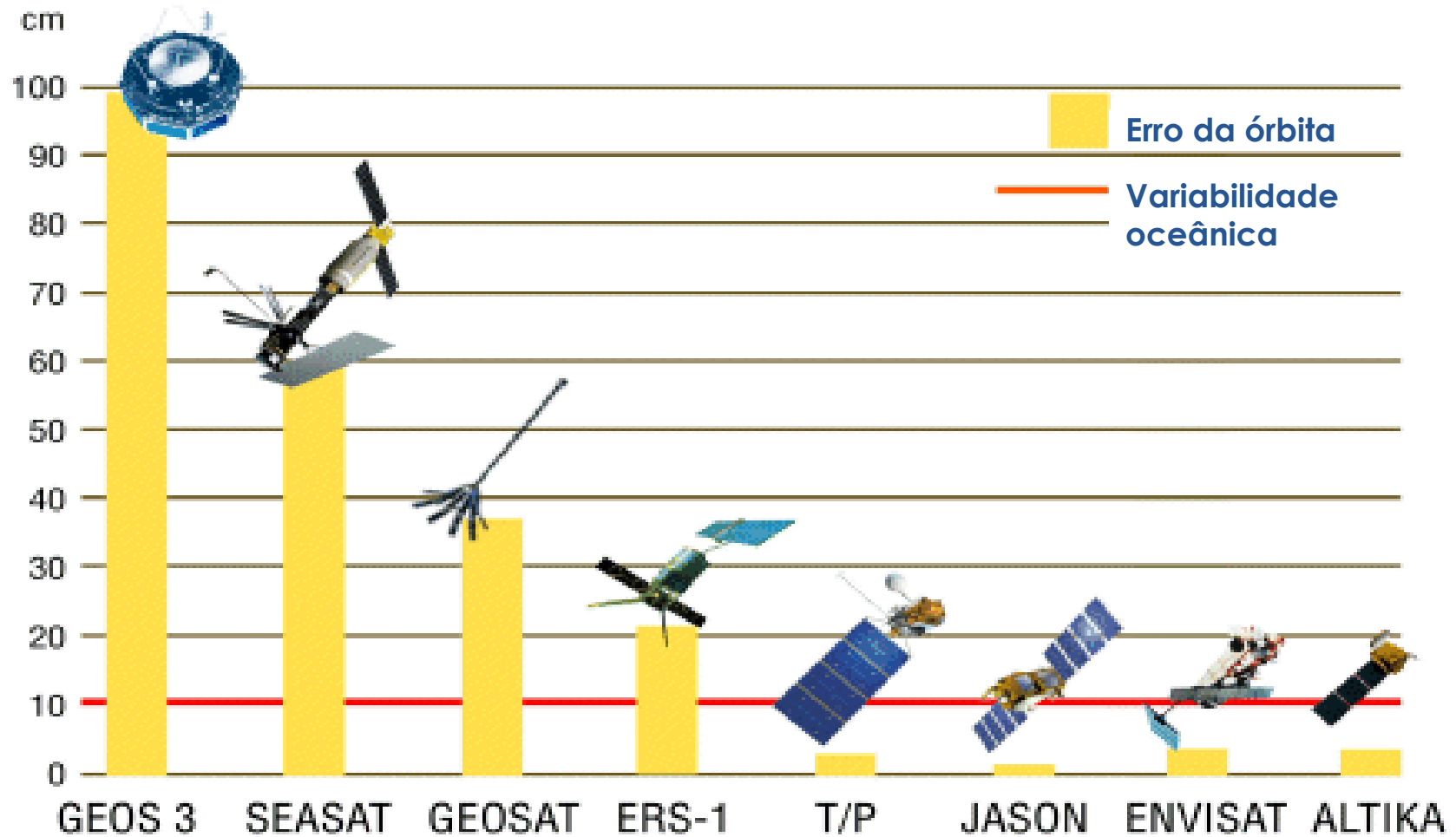
— : ENVISAT/SARAL — : TOPEX/JASON







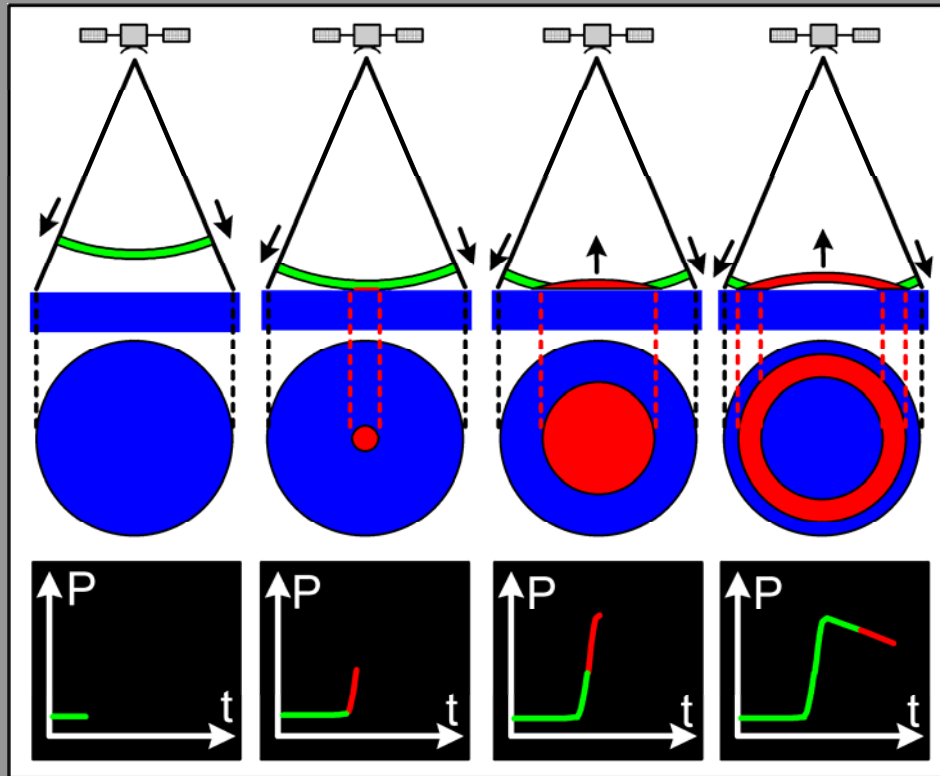
## Altimetria Espacial: Altura do satélite ( $a_s$ ): órbita



A precisão da órbita.(Fonte: Aviso)

# Altimetria Espacial: Medida altimétrica (d): oceano

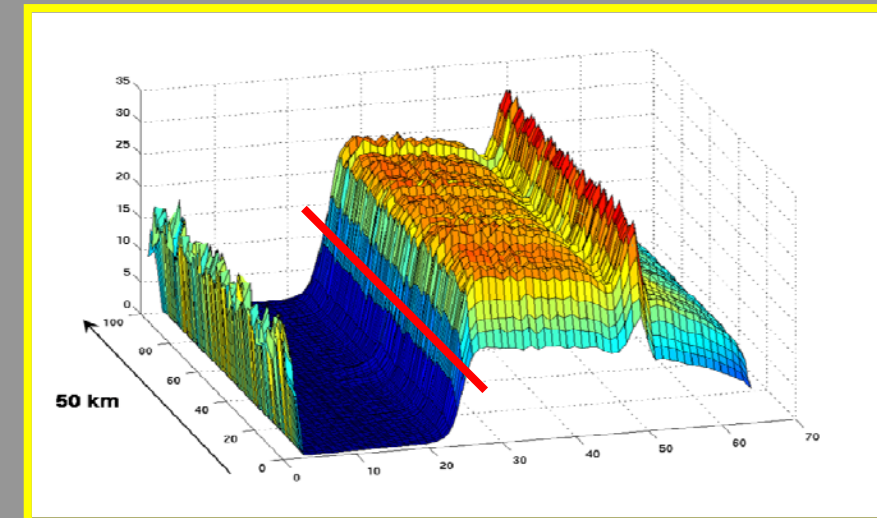
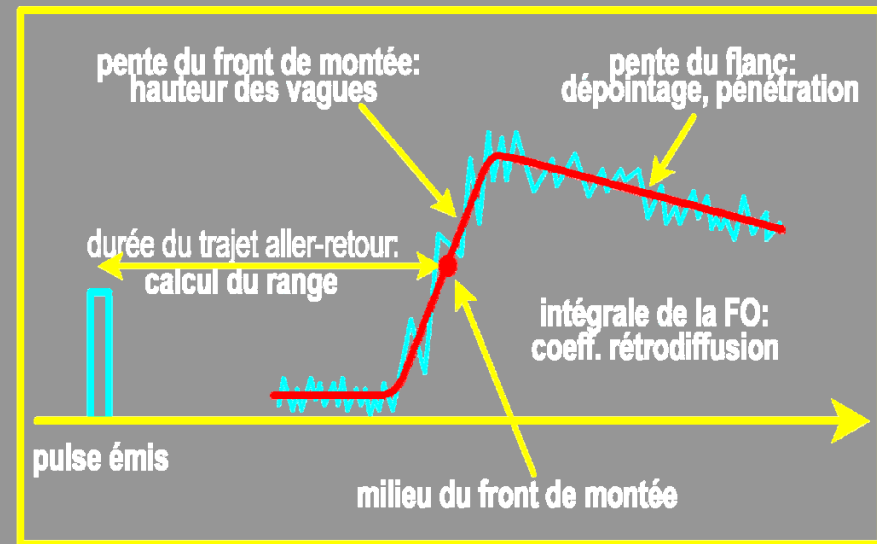
## Formação de eco do radar



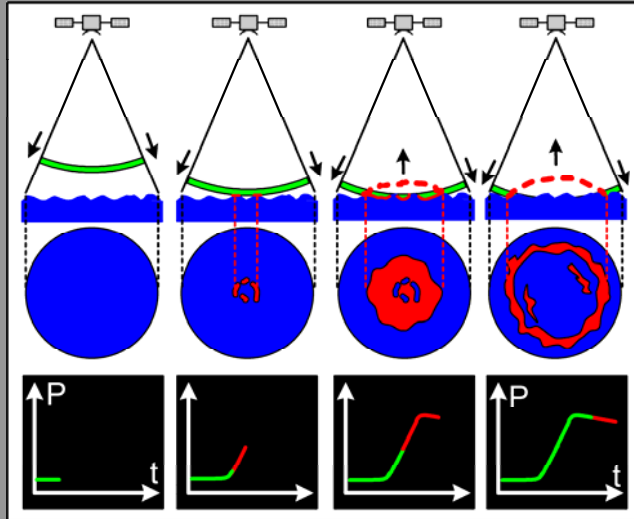
Largura da faixa imageada



## Forma de onda (FO)



## Medida altimétrica (d): especificidade relativa ao domínio continental



### Ausência de medida

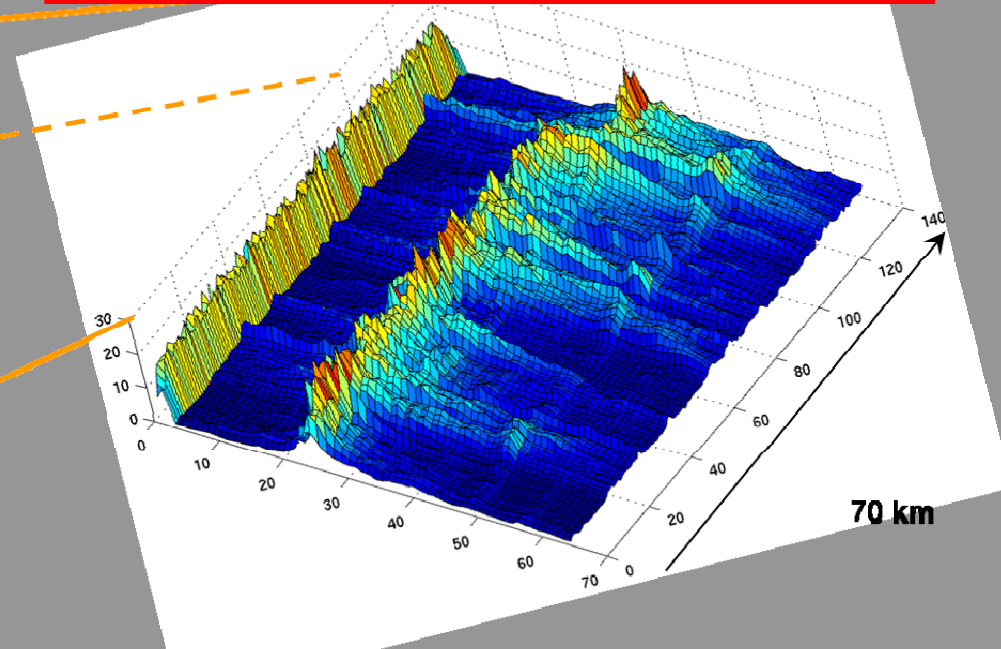
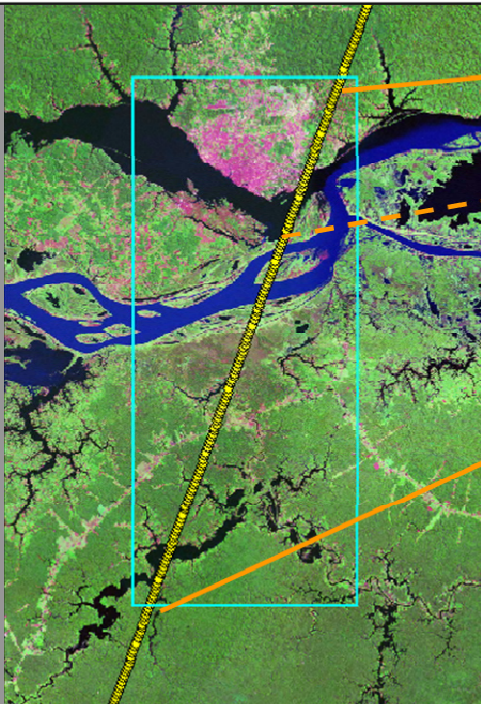
#### • Contrastes topográficos

- Interior da faixa imageada
- Distorção das formas de onda e perda da medida

#### • Contraste de retrodifusão

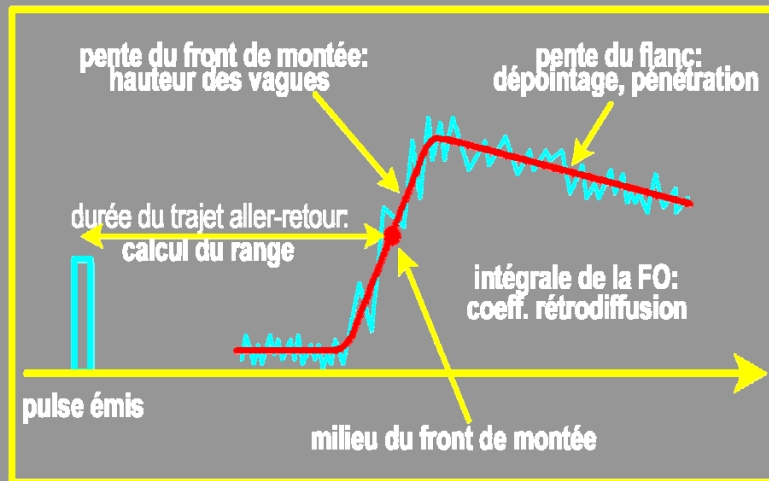
- Refletores de natureza diferente
- Saturação do instrumento e perda do sinal

**Importante papel da superfície reflexiva**

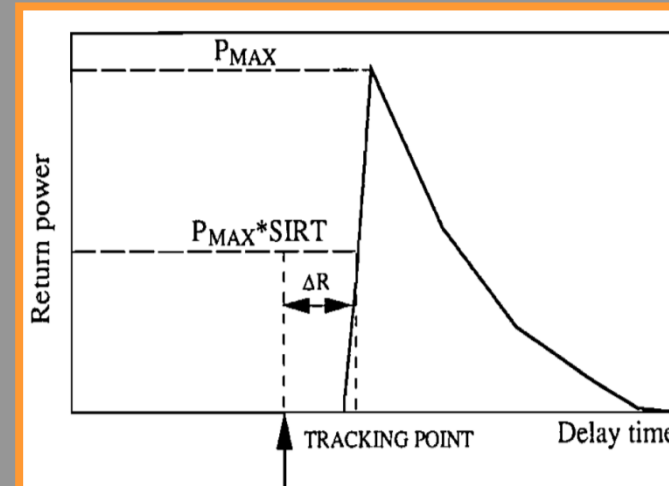


# Medida altimétrica (d): especificidade relativa ao domínio continental

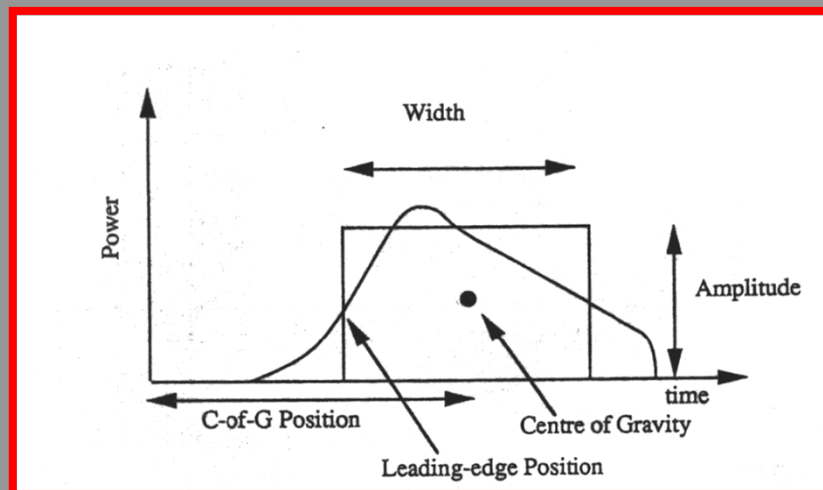
## OCEAN



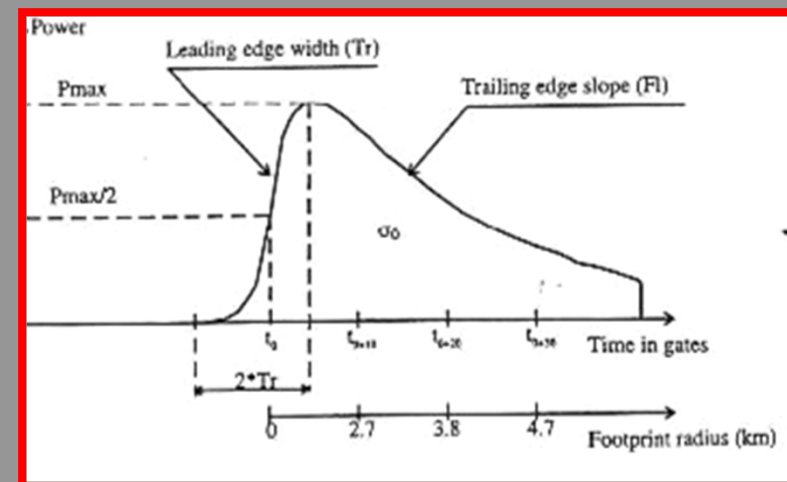
## SEA ICE



## ICE-1



## ICE-2





## Medida altimétrica ( $d$ ): situações específicas ao domínio continental

### Perda da ancoragem:

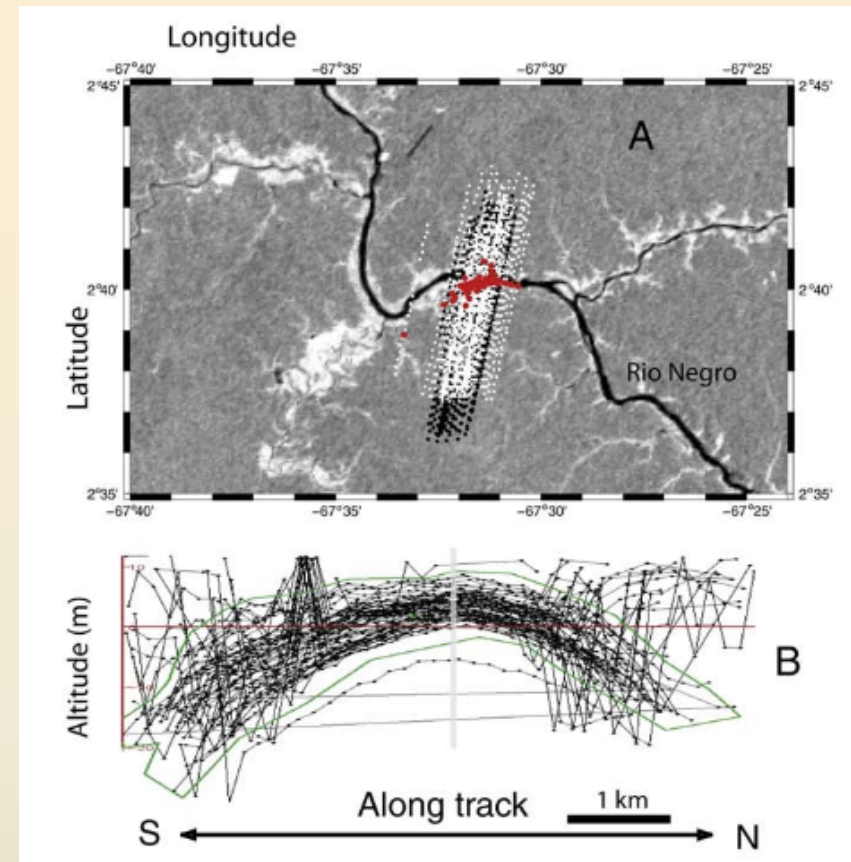
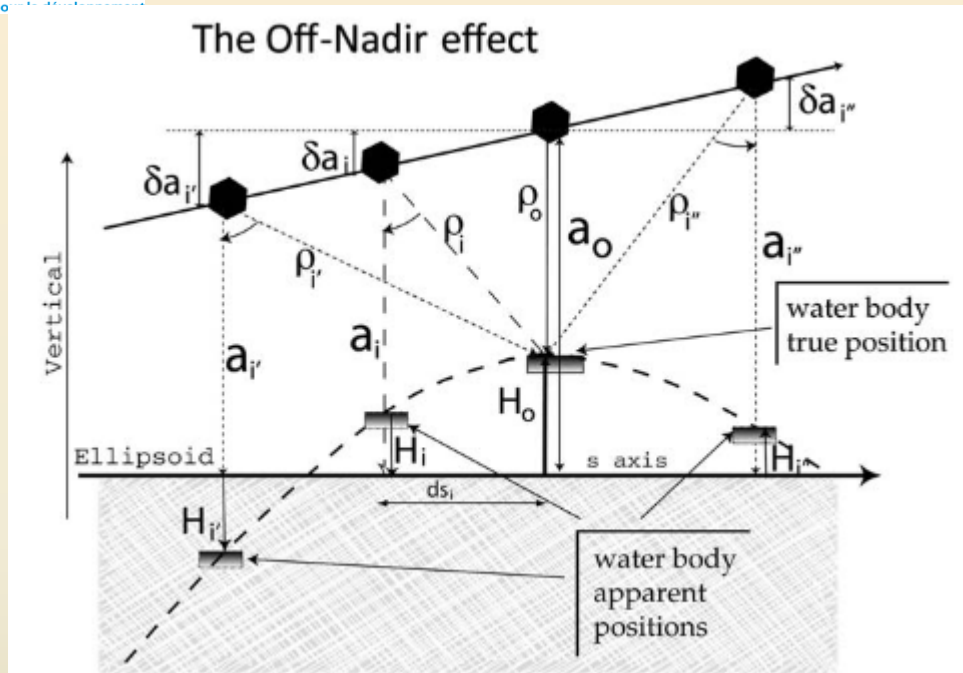
- causada pela variações de relevo : concebido para os oceanos, o altímetro tenta antecipar a próxima medição
- provoca uma saturação no sensor de captação → perda de medições
- tempo necessário para re-inicializar → perda de medições.

### Efeito de afastamento do nadir (off-nadir ou hooking):

- ocorre quando o altímetro passa de um meio pouco reflexivo a um meio mais reflexivo (ou o contrário)
- a distância estimada não corresponde ao nadir → superestimada
- pode ser corrigido na interpretação dos dados
- pode ser uma vantagem no caso de rios estreitos → maior número de medições
- pode ser desvantagem no caso de rios largos → vários off-nadir sucessivos.



# Medida altimétrica ( $d$ ): situações específicas ao domínio continental



Fonte: Santos da Silva et al. 2010



## Altimetria espacial: Principais correções aplicadas à medição bruta

### Correções atmosféricas

- ligada à ionosfera: presença de electrões livres devido a radiação solar; entre 5 e 17 cm
- ligada à troposfera seca: presença de gases; estimada por modelagem; em torno de 2.30 m
- ligada à troposfera úmida: estimada por radiômetro ou modelagem; até 40 cm.

### Correções geofísicas

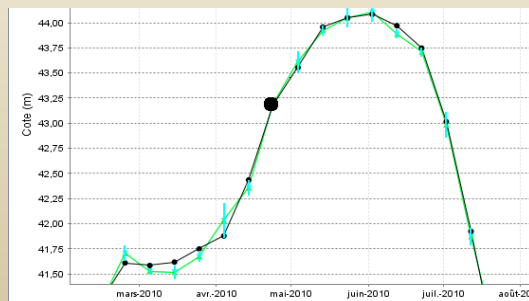
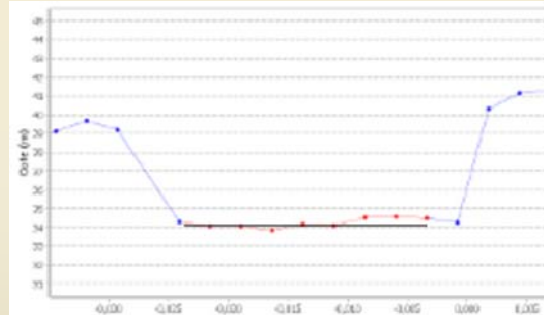
- maré sólida: deformação da porção sólida do planeta; até 20 cm
- maré polar: causada pelas mudanças de orientação do eixo de rotação do planeta; estimada por modelagem; em torno de 2 cm.



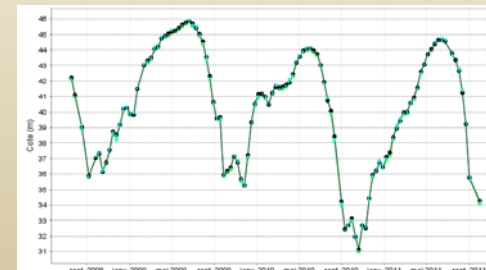
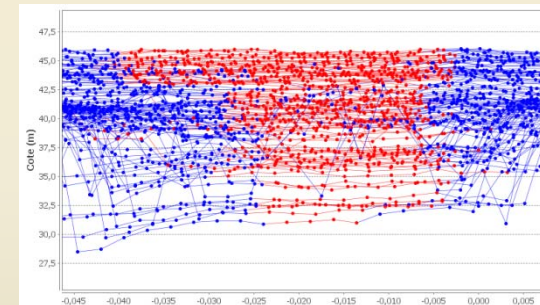
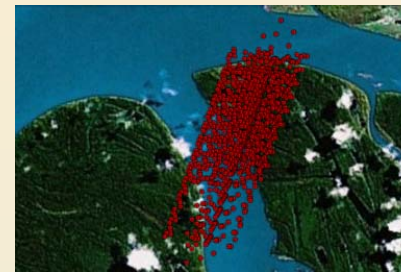
# Altimetria espacial : Princípios de extração da cota

Pontos de vista diferentes

Uma passagem do satélite



Uma estação virtual



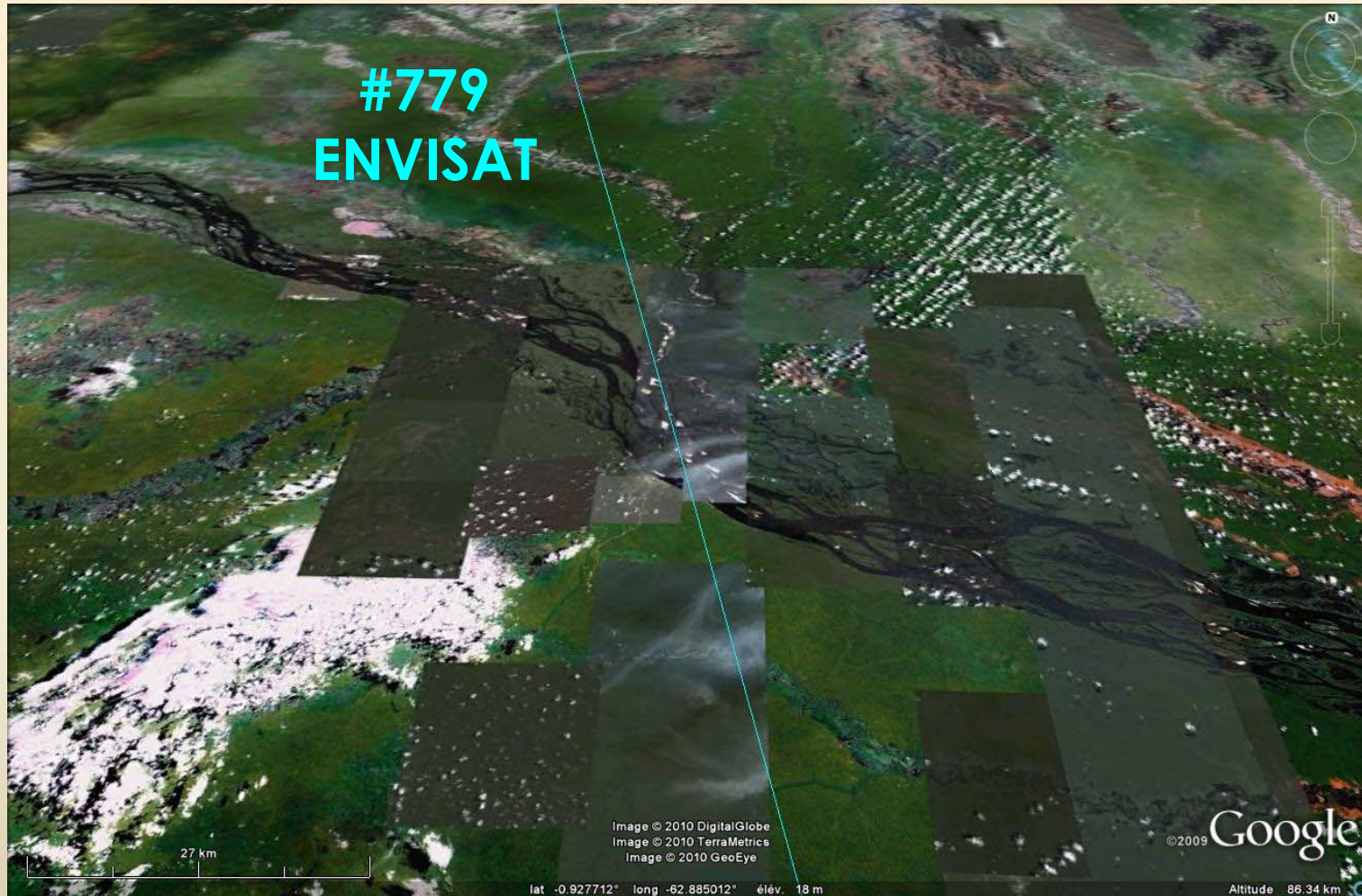
Vista aérea

Vista transversal

Cotograma

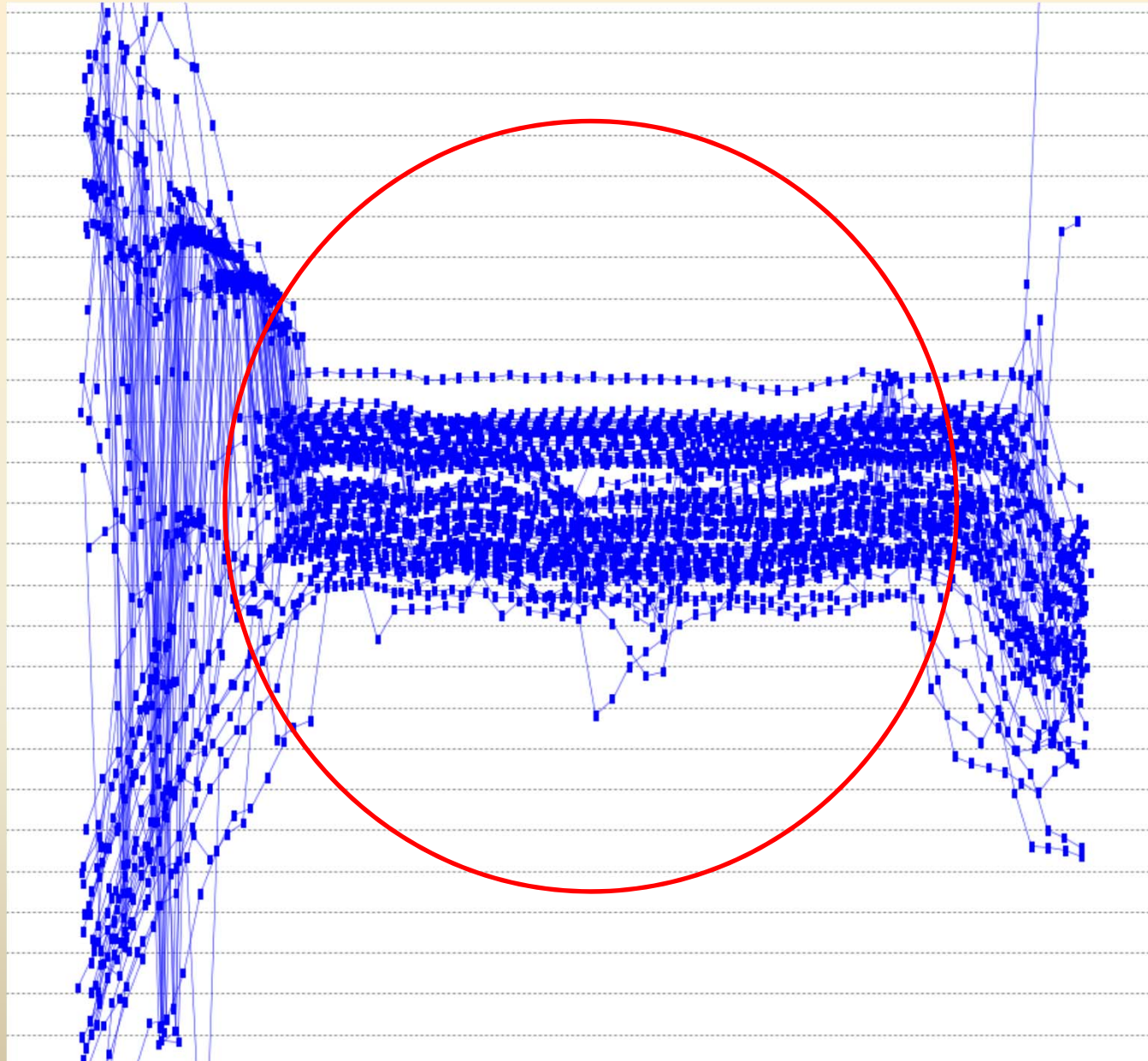


# Altimetria espacial: Seleção dos dados

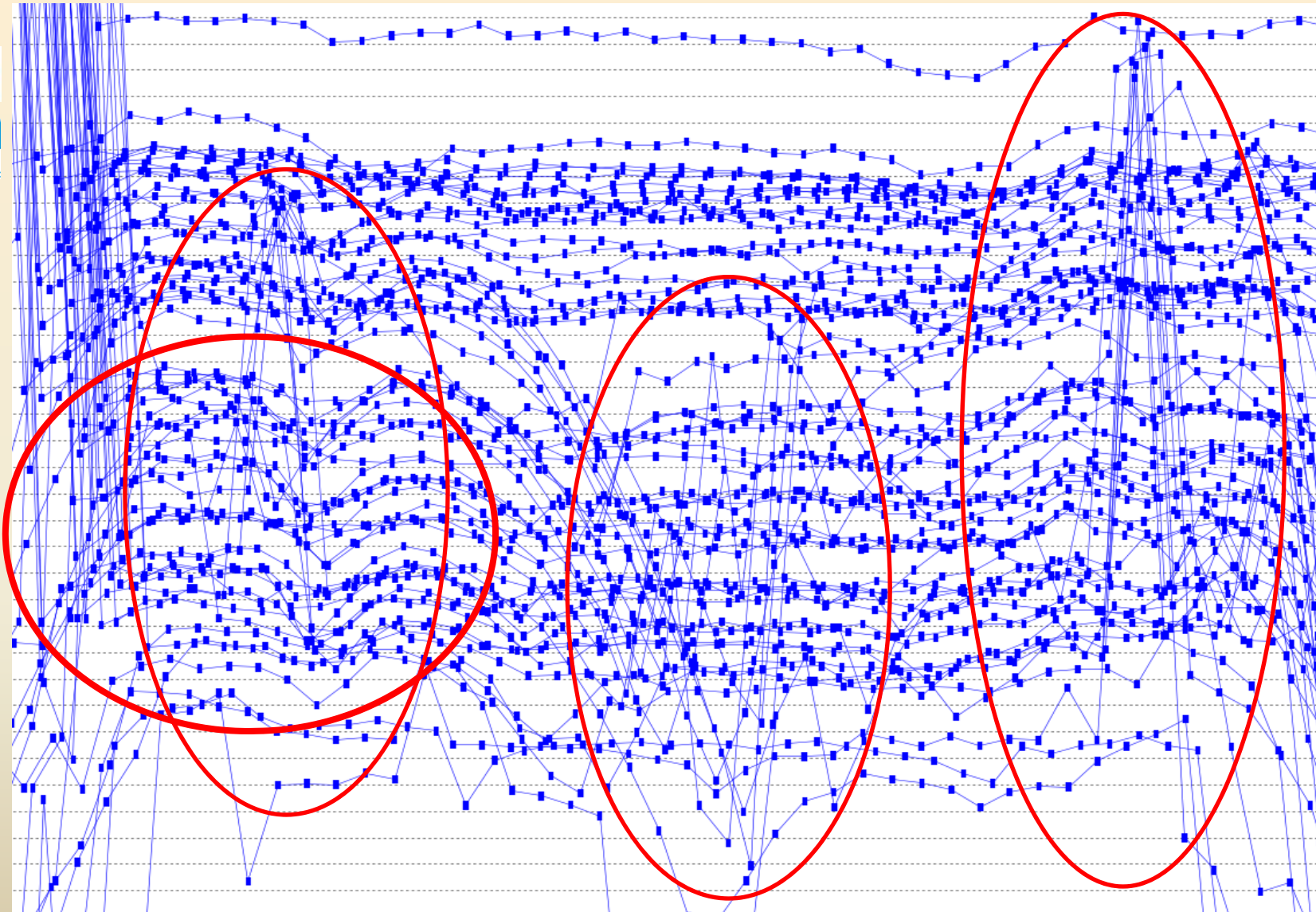




# Altimetria espacial: Seleção dos dados



# Altimetria espacial: Seleção dos dados



## Altimetria espacial: bibliografia

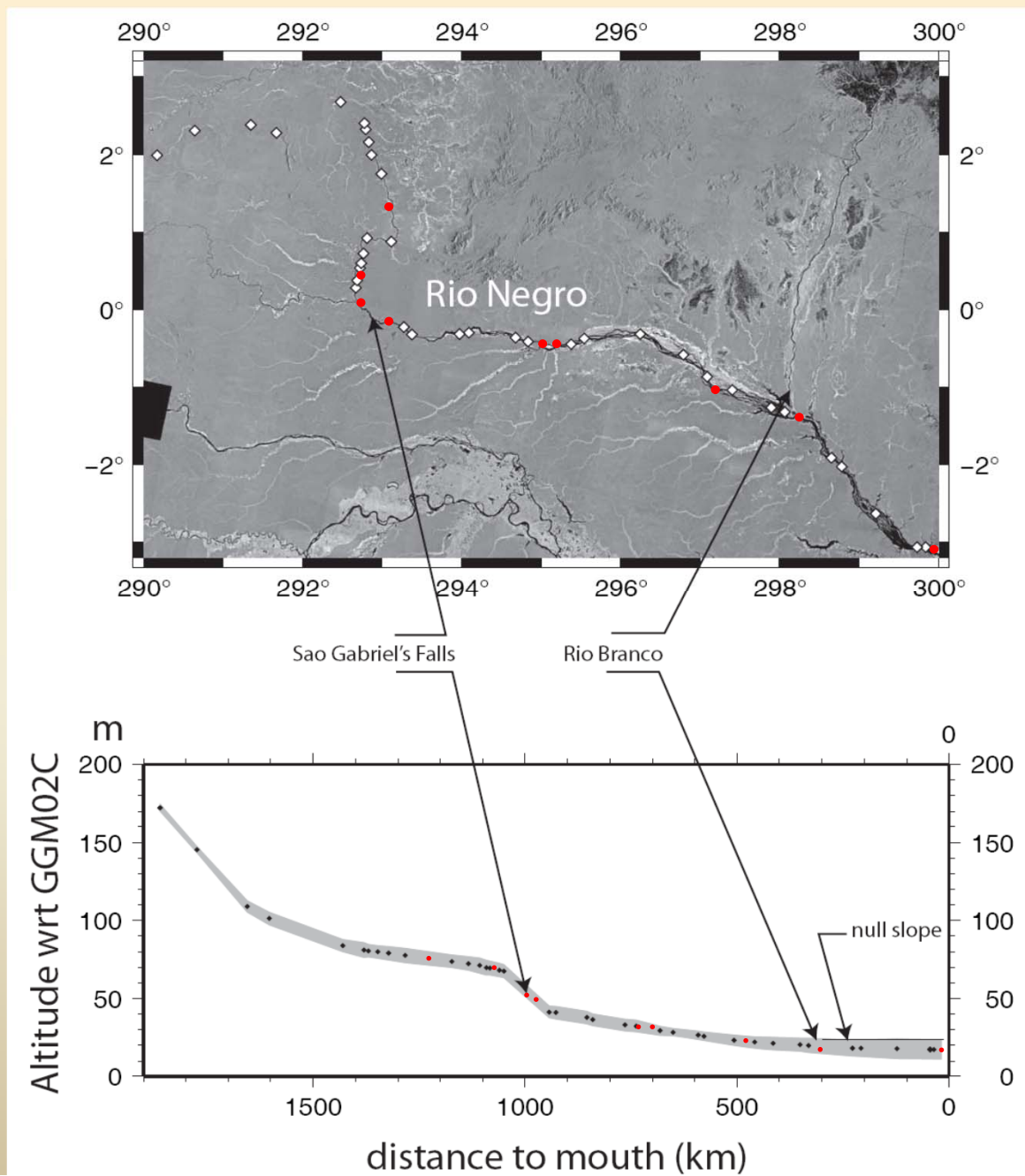
Da Silva, Joecila Santos; Seyler, Frédérique; Calmant, Stéphane; Rotunno Filho, Otto Correa; Roux, Emmanuel; Araujo, Afonso Augusto Magalhães and Guyot, Jean Loup. 2012. **Water level dynamics of Amazon wetlands at the watershed scale by satellite altimetry.** *International Journal of Remote Sensing*. 33(11):p. 3323-3353.

Da Silva, Joecila Santos; Calmant, Stéphane; Seyler, Frédérique; Rotunno Filho, Otto Correa; Cochonneau, Gérard and Mansur, Webe João. 2010. **Water levels in the Amazon basin derived from the ERS-2 and ENVISAT radar altimetry missions.** *Remote Sensing of Environment*. 114(10):p. 2160-2181.

Roux, Emmanuel; Da Silva, Joecila Santos; Getirana, Augusto César Vieira; Bonnet, Marie Paule; Calmant, Stéphane; Martinez, Jean Michel and Seyler, Frédérique. 2010. **Producing time-series of river water height by means of satellite radar altimetry – a comparative study.** *Hydrological Sciences Journal*. 55(1):p. 104-120.

Seyler, Frédérique; Calmant, Stéphane; Da Silva, Joecila Santos; Filizola, Naziano Pantoja; Cochonneau, Gérard; Bonnet, Marie Paule and Costi, Ana Carolina Zoppas. 2009. **Inundation risk in large tropical basins and potential survey from radar altimetry: example in the Amazon basin.** *Marine Geodesy*. 32(3):p. 303-319.

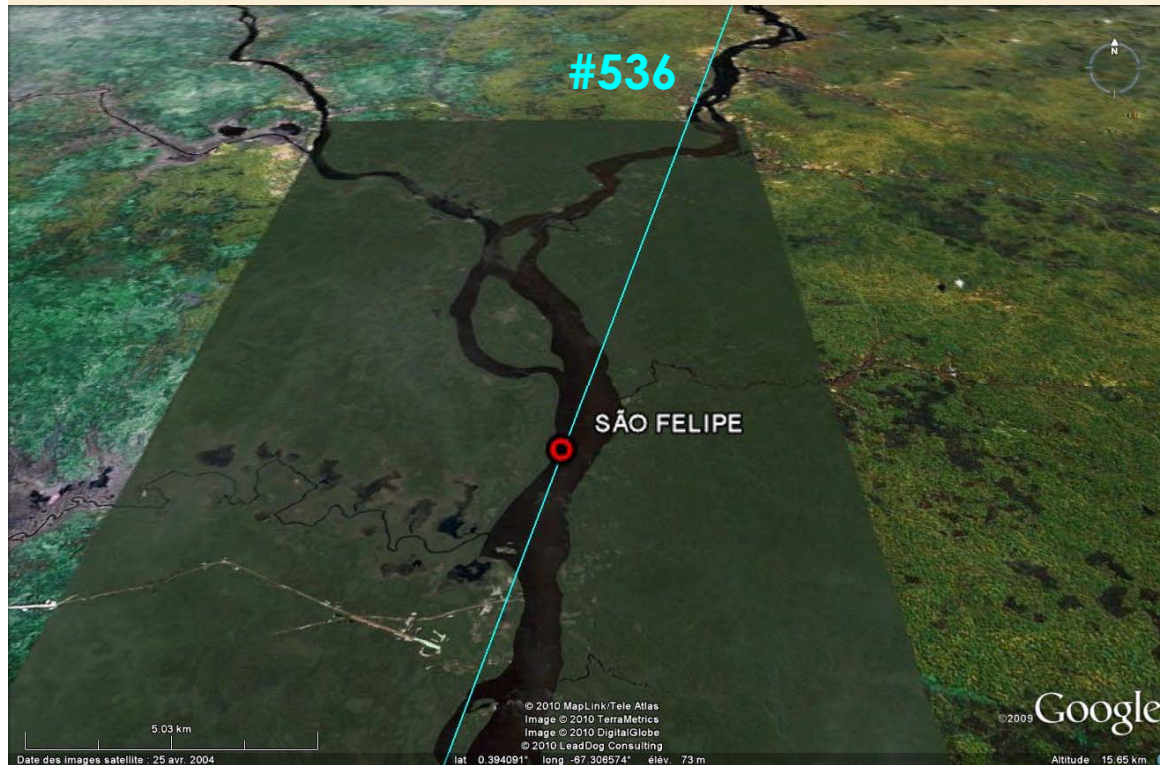
# Perfil de declividade da linha d'água



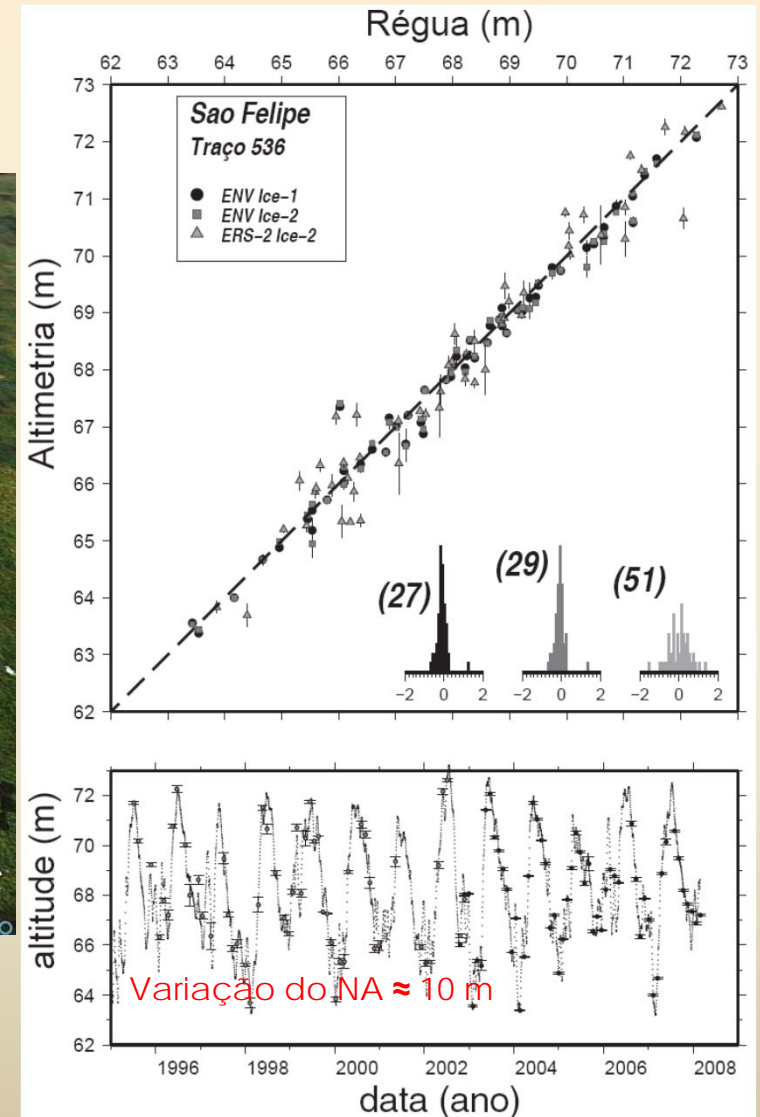
# Nivelamento de réguas

## Régua de São Felipe – Rio Negro

$$Z_0 = 59,005 \pm 0,043 \text{ m}$$



Silva *et al.*, 2010, RSE





## Altimetria Espacial: Principios

OBRIGADO !