

# MC#16: Modelagem gravimétrica utilizando fontes pontuais

## PALESTRANTES:

Victor Ribeiro Carreira - Observatório Nacional (ON-MCTIC)  
(carreiravr@gmail.com)

Rodrigo Bijani - Universidade Federal Fluminense (UFF)  
(rodrigobijani@gmail.com)

# Contexto geológico e o dado gravimétrico

49º Congresso brasileiro de geologia

Agosto de 2018

# Sumário

Introdução

Resumo

Conceitos Importantes

Localização da Área de Estudo

Contexto Geológico

Mapa Geológico

A natureza do dado

Características do aerolevantamento e Fluxo de Processamento

Tabela de Densidades

Bibliografia

## Resumo

- Localização: Centro-sul;

# Resumo

- ▶ Localização: Centro-sul;
- ▶ Extensão: 1.100.000 Km<sup>2</sup> [Schneider et al., 1974, Zalan and Wolf, 1987];

# Resumo

- ▶ Localização: Centro-sul;
- ▶ Extensão: 1.100.000 Km<sup>2</sup> [Schneider et al., 1974, Zalan and Wolf, 1987];
- ▶ Idade: Cambriano ao Quaternário com embasamento pré-cambriano [Schneider et al., 1974, Milani et al., 2007];

# Resumo

- ▶ Localização: Centro-sul;
- ▶ Extensão: 1.100.000 Km<sup>2</sup> [Schneider et al., 1974, Zalan and Wolf, 1987];
- ▶ Idade: Cambriano ao Quaternário com embasamento pré-cambriano [Schneider et al., 1974, Milani et al., 2007];
- ▶ Classificação: Bacia de sinéclise ou cratônica marginal, sob domínio flexural de crosta [Cordani et al., 1984, Borghi, 2002];

# Resumo

- ▶ Localização: Centro-sul;
- ▶ Extensão: 1.100.000 Km<sup>2</sup> [Schneider et al., 1974, Zalan and Wolf, 1987];
- ▶ Idade: Cambriano ao Quaternário com embasamento pré-cambriano [Schneider et al., 1974, Milani et al., 2007];
- ▶ Classificação: Bacia de sinéclise ou cratônica marginal, sob domínio flexural de crosta [Cordani et al., 1984, Borghi, 2002];
- ▶ Depocentro: 7000 m aproximadamente [Milani and Zalan, 1999];

# Resumo

- ▶ Localização: Centro-sul;
- ▶ Extensão: 1.100.000 Km<sup>2</sup> [Schneider et al., 1974, Zalan and Wolf, 1987];
- ▶ Idade: Cambriano ao Quaternário com embasamento pré-cambriano [Schneider et al., 1974, Milani et al., 2007];
- ▶ Classificação: Bacia de sinéclise ou cratônica marginal, sob domínio flexural de crosta [Cordani et al., 1984, Borghi, 2002];
- ▶ Depocentro: 7000 m aproximadamente [Milani and Zalan, 1999];
- ▶ Dados de sismologia para região [Lloyd et al., 2010, Assumpção et al., 2013, França and Assumpção, 2004, Detzel et al., 2015], poços estratigráficos, informações da literatura geológica [Panza et al., 2007, Milani et al., 2007];

# Resumo

- ▶ Localização: Centro-sul;
- ▶ Extensão: 1.100.000 Km<sup>2</sup> [Schneider et al., 1974, Zalan and Wolf, 1987];
- ▶ Idade: Cambriano ao Quaternário com embasamento pré-cambriano [Schneider et al., 1974, Milani et al., 2007];
- ▶ Classificação: Bacia de sinéclise ou cratônica marginal, sob domínio flexural de crosta [Cordani et al., 1984, Borghi, 2002];
- ▶ Depocentro: 7000 m aproximadamente [Milani and Zalan, 1999];
- ▶ Dados de sismologia para região  
[Lloyd et al., 2010, Assumpção et al., 2013, França and Assumpção, 2004, Detzel et al., 2015], poços estratigráficos, informações da literatura geológica [Panza et al., 2007, Milani et al., 2007];
- ▶ Indicativo de afinamento crustal na região do depocentro acompanhado por subdivisões em Crátons e Faixas Móveis na crosta inferior [Cordani et al., 1984, Quintas, 1995, Vidotti et al., 1998, Hawkesworth et al., 2000]. *Underplating* [Menezes and Travassos, 2004, Bologna et al., 2013, Padilha et al., 2015]?

# Sumário

Introdução

Resumo

**Conceitos Importantes**

Localização da Área de Estudo

Contexto Geológico

Mapa Geológico

A natureza do dado

Características do aerolevantamento e Fluxo de Processamento

Tabela de Densidades

Bibliografia

Há muito tempo atrás em uma  
Terra distante ...

# Conceitos Importantes



© 2001 Brooks/Cole Publishing/ITP

- ▶ Fusão parcial da base das ilhas ultramáficas e cristalização fracionada de magmas máficos

# Conceitos Importantes



- ▶ Fusão parcial da base das ilhas ultramáficas e cristalização fracionada de magmas máficos
  - ▶ Uma vez que rochas félscicas e máficas (com diferentes densidades) existiam, a subducção sob os proto-continentes foi possível

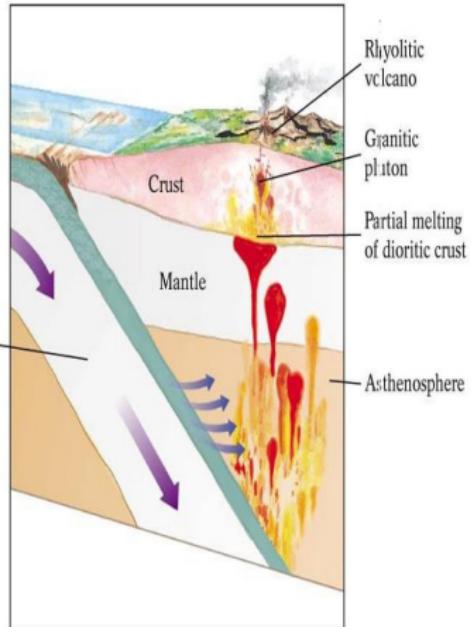
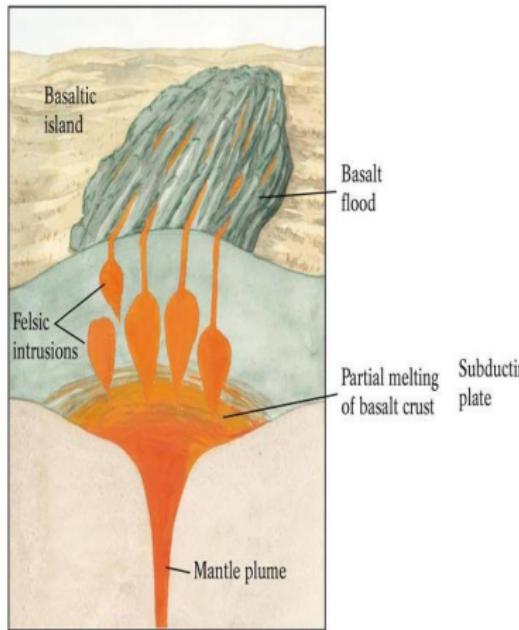
# Conceitos Importantes



© 2001 Brooks/Cole Publishing/ITP

- ▶ Fusão parcial da base das ilhas ultramáficas e cristalização fracionada de magmas maficos
- ▶ Uma vez que rochas felsicas e maficas (com diferentes densidades) existiam, a subducção sob os proto-continentes foi possível
- ▶ Água introduzida nas zonas de subducção produziu fusão parcial do manto e, gradualmente, aumentou o volume de crosta continental felsica

## Conceitos Importantes

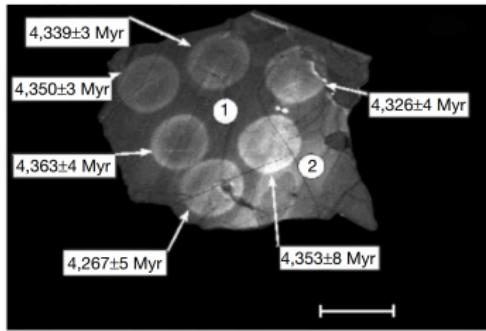


- Os núcleos félscicos, menos densos, não subductavam

# Conceitos Importantes



(a) Quartzito e conglomerado Jack Hills, Austrália



(b) Cristais de zircão

- ▶ O mais antigo mineral datado é um cristal de zircão de 4,4 Ga, descoberto no oeste da Austrália

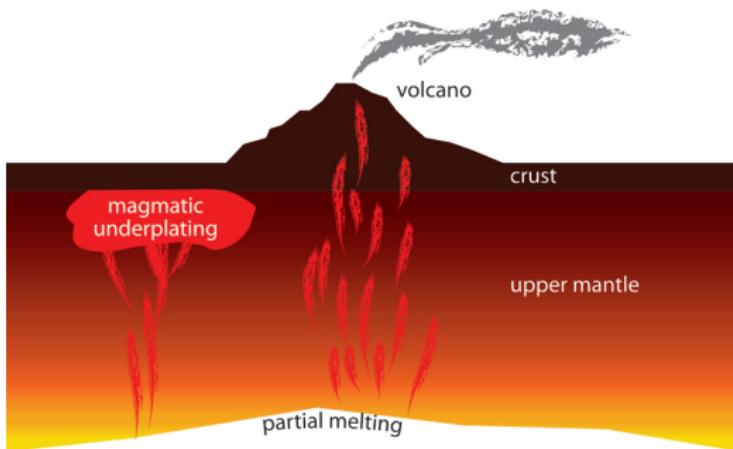
[Wilde et al., 2001]

# Conceitos Importantes



- ▶ Dinâmica geotectônica análoga ao embasamento da Bacia do Paraná

# Conceitos Importantes



## Sumário

## Introdução

## Resumo

## Conceitos Importantes

## Localização da Área de Estudo

## Contexto Geológico

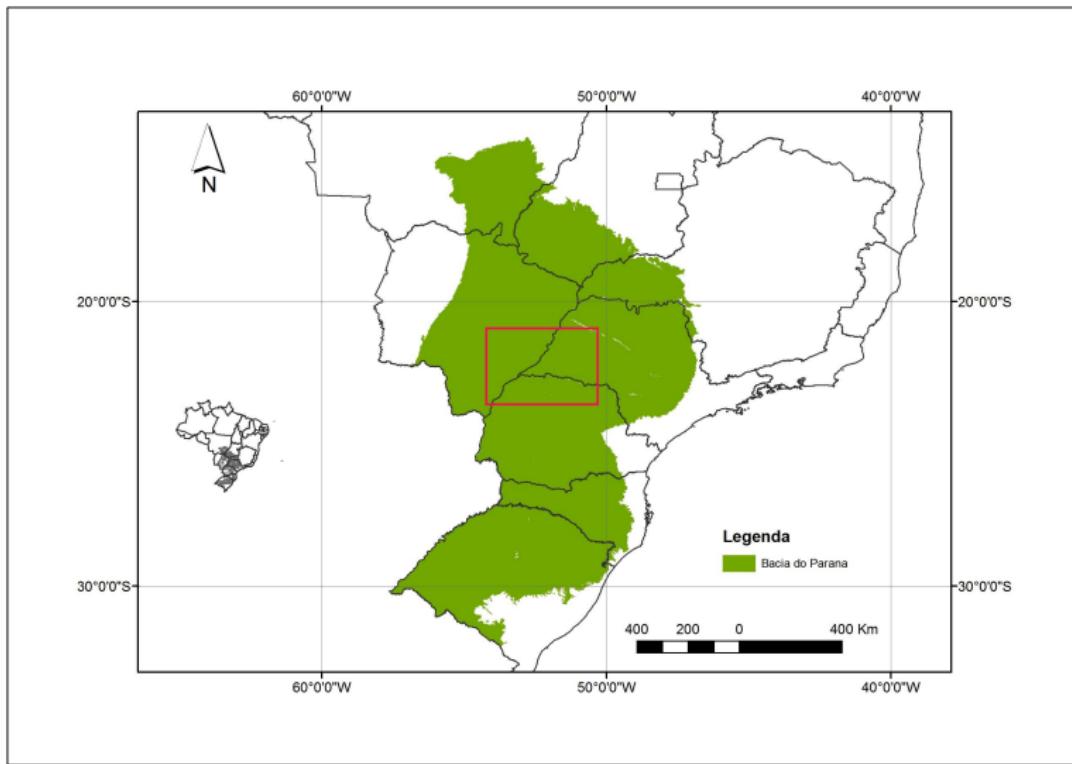
# Mapa Geológico

## A natureza do dado

## Tabela de Densidades

## Bibliografia

# Localização da Área de Estudo



# Sumário

## Introdução

Resumo

Conceitos Importantes

Localização da Área de Estudo

## Contexto Geológico

Mapa Geológico

## A natureza do dado

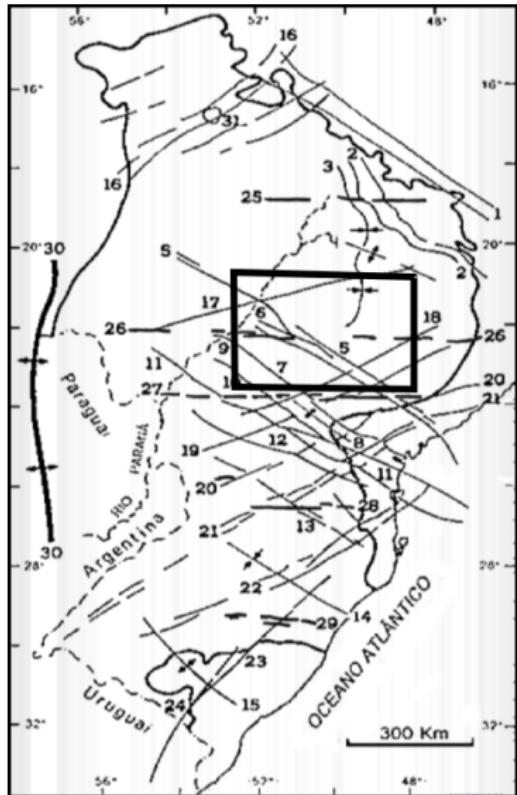
Características do aerolevantamento e Fluxo de Processamento

Tabela de Densidades

## Bibliografia

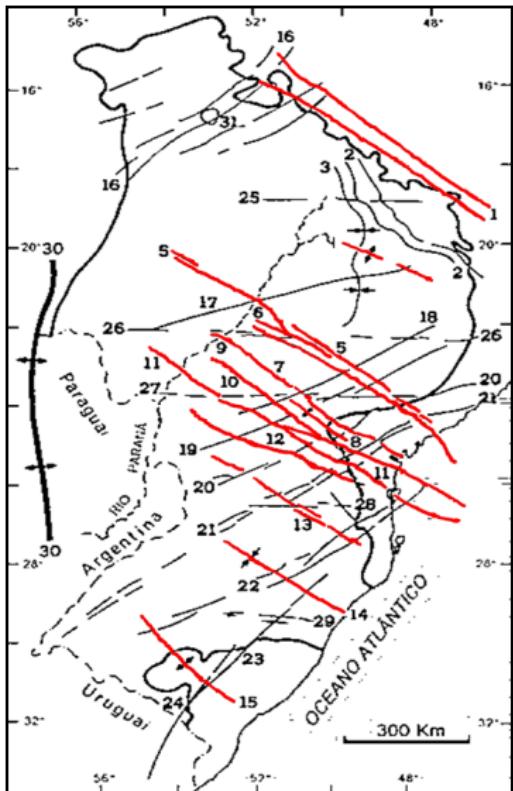
## Contexto Geológico

Três grupos de lineamentos: NW-SE (transamazônico), NE-SW (brasiliano) e E-W (paralelos às fraturas de fundo oceânico) [Zalan and Wolf, 1987, Milani and Ramos, 1998, Milani and Zalan, 1999, Borghi, 2002]



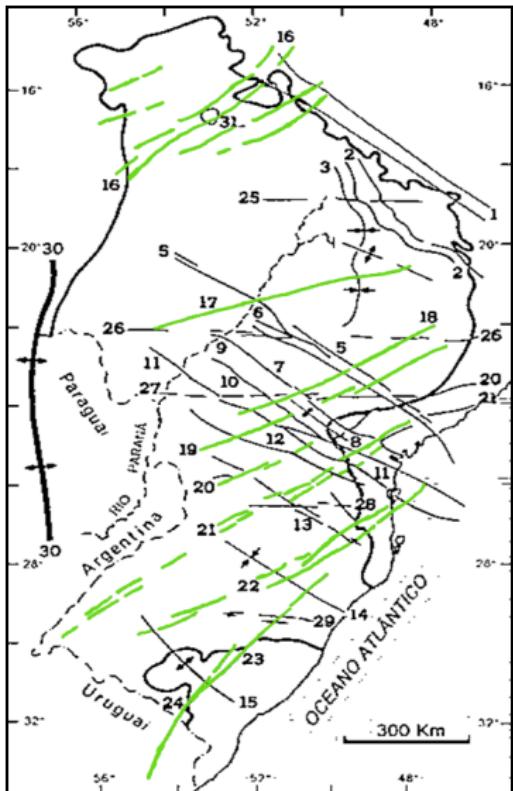
## Contexto Geológico

Três grupos de lineamentos: NW-SE (transamazônico), NE-SW (brasiliano) e E-W (paralelos às fraturas de fundo oceânico) [Zalan and Wolf, 1987, Milani and Ramos, 1998, Milani and Zalan, 1999, Borghi, 2002]



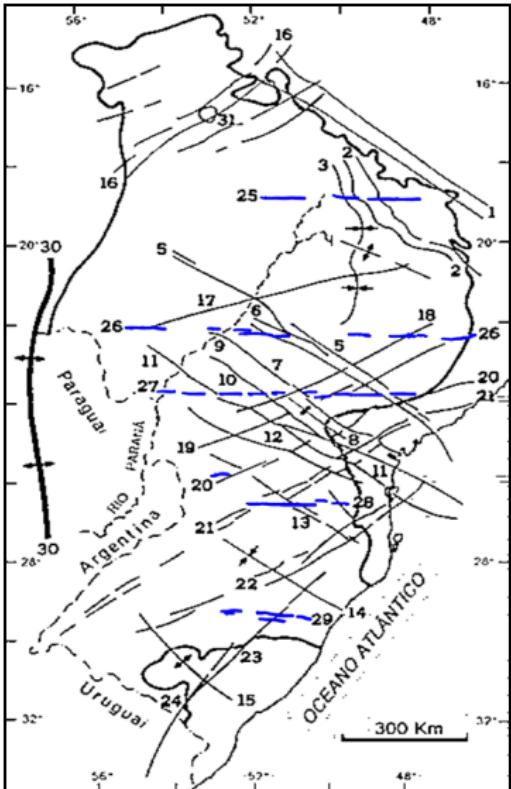
## Contexto Geológico

Três grupos de lineamentos: NW-SE (transamazônico), NE-SW (brasiliano) e E-W (paralelos às fraturas de fundo oceânico) [Zalan and Wolf, 1987, Milani and Ramos, 1998, Milani and Zalan, 1999, Borghi, 2002]



## Contexto Geológico

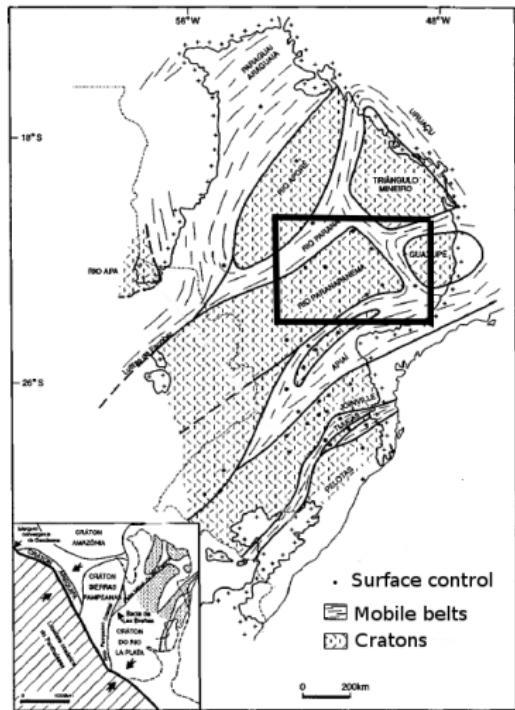
Três grupos de lineamentos: NW-SE (transamazônico), NE-SW (brasiliano) e E-W (paralelos às fraturas de fundo oceânico) [Zalan and Wolf, 1987, Milani and Ramos, 1998, Milani and Zalan, 1999, Borghi, 2002]



## Contexto Geológico

Núcleos cratônicos associados às faixas móveis brasilianas, tais como o cráton do Guaxupé, Rio Paranapanema, Triângulo mineiro, Pelotas, Rio Apa e às faixas móveis Apiaí, Paraguai-araguaia, Uruaçu, Tijucas e Rio Paraná.

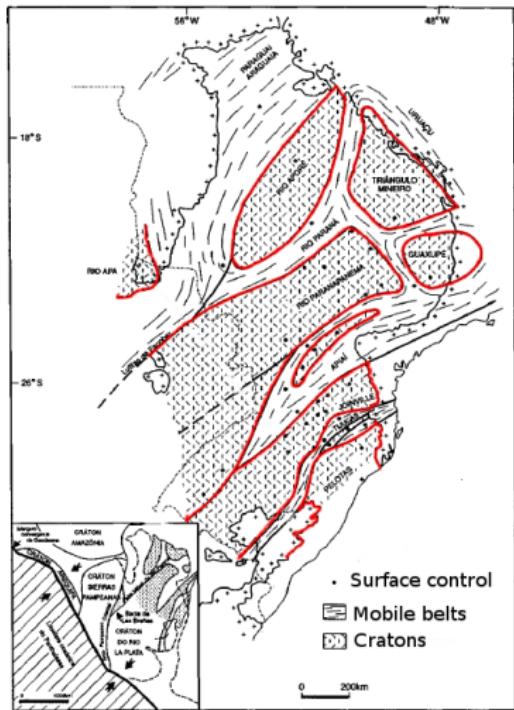
[Quintas, 1995, Vidotti et al., 1998, Milani and Ramos, 1998, Hawkesworth et al., 2000, Rosa et al., 2009]



## Contexto Geológico

Núcleos cratônicos associados às faixas móveis brasilianas, tais como o cráton do Guaxupé, Rio Paranapanema, Triângulo mineiro, Pelotas, Rio Apa e às faixas móveis Apiaí, Paraguai-araguaia, Uruaçu, Tijucas e Rio Paraná.

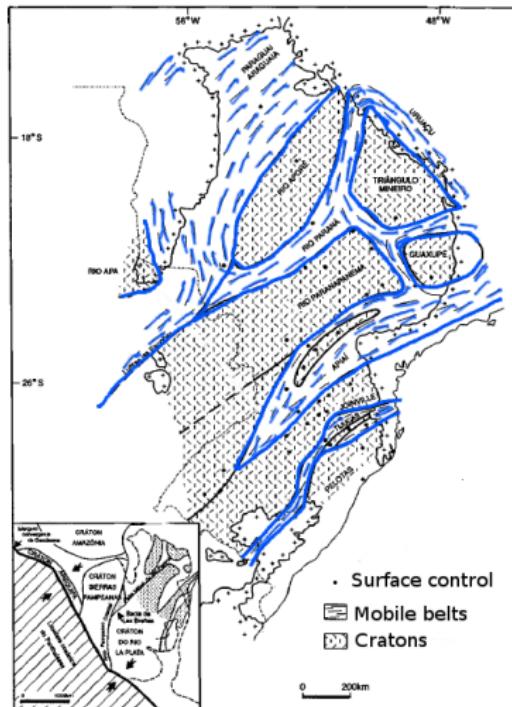
[Quintas, 1995, Vidotti et al., 1998, Milani and Ramos, 1998, Hawkesworth et al., 2000, Rosa et al., 2009]



# Contexto Geológico

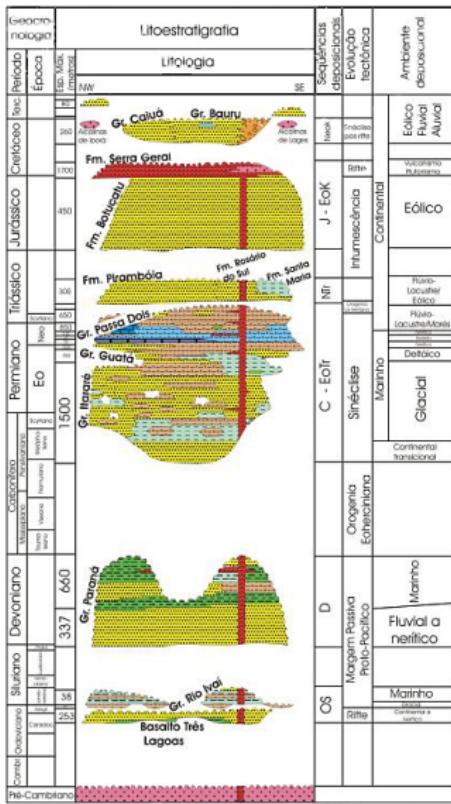
Núcleos cratônicos associados às faixas móveis brasileiras, tais como o cráton do Guaxupé, Rio Paranapanema, Triângulo mineiro, Pelotas, Rio Apa e às faixas móveis Apiaí, Paraguai-araguaia, Urucuá, Tijucas e Rio Paraná.

[Quintas, 1995, Vidotti et al., 1998, Milani and Ramos, 1998, Hawkesworth et al., 2000, Rosa et al., 2009]



# Contexto Geológico

Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



## As 6 supersequências

Bauru  $\leftrightarrow$  sequência neocretácea

Gondwana III  $\leftrightarrow$  sequência jurássica-eocretácea

Gondwana II  $\leftrightarrow$  sequência neotriássica

Gondwana I  $\leftrightarrow$  sequência carbonífera-permiana

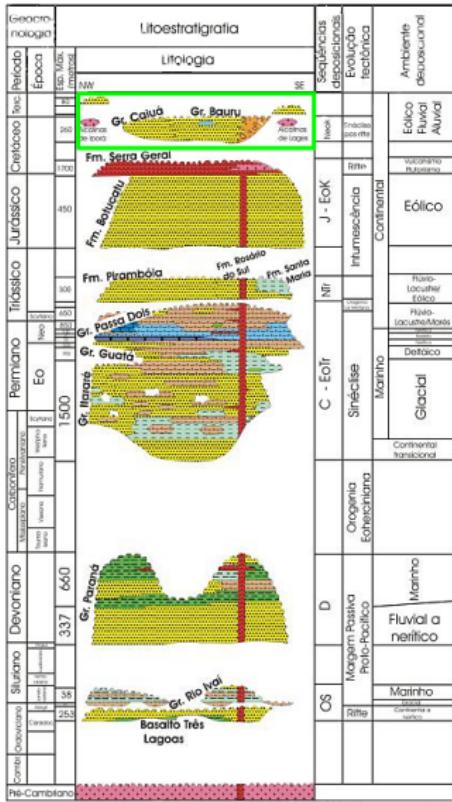
Paraná  $\leftrightarrow$  sequência devoniana

Rio Ivaí  $\leftrightarrow$  sequência ordovício-siluriana

[Vail et al., 1977, Assine and Milani, 1994, Milani and Ramos, 1998]

## Contexto Geológico

## Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



## As 6 supersequências

## Bauru ⇌ sequência neocretácea

Gondwana III ⇔ sequência jurássica-eocretácea

## Gondwana II ⇌ sequência neotriássica

Gondwana I ⇔ sequência carbonífera-permiana

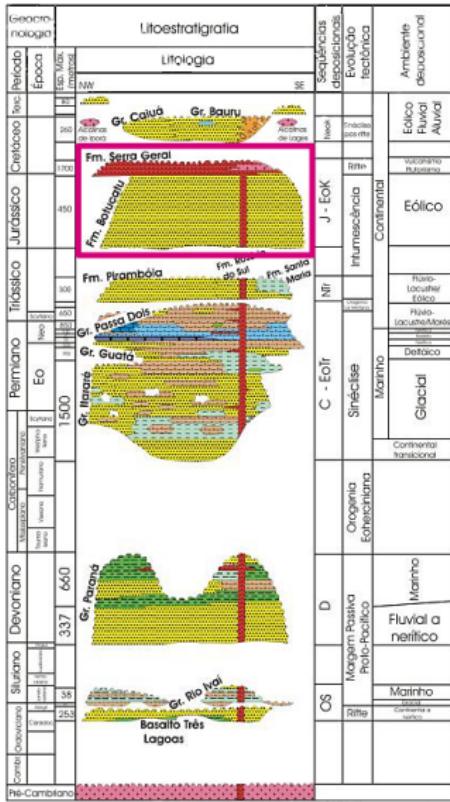
## Paraná ⇌ sequência devoniana

Rio Ivaí  $\longleftrightarrow$  sequência ordovício-siluriana

[Vail et al., 1977, Assine and Milani, 1994, Milani and Ramos, 1998]

# Contexto Geológico

Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



## As 6 supersequências

Bauru  $\leftrightarrow$  sequência neocretácea.

Gondwana III  $\leftrightarrow$  sequência jurássica-eocretácea

Gondwana II  $\leftrightarrow$  sequência neotriássica

Gondwana I  $\leftrightarrow$  sequência carbonífera-permiana

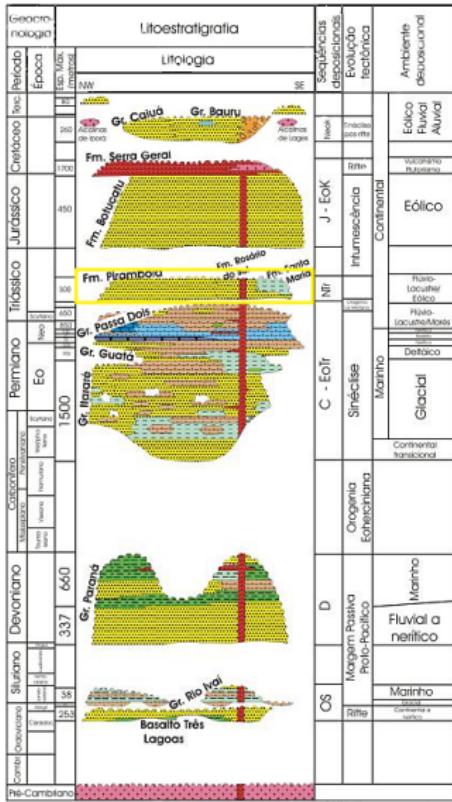
Paraná  $\leftrightarrow$  sequência devoniana

Rio Ivaí  $\leftrightarrow$  sequência ordovício-siluriana

[Vail et al., 1977, Assine and Milani, 1994, Milani and Ramos, 1998]

# Contexto Geológico

## Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



## As 6 supersequências

Bauru  $\iff$  sequência neocretácea.

Gondwana III ⇔ sequência jurássica-eocretácea

Gondwana I  $\iff$  sequência carbonífera-permiana

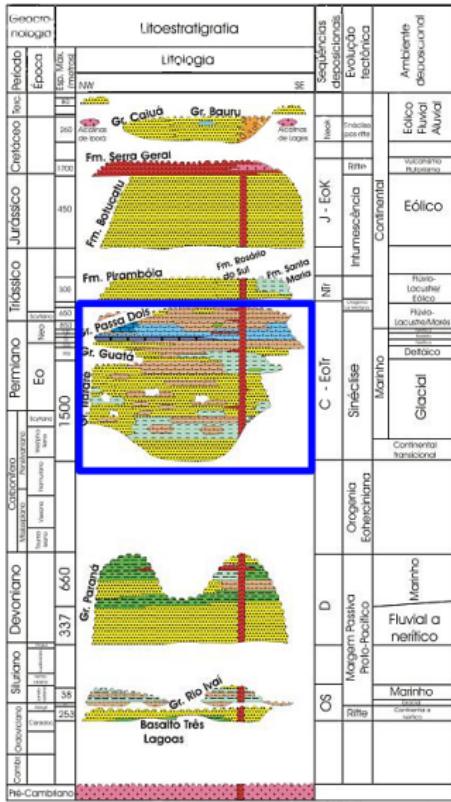
## Paraná ↔ sequência devoniana

Rio Ivaí  $\iff$  sequência ordovício-siluriana

[Vail et al., 1977, Assine and Milani, 1994, Milani and Ramos, 1998]

# Contexto Geológico

Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



## As 6 supersequências

Bauru  $\leftrightarrow$  sequência neocretácea.

Gondwana III  $\leftrightarrow$  sequência jurássica-eocretácea

Gondwana II  $\leftrightarrow$  sequência neotriássica

**Gondwana I  $\leftrightarrow$  sequência carbonífera-permiana**

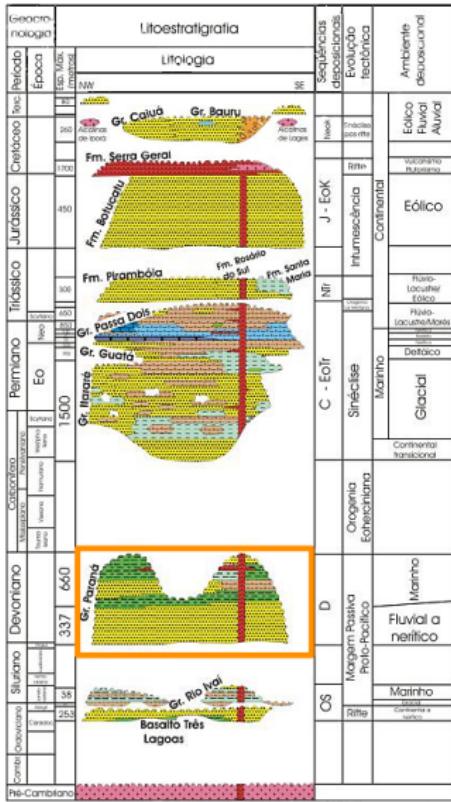
Paraná  $\leftrightarrow$  sequência devoniana

Rio Ivaí  $\leftrightarrow$  sequência ordovício-siluriana

[Vail et al., 1977, Assine and Milani, 1994, Milani and Ramos, 1998]

# Contexto Geológico

Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



## As 6 supersequências

Bauru ⇌ sequência neocretácea.

Gondwana III ⇌ sequência jurássica-eocretácea

Gondwana II ⇌ sequência neotriássica

Gondwana I ⇌ sequência carbonífera-permiana

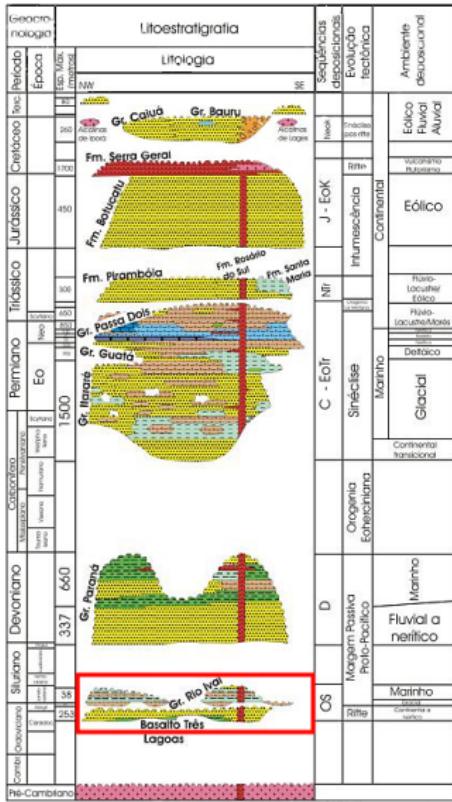
Paraná ⇌ sequência devoniana

Rio Ivaí ⇌ sequência ordovício-siluriana

[Vail et al., 1977, Assine and Milani, 1994, Milani and Ramos, 1998]

## Contexto Geológico

## Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



## As 6 supersequências

Bauru  $\iff$  sequência neocretácea.

Gondwana III ⇔ sequência jurássica-eocretácea

Gondwana II  $\iff$  sequência neotriássica

Gondwana I  $\iff$  sequência carbonífera-permiana

## Paraná ⇌ sequência devoniana

Rio Ivaí  $\longleftrightarrow$  sequência ordovício-siluriana

[Vail et al., 1977, Assine and Milani, 1994, Milani and Ramos, 1998]

## Sumário

Introdução

## Resumo

## Conceitos Importantes

## Localização da Área de Estudo

## Contexto Geológico

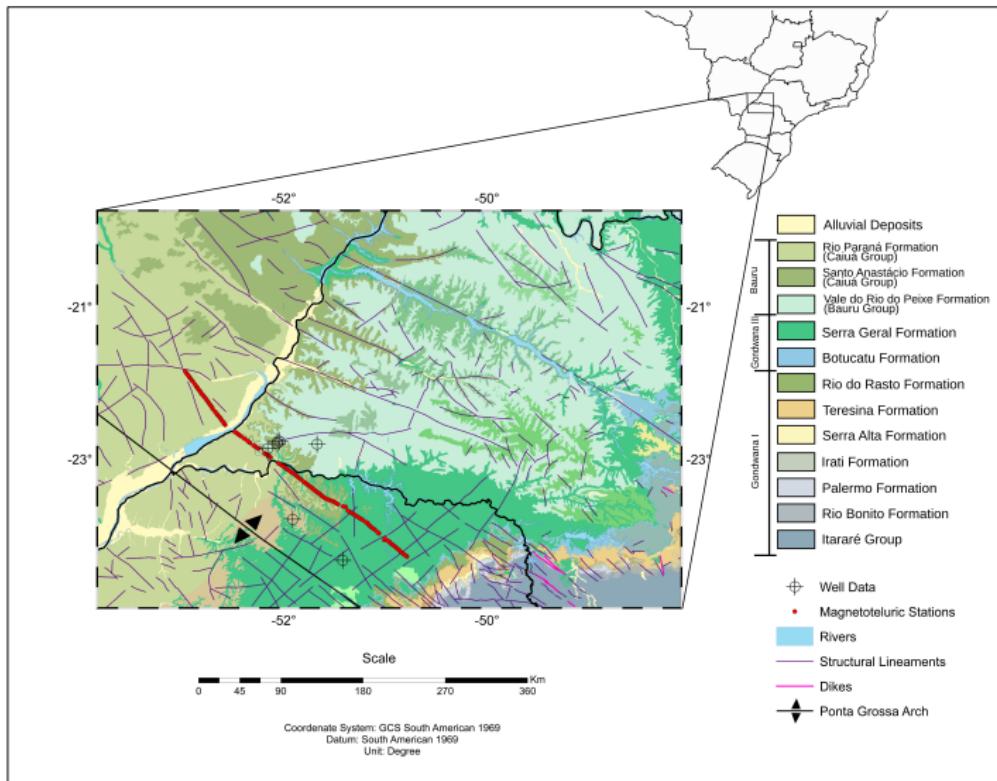
# Mapa Geológico

## A natureza do dado

## Tabela de Densidades

## Bibliografia

# Mapa geológico



[Bazzi et al., 2003]



## Sumário

Introdução

## Resumo

## Conceitos Importantes

## Localização da Área de Estudo

## Contexto Geológico

# Mapa Geológico

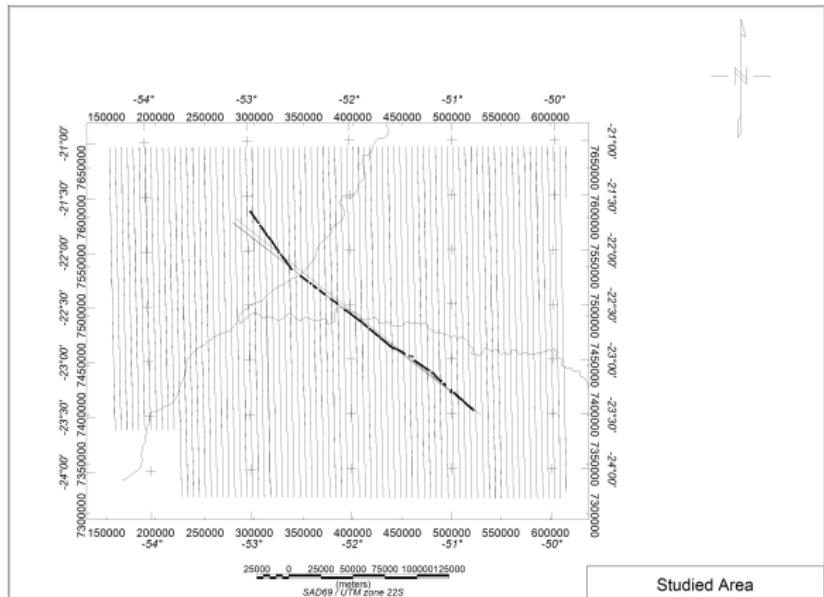
## A natureza do dado

## Características do aerolevantamento e Fluxo de Processamento

## Tabela de Densidades

## Bibliografia

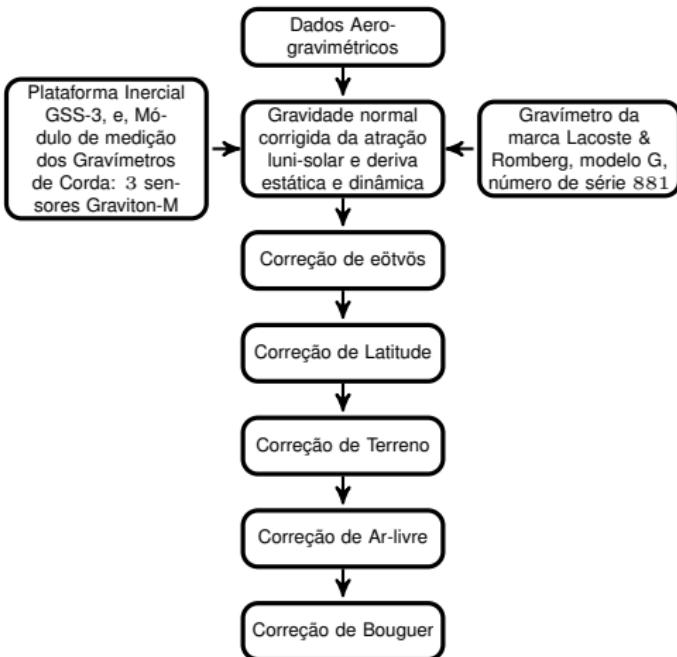
# Características do aerolevantamento



### Taxa de amostragem 1 / 5 s

Característica	Distância (m)	Azimute
Espaçamento das linhas de vôo	6000	—
Espaçamento das linhas de controle	18000	—
Azimute de vôo	—	N-S
Azimute das linhas de controle	—	E-W
Média da altura de vôo	1800	—

# Fluxo de Processamento



[Longman, 1959, Kane, 1962, La Fehr, 1991, Whitehead and Musselman, 2005, Whitehead, 2010]

## Sumário

Introdução

## Resumo

## Conceitos Importantes

## Localização da Área de Estudo

## Contexto Geológico

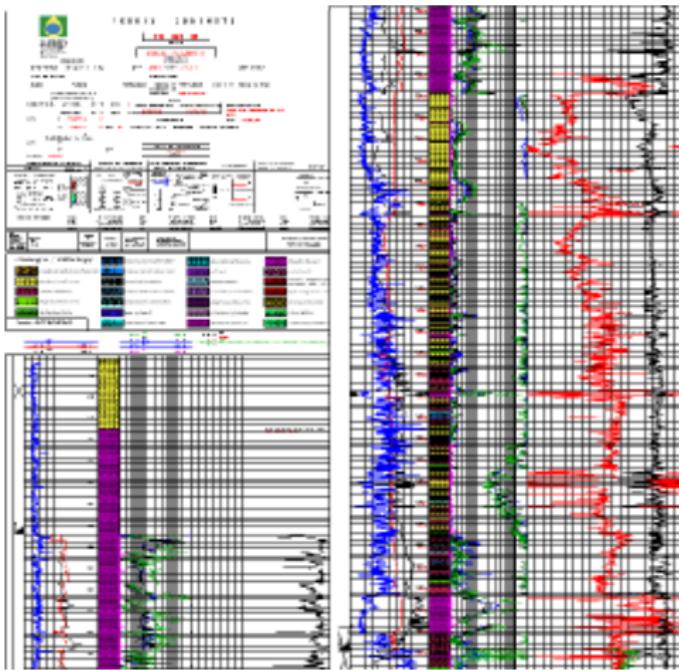
# Mapa Geológico

## A natureza do dado

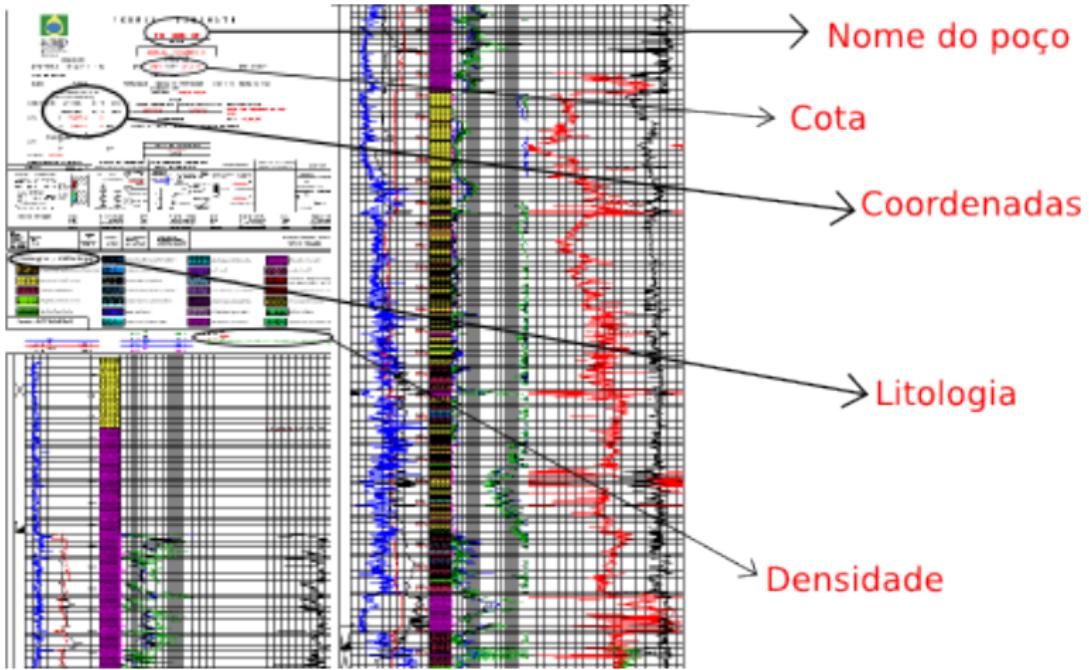
## Tabela de Densidades

## Bibliografia

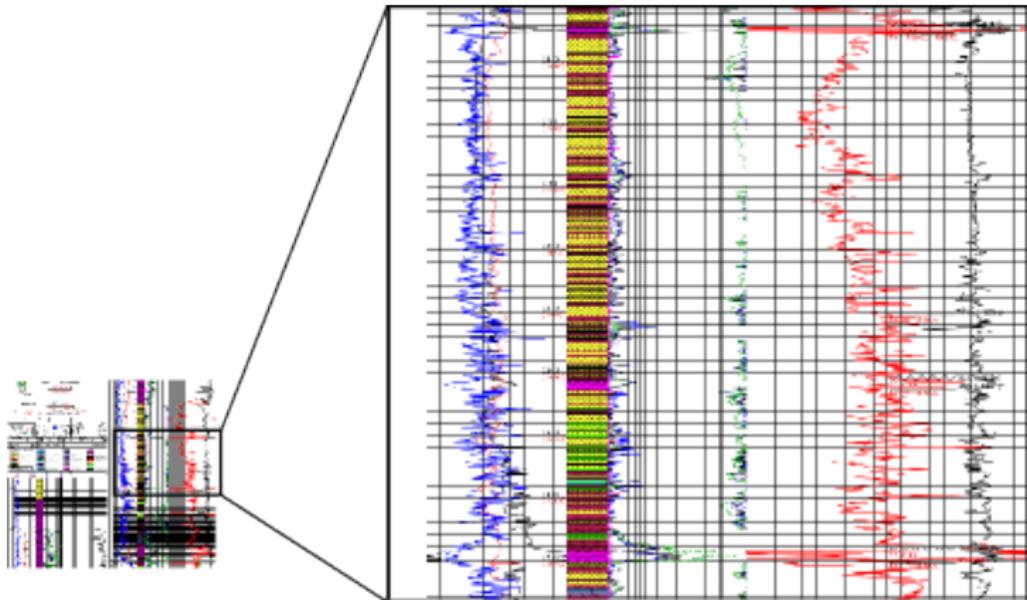
## Tabela de Densidades



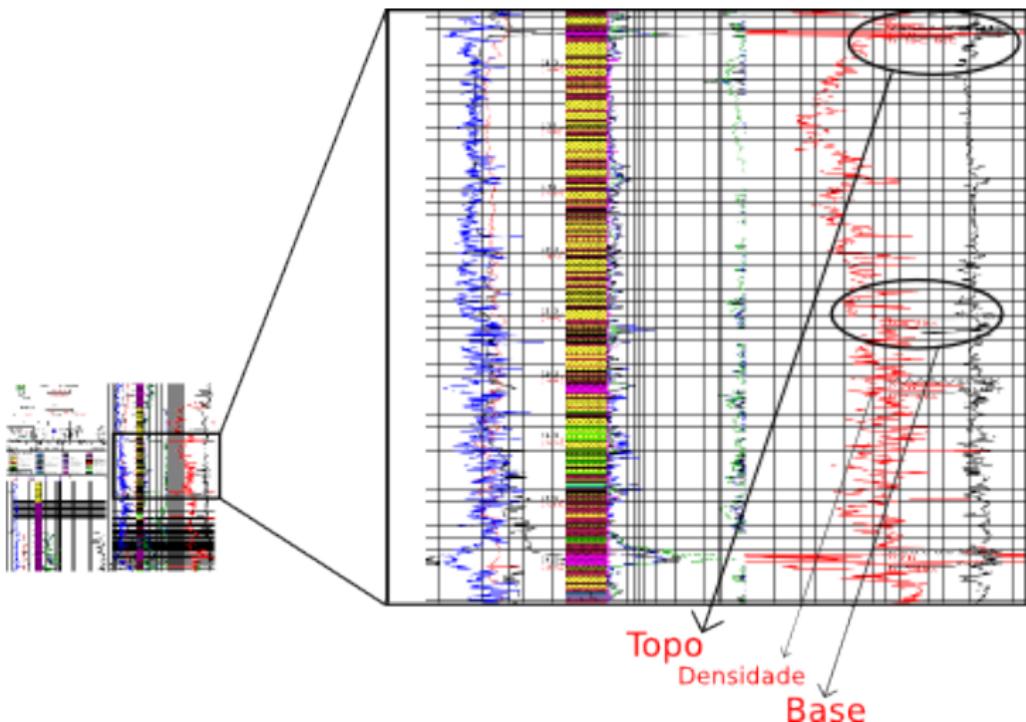
## Tabela de Densidades



# Tabela de Densidades



# Tabela de Densidades



# Tabela de Densidades

Polígonos	Densidades ( $Kg/m^3$ )
Grupo Cauiá	2200
Grupo Bauru	2200
Formação Serra Geral	2850
Formação Botucatu	2330
Supersequencia Gondwana I	2550
Supersequencia Paraná	2400
Supersequencia Rio Ivaí	2230
Embasamento Cristalino	2670
Manto Superior	3300

[Telford and Sheriff, 1993]

# Bibliografia I

- [Assine and Milani, 1994] Assine, M. L. and Milani, E. J. (1994).  
Sequências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, sul do Brasil.  
*Revista Brasileira de Geociências*, 2(24):12.
- [Assumpção et al., 2013] Assumpção, M., Bianchi, M., Dias, F., Nascimento, R., and Drouet, S. (2013).  
Crustal thickness map of Brazil: Data compilation and main features.  
*Journal of South American Earth Sciences*, 43:11.
- [Bizzi et al., 2003] Bizzi, A. L., Schobenhaus, C., Vidotti, R. M., and Gonçalves (2003).  
*Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*.  
CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 1 edition.
- [Bologna et al., 2013] Bologna, M., Nunes, H., Padilha, A., and Vitorello, Í ad Pádua, M. (2013).  
Anomalous electrical structure in the northwestern Paraná Basin, Brazil, observed with broadband magnetotellurics.  
*Journal of South American Earth Sciences*, 42:74–82.
- [Borghi, 2002] Borghi, L. (2002).  
A Bacia do Paraná.  
*Anuário do Instituto de Geociências - IGEO, Departamento de Geologia*.
- [Cordani et al., 1984] Cordani, G., Neves, B., and Fuck, R. (1984).  
Estudo preliminar de integração do pré-cambriano com os eventos tectônicos da bacias sedimentares brasileiras.  
*Revista Ciência Técnica do Petróleo*, 27(4):70p.
- [Detzel et al., 2015] Detzel, H., Assumpção, M., Bianchi, M., and Pirchiner, M. (2015).  
Intraplate seismicity in mid-plate South America: correlations with geophysical lithospheric parameters.  
*Geological Society, London*, 2:432.
- [França and Assumpção, 2004] França, G. and Assumpção, M. (2004).  
Crustal structure of the ribeira fold belt SE Brazil derived from receiver functions.  
*Journal of South America Earth Science*, 16:15.
- [Hawkesworth et al., 2000] Hawkesworth, C., Gallagher, K., Kirstein, L., Mantovani, M., Peate, D., and Turner, S. (2000).  
Tectonic controls on magmatism associated with continental break-up an example from the Paraná Etendeka Province.  
*Earth and Planetary Science Letters*, 179:335–349.
- [Kane, 1962] Kane, M. F. (1962).  
A comprehensive system of terrain corrections using digital computer.  
*Geophysics*, 17(4):455–462.

# Bibliografia II

[La Fehr, 1991] La Fehr, T. R. (1991).

An exact solution for the gravity curvature (bullard b) correction.

*Geophysics*, 56:1179–1184.

[Lloyd et al., 2010] Lloyd, S., Lee, S., França, G., and Assumpção, M. (2010).

Moho map of South America from receiver functions and surface waves.

*Moho map of South America from receiver functions and surface waves.*, 115.

[Longman, 1959] Longman, I. M. (1959).

Formulas for computing the tidal accelerations due to the moon and the sun.

*Journal of Geophysical Research*, 64(5).

[Menezes and Travassos, 2004] Menezes, P. L. and Travassos, J. M. (2004).

EM modeling of the central-northern portion of the Ponta Grossa Arch, Paraná Basin, Brazil.

*Physics of the Earth and planetary Interiors*, 150(3):145–158.

[Milani et al., 2007] Milani, E., Spadini, A., Terra, G., Silva, E., and Bueno, G. (2007).

*Boletim de geociências da Petrobras*, volume v. 15.

Cenpes.

[Milani and Zalan, 1999] Milani, E. and Zalan, P. (1999).

An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America.

*Episodes*, 22:199–205.

[Milani and Ramos, 1998] Milani, E. J. and Ramos, V. A. (1998).

Orogenias paleozóicas no domínio sul-oeste do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná.

*Brazilian Journal of Geology*, 28(4):473–484.

[Padilha et al., 2015] Padilha, A., Vitorello, I., Antunes, C., and Pádua, M. B. (2015).

Imaging three-dimensional crustal conductivity structures reflecting continental flood basalt effects hidden beneath thick intracratonic sedimentary basin.

*Journal of Geophysical Research*, 120(7):4702–4719.

[Panza et al., 2007] Panza, G., Raykova, R., Carminati, E., and Doglioni, C. (2007).

Upper mantle flow in the western mediterranean.

*Earth and Planetary Science Letters - Elsevier*, pages 200–214.

[Quintas, 1995] Quintas, M. C. (1995).

*O Embasamento da Bacia do Paraná: Reconstrução Geofísica de seu Arcabouço*.

Doutorado, USP-Universidade de São Paulo.

# Bibliografia III

- [Rosa et al., 2009] Rosa, M. L. C. d. C., Tomazelli, L. J., Costa, A. F. U., and Barboza, E. G. a. (2009). Integração de métodos potenciais (gravimetria e magnetometria) na caracterização do embasamento da região sudoeste da bacia de pelotas, sul do brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*, 27(4):641–657.
- [Schneider et al., 1974] Schneider, R., Muhlmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R., Daemon, R., and Nogueira, A. (1974). Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. volume 4. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*.
- [Telford and Sheriff, 1993] Telford, W. M. and Sheriff, R. E. (1993). *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, 2 ed. edition.
- [Vail et al., 1977] Vail, P. R., Mitchum, R. M., and Thompson, S. (1977). *Seismic stratigraphy and global changes of sea level*. Seismic stratigraphy: applications to hydrocarbon exploration. APPG.
- [Vidotti et al., 1998] Vidotti, R., Ebinger, C., and Fairhead, J. (1998). Gravity signature of the western Paraná basin, Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, (159):117–132.
- [Whitehead, 2010] Whitehead, N. (2010). *Montaj Gravity and Terrain Corretion*. Geosoft Incorporated, v. 7.1 edition.
- [Whitehead and Musselman, 2005] Whitehead, N. and Musselman, C. (2005). *Montaj Gravity and Terrain Corretion*. Geosoft Incorporated, v. 6.1 edition.
- [Wilde et al., 2001] Wilde, S., Valley, J., Peck, W., and Graham, C. (2001). Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the earth 4.4 gyr ago. *Nature*, 409:175–178.
- [Zalan and Wolf, 1987] Zalan, P. V. and Wolf, S. (1987). Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In *Simpósio sul-brasileiro de geologia, SBG, 3, Atas, Curitiba-PR*, volume 1, pages 441–477.