



**EPUSP**

*Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*



# Primeros esfuerzos para el establecimiento del IHRF en Brasil

D. Blitzkow

A. C. O. C. de Matos

S. M. A. Costa

Laboratório de Topografia e Geodesia, Escola Politécnica,  
Universidade de São Paulo (USP), Brasil.

Centro de Estudos de Geodesia (CENEGEO), Brasil.  
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Brasil

Simposio SIRGAS 2017  
27 al 30 de noviembre  
Mendoza - Argentina

# Resumen

- 1.Estado actual de la distribución gravimétrica de las futuras estaciones IHRF;
- 2.Calculo preliminar del potencial perturbador.

El trabajo coordinado por el *GGOS Focus Area Unified Height System* pretende establecer una referencia vertical unificada global.

Con este fin, la Resolución IAG nº 1, divulgada durante la Asamblea General de la IUGG 2015, describe las cinco convenciones para la definición del *International Height Reference System (IHR)*.

Para el establecimiento de las mismas se hace necesario la implantación del *International Height Reference Frame (IHRF)*.

El mismo resultará en un conjunto de estaciones con sus números geopotenciales calculados, esto es, el conocimiento de la diferencia entre el valor potencial de gravedad  $W_p$  de estas estaciones y el valor de potencial de gravedad

$$W_0 (62.636.853,4 \text{ m}^2\text{s}^{-2})$$

de la superficie de referencia vertical.

Estas estaciones necesitan tener un vector de coordenadas  $\mathbf{X}(P)(X_p, Y_p, Z_p)$  y el potencial de gravedad  $W(P)$  (el número del geopotencial  $C(P)$ ), sobre la superficie física, altamente preciso ( $C(P) \sim 1 \times 10^{-2} \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ ). Debido a esta necesidad, se hace inevitable el estudio de las variaciones temporales de estas estaciones, o sea,  $\dot{\mathbf{X}}(P)$ ,  $\dot{W}(P)$  (o  $\dot{C}(P)$ ).

Con el objetivo de la implantación de las mismas en Brasil, el *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* (IBGE) ha seleccionado 6 estaciones de la *Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS* (RBMC) bien distribuidas en el territorio nacional, siendo ellas en las ciudades de:

- ✓ Brasilia (BRAZ), Distrito Federal;
- ✓ Fortaleza (CEFT), en el Estado de Ceará;
- ✓ Cuiabá (CUIB), en el Estado Mato Grosso;
- ✓ Imbituba (IMBT), en el Estado de Santa Catarina;
- ✓ Marabá (MABA), en el Estado de Pará;
- ✓ Presidente Prudente (PPTE), en el Estado de São Paulo.

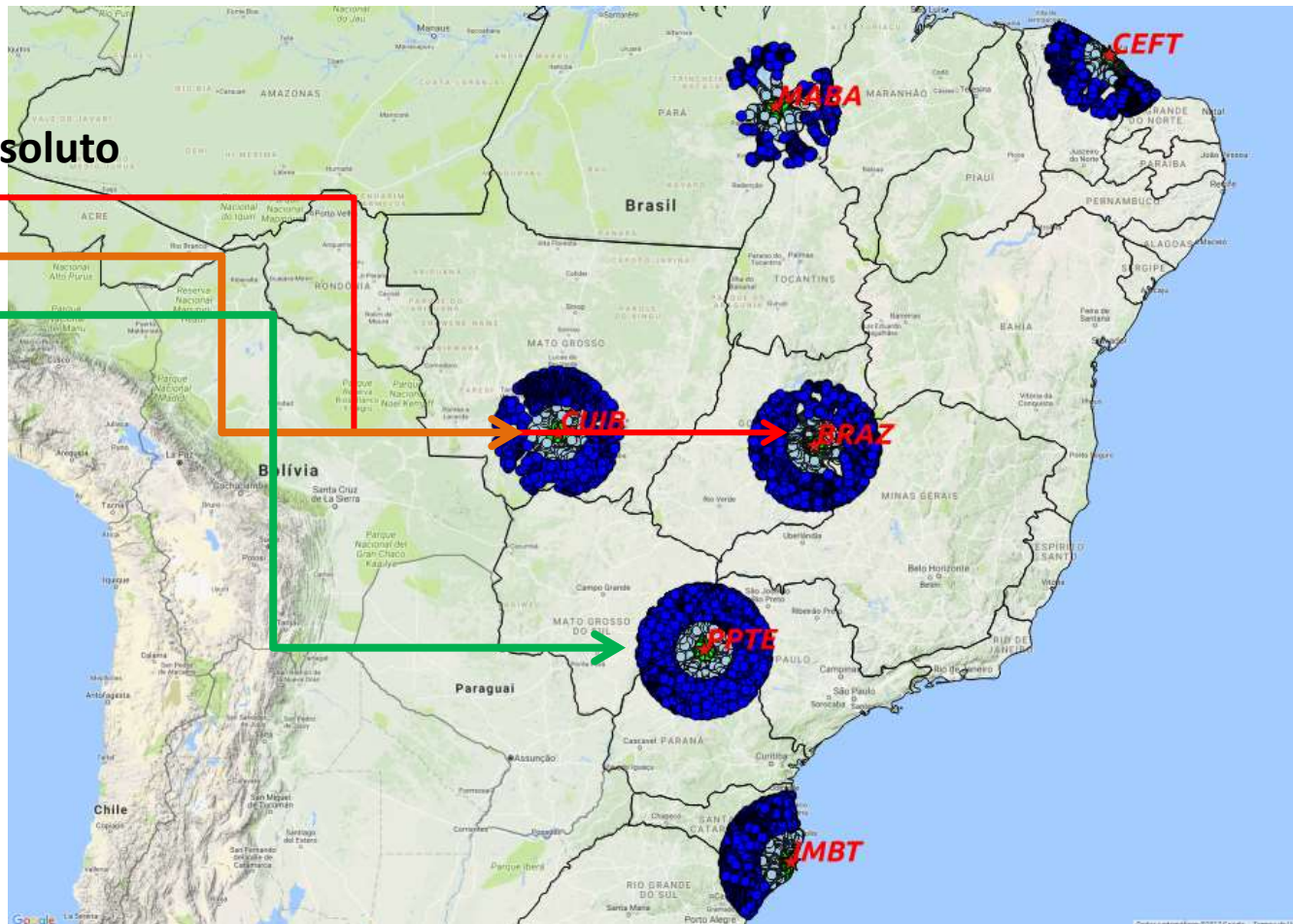
# Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC) - IHRF

Valor g absoluto

BRAZ

CUIB

PPTE



# Requisitos sobre los datos de gravedad terrestre

Puntos de gravedad distribuidos homogéneamente alrededor de las estaciones de referencia IHRF hasta 210 km ( $\sim 2^\circ$ ).

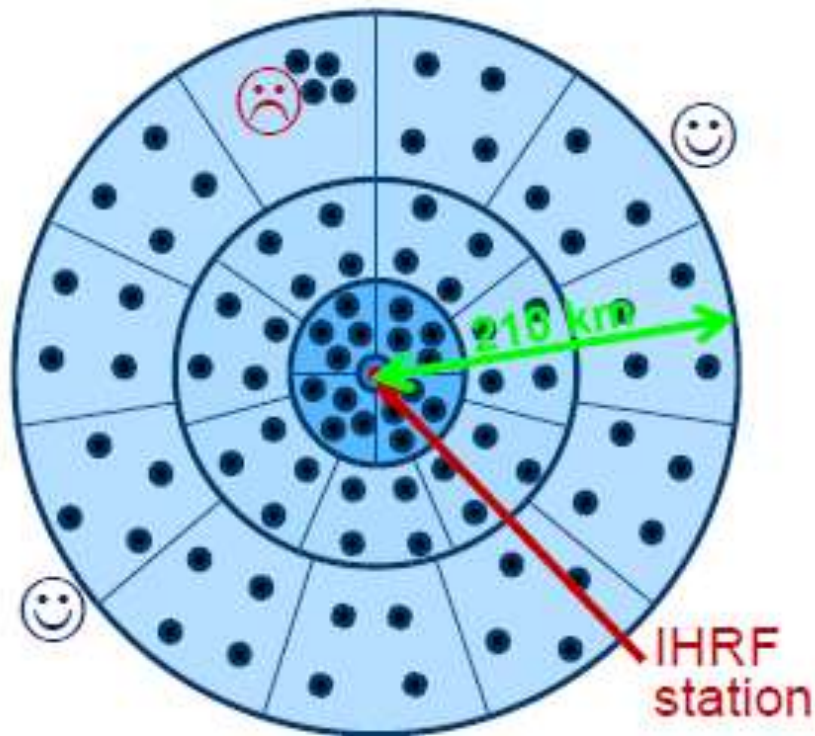
- ✓ Los datos de gravedad pueden existir o tienen que ser observados.
- ✓ Precisión mínima de los valores de gravedad:  $\pm 20 \mu\text{Gal}$ .  
**¡ Lo posible y realista es  $50 \mu\text{Gal}$  !**
- ✓ Posiciones de punto de gravedad con GPS.
- ✓ En las zonas de montaña  $\sim 50\%$  más de puntos de gravedad.
- ✓ Se deben agregar incertidumbres de MGG y MDT.

# Towards a first realization of the International Height Reference System (IHRF)

Laura Sánchez, Johannes Ihde, Roland Pail, Thomas Gruber, Riccardo Barzaghi, Urs Marti, Jonas Ågren, Michael Sideris, Pavel Novák

European Geosciences Union General Assembly 2017

Vienna, Austria. April 25, 2017



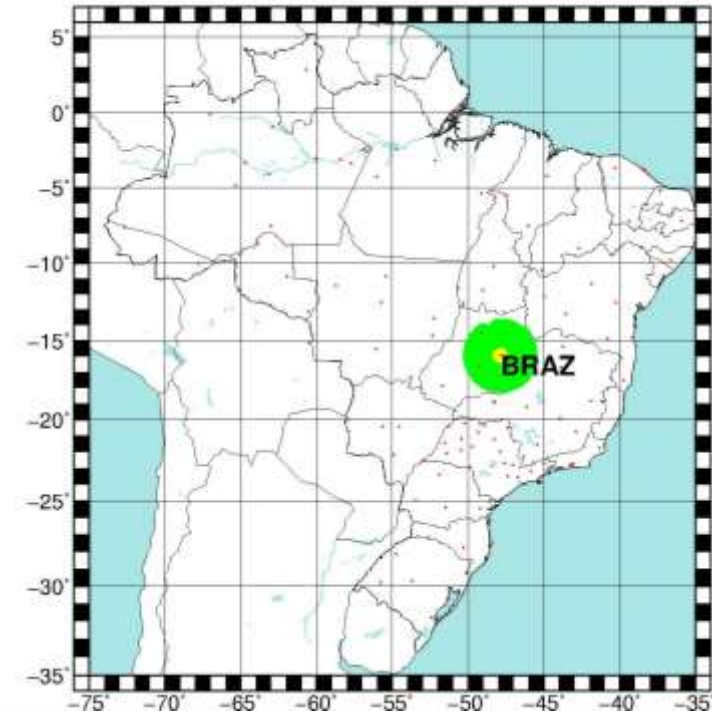
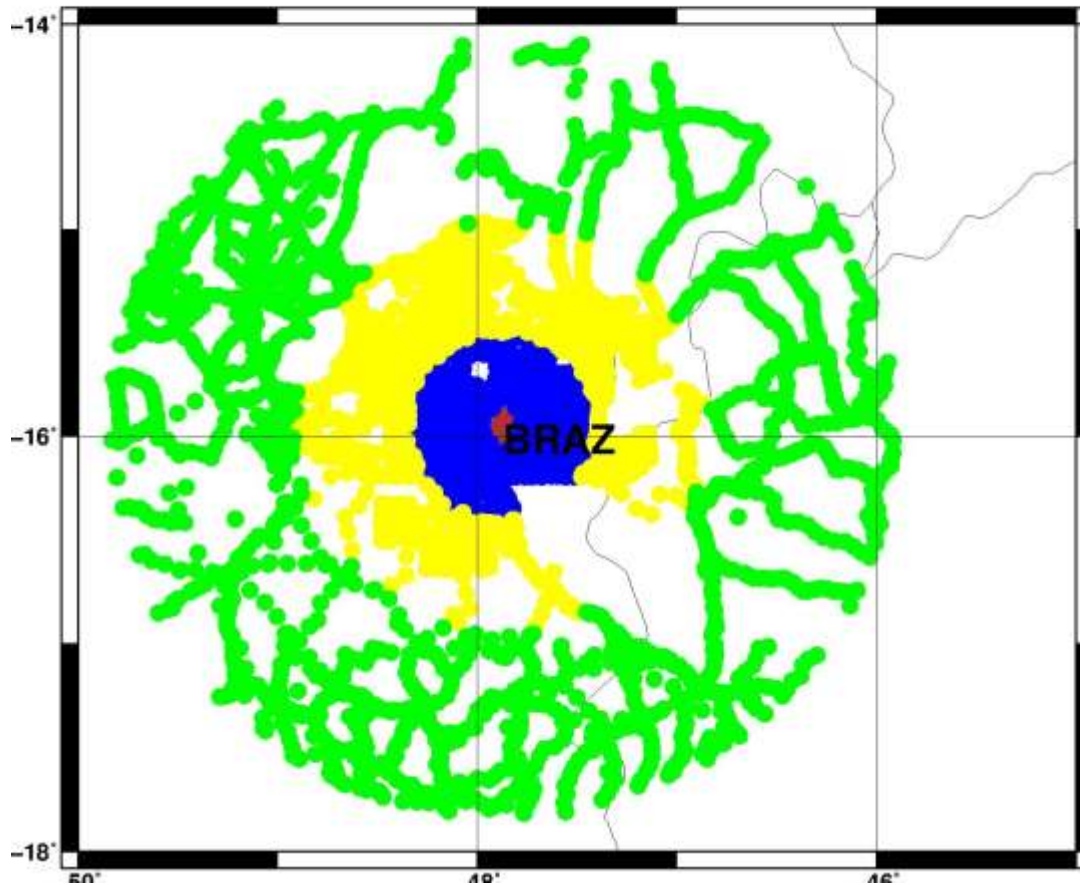
Template according to the gravity effect on the geoid ( $\Delta g = 1 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-2} \rightarrow 1 \text{ mm}$ )

Distance	Compartments	# of points flat/mountain
10 km	1	4/8
50 km	4	20/30
110 km	7	30/45
210 km	11	50/75
Sum	23	104/158



# Distribución de puntos alrededor del RBMC - BRAZ

BRAZ – Brasília

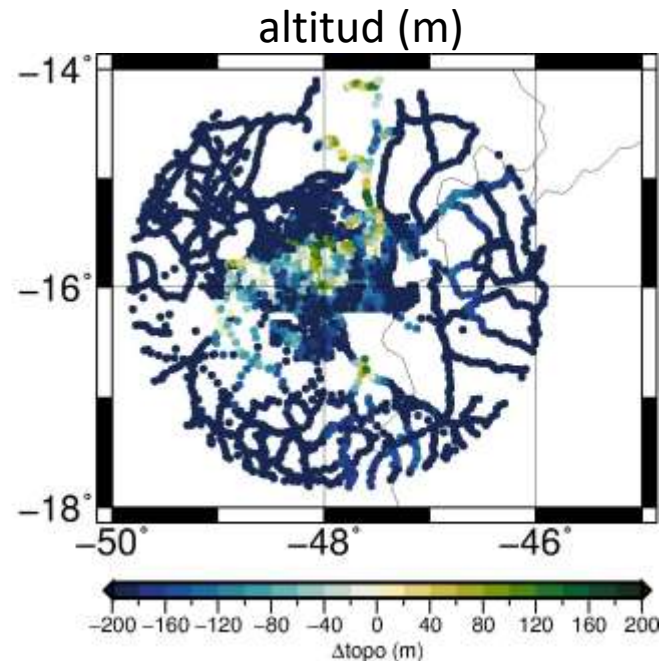
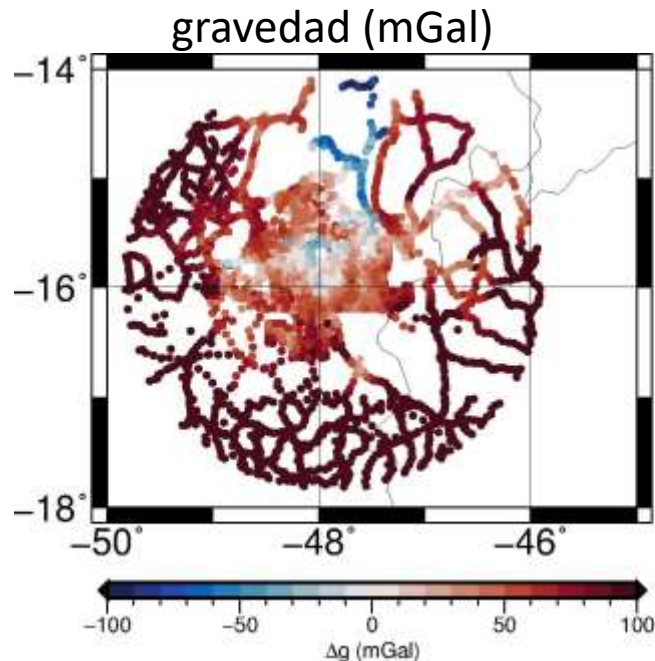


# Distribución de puntos alrededor del RBMC - BRAZ

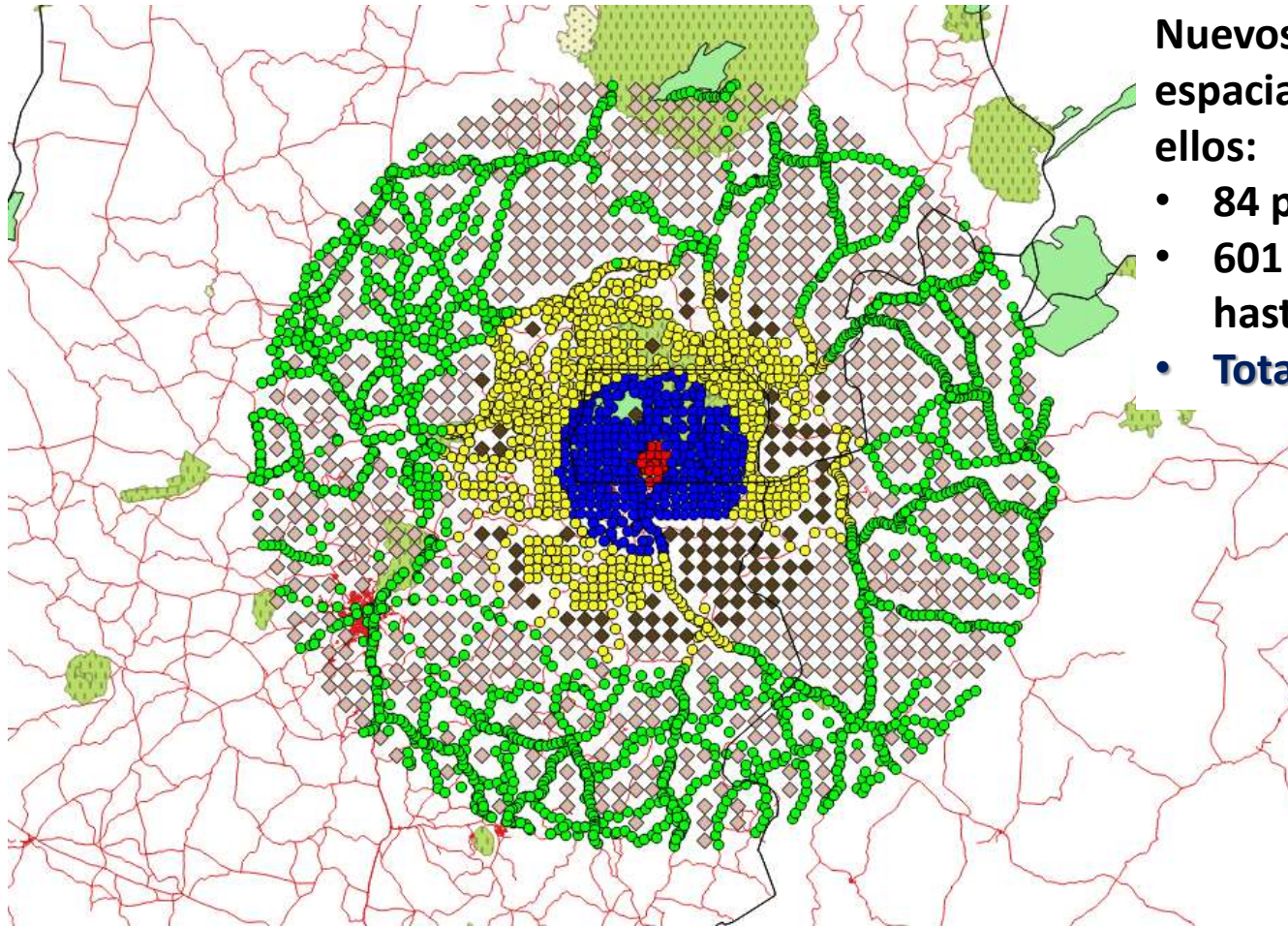
Distancia	Num de puntos
10km (4/8)	53
10km to 50km (20/30)	469
50km to 110km (30/45)	1138
110km to 210km (50/75)	2188
<b>TOTAL(104/158)</b>	<b>3848</b>

LONG GMS	- 47 52 40.3283
LAT GMS	- 15 56 50.9112
ALT GEOM (metro)	<b>1106.018</b>

Diferencia entre los puntos gravimétricos hasta 210 km con relación al valor del punto más cercano a la RMBC.



# Necesidad de nuevas campañas gravimétricas BRAZ

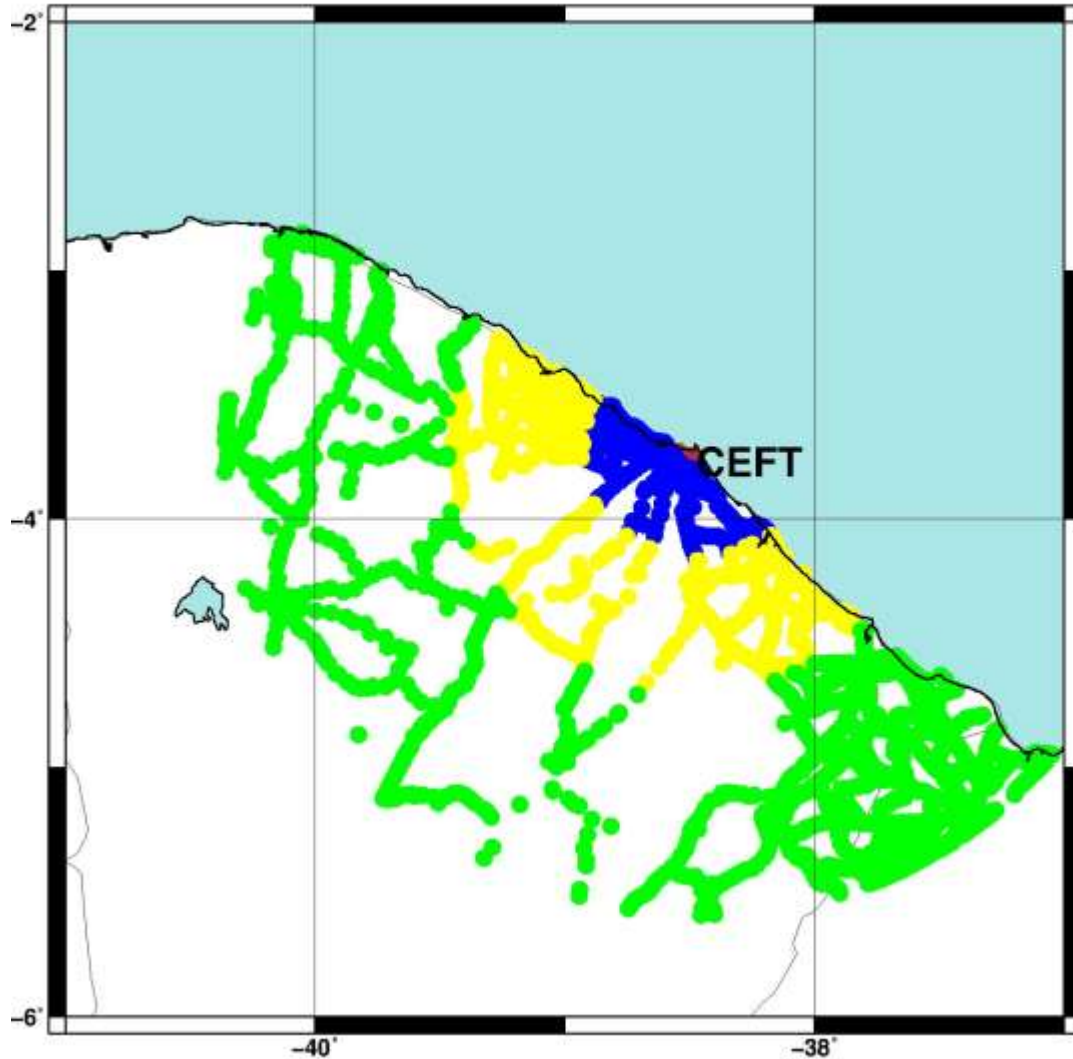


Nuevos puntos con espaciamentos de 5' entre ellos:

- 84 puntos hasta 100 km;
- 601 puntos de 100 km hasta 210 km;
- **Total: 685 nuevos puntos.**

# Distribución de puntos alrededor del RBMC - CEFT

CEFT – Fortaleza

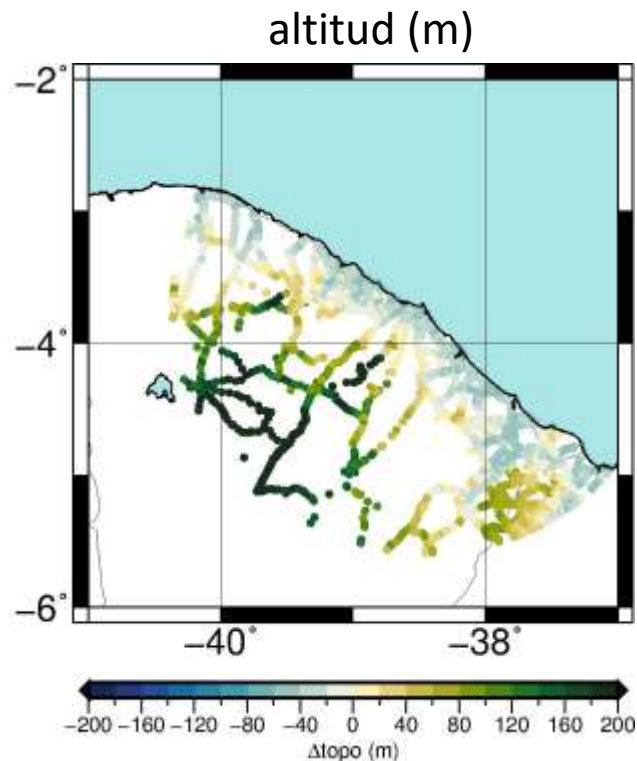
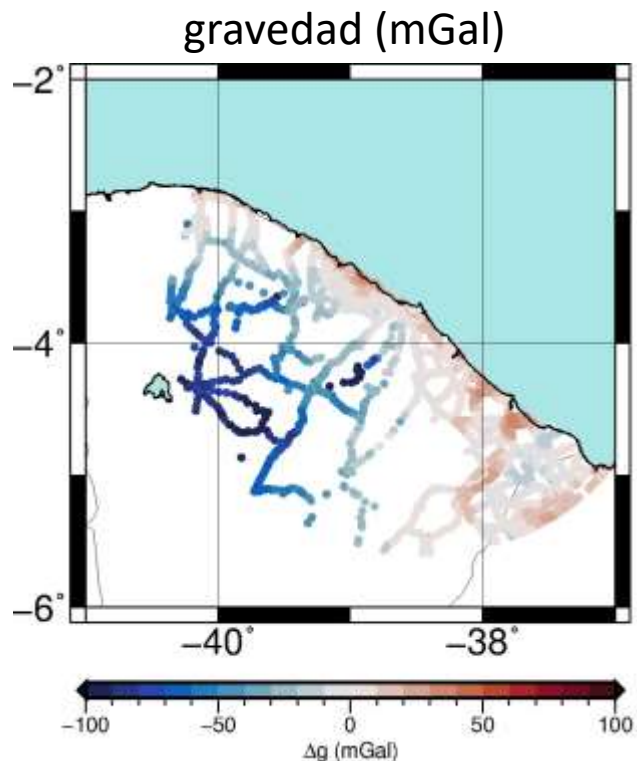


# Distribución de puntos alrededor del RBMC - CEFT

Distancia	Num de puntos
10km (4/8)	40
10km to 50km (20/30)	568
50km to 110km (30/45)	1060
110km to 210km (50/75)	4196
<b>TOTAL(104/158)</b>	<b>5864</b>

LONG GMS	- 38 28 22.5043
LAT GMS	- 03 42 38.9222
ALT GEOM (metro)	<b>4.911</b>

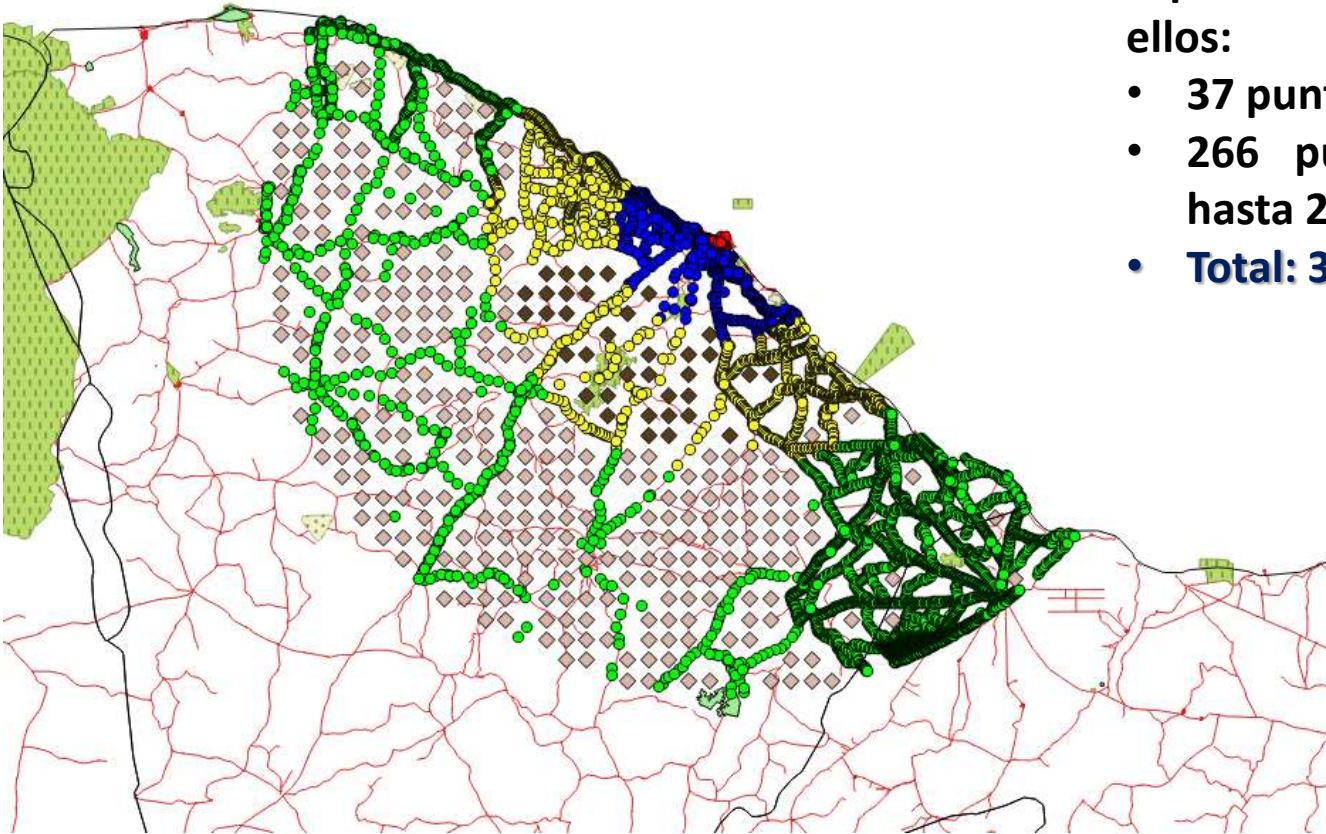
Diferencia entre los puntos gravimétricos hasta 210 km con relación al valor del punto más cercano a la RMBC.



# Necesidad de nuevas campañas gravimétricas CEFT

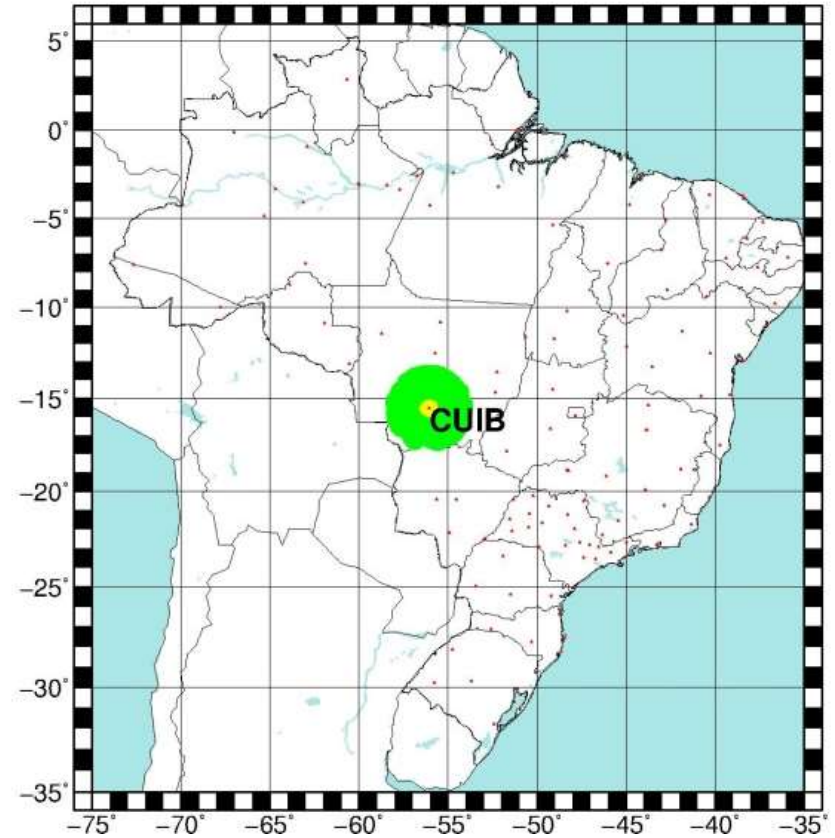
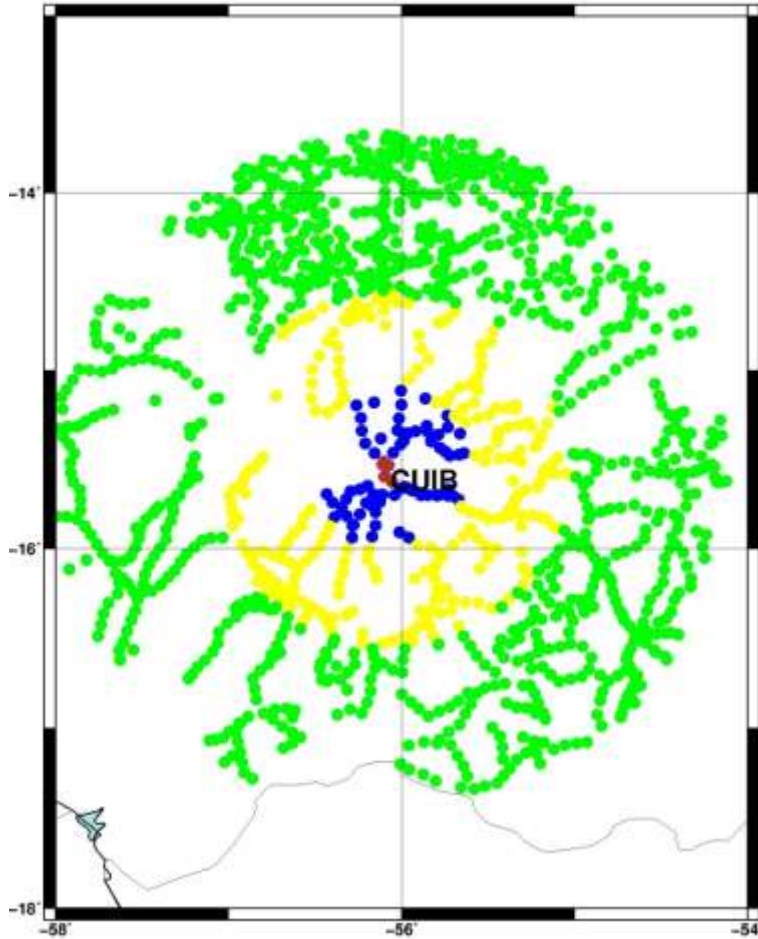
Nuevos puntos con espaciamientos de 5' entre ellos:

- 37 puntos hasta 100 km;
- 266 puntos de 100 km hasta 210 km;
- **Total: 303 nuevos puntos.**



# Distribución de puntos alrededor del RBMC - CUIB

CUIB – Cuiabá



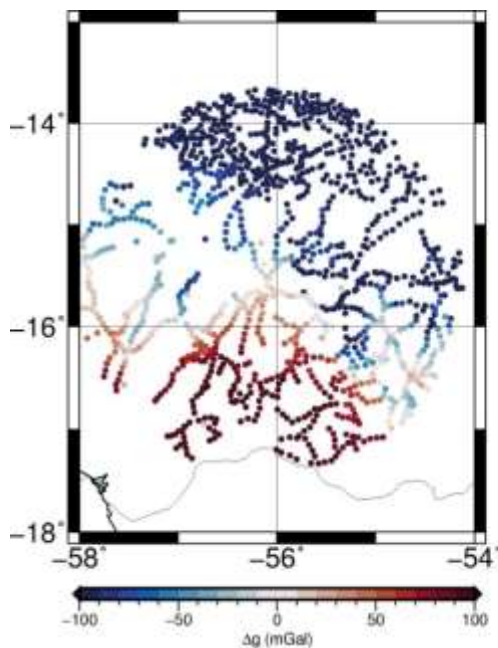
# Distribución de puntos alrededor del RBMC - CUIB

Distancia	Num de puntos
10km (4/8)	8
10km to 50km (20/30)	71
50km to 110km (30/45)	243
110km to 210km (50/75)	982
<b>TOTAL(104/158)</b>	<b>1305</b>

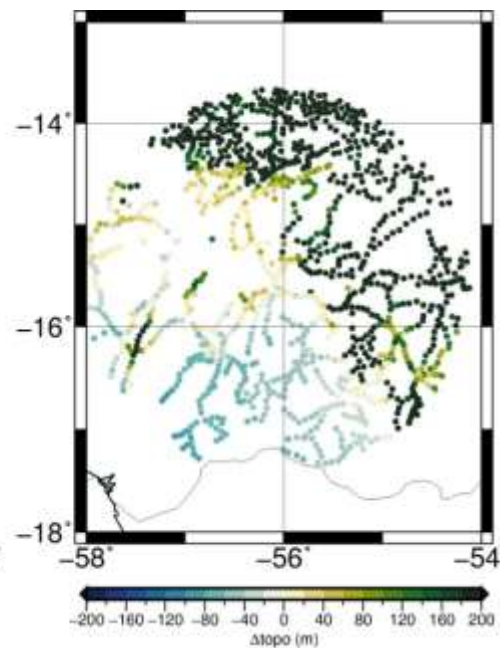
LONG GMS	- 56 04 11.5196
LAT GMS	- 15 33 18.9468
ALT GEOM (metro)	<b>237.443</b>

Diferencia entre los puntos gravimétricos hasta 210 km con relación al valor del punto más cercano a la RMBC.

gravedad (mGal)

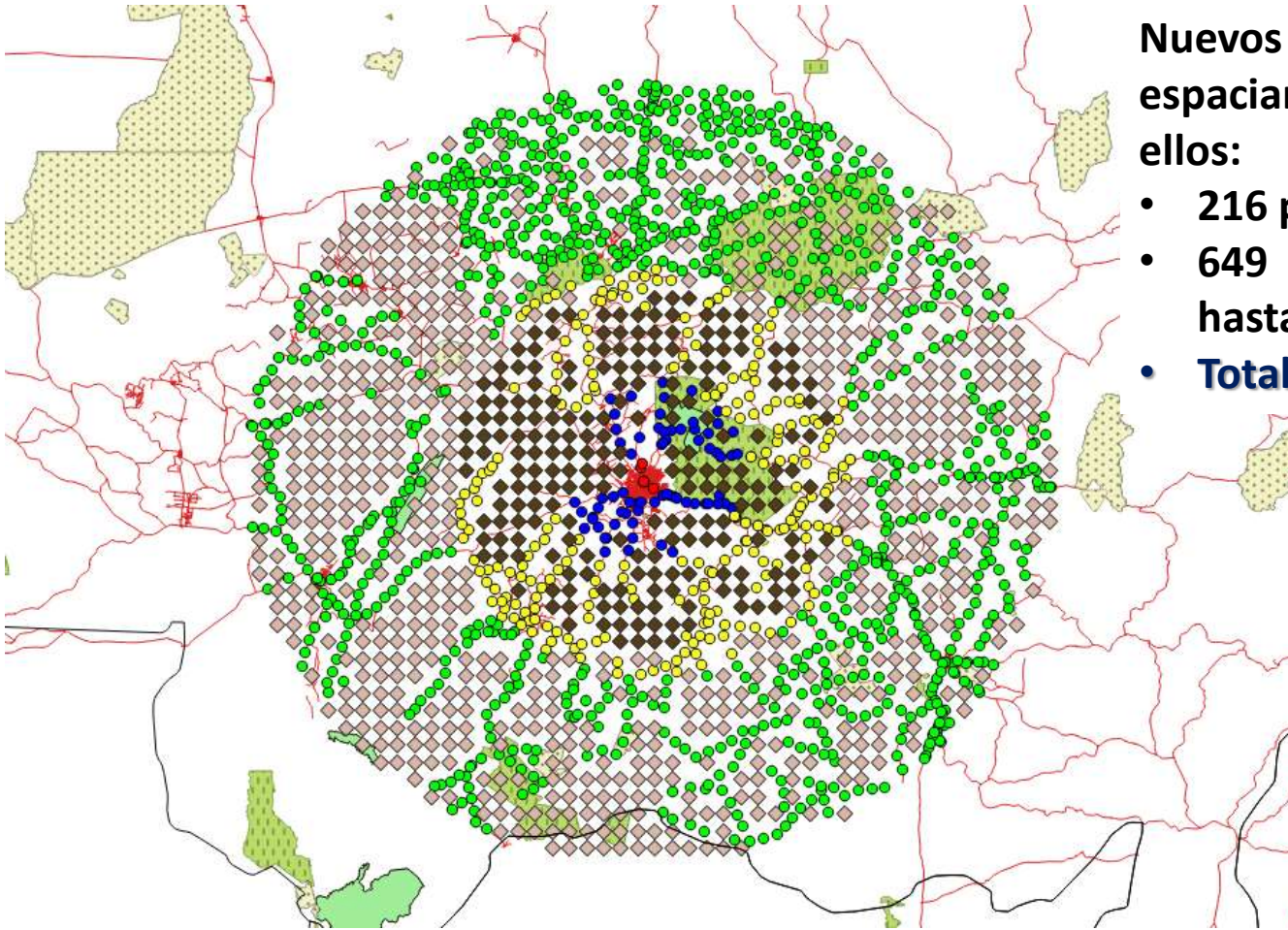


altitud (m)





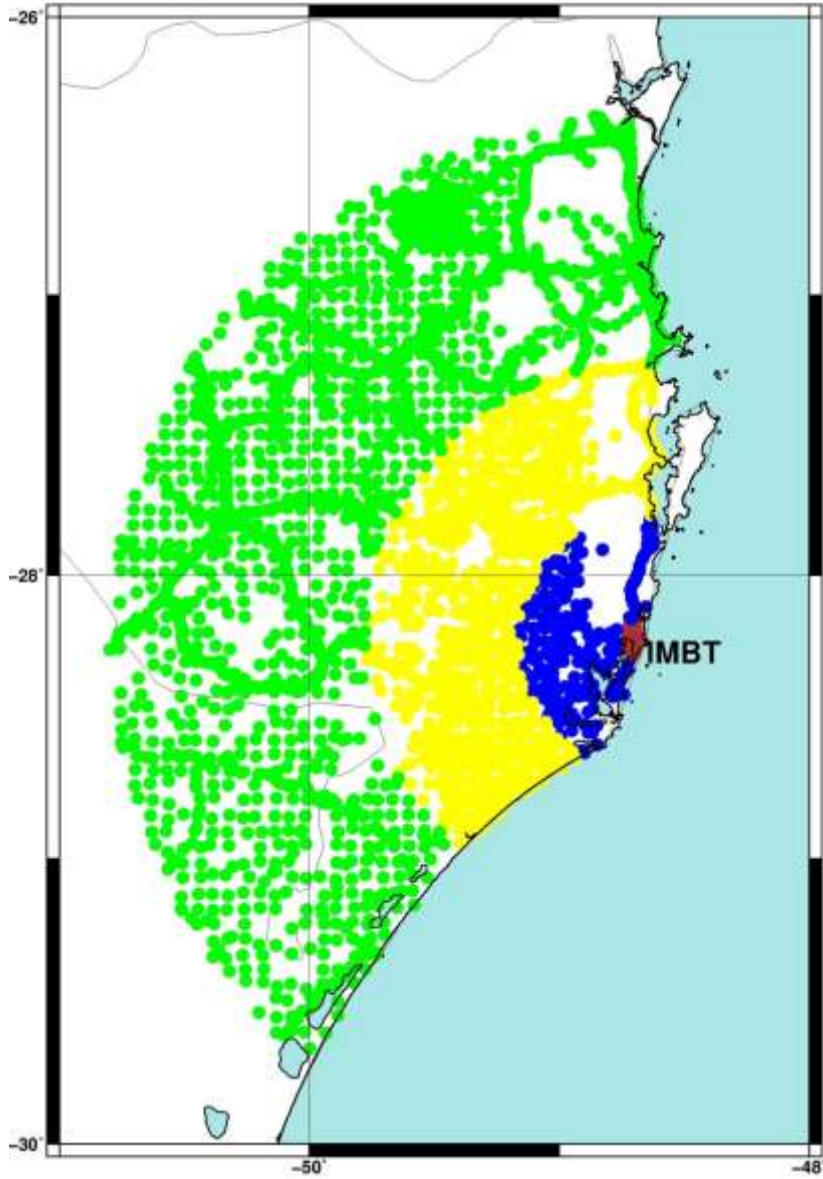
# Necesidad de nuevas campañas gravimétricas CUIB



Nuevos puntos con espaciamentos de 5' entre ellos:

- 216 puntos hasta 100 km;
- 649 puntos de 100 km hasta 210 km;
- **Total: 865 nuevos puntos.**

# Distribución de puntos alrededor del RBMC - IMBT

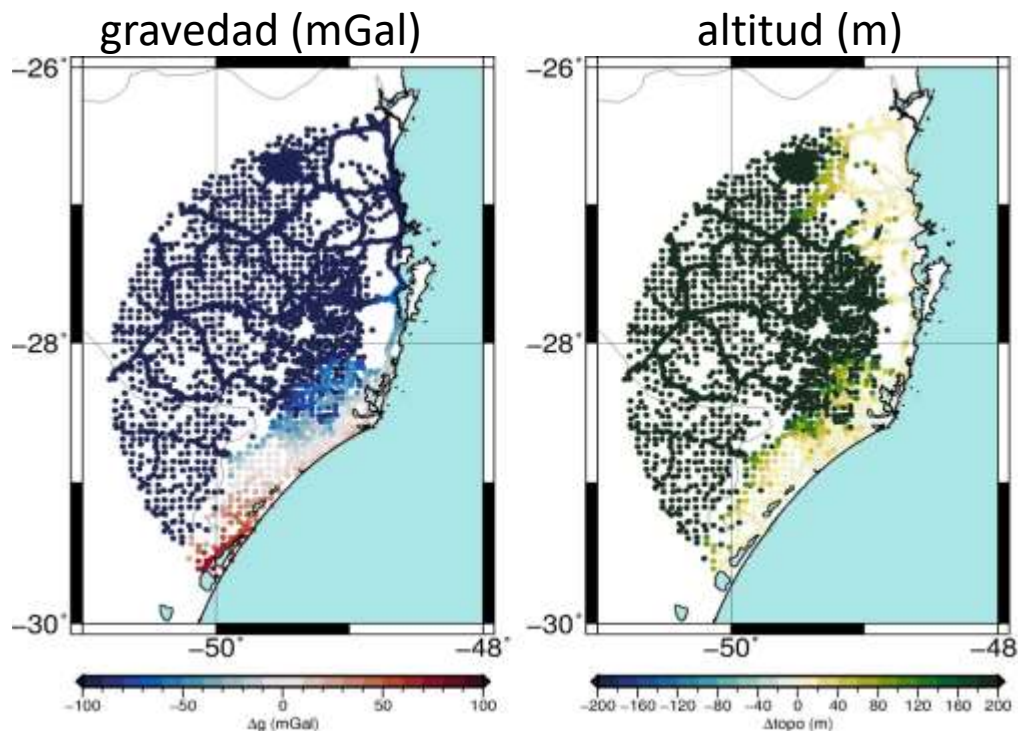


# Distribución de puntos alrededor del RBMC - IMBT

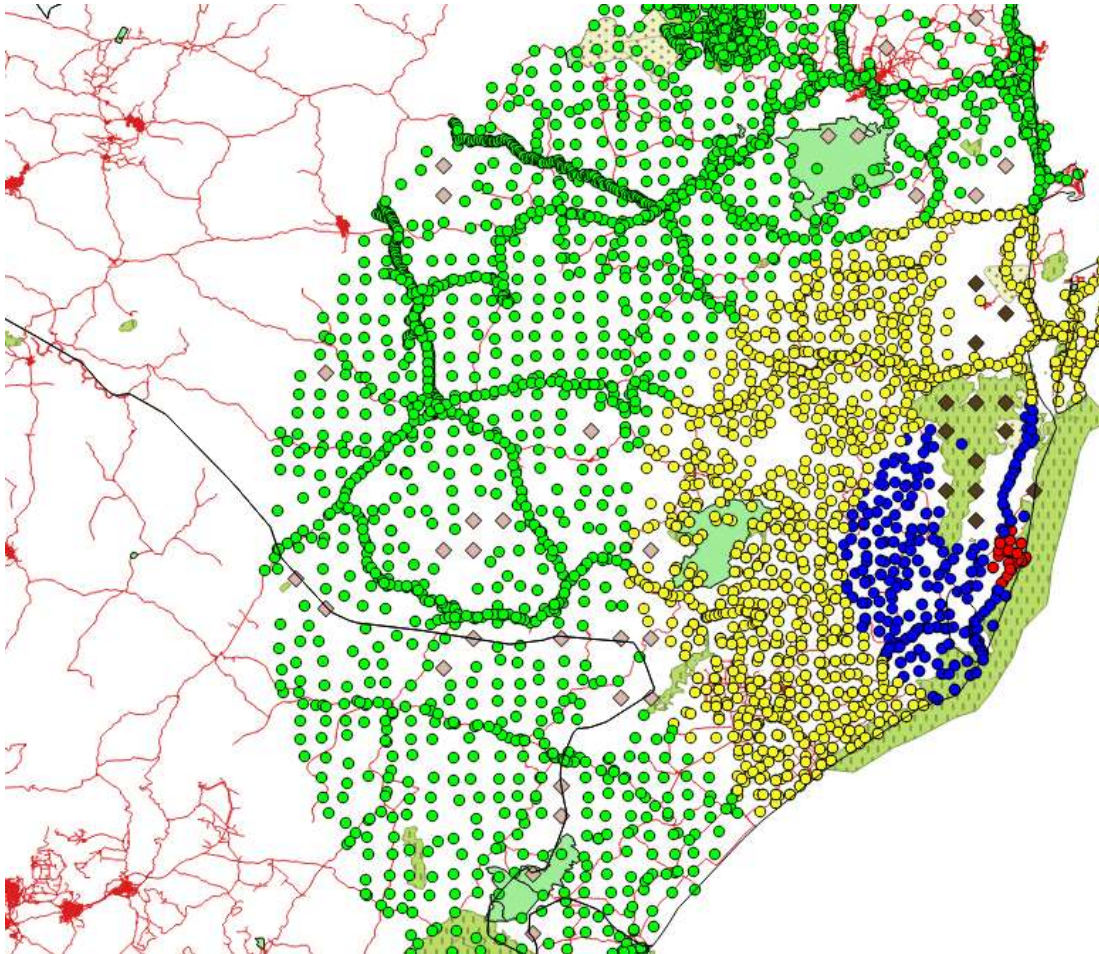
Distancia	Num de puntos
10km (4/8)	43
10km to 50km (20/30)	322
50km to 110km (30/45)	1251
110km to 210km (50/75)	2322
<b>TOTAL(104/158)</b>	<b>3938</b>

LONG GMS	- 48 39 20.5970
LAT GMS	- 28 14 05.4220
ALT GEOM (metro)	<b>31.406</b>

Diferencia entre los puntos gravimétricos hasta 210 km con relación al valor del punto más cercano a la RMBC.



# Necesidad de nuevas campañas gravimétricas IMBT

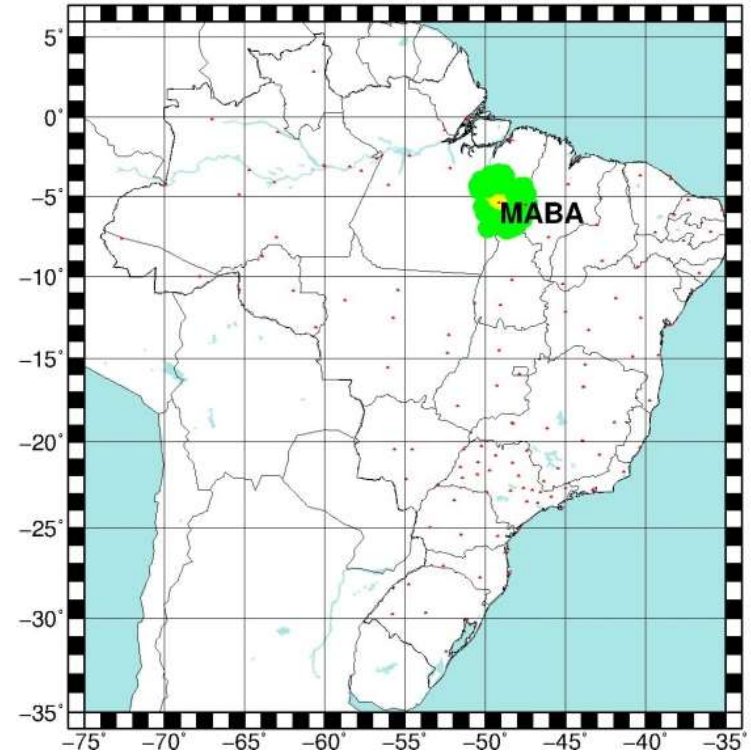
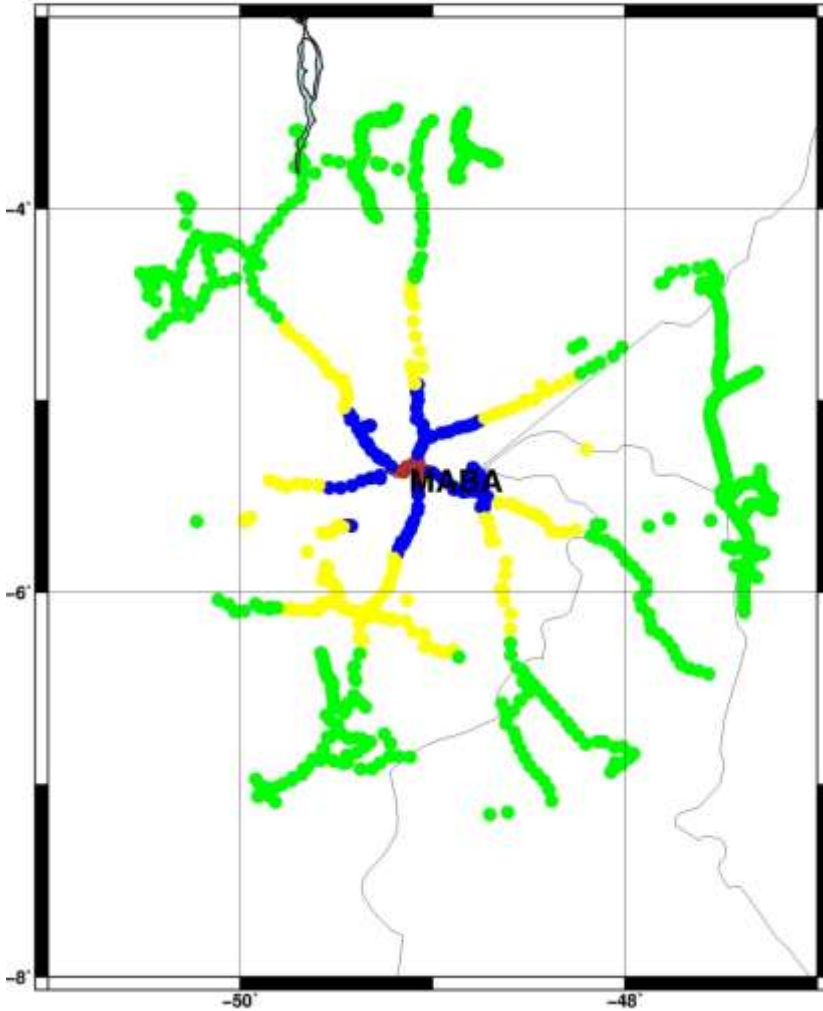


Nuevos puntos con espaciamentos de 5' entre ellos:

- 14 puntos hasta 100 km;
- 38 puntos de 100 km hasta 210 km;
- **Total: 52 nuevos puntos.**

# Distribución de puntos alrededor del RBMC - MABA

MABA – Marabá

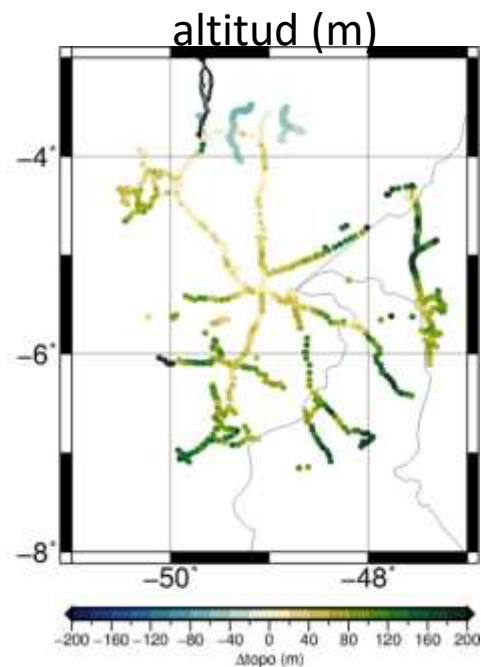
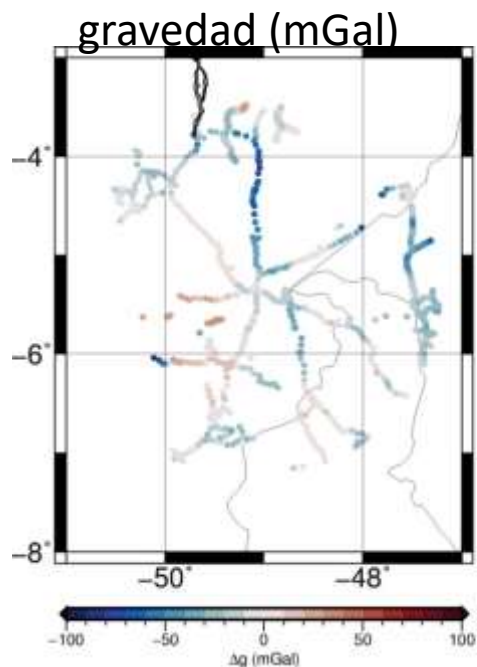


# Distribución de puntos alrededor del RBMC - MABA

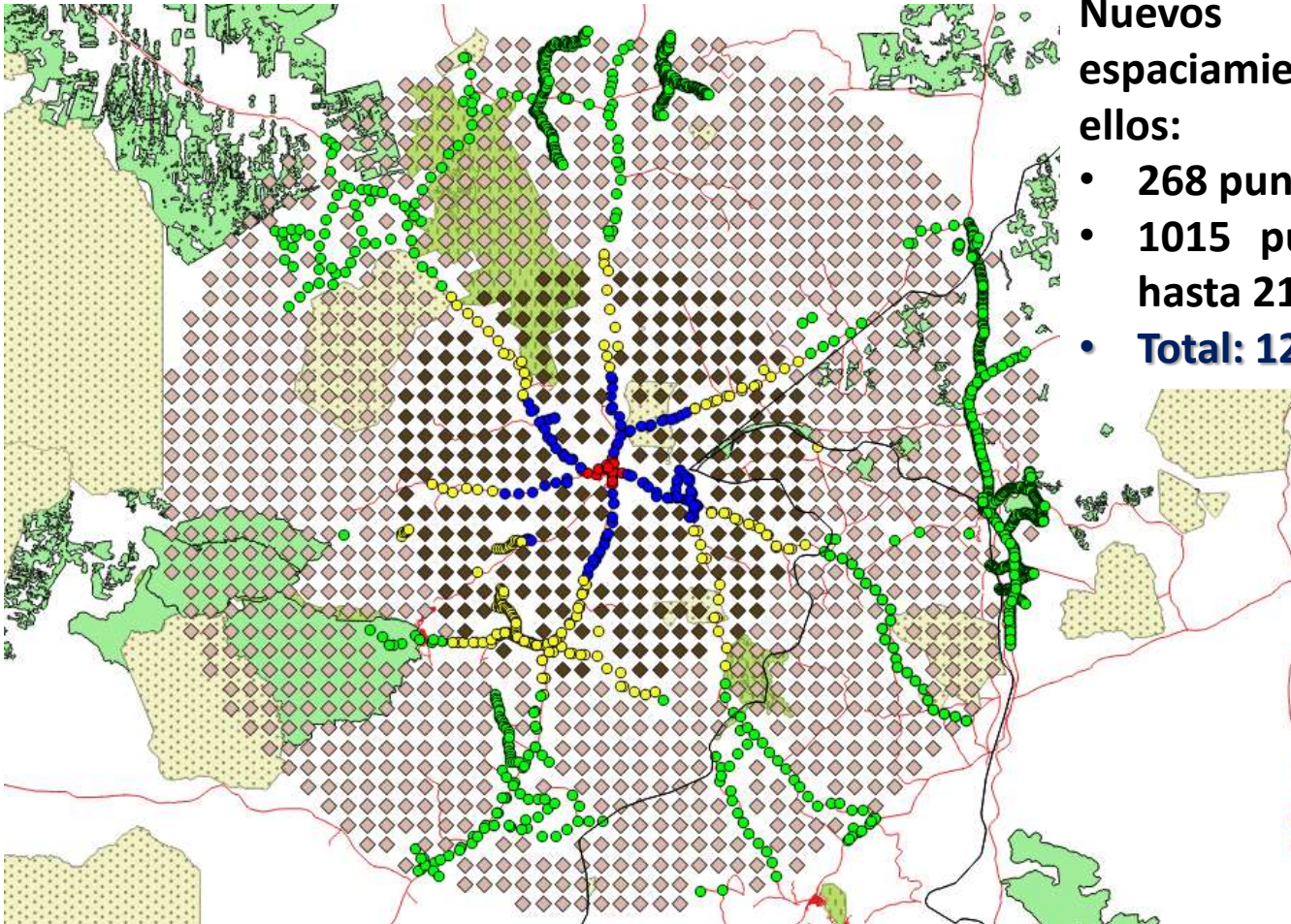
Distancia	Num de puntos
10km (4/8)	18
10km to 50km (20/30)	113
50km to 110km (30/45)	203
110km to 210km (50/75)	1103
<b>TOTAL(104/158)</b>	<b>1437</b>

LONG GMS	- 49 07 20.2716
LAT GMS	- 05 21 44.5632
ALT GEOM (metro)	<b>79.817</b>

Diferencia entre los puntos gravimétricos hasta 210 km con relación al valor del punto más cercano a la RMBC.



# Necesidad de nuevas campañas gravimétricas MABA

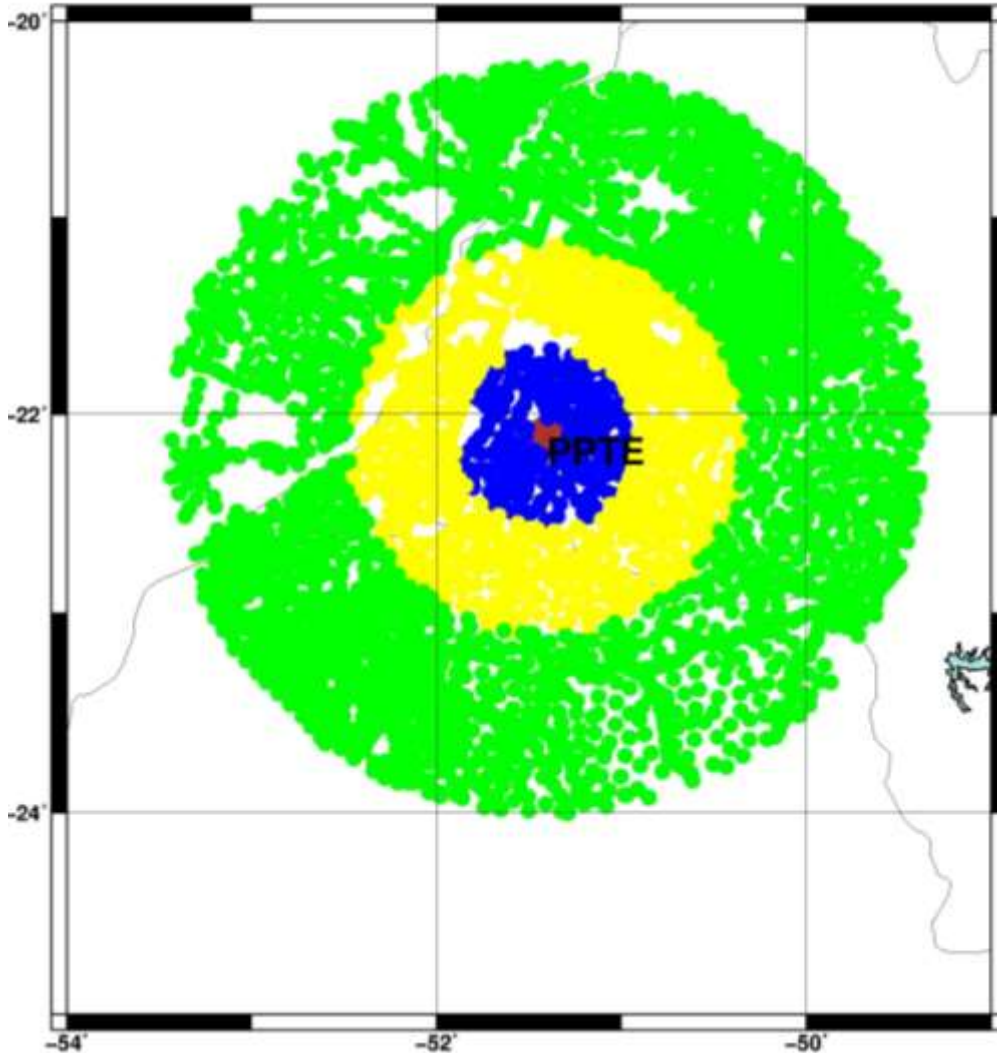


Nuevos puntos con espaciamentos de 5' entre ellos:

- 268 puntos hasta 100 km;
- 1015 puntos de 100 km hasta 210 km;
- **Total: 1283 nuevos puntos.**

# Distribución de puntos alrededor del RBMC - PPTe

PPTe – Presidente Prudente



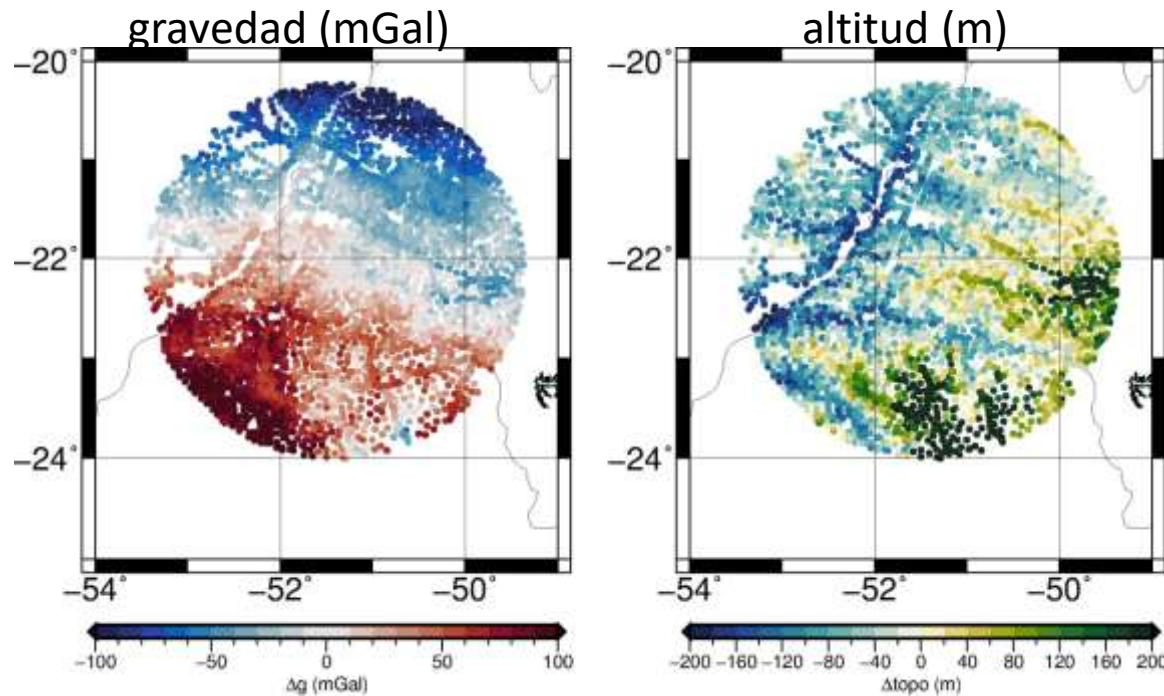


# Distribución de puntos alrededor del RBMC – PPTE

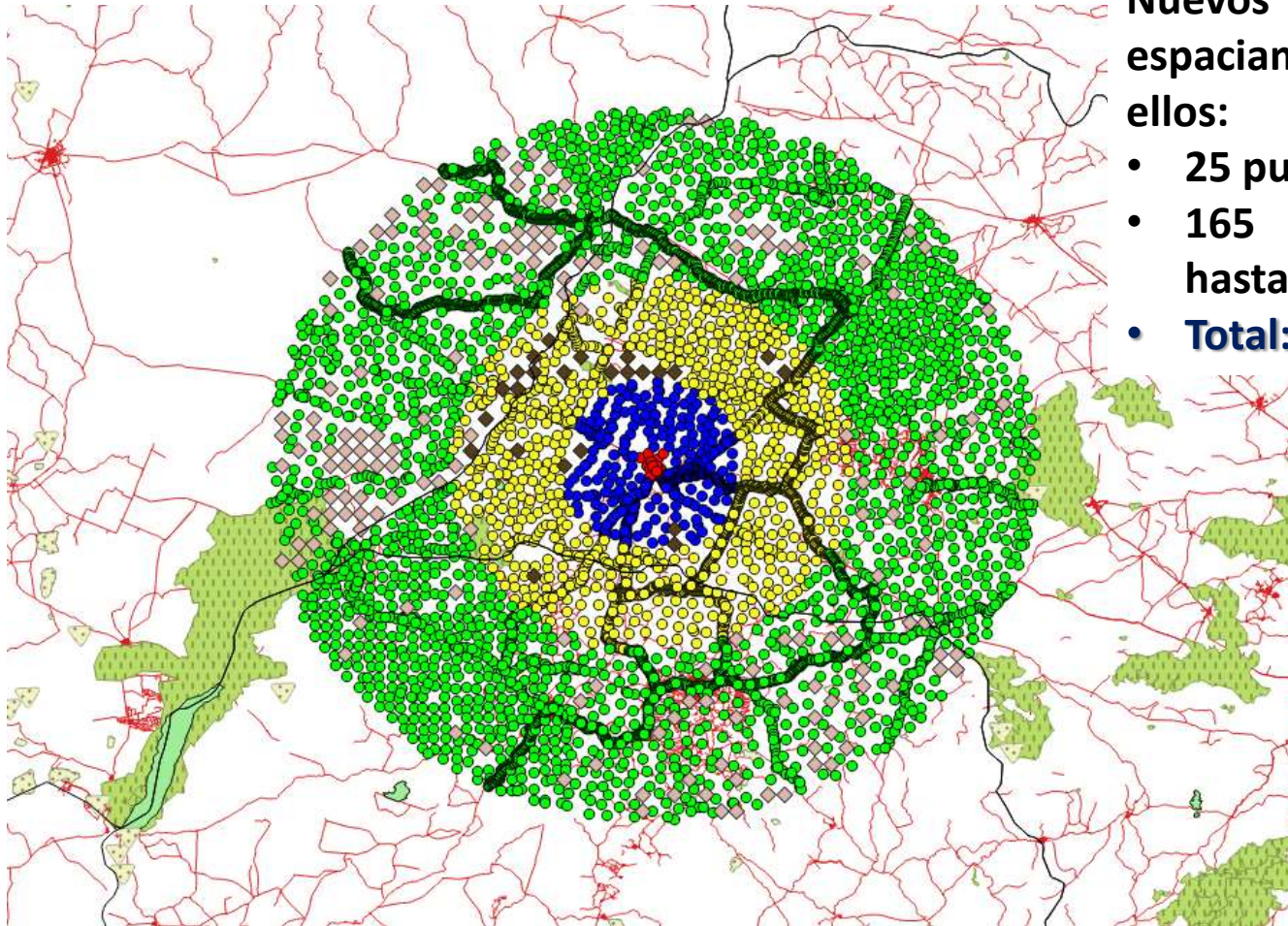
Distancia	Num de puntos
10km (4/8)	64
10km to 50km (20/30)	429
50km to 110km (30/45)	1449
110km to 210km (50/75)	3943
<b>TOTAL(104/158)</b>	<b>5885</b>

LONG GMS	- 51 24 30.7225
LAT GMS	- 22 07 11.6571
ALT GEOM (metro)	<b>431.049</b>

Diferencia entre los puntos gravimétricos hasta 210 km con relación al valor del punto más cercano a la RMBC.



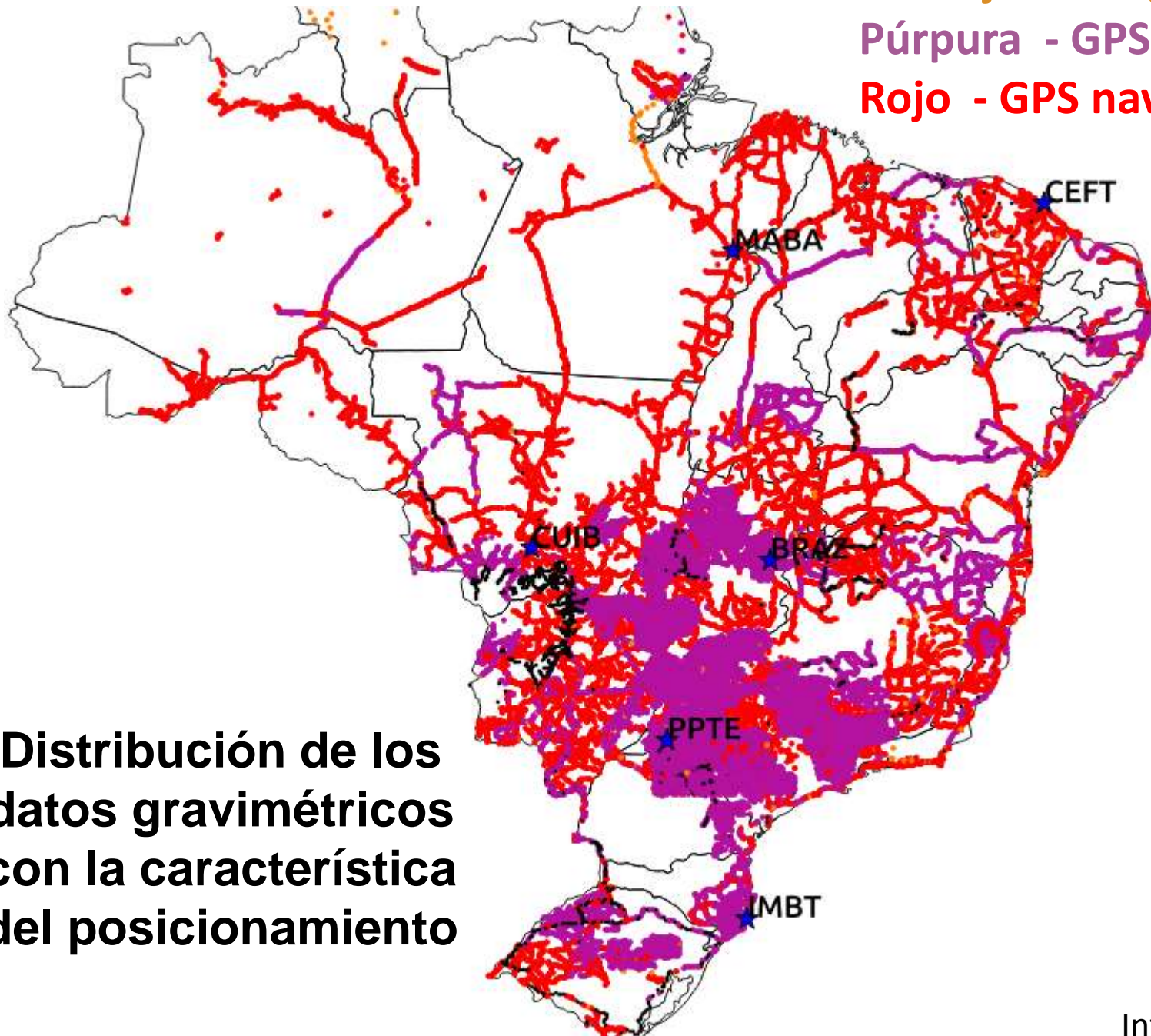
# Necesidad de nuevas campañas gravimétricas PPTe



Nuevos puntos con espaciamentos de 5' entre ellos:

- 25 puntos hasta 100 km;
- 165 puntos de 100 km hasta 210 km;
- **Total: 190 nuevos puntos.**

**Naranja** - GPS geodésico  
**Púrpura** - GPS topográfico  
**Rojo** - GPS navegación



**Distribución de los  
datos gravimétricos  
con la característica  
del posicionamiento**

# **W(P) de estaciones IHRF**

En la segunda etapa de este trabajo se presentan los primeros esfuerzos **del cálculo del W(P)** por el **método de Stokes y de Hotine**, en los dos casos se usó la integración numérica.

Se adoptó el **modelo geopotencial EIGEN6C4 (n=m=200)** para obtener **los valores residuales de la anomalía de gravedad y del disturbio de gravedad** para su uso en las respectivas integrales.

En ese estudio, el **radio de integración fue de 100 km**, debido a **la deficiencia de levantamientos gravimétricos en el entorno de algunas estaciones** y , mas importante, siendo que los **modelos recientes del geopotencial con informaciones de satélites sólo son bastante confiables hasta grado y orden 200 (pequeno erro de comissão).**

# Primeros resultados del potencial perturbador sobre la superficie geoidal ( $m^2s^{-2}$ )

	<b>componente de corta longitud de onda oriunda gravimetría terrestre</b>	<b>componente de larga longitud de onda derivada del modelo EIGEN-6C4</b>	<b>potencial perturbador final sobre la superficie geoidal</b>
MABA	-0,50	-225,76	<b>-226,26</b>
BRAZ	0,08	-119,35	<b>-119,26</b>
CEFT	-0,39	-82,48	<b>-82,87</b>
CUIB	0,65	24,74	<b>25,39</b>
IMBT	1,65	18,48	<b>20,13</b>
PPTE	-0,25	-46,04	<b>-46,29</b>

Método de Stokes

# Primeros resultados del potencial perturbador sobre la superficie terrestre ( $m^2s^{-2}$ )

	<b>componente de corta longitud de onda oriunda gravimetría terrestre</b>	<b>componente de larga longitud de onda derivada del modelo EIGEN-6C4</b>	<b>potencial perturbador final sobre la superficie terrestre</b>
MABA	-0,65	-225,79	<b>-226,44</b>
BRAZ	0,23	-119,43	<b>-119,2</b>
CEFT	-0,40	-82,45	<b>-82,85</b>
CUIB	0,89	24,60	<b>25,49</b>
IMBT	1,75	18,21	<b>19,96</b>
PPTE	-0,26	-46,76	<b>-47,02</b>

**Método de Hotine**



**EPUSP**

*Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*



**GRACIAS**



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística