



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Passado, Presente e Futuro das Atividades Geodésicas no Brasil em Apoio ao SIRGAS

Luiz Paulo Souto Fortes
Sonia Maria Alves Costa
Alberto Luis da Silva
Roberto Teixeira Luz
Marcelo Alessandro Nunes
Valéria Guimarães Carvalho

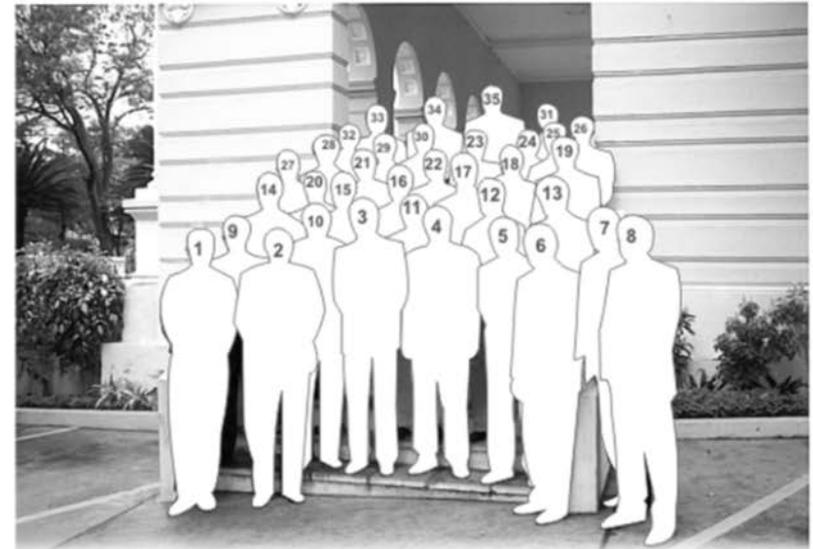
*Coordenação de Geodésia
Diretoria de Geociências*

Simpósio SIRGAS 2015
Santo Domingo, 18 de novembro de 2015

- Conferência Internacional para Definição de um Datum Geocêntrico para a América do Sul, de 4 a 7 de outubro de 1993, Assunção, Paraguai
- O “Projeto” SIRGAS contemplou atividades necessárias para a implantação no continente de uma rede de referência de precisão compatível com as técnicas modernas de posicionamento, principalmente as associadas ao sistema GPS

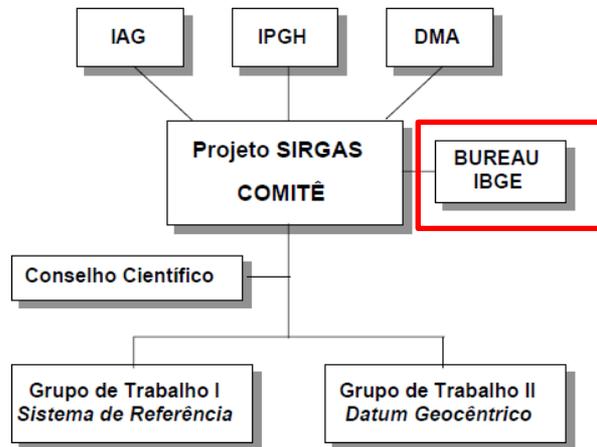


(1) Robert Zebell (USA), (2) Knud Poder (Dinamarca), (3) Rubén Rodríguez (Argentina), (4) Wolfgang Torge (Alemania), (5) Muneendra Kumar (USA), (6) Lorenzo Centurión (Paraguay), (10) Ezequiel Pallejá (Argentina), (13) Sergio Bruni (Brasil), (14) Herve Fagard (Francia), (15) James Richardson (USA), (16) José Luis Caturfa (Espana), (17) Luiz Paulo Fortes (Brasil), (18) Michael Pinch (Canada), (19) Benjamin Fernández (Colombia), (22) Hermann Drewes (Alemania), (23) Susana Arciniegas (Ecuador), (24) Alberto González (Colombia), (25) Oscar Cifuentes Zambrano (Chile), (26) Alfredo Stahlschmidt (Argentina), (27) Walter Subiza (Uruguay), (28) Edvaldo Fonseca Junior (Brasil), (29) Oscar Niño (Venezuela), (30) Eduardo Elinan (USA), (31) Jorge König (Argentina), (32) Melvin Hoyer (Venezuela), (33) José Napoleón Hernández (Venezuela), (34) Gunter Seeber (Alemania), (35) David Lehman (USA)

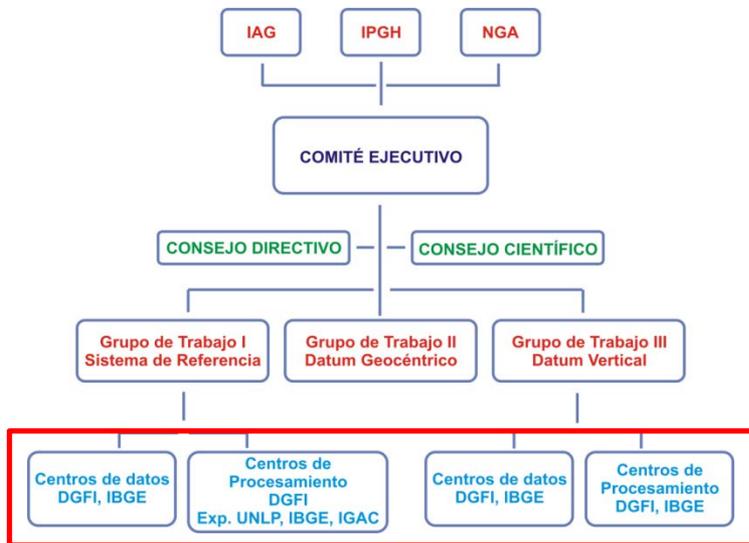


Participação do IBGE no SIRGAS

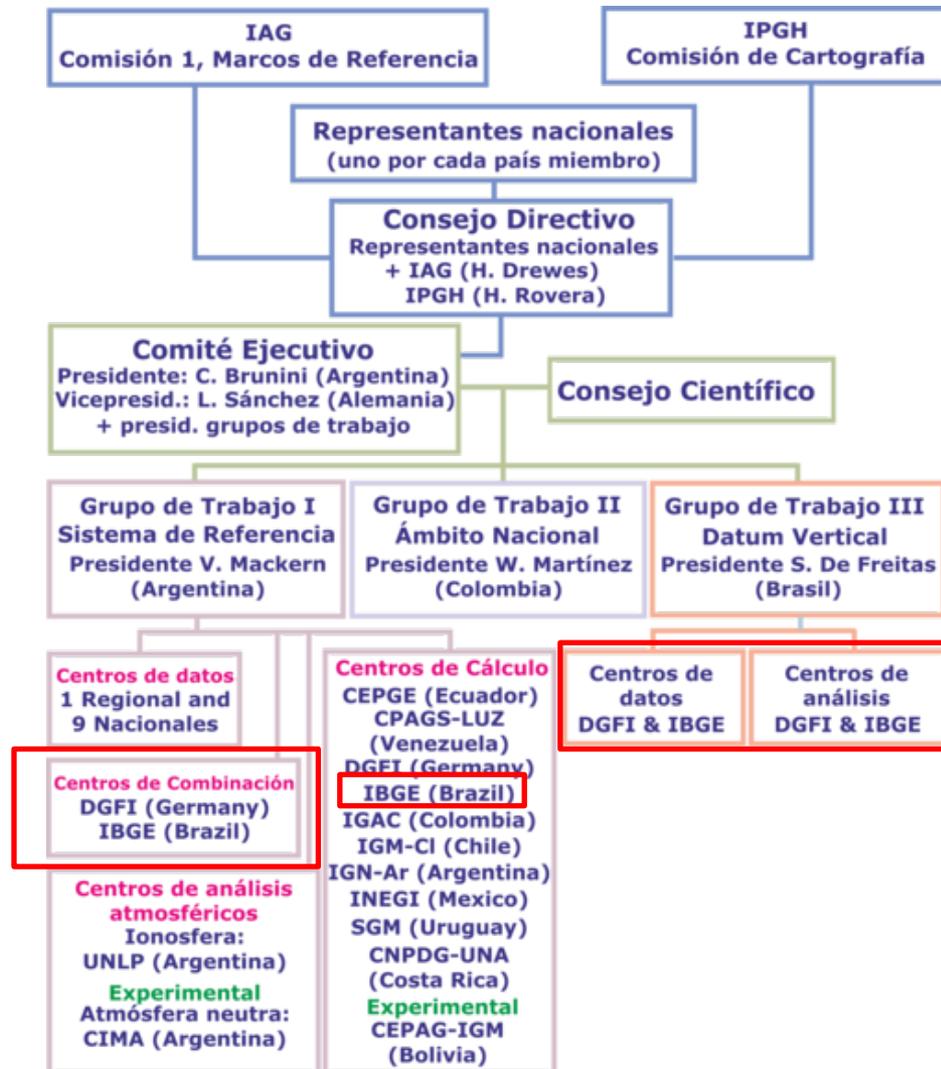
1993 – 1997



1997 -2011



2011...



Status 2014-04-01

(fonte: www.sirgas.org)

- Projeto Mudança do Referencial Geodésico (PMRG)

Data	Ação
2000	Criação do PMRG¹
2003	Definição do Sistema de Referência
25/02/2005	Início do Período de Transição² (convivência entre os sistemas antigos e o SIRGAS2000)
25/02/2015	Adoção definitiva do novo sistema³

1: I Seminário sobre Referencial Geocêntrico no Brasil

2: RPR 01/2005, em desdobramento ao II Seminário sobre Referencial Geocêntrico no Brasil (de 30/11 a 03/12/2004)

3: RPR 01/2015

Legislação que suportou a adoção do SIRGAS2000

Decreto Nº 5334/2005, de 06/01/2005

Altera a redação do Art. 21, do decreto Nº 89.817

“Os referenciais planimétrico e altimétrico para a Cartografia Brasileira são aqueles que definem o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, **conforme estabelecido pelo IBGE**, em suas especificações e normas”

RPR 01/2005, de 25/02/2005, e RPR 04/2012, de 18 de abril de 2012

“Estabelece o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS, em sua realização do ano de 2000 - SIRGAS2000, como novo sistema geodésico de referência para o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional - SCN”

RPR 01/2015, de 24/02/2005

“Define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil”

Principais dados, informações, ferramentas e serviços disponibilizados aos usuários para adoção do SIRGAS2000

- **Coordenadas SIRGAS2000** para todas as estações planimétricas da rede geodésica, disponíveis em Banco de Dados com interface amigável
- **RBMC** ampliada, modernizada e potencializada com estações operando em tempo real (RBMC-IP)
- Serviço **IBGE-PPP** de Posicionamento por Ponto Preciso
- Programa de transformação de coordenadas **ProGrid**
- **Modelo geoidal** referido ao SIRGAS2000



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	91500	Nome da Estação :	91500	Tipo :	Estação Planimétrica - SAT
Município :	RIO DE JANEIRO			UF :	RJ
Última Visita:	21/05/2011	Situação/Marco Principal :	Bom		
Conexões :	EG : 8111500 RN : 2994A				

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	22° 49' 06,9851" S	Altitude Ortométrica(m)	4,3432	Gravidade(mGal)	978,782,75
Longitude	43° 18' 22,4277" W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Sigma Gravidade(mGal)	
Fonte	GPS Geodésico	Sigma Altitude (m)	0,07	Precisão	Não Informada
Origem	Ajustada	Datum	Imbituba	Datum	RIGFB
S Datum	SAD-69	Data Medição	27/10/1998	Data Medição	05/05/1997
A Data Medição	15/12/1992	Data Cálculo	15/05/2011	Data Cálculo	22/11/2011
D Data Cálculo	15/09/1996			Correção Topográfica	
6 Sigma Latitude(m)	0,016	Altitude Ortométrica(m)	4,39	Anomalia Bouguer	-23,39
9 Sigma Longitude(m)	0,053	Altitude Geométrica(m)	8,38	Anomalia Ar-Livre	-22,90
UTM(N)	7.475.554,807	Sigma Altitude Geométrica(m)		Densidade	2,67
UTM(E)	673.829,671	Fonte	GPS Geodésico		
MC	-45	Data Medição	15/12/1992		
		Data Cálculo	28/05/2010		
		Modelo Geoidal	MAPGEO2010		
Latitude	22° 49' 08,7679" S	Altitude Ortométrica(m)	4,36	Gravidade(mGal)	978,782,75
S Longitude	43° 18' 23,9519" W	Altitude Geométrica(m)	-1,46	Sigma Gravidade(mGal)	
1 Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico	Precisão	Não Informada
R Origem	Ajustada	Data Medição	15/12/1992	Datum	RIGFB
G Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	28/05/2010	Data Medição	05/05/1997
A Data Medição	15/12/1992	Sigma Altitude Geométrica(m)	0,002	Data Cálculo	22/11/2011
S Data Cálculo	23/11/2004	Modelo Geoidal	MAPGEO2010	Correção Topográfica	
2 Sigma Latitude(m)	0,001			Anomalia Bouguer	-25,28
0 Sigma Longitude(m)	0,001			Anomalia Ar-Livre	-24,79
0 UTM(N)	7.475.509,192			Densidade	2,67
0 UTM(E)	673.784,953				
MC	-45				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/05/2011 - Relatório em <http://geotp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 05/03/2006 - Relatório em http://geotp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sirgas2000.pdf
- Ajustamento Planimétrico Global SAD-69 em 15/09/1996 - Relatório em http://geotp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sad69.pdf
- Dados Planimétricos para Fonte carta nas escalas menores ou igual a 1:250000, valores SIRGAS2000 + SAD-69

Localização

No pátio interno do Complexo Gráfico e da Diretoria de Geodésia e Cartografia do IBGE, ao lado do campo de futebol e da quadra de futsal, na Av. Brasil, nº 15.671, em Parada de Lucas, Rio de Janeiro, RJ.

Descrição

Pilar de concreto medindo 0,37 m x 0,37 m x 1,20 m, com uma chapa de metal incrustada no topo estampada: SAT 91500 - 91.

Foto(s)





Relatório de Estação Geodésica

Estação :	91500	Nome da Estação :	91500	Tipo :	Estação GPS
Município :	RIO DE JANEIRO			UF :	RJ
Última Visita:	21/06/2011	Situação Marco Principal :	Bom		
Conexões :	EG : 8111500 RN : 2994A				

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	22 ° 49 ' 08,7679 " S	Altitude Ortométrica(m)	4,3432	Gravidade(mGal)	978.782,74
Longitude	43 ° 18 ' 23,9519 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	RGFB
Altitude Geométrica(m)	-1,460	Sigma Altitude(m)	0,07	Data Medição	05/05/1997
Fonte	GPS Geodésico	Datum	Imbituba	Data Cálculo	22/11/2011
Origem	Ajustada	Data Medição	27/10/1998		
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	15/06/2011		
Data Medição	15/12/1992				
Data Cálculo	23/11/2004				
Sigma Latitude(m)	0,001				
Sigma Longitude(m)	0,001				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,002				
UTM(N)	7.475.509,192				
UTM(E)	673.784,953				
MC	-45				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sirgas2000.pdf
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2010 disponível em http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtml
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015.

Localização

No pátio interno do Complexo Gráfico e da Diretoria de Geodésia e Cartografia do IBGE, ao lado do campo de futebol e da quadra de futsal, na Av. Brasil, nº 15.671, em Parada de Lucas, Rio de Janeiro, RJ.

Descrição

Pilar de concreto medindo 0,37 m x 0,37 m x 1,20 m, com uma chapa de metal incrustada no topo estampada: SAT 91500 - 91.

Foto(s)



Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC)

- Primeira rede ativa implantada na América do Sul
- Principal estrutura geodésica de referência do Brasil
- **Principal elo com SIRGAS e ITRF**
- SIRGAS2000 realizado no Brasil principalmente através de suas estações
- **123** estações (set 2015), **93** operando em tempo real (RBMC-IP)
- Mais de **300.000** downloads por mês!



Cooperação com mais de 40 instituições

- Disponibiliza fluxo de dados, efemérides e correções GNSS das estações da RBMC-IP através do protocolo TCP/IP, possibilitando a realização de levantamentos RTK
- Utiliza o **NTRIP - Networked Transport of RTCM via Internet Protocol** (desenvolvido pela Agência Alemã de Geodésia e Cartografia - BKG)
- Acesso aos dados é feito via cadastro, com permissão de acesso para até 5 estações, com validade de 6 meses (renovável)
- Acessível através do endereço: <http://186.228.51.52:2101>
- Software livre para cálculo: RTKLIB, RTKGPS, BNC
- A precisão obtida depende da qualidade da Internet, tanto nas estações de referência quanto no rover
- Resultados de precisão centimétrica podem ser obtidos em soluções com ambiguidades fixas (*distâncias de até 15 km da estação de referência*)
- Resultados de precisão decimétrica podem ser obtidos em soluções com ambiguidades *float* (*distâncias com mais de 15 km da estação de referência*)
- **Link com projeto SIRGAS-RT**

Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) - IBGE - Windows Internet Explorer

http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão Destaque do governo

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística



Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

ESTA OPÇÃO NÃO É OBRIGATÓRIA.
Por favor, caso tenha feito o levantamento em uma estação do Sistema Geodésico Brasileiro, preencha o campo abaixo.

Coloque o código da estação que está estampado na chapa do marco: (por exemplo: 1120R)

Selecione um arquivo RINEX:

Selecione o Modo de Processamento:
 Estático Cinemático

OS VALORES SELECIONADOS AQUI SERÃO ADOTADOS PARA TODOS RINEX QUE ESTEJAM COMPRIMIDOS EM UM ÚNICO ARQUIVO.

Tipo de Antena:

Altura da antena (m): O valor para altura da antena somente será adotado se esta caixa estiver marcada.

E-mail válido, para onde será enviada a resposta.
O e-mail não poderá conter espaços no nome:

Nota: O processamento iniciará após a transferência do arquivo, o que pode demorar alguns minutos.
Caso o resultado não seja enviado em 24 horas, por favor reprocesse.

Intranet local | Modo Protegido: Desativado 100%

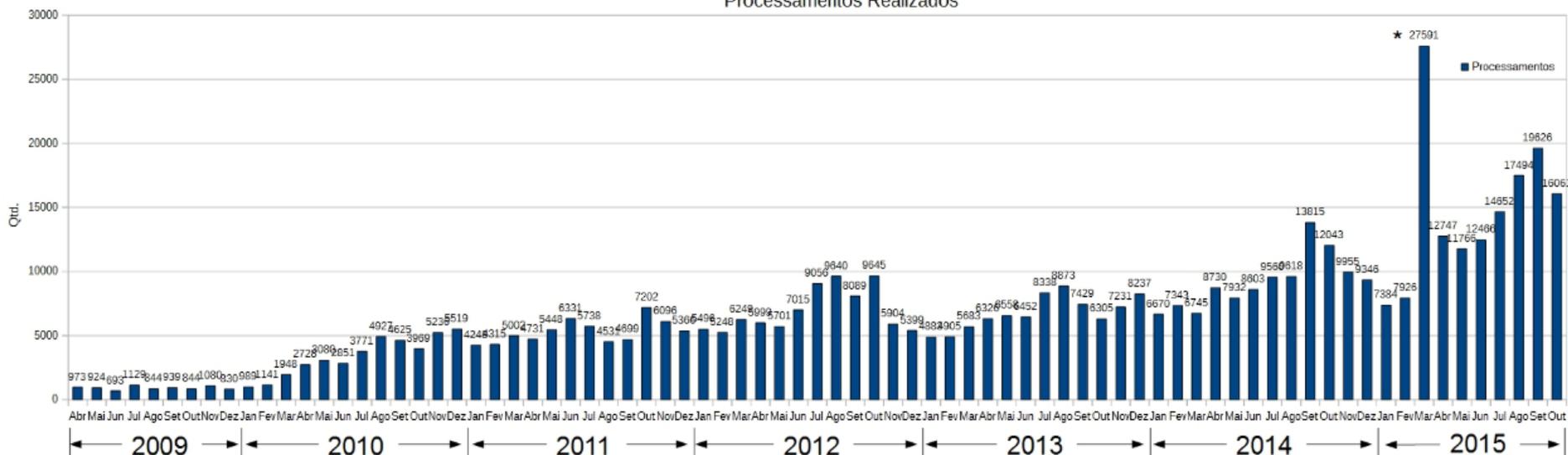
Barra de at... 3 Windo... 3 Micros... 2 IBM Lot... Posiciona... Adobe Acr... PT < > 14:52

- Em operação desde abril de 2009
- Usa a ferramenta CSRS-PPP, desenvolvida pela Geodetic Survey Division of Natural Resources Canada (NRCan)
- ~ 400 usuários por dia
- Processa dados GNSS de qualquer receptor em formato RINEX ou HATANAKA
- Dados submetidos podem estar em qualquer taxa de observação
- Resultados de levantamentos estáticos e cinemáticos
- **Coordenadas horizontais em SIRGAS2000 propagadas para 2000,4 usando o Modelo de Velocidades SIRGAS – VEMOS2009**
- Altitudes ortométricas calculadas usando o Modelo Geoidal MAPGEO2010
- **Resultados disponíveis após 2:30hs (GPS) do levantamento**

IBGE-PPP – Estatísticas de Processamento

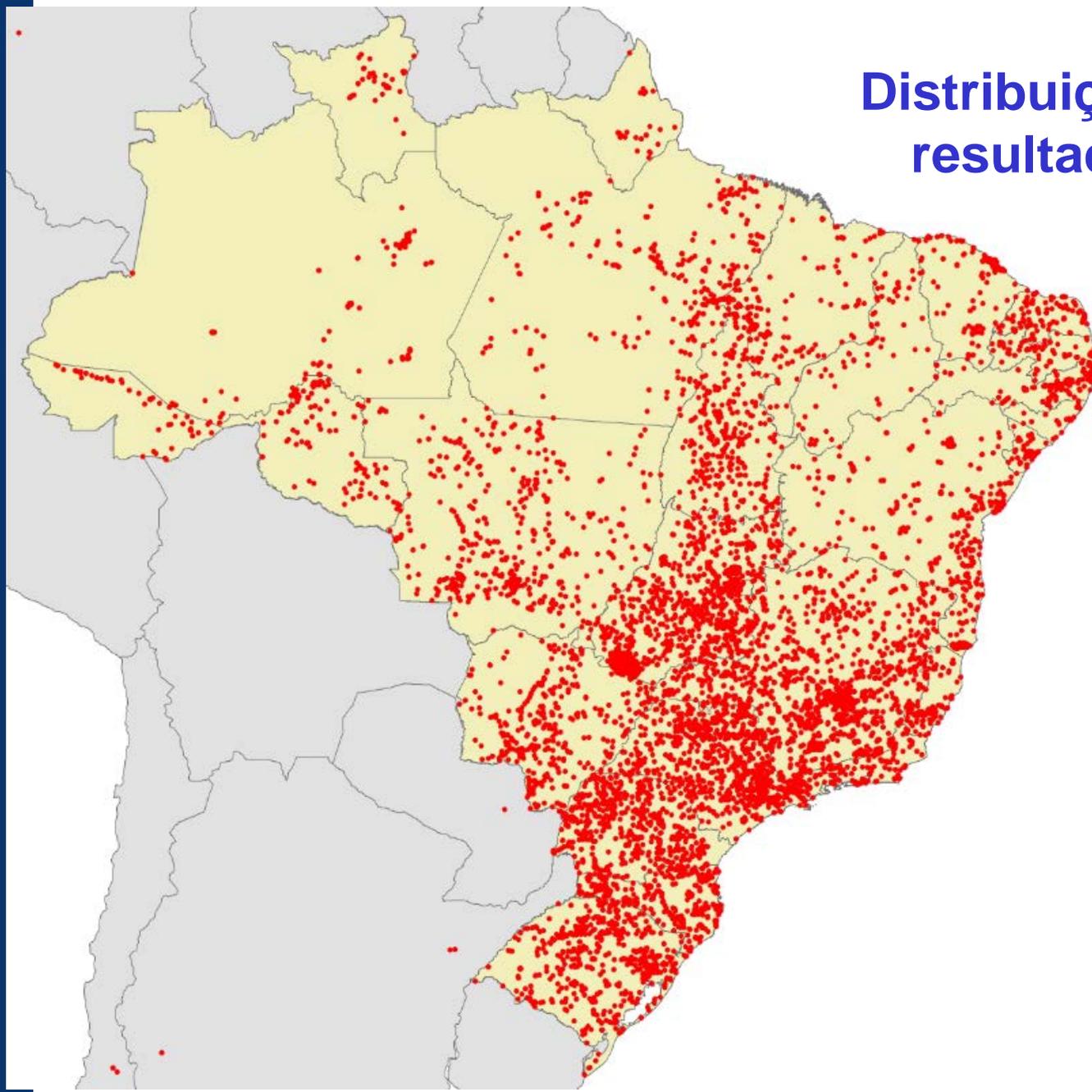
De abril 2009 a outubro 2015

Processamentos Realizados



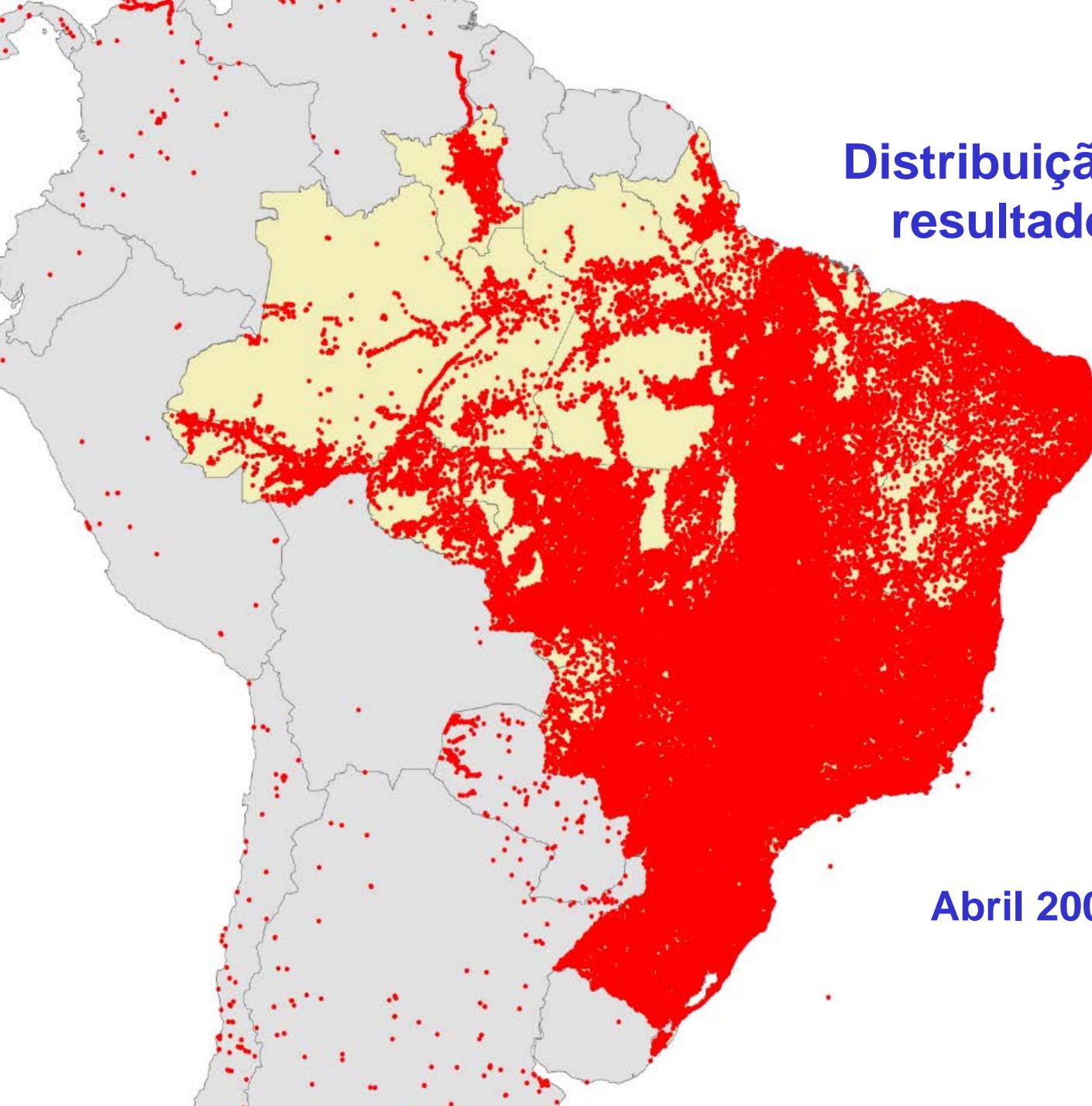
* 16413 processamentos de um mesmo usuário

Distribuição espacial dos resultados IBGE-PPP



Outubro 2015

Distribuição espacial dos resultados IBGE-PPP



Abril 2009 a Outubro 2015

ProGrid

Arquivo Ajuda

Opções **Processamento**

Referencial de Entrada Referencial de Saída

Referencial **SAD69 Técnica Doppler ou GPS** Referencial **SIRGAS2000**

Tipo de Coordenadas **Latitude/Longitude**

Opções

Tipo de entrada

Teclado Arquivo Texto Arquivo GML

Formato Formato

Nome do Arquivo C:\Program Files\Pro

Tipo de saída

Tela Arquivo Te

Nome do Arquivo

Processar

Nome do Arquivo de Mensagem C:\temp\response.txt

A transformação foi completada com sucesso

SAD69 Técnica Doppler ou GPS Latitude/Longitude

ProGrid

Arquivo Ajuda

Opções **Processamento**

Dados de Entrada (SAD69 Técnica Doppler ou GPS Latitude/Longitude/Altitude)

Identificador	Latitude	Longitude	Altura	Comentário
1	-22,16691230	-48,80071370	0	
2	-22,07795254	-49,02800296	0	
3	-21,94252382	-48,97443252	0	
4	-21,93476681	-48,79286925	0	
5	-20,91455467	-48,90522042	0	

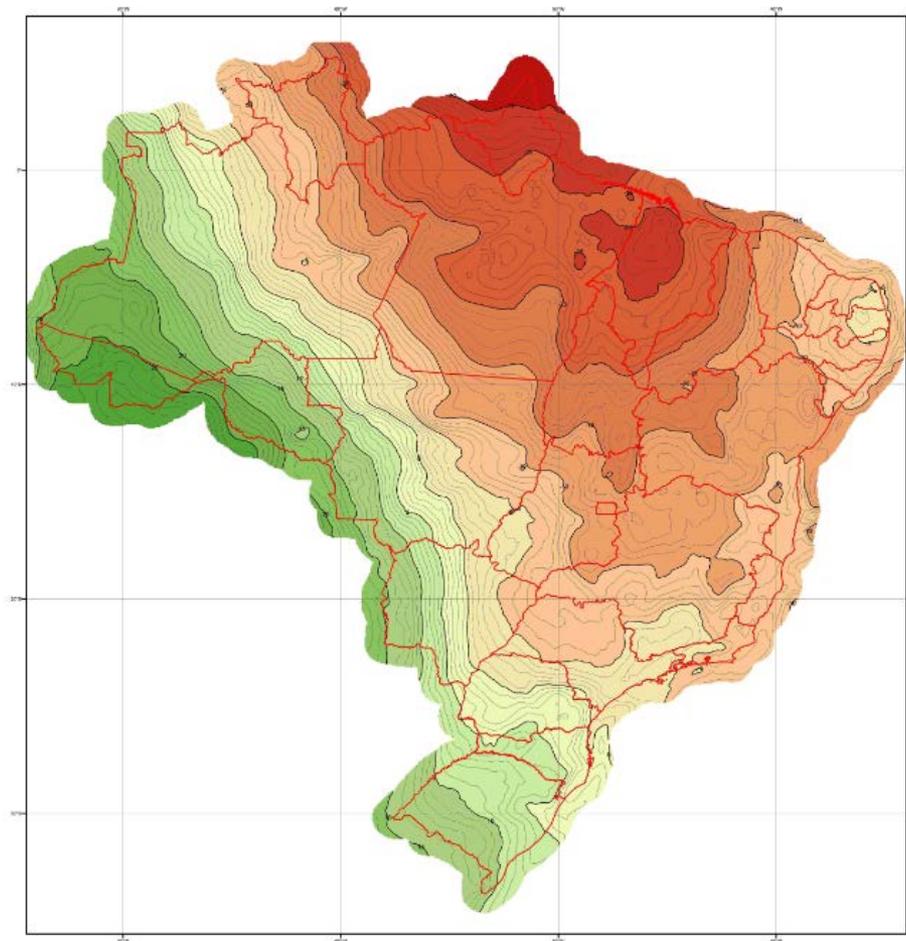
Dados de Saída (SIRGAS2000 Latitude/Longitude/Altitude)

Identificador do Ponto	Lat (Gra)	Lat (Min)	Lat (Seg)	σ N (m)	Long (Gra)	Long (Min)	Long (Seg)	σ E (m)	Leste (m)	Norte
1	-22	10	02,6015	0,00000	-48	48	04,2489	0,00000	726736,794	75470
2	-22	04	42,3426	0,00000	-49	01	42,4957	0,00000	703419,796	75571
3	-21	56	34,7976	0,00000	-48	58	29,6390	0,00000	709147,595	75721
4	-21	56	06,8741	0,00000	-48	47	36,0059	0,00000	727917,994	75727
5	-20	48	54,0919	0,00000	-48	48	20,4938	0,00000	728373,548	76967

A transformação foi completada com sucesso. segunda-feira, 20 de setembro de 2010 11:36:04

SAD69 Técnica Doppler ou GPS Latitude/Longitude/Altitude SIRGAS2000 Latitude/Longitude/Altitude # Erro =0 30 Novembro 2009

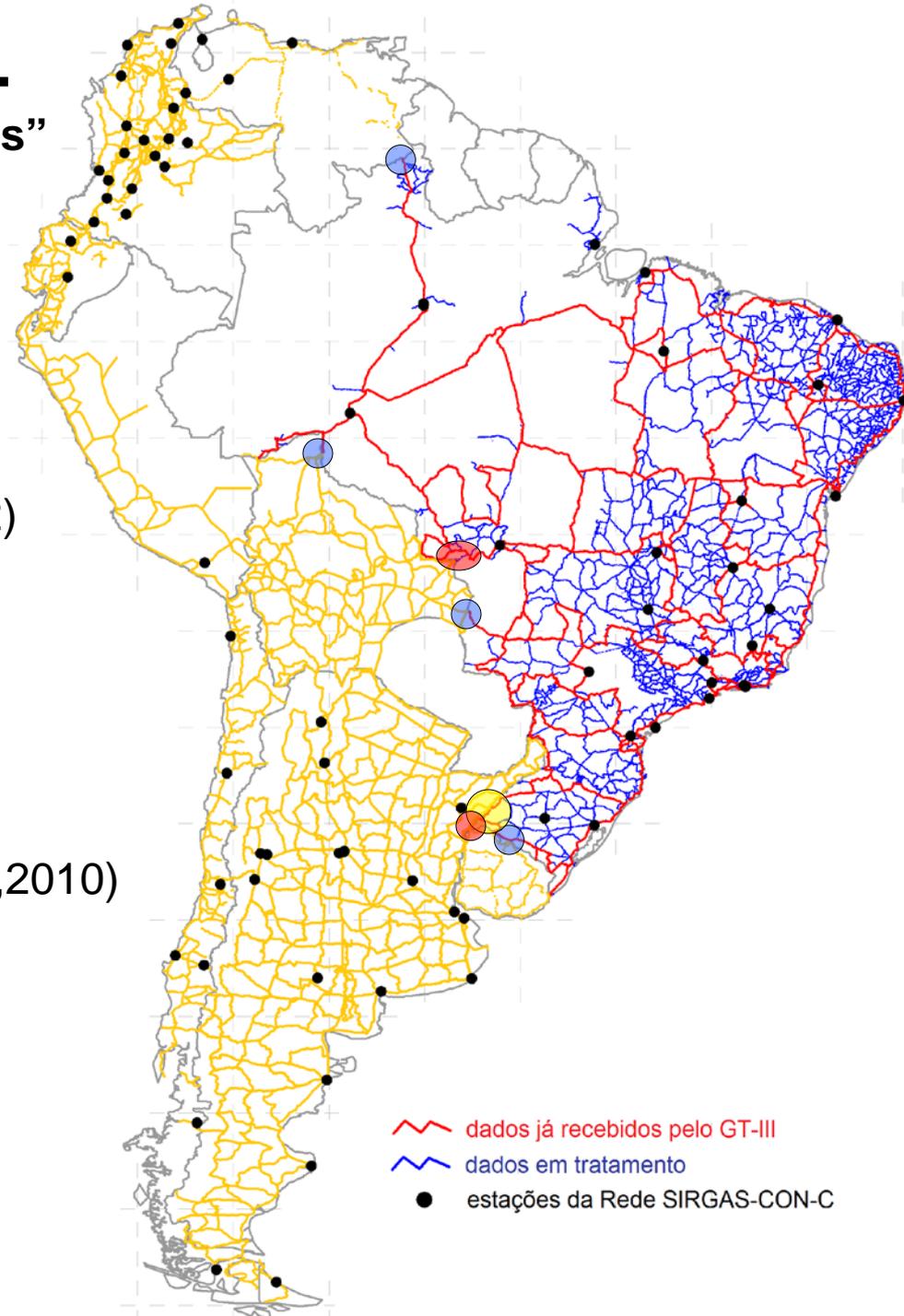
- Referido ao SIRGAS2000
- EGM2008 +
~430.000 estações
gravimétrica terrestres
- Consistência com GNSS
sobre RN de $\pm 0,32\text{m}$
(RMS)



Altimetria

Vinculações internacionais “recentes”

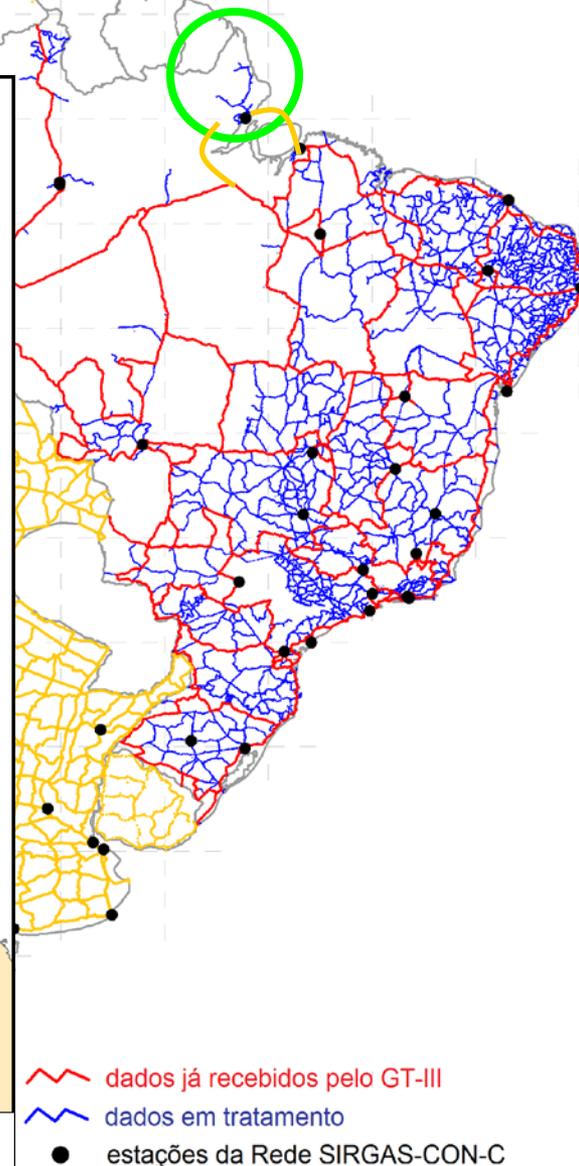
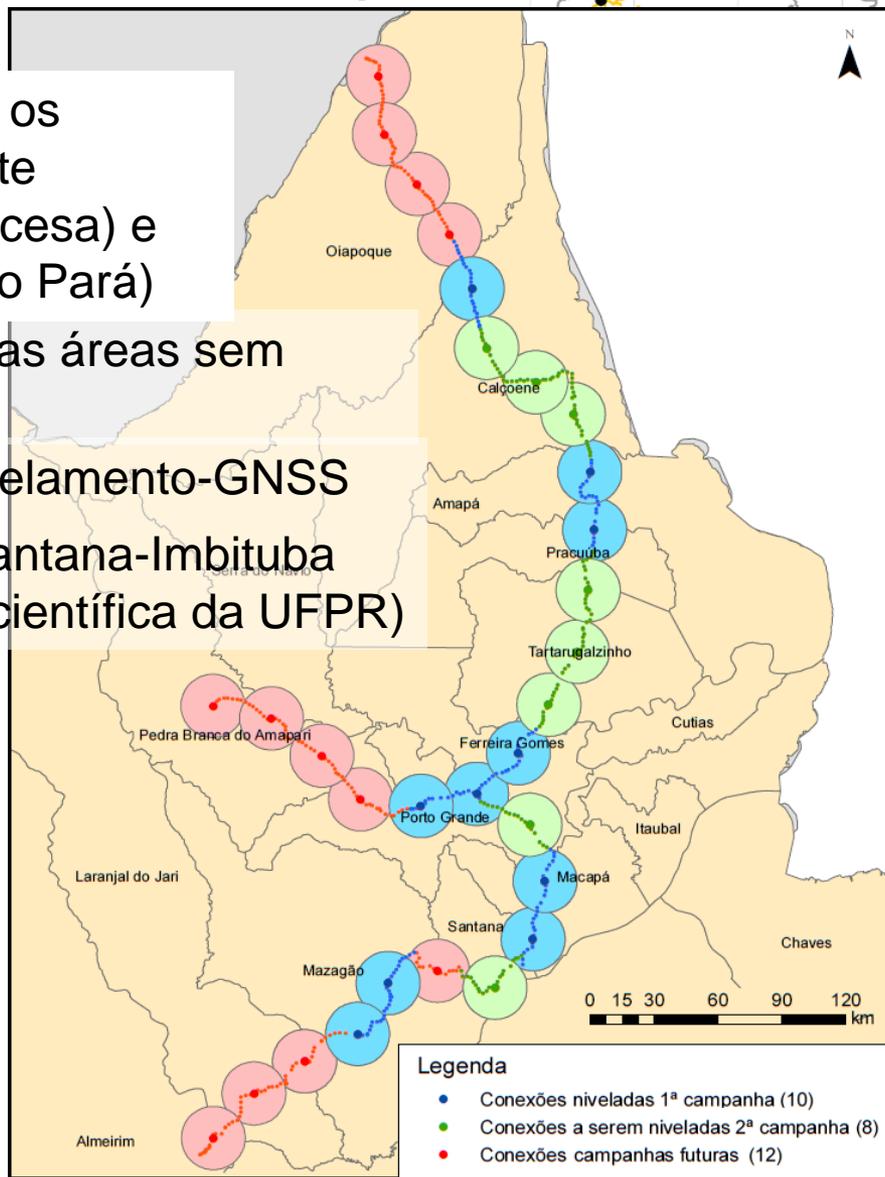
- Santa Helena / Pacaraima (2000)
- Guayaramerin / Guajará-Mirim (2002)
- San Matías / Cáceres (2016)
- Puerto Quijarro / Corumbá (2015)
- [UFPR] S.Tomé,... / S.Borja,... (2008,2010)
- Argentina-Brasil-Uruguay (2017?)
- Rivera / S. Livramento (2008)



Altimetria

Revitalização das redes geodésicas do Estado do Amapá

- Extensão até os extremos norte (Guiana Francesa) e sul (Estado do Pará)
- Gravimetria nas áreas sem selva
- Conexões nivelamento-GNSS
- Vinculação Santana-Imbituba (cooperação científica da UFPR)



Altimetria

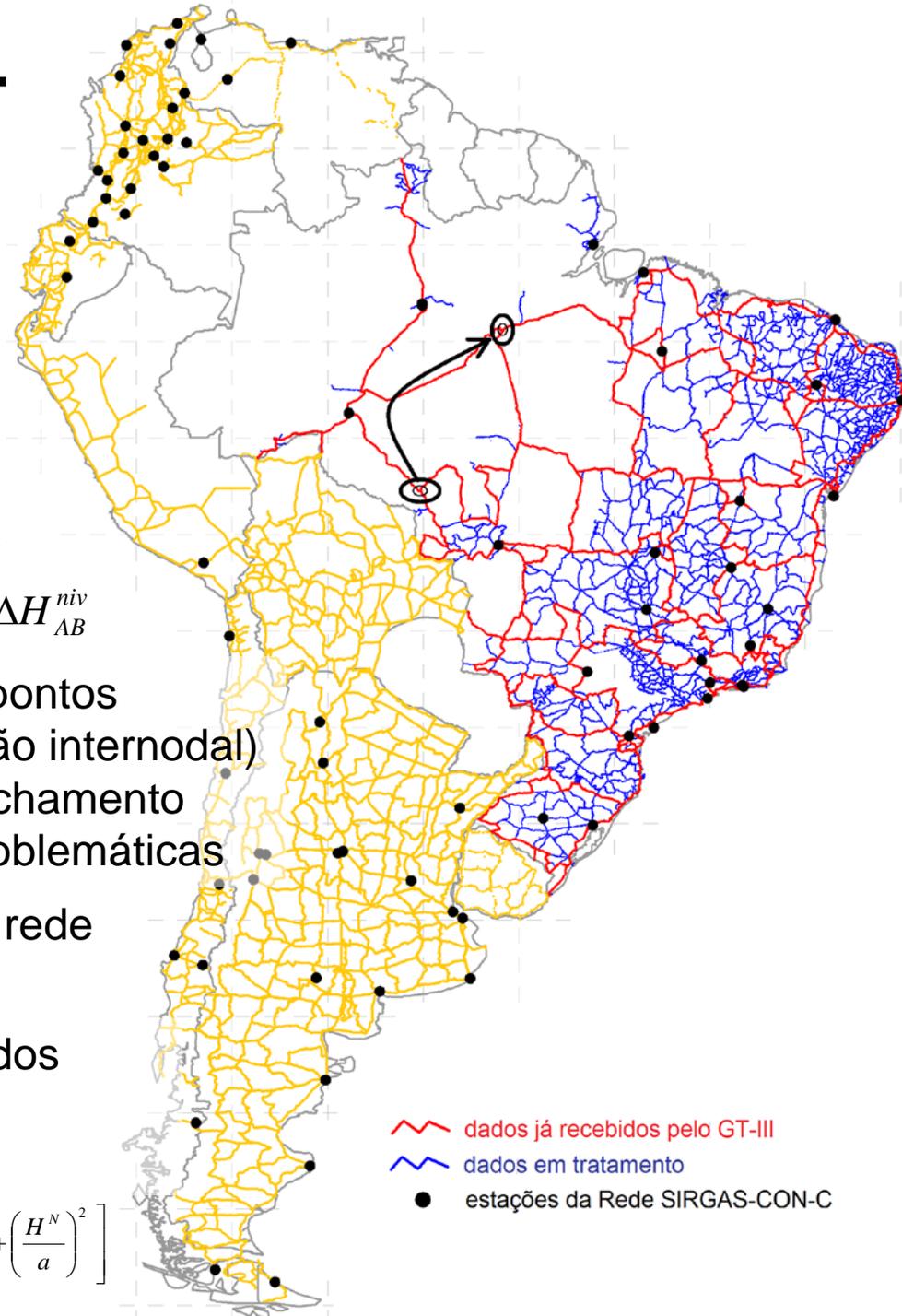
Reajustamento da Rede Altimétrica em números geopotenciais - 2016

- Interpolação de gravidade nos pontos não ocupados com gravimetria
- Cálculo das diferenças de geopotencial para todas as seções niveladas

$$\Delta C_{AB} = C_B - C_A = -(W_B - W_A) \cong g_{m_{AB}}^{obs} \Delta H_{AB}^{niv}$$

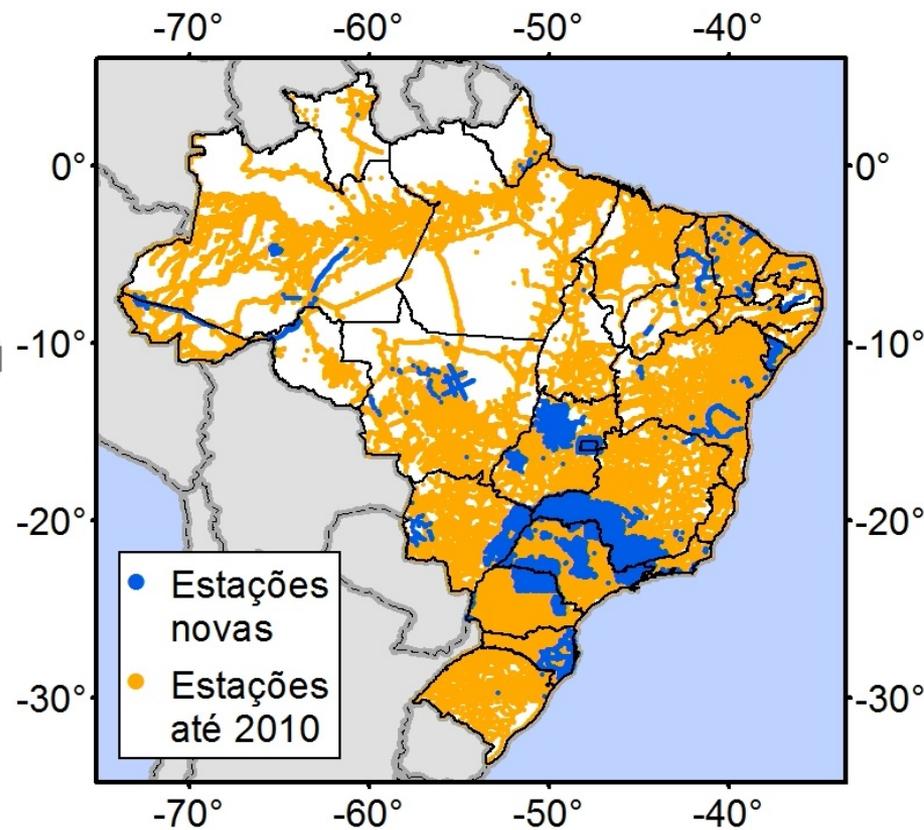
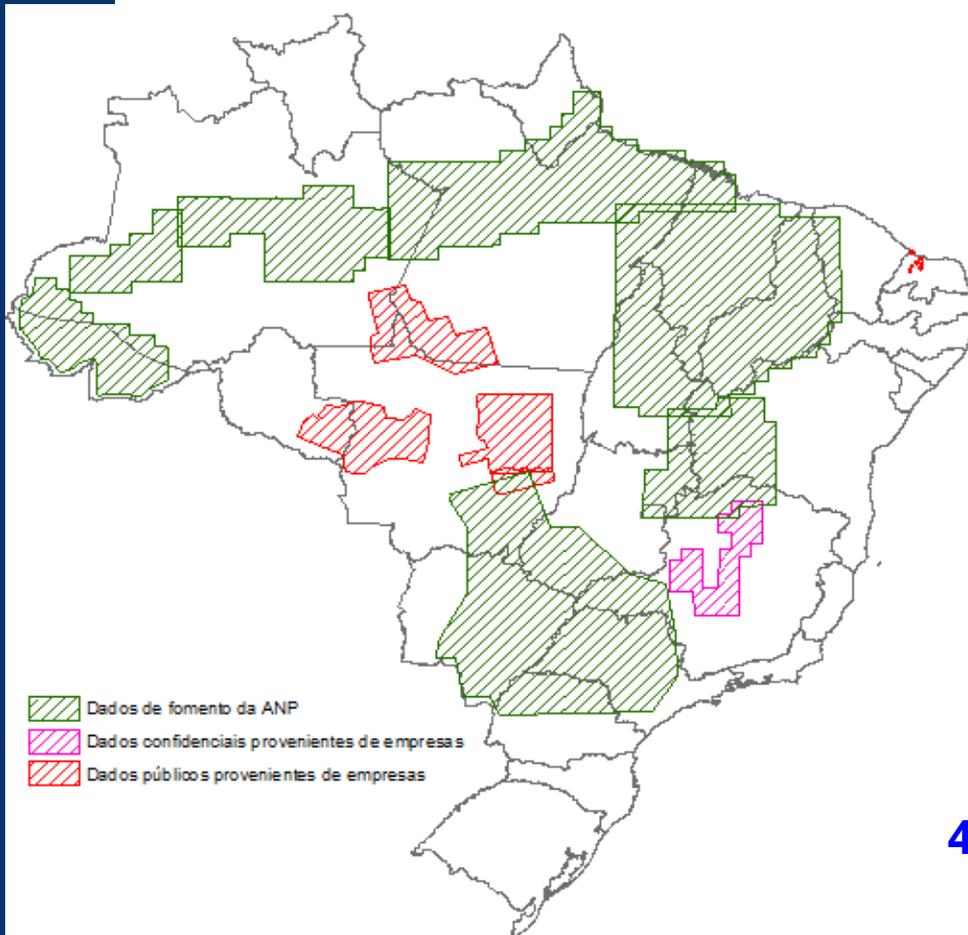
- Análise topológica (identificação de pontos nodais, eliminação de ramais, redução internodal) para automatização do cálculo do fechamento dos circuitos e remoção de linhas problemáticas
- Ajustamento da rede internodal e da rede integral, comparando estatísticas
- Cálculo das altitudes físicas a partir dos números geopotenciais ajustados
 - p.ex., alt. normais:

$$H^N = \frac{C}{\gamma_m^v} \quad \gamma_m^v = \gamma_0 \left[1 - \frac{H^N}{a} (1 + \alpha + m - 2\alpha \sin^2 \varphi) + \left(\frac{H^N}{a} \right)^2 \right]$$



- A ser divulgado em **30/11/2015**
- Modelo geopotencial global (EIGEN-6C4) + dados gravimétricos terrestres de 450.000 estações

- Modelo Geoidal seguinte: **MAPGEO2017**
 - ✓ Revisão metodológica
 - ✓ Uso dos resultados do reajustamento altimétrico
 - ✓ Mais dados de gravimetria terrestre
 - ✓ Dados de aerogravimetria (especialmente na Amazônia)
 - ✓ Adensamento de medições GNSS sobre RN (200 conexões adicionais em 2015/2016)



450.000 Estações gravimétricas terrestres

Levantamentos aerogravimétricos no Brasil disponibilizados pela ANP
~47 milhões de pontos gravimétricos

- O envolvimento do Brasil com o SIRGAS tem permitido ao país contribuir para a Geodésia na América Latina, participando desta fantástica comunidade continental, ao mesmo tempo que tem contribuído para importantes avanços das atividades geodésicas em nosso país
- O Projeto Mudança do Referencial Geodésico (PMRG) foi fundamental para garantir a precisão do georreferenciamento em território nacional, suportando uma infraestrutura de dados espaciais consistente e homogênea