



**Simposio SIRGAS 2015**  
**y VII Escuela SIRGAS en Sistemas de Referencia**  
Santo Domingo, República Dominicana  
Noviembre 16 - 20, 2015

Diretoria de Geociências - DGC

# Conexão Altimétrica

## *Brasil – Bolívia*

### *Corumbá – Puerto Quijaro*

Arturo Echalar Rivera – IGM

Jacob Heck - IGM

Nívia Régis Di Maio Pereira - IBGE

Carlos Alberto Correa e Castro Júnior - IBGE

*Novembro de 2015*

**Motivações e considerações**

**Circuito de conexões**

**Trabalhos do campo**

**Resultados obtidos do nivelamento**

**Resultados obtidos do gravidade**

**Conclusões e Recomendações**

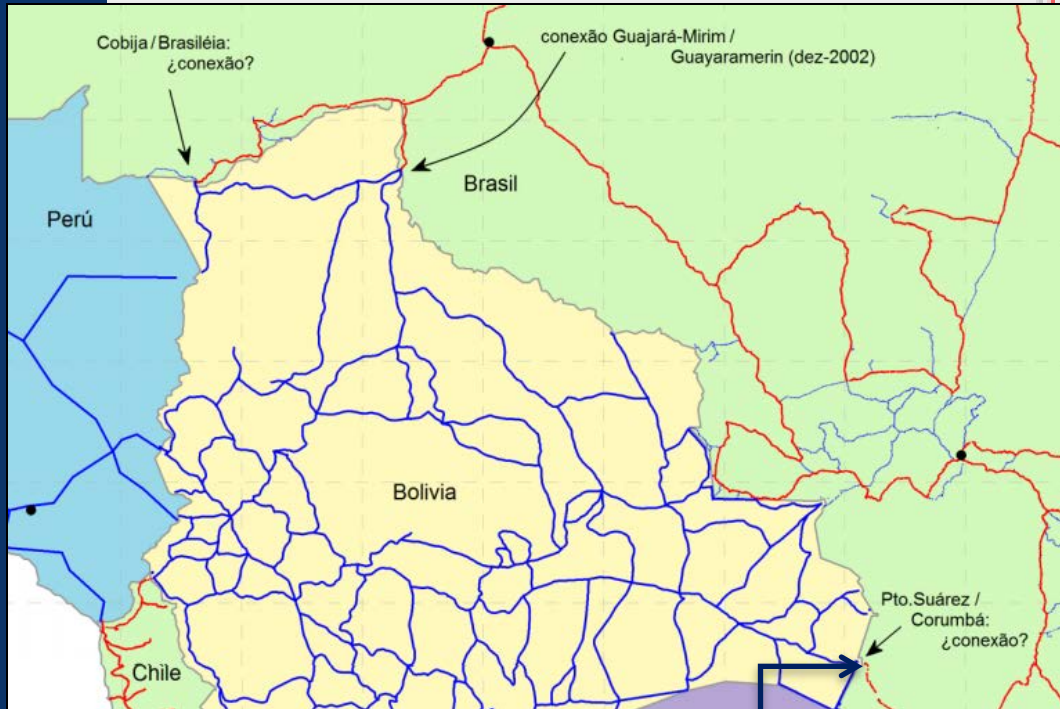
**Perspectivas futuras**

# Rede altimétrica continental



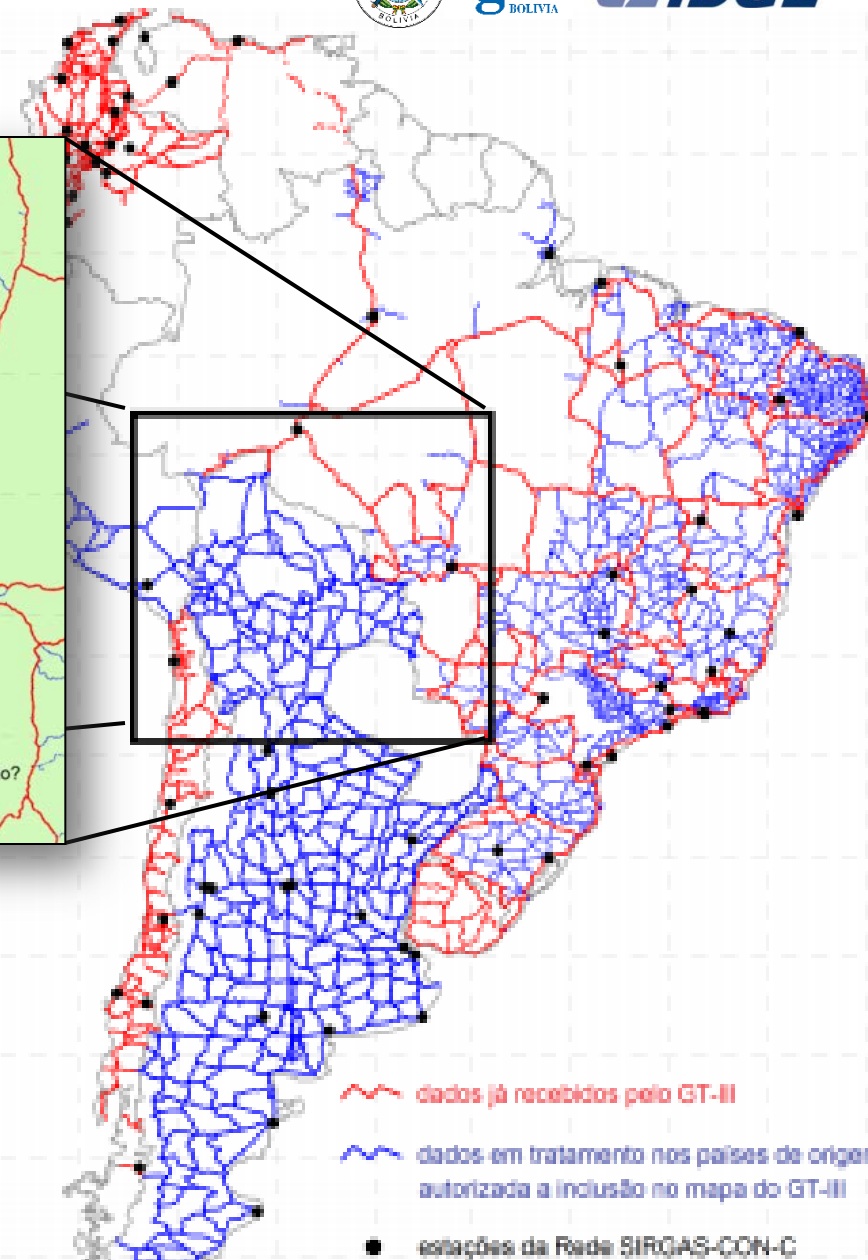
igm  
BOLÍVIA

IBGE



- 2015: Circuito de conexão altimétrica

- Corumbá (Br) / Puerto Quijaro  
(Bo)

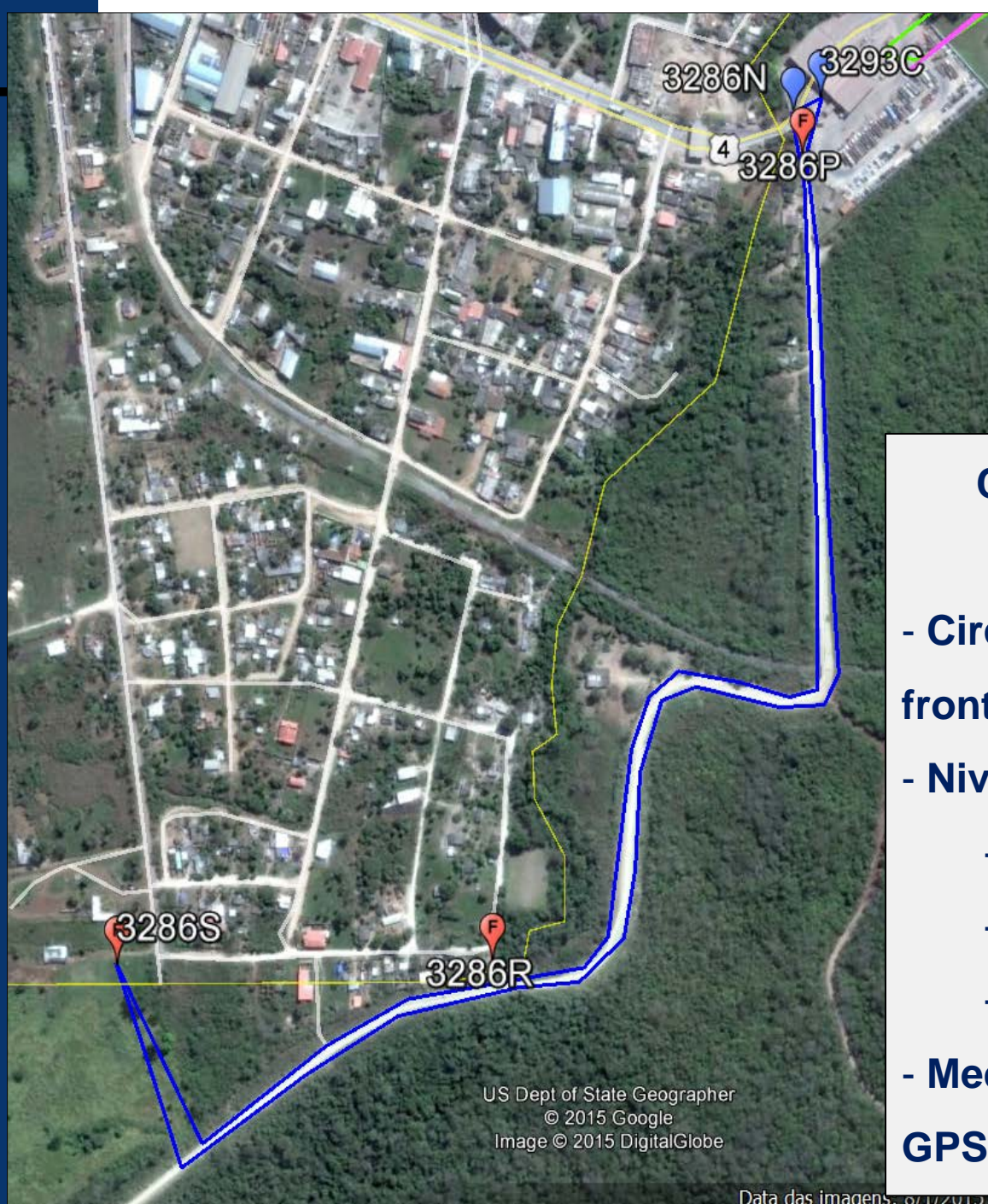


1. Necessidade de definir uma rede altimétrica continental consistente:
  - a) Geração de um referencial continental único;
  - b) Monitoramento dos níveis dos mares – Atlântico e Pacífico;
  - c) Evitar problemas socioambientais e geopolíticos;
  - d) Apoio às obras de engenharia transnacionais;
2. Coordenação entre os dois países para a execução das atividades de forma simultânea;
3. Avaliar as diferenças altimétricas e gravimétricas entre as duas redes;
4. Marcos de fronteira (mais robustos) como estações de conexão;
5. Medições altimétricas, gravimétricas e planimétricas em todas as estações dos circuitos de conexão;

## **Circuito de conexão altimétrica Corumbá (Br) / Puerto Quijaro (Bo)**

### **Características técnicas da conexão:**

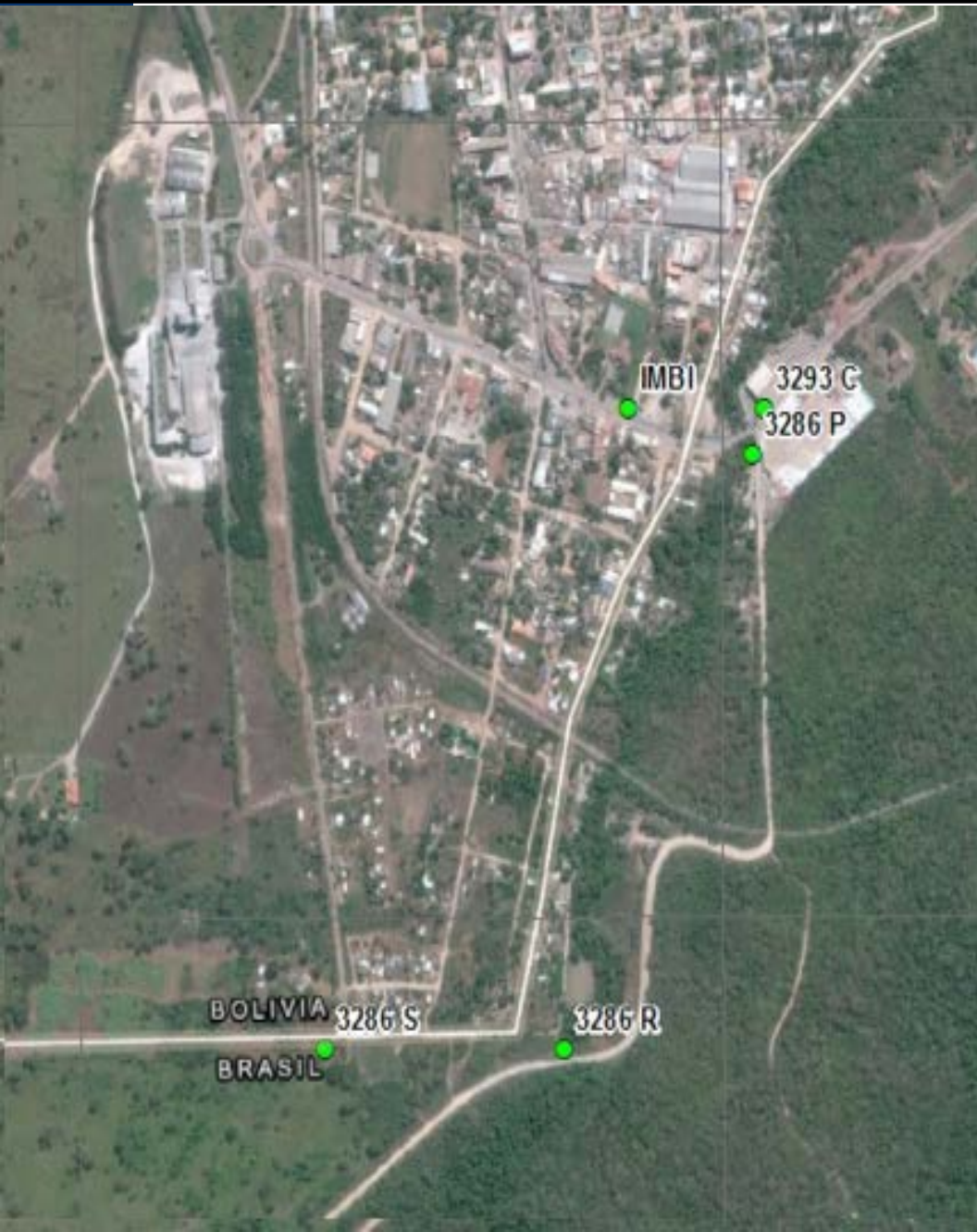
- Circuito formado por marcos de fronteira e RN do Brasil;
- Nivelamento geométrico:
  - $3\text{mm}\sqrt{\text{Km}}$ ,
  - Nível DNA-03 (Leica),
  - Duplo nivelamento
- Medição gravimétrica e rastreo GPS;



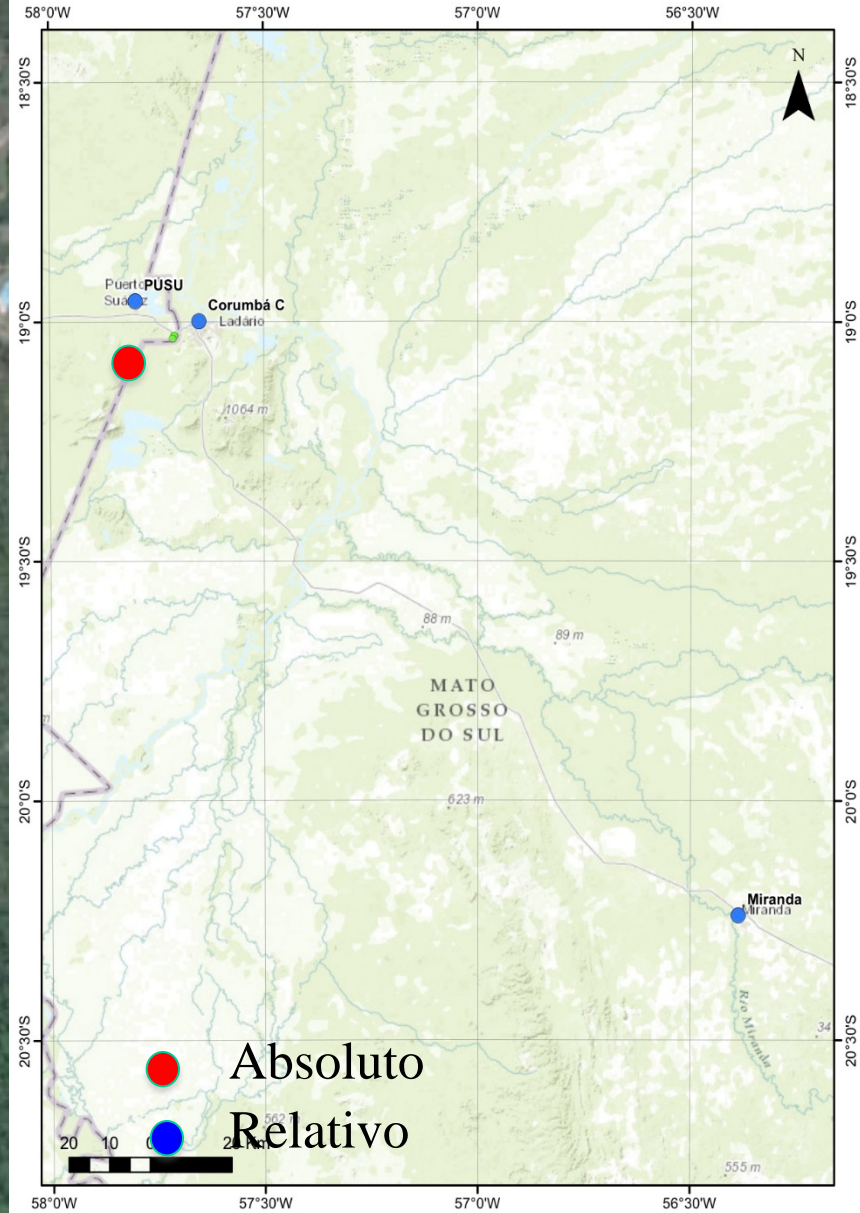
# Circuito de conexões gravimétricas



igm  
BOLÍVIA



## Marcos de Referência Brasil - Bolívia





Reunião técnica IBGE, IGM e Comissões de Limites Br e Bo



Marco de Fronteira Brasil / Bolívia



Rastreio GPS no marco de fronteira,  
equipes IBGE e IGM

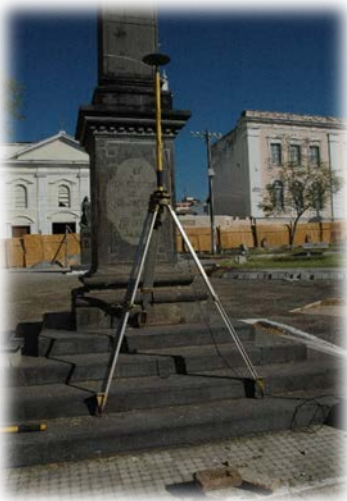


Nivelamento no marco de fronteira

# Trabalhos do campo



igm  
BOLÍVIA





## Dados do nivelamento do circuito de conexão - IBGE

| SEÇÃO          | DESN MÉDIO (m) | DIST MÉDIA (m) |
|----------------|----------------|----------------|
| 3293C -> 3286P | -0,5615        | 55             |
| 3286P -> 3286R | 3,2304         | 965            |
| 3286R -> 3286S | 7,1926         | 500            |
| 3286S -> 3286N | -10,9390       | 1455           |
| 3286N -> 3293C | 1,0780         | 40             |

| RN    | ALTITUDE PRELIMINAR (m) | DESCRITIVO                        |
|-------|-------------------------|-----------------------------------|
| 3293C | 97,3377                 | Chapa no posto de Polícia Federal |
| 3286P | 96,7762                 | Marco de fronteira                |
| 3286R | 100,0066                | Marco de fronteira 3m             |
| 3286S | 107,1992                | Marco de fronteira                |
| 3286N | 96,2602                 | Chapa na ponte Brasil/Bolívia     |

**Altitudes preliminares** = ainda não foram ajustadas com a rede de altimétrica do Brasil.

Os desníveis foram transportados desde a RN3293C = 97,3377 (altitude oficial)

## Dados do nivelamento do circuito de conexão - IBGE

| SEÇÃO          | DESN MÉDIO (m) | DIST MÉDIA (km) | DIVERG N e C (mm) |
|----------------|----------------|-----------------|-------------------|
| 3293C -> 3286P | -0,5615        | 0,055           | 0,0               |
| 3286P -> 3286R | 3,2304         | 0,965           | -1,2              |
| 3286R -> 3286S | 7,1926         | 0,500           | -0,2              |
| 3286S -> 3286N | -10,9390       | 1,455           | 0,2               |
| 3286N -> 3293C | 1,0780         | 0,040           | -0,2              |
| <b>TOTAL</b>   | <b>0,0005</b>  | <b>3,015</b>    | <b>-1,4</b>       |

### Qualidade do nivelamento

Perímetro do circuito = 3,015 km

Erro de fechamento do circuito = 0,0005 m

Divergência acumulada / km = -0,46 mm/km

## Datos de nivelación del circuito de conexión - IGM

| SECCION        | DESNIVEL MÉDIO (m) | DIST. MÉDIA (km) | DIVERGENCIA N e C (mm) |
|----------------|--------------------|------------------|------------------------|
| 3286N -> 3293C | 1.0777             | 0.04             | 0.1                    |
| 3293C -> 3286P | -0.5611            | 0.055            | 0.1                    |
| 3286P -> 3286R | 3.2285             | 1.1200           | 0.6                    |
| 3286R -> 3286S | 7.1933             | 0.330            | -1.8                   |
| 3286S -> 3286N | -10.9374           | 1.1600           | -1.4                   |
| <b>TOTAL</b>   | <b>-1.076715</b>   |                  | <b>-2.4</b>            |

### Calidad de la nivelación

Perímetro del circuito = 2.71 km

Error de cierre = 0,001 m

Divergencia acumulada / km = - 0,88 mm/km

## Cuadro comparativo de desniveles IBGE - IGM

| SEÇÃO          | DESN MÉDIO (m)<br>IBGE | DESN MÉDIO (m)<br>IGM | Δ DESN MEDIO<br>IBGE - IGM |
|----------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 3293C -> 3286P | -0.5615                | -0.5611               | -0.0004                    |
| 3286P -> 3286R | 3.2304                 | 3.2285                | 0.0019                     |
| 3286R -> 3286S | 7.1926                 | 7.1933                | -0.0007                    |
| 3286S -> 3286N | -10.939                | -10.9374              | -0.0016                    |
| 3286N -> 3293C | 1.078                  | 1.0777                | 0.0004                     |

### Indicadores de desniveles

EMC de cierre = +/- 0.0013 mm; Promedio de cierre para el circuito = 8.7E-05 mm

## Cuadro comparativo de diferencias de altura IBGE - IGM

| ESTACION | ALTURA<br>IGM | ALTURA<br>IBGE | Δ ALTURA<br>IBGE - IGM |
|----------|---------------|----------------|------------------------|
| IMBI     | 100.720305    | -----          | -----                  |
| 3293C    | 96.825405     | 97.3377        | -0.512295              |
| 3286P    | 96.264355     | 96.7762        | -0.511845              |
| 3286R    | 99.49284      | 100.0066       | -0.51376               |
| 3286S    | 106.68614     | 107.1992       | -0.51306               |
| 3286N    | 95.74874      | 96.2602        | -0.51146               |

### Indicadores de desniveles

EMC de cierre = +/- 0.0009 m; Promedio de cierre para el circuito = +/- 0.512484 m

## Valores de Gravidade IBGE

| ESTAÇÃO           | GRAVIDADE MEDIDA (mGal) | GRAVIDADE ANTERIOR (mGal) | DIFERENÇAS (mGal) |
|-------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|
| PUSU (absoluta)   | 978552,31               |                           |                   |
| CORUMBÁ C         | 978561,50               | 978561,10                 | 0,40              |
| MIRANDA MONUMENTO | 978620,02               | 978619,97                 | 0,05              |
| IMBI              | 978559,21               |                           |                   |
| 3293C             | 978560,13               | 978559,74                 | 0,39              |
| 3286P             | 978560,27               |                           |                   |
| 3286R             | 978559,89               |                           |                   |
| 3286S             | 978558,12               |                           |                   |

## Valores de Gravidade IGM

| Station             | Latitude (APPROX.) | Longitude (APPROX.) | g [mGal]    | s [mGal] |
|---------------------|--------------------|---------------------|-------------|----------|
| EG00 (EG) Miranda   | -20.2391           | -56.3859            | 978620.0320 | 0.0430   |
| PUSU (Abs)          | -18.9557           | -57.7998            | 978552.3010 | ---      |
| V261 (261V) Corumba | -18.9985           | -57.6509            | 978561.501  | 0.0210   |
| 3293C               | -19.0280           | -57.7077            | 978560.0630 | 0.0350   |
| IMBI                | -19.0280           | -57.7095            | 978559.1640 | 0.0350   |
| 3286P               | -19.0285           | -57.7079            | 978560.1860 | 0.0350   |
| 3286R               | -19.0347           | -57.7104            | 978559.8390 | 0.0350   |

## Quadro comparativo gravimetria IBGE - IGM

| Station        | Latitude (APPROX.) | Longitude (APPROX.) | g - IGM     | g - IBGE    | $\Delta g$ (IGM - IBGE) |
|----------------|--------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------------------|
| EG00 Miranda   | -20.2391           | -56.3859            | 978620.0320 | 978620.0200 | 0.0120                  |
| 261V - Corumba | -18.9985           | -57.6509            | 978561.5010 | 978561.5000 | 0.0010                  |
| PUSU (Abs)     | -18.9557           | -57.7998            | 978552.3010 | 978552.3010 | 0.0000                  |

### Estadísticas de cierre de líneas de gravedad

$\sigma$  de cierre = 0.0336 mGal

Promedio de cierre = -0.003 mGal

## Conclusões

Foi fundamental a participação do IBGE e do IGM na reunião SIRGAS, em 2014, e no Taller do GT-III, em 2015, para a definição e planejamento do trabalho executado;

Foram definidos dois circuitos para a conexão binacional a fim de garantir a precisão de futuros trabalhos de nivelamento;

Marco de fronteira foi a melhor opção para a determinação dos pontos de conexão,

As conformações e estruturações dos arcabouços gravimétricos boliviano e brasileiro diferem.

Foi evidenciada uma inconsistência no valor da estação Corumbá C, indicando um possível degrau gravimétrico entre as duas estações de referência da rede brasileira.

Não existe uma metodologia definida para conexões gravimétricas internacionais.

## Recomendações

Bolívia e Brasil, através de seus respectivos institutos geográficos, efetuem estudos visando identificar as diferenças entre os respectivos sistemas gravimétricos e nivelamento nacionais, na tentativa de uma futura e desejável padronização.

IBGE investigar a inconsistência entre as estações gravimétricas Corumbá C e Miranda, a fim de homogeneizar as redes de referência e de densificação na região.

Comitê SIRGAS pode considerar a metodologia empregada neste trabalho como base para futuras conexões gravimétricas e nivelamento internacionais.

É importante a participação das comissões de limites no planejamento e apoio do trabalho;



Os procedimentos são apresentados como sugestões para garantir a qualidade da rede continental;

Está prevista a conexão em outros 3 pontos da fronteira Brasil – Bolívia, conforme o padrão estabelecido neste trabalho.

# OBRIGADO!



**igm**  
BOLÍVIA

**IBGE**



**Arturo Echalar**

[aechalar@igmbolivia.gob.bo](mailto:aechalar@igmbolivia.gob.bo)

**+591 72542191**

**Nívia Régis Di Maio Pereira**

[nivia.maio@ibge.gov.br](mailto:nivia.maio@ibge.gov.br)

**+ 55 21 2142-4965**

**Carlos Alberto C. e Castro Jr**

[carlos.junior@ibge.gov.br](mailto:carlos.junior@ibge.gov.br)

**+ 55 62 2142-8314**