

# Algumas limitações e armadilhas na aplicação da Deconvolução de Euler

Vanderlei C. Oliveira Jr.



Observatório  
Nacional

2016



# Estrutura

- Deconvolução de Euler
  - Um pouco de teoria
  - Exemplos numéricos (2D)
  - Principais conclusões
- Sinal Analítico
  - Um pouco de teoria
  - Exemplos (2D e 3D)
  - Principais conclusões
- Comentários Finais

# Estrutura

- Deconvolução de Euler
    - Um pouco de teoria
    - Exemplos numéricos (2D)
    - Principais conclusões
  - Sinal Analítico
    - Um pouco de teoria
    - Exemplos (2D e 3D)
    - Principais conclusões
  - Comentários Finais
- Duas técnicas amplamente difundidas na comunidade científica

# Estrutura

- Deconvolução de Euler
  - Um pouco de teoria
  - Exemplos numéricos (2D)
  - Principais conclusões
- Sinal Analítico
  - Um pouco de teoria
  - Exemplos (2D e 3D)
  - Principais conclusões
- Comentários Finais

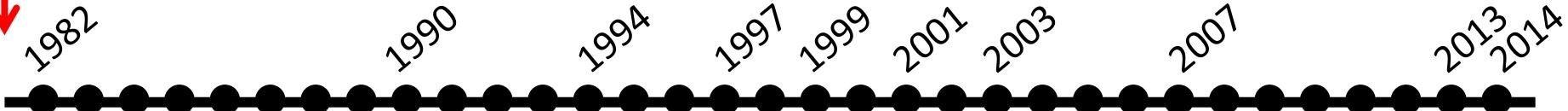
# Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)



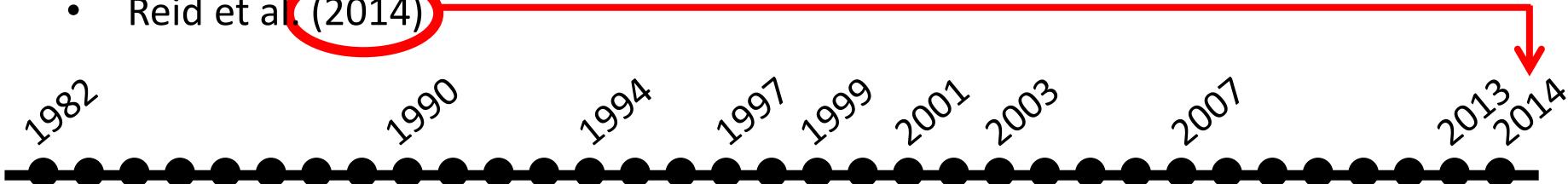
# Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
  - Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
  - Fairhead et al. (1994)
  - Stavrev (1997)
  - Barbosa et al. (1999)
  - Mushayandebvu et al. (2001)
  - Nabighian e Hansen (2001)
  - Silva et al. (2001)
  - Mikhailov et al. (2003)
  - Salem e Ravat (2003)
  - Silva e Barbosa (2003)
  - Stavrev e Reid (2007)
  - Melo et al. (2013)
  - Uieda et al. (2014)
  - Reid et al. (2014)



# Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)



# Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

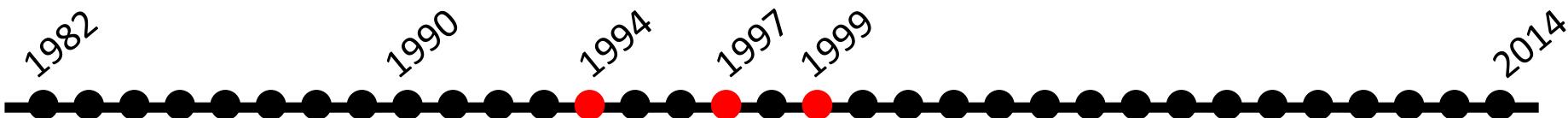
Anos 80:  
surgimento da  
Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Anos 90:  
desenvolvimento e  
aprimoramento de critérios  
para a seleção das “melhores  
soluções” e da estimativa do  
índice estrutural



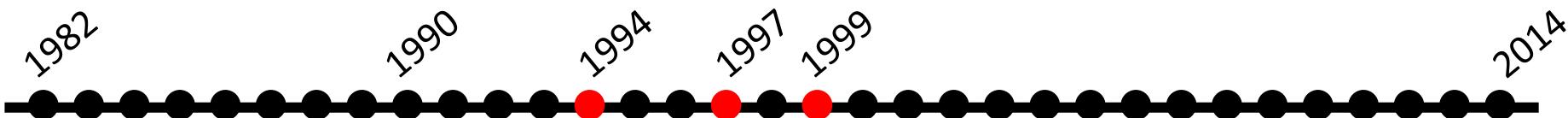
# Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Anos 90:

desenvolvimento e  
aprimoramento de critérios  
para a seleção das “melhores  
soluções” e da estimativa do  
índice estrutural

Nos anos 90, a Deconvolução de  
Euler foi amplamente difundida  
na comunidade científica



# Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Primeira metade dos  
anos 2000:  
desenvolvimentos  
teóricos, extensão da  
metodologia

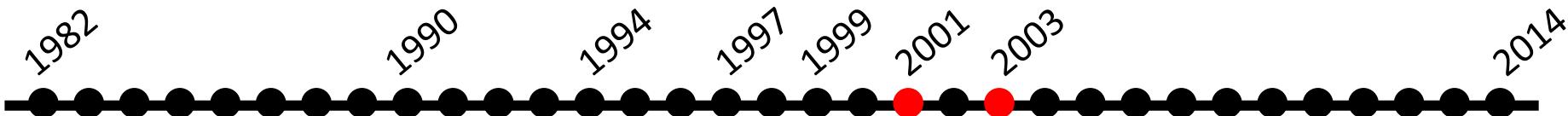


# Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Primeira metade dos  
anos 2000:  
desenvolvimentos  
teóricos, extensão da  
metodologia

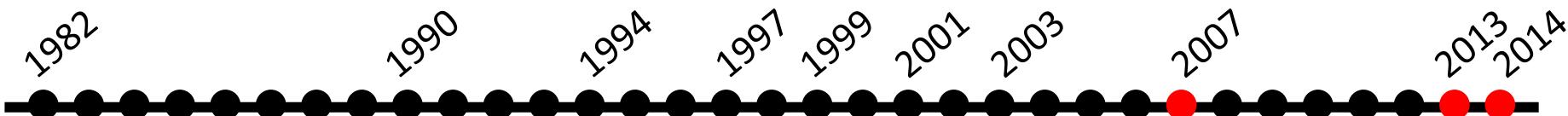
Este foi o período em que ocorreram  
os principais avanços nas técnicas de  
seleção das melhores soluções e  
generalizações do método



# Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Período recente:  
desenvolvimentos  
teóricos, extensão da  
metodologia

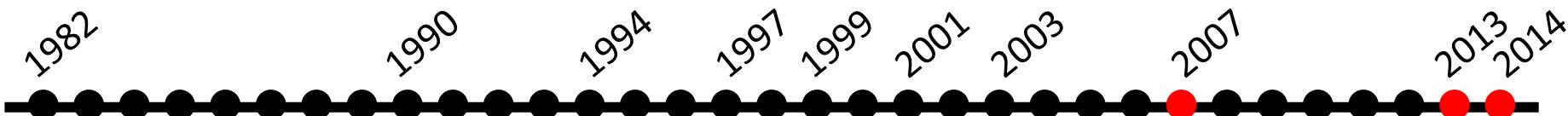


# Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Período recente:  
desenvolvimentos  
teóricos, extensão da  
metodologia

Neste período, alguns trabalhos  
foram feitos com o intuito de alertar  
a comunidade científica sobre o mau  
uso do método



# Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavre
- Barbo
- Mush
- Nabig
- Silva e
- Mikha
- Slem
- Silva e
- Stavre
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Período recente

## Geophysical Prospecting

EAGE

EUROPEAN  
ASSOCIATION OF  
GEOSCIENTISTS &  
ENGINEERS

*Geophysical Prospecting*

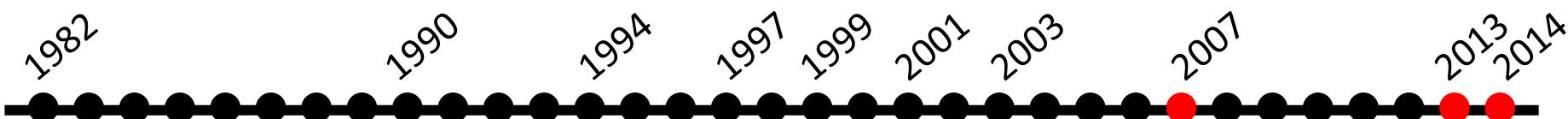
doi: 10.1111/1365-2478.12119

### Avoidable Euler Errors – the use and abuse of Euler deconvolution applied to potential fields\*

Alan B. Reid<sup>1,2†</sup>, Jörg Ebbing<sup>3,4</sup> and Susan J. Webb<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Reid Geophysics Ltd, Eastbourne, UK, <sup>2</sup>School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds, UK, <sup>3</sup>Geological Survey of Norway (NGU), Trondheim, Norway, <sup>4</sup>Department of Petroleum Engineering and Applied Geophysics, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, and <sup>5</sup>School of Geosciences, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa

a comunidade científica sobre o mau uso do método



# Deconvolução de Euler

Um pouco de teoria...

Superfície

---

# Deconvolução de Euler

Um pouco de teoria...

Superfície

---

Esta apresentação se limita a analisar a deconvolução de Euler clássica aplicada a dados magnéticos

# Deconvolução de Euler

Observações da  
Anomalia de Campo Total  $\Delta T$   
produzida por corpos magnetizados  
localizados em subsuperfície

Superfície



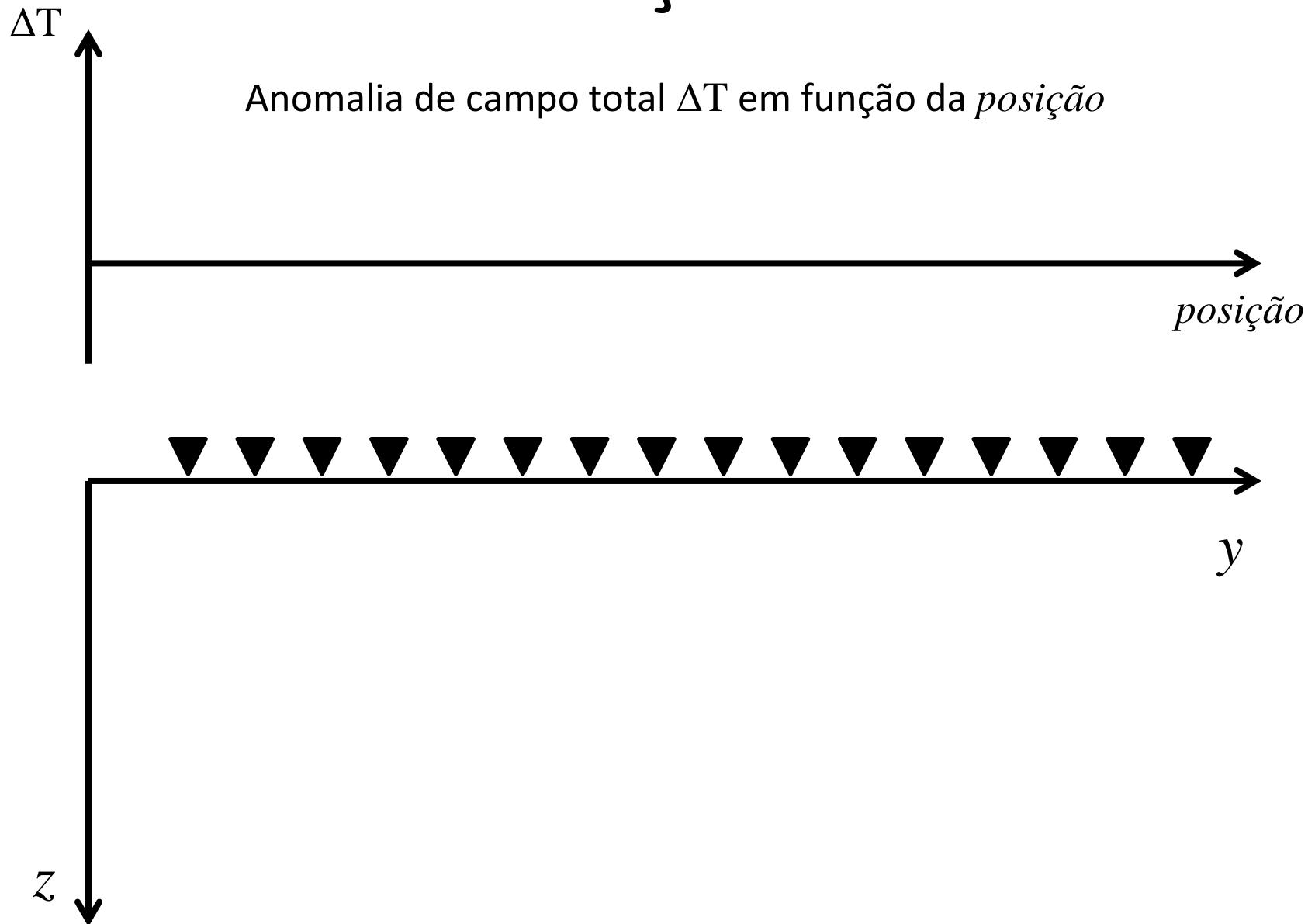
# Deconvolução de Euler

Sistema de coordenadas Cartesianas

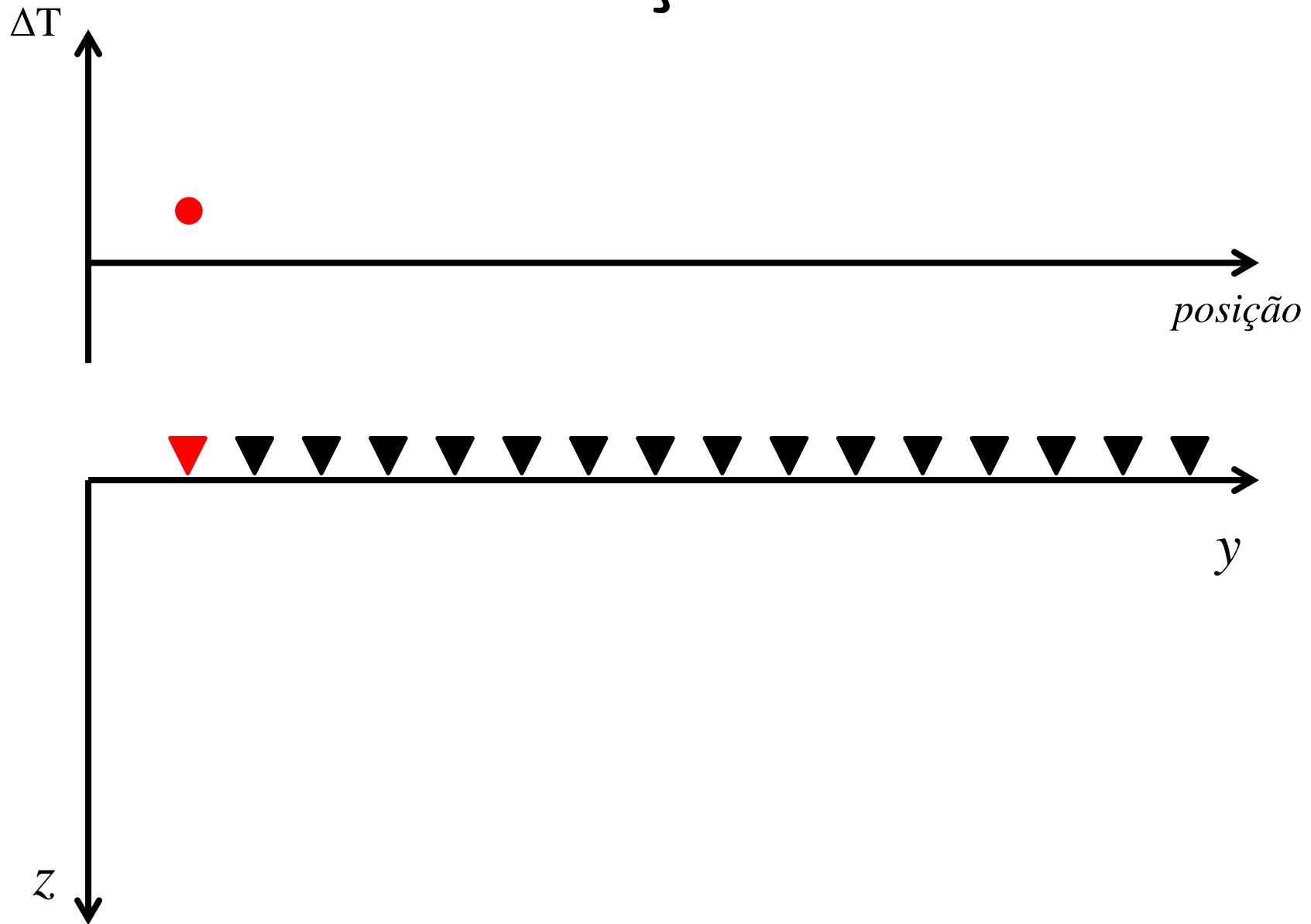
Superfície



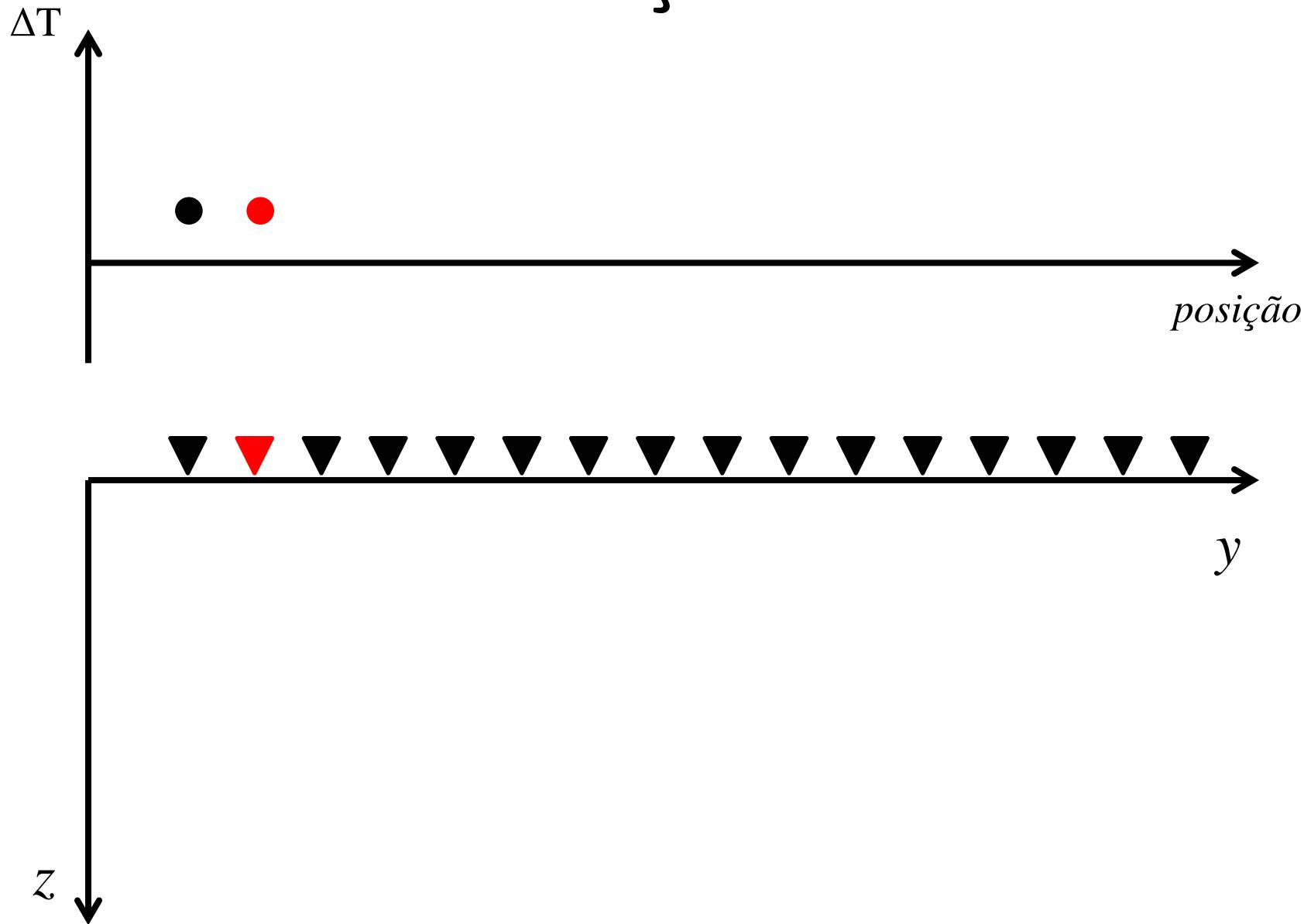
# Deconvolução de Euler



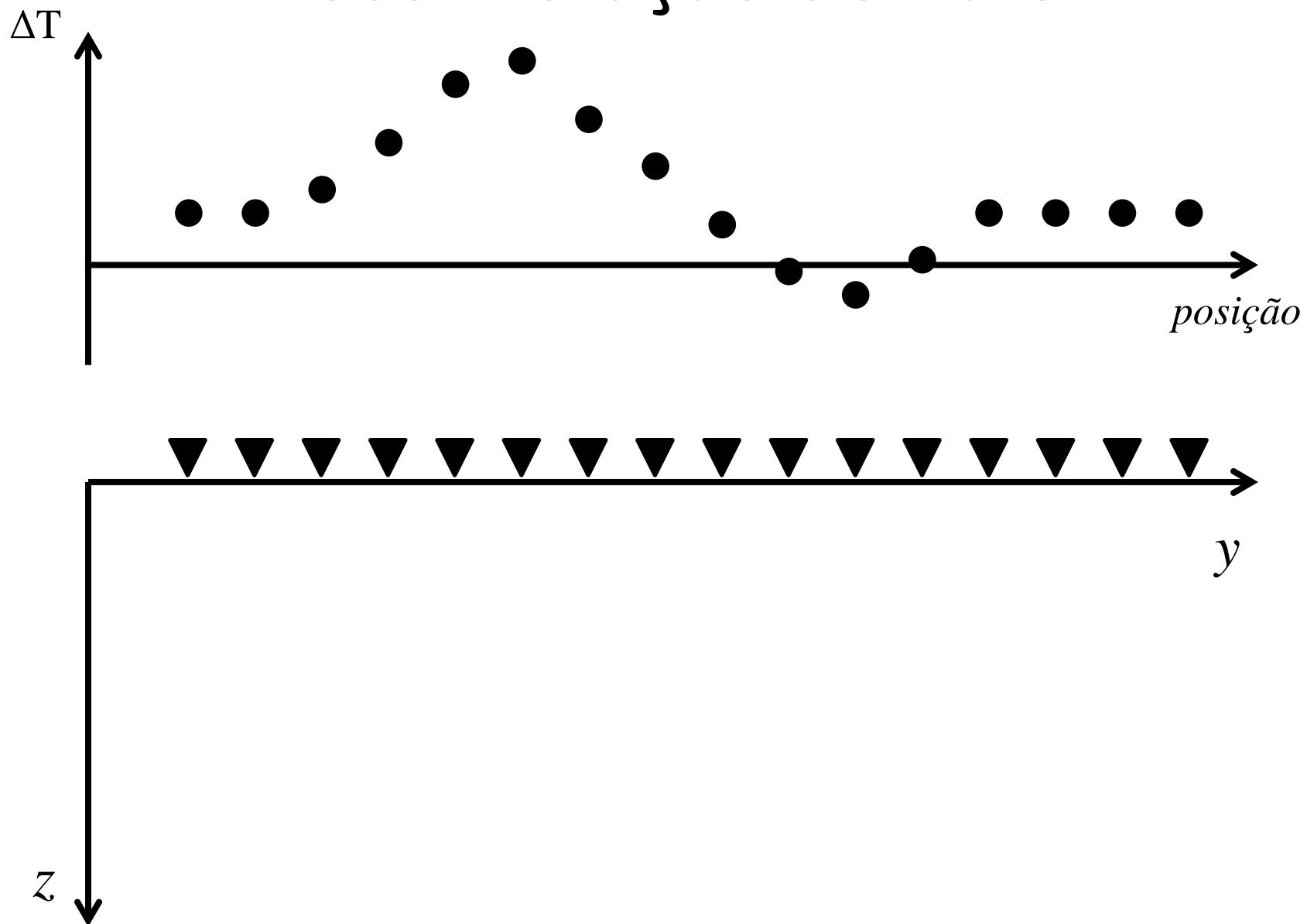
# Deconvolução de Euler



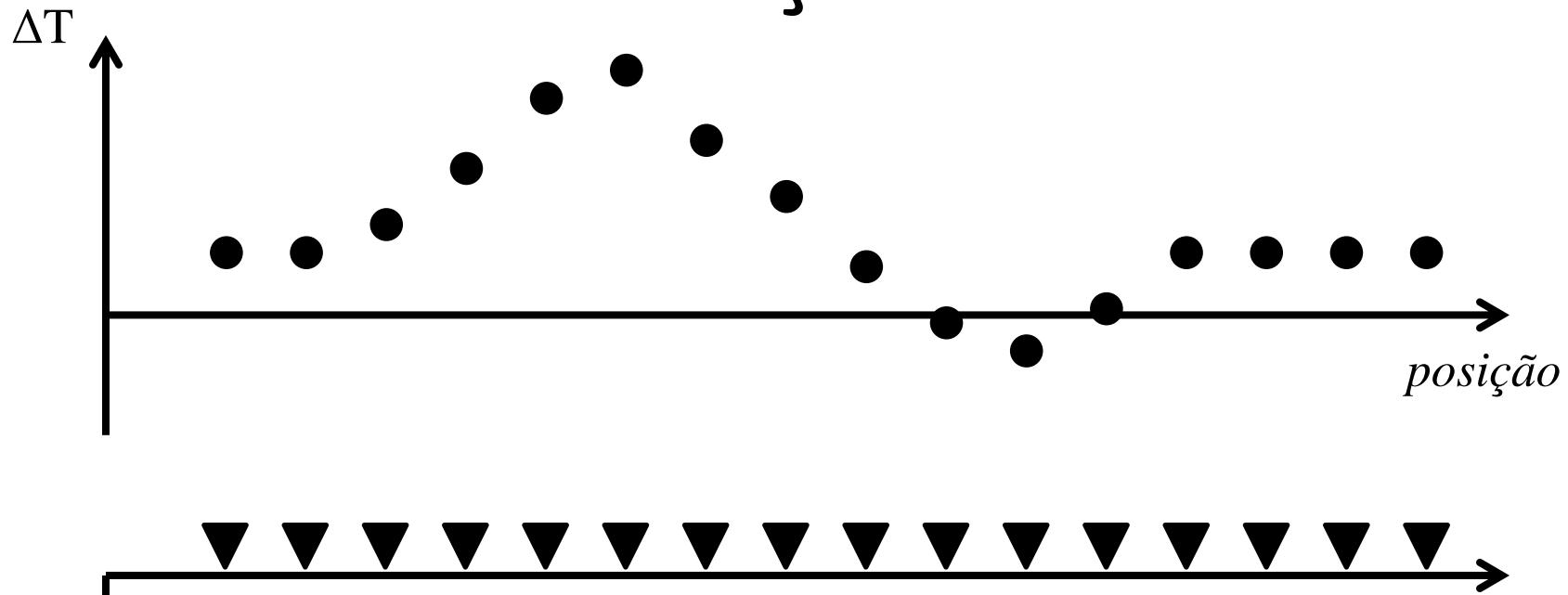
# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler



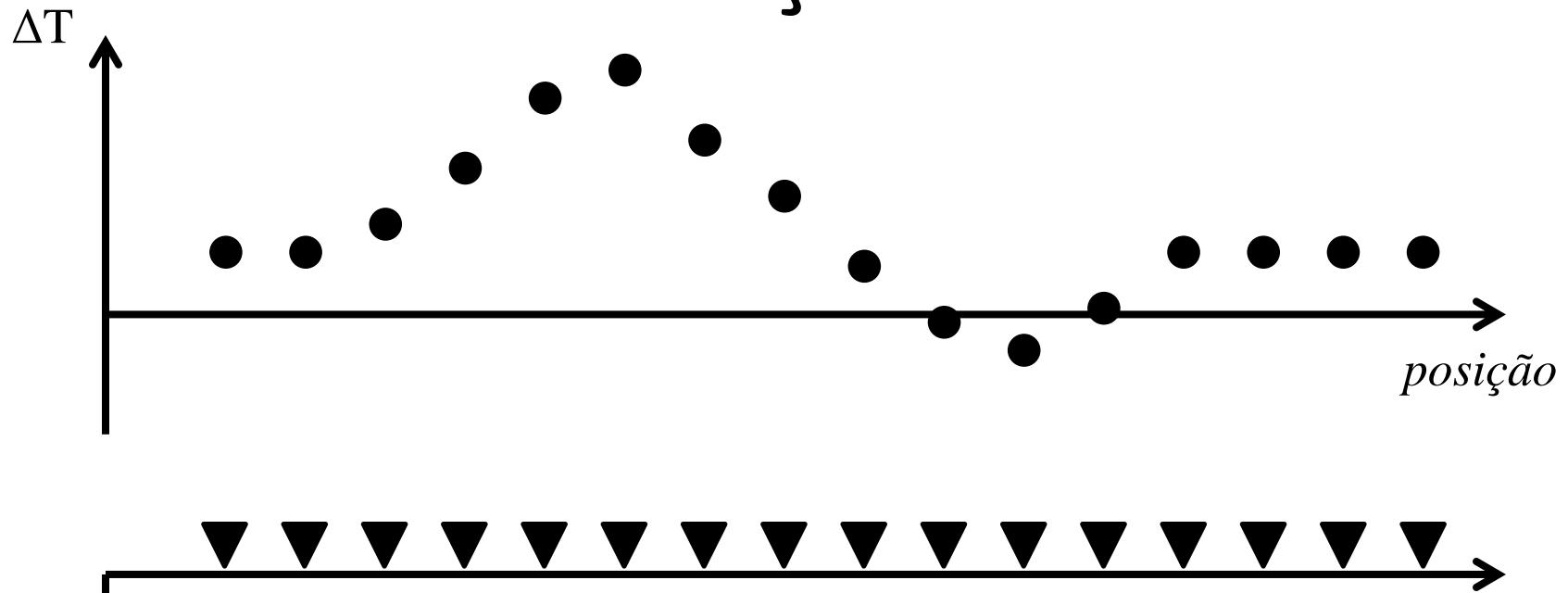
# Deconvolução de Euler



Como determinar a localização das  
fontes magnéticas a partir da  
anomalia de campo total observada?

$z$

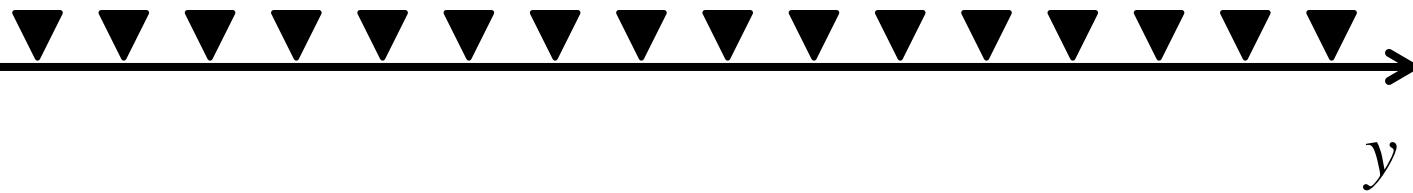
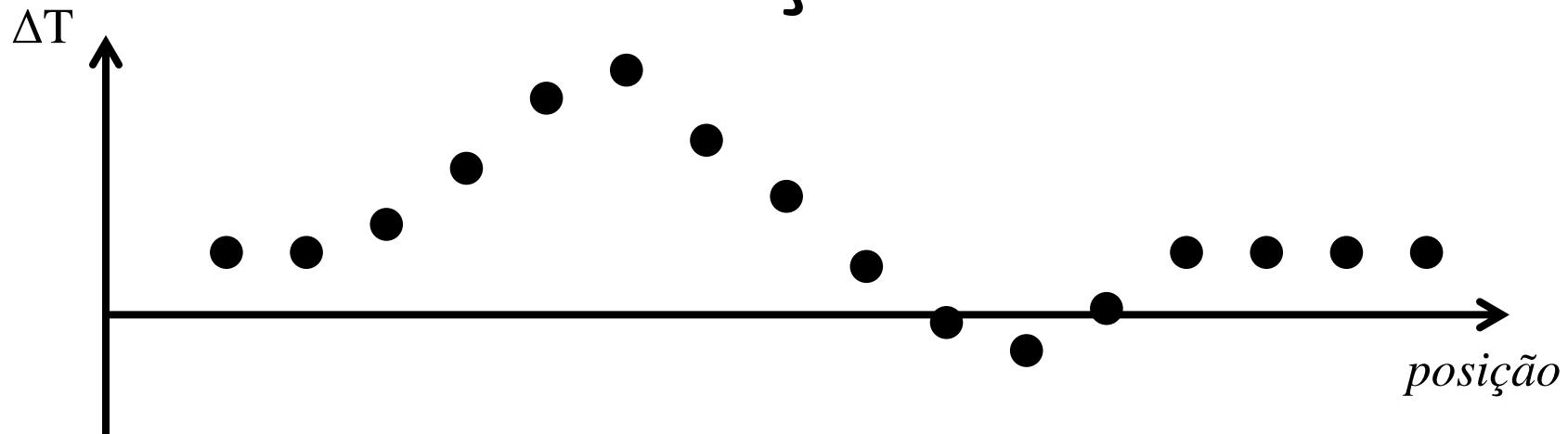
# Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler

$z$

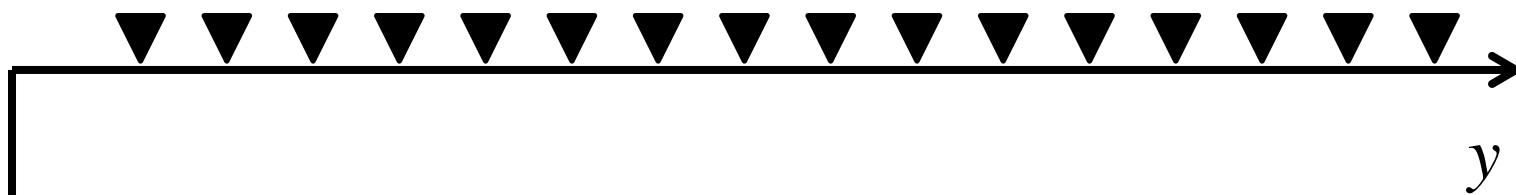
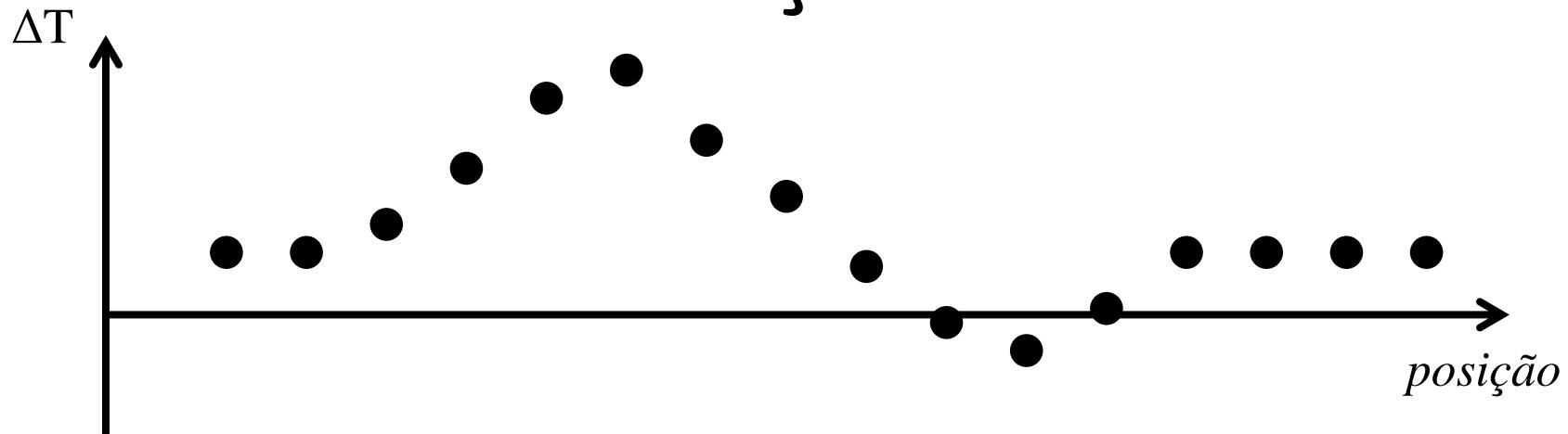
# Deconvolução de Euler



Essa técnica serve para  
determinar a posição de fontes  
magnéticas **simples**

$z$

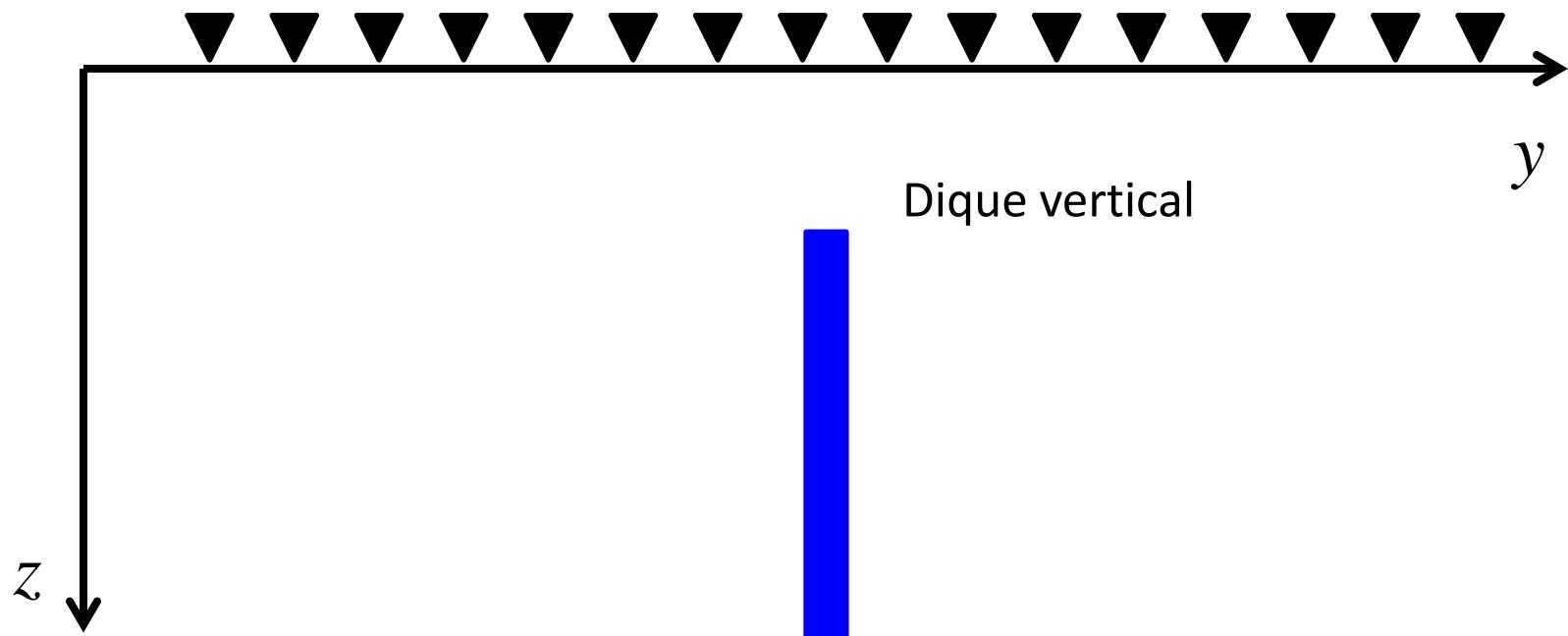
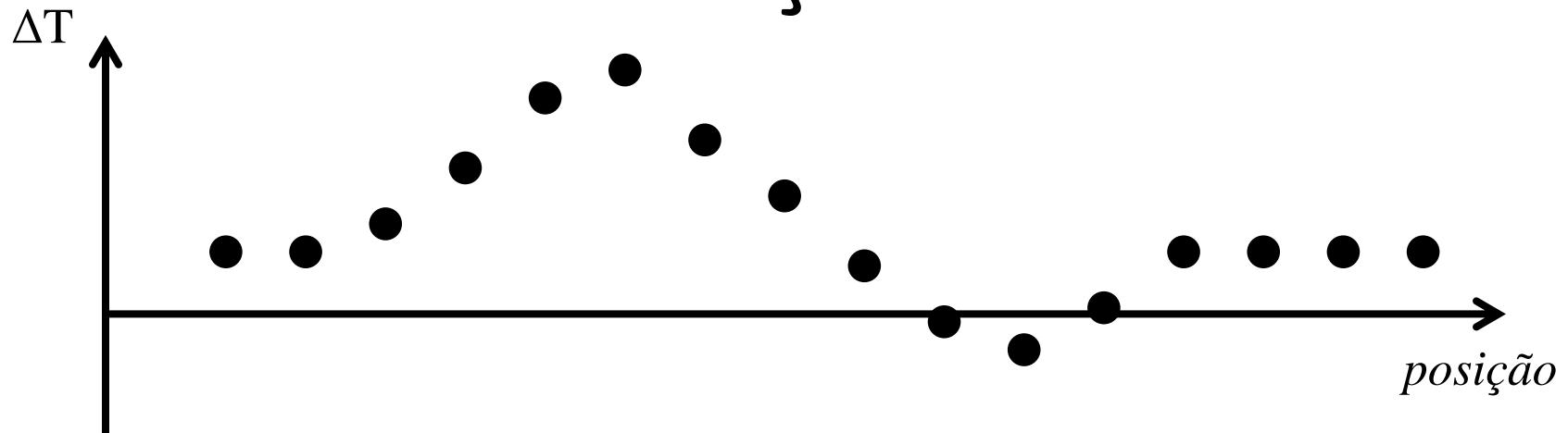
# Deconvolução de Euler



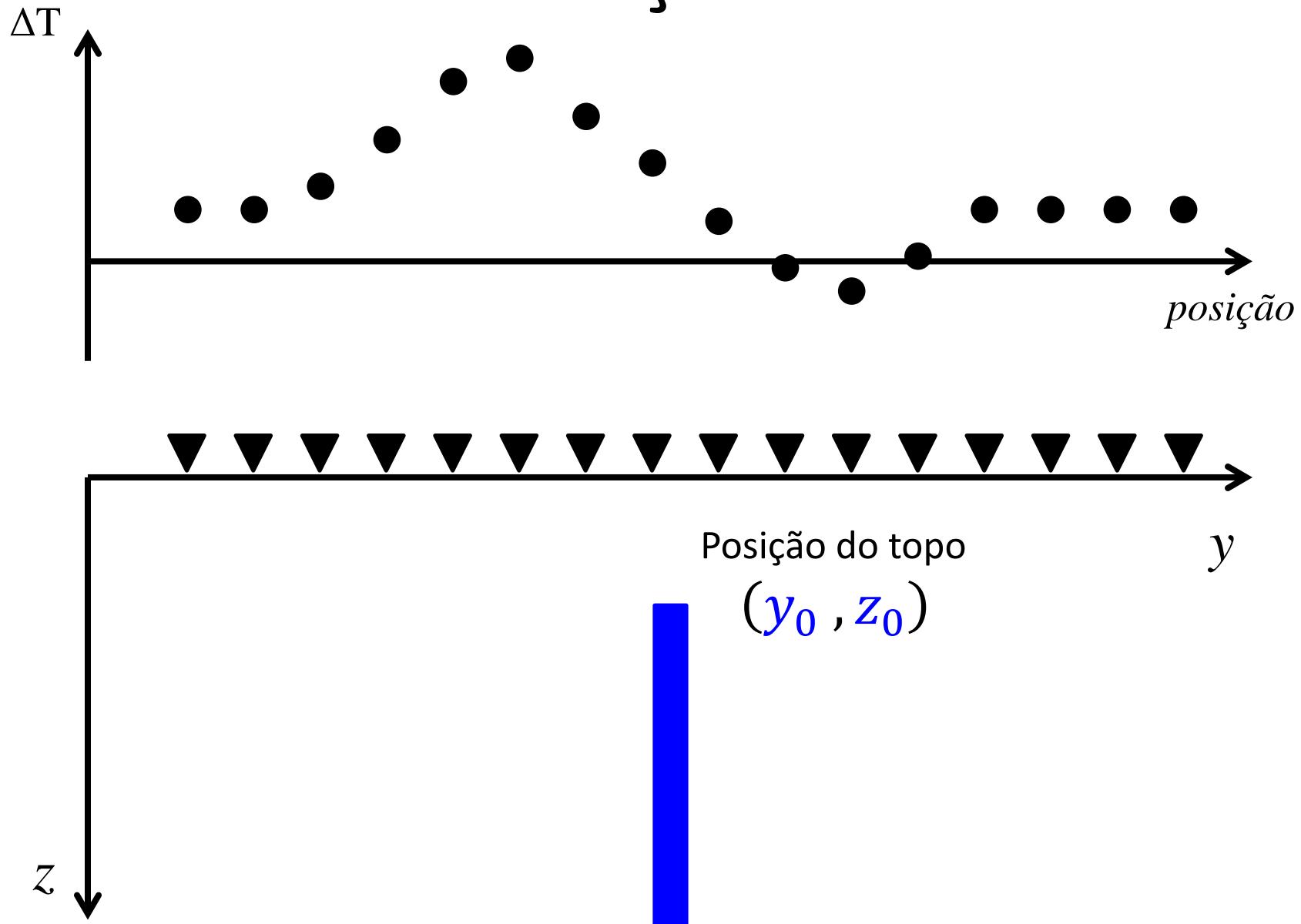
Estas fontes simples ou ideais  
satisfazem a Equação  
Homogênea de Euler

$z$

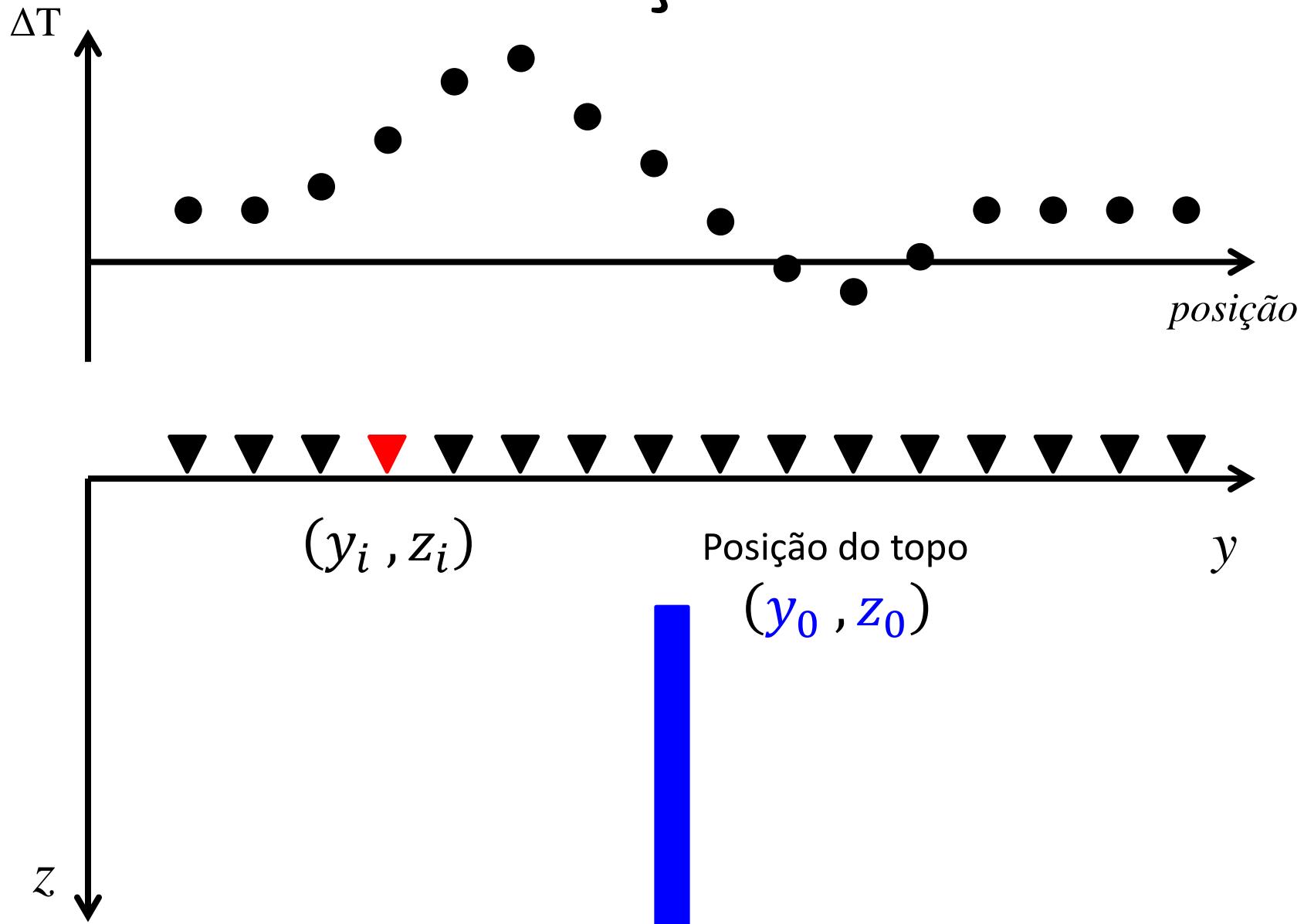
# Deconvolução de Euler



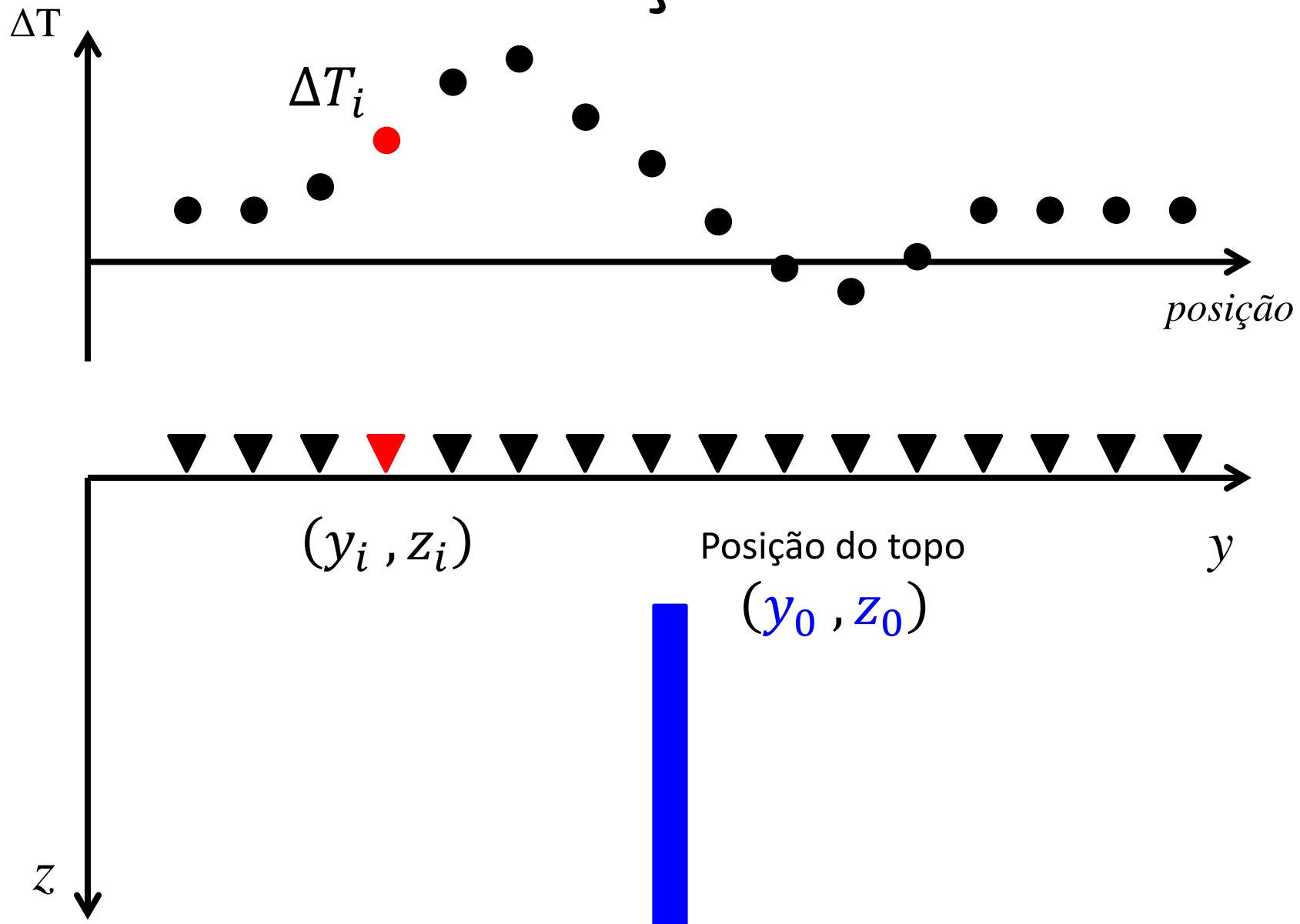
# Deconvolução de Euler



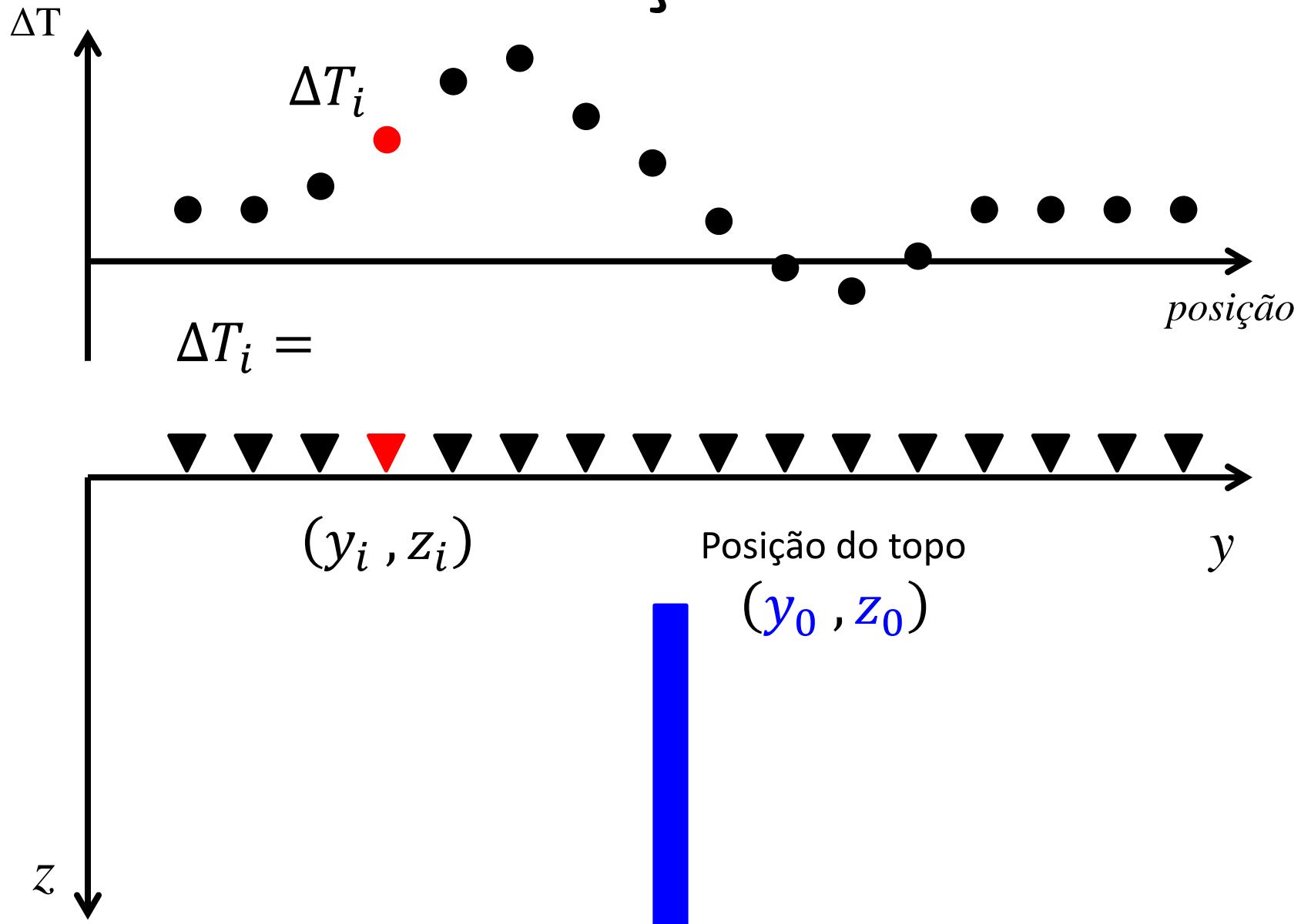
# Deconvolução de Euler



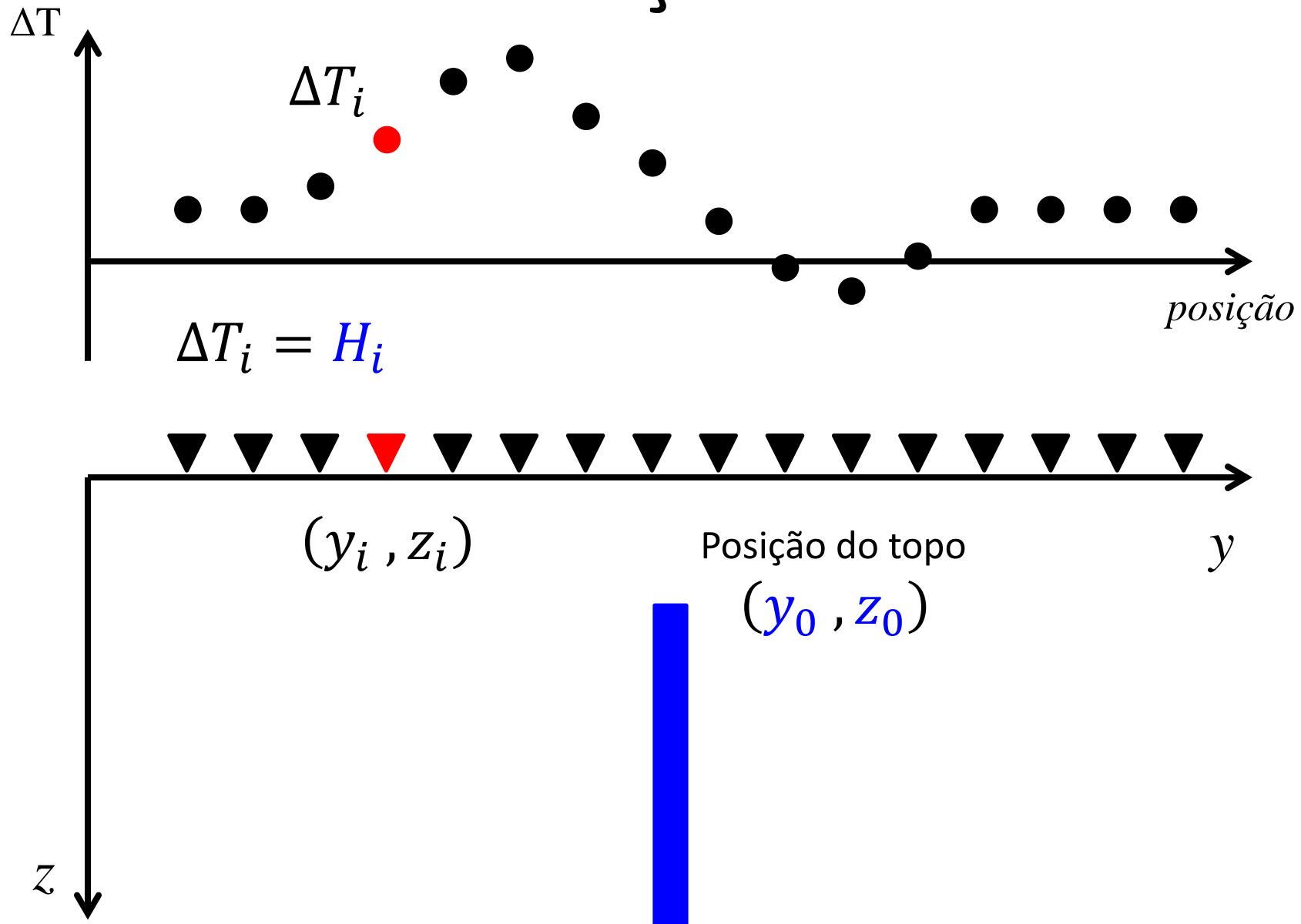
# Deconvolução de Euler



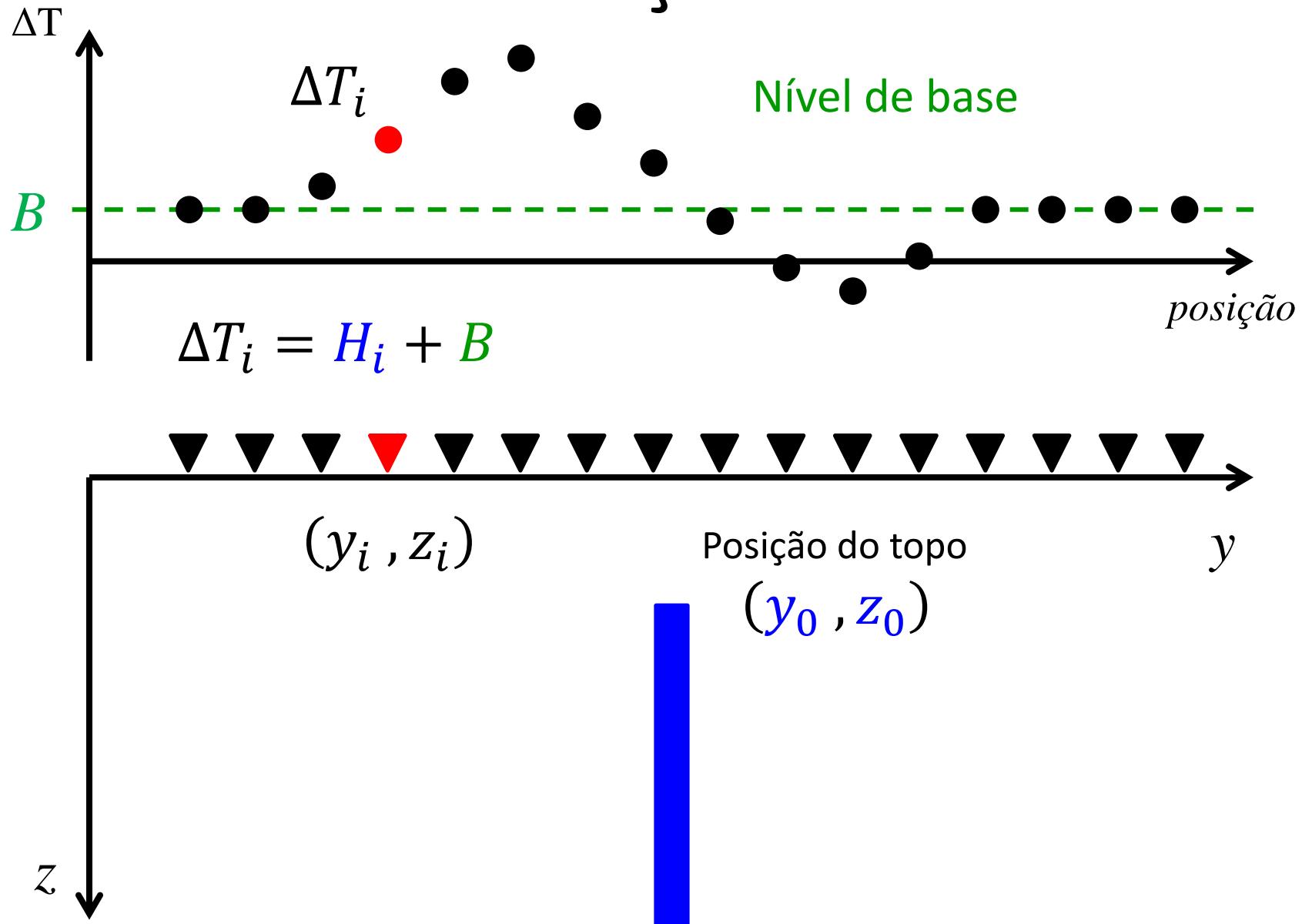
# Deconvolução de Euler



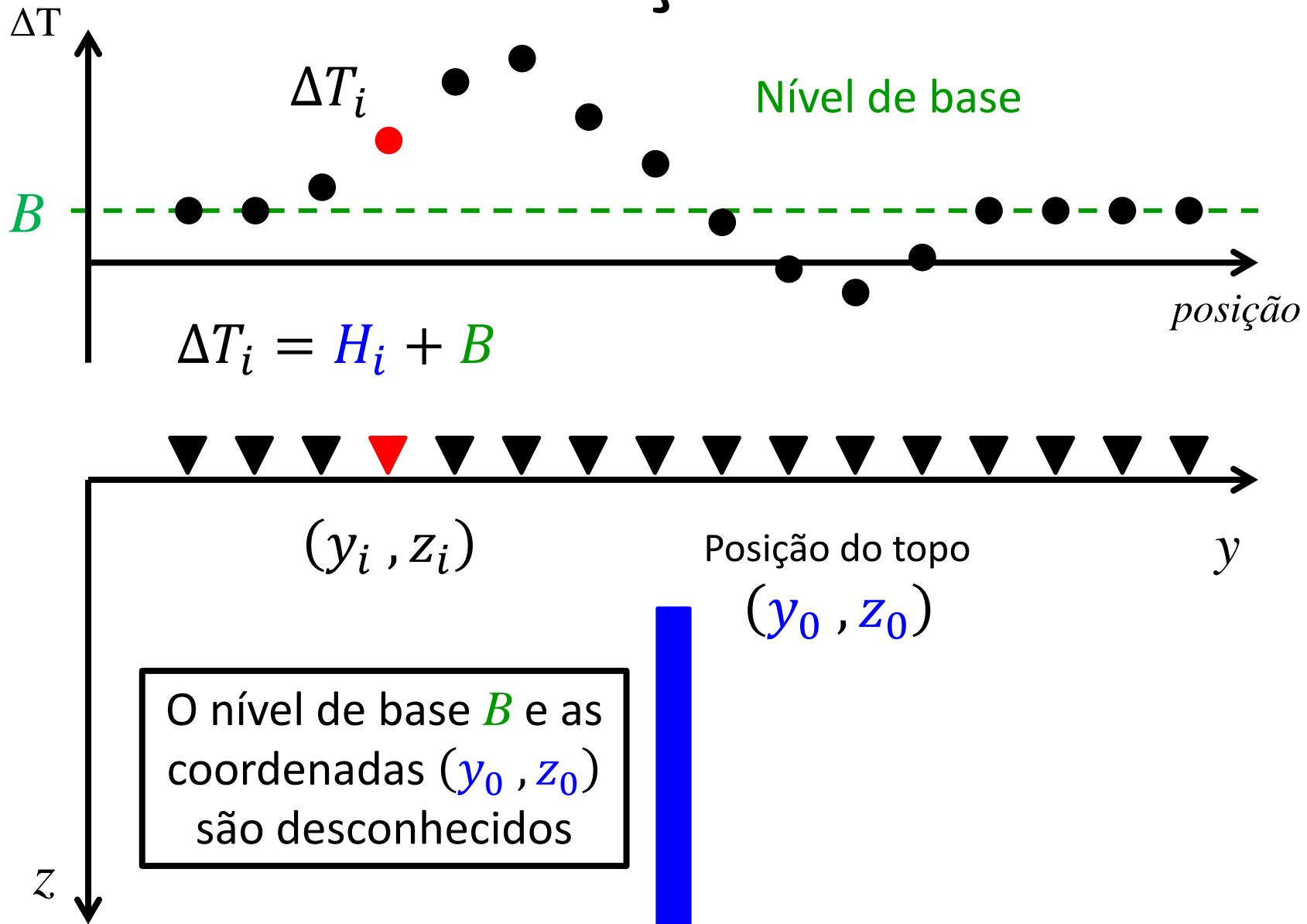
# Deconvolução de Euler



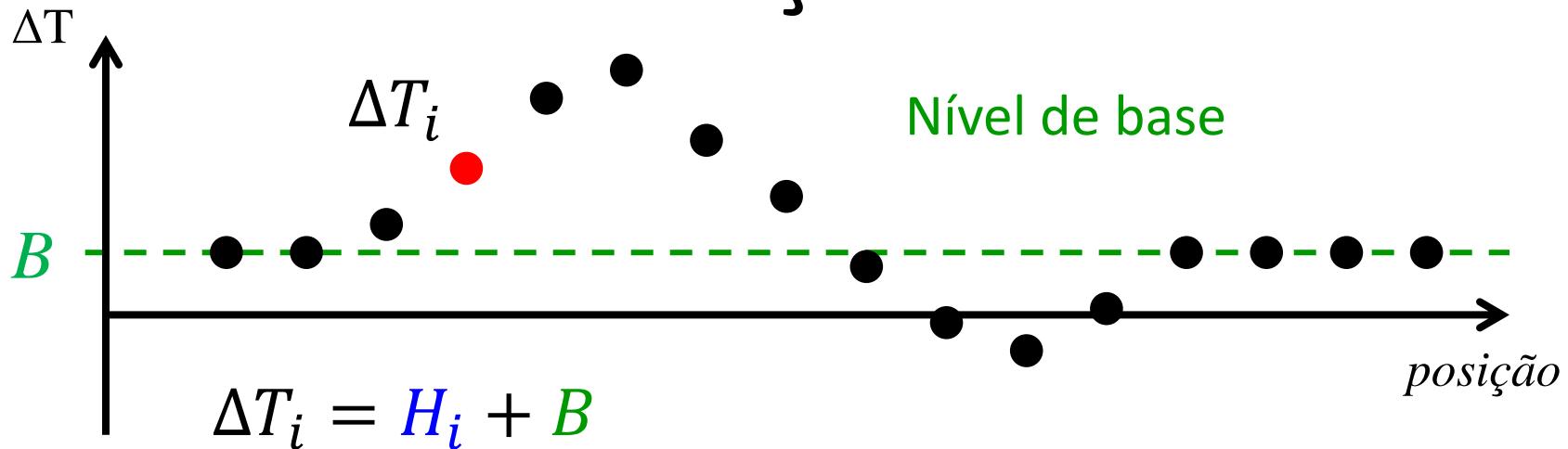
# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler



$(y_i, z_i)$



Posição do topo

$y$

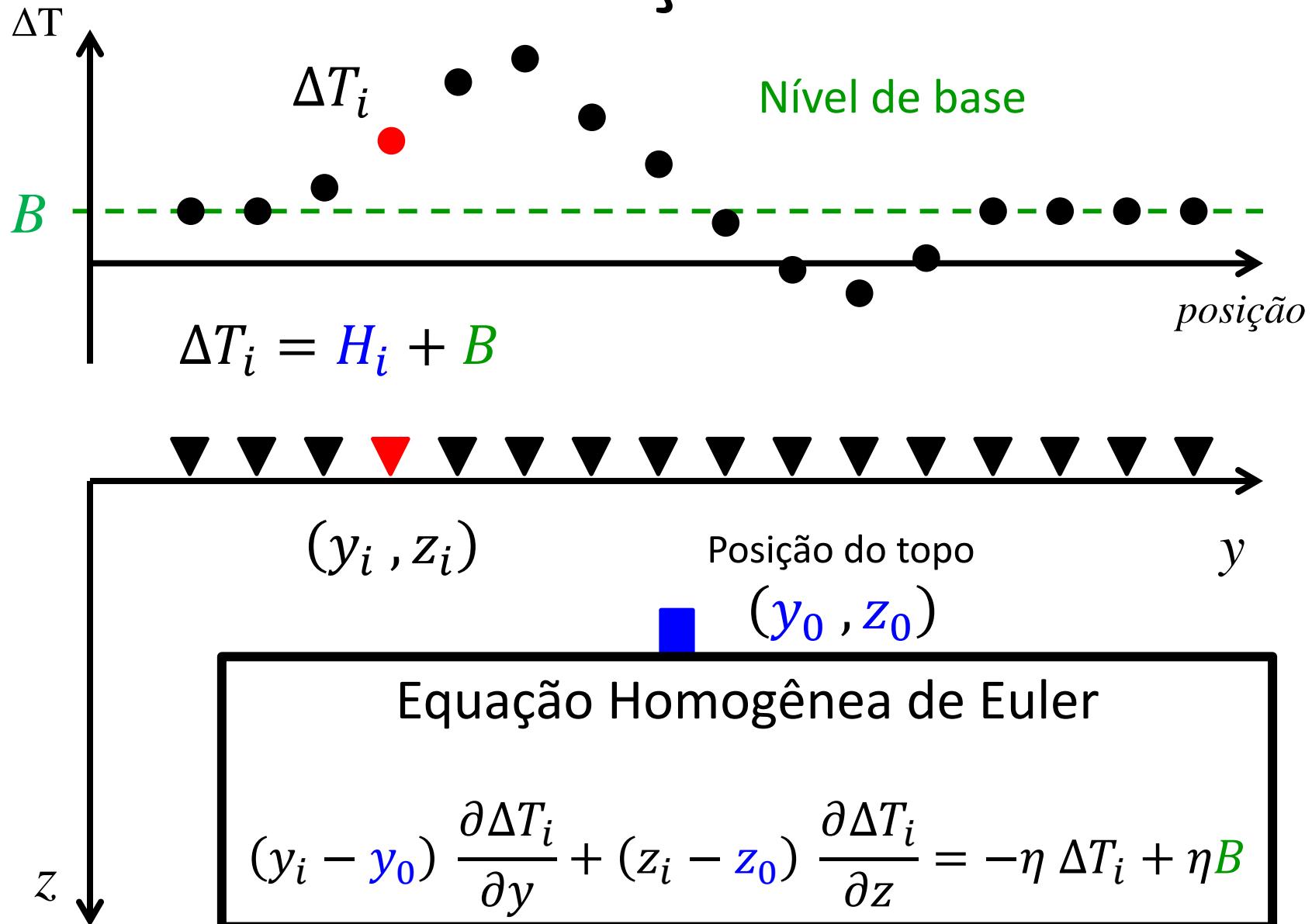
$(y_0, z_0)$

$z$

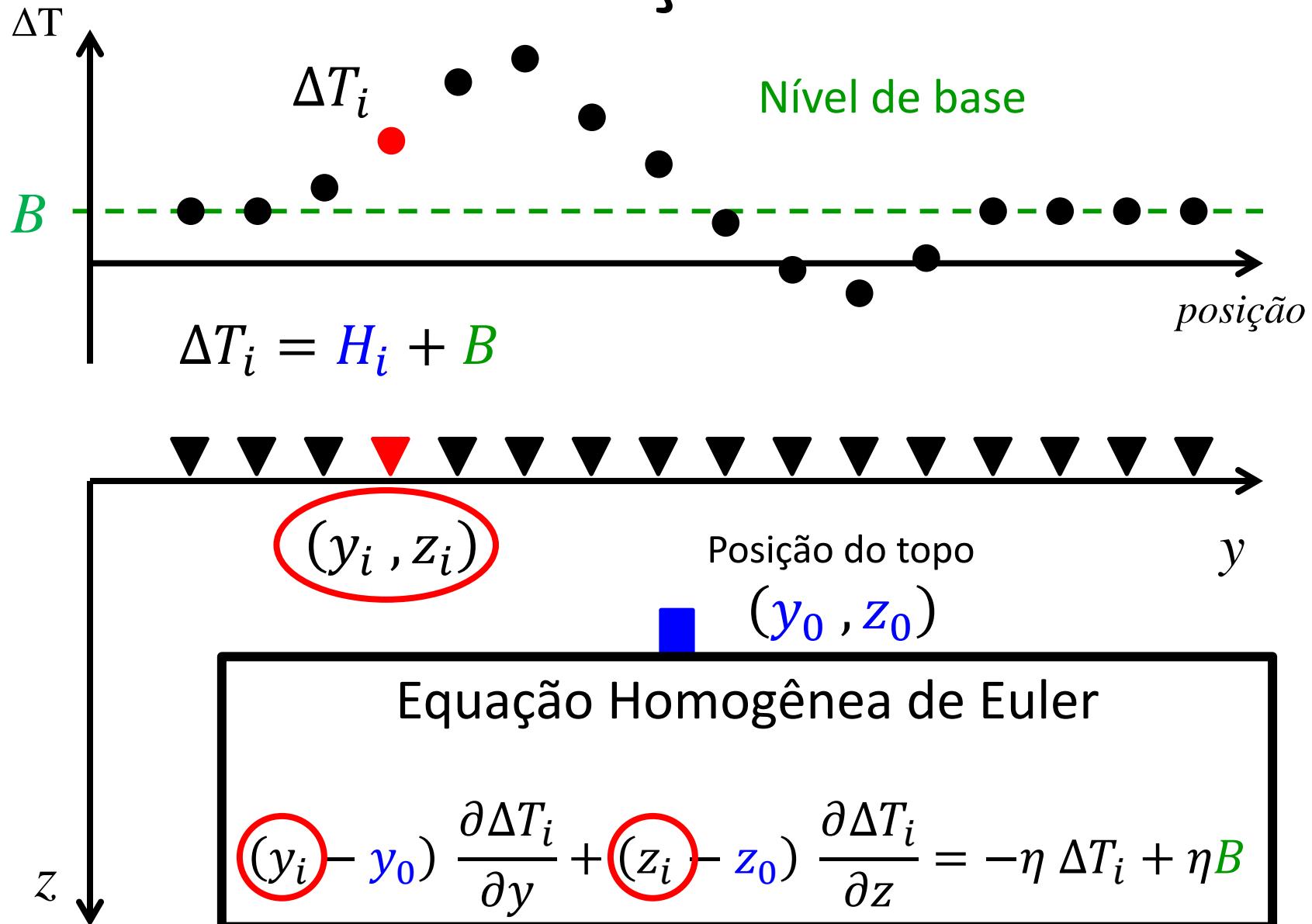
O nível de base  $B$  e as coordenadas  $(y_0, z_0)$  são desconhecidos

Neste caso, estes são os parâmetros a serem estimados pela Deconvolução de Euler

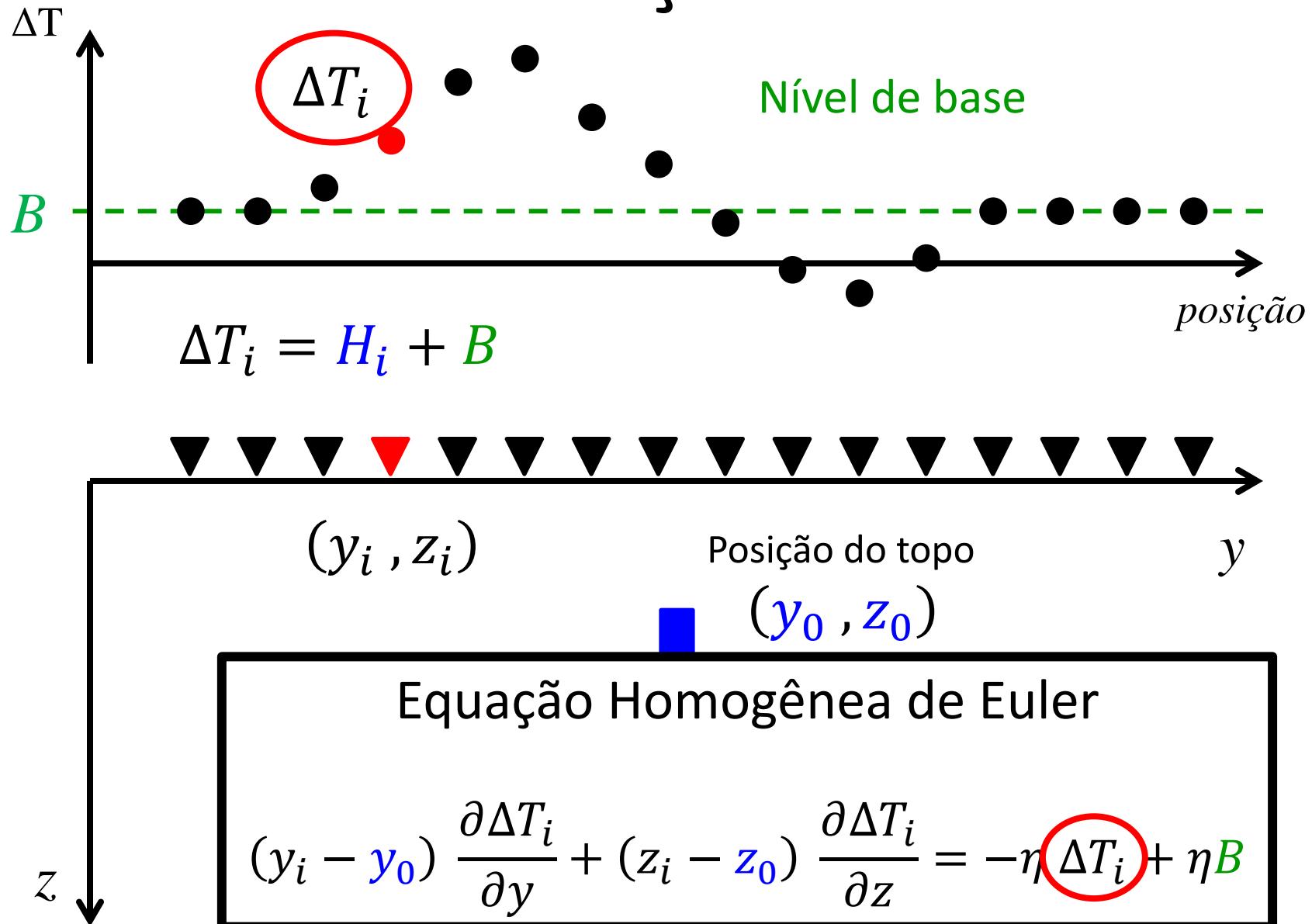
# Deconvolução de Euler



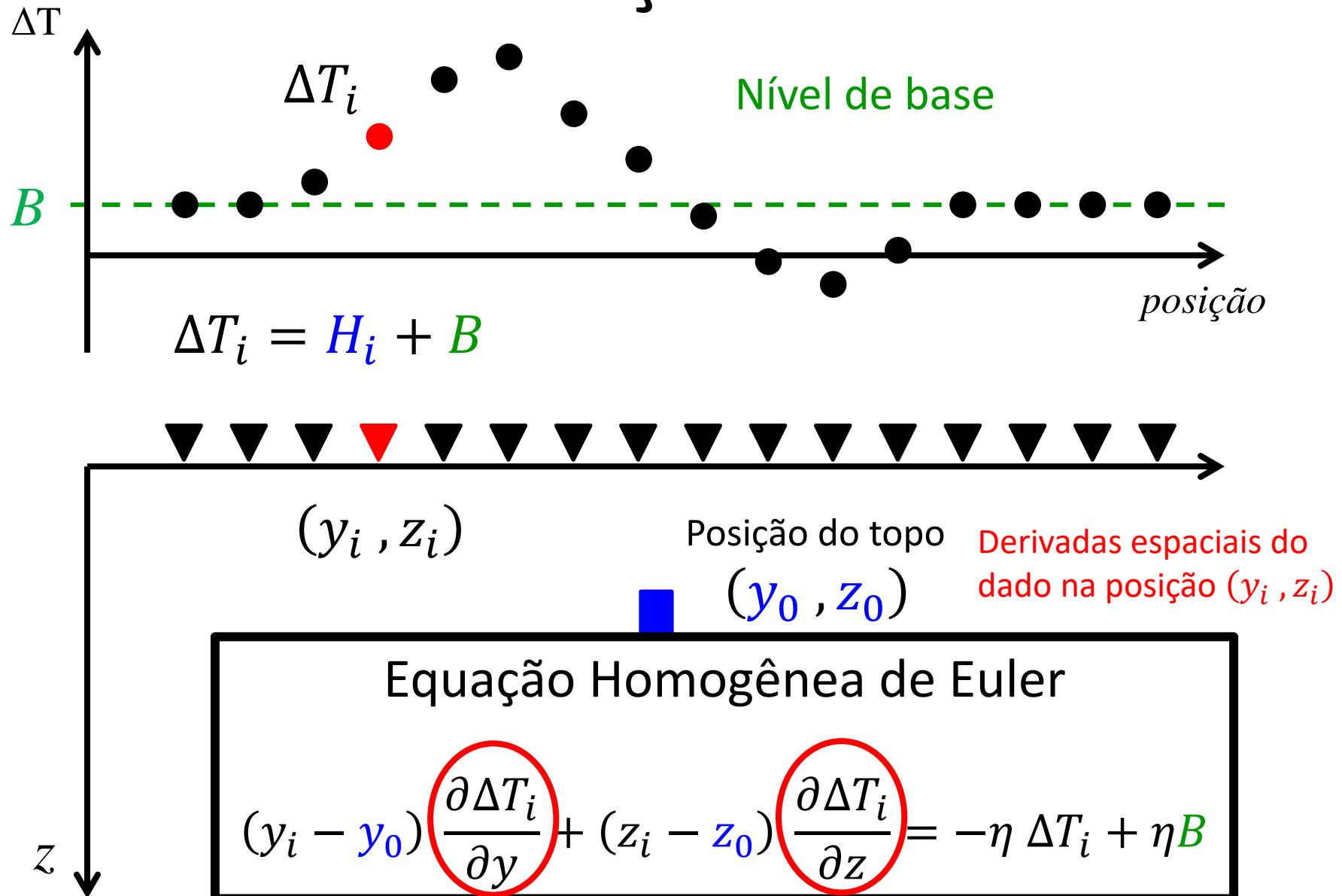
# Deconvolução de Euler



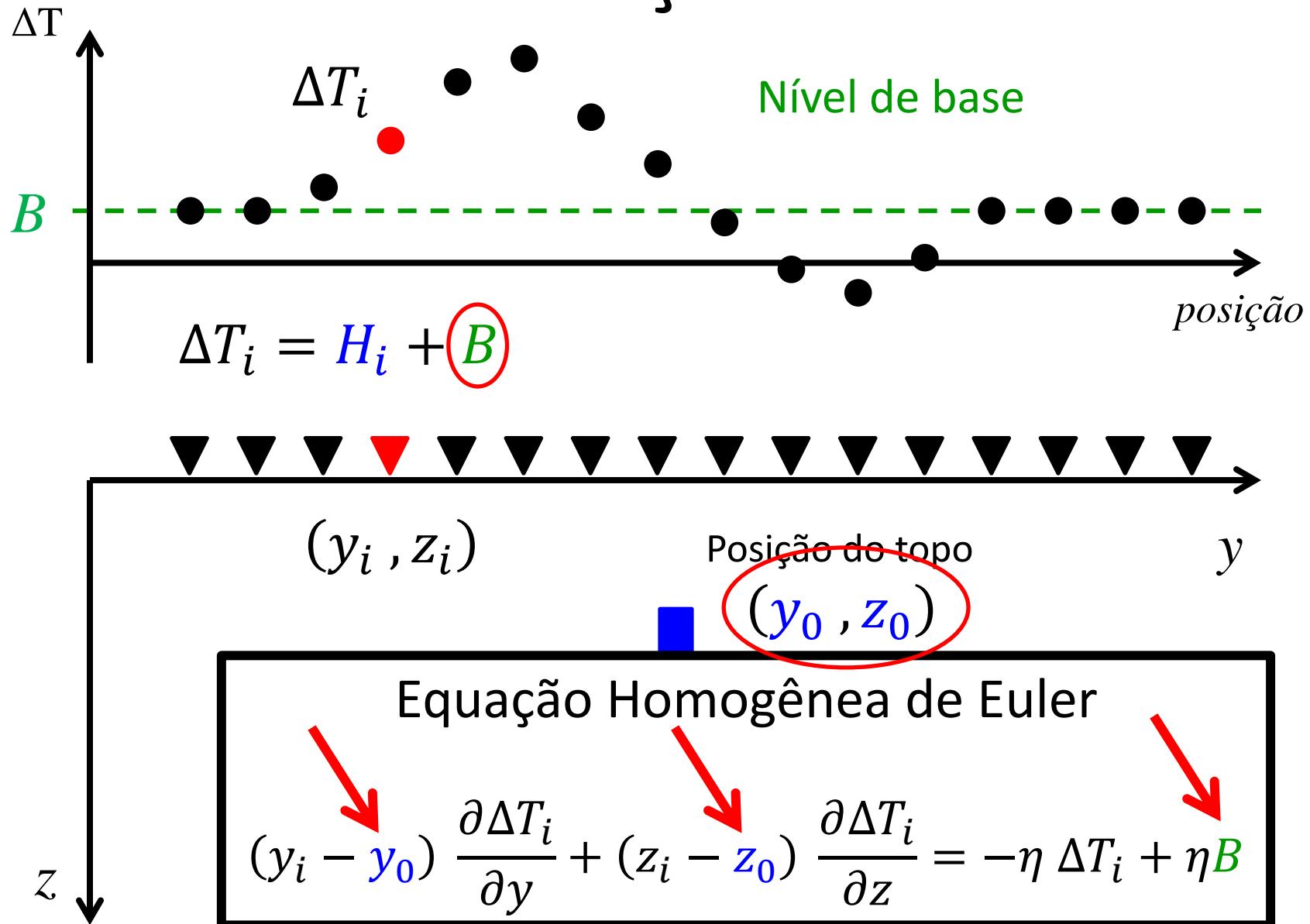
# Deconvolução de Euler



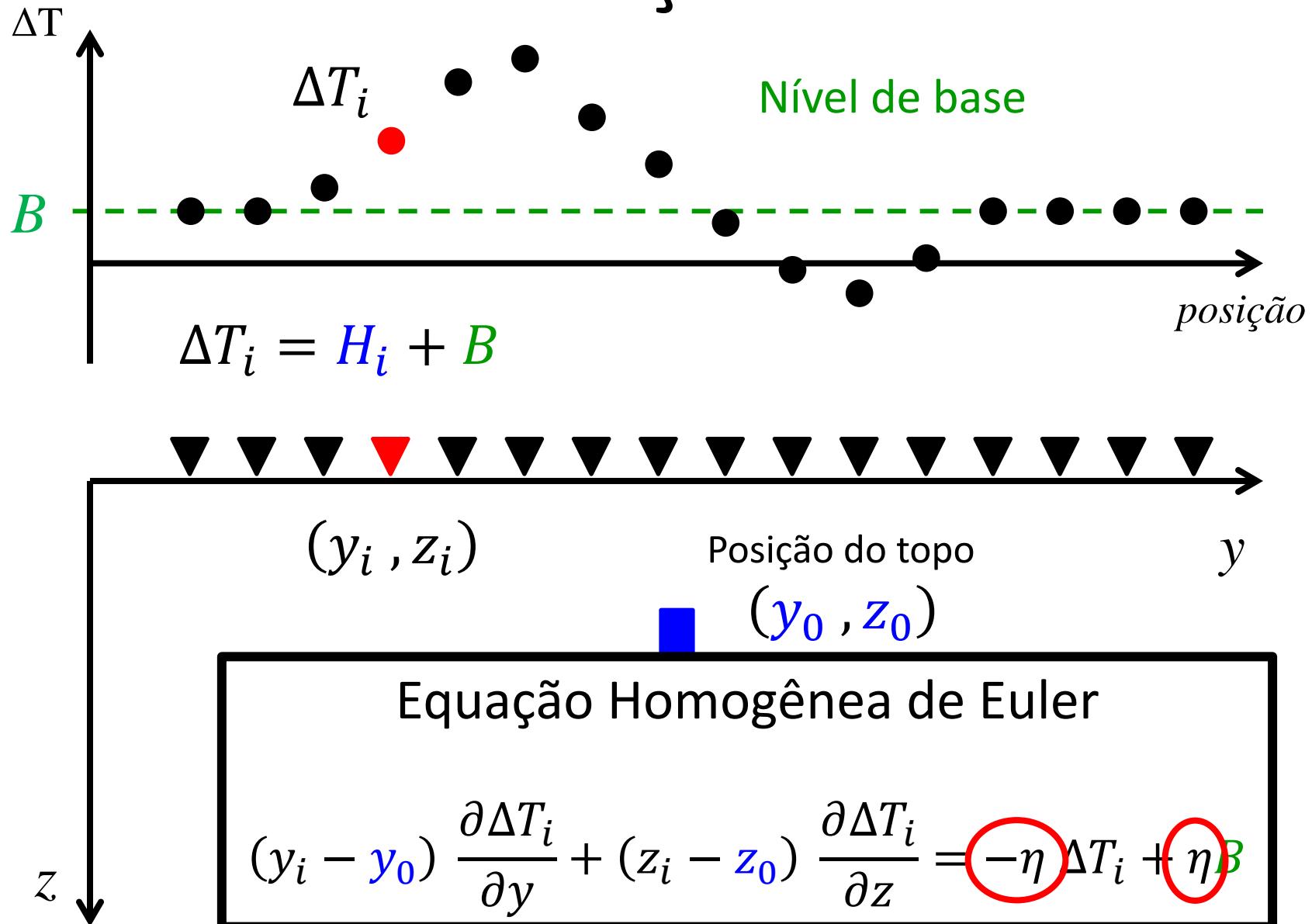
# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$\eta$  é uma constante denominada  
índice estrutural

# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$\eta$  é uma constante denominada  
índice estrutural

O índice estrutural depende  
da forma da fonte

# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$\eta$  é uma constante denominada  
índice estrutural

O índice estrutural depende  
da forma da fonte

Para um dique vertical, por exemplo,

$$\eta = 1$$

# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

Ao estabelecer um valor para  $\eta$ ,  
o intérprete define o formato  
da fonte

# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

Ao estabelecer um valor para  $\eta$ ,  
o intérprete define o formato  
da fonte

Uma vez estabelecido um valor para  $\eta$ ...

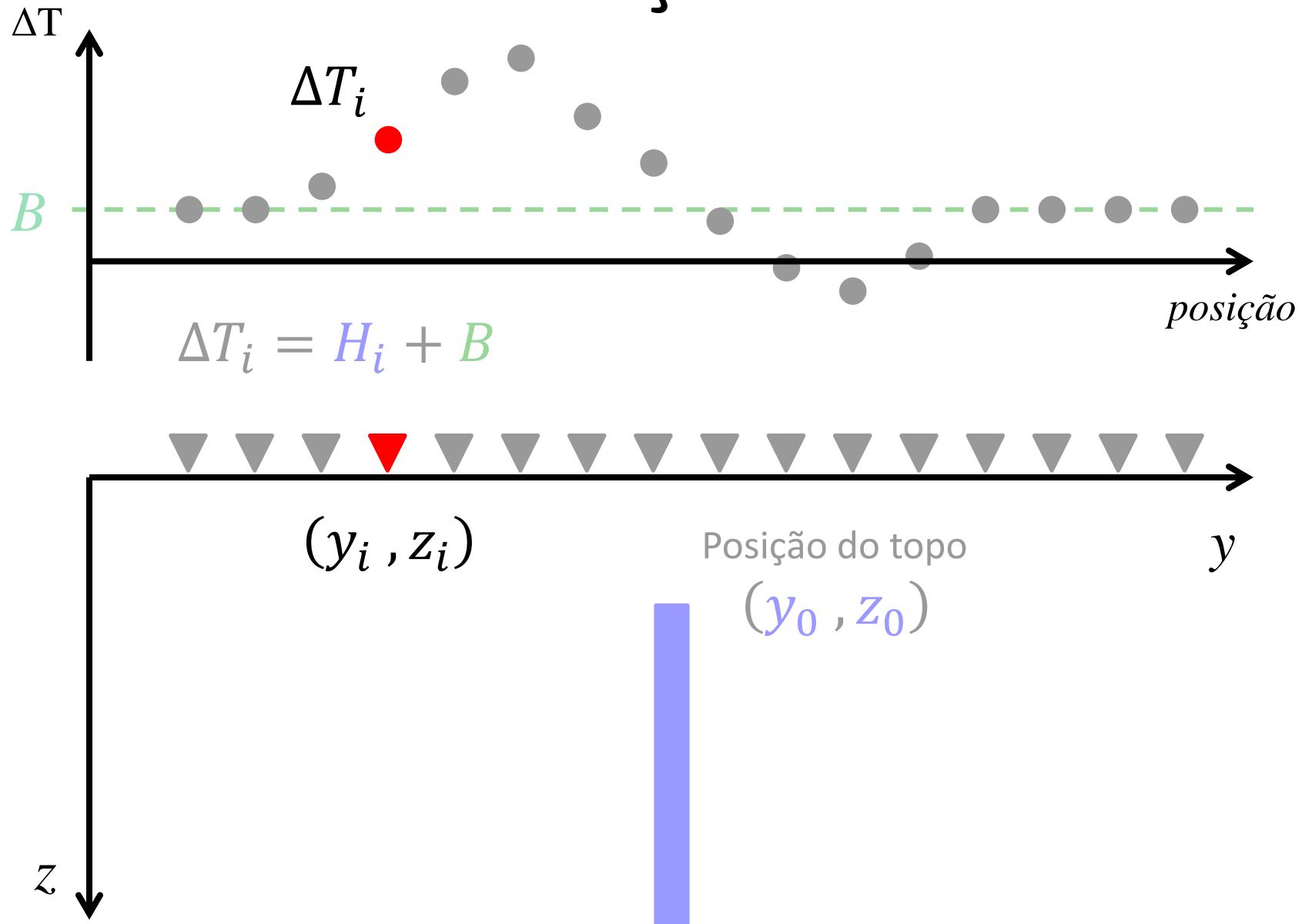
# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$\textcolor{blue}{y}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \left( y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)$$

Equação para uma posição  $(y_i, z_i)$

# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$\textcolor{blue}{y}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \left( y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)$$

Equação para uma posição  $(y_i, z_i)$

# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \underbrace{\left( y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)}_{d_i}$$

# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \underbrace{\left( y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)}_{d_i}$$

$$\textcolor{blue}{y}_0 \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = d_1$$

# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \underbrace{\left( y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)}_{d_i}$$

$$\textcolor{blue}{y}_0 \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = d_1$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

$$\textcolor{blue}{y}_0 \frac{\partial \Delta T_N}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_N}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = d_N$$

# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \underbrace{\left( y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)}_{d_i}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} & \eta \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \Delta T_N}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_N}{\partial z} & \eta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \textcolor{blue}{y}_0 \\ \textcolor{blue}{z}_0 \\ \textcolor{green}{B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix}$$

# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \underbrace{\left( y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)}_{}$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} & \eta \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \Delta T_N}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_N}{\partial z} & \eta \end{bmatrix}}_{\mathbf{G}} \begin{bmatrix} \textcolor{blue}{y}_0 \\ \textcolor{blue}{z}_0 \\ \textcolor{green}{B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix}$$

↓                    ↓

$\mathbf{G}$        $\mathbf{p}$        $\mathbf{d}$

# Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \underbrace{\left( y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)}_{\text{d}_i}$$

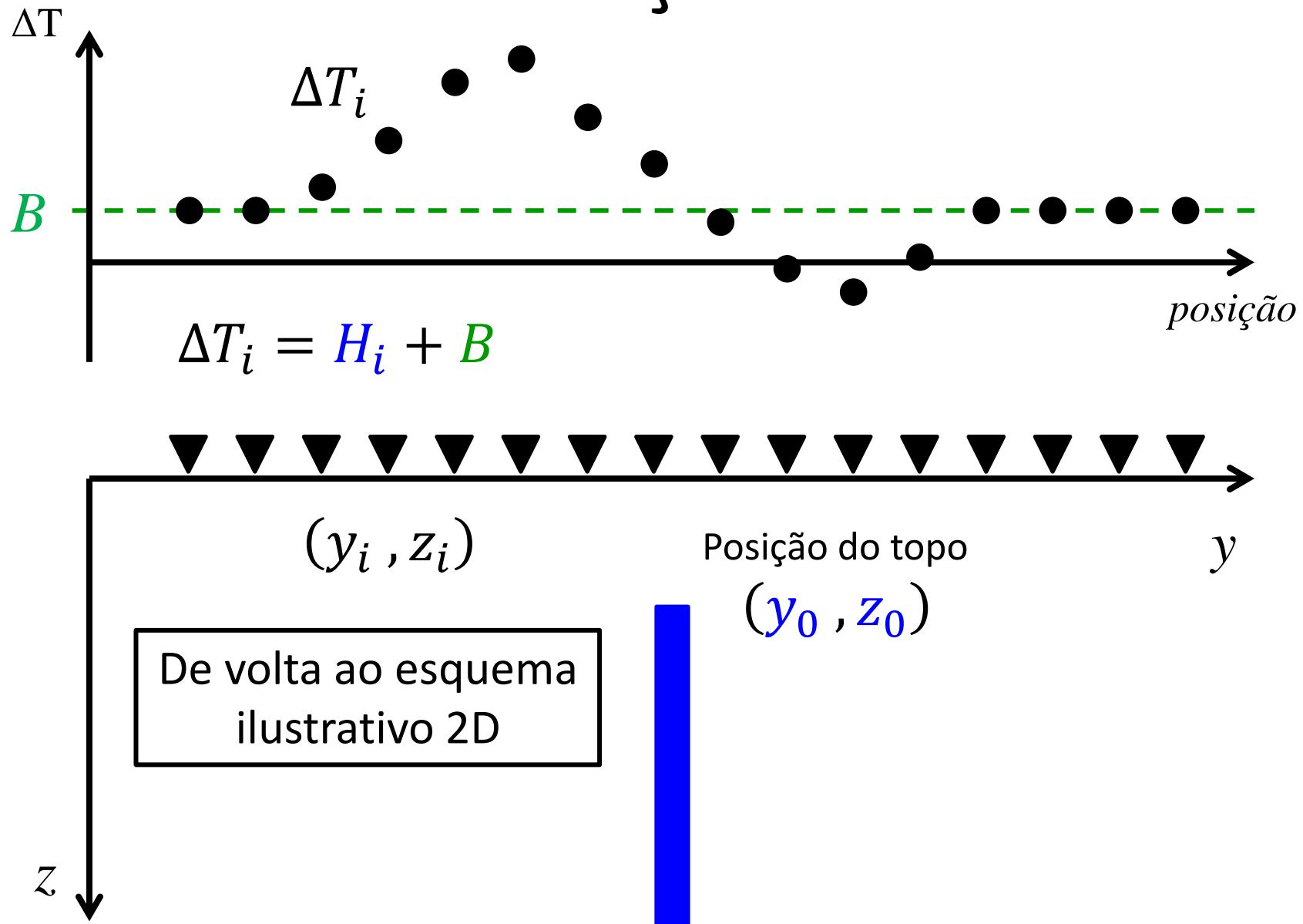
$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} & \eta \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \Delta T_N}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_N}{\partial z} & \eta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \textcolor{blue}{y}_0 \\ \textcolor{blue}{z}_0 \\ \textcolor{green}{B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix}$$

$\downarrow \qquad \downarrow$

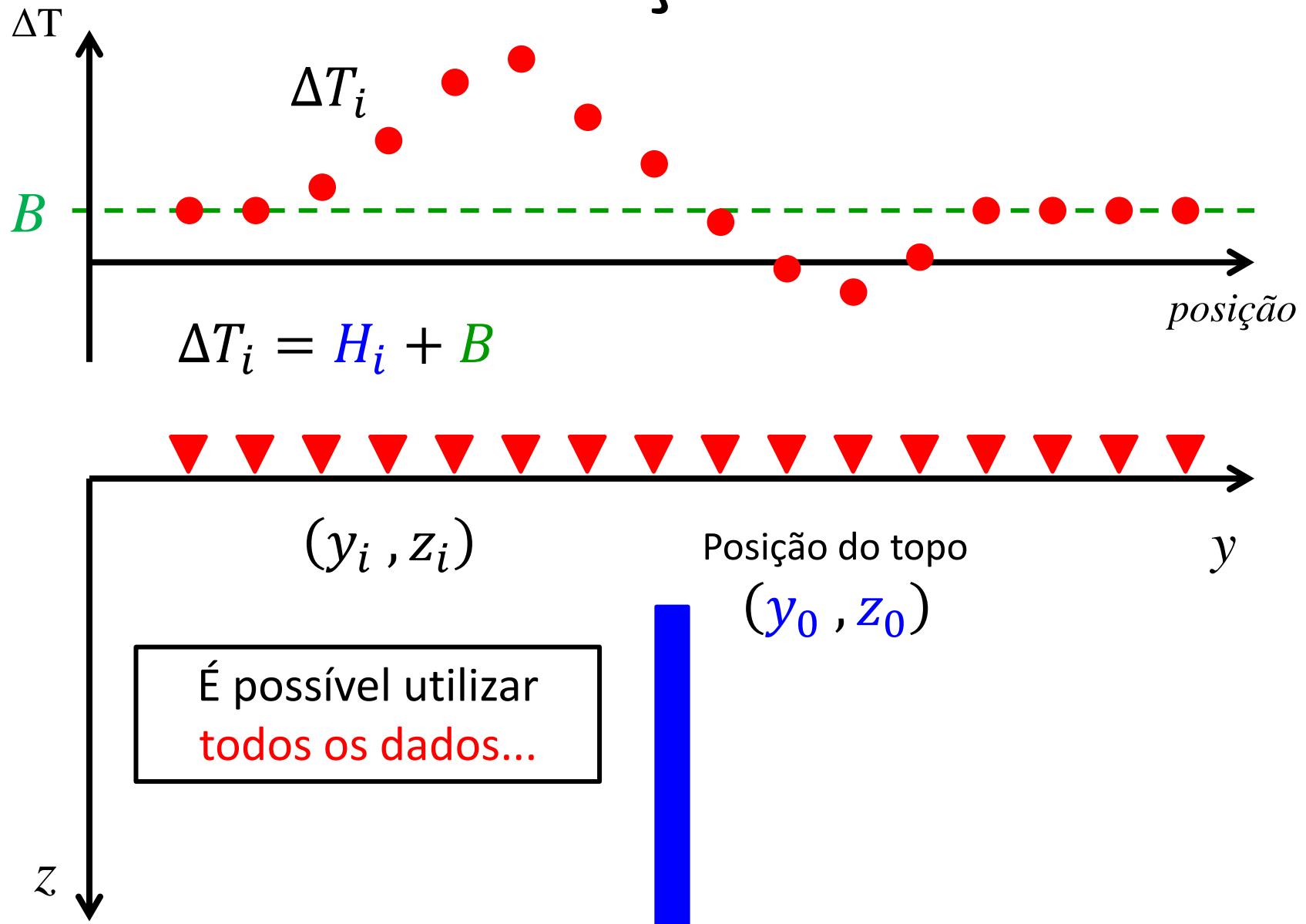
$\mathbf{G} \qquad \mathbf{p} \qquad \mathbf{d}$

$$\mathbf{p} = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T \mathbf{d}$$

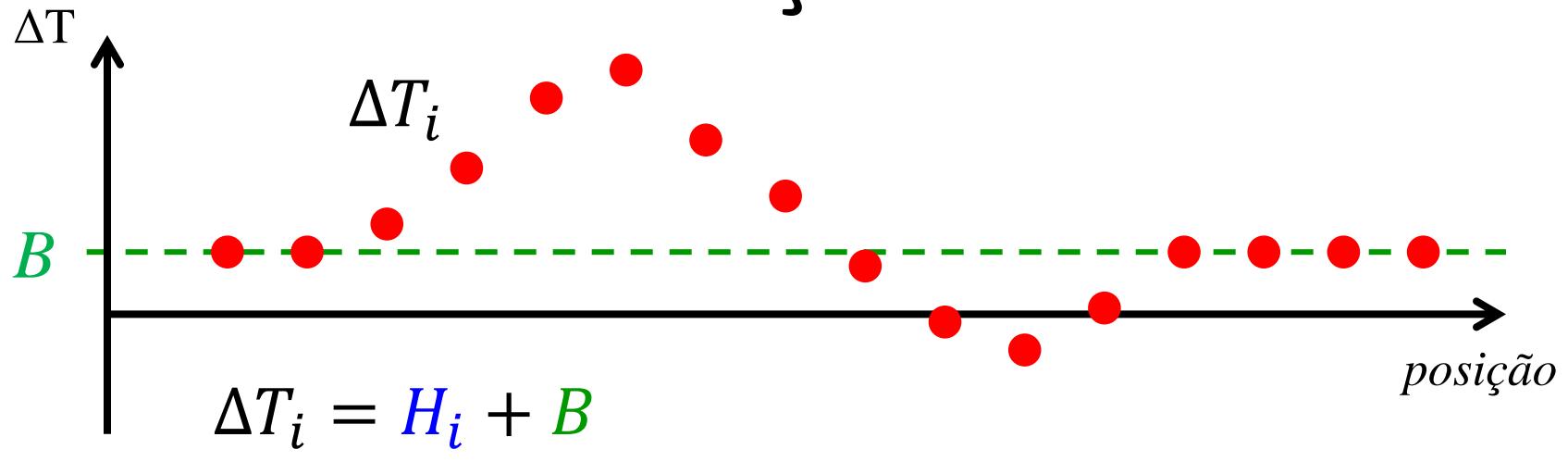
# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler

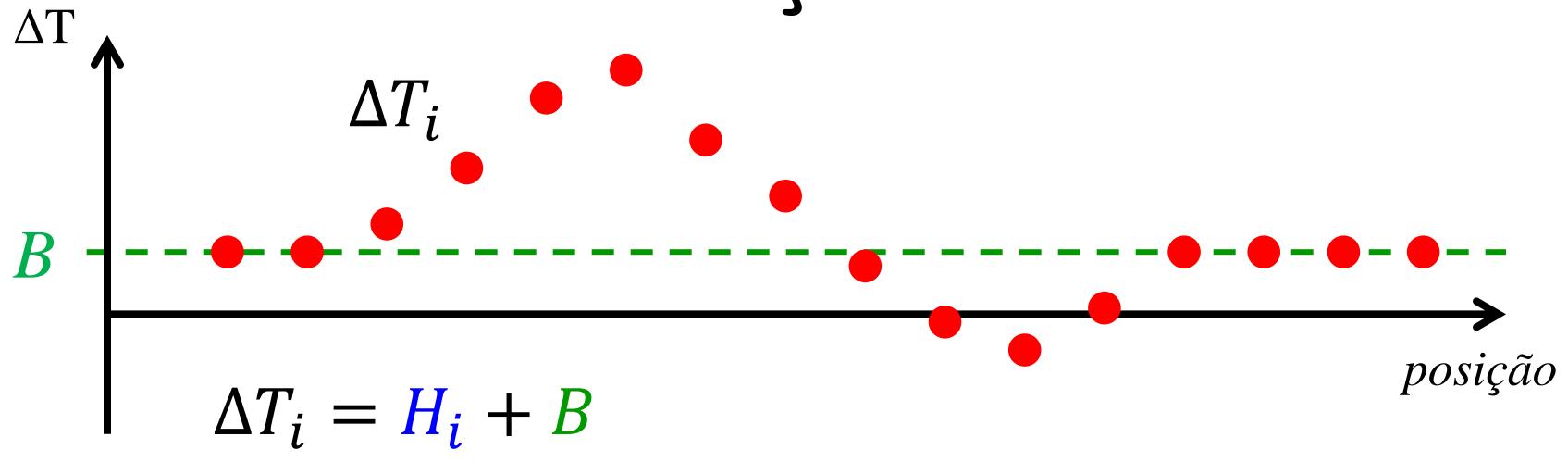


$(y, z)$   
... e estimar as  
coordenadas  $(y_0, z_0)$  do  
topo do dique vertical e  
o nível de base  $B$  por  
meio da solução deste  
sistema linear

Posição do topo  
 $(y_0, z_0)$

$$\mathbf{p} = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T \mathbf{d}$$

# Deconvolução de Euler



$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} & \eta \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \Delta T_N}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_N}{\partial z} & \eta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_0 \\ z_0 \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix}$$

Posição do topo  
( $y_0$ ,  $z_0$ )

$y$

$z$

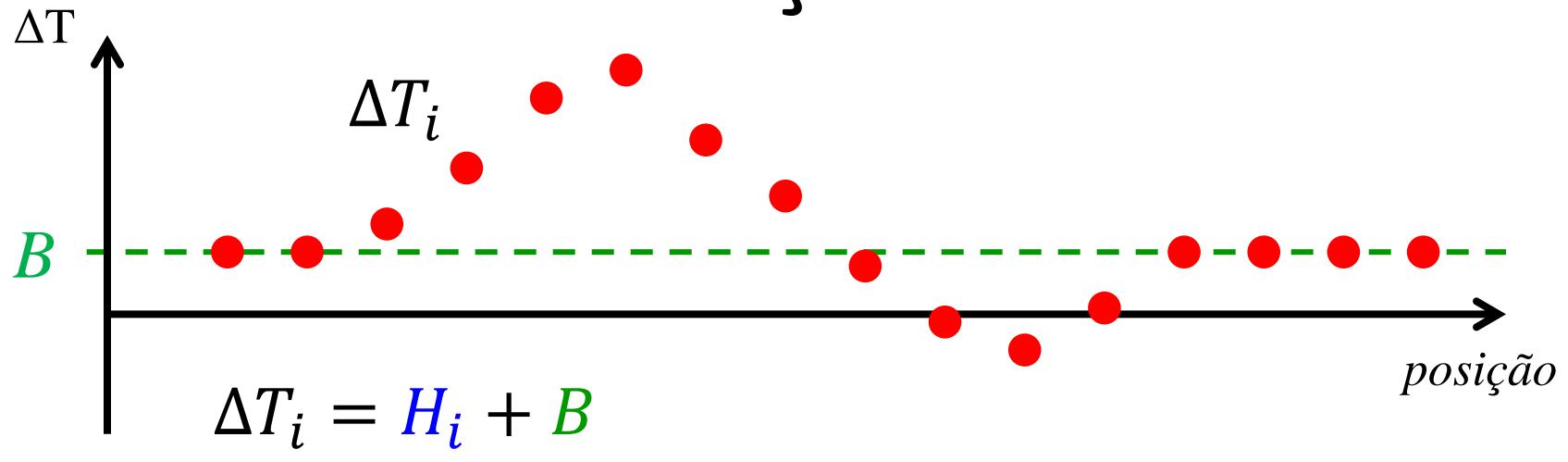
$\mathbf{G}$

$\mathbf{p}$

$\mathbf{d}$

$\mathbf{p} = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T \mathbf{d}$

# Deconvolução de Euler



$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} & \eta \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \Delta T_N}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_N}{\partial z} & \eta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_0 \\ z_0 \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix}$$

Posição do topo  $(y_0, z_0)$

$y$

$z$

$\mathbf{G}$

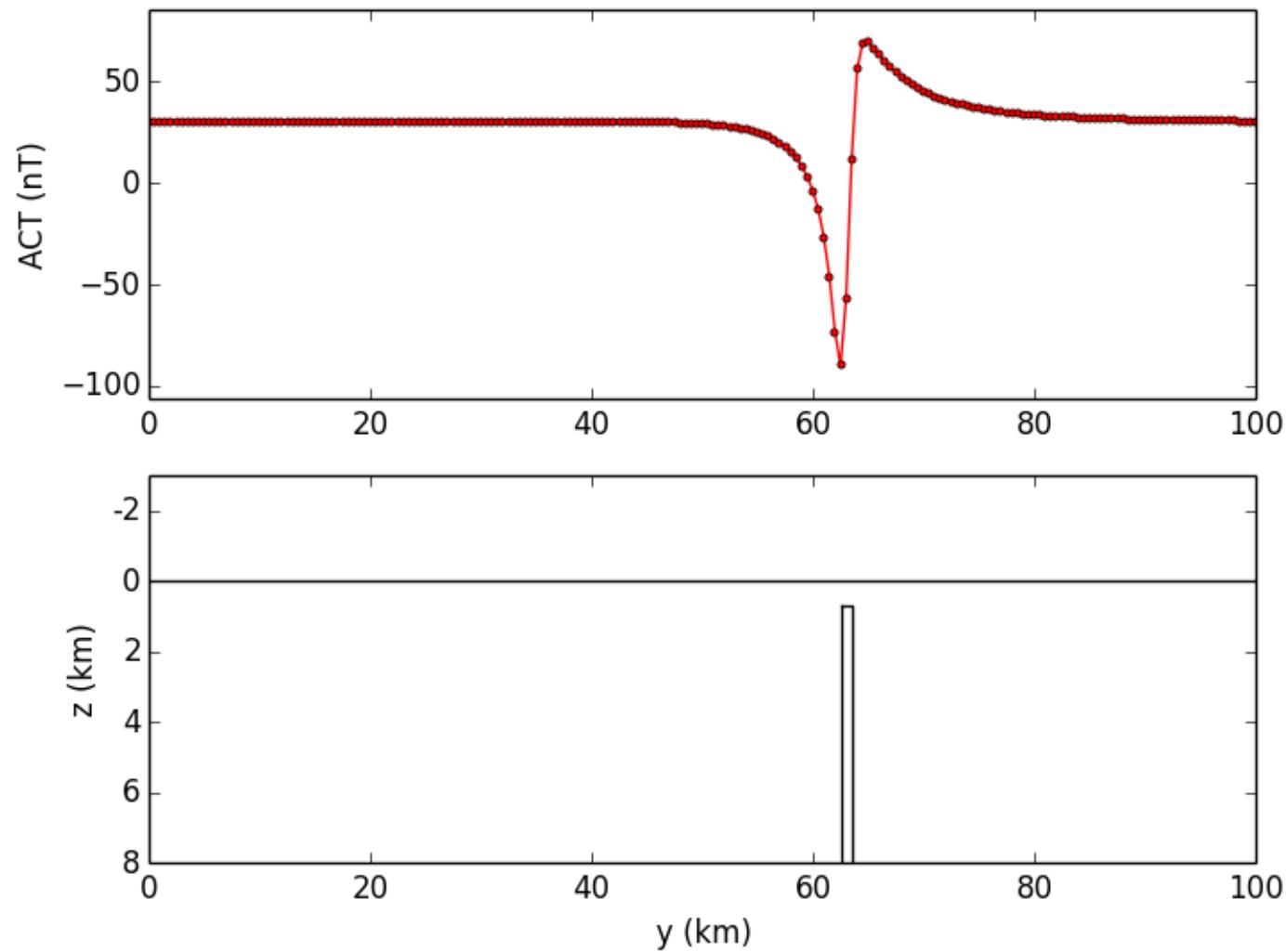
$\mathbf{p}$

$\mathbf{d}$

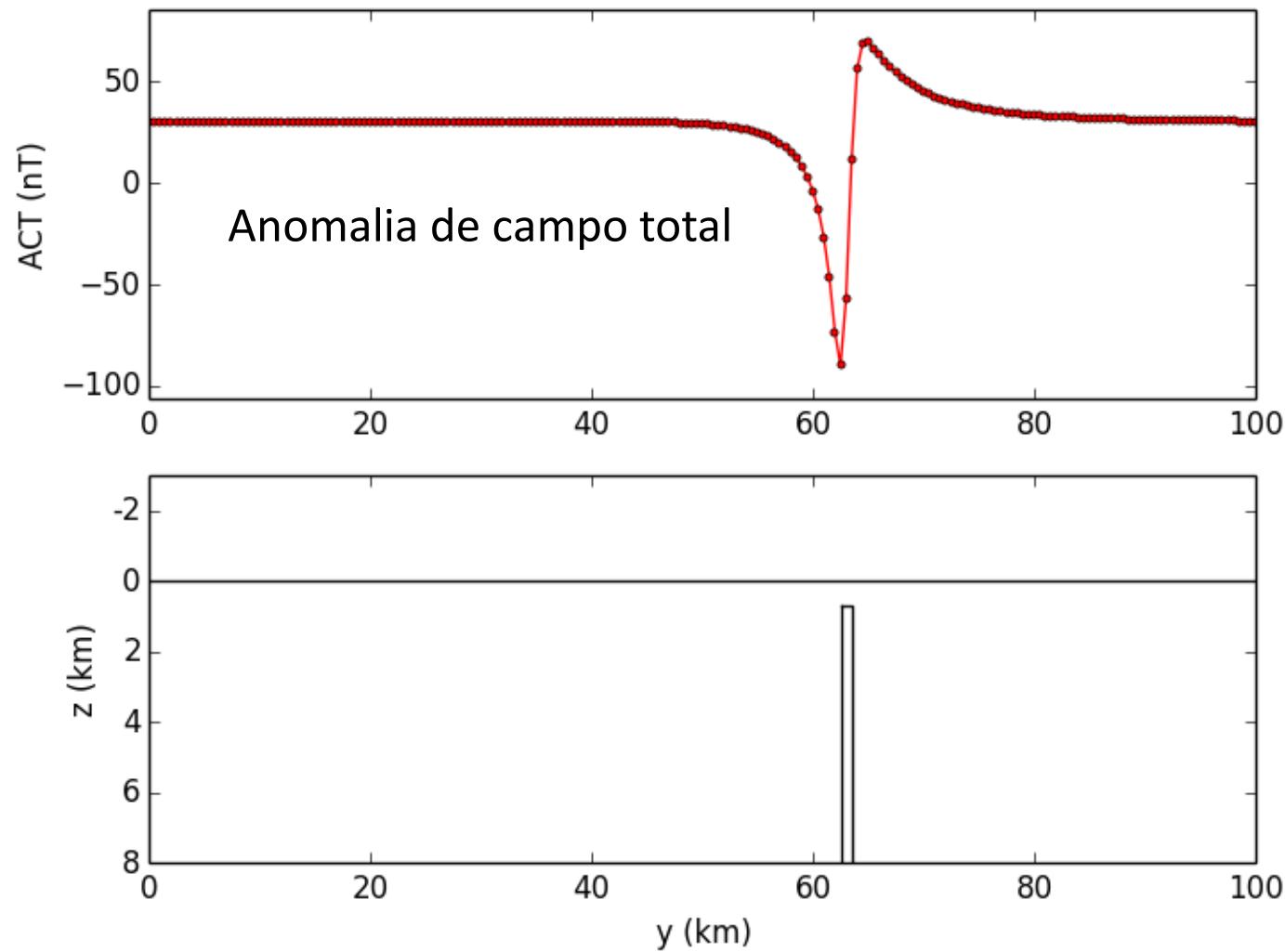
$\mathbf{p} = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T \mathbf{d}$

Estimativa de um nível de base  $B$  e uma posição  $y_0, z_0$  para o topo do dique

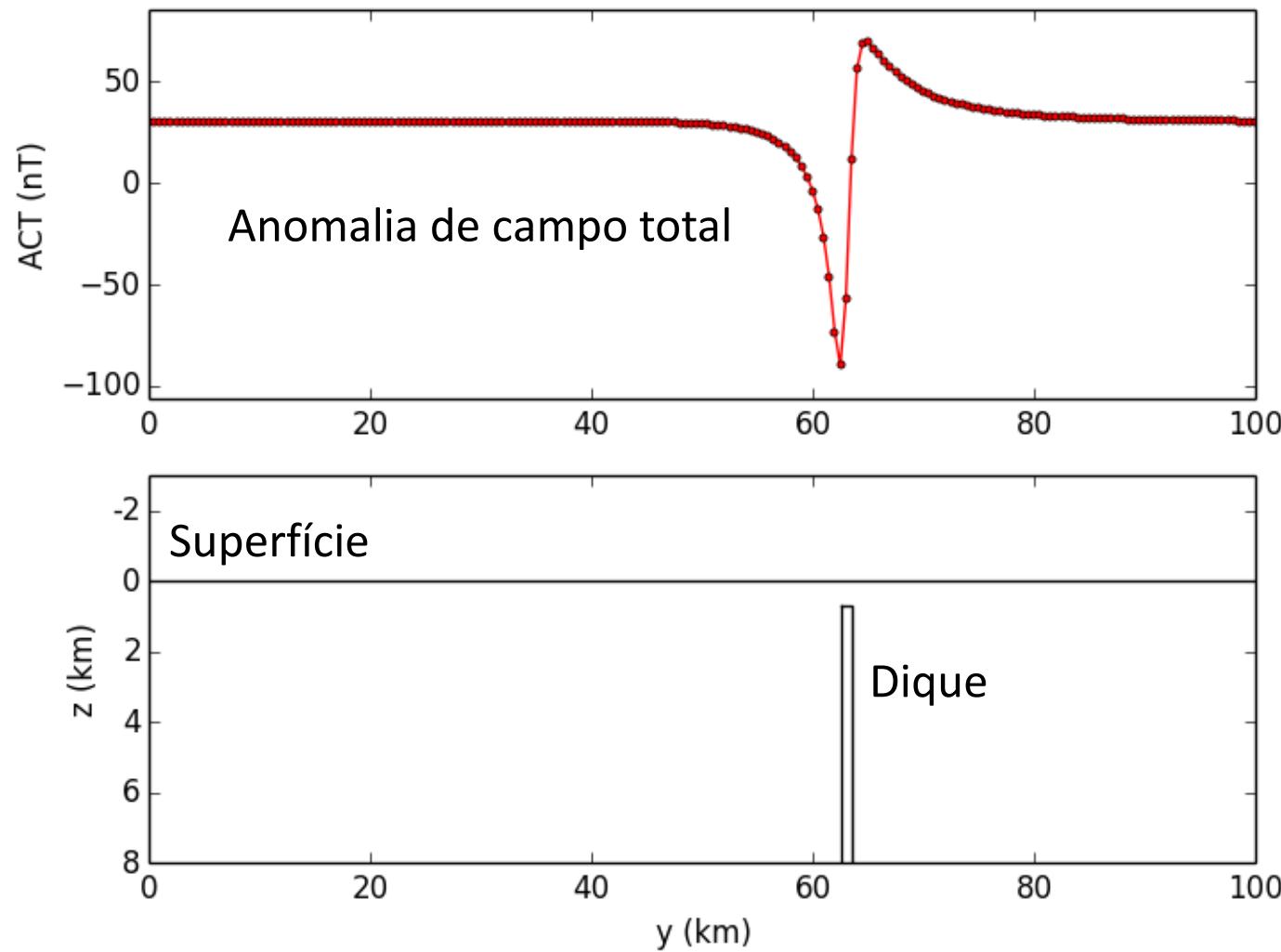
# Deconvolução de Euler



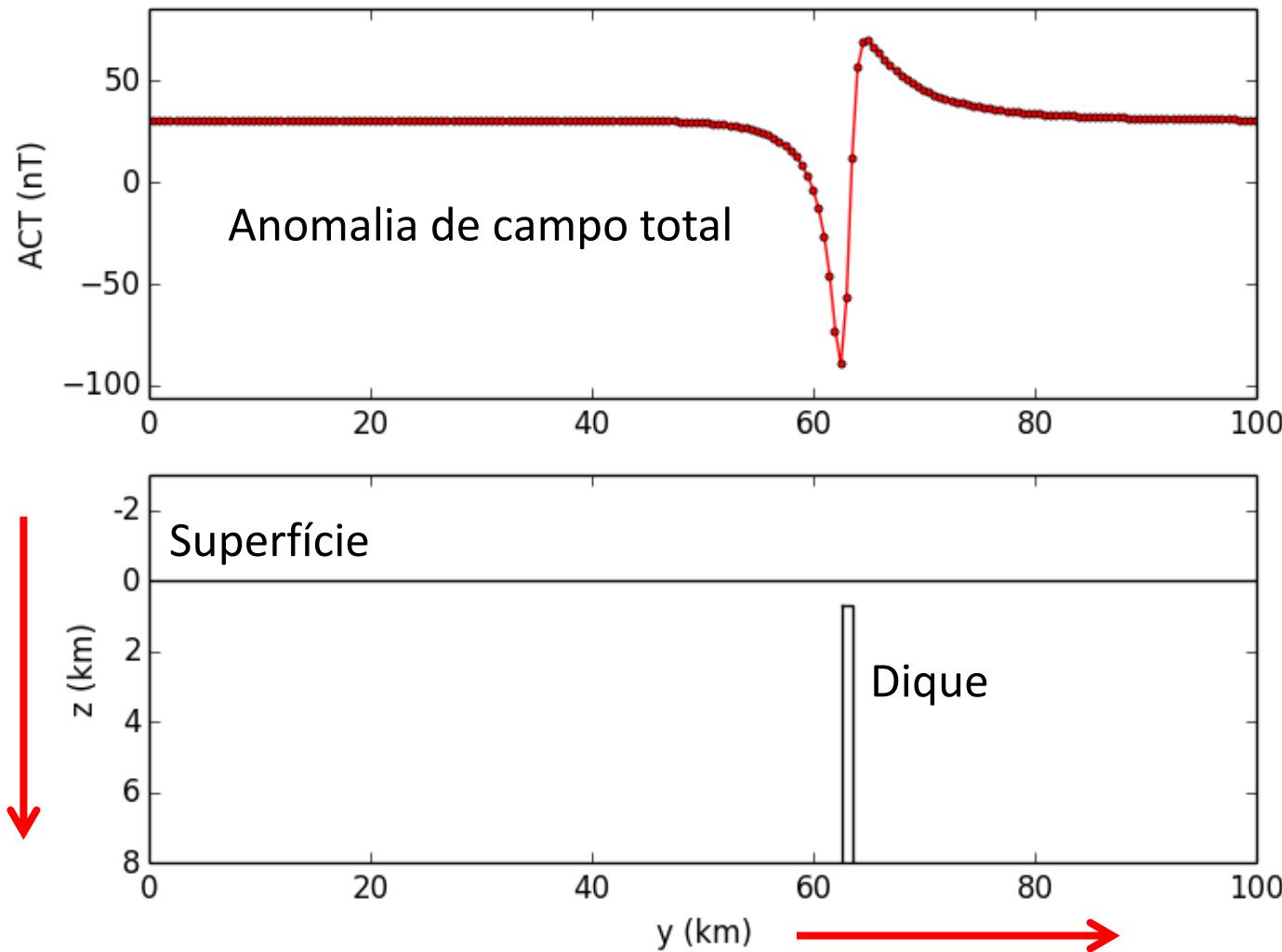
# Deconvolução de Euler



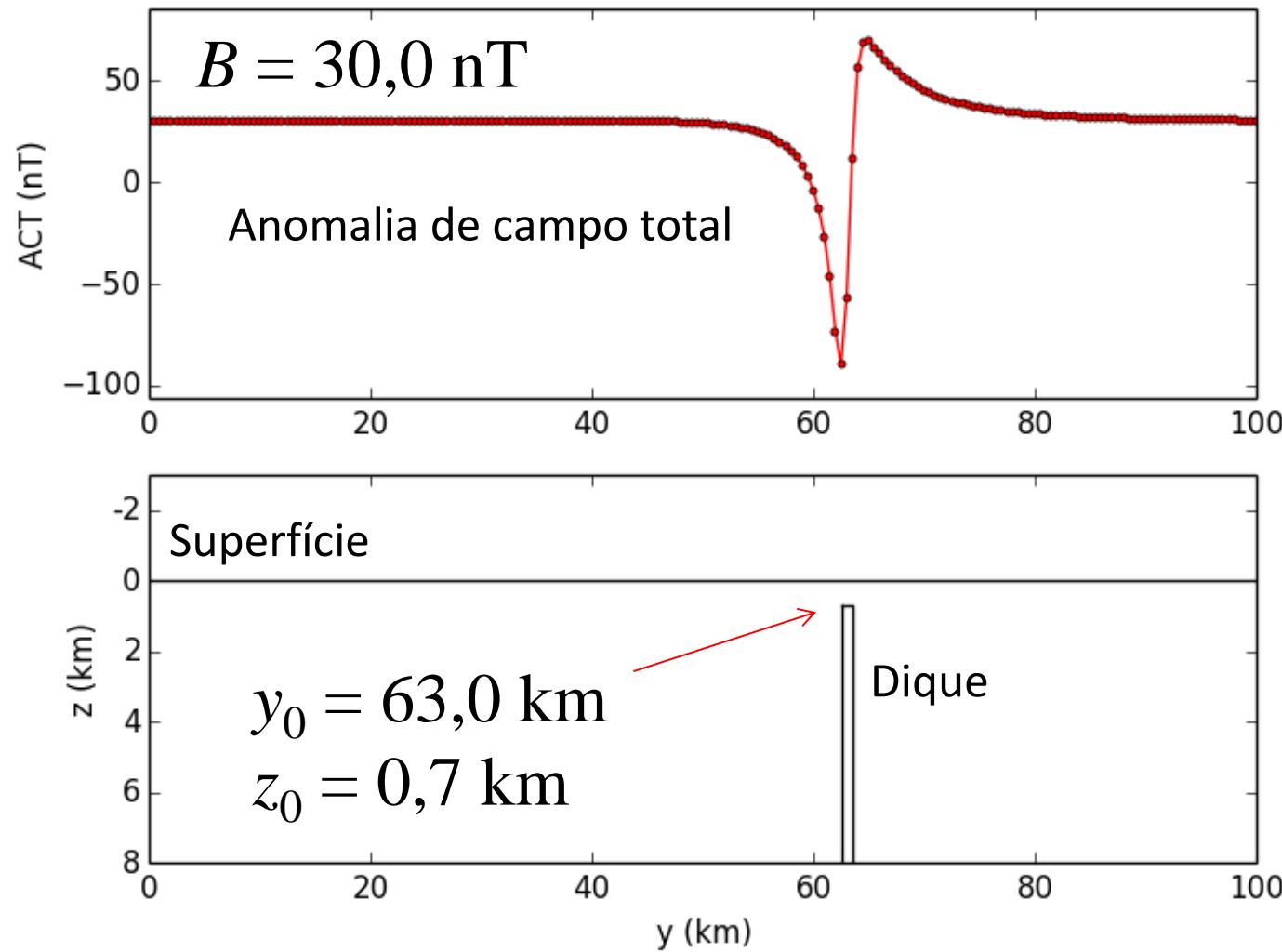
# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler

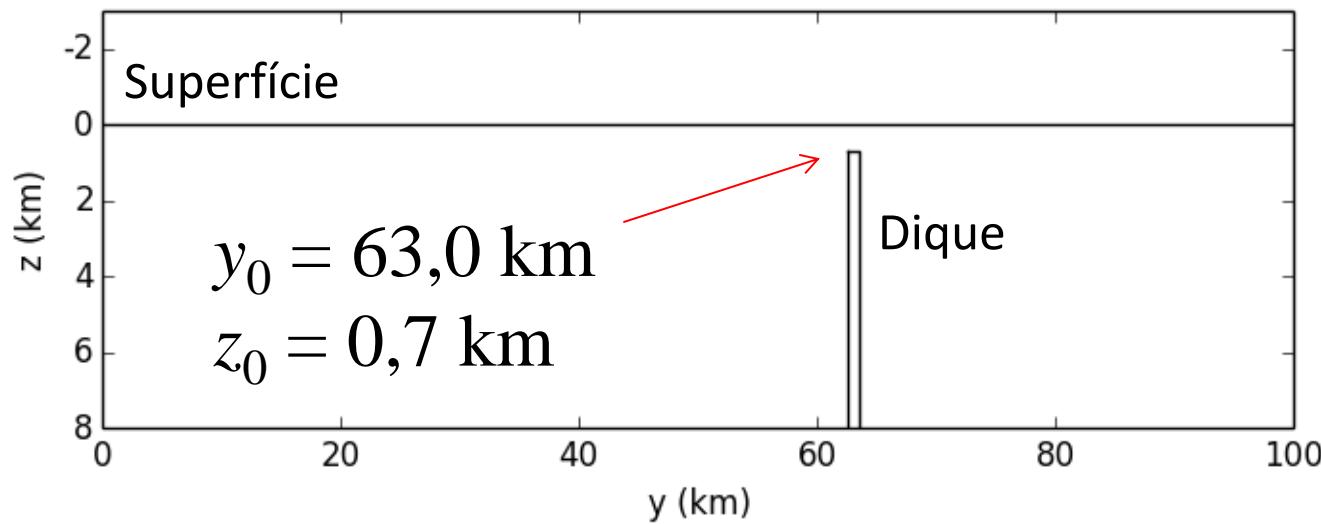
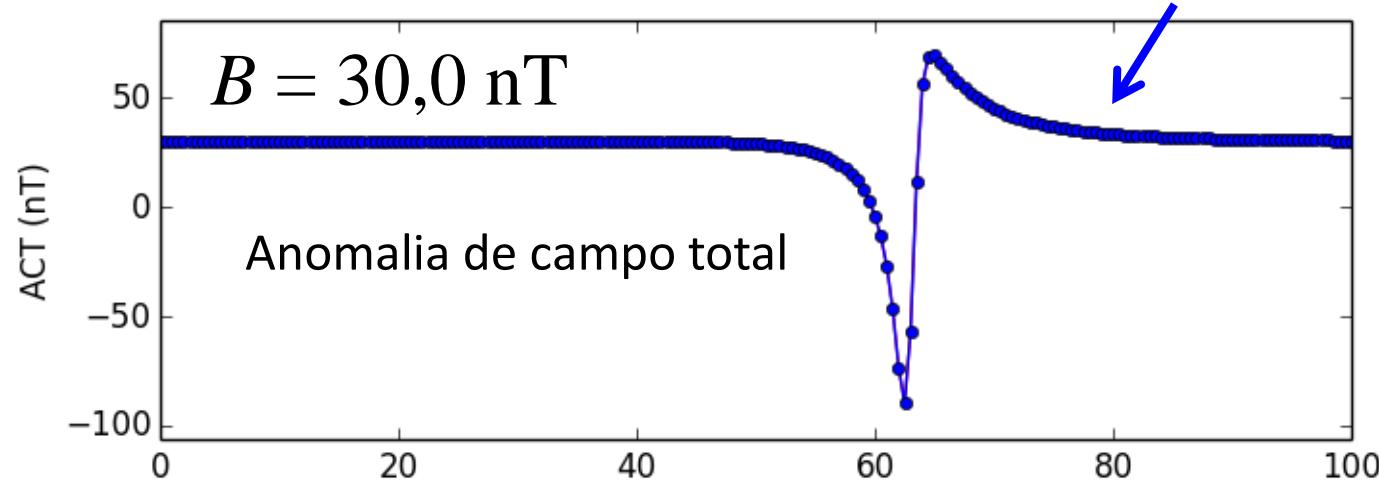


# Deconvolução de Euler



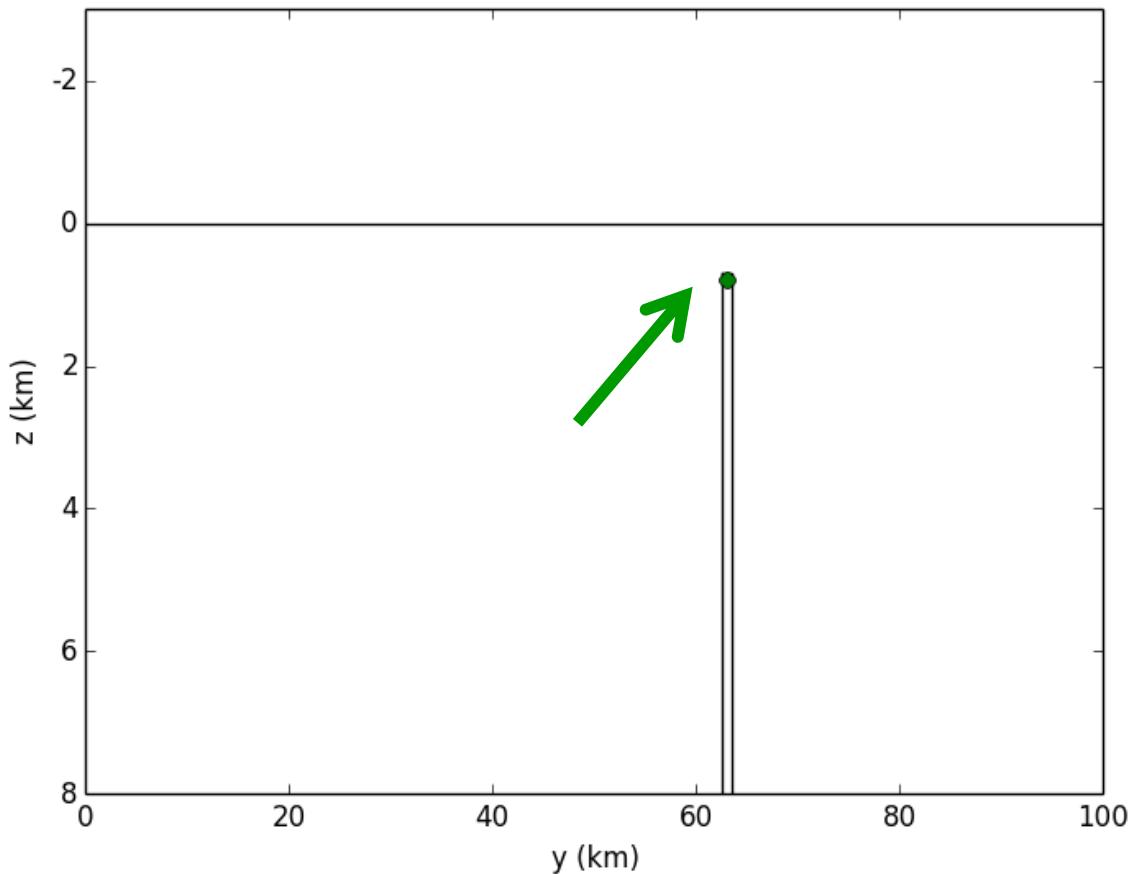
# Deconvolução de Euler

1 janela com todos os dados



# Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados

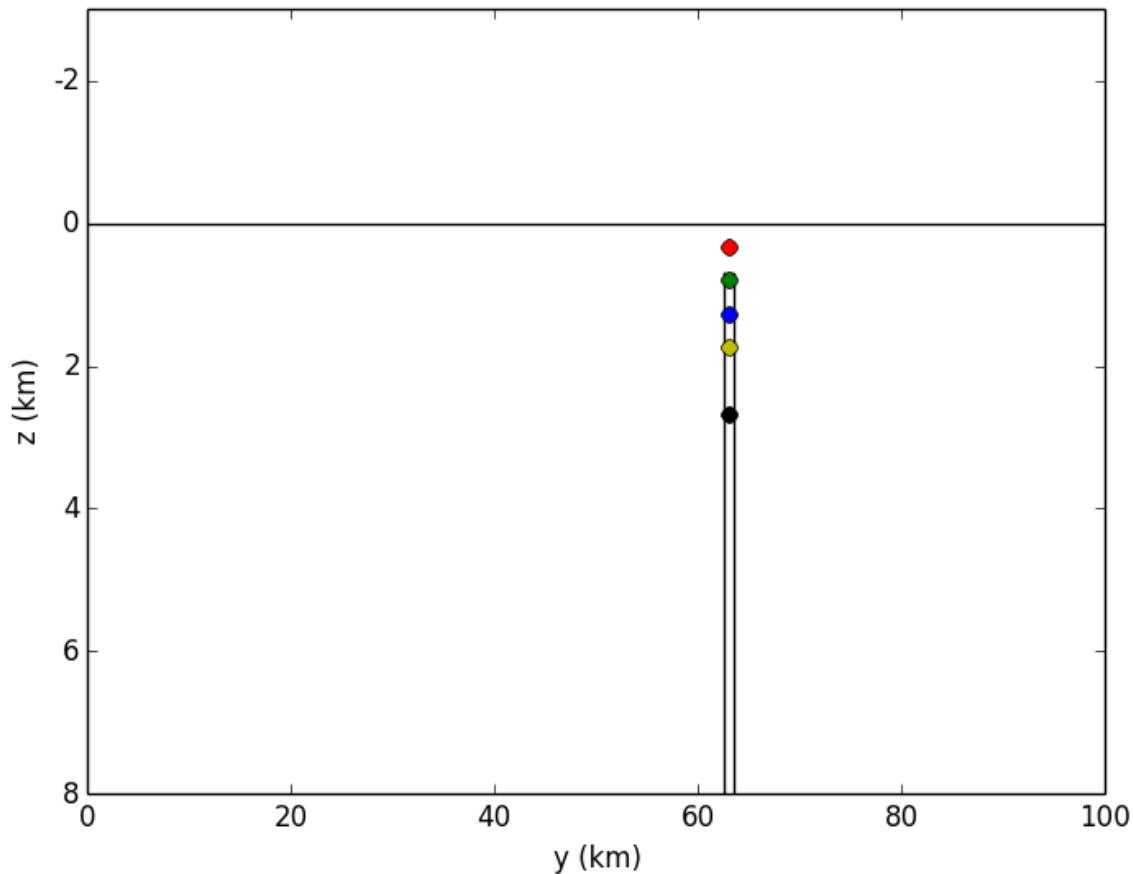


Índice estrutural  
correto

$$\eta = 1$$

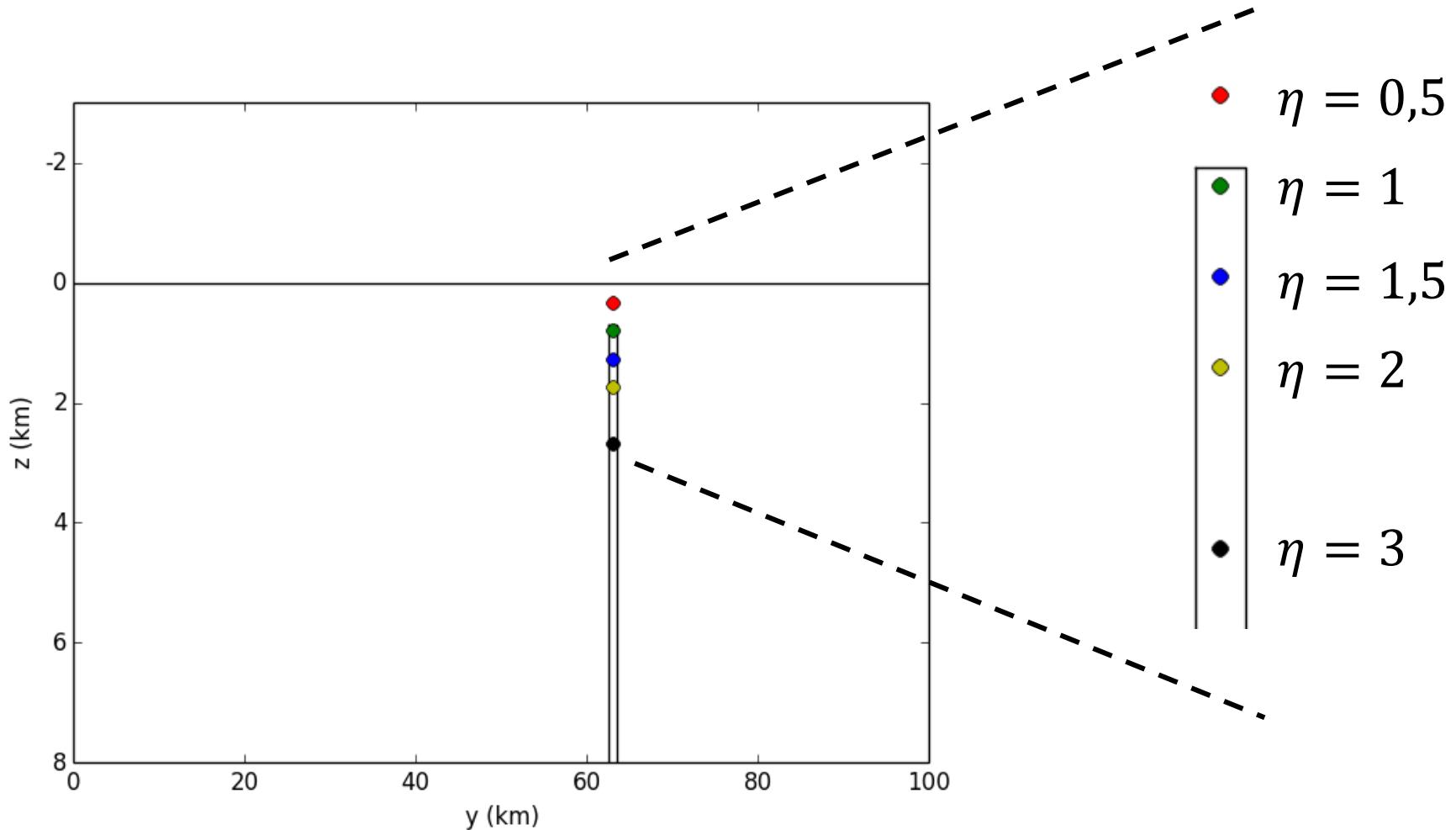
# Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados



# Deconvolução de Euler

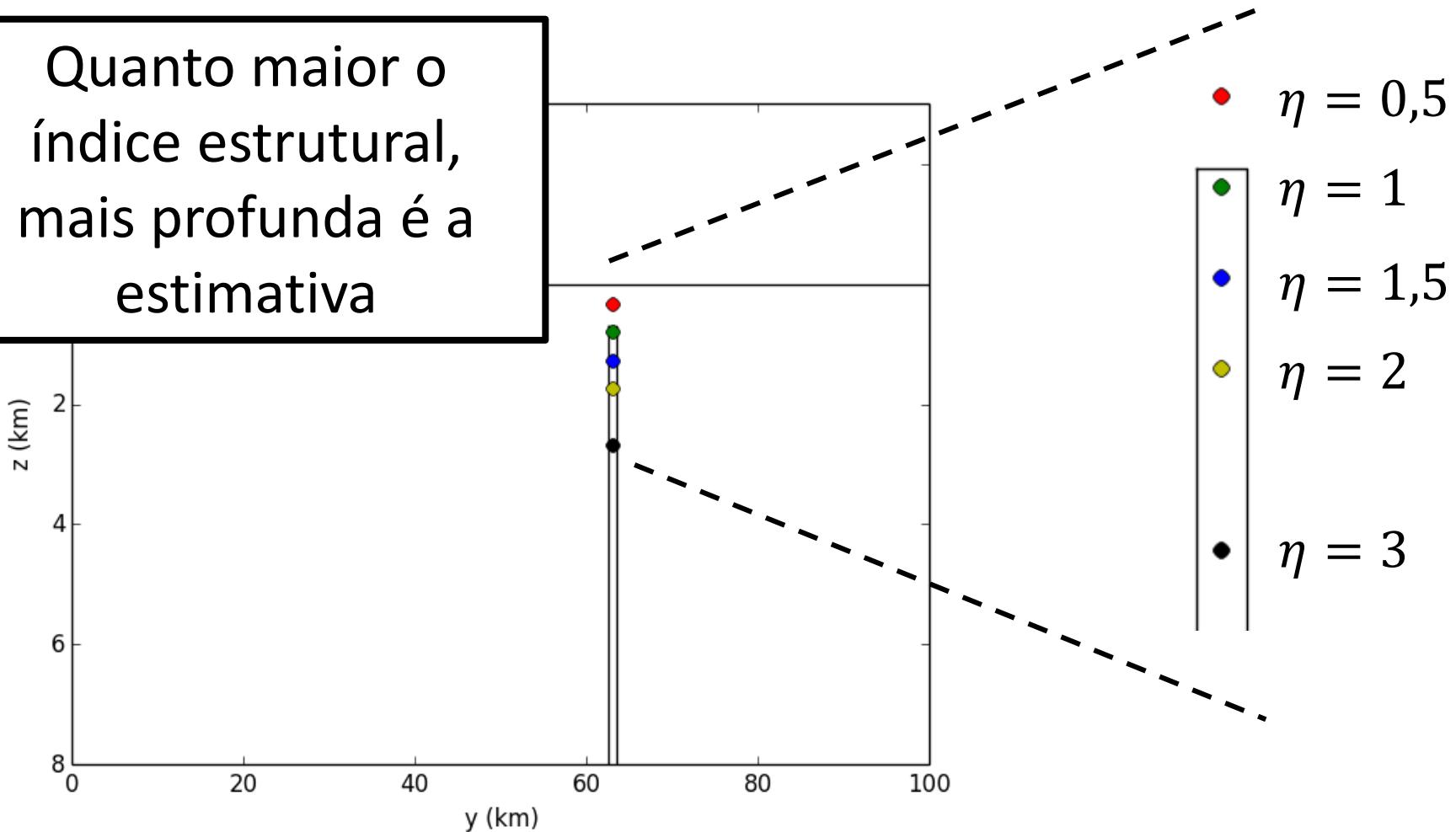
Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados



# Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados

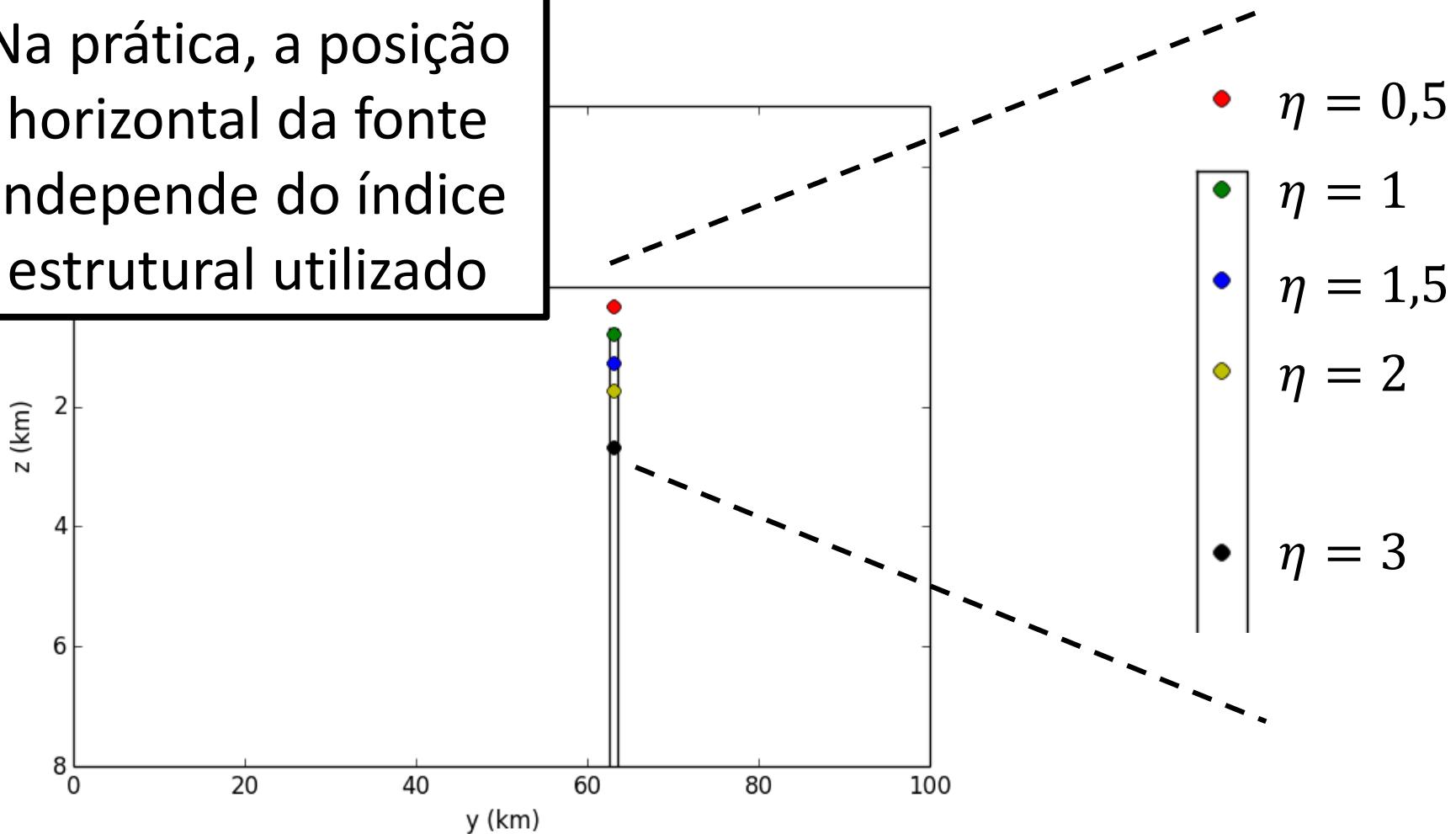
Quanto maior o índice estrutural, mais profunda é a estimativa



# Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados

Na prática, a posição horizontal da fonte independe do índice estrutural utilizado

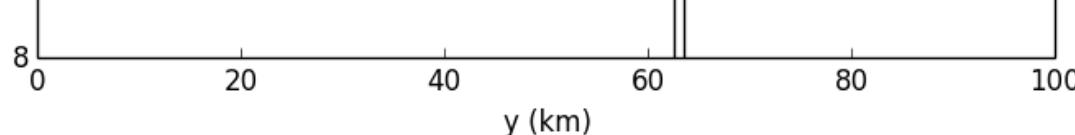


# Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados

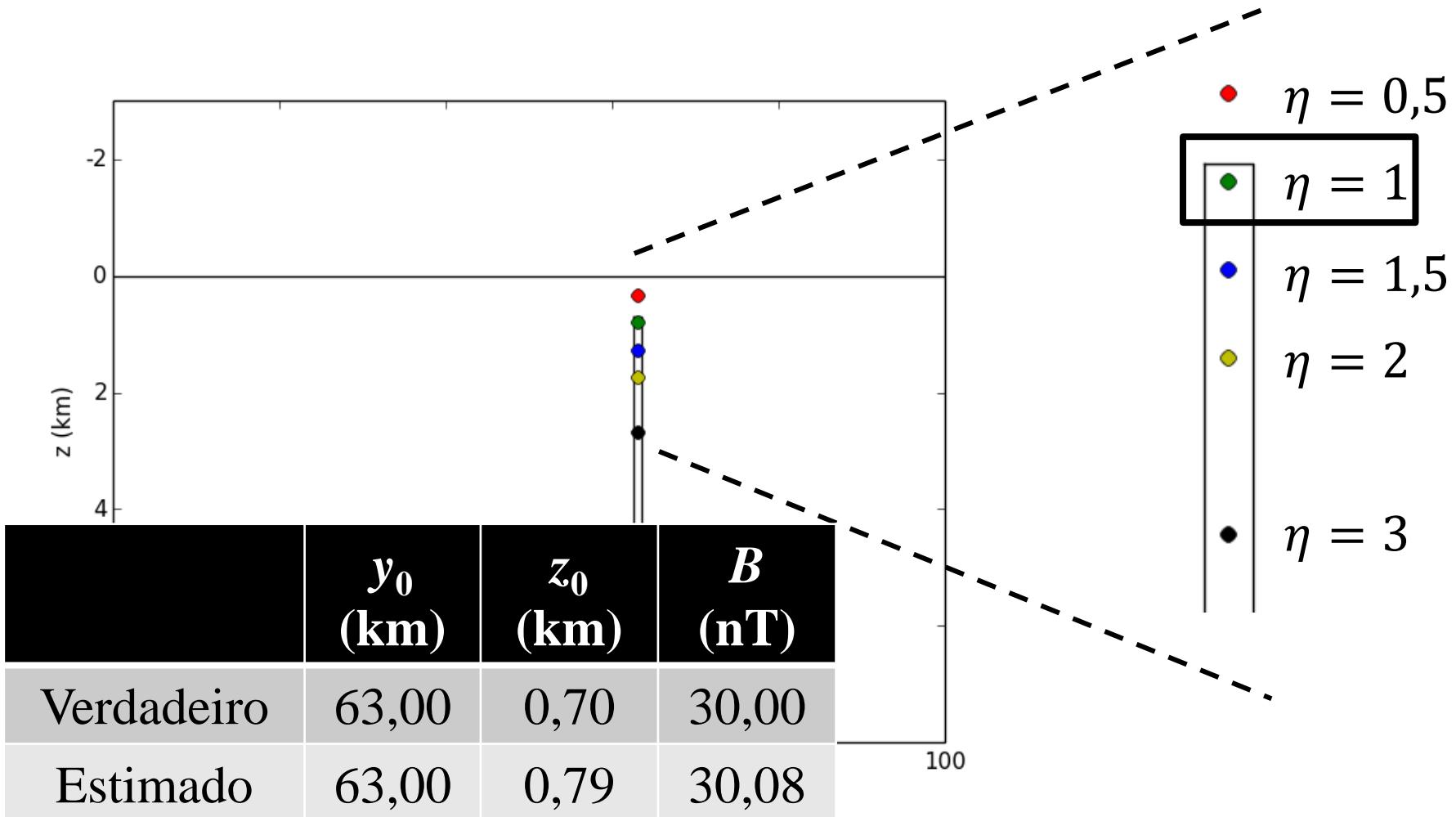
Na prática, a posição horizontal da fonte independe do índice estrutural utilizado

Já a posição vertical depende da escolha do índice estrutural verdadeiro

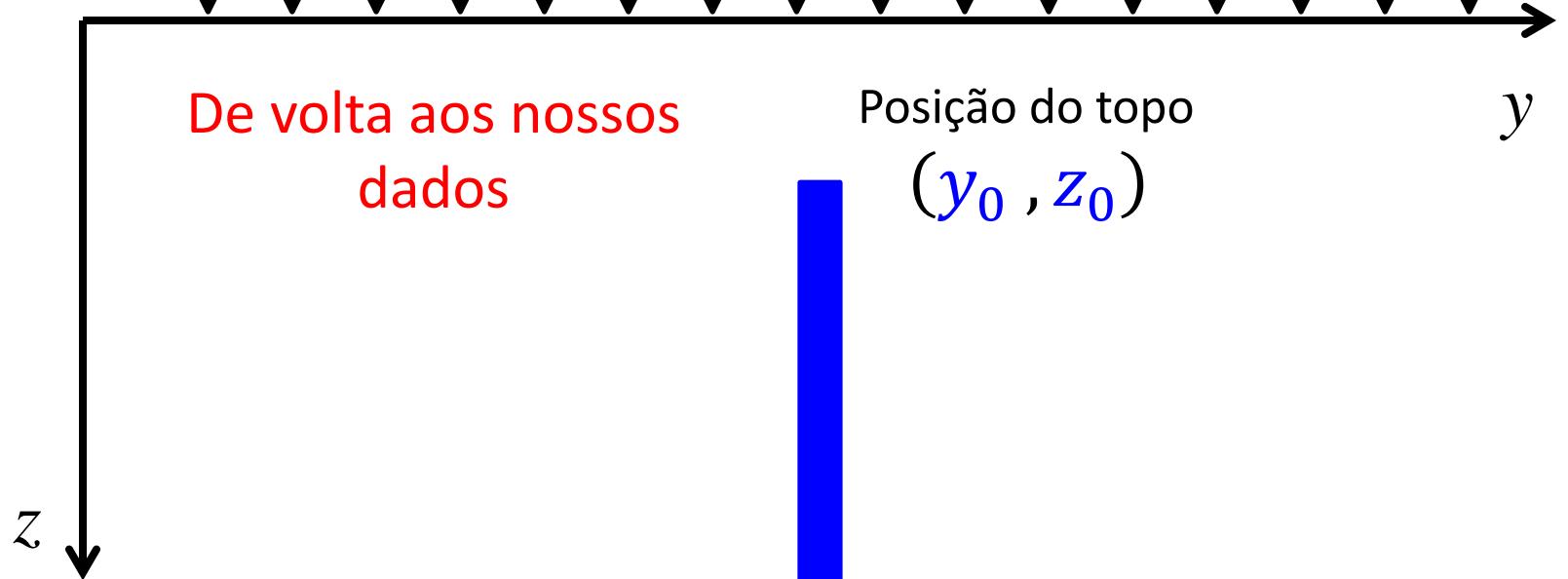
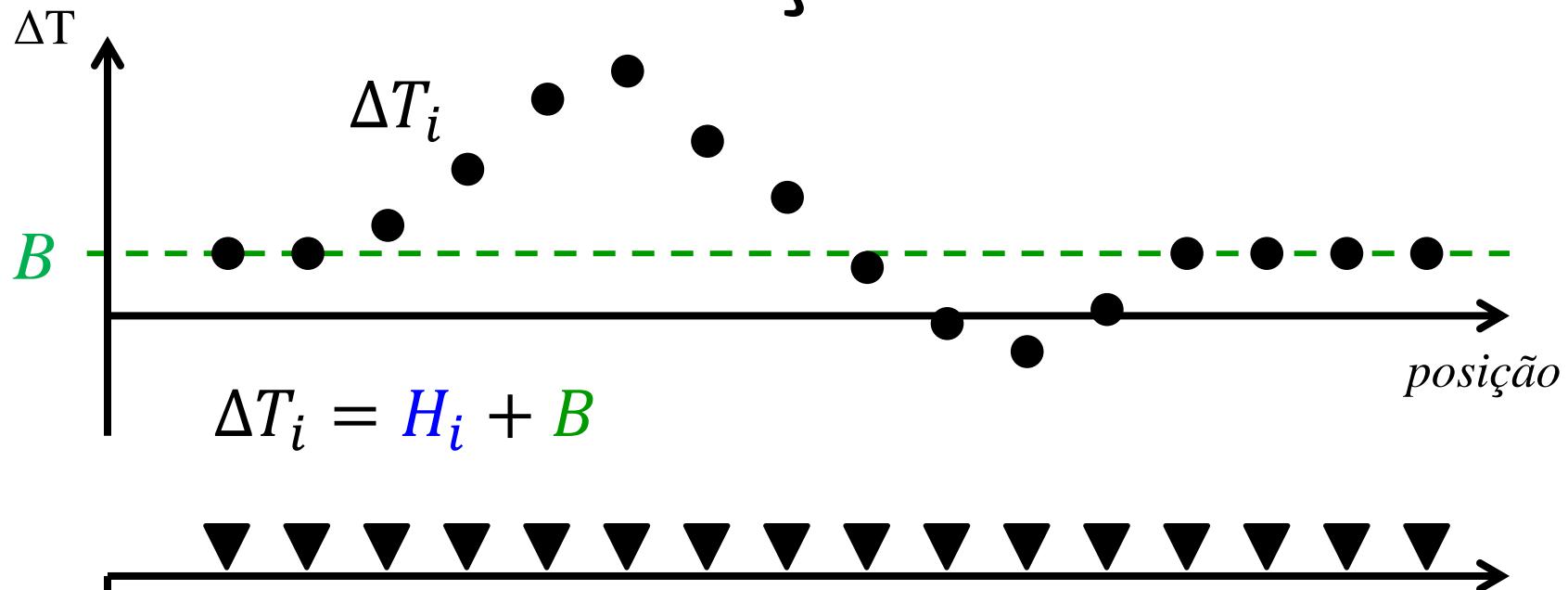


# Deconvolução de Euler

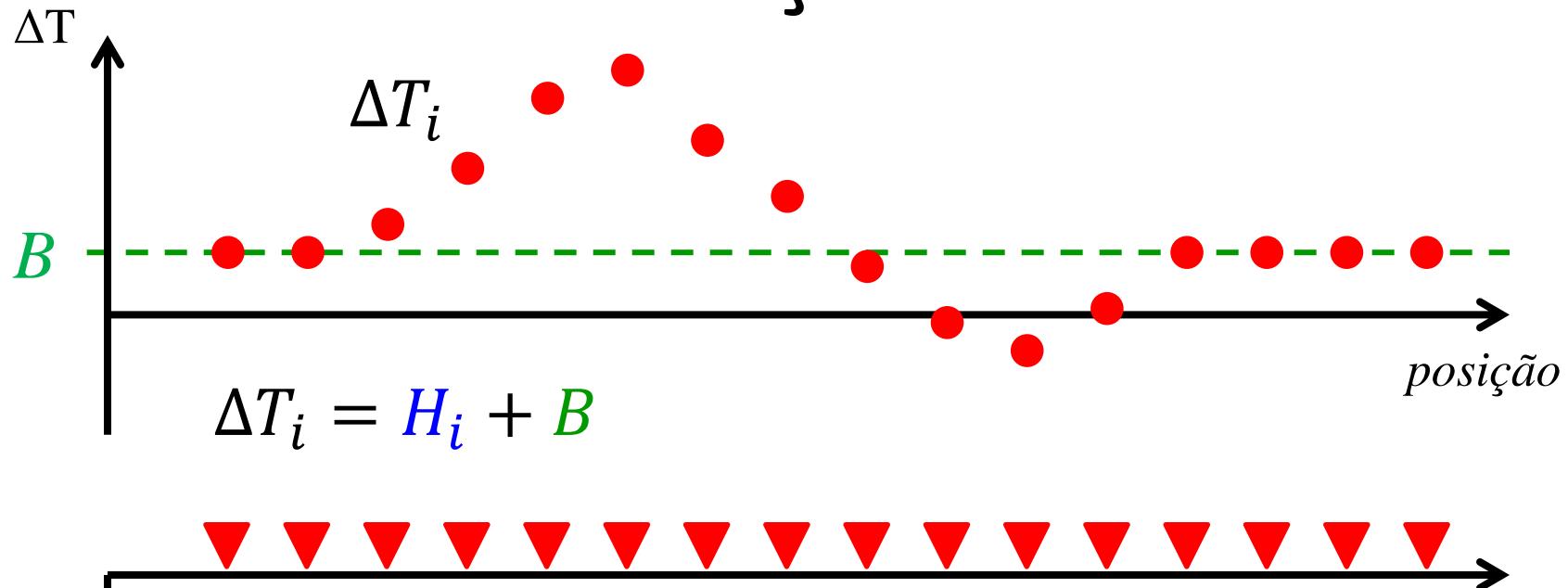
Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados



# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler



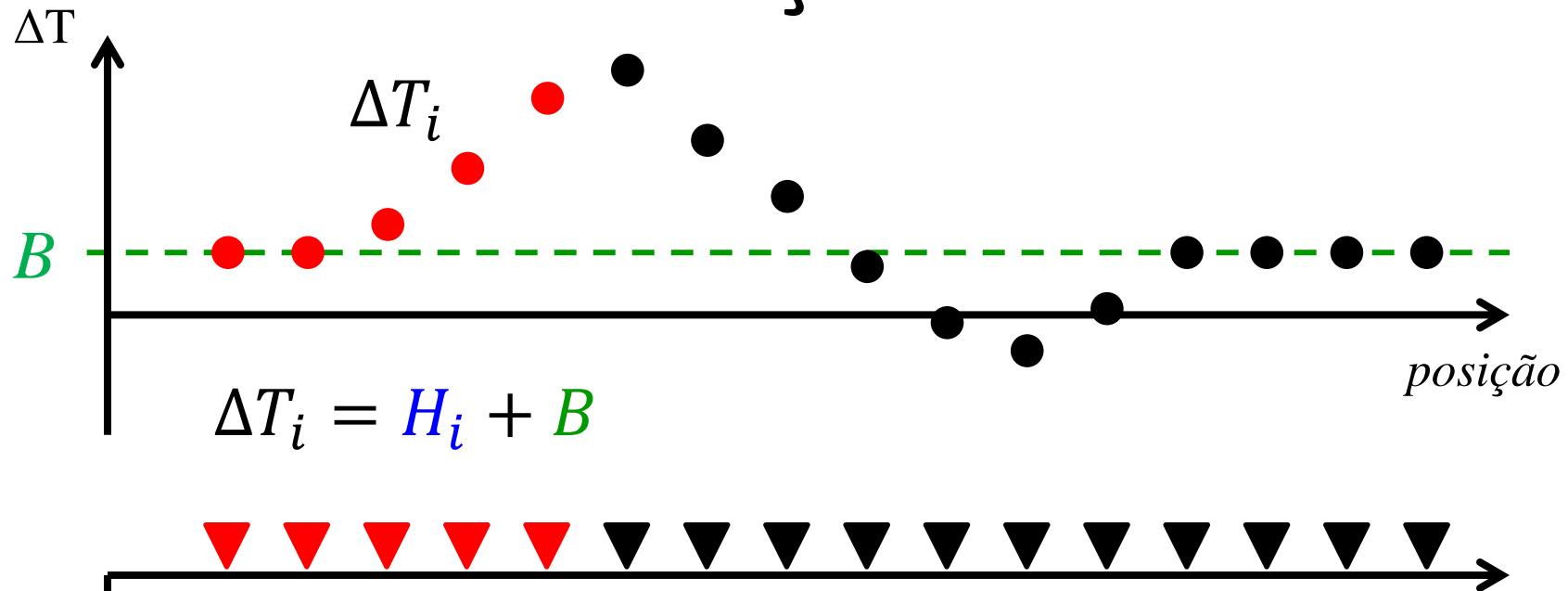
Ao invés de utilizar  
todos os dados...

Posição do topo  
( $y_0, z_0$ )

$z$

$y$

# Deconvolução de Euler



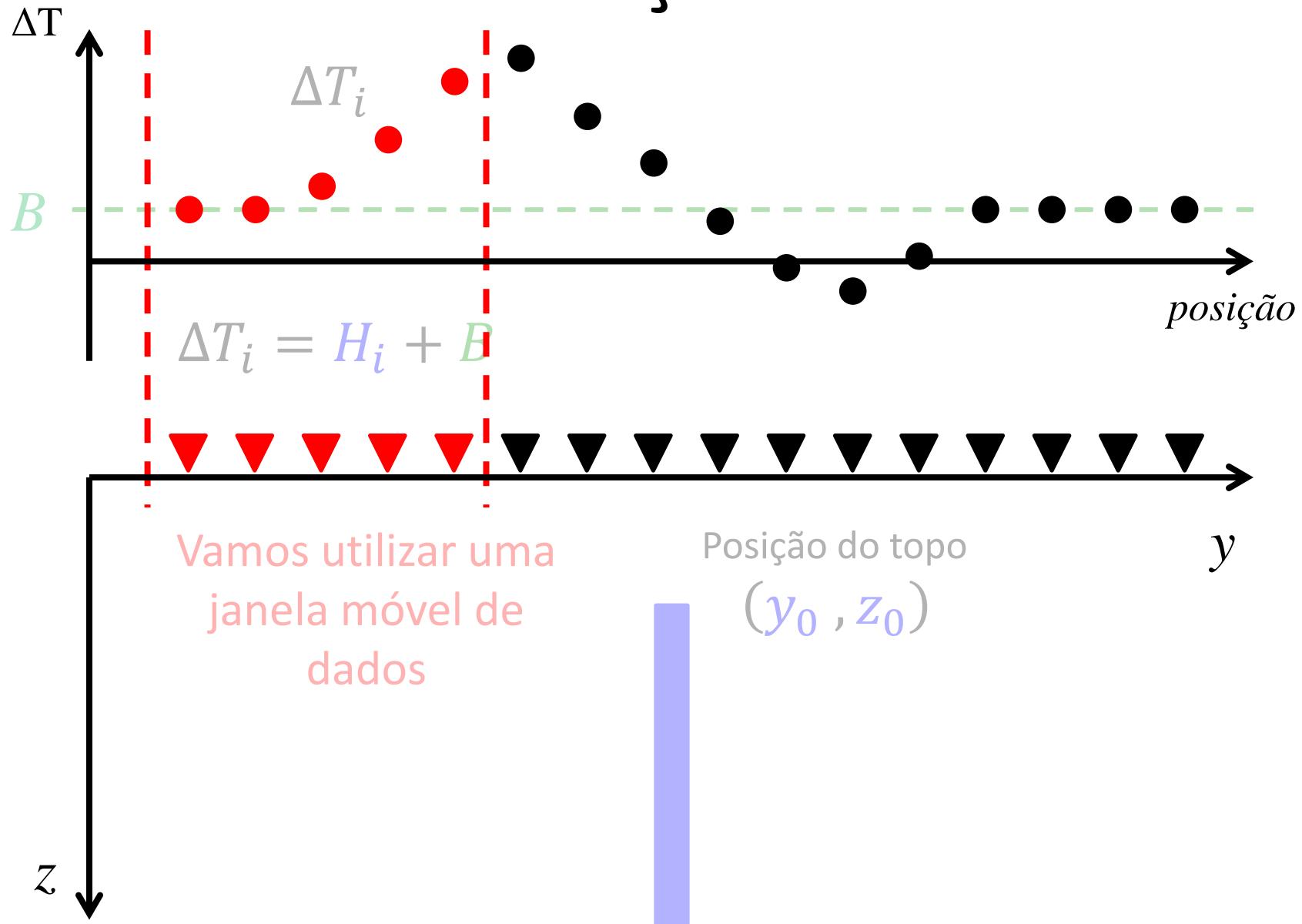
Vamos utilizar uma  
janela móvel de  
dados

Posição do topo  
( $y_0, z_0$ )

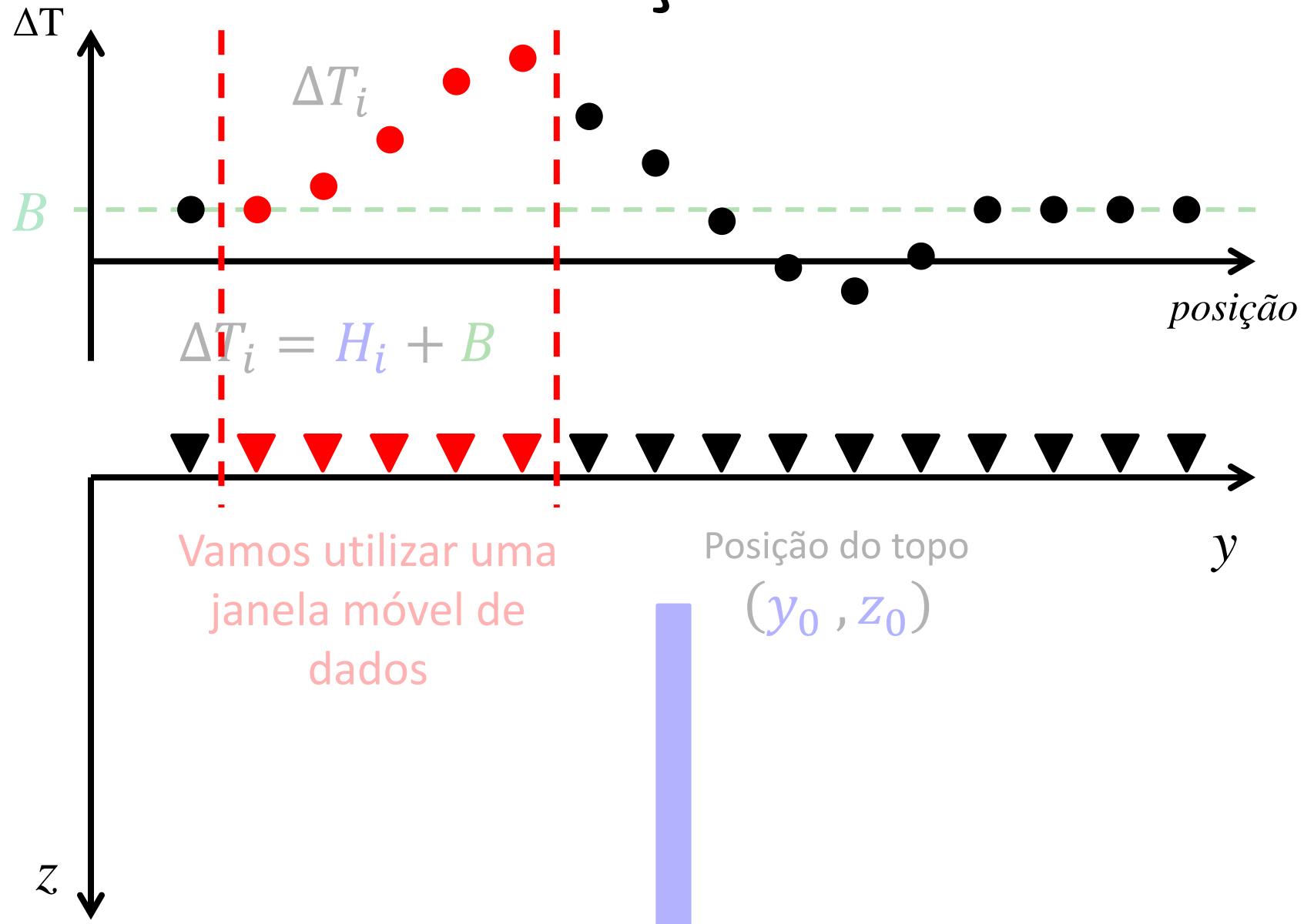
$z$

$y$

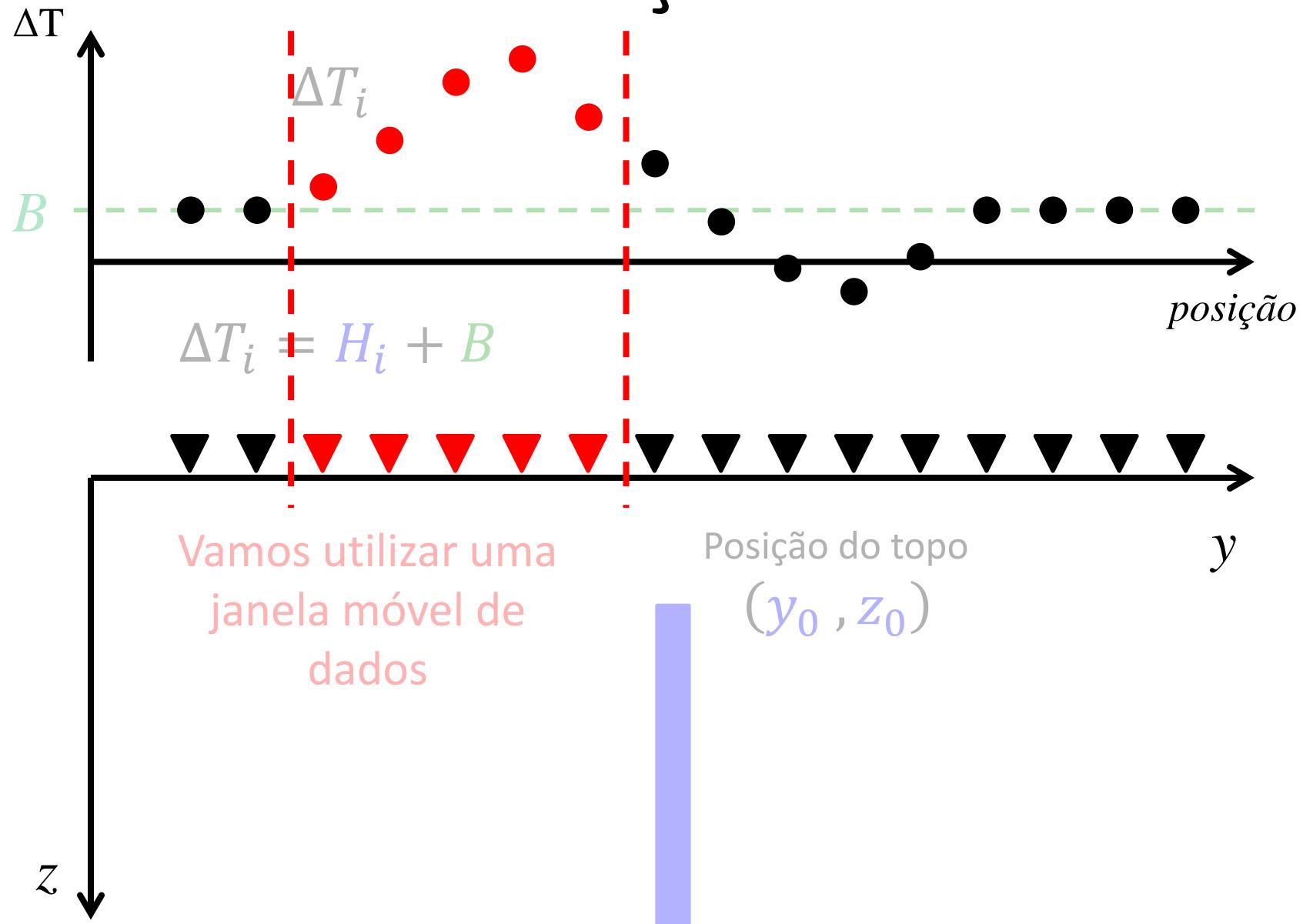
# Deconvolução de Euler



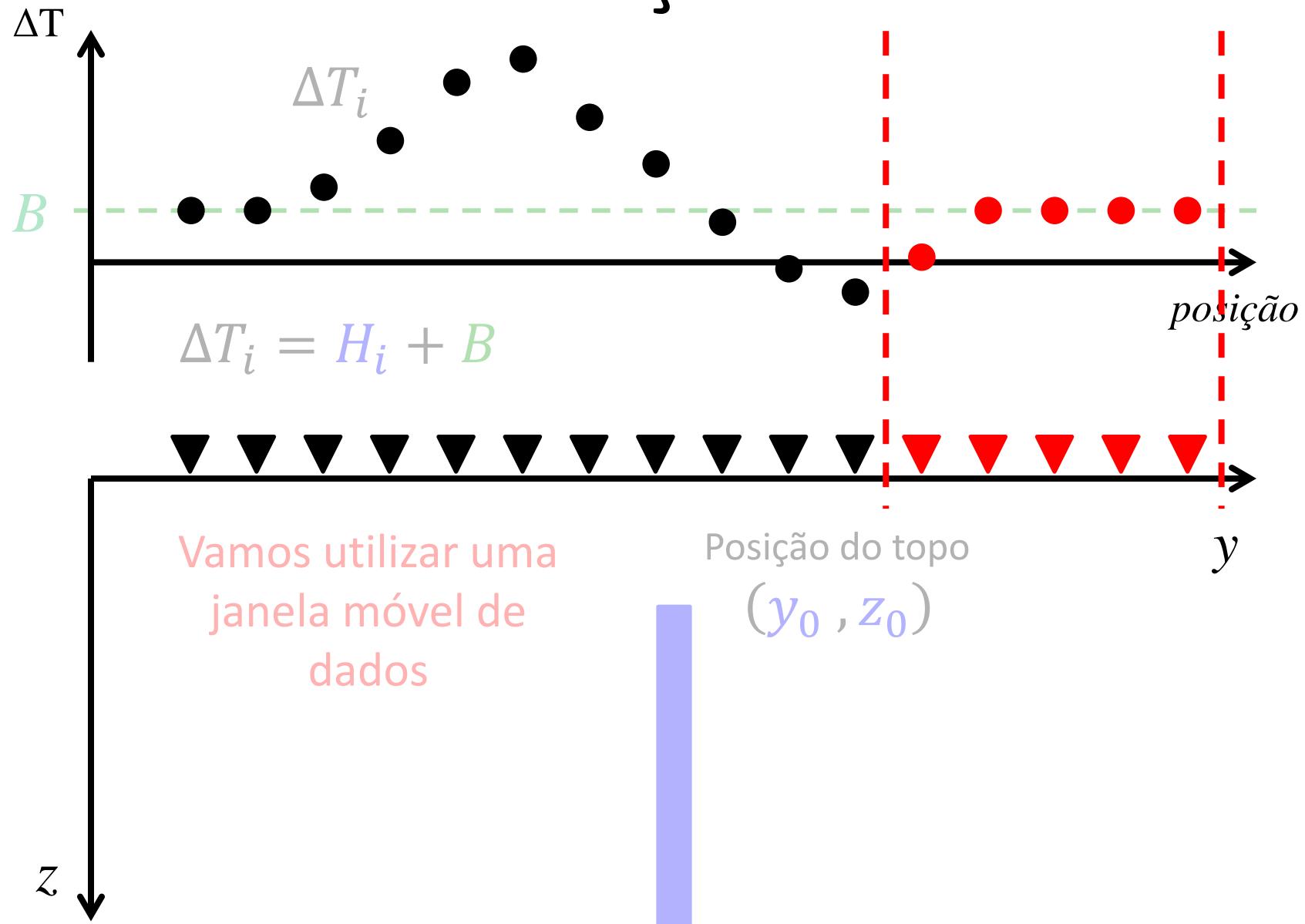
# Deconvolução de Euler



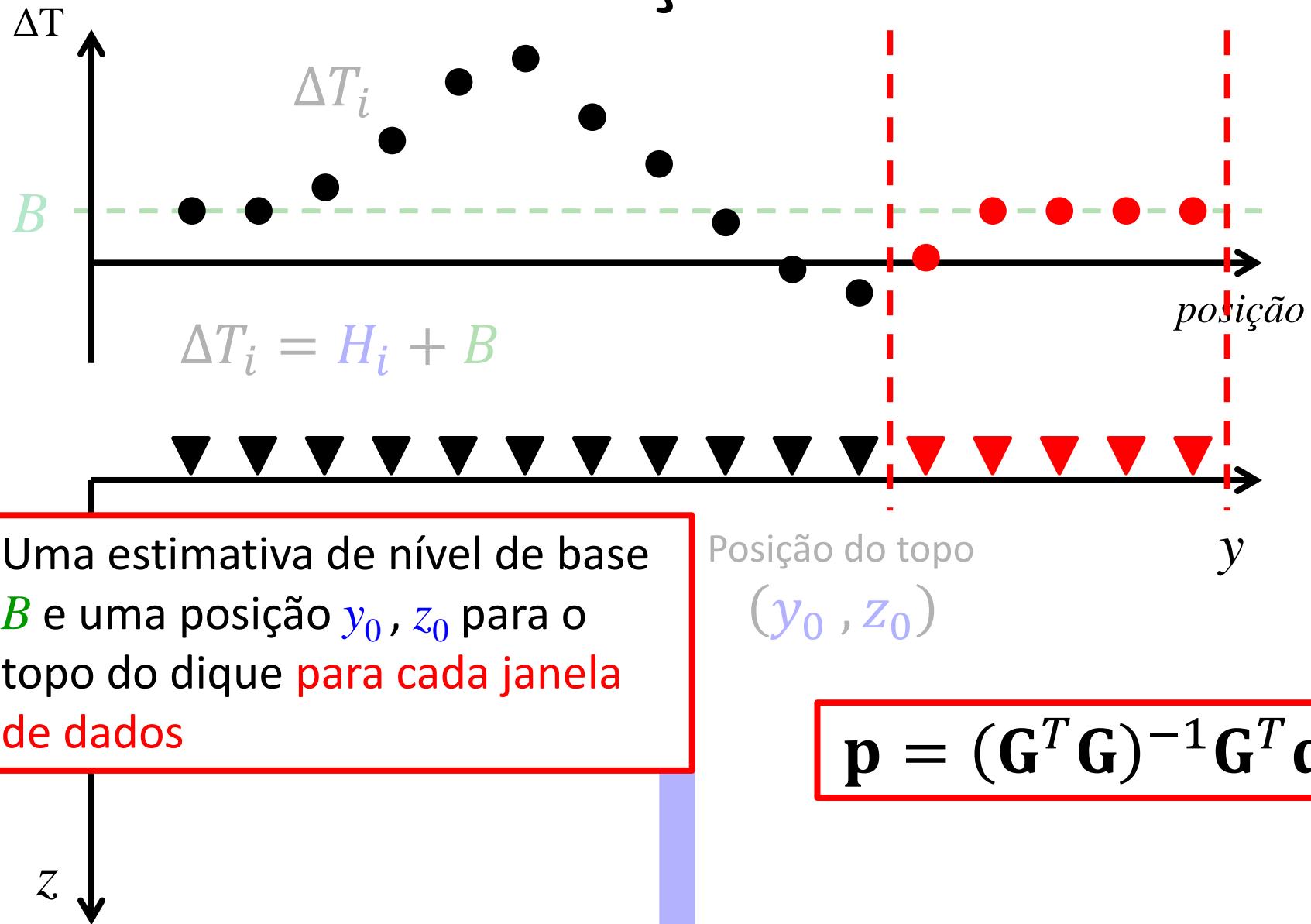
# Deconvolução de Euler



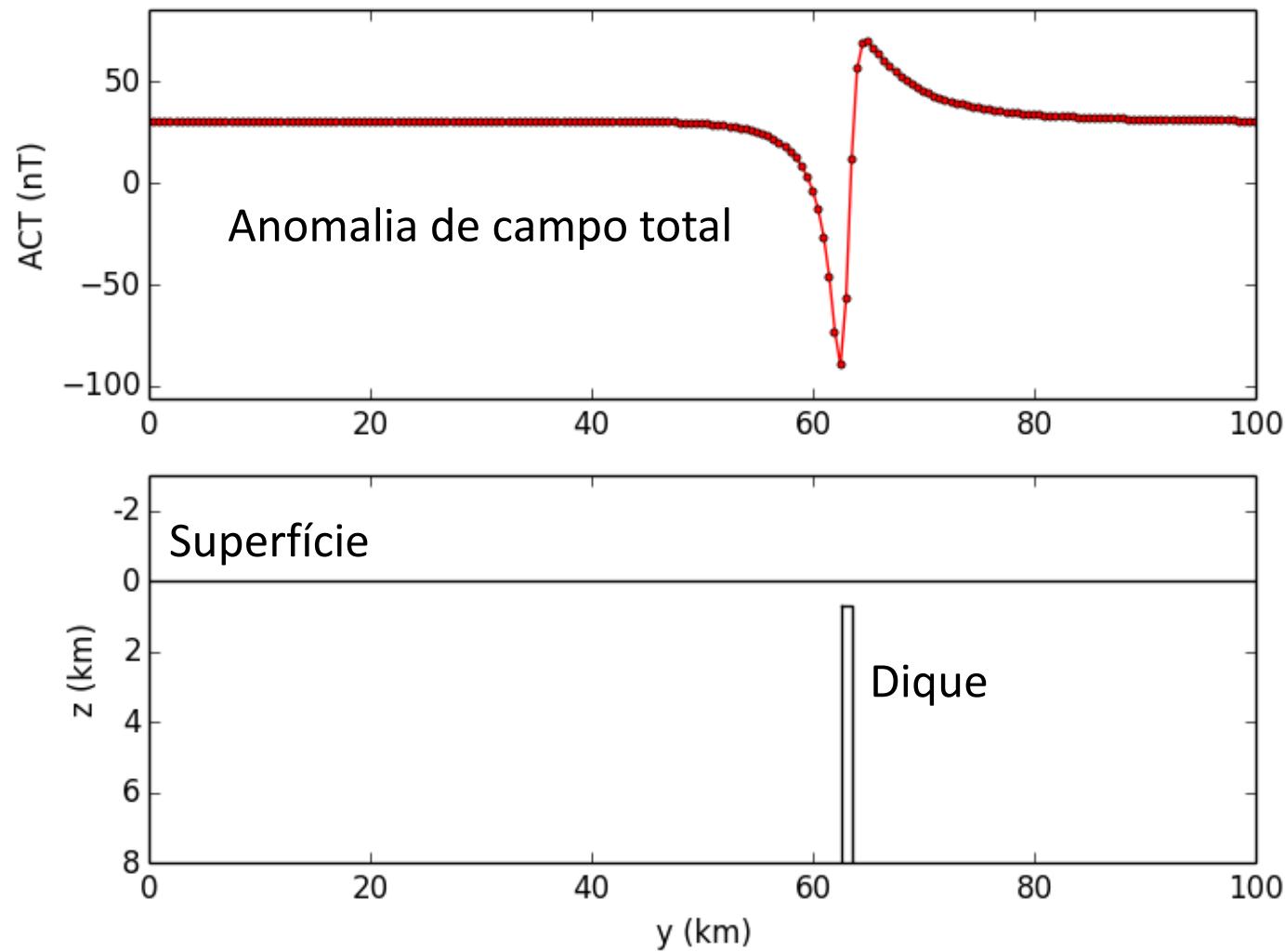
# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler

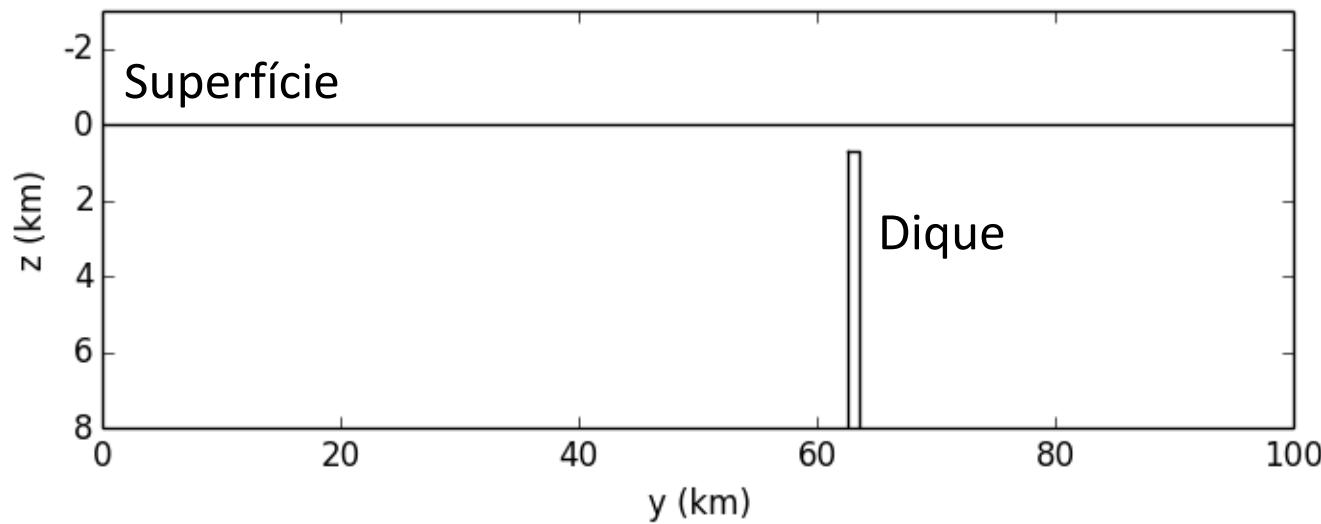
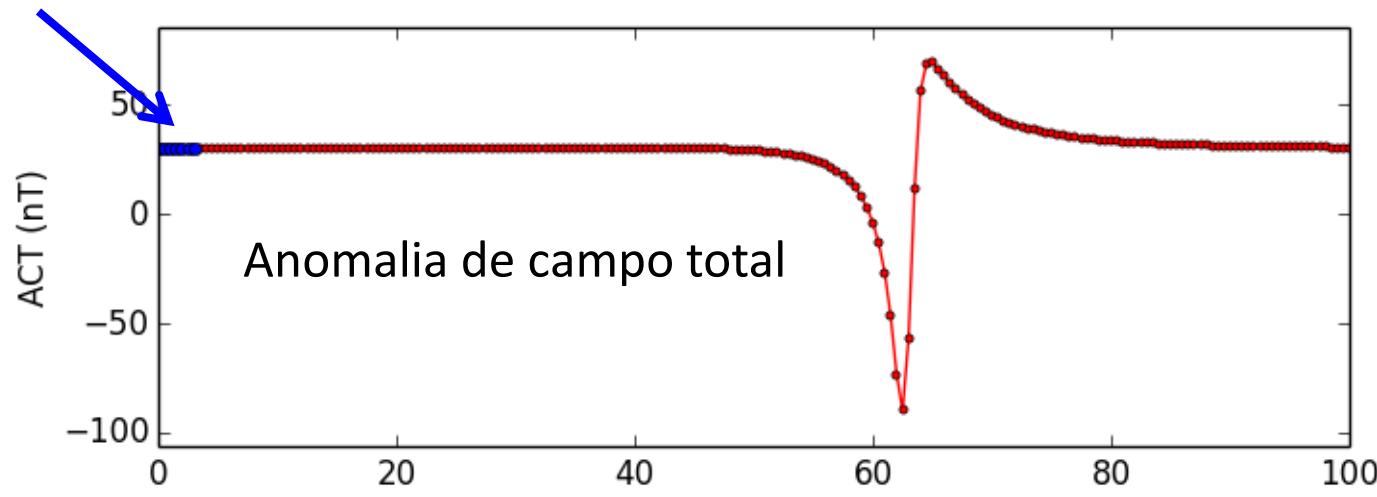


# Deconvolução de Euler



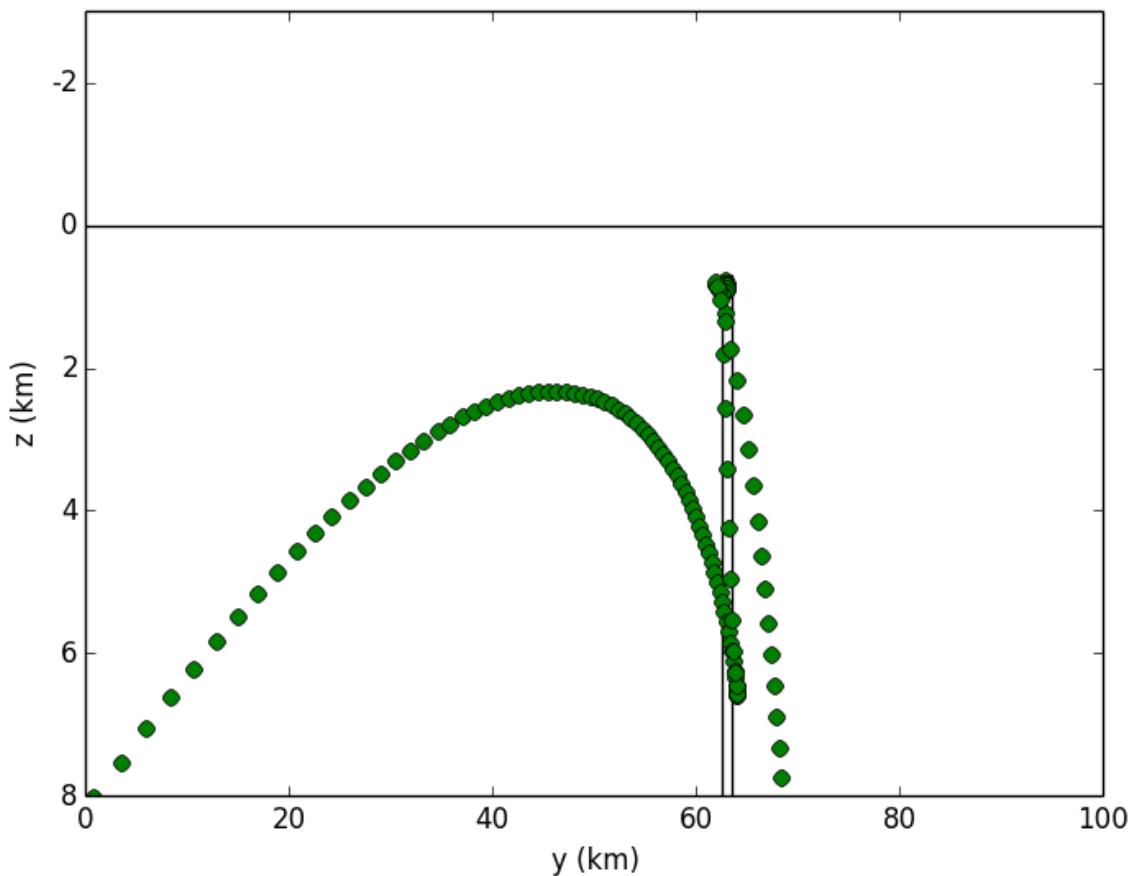
# Deconvolução de Euler

Janela de 7 dados



# Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e janelas de 7 dados

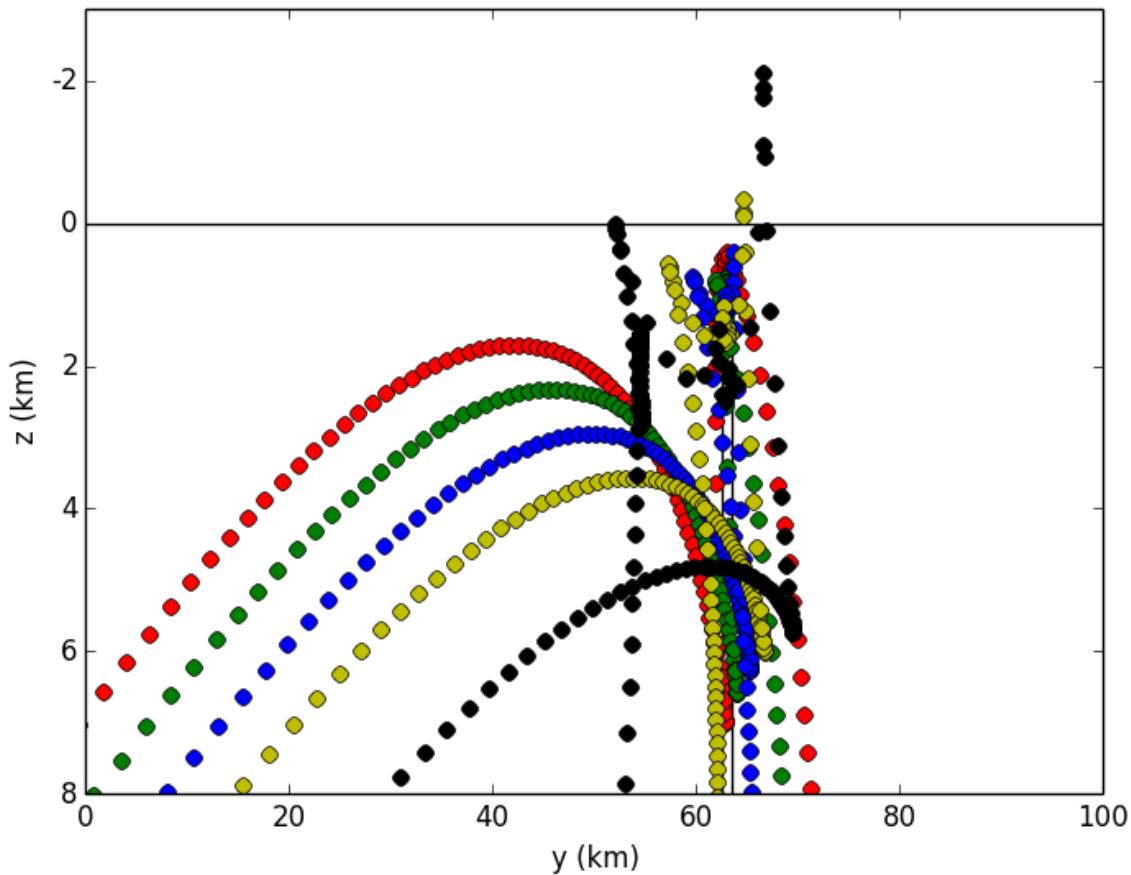


Índice estrutural  
correto

$$\eta = 1$$

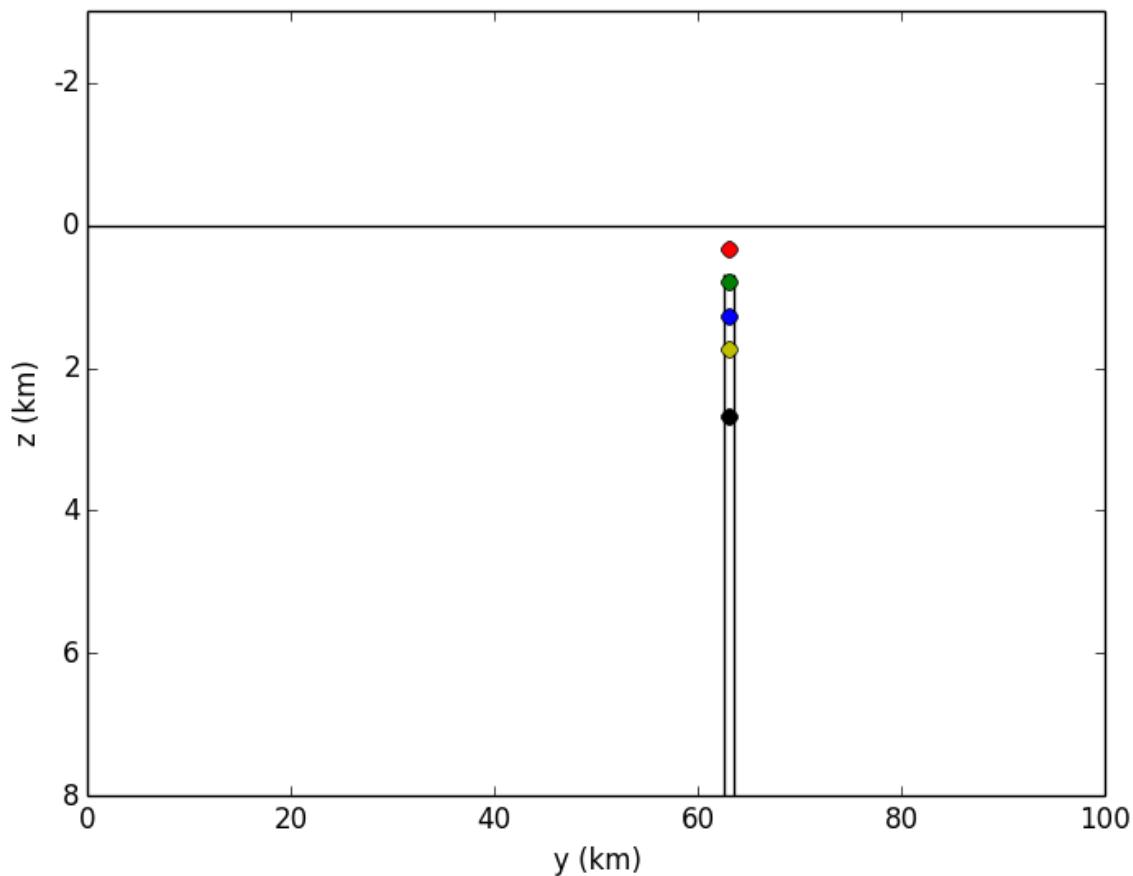
# Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e janelas de 7 dados



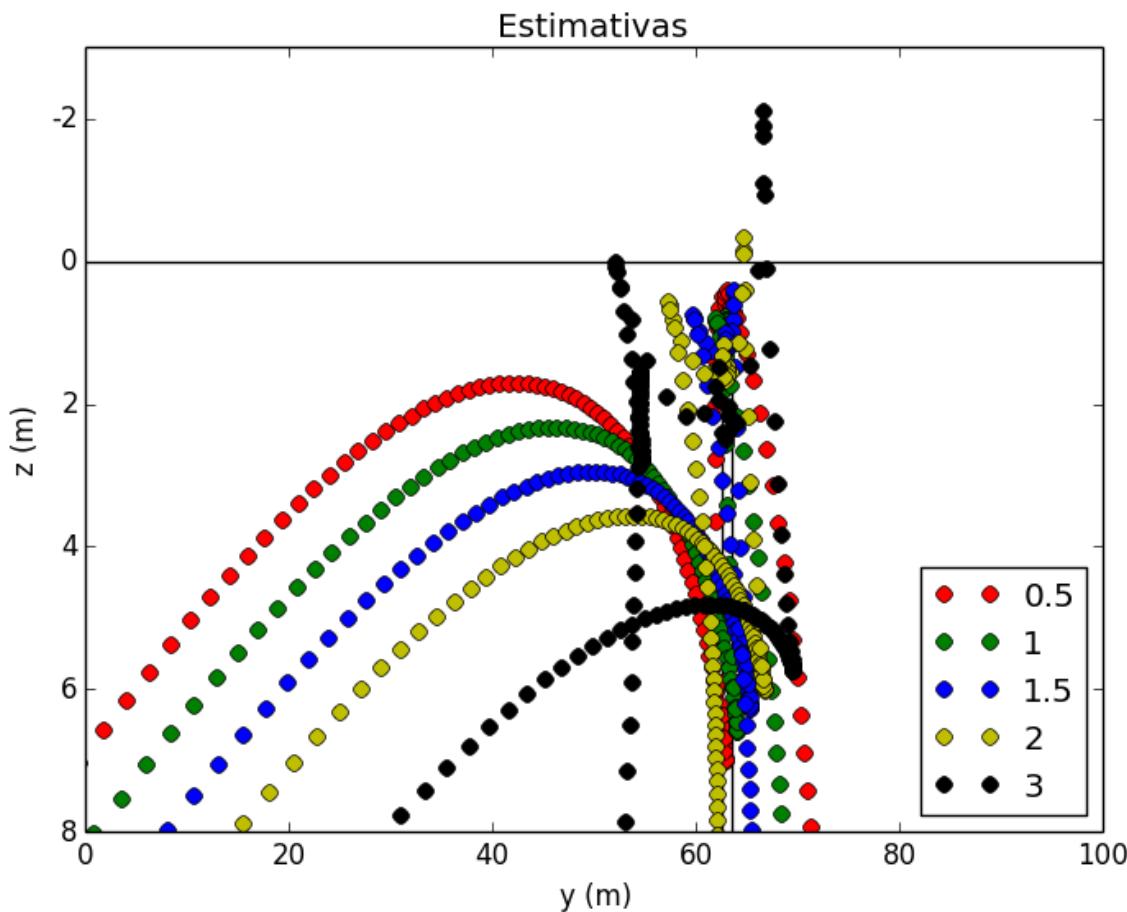
# Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados



# Deconvolução de Euler

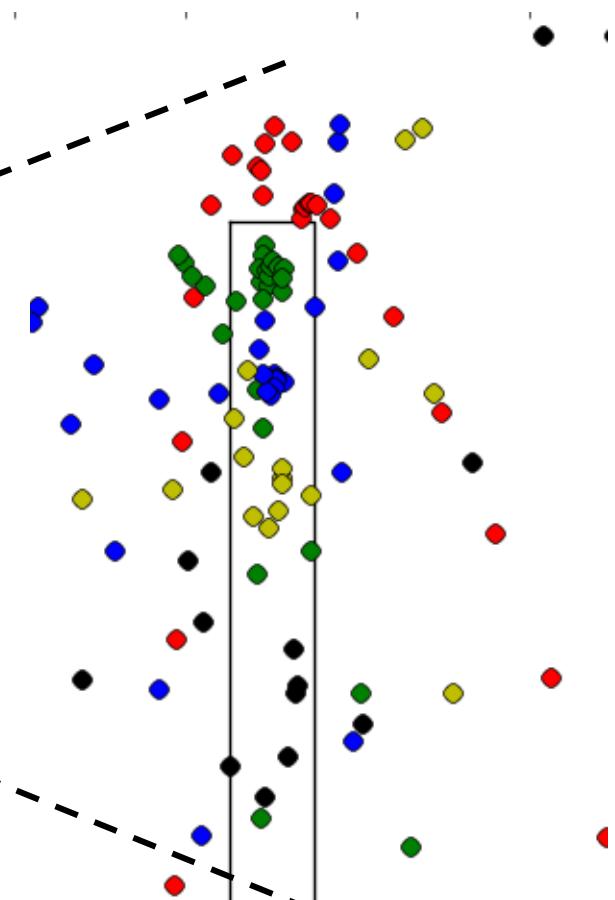
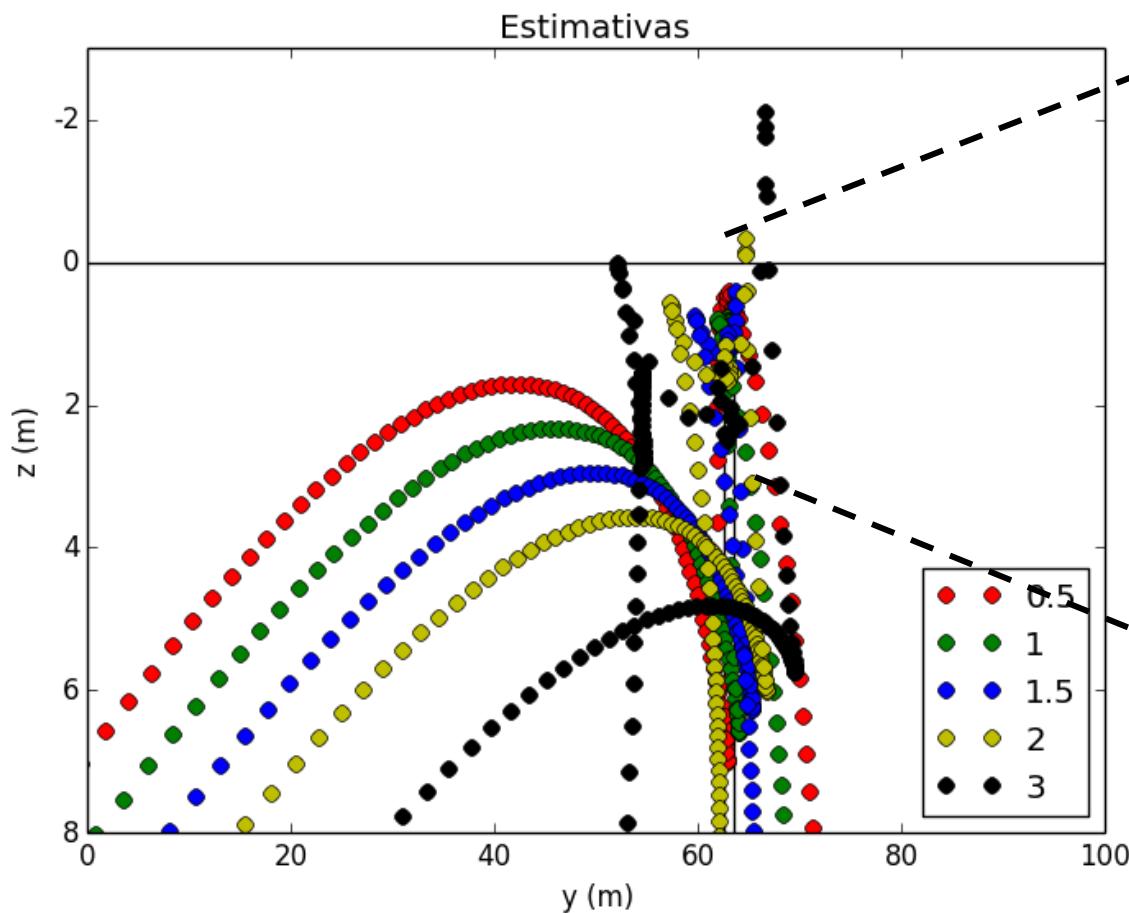
Exemplo com 1 dique e janelas de 7 dados



Observe que a  
“nuvem de soluções”  
não tem relação  
direta com a forma  
do dique

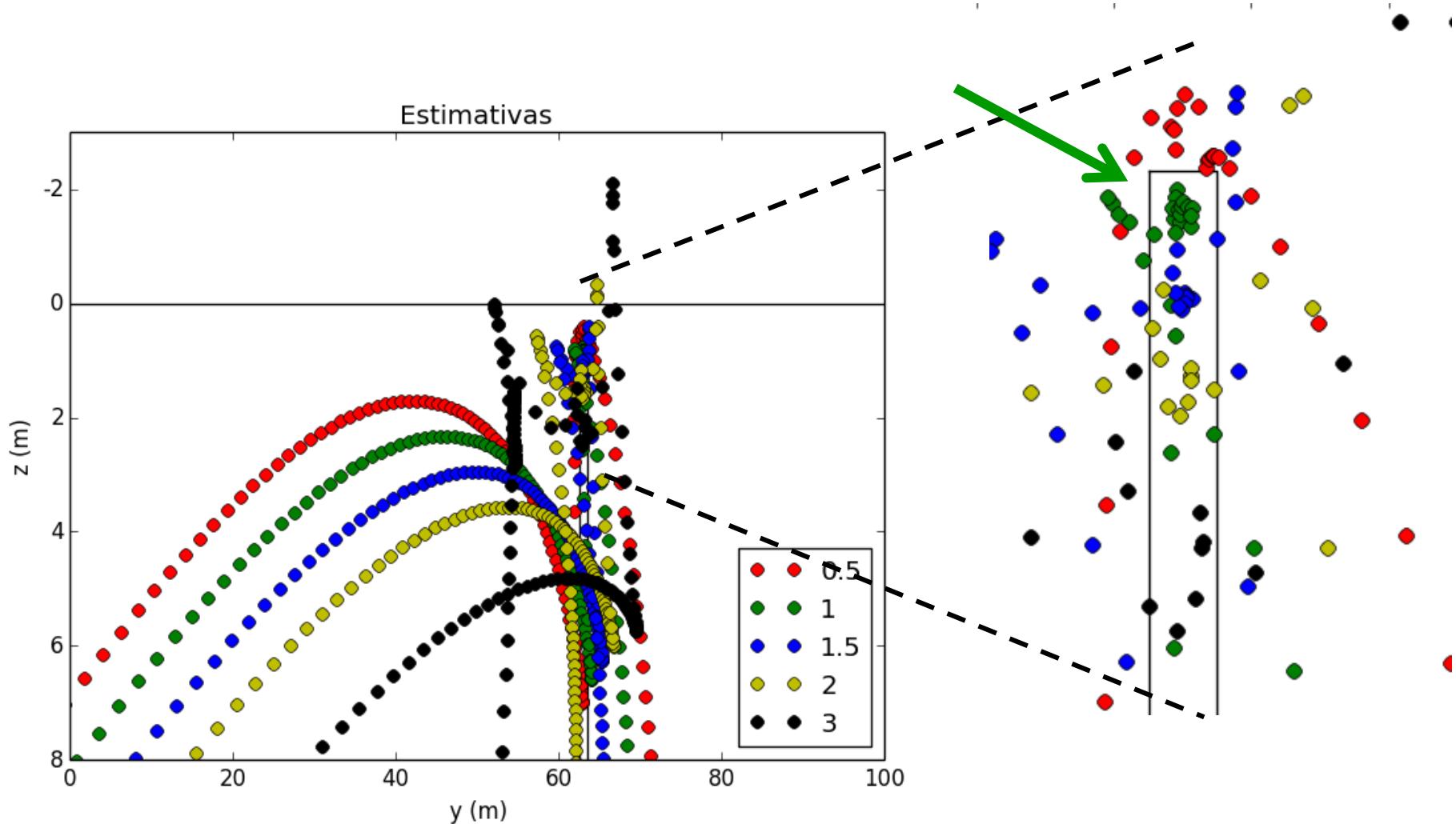
# Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e janelas de 7 dados



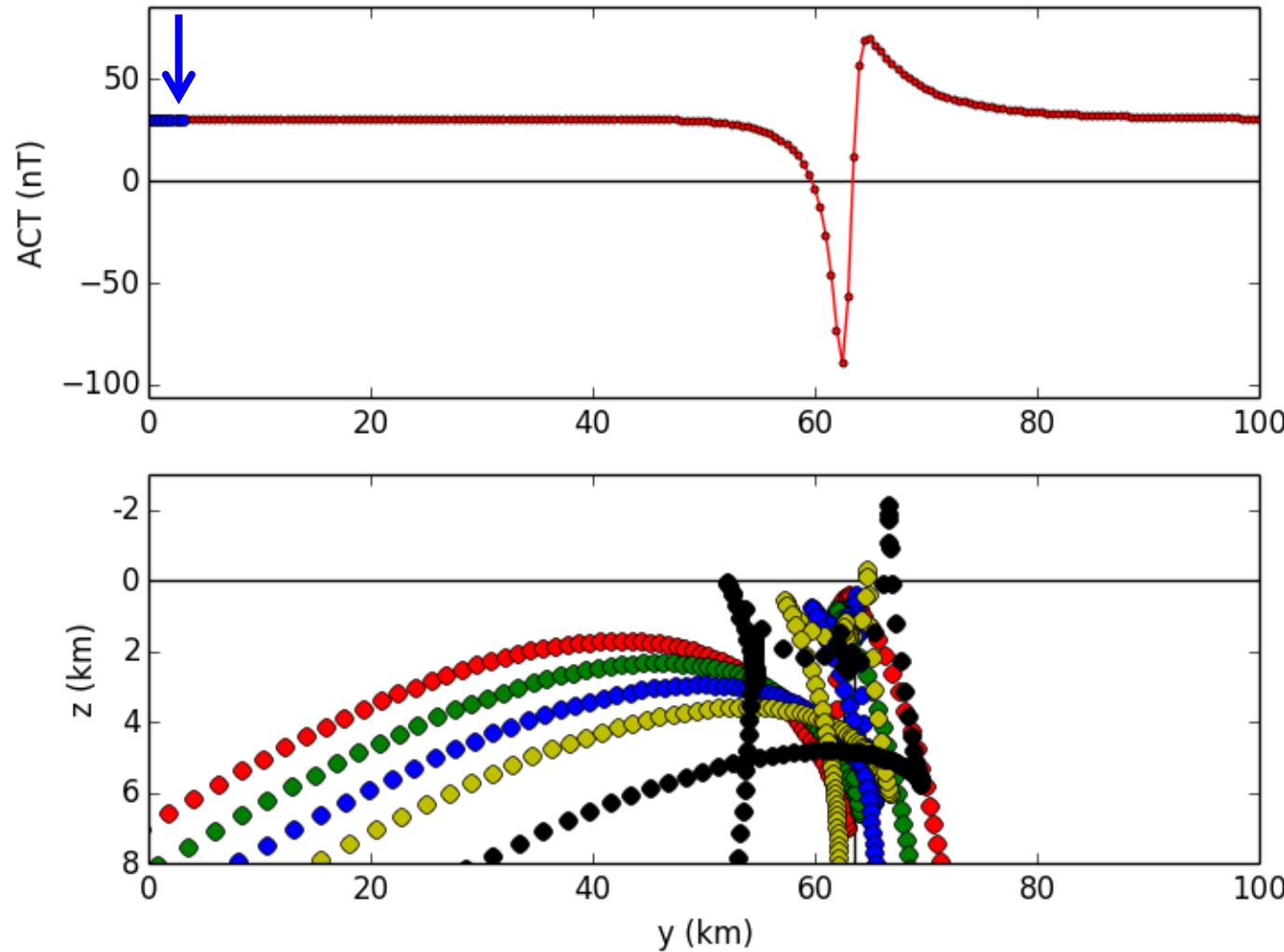
# Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e janelas de 7 dados



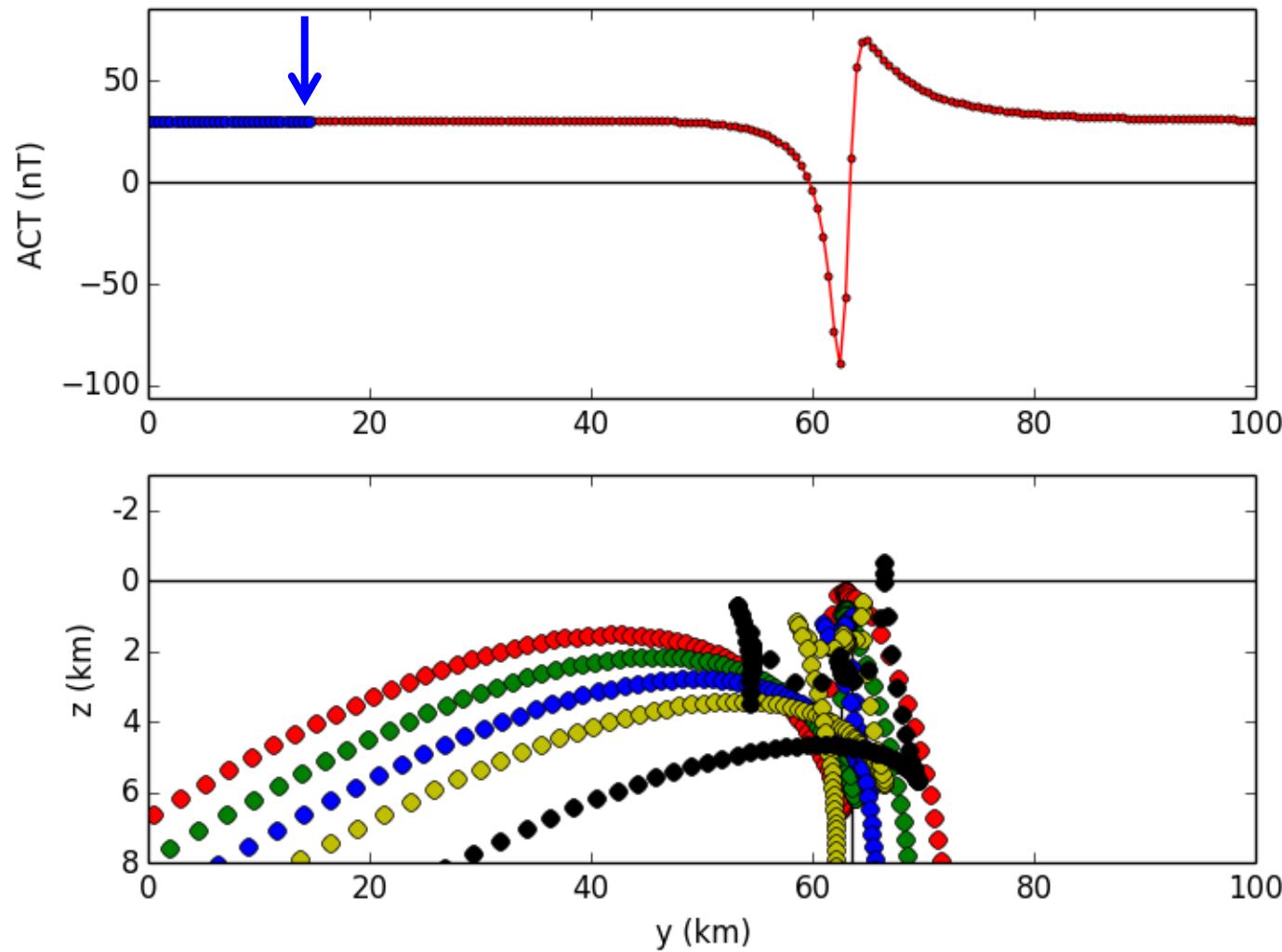
# Deconvolução de Euler

Janelas de 7 dados



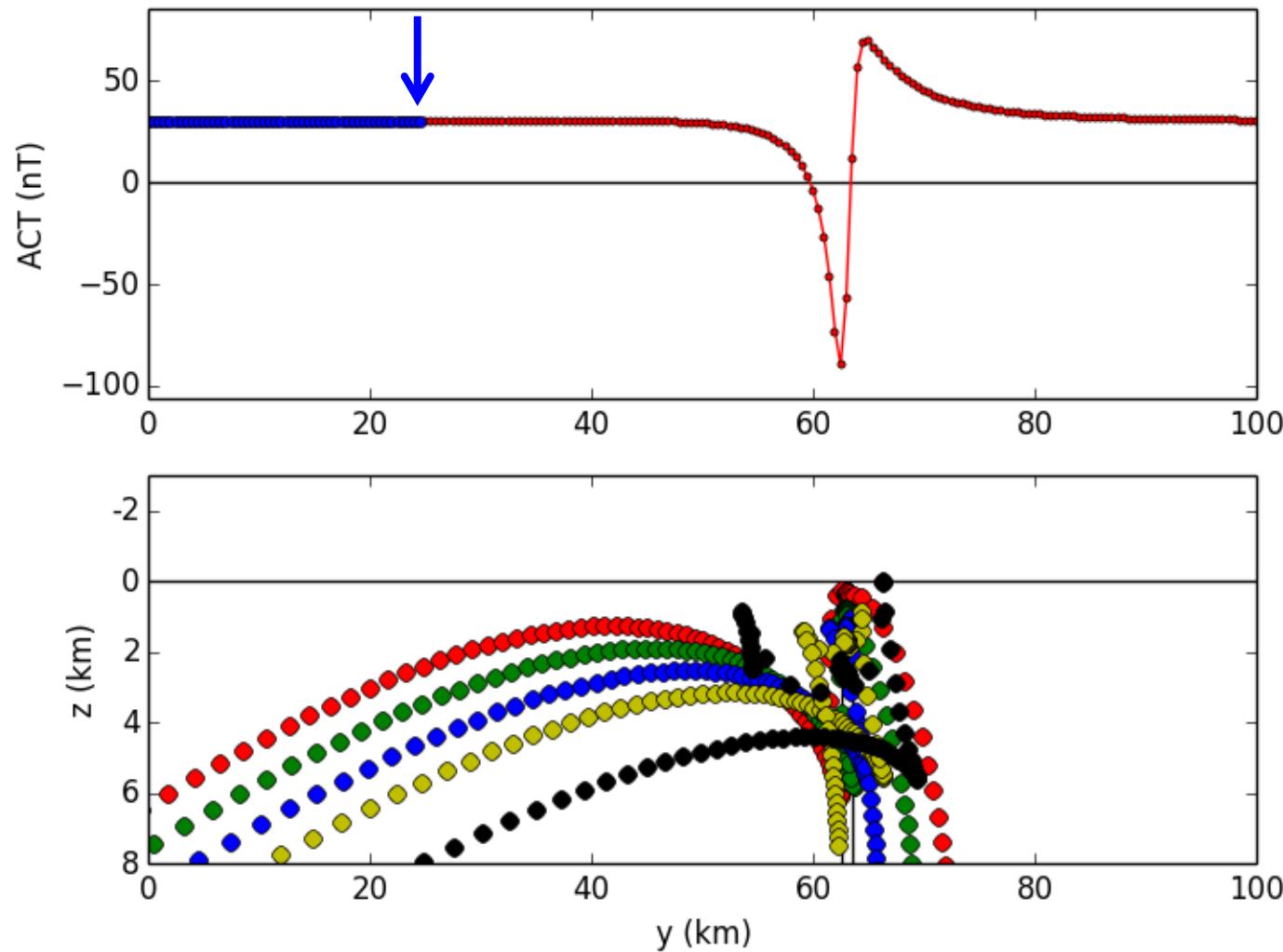
# Deconvolução de Euler

Janelas de 30 dados



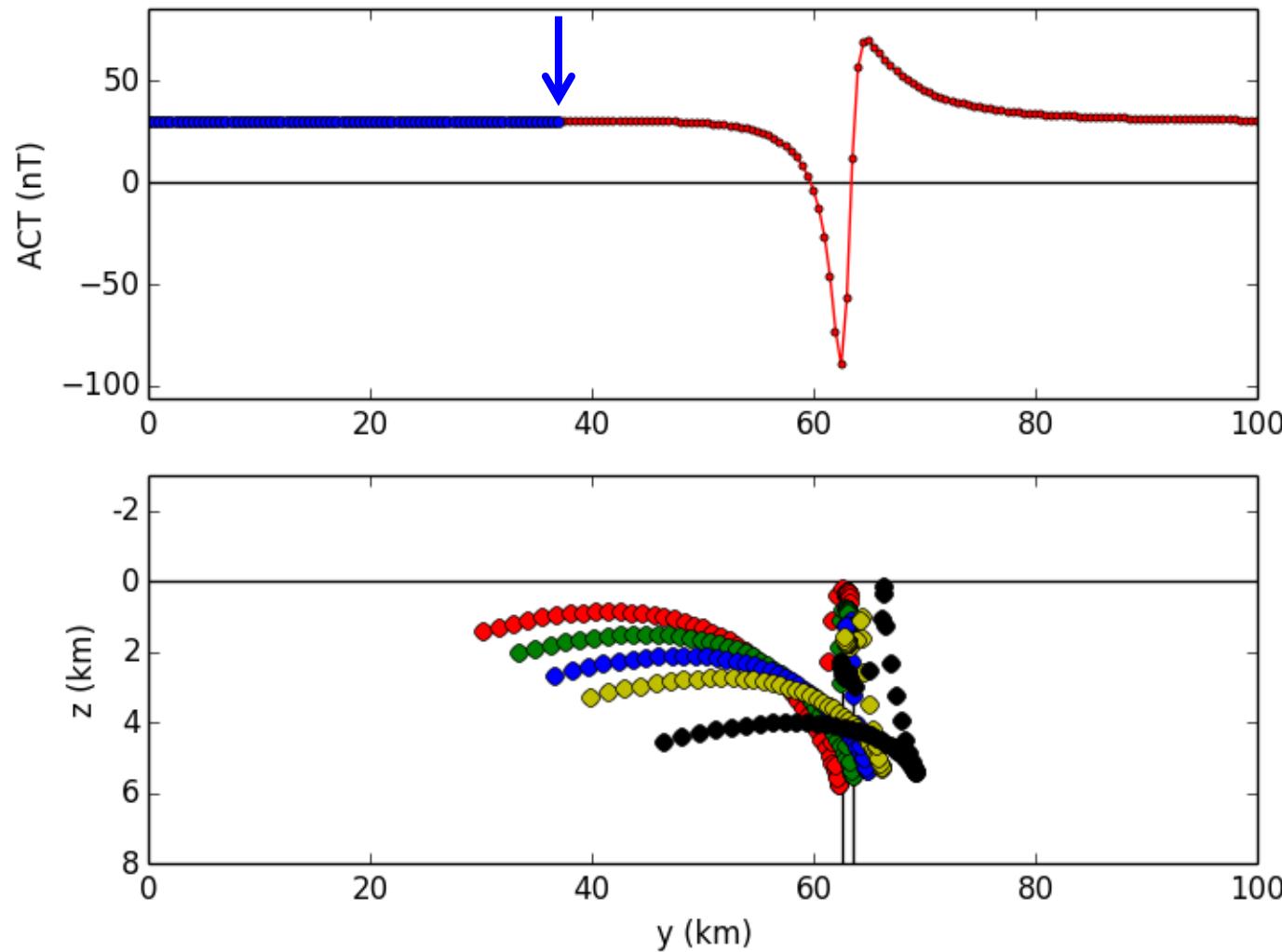
# Deconvolução de Euler

Janelas de 50 dados



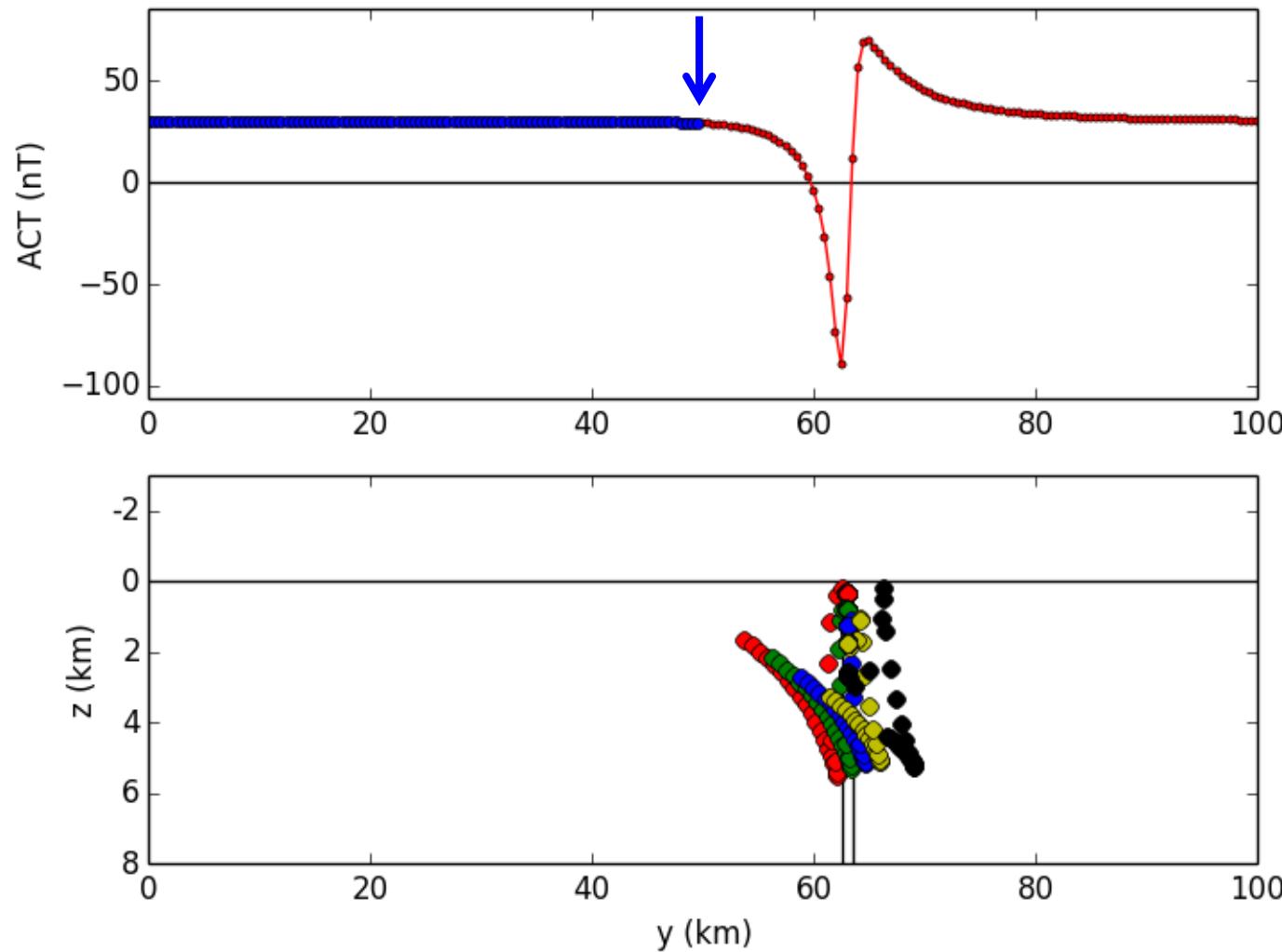
# Deconvolução de Euler

Janelas de 75 dados



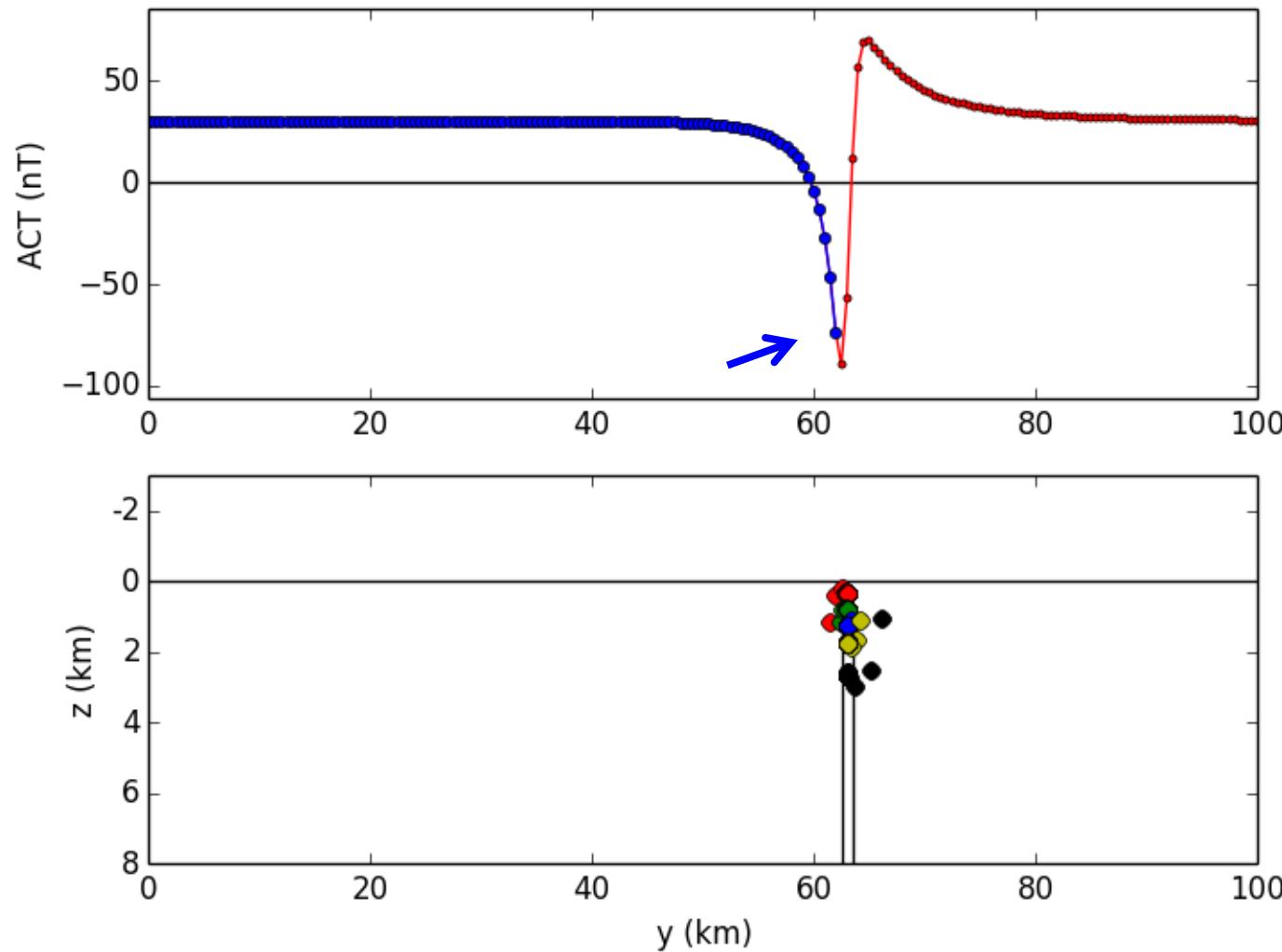
# Deconvolução de Euler

Janelas de 100 dados



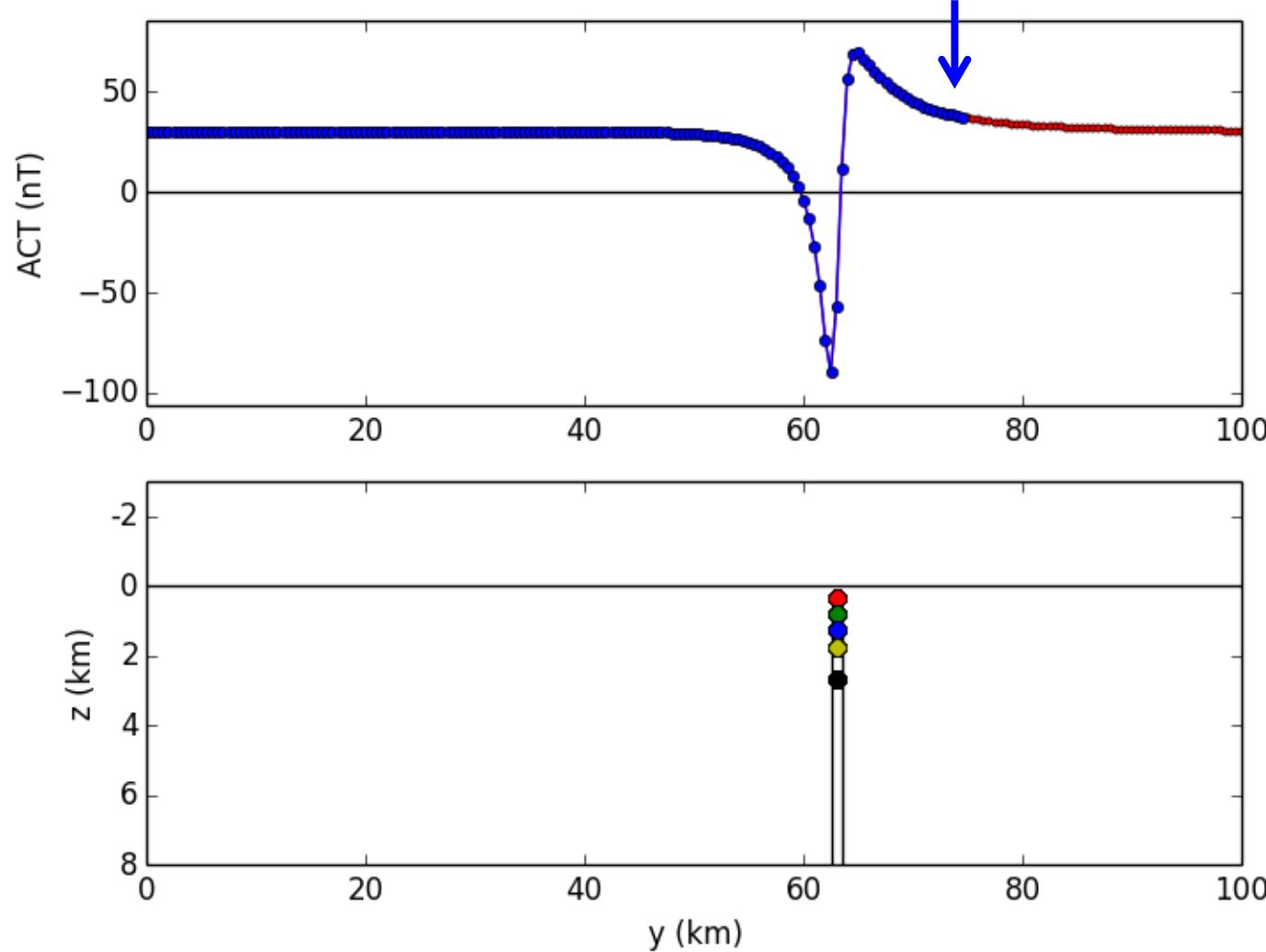
# Deconvolução de Euler

Janelas de 125 dados



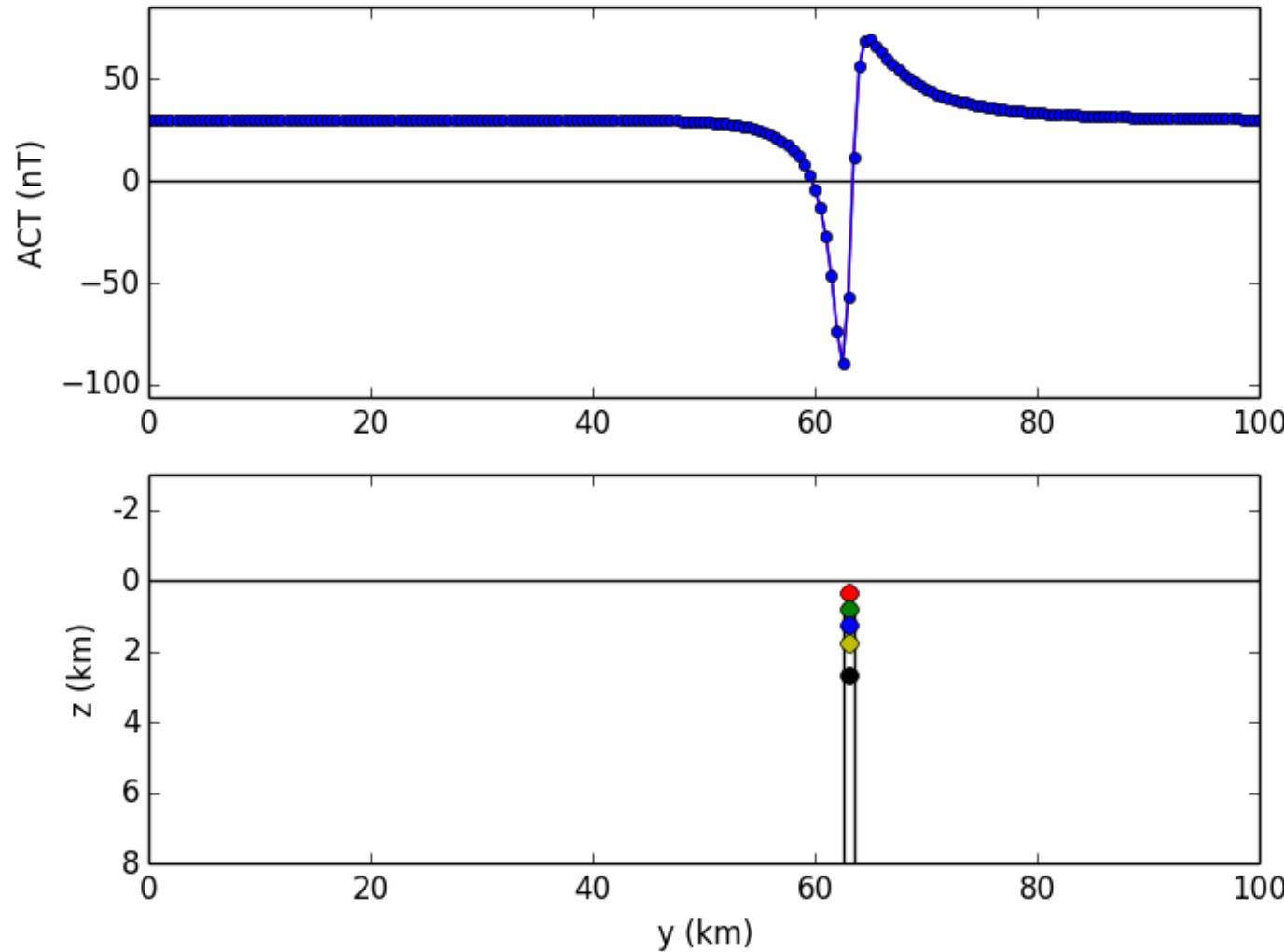
# Deconvolução de Euler

Janelas de 150 dados



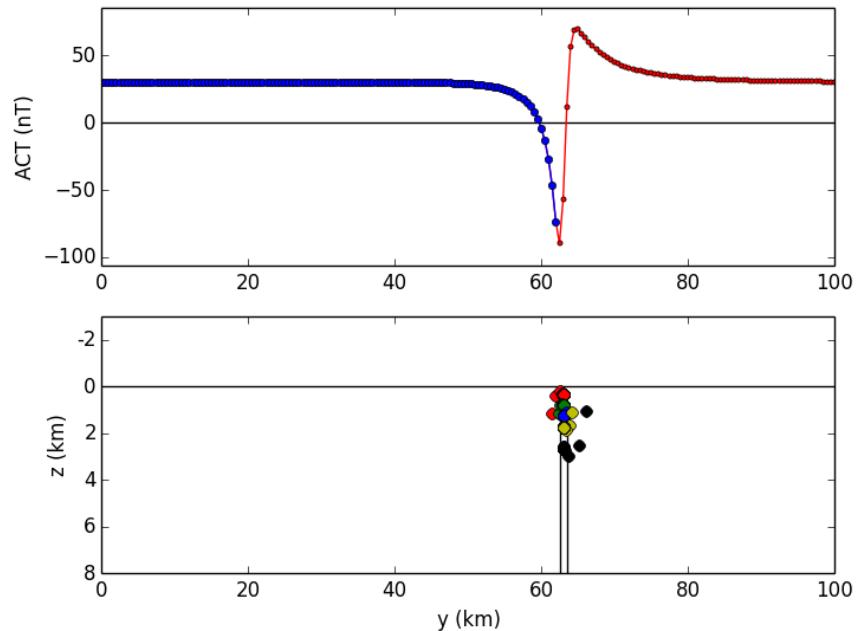
# Deconvolução de Euler

Uma janelas de 201 dados (todos)



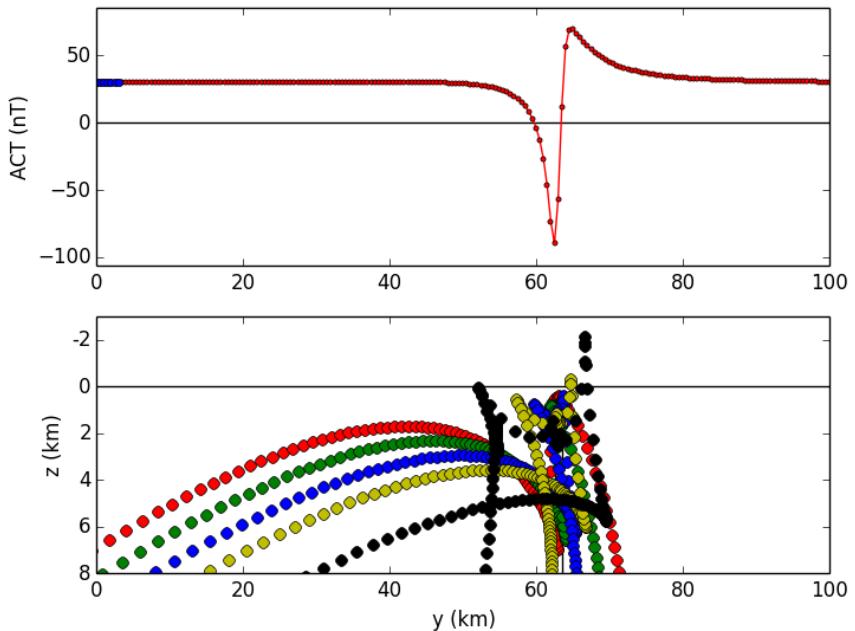
# Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

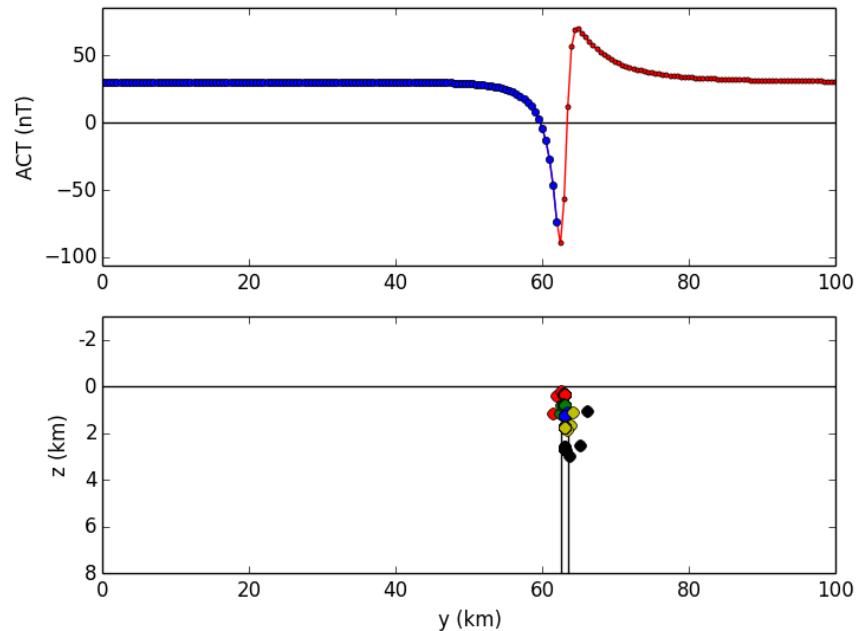
Janelas pequenas



Muitas estimativas

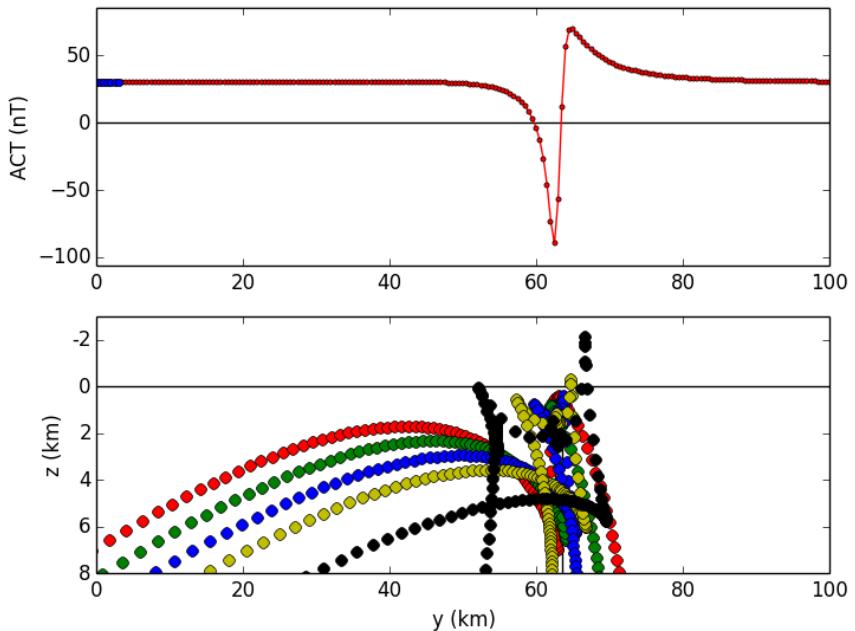
# Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

Janelas pequenas

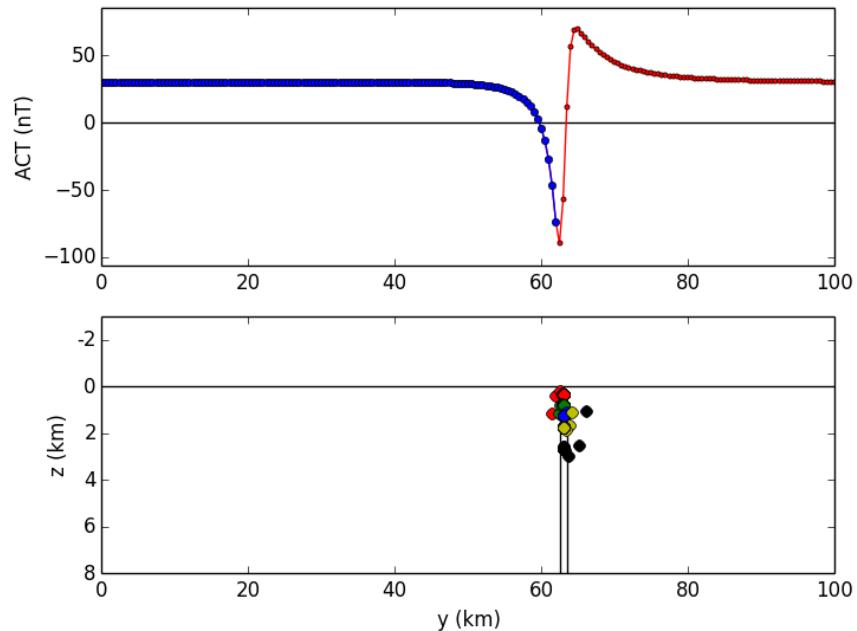


Muitas estimativas

A escolha do tamanho das janelas é algo empírico

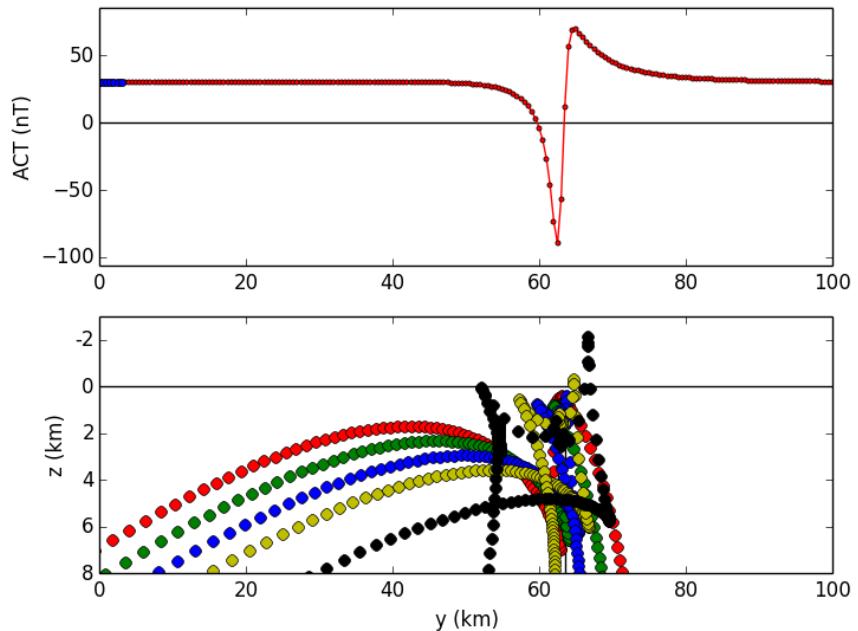
# Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

Janelas pequenas



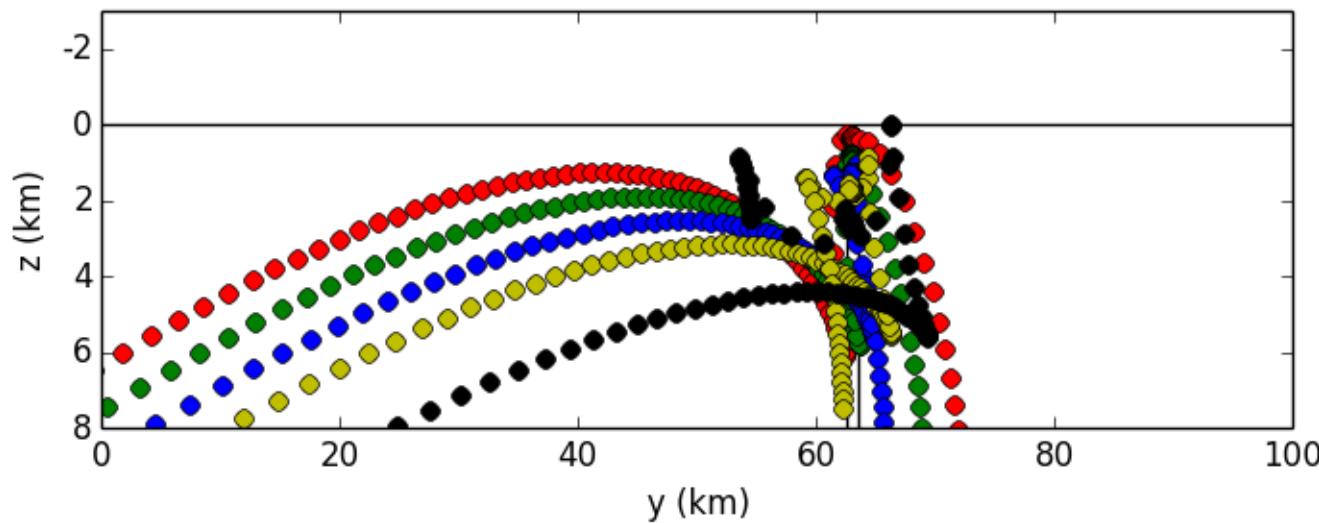
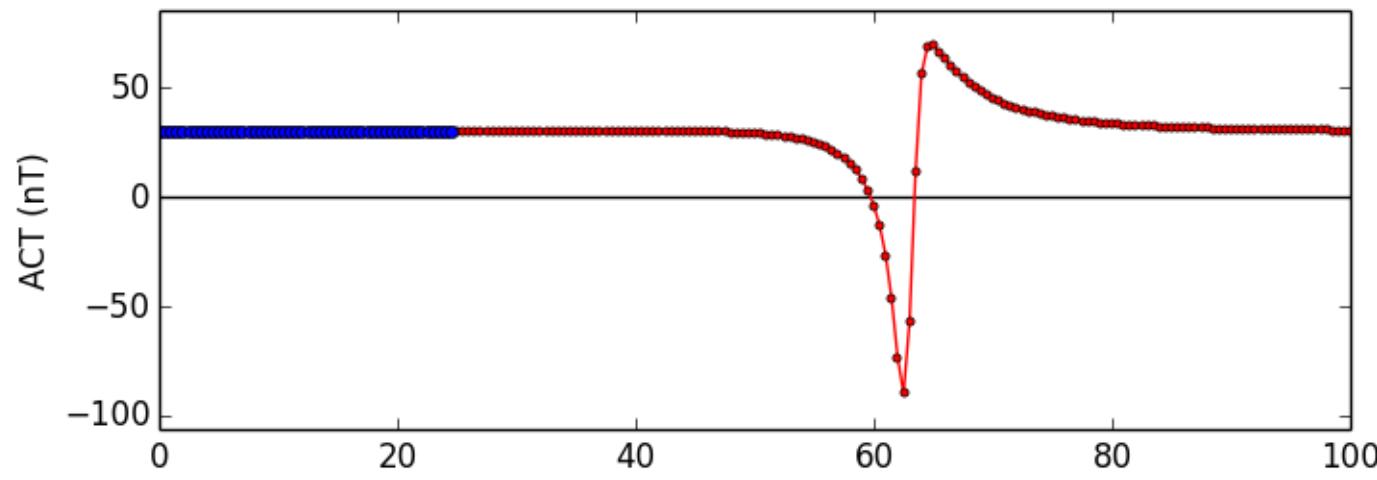
Muitas estimativas

A escolha do tamanho das janelas é algo empírico

O formato da “nuvem de soluções” não tem relação direta com o formato da fonte

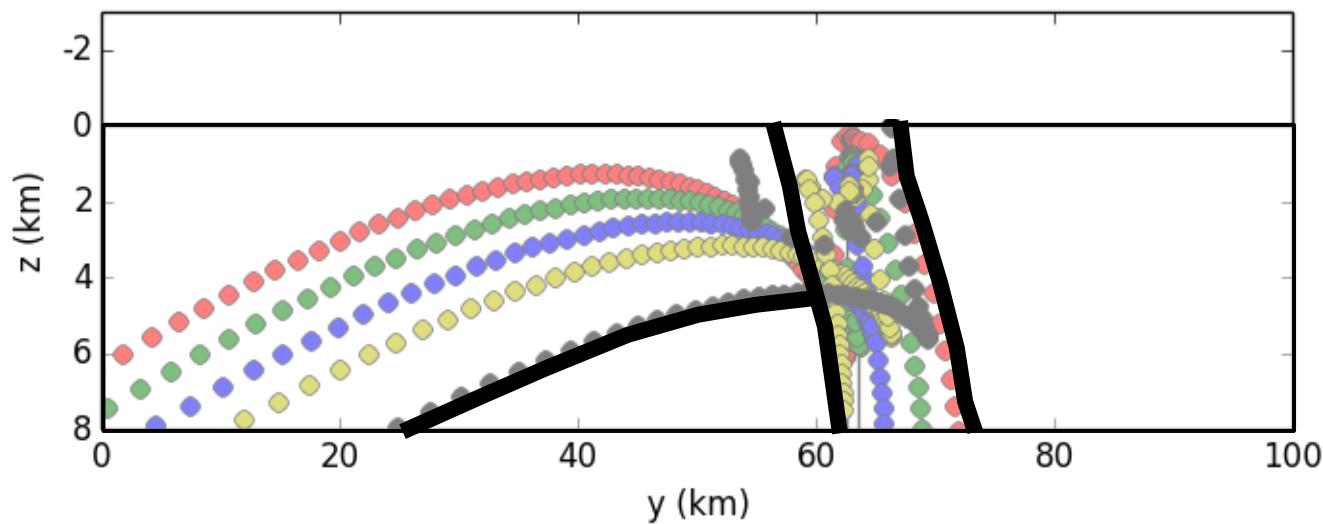
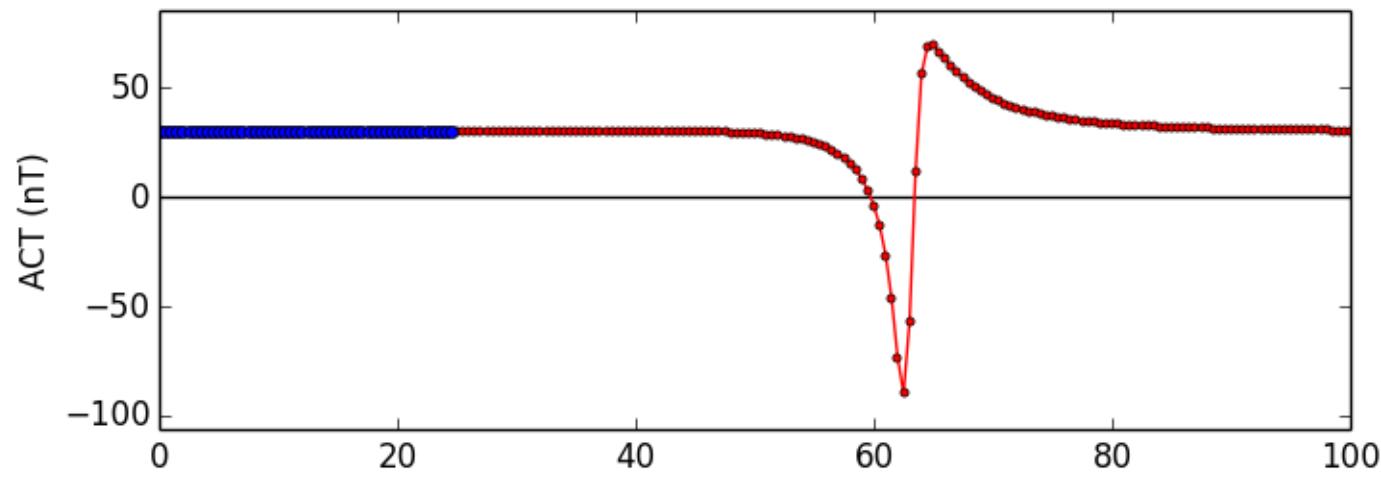
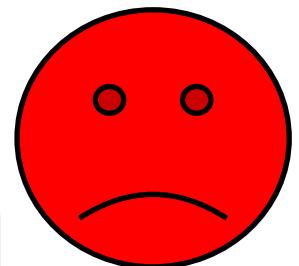
# Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



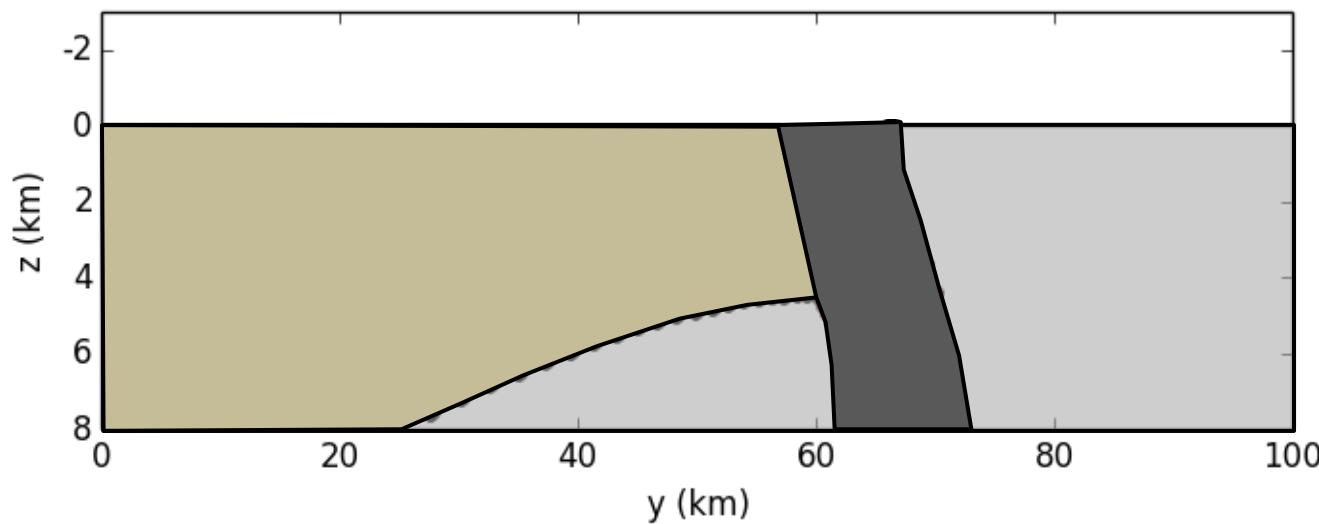
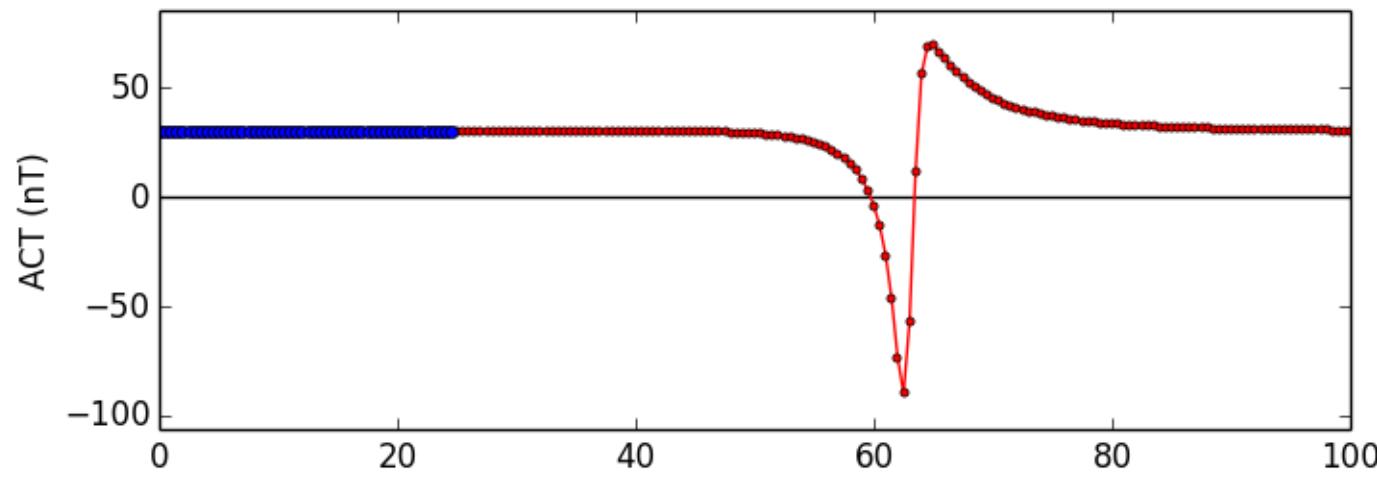
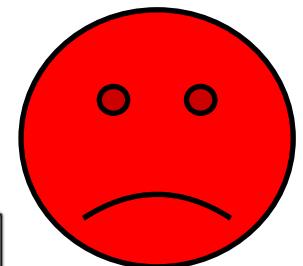
# Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



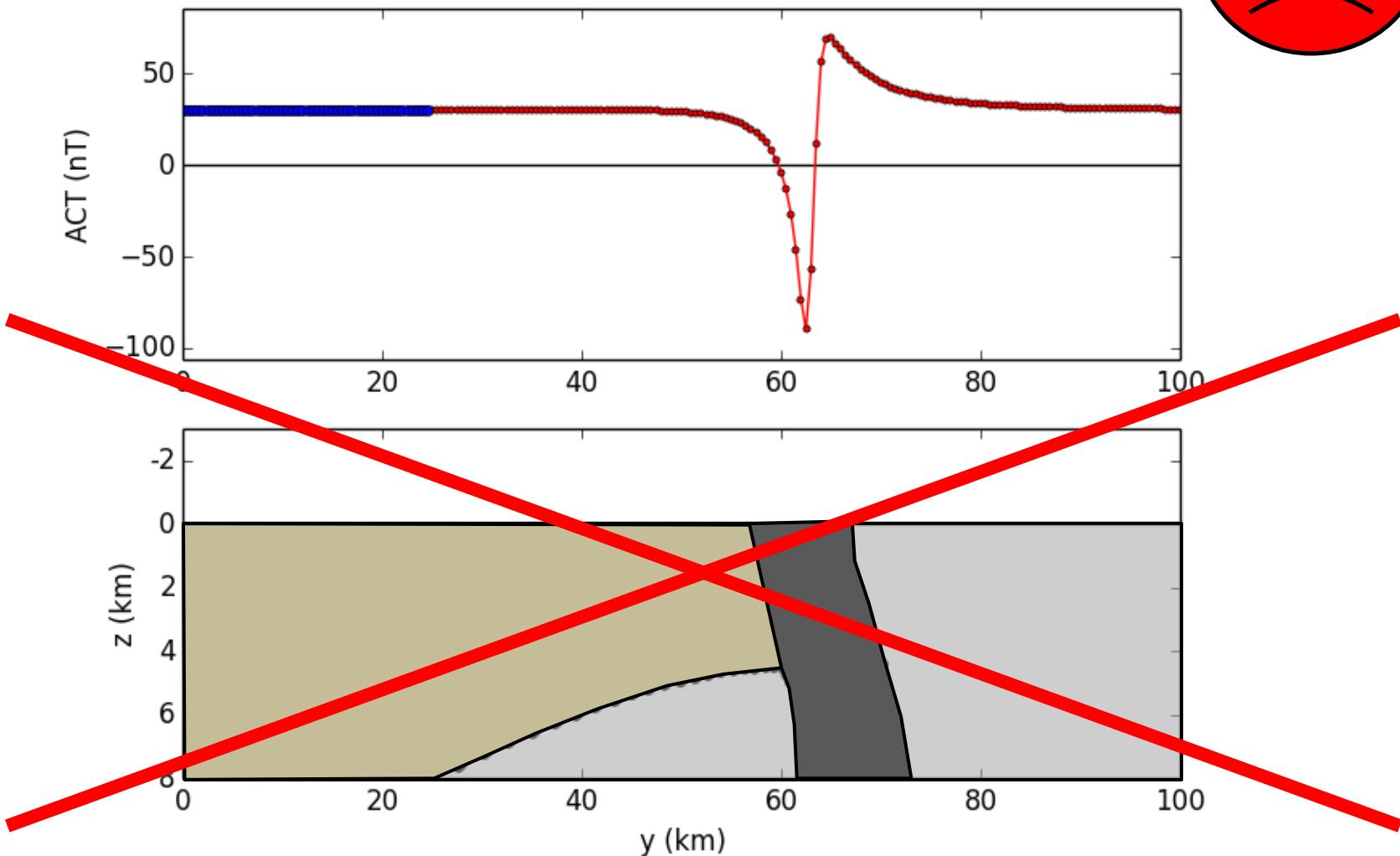
# Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



# Deconvolução de Euler

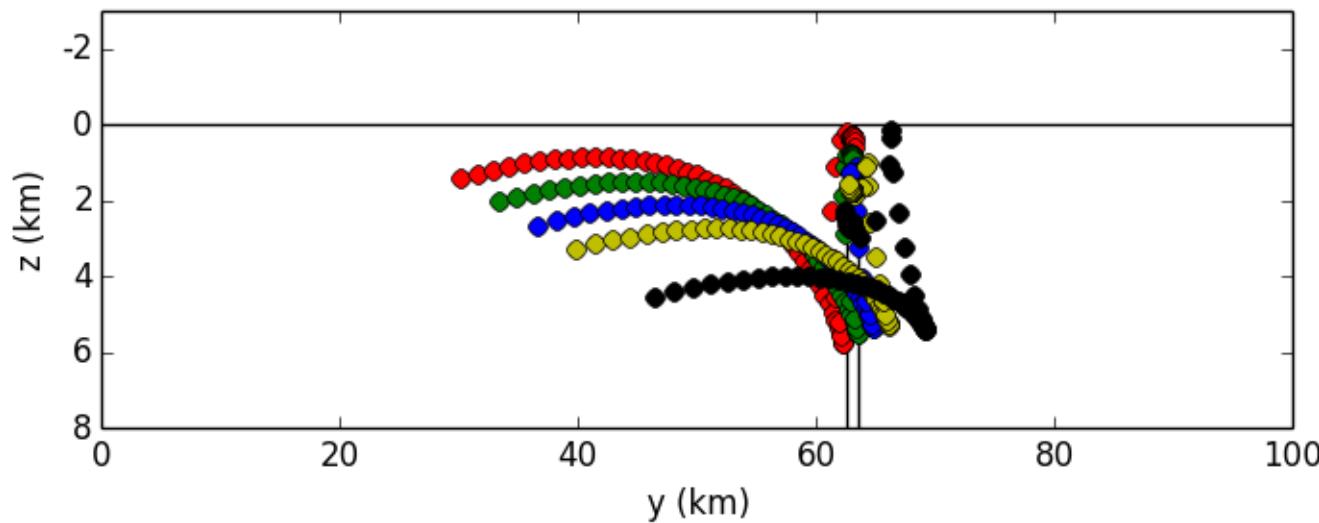
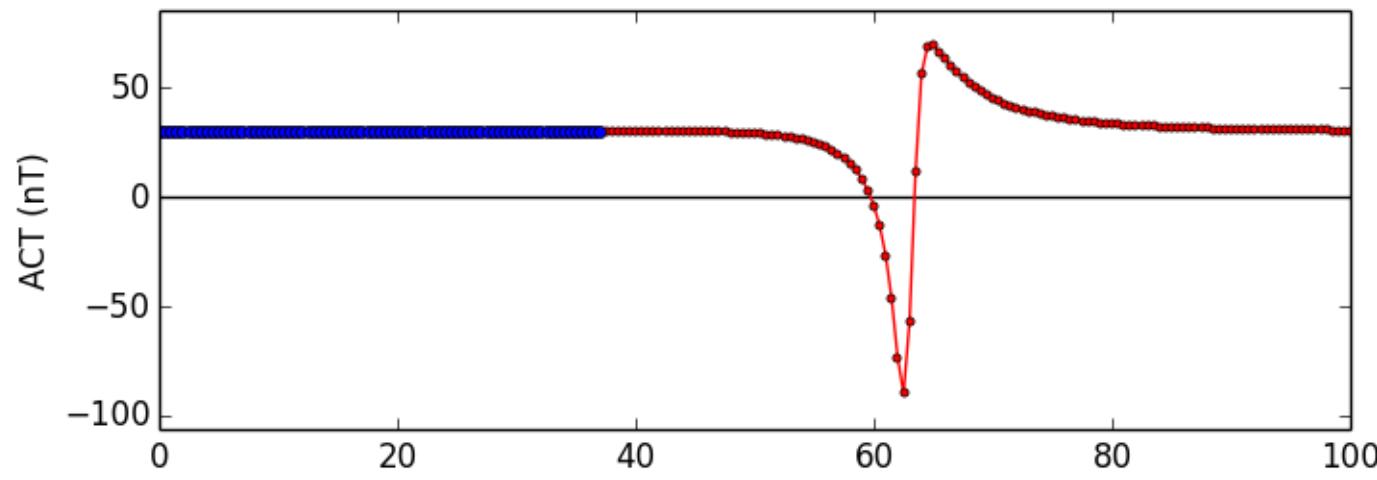
Exemplos do que NÃO se deve fazer



# Deconvolução de Euler

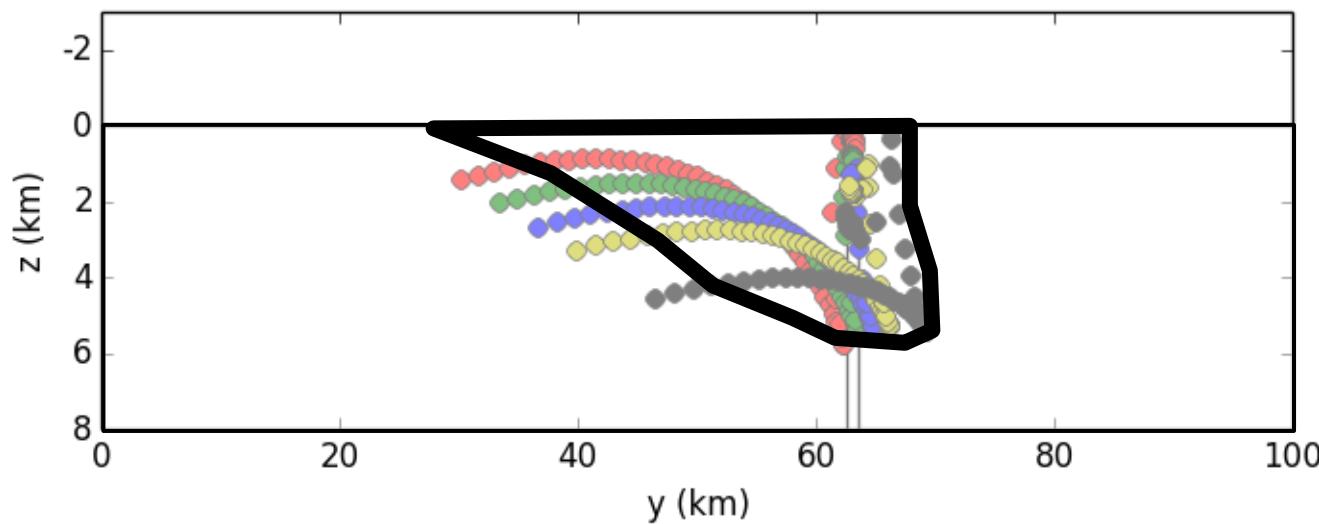
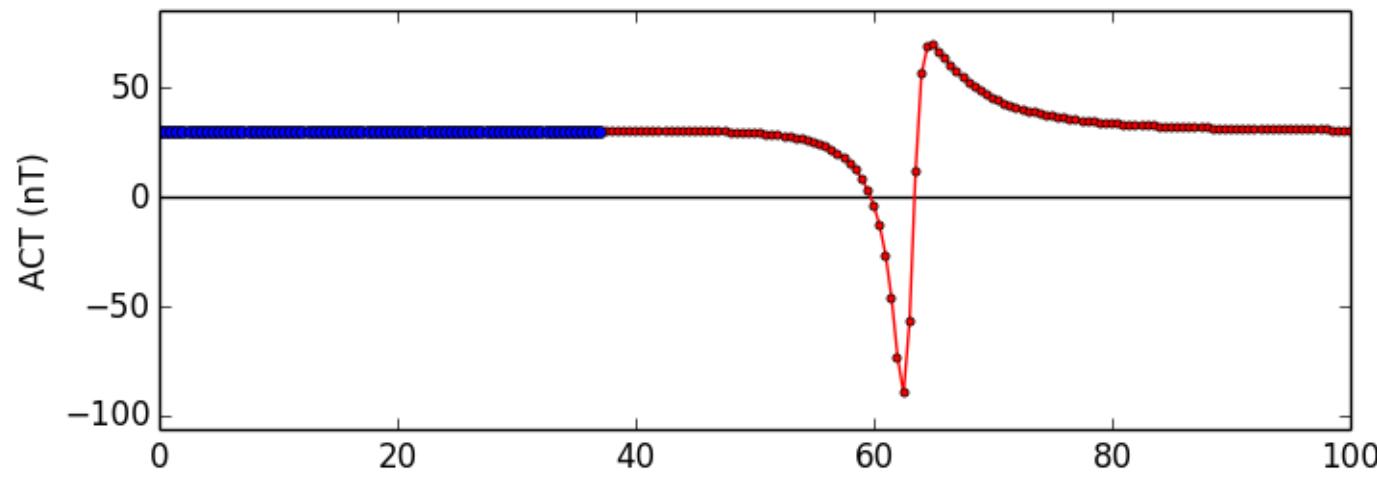
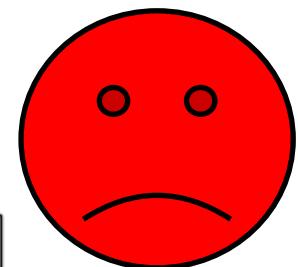


Exemplos do que NÃO se deve fazer



# Deconvolução de Euler

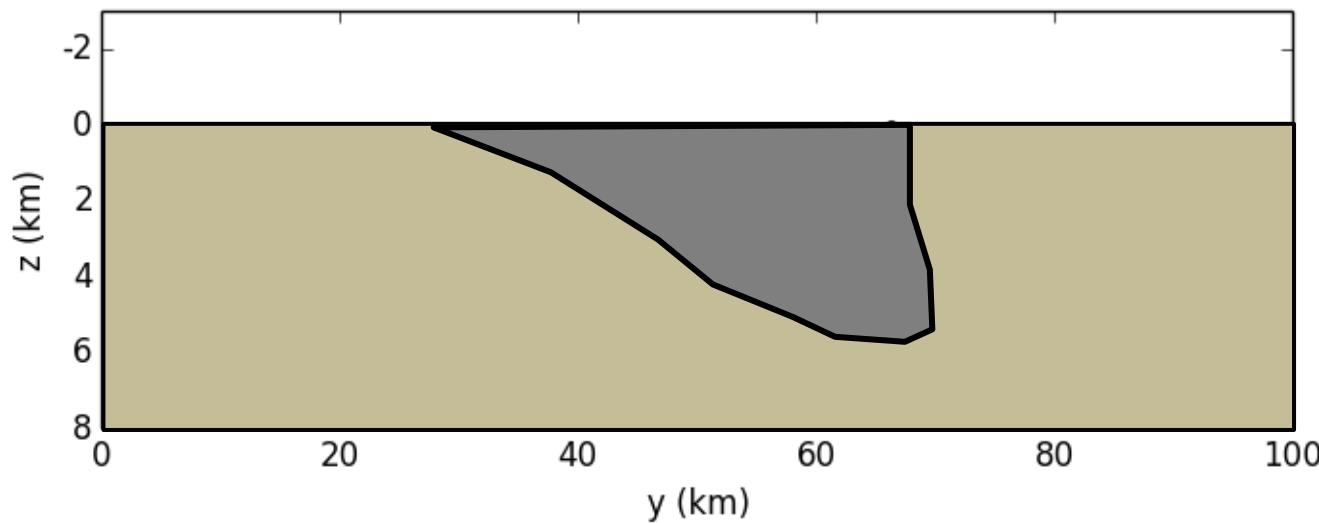
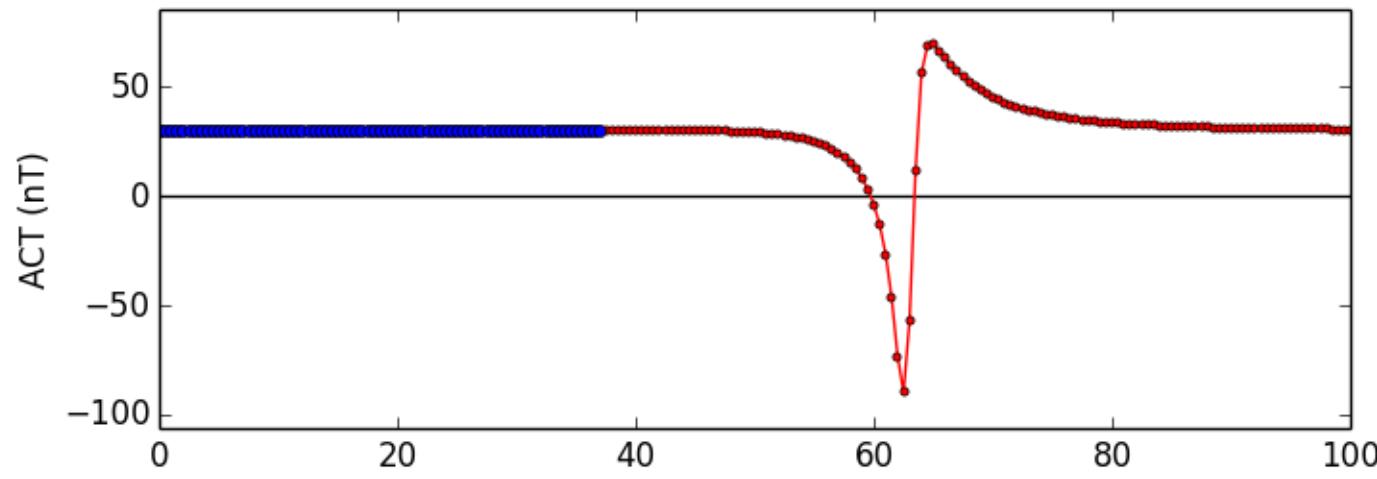
Exemplos do que NÃO se deve fazer



# Deconvolução de Euler



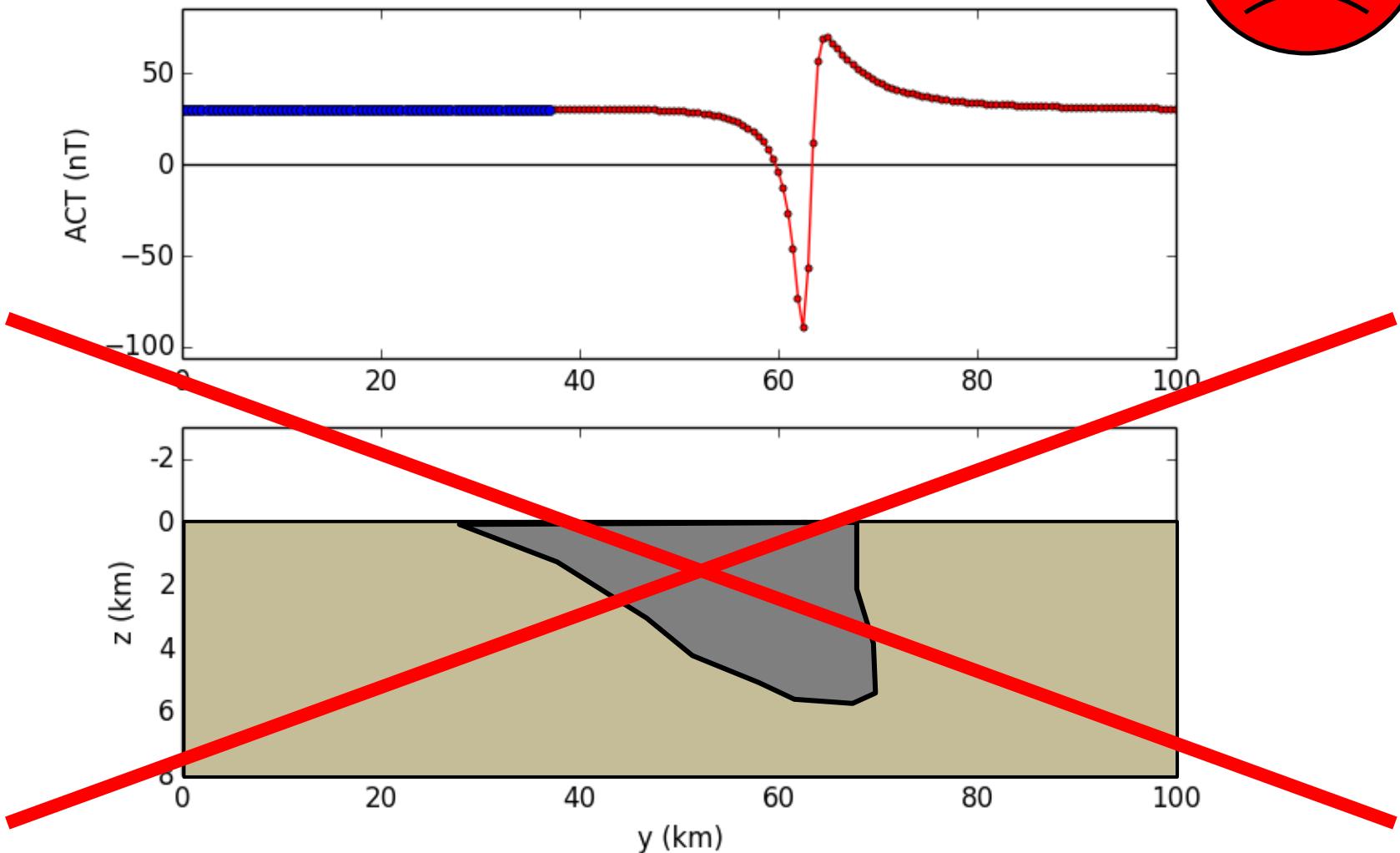
Exemplos do que NÃO se deve fazer



# Deconvolução de Euler

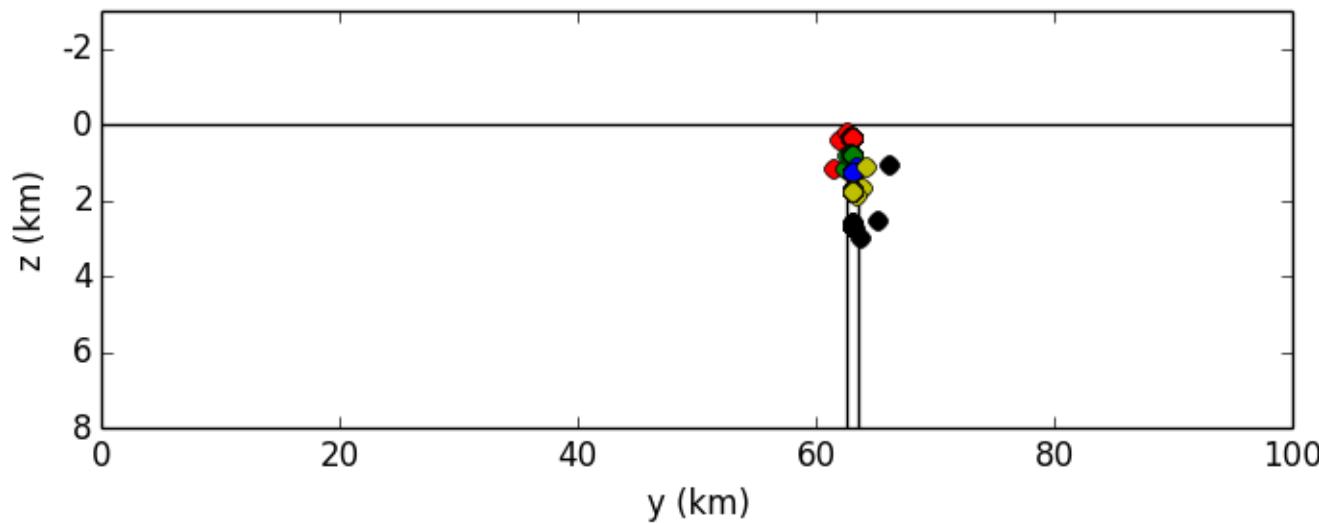
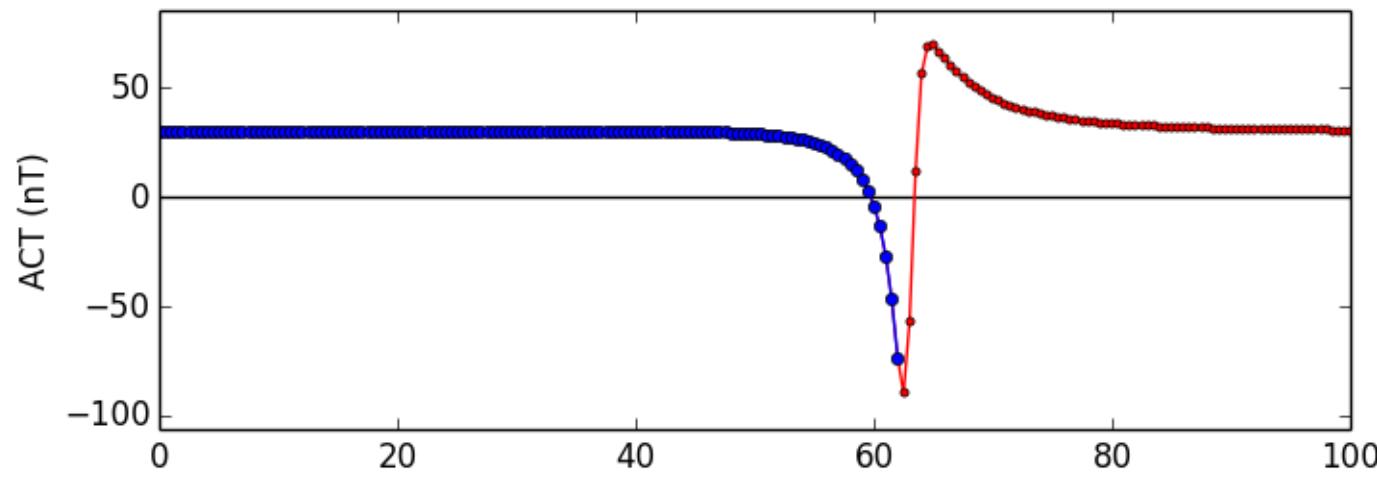
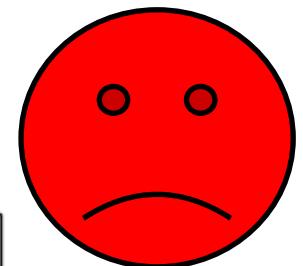


Exemplos do que NÃO se deve fazer



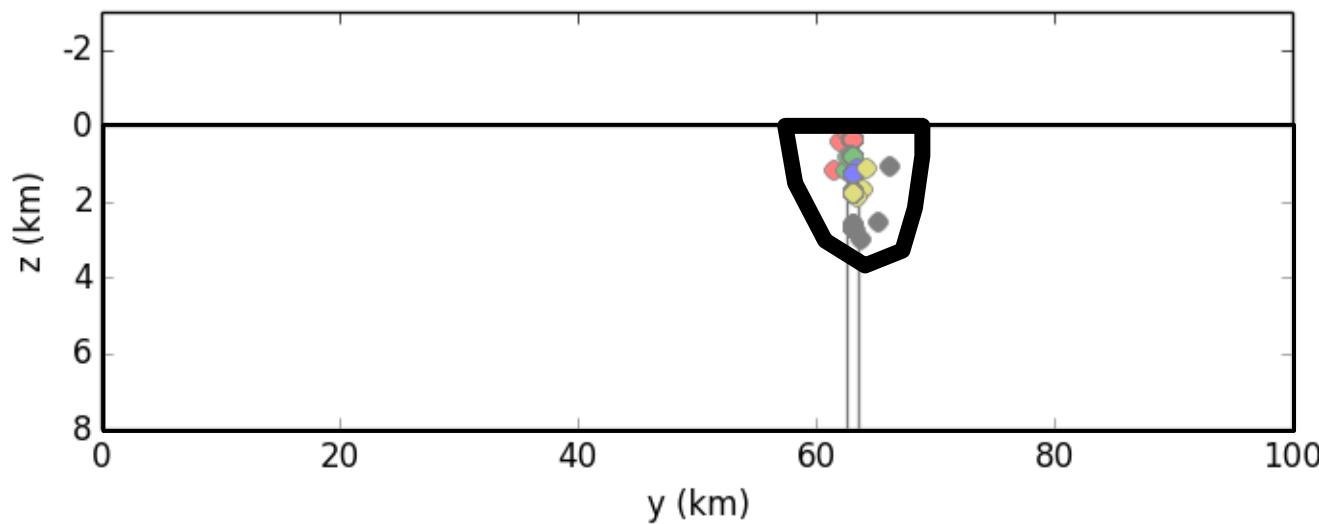
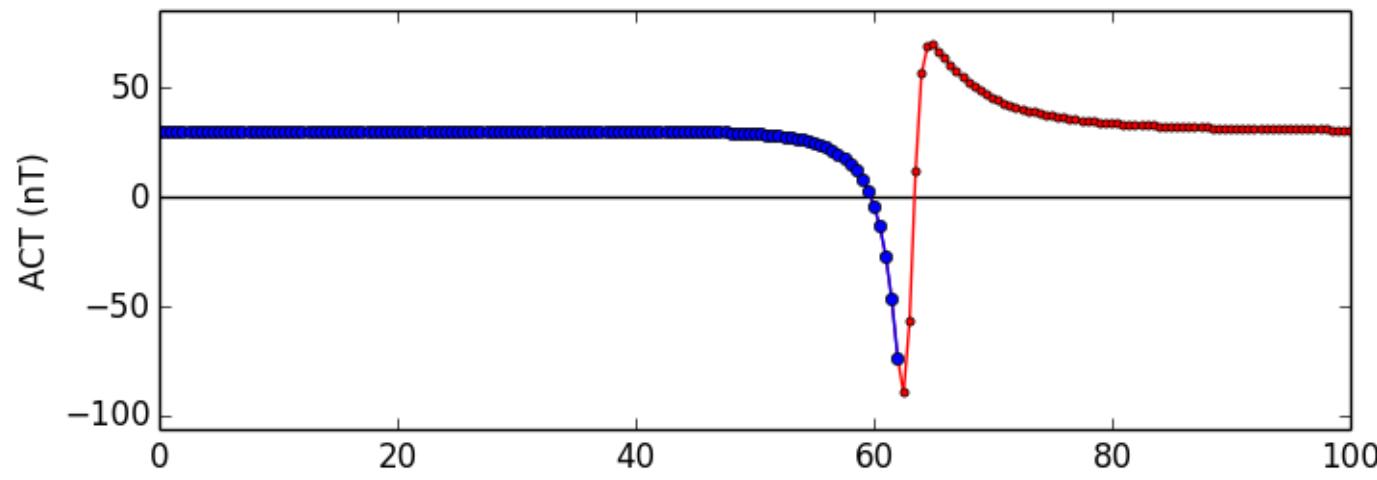
# Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



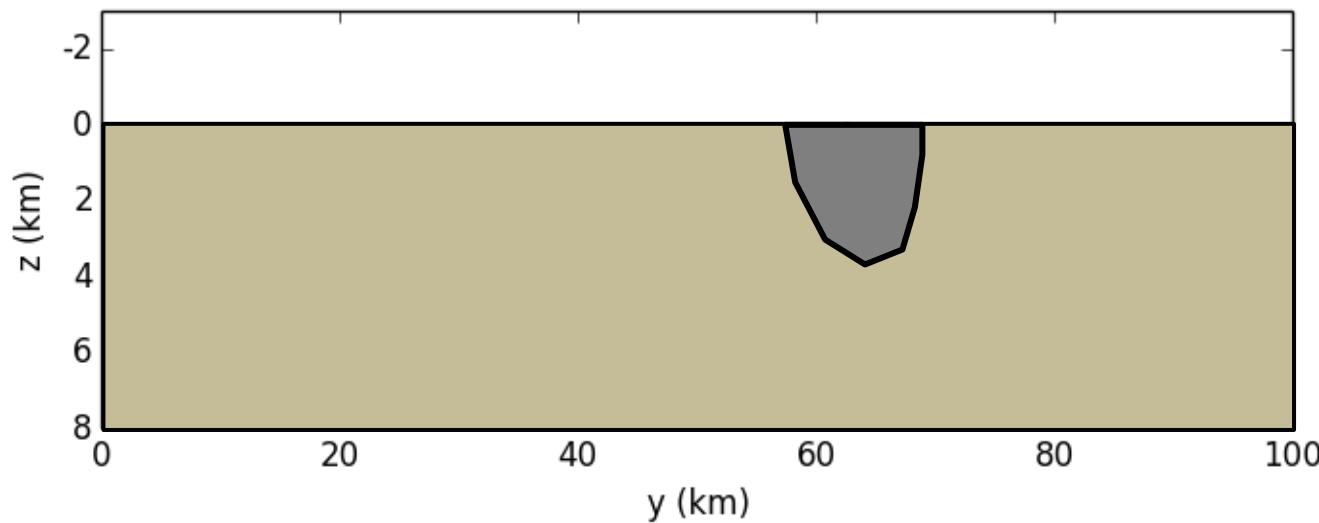
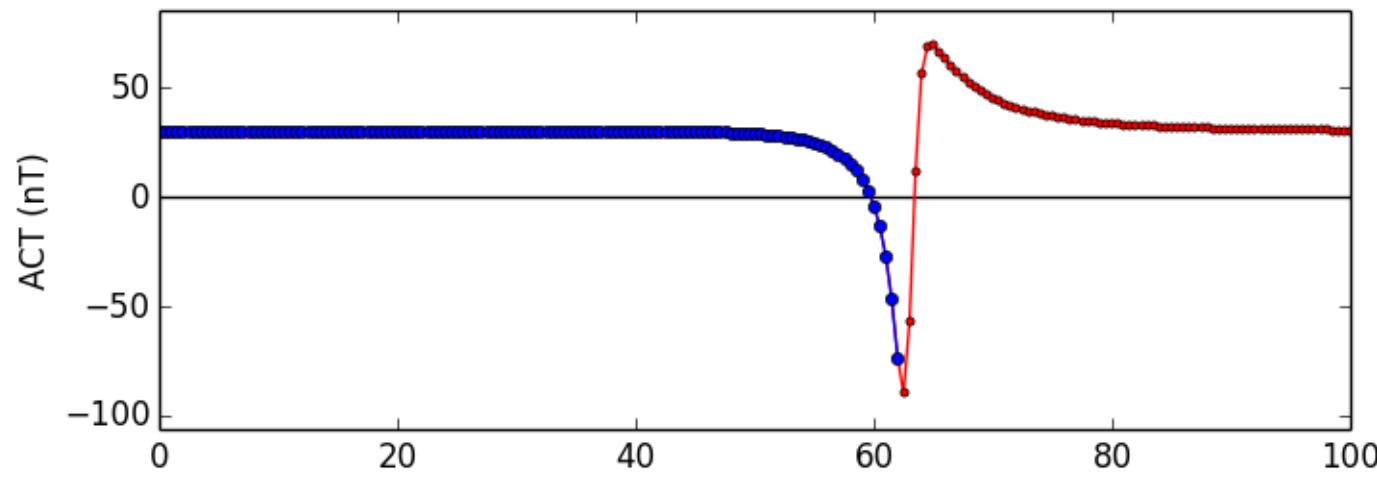
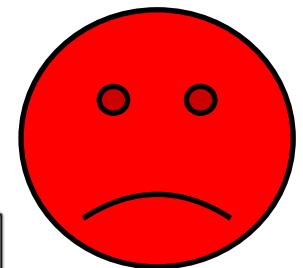
# Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



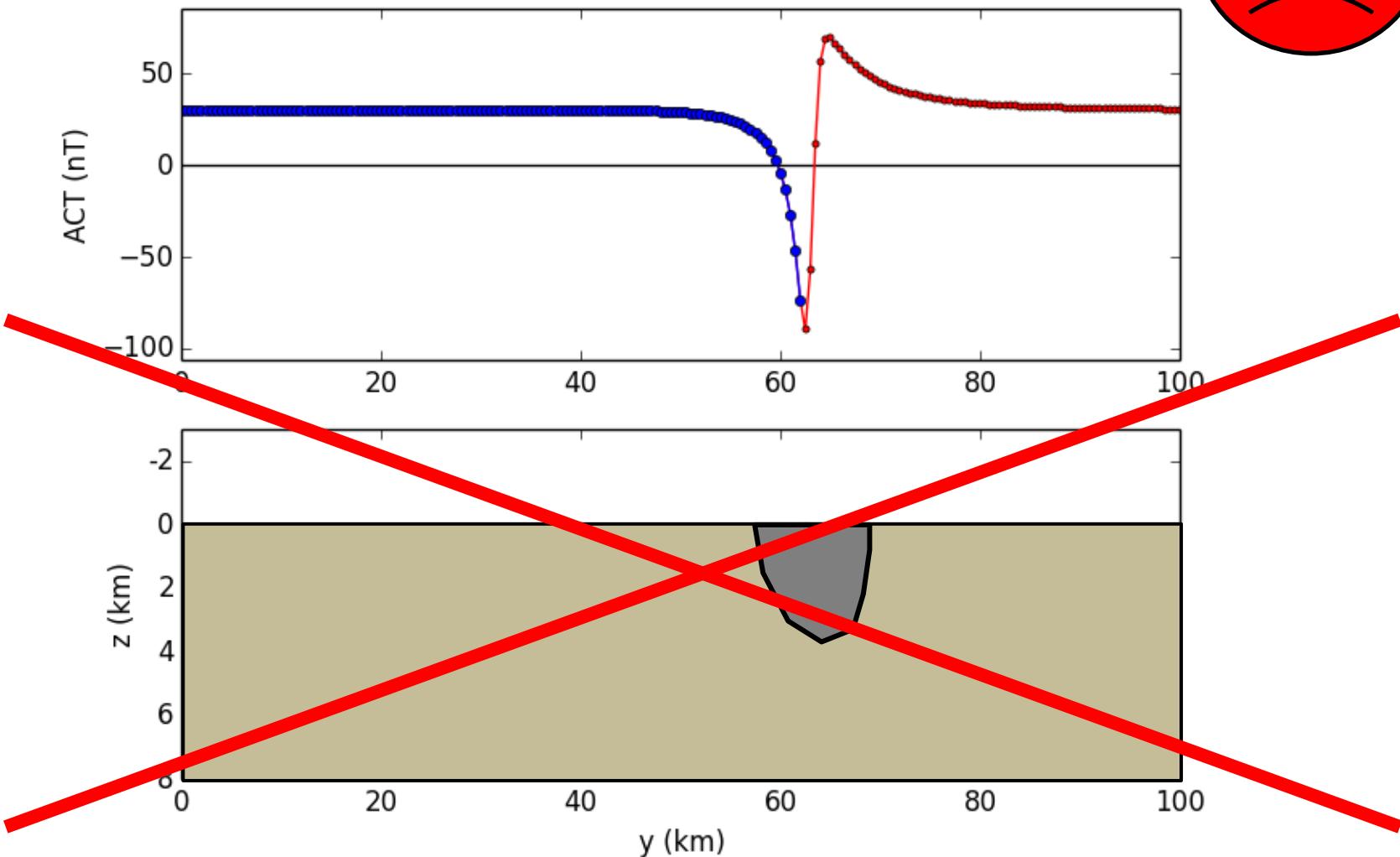
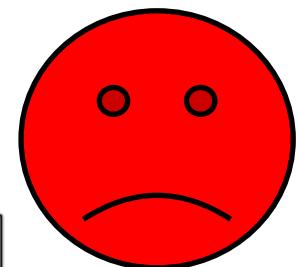
# Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer

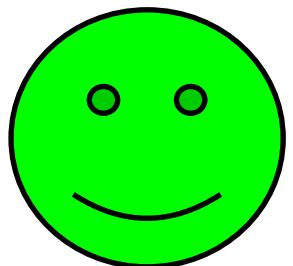


# Deconvolução de Euler

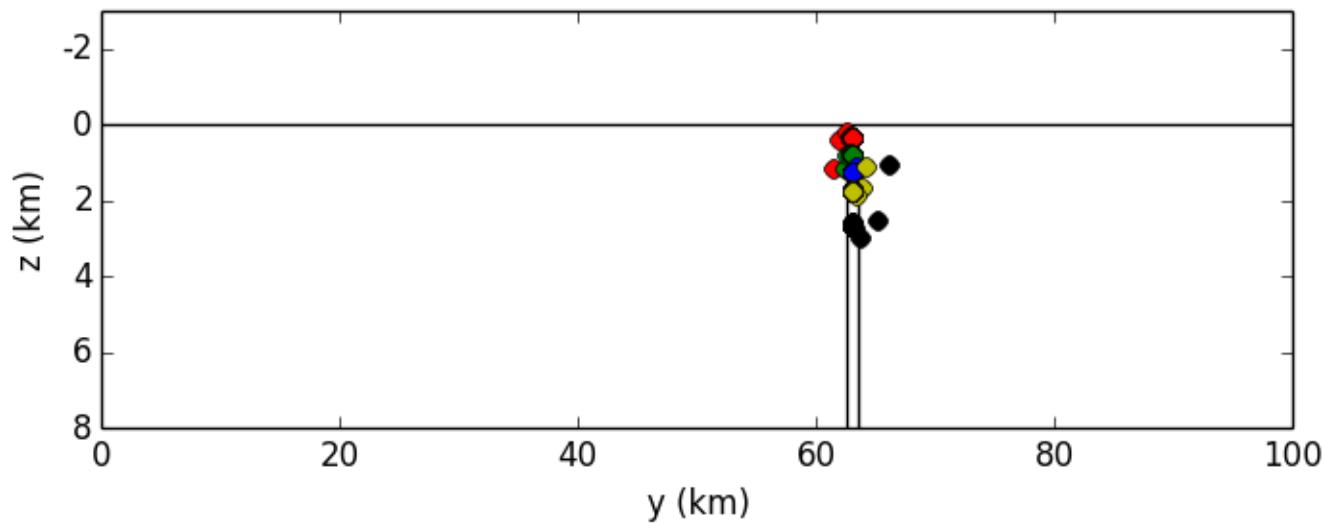
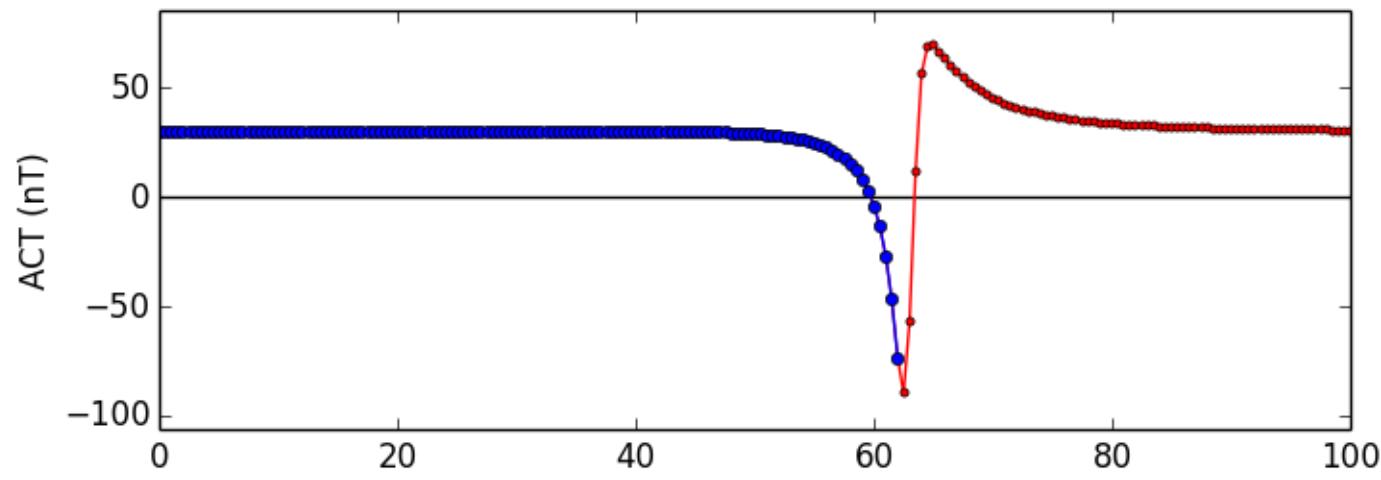
Exemplos do que NÃO se deve fazer



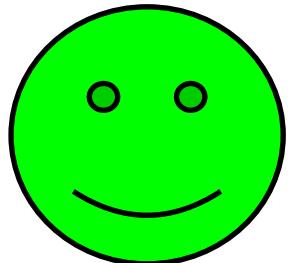
# Deconvolução de Euler



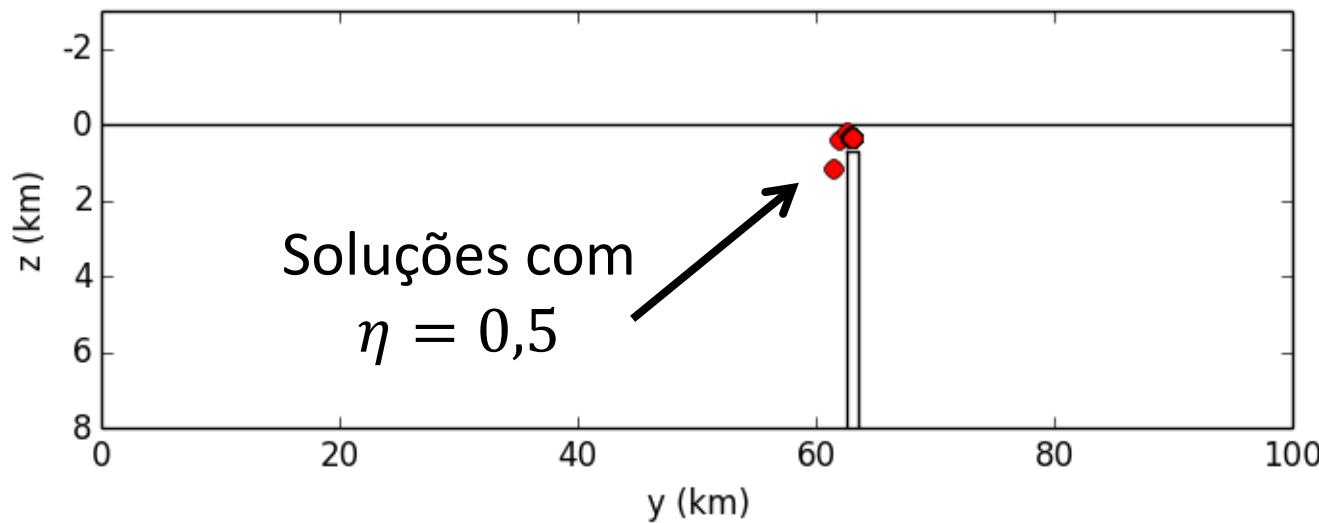
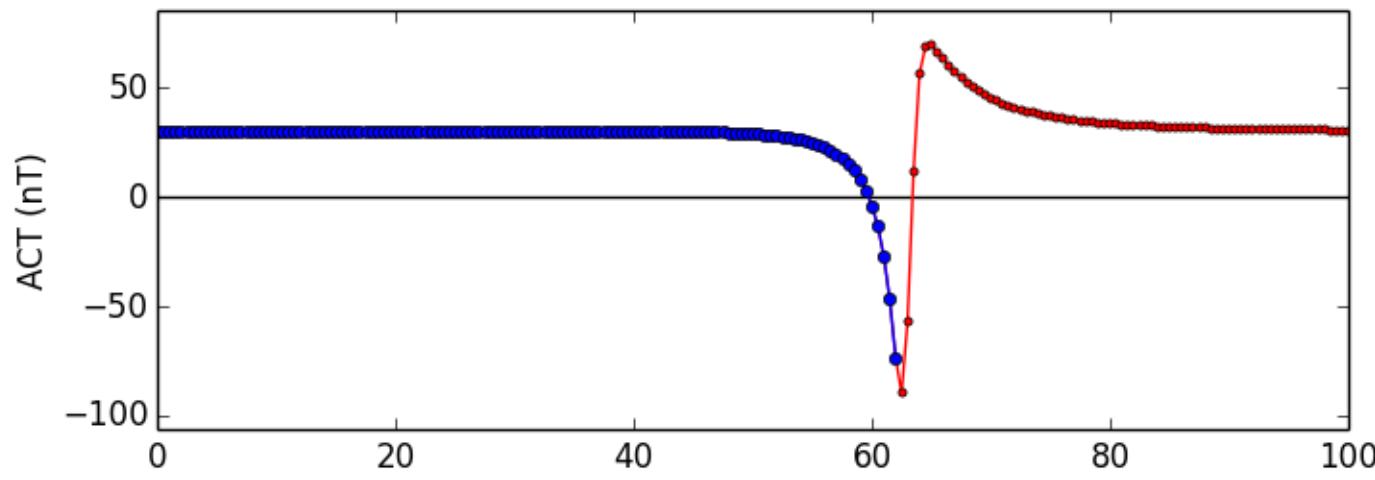
Exemplos do que se pode fazer



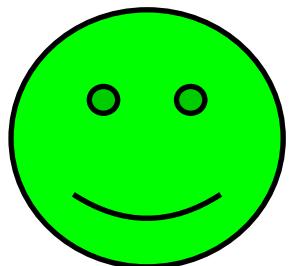
# Deconvolução de Euler



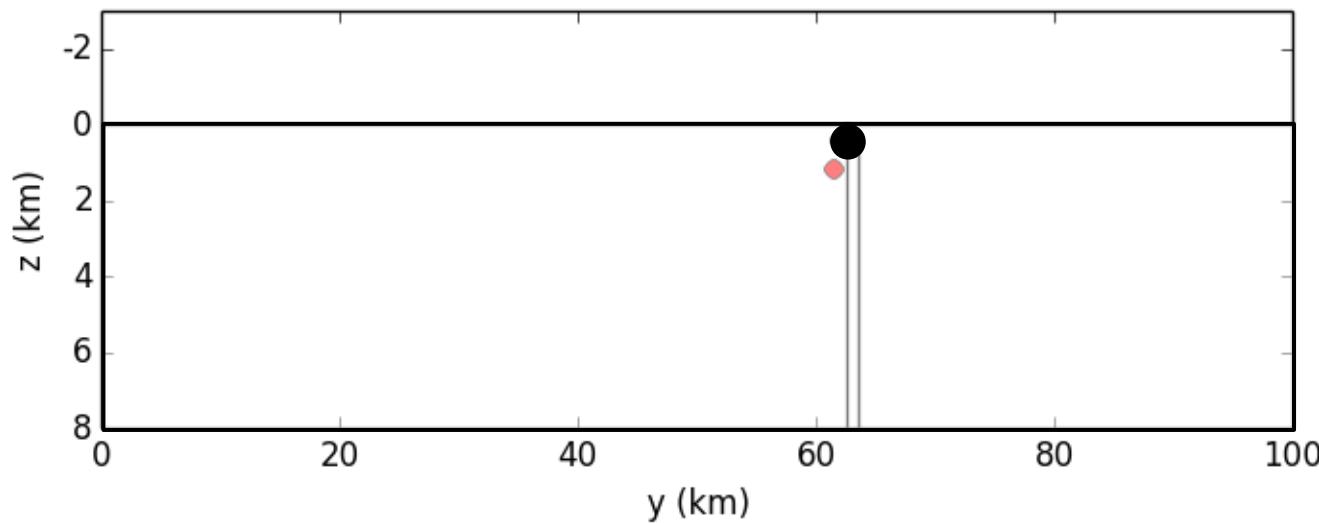
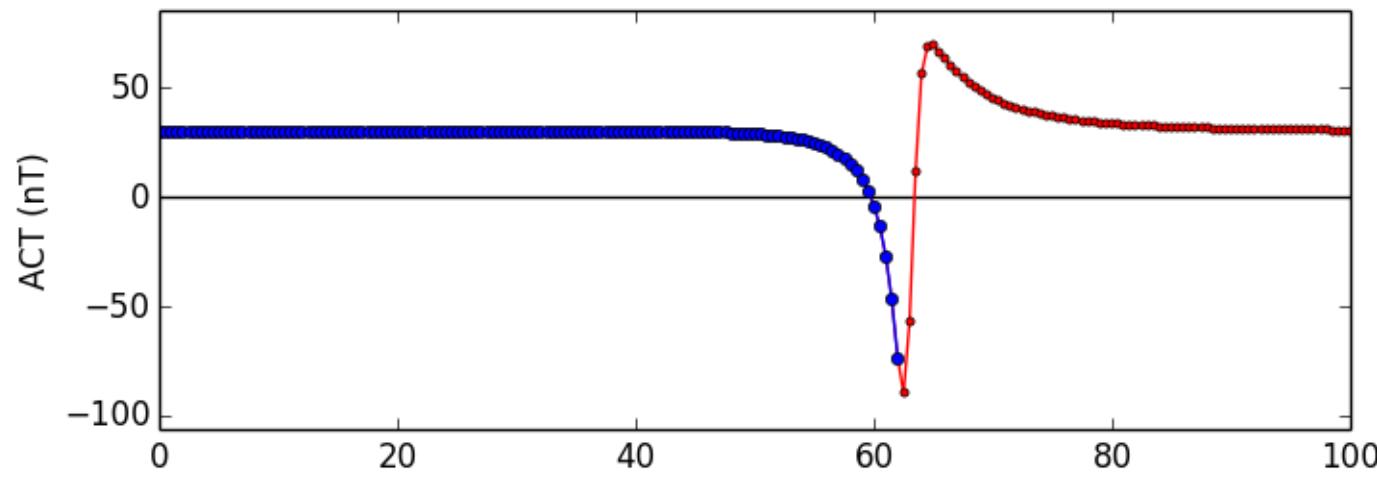
Exemplos do que se pode fazer



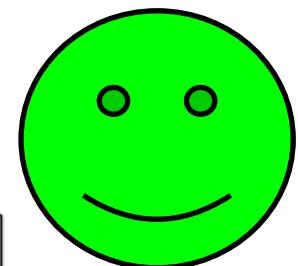
# Deconvolução de Euler



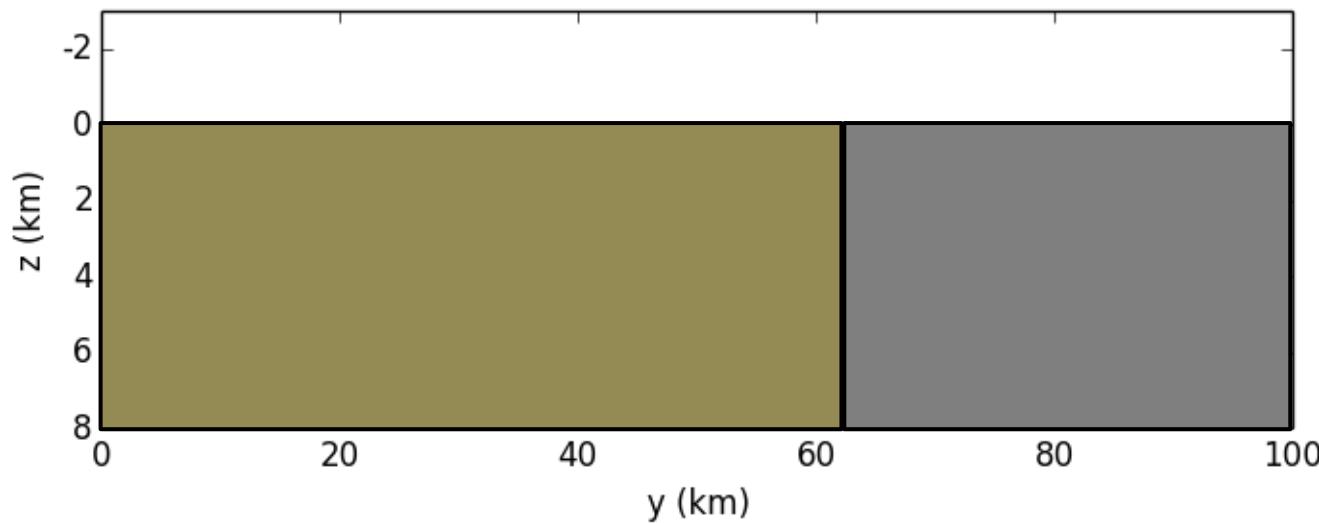
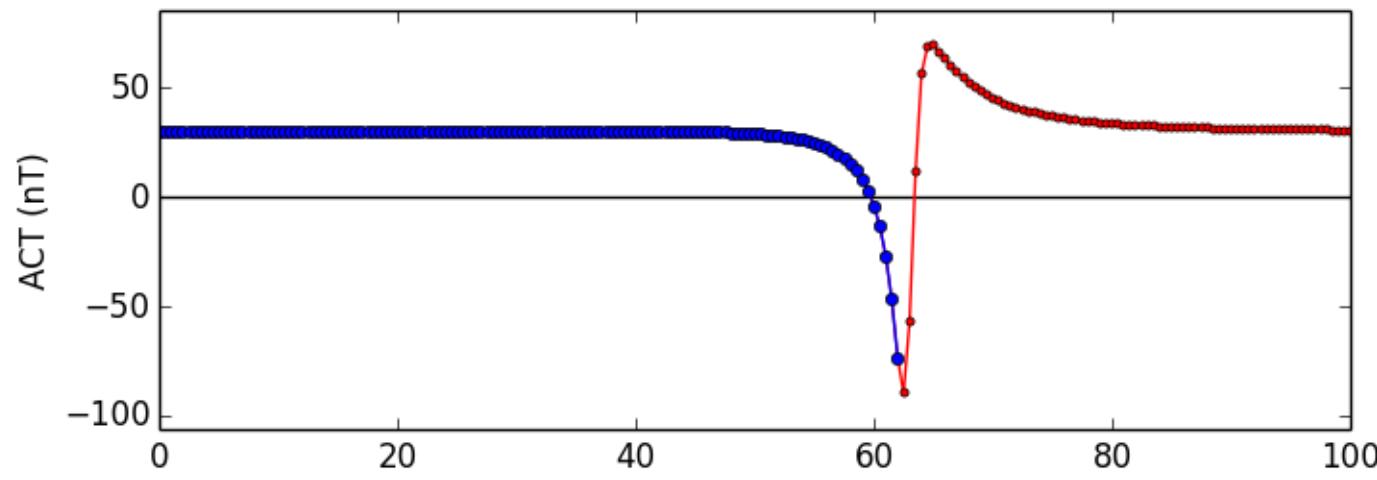
Exemplos do que se pode fazer



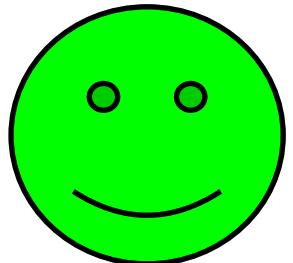
# Deconvolução de Euler



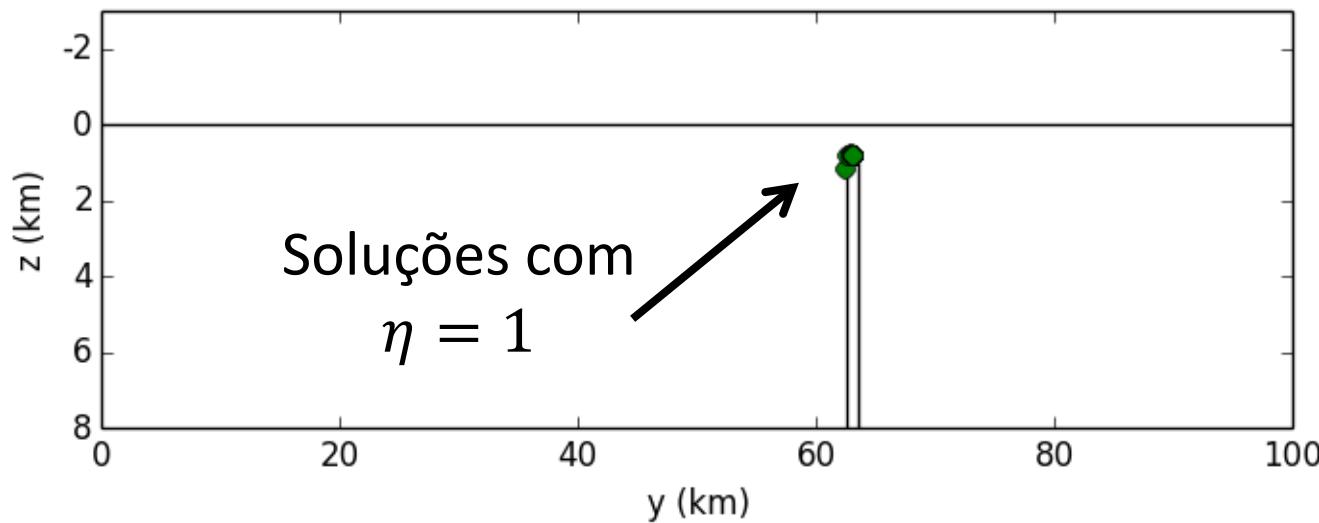
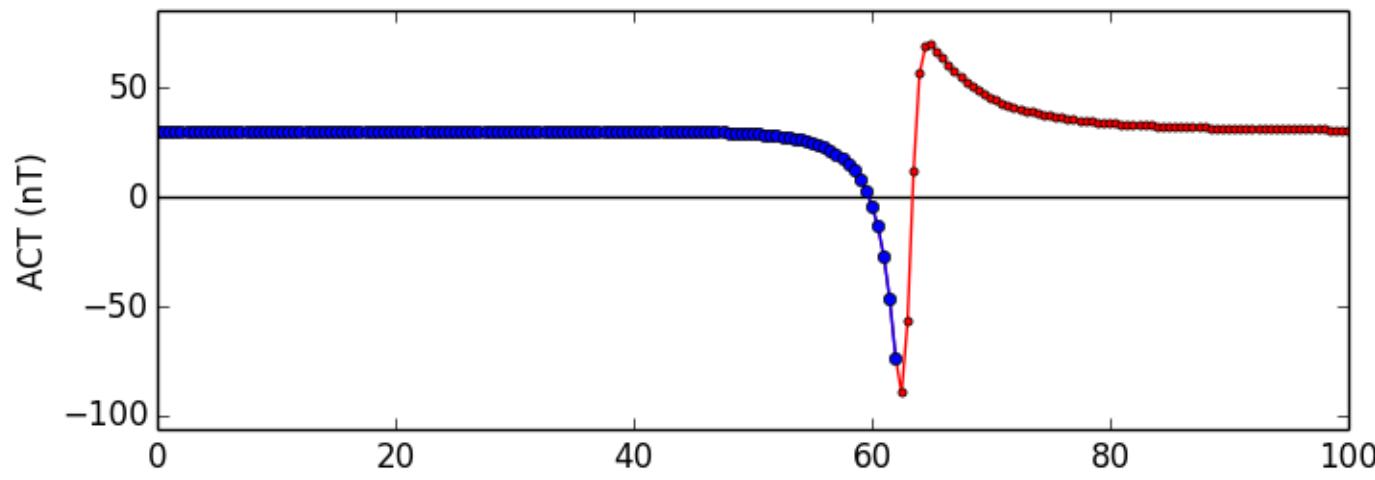
Exemplos do que se pode fazer



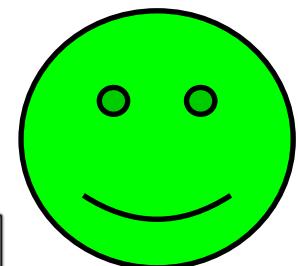
# Deconvolução de Euler



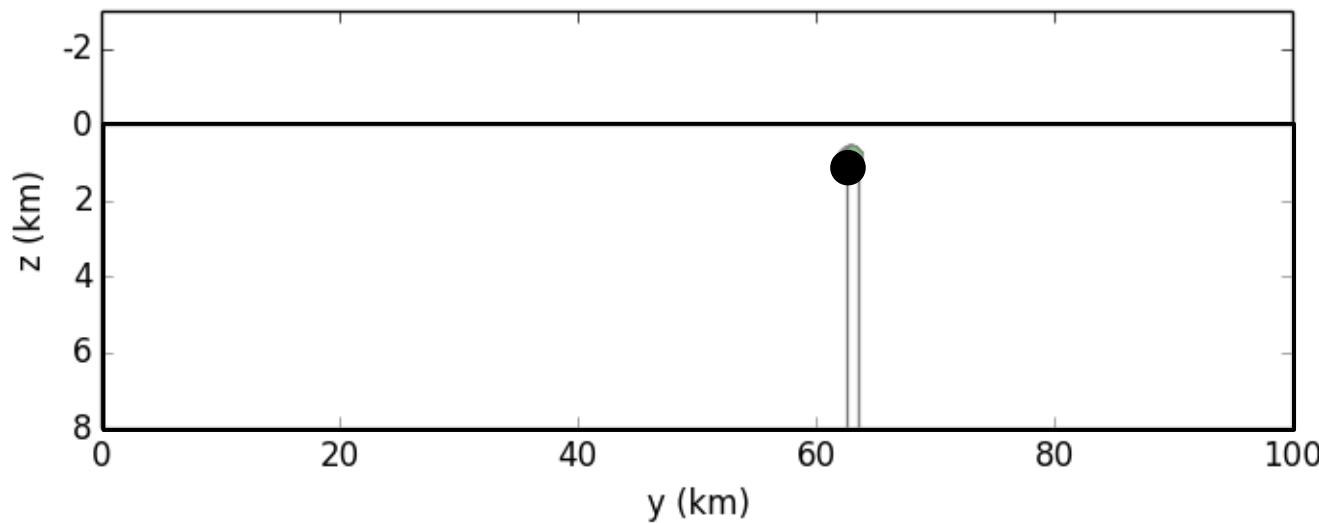
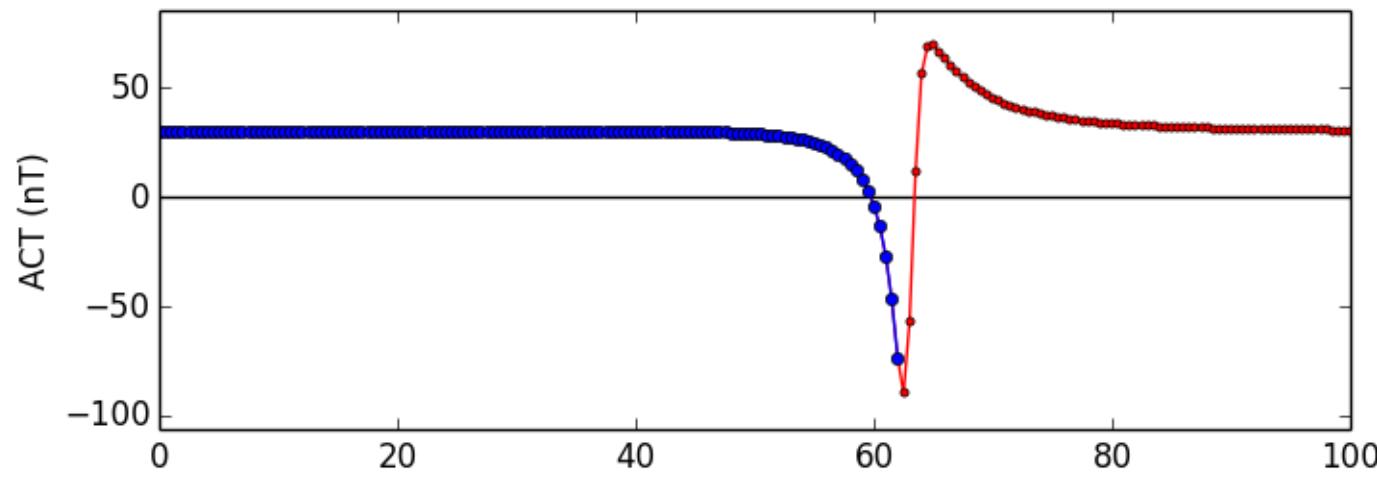
Exemplos do que se pode fazer



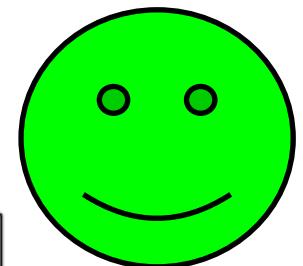
# Deconvolução de Euler



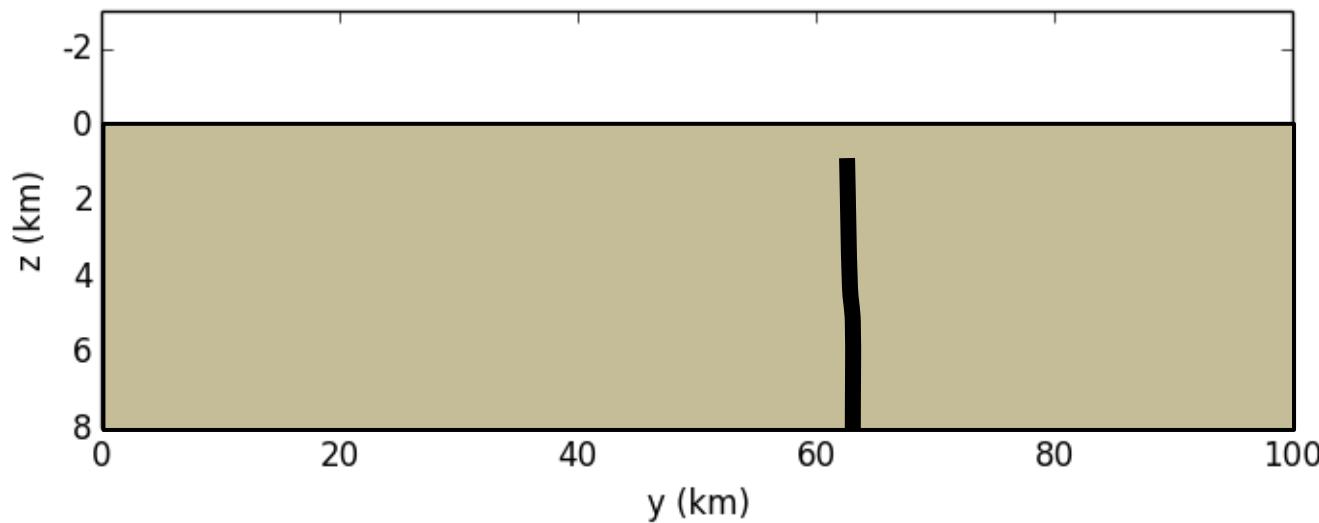
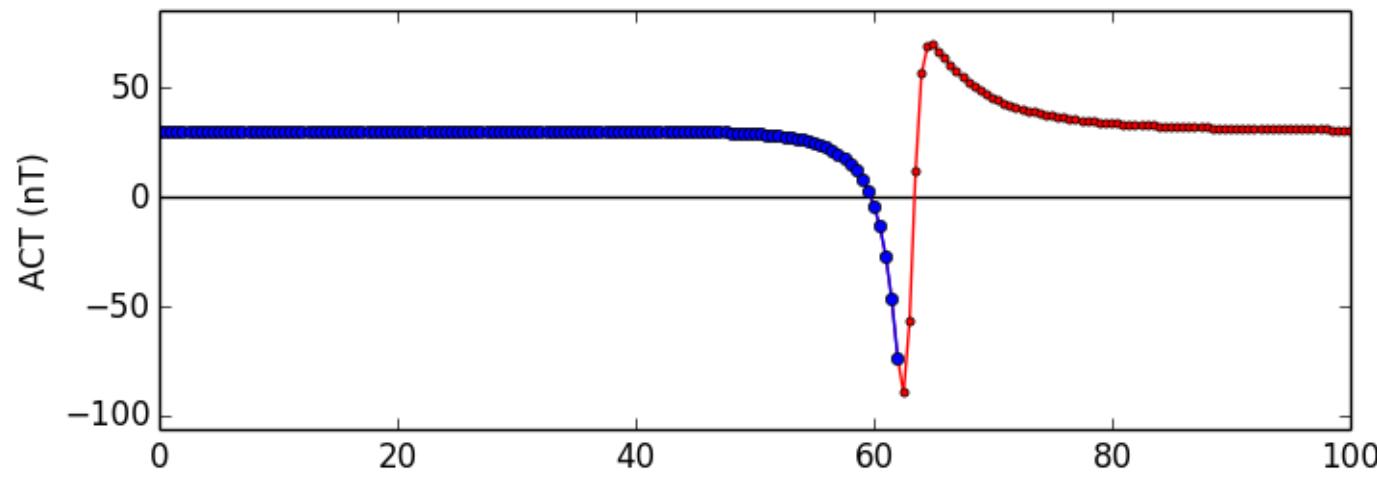
Exemplos do que se pode fazer



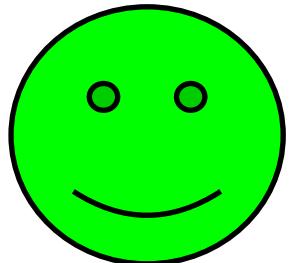
# Deconvolução de Euler



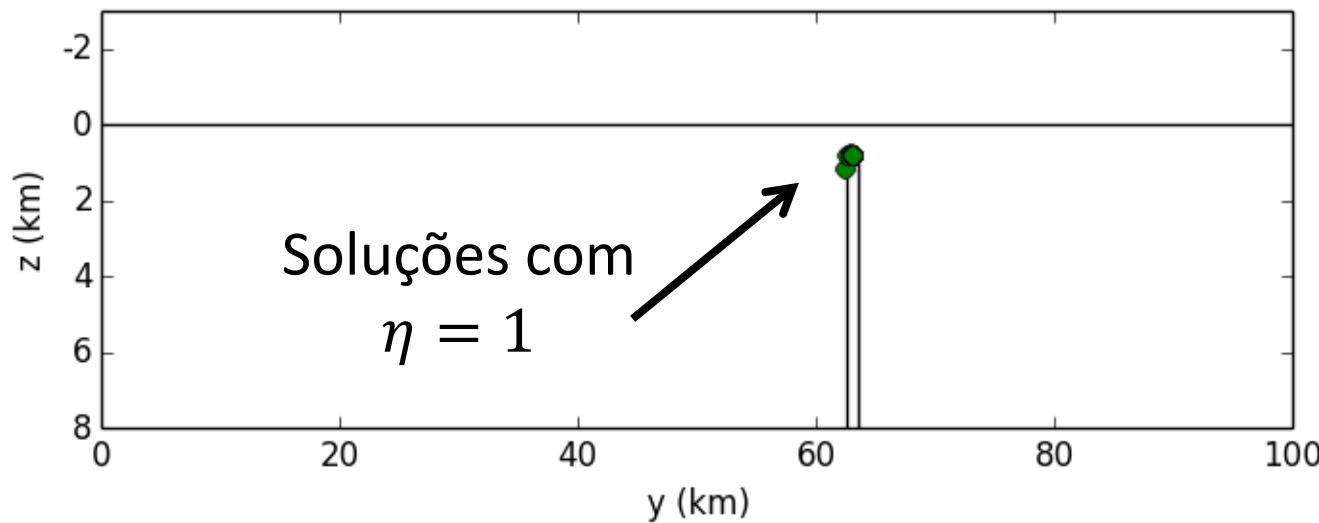
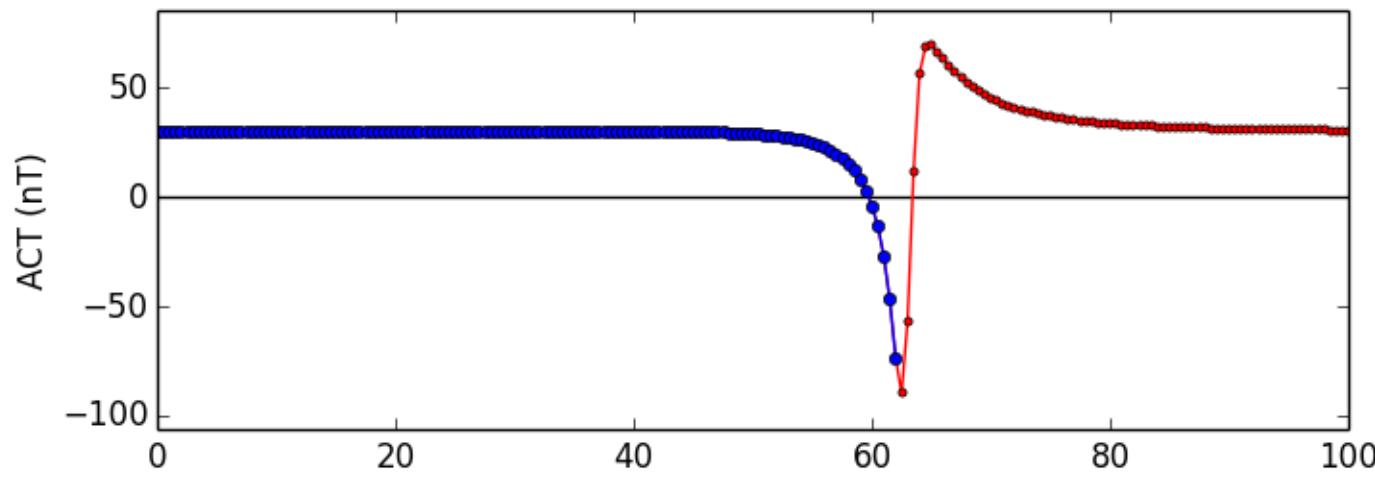
Exemplos do que se pode fazer



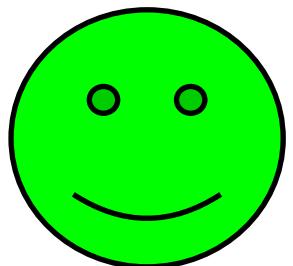
# Deconvolução de Euler



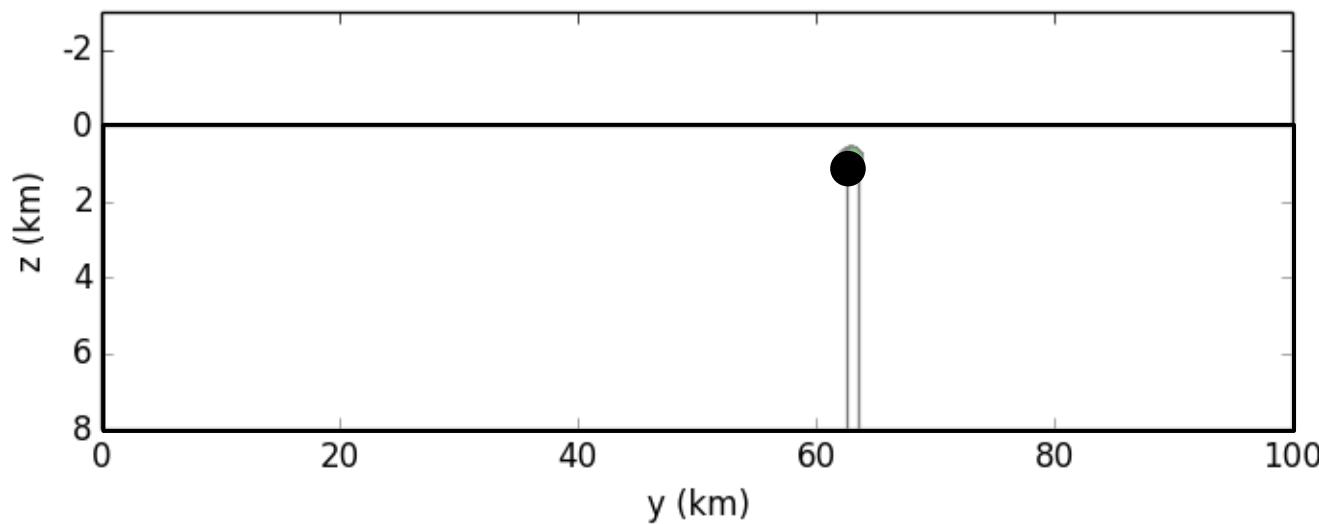
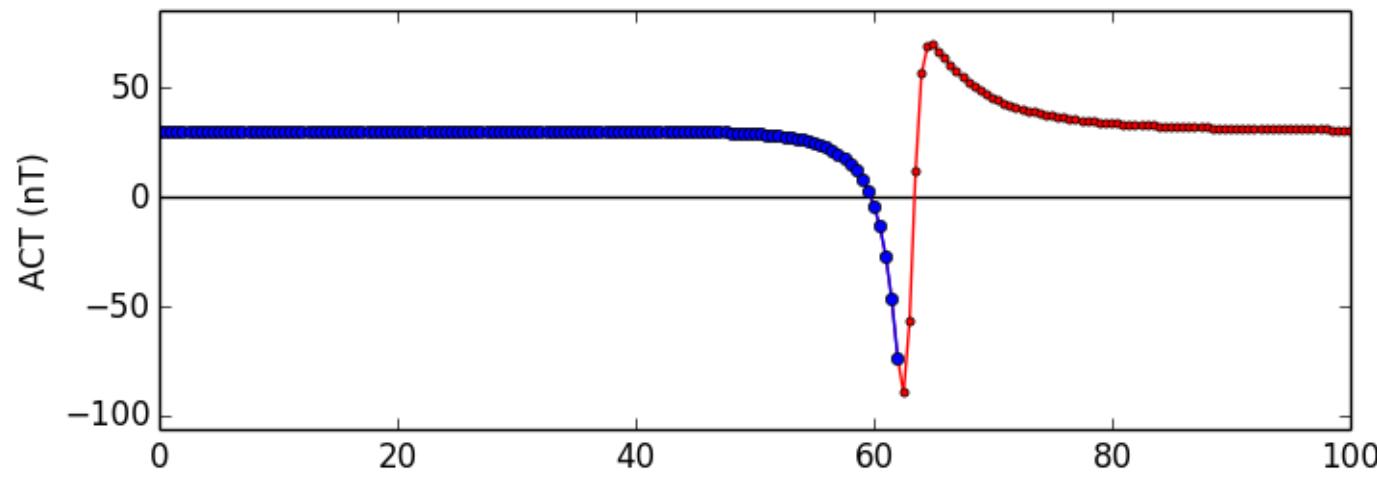
Exemplos do que se pode fazer



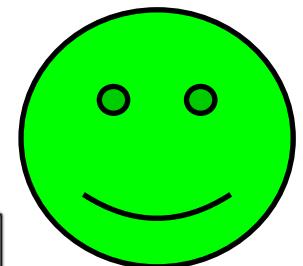
# Deconvolução de Euler



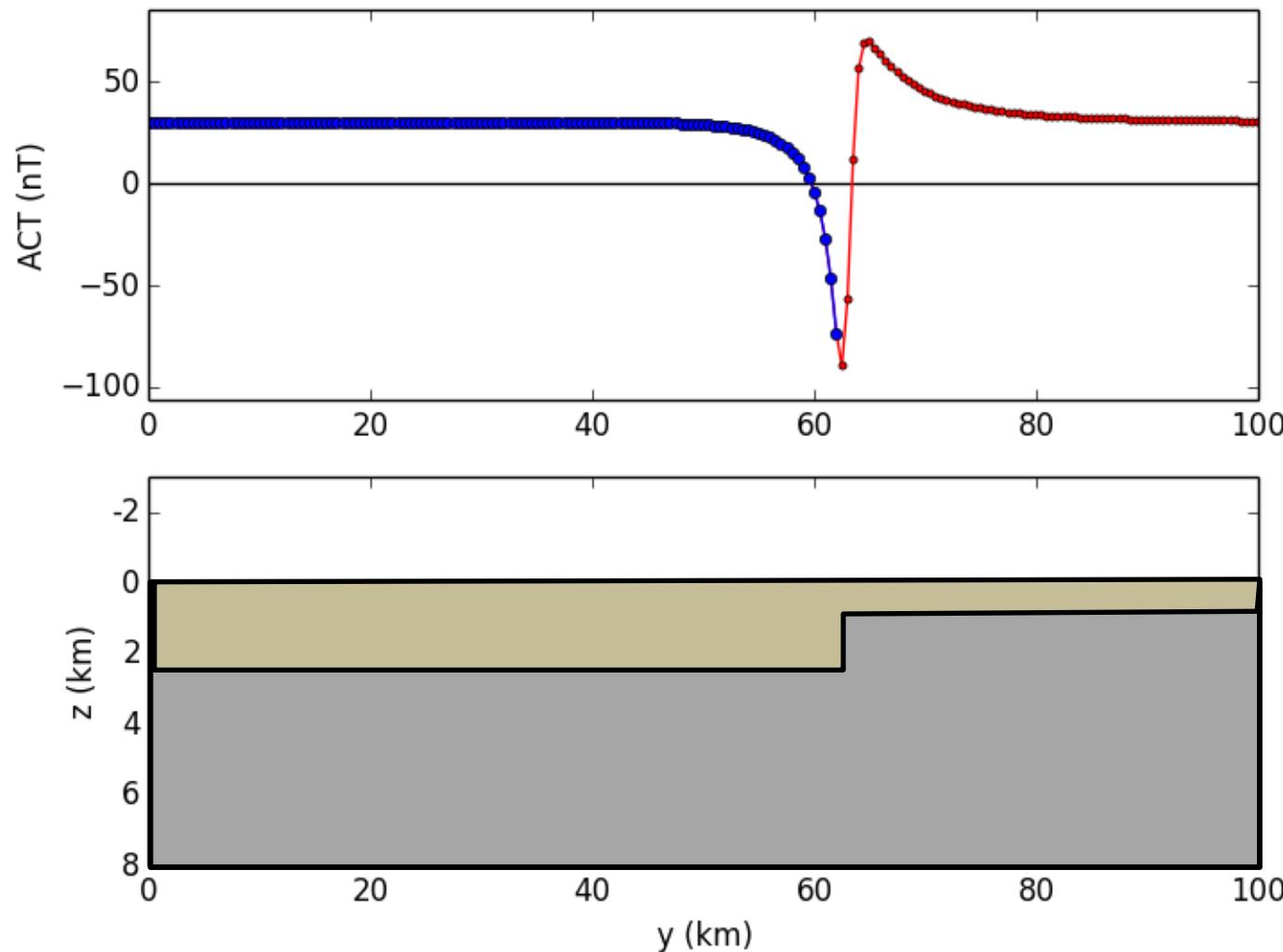
Exemplos do que se pode fazer



# Deconvolução de Euler

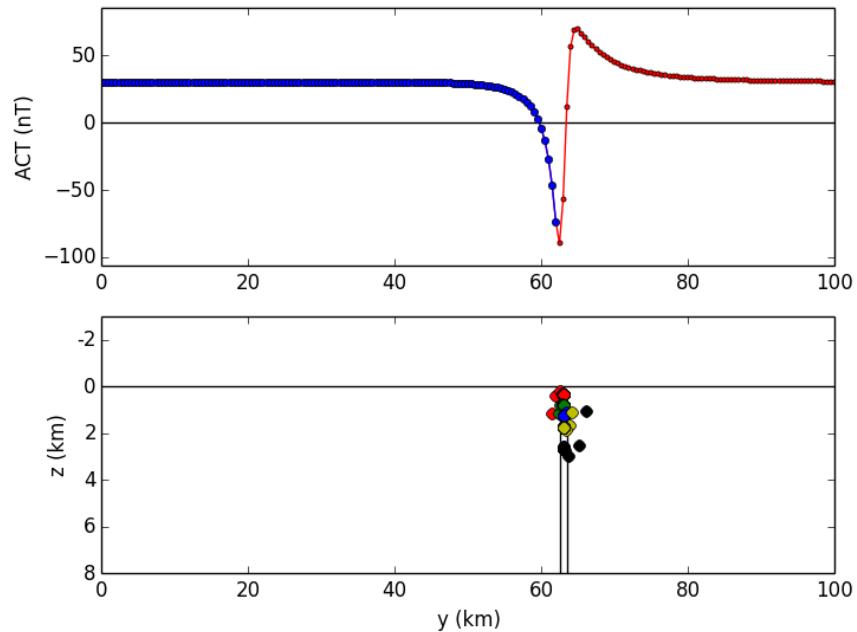


Exemplos do que se pode fazer



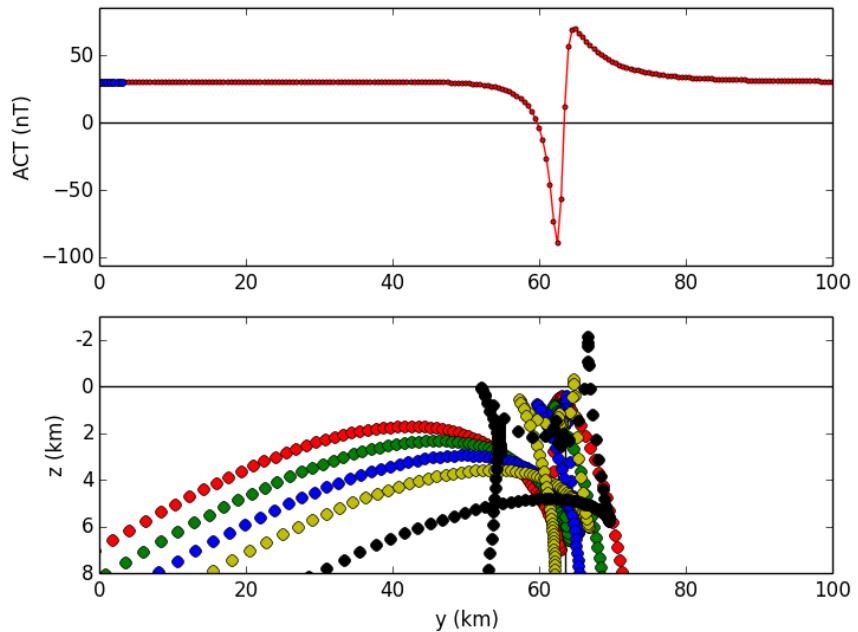
# Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

Janelas pequenas



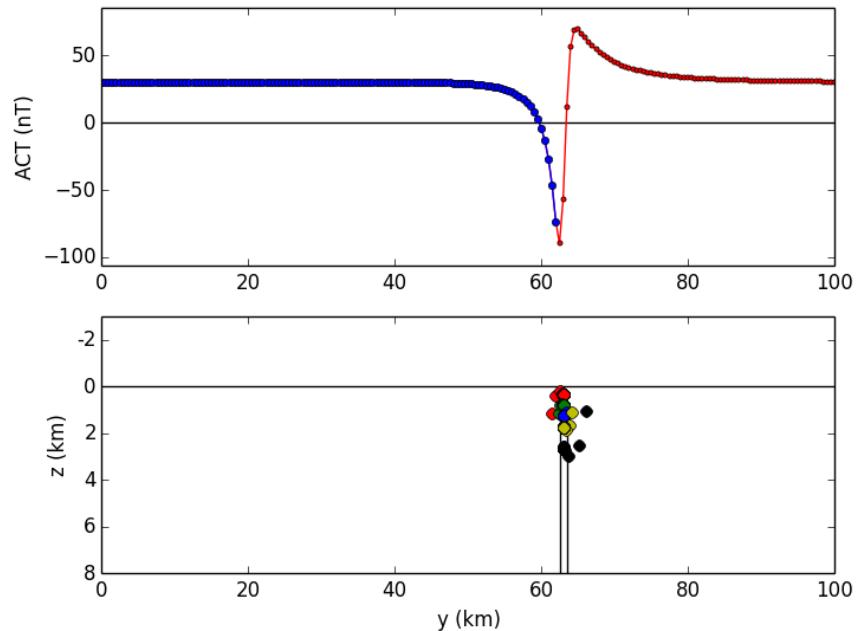
Muitas estimativas

A escolha do tamanho das janelas é algo empírico

O formato da “nuvem de soluções” não tem relação direta com o formato da fonte

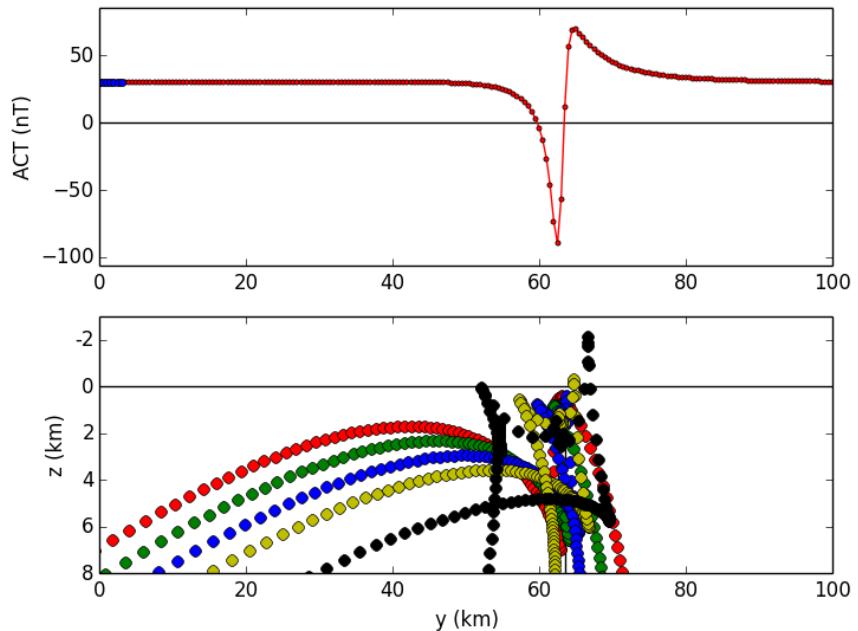
# Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

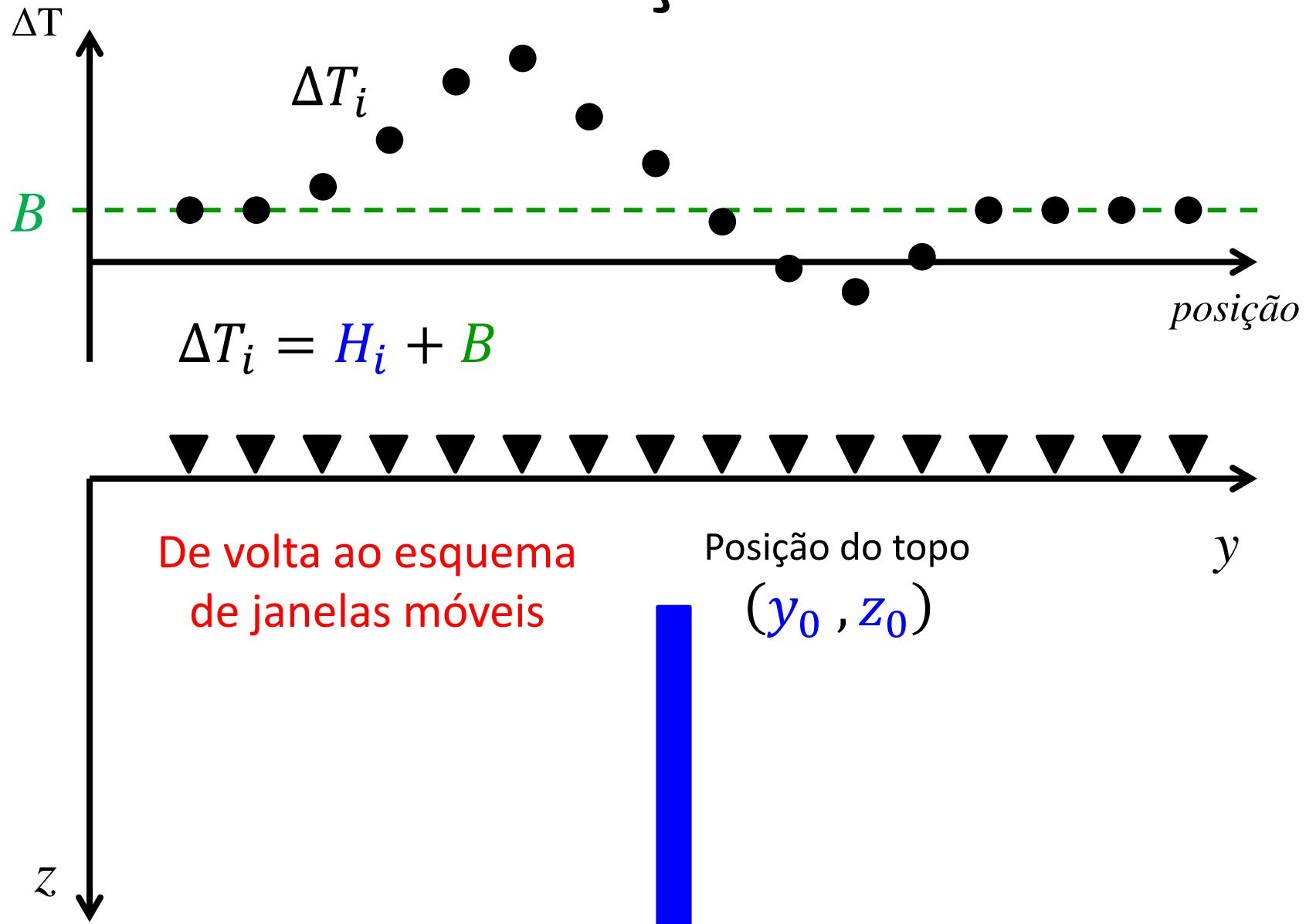
Janelas pequenas



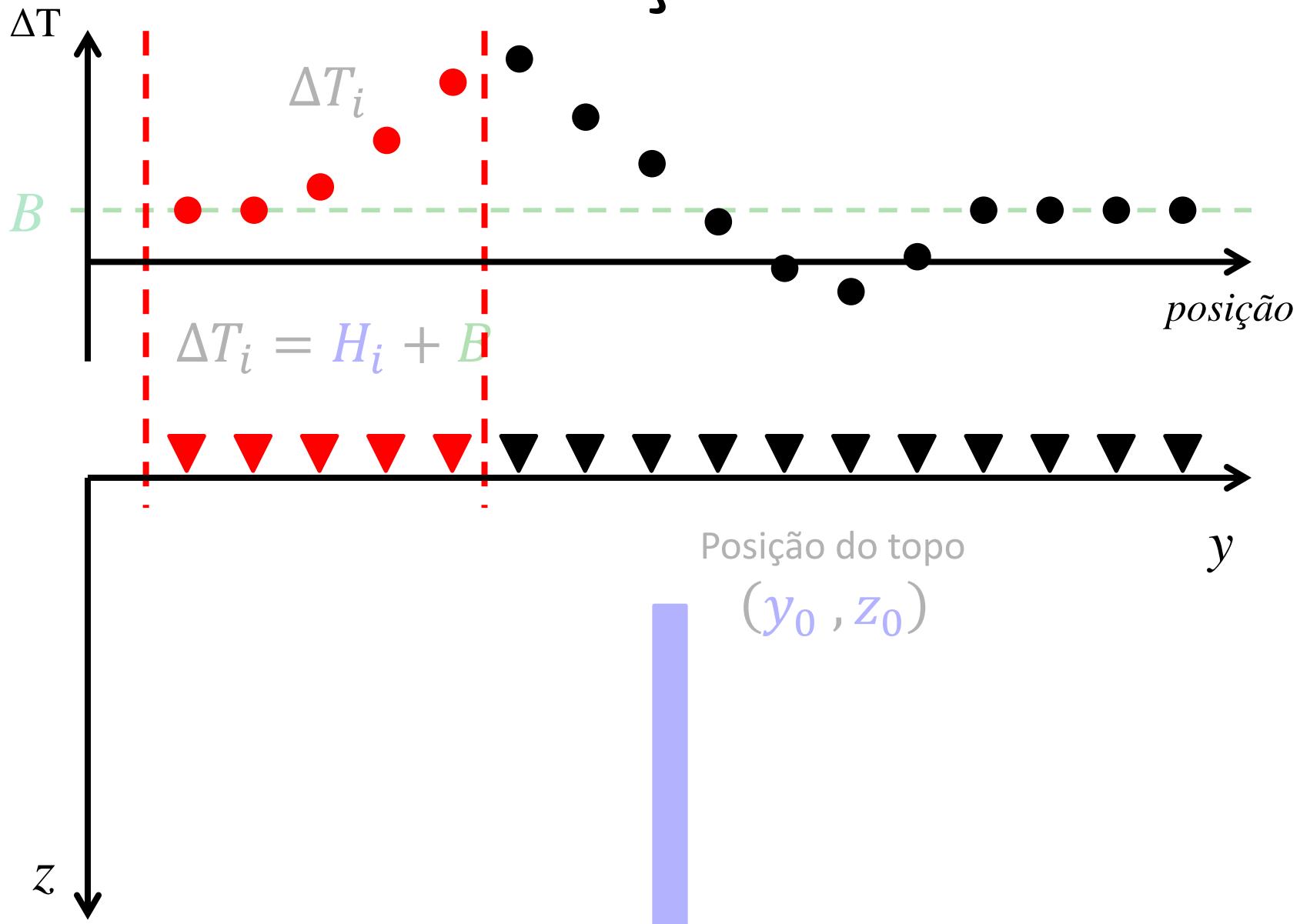
Muitas estimativas

É possível tirar proveito dessa “nuvem de soluções” de uma maneira relativamente simples

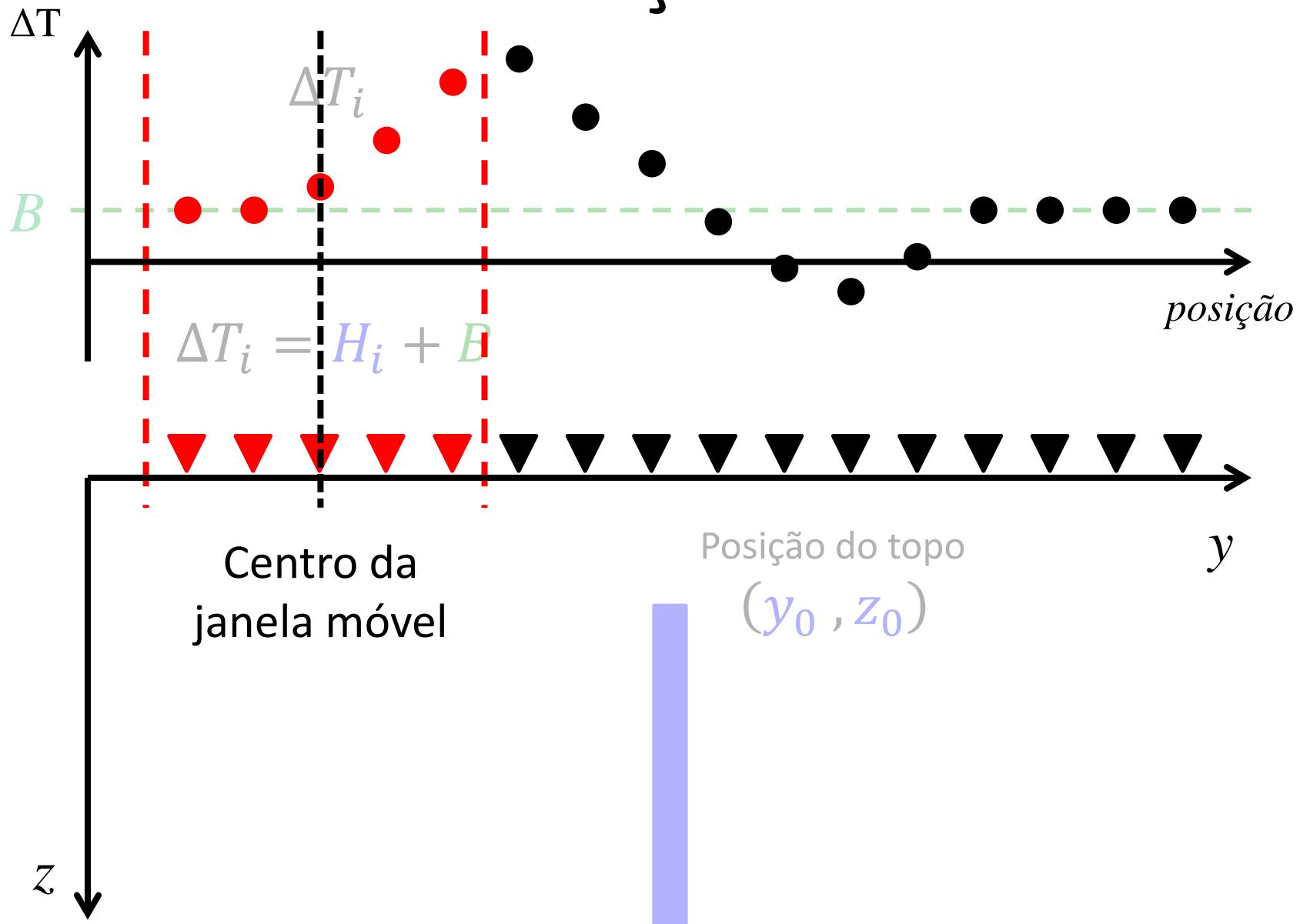
# Deconvolução de Euler



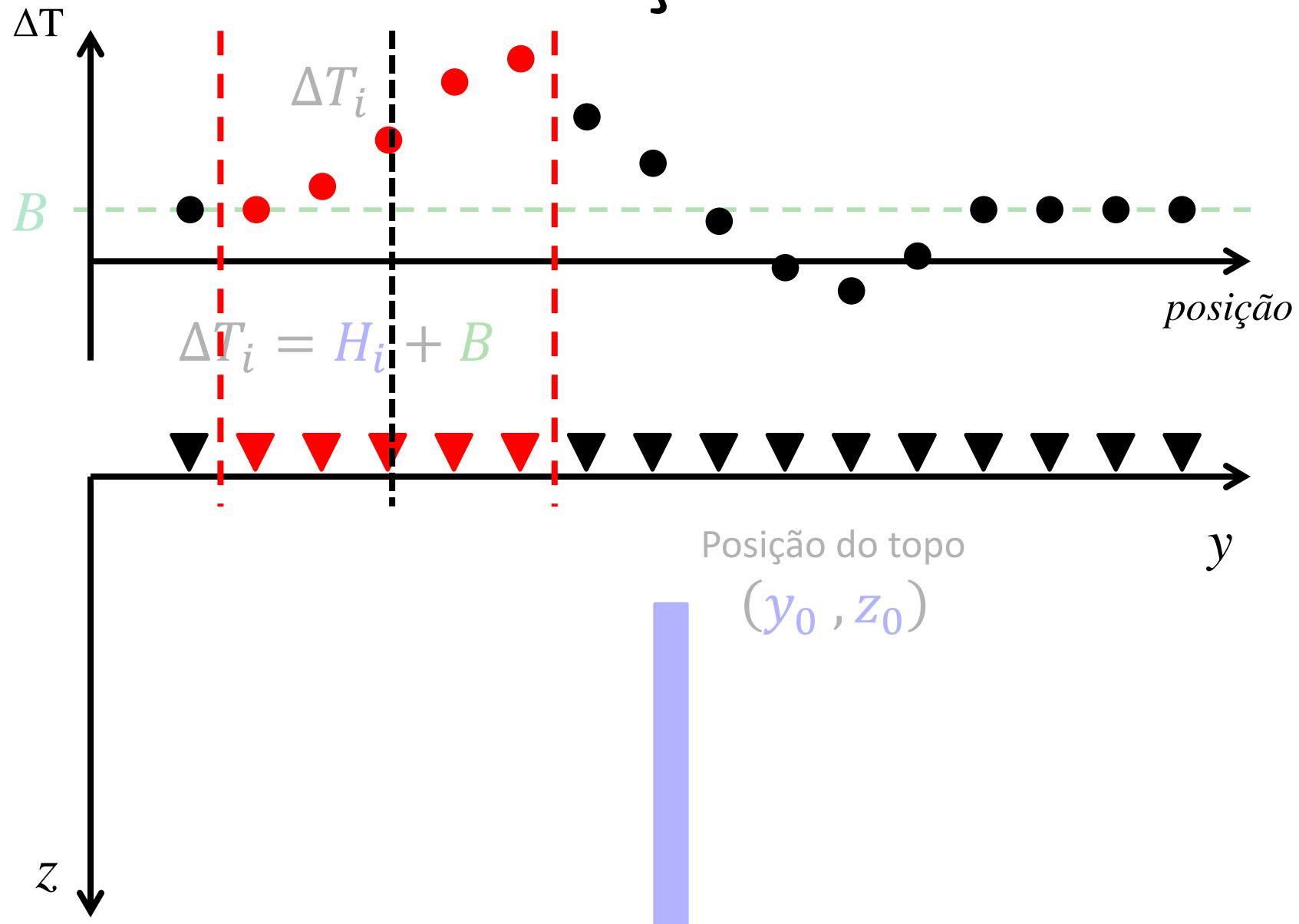
# Deconvolução de Euler



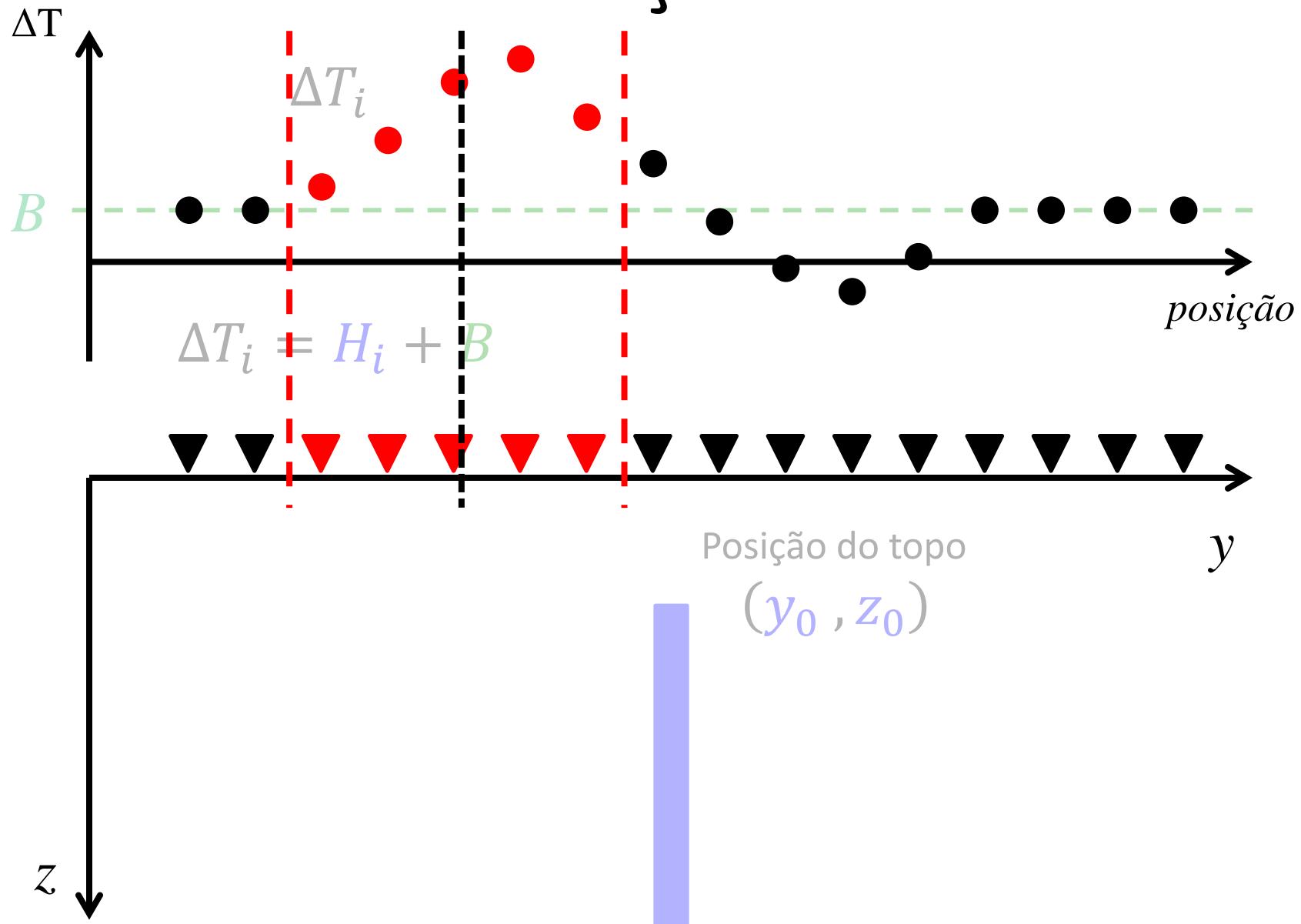
# Deconvolução de Euler



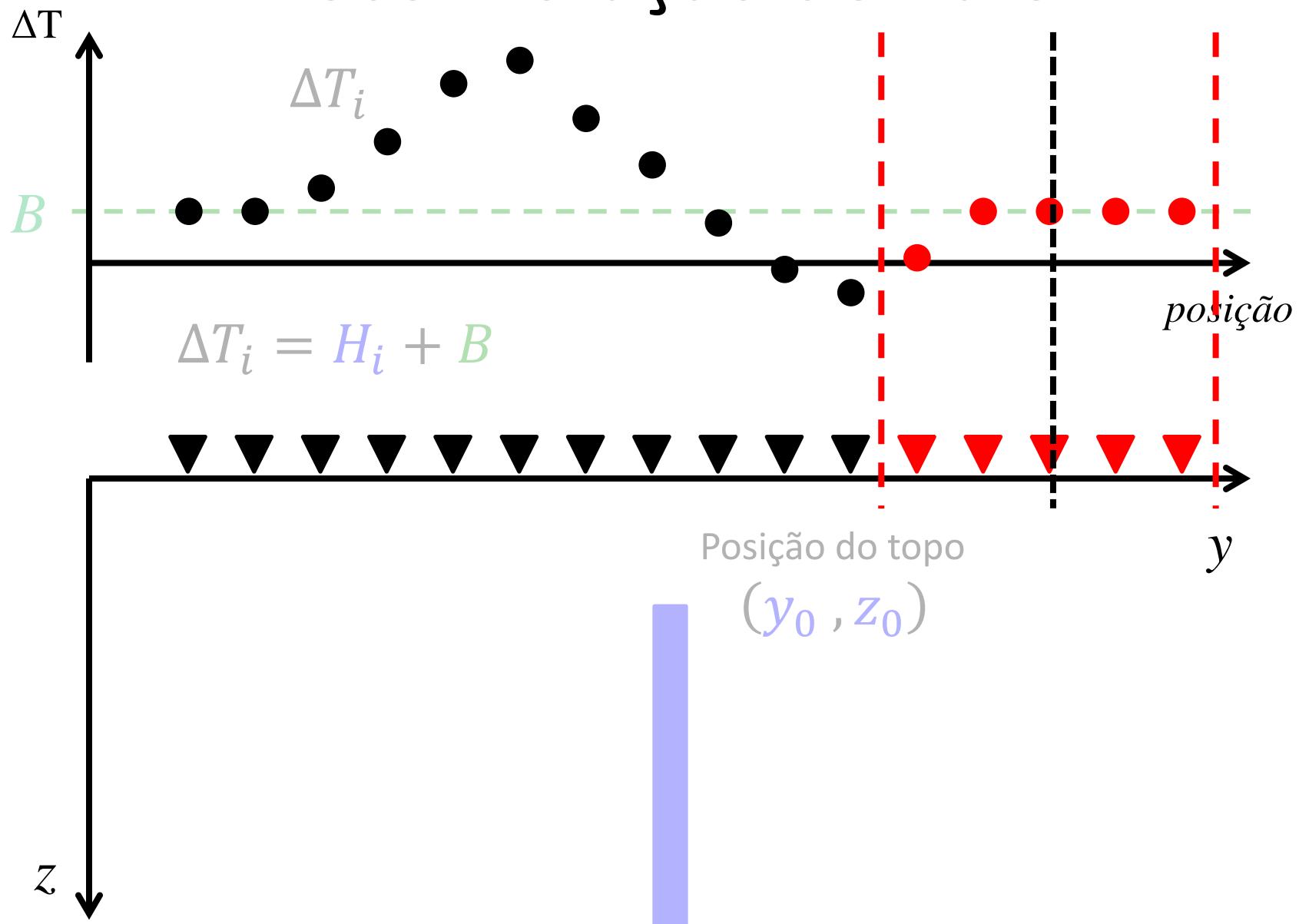
# Deconvolução de Euler



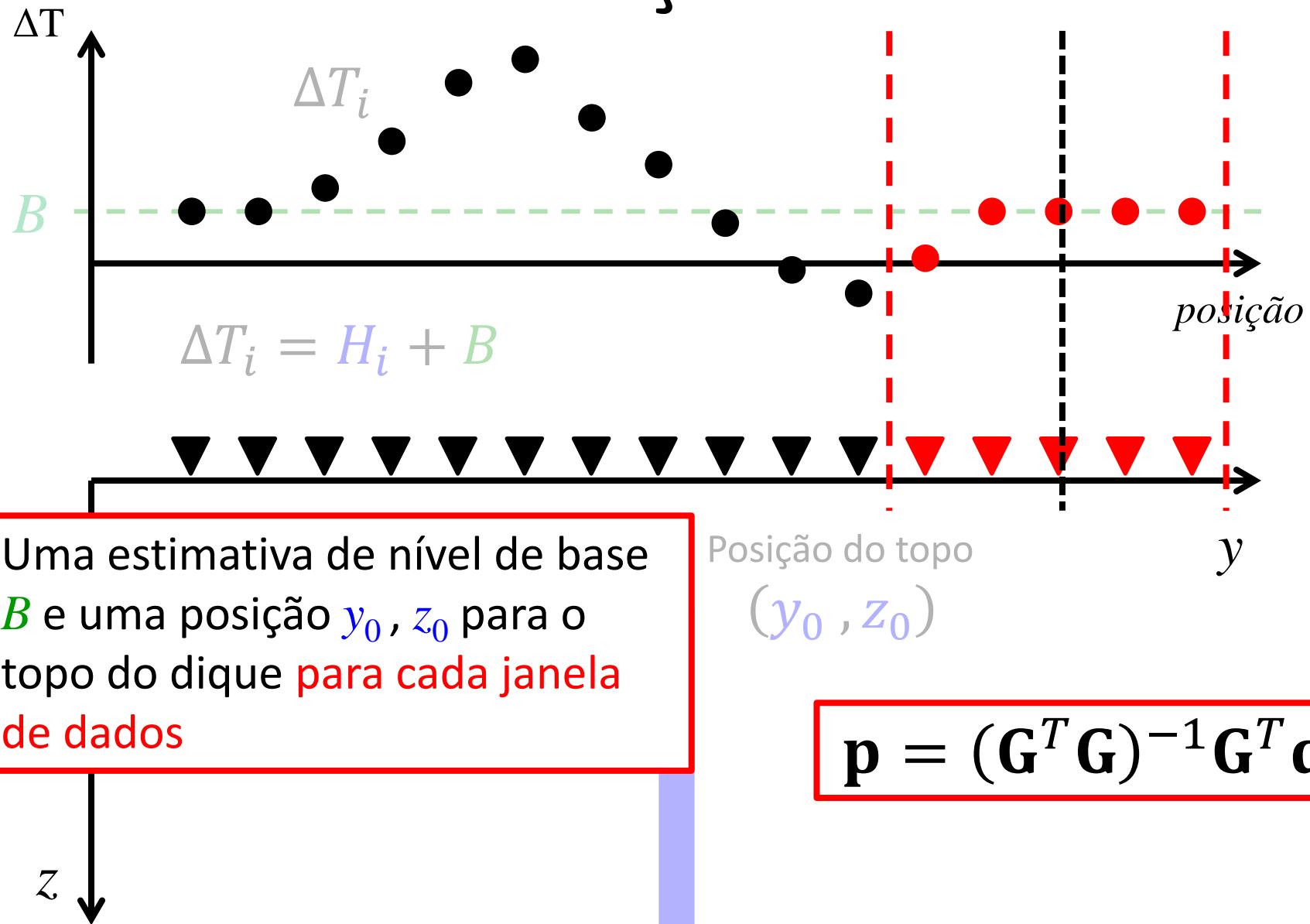
# Deconvolução de Euler



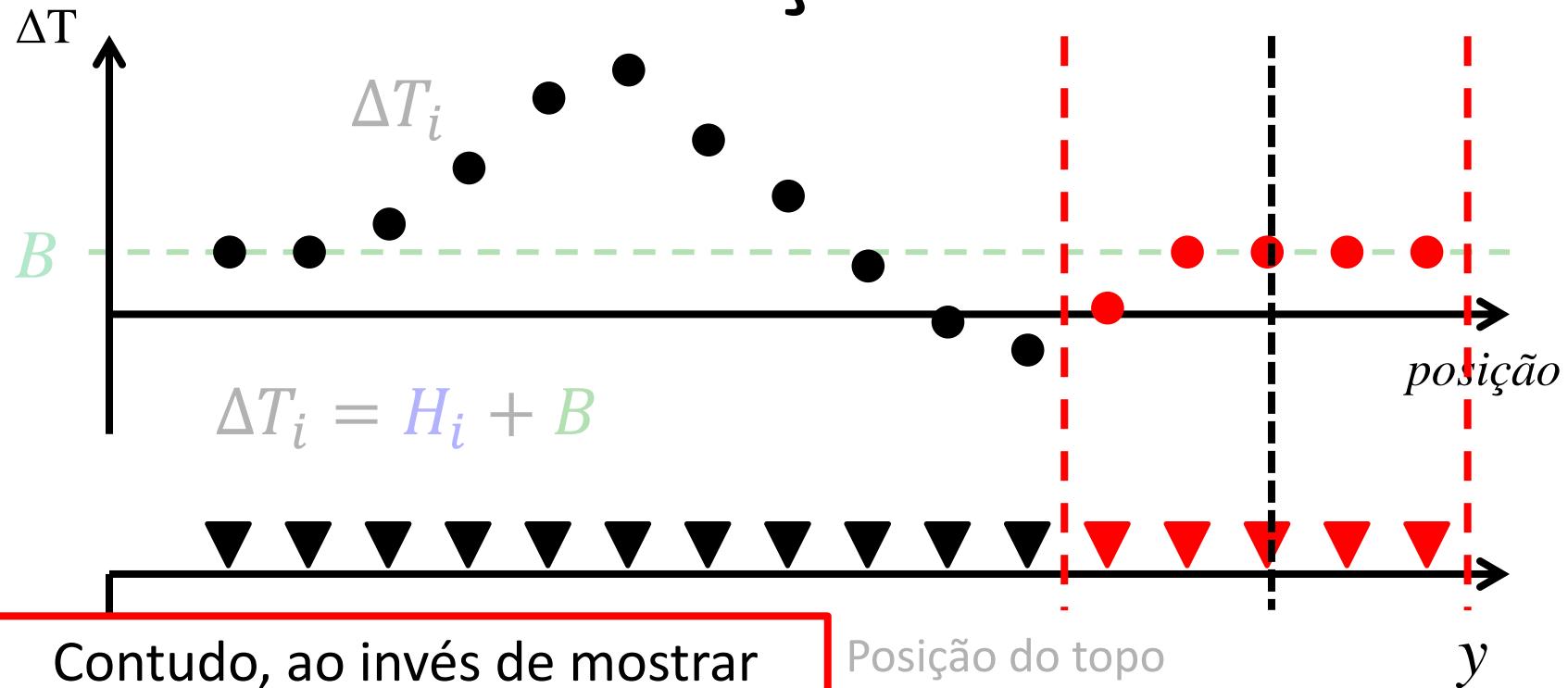
# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler



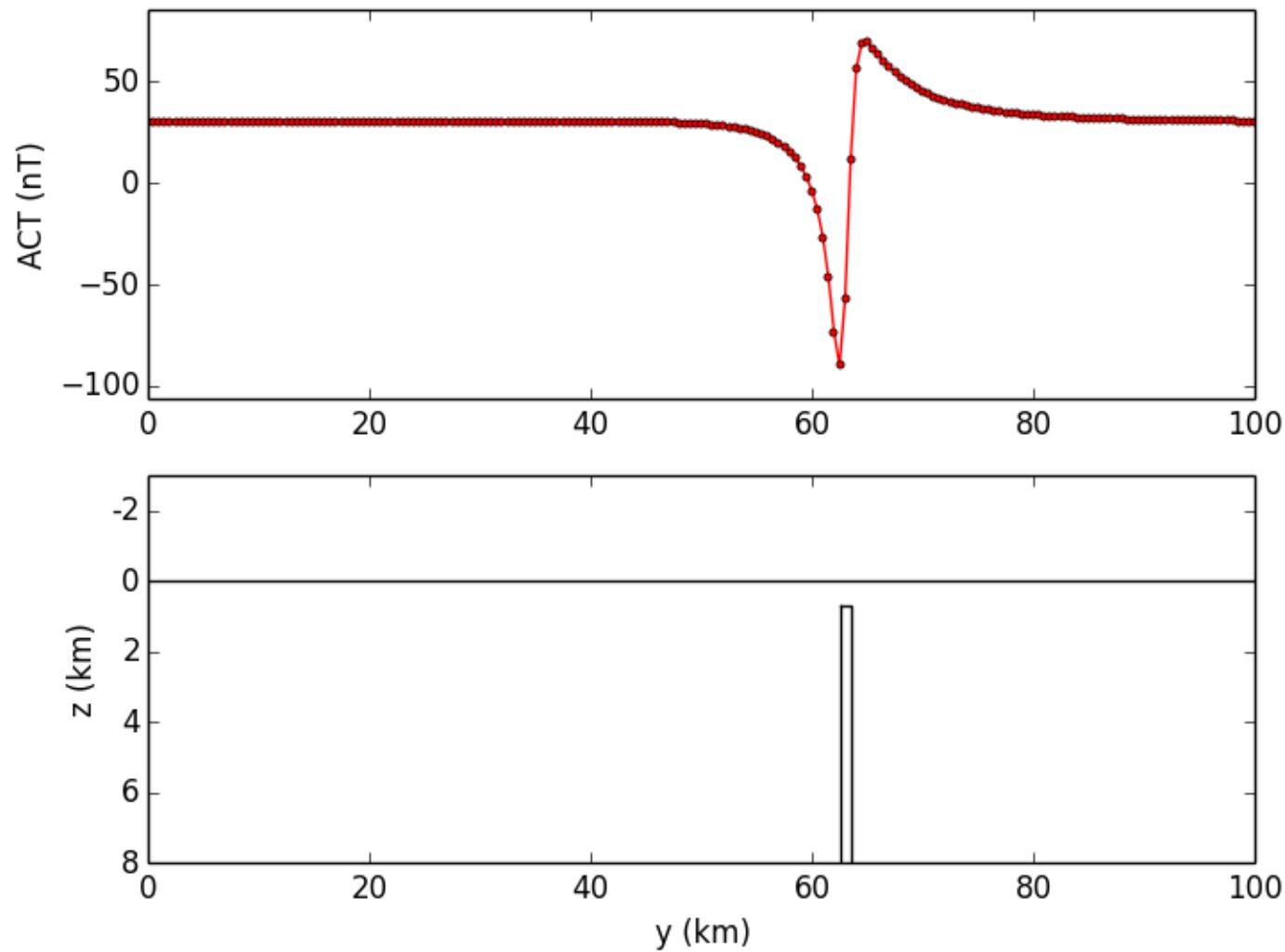
# Deconvolução de Euler



Contudo, ao invés de mostrar todas as soluções na região das fontes, faça um gráfico das estimativas  $y_0$  em função da coordenada do centro de cada janela

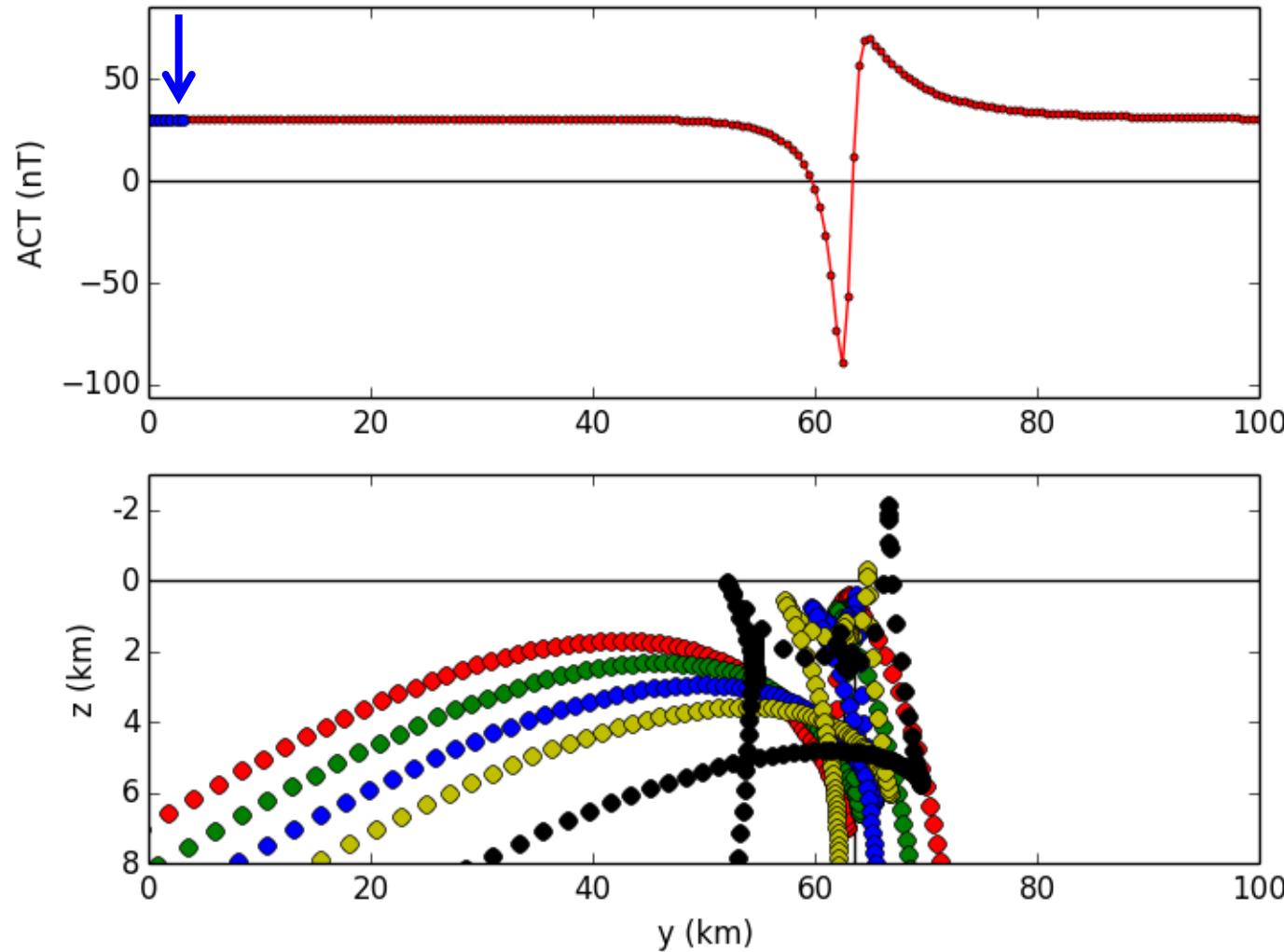
$$\mathbf{p} = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T \mathbf{d}$$

# Deconvolução de Euler



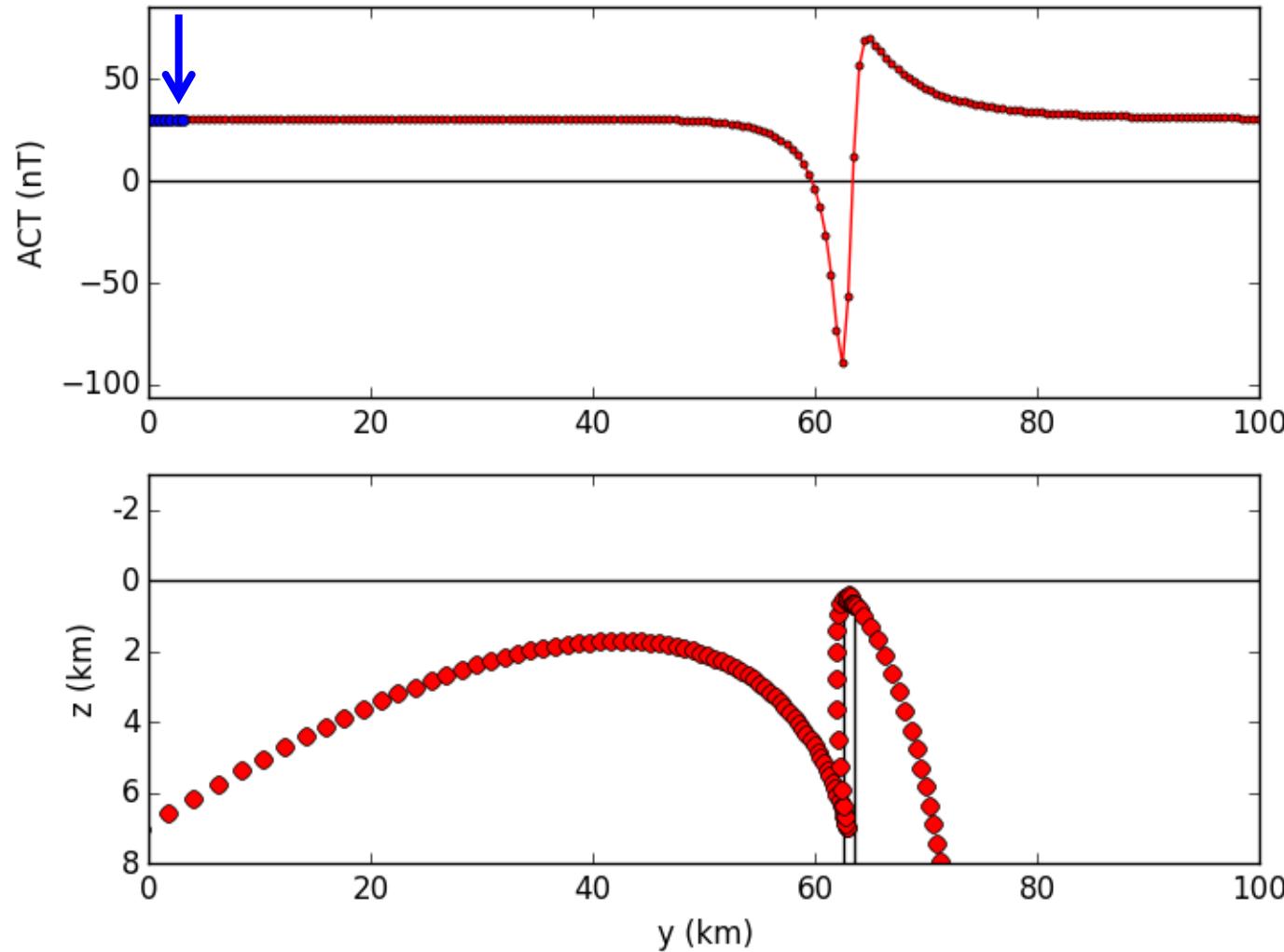
# Deconvolução de Euler

Janelas de 7 dados



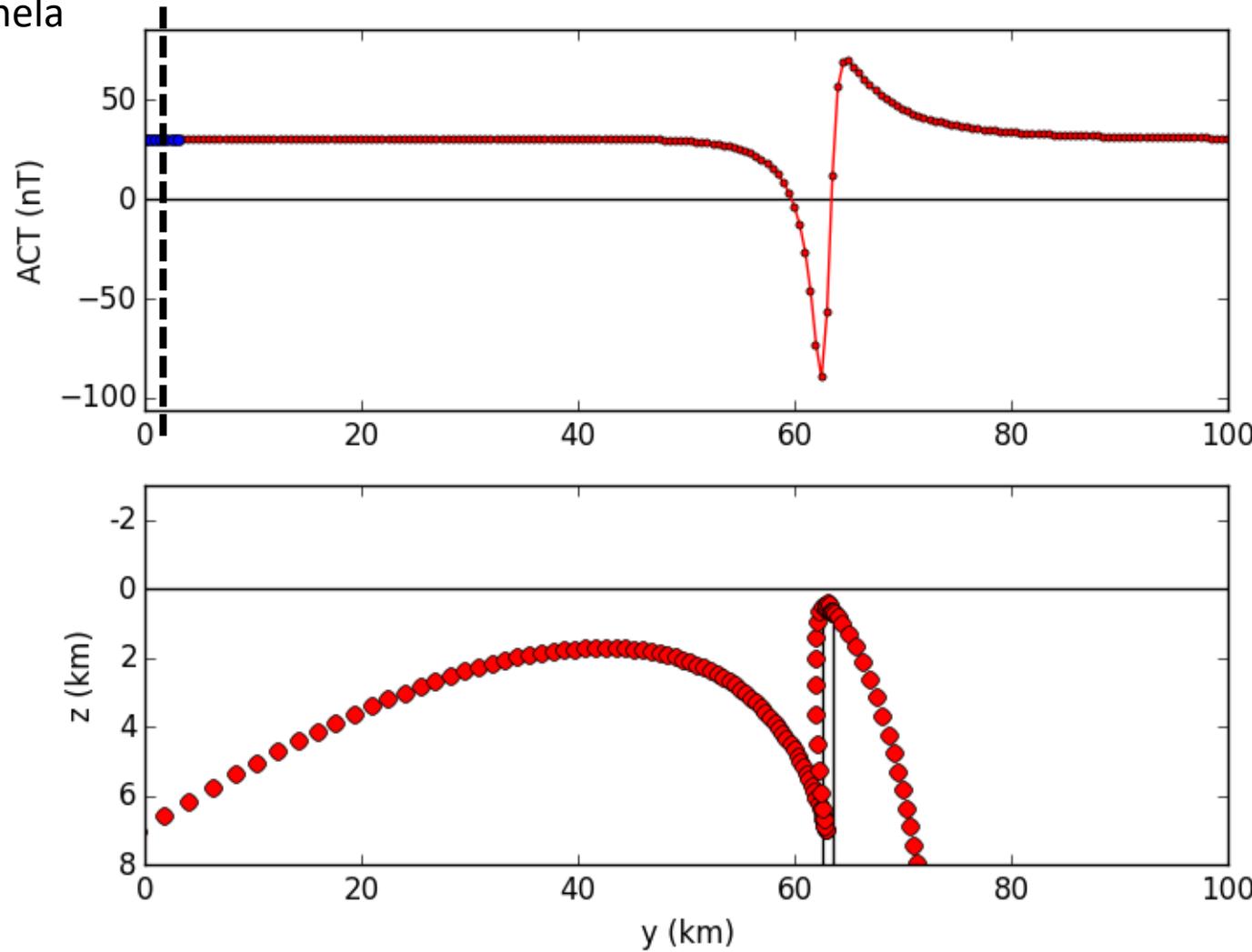
# Deconvolução de Euler

Janelas de 7 dados



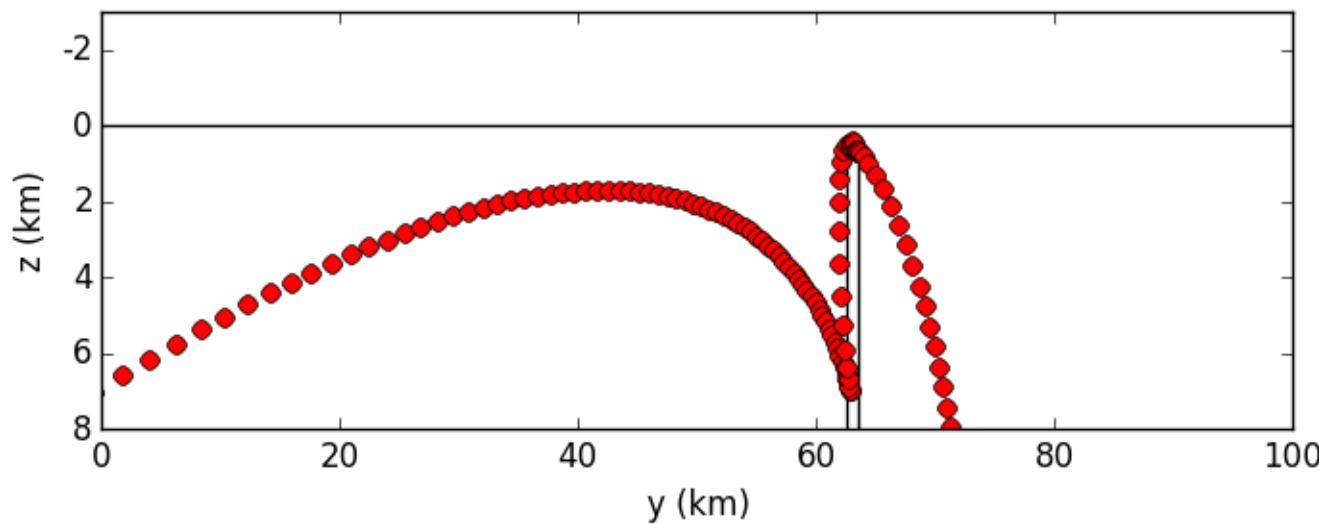
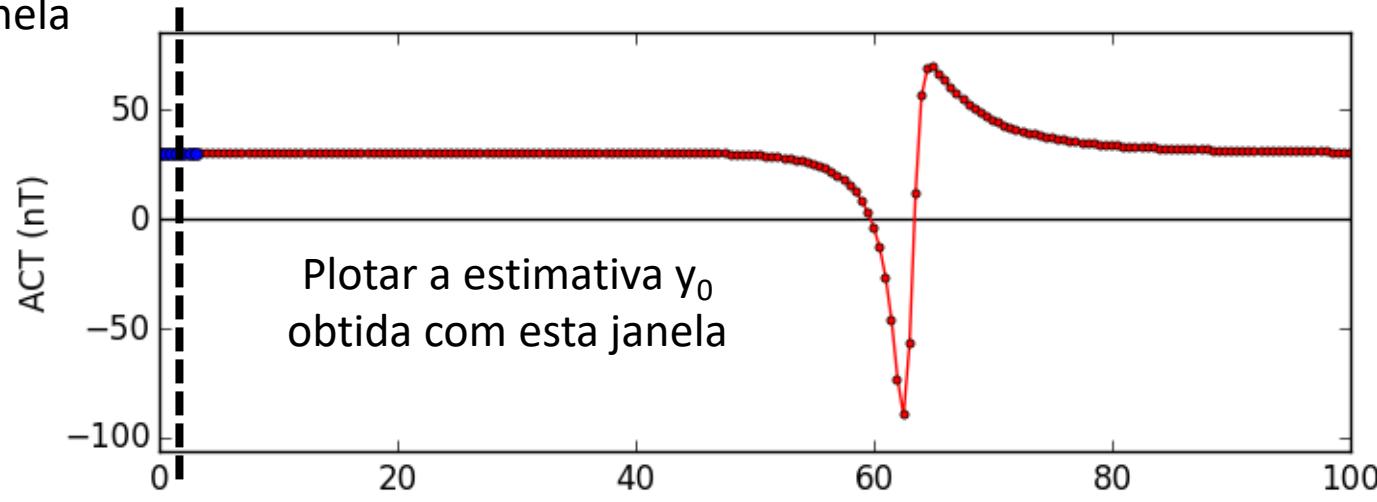
# Deconvolução de Euler

Coordenada y do  
centro da primeira  
janela



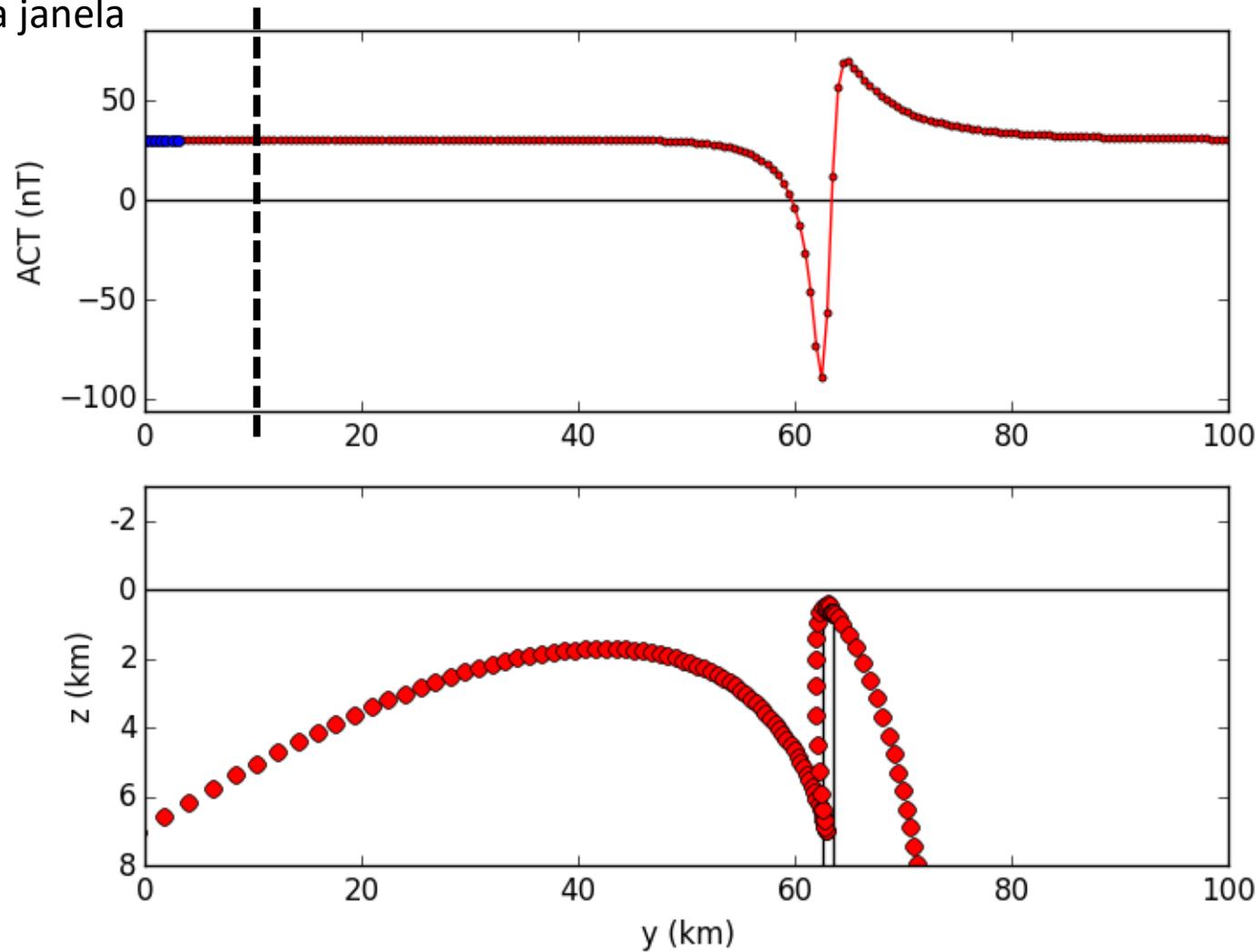
# Deconvolução de Euler

Coordenada y do  
centro da primeira  
janela



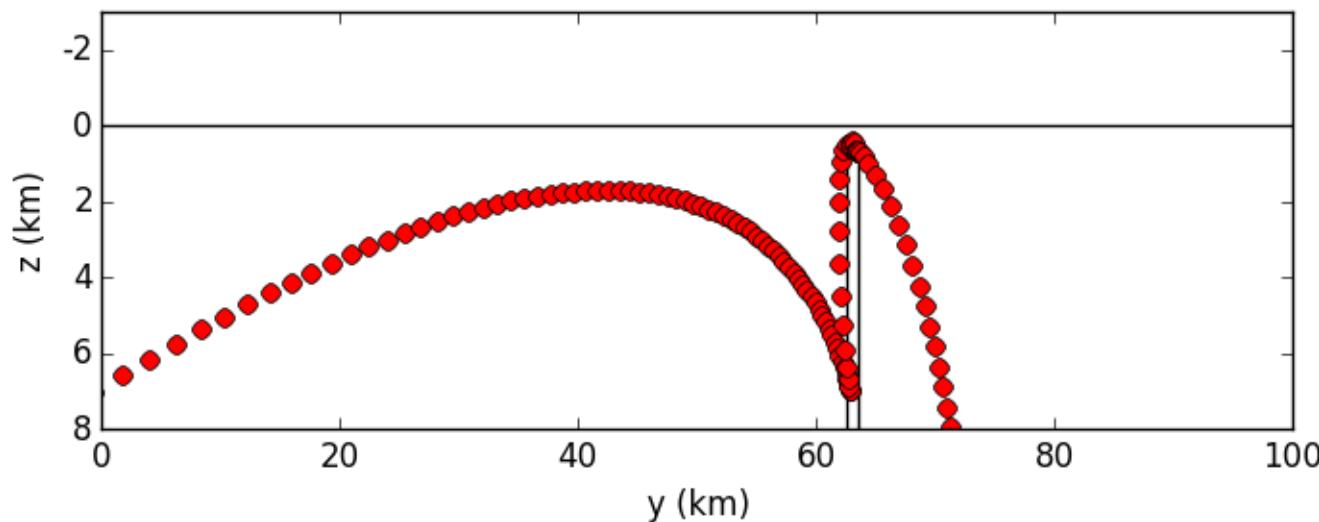
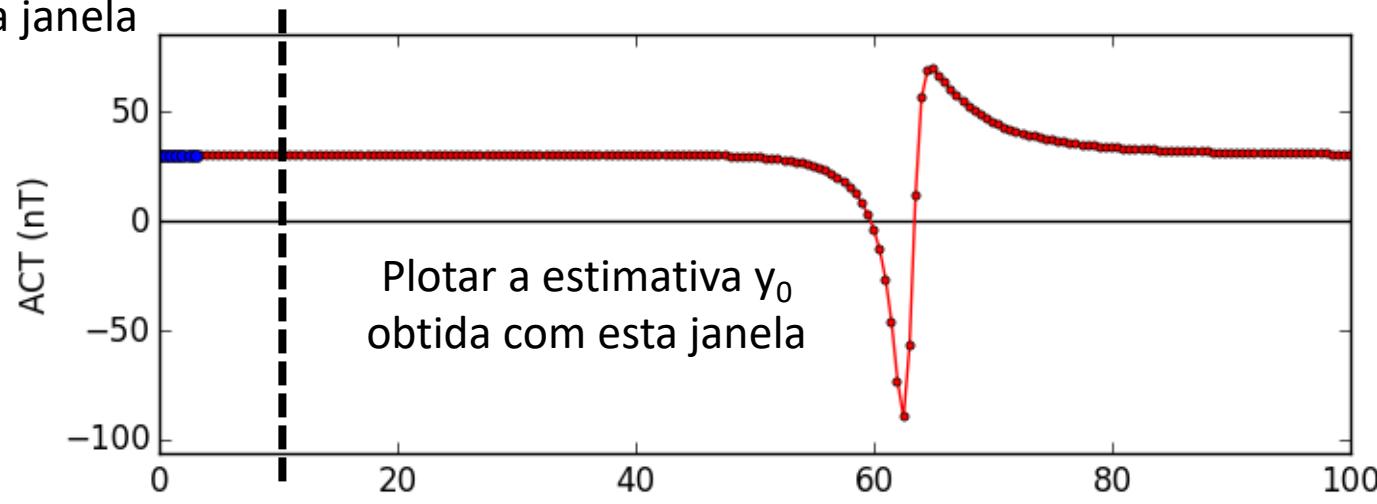
# Deconvolução de Euler

Coordenada y do  
centro da k-ésima  
primeira janela



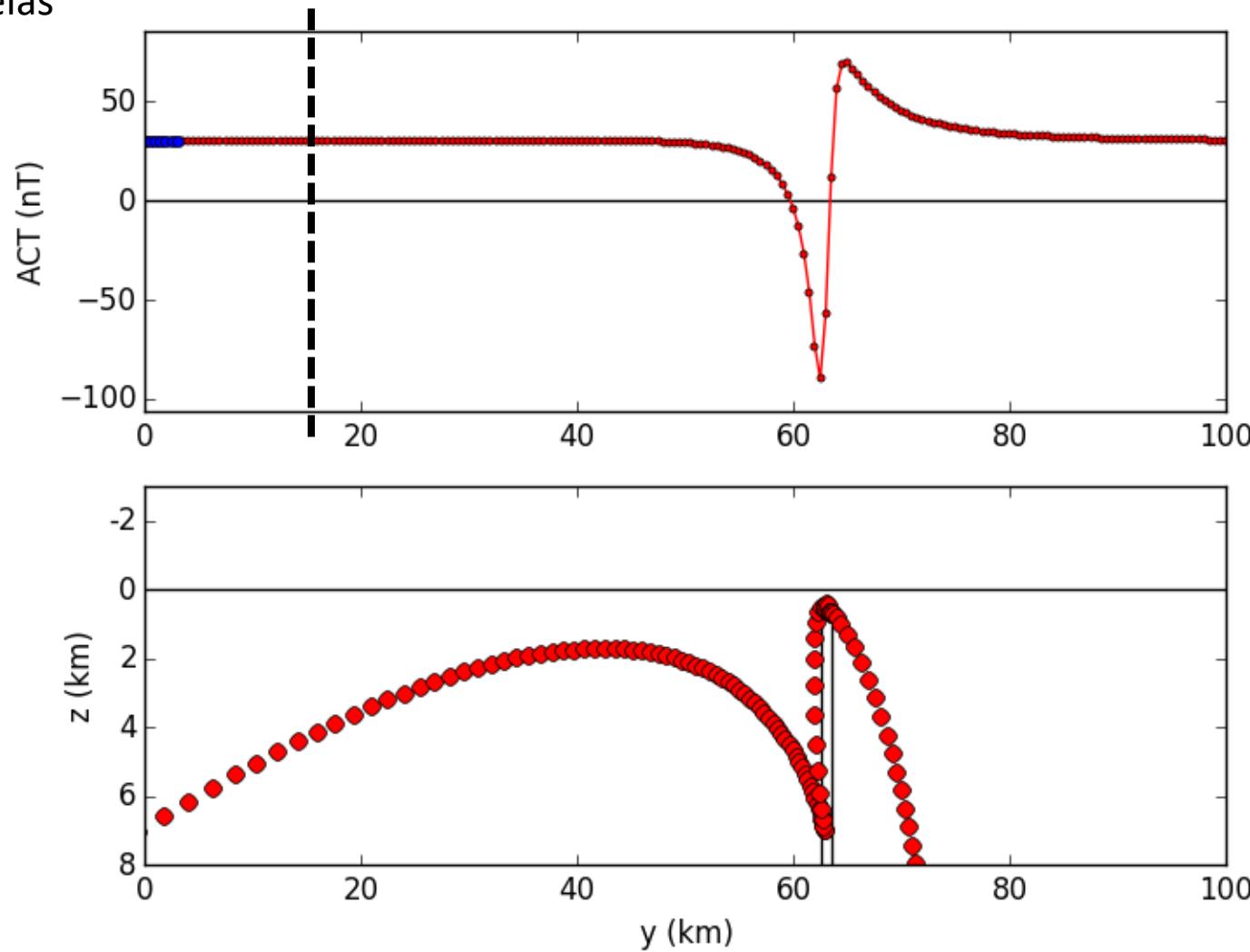
# Deconvolução de Euler

Coordenada y do  
centro da k-ésima  
primeira janela

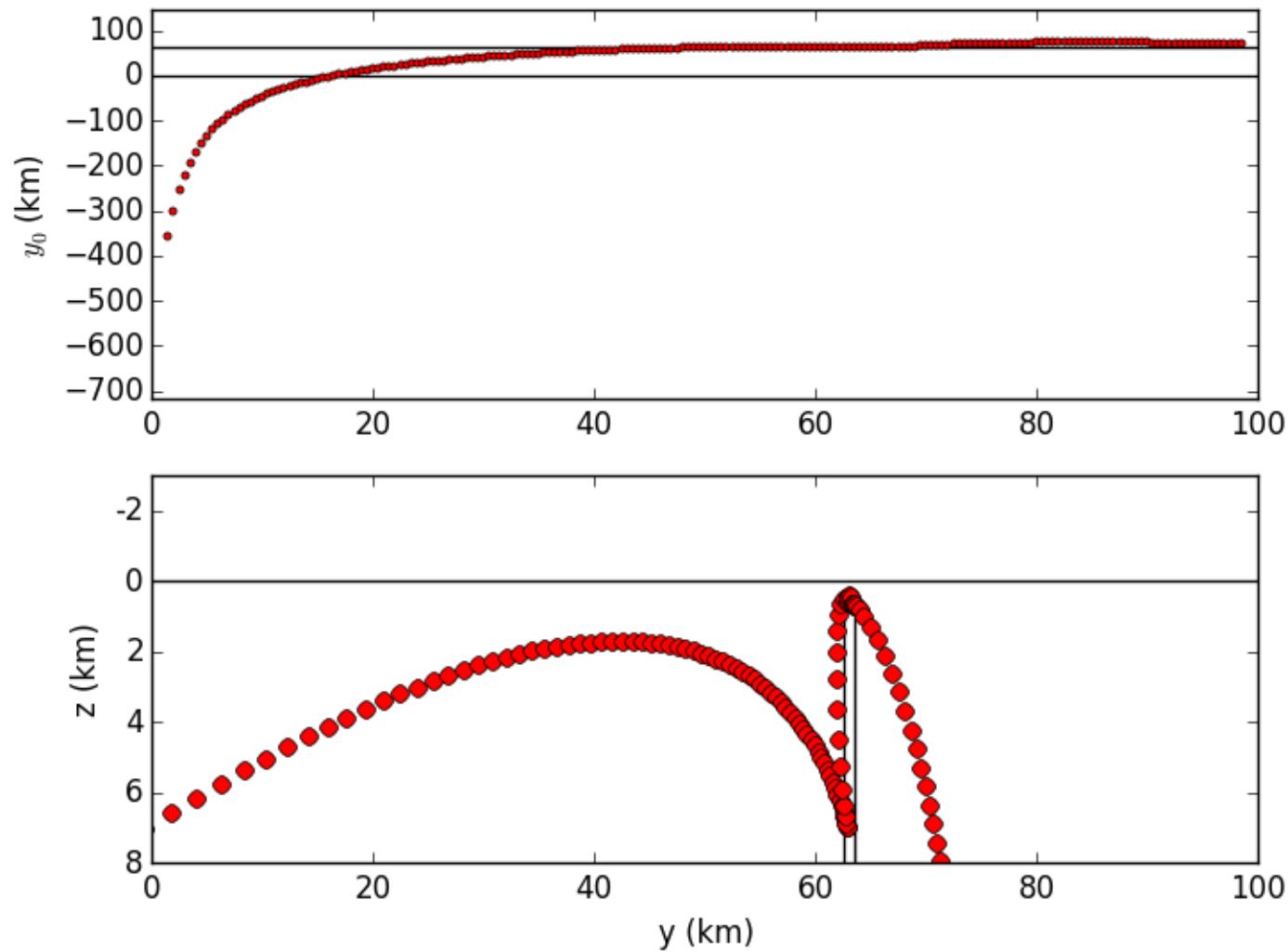


# Deconvolução de Euler

E assim por diante  
com as demais  
janelas

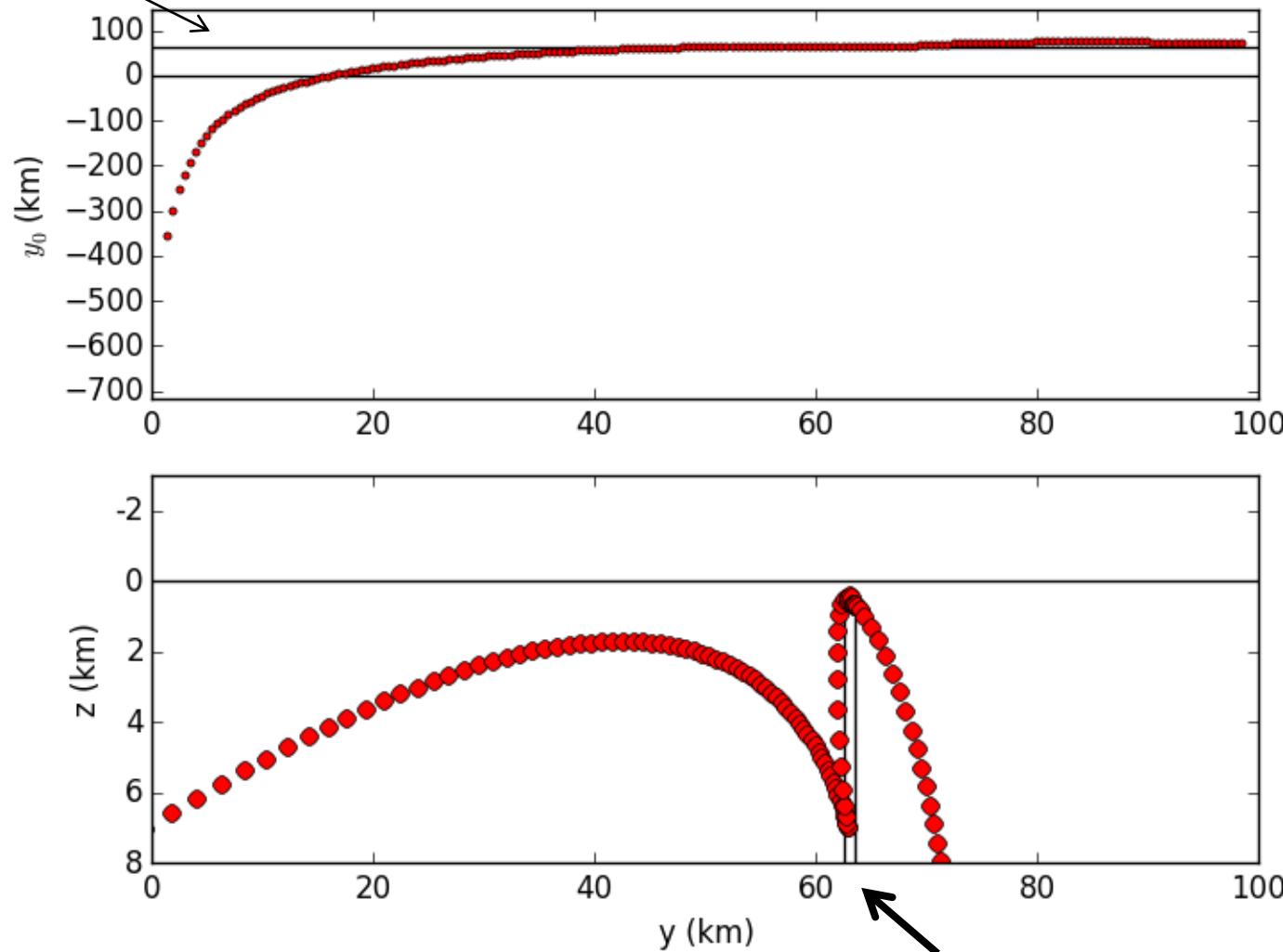


# Deconvolução de Euler

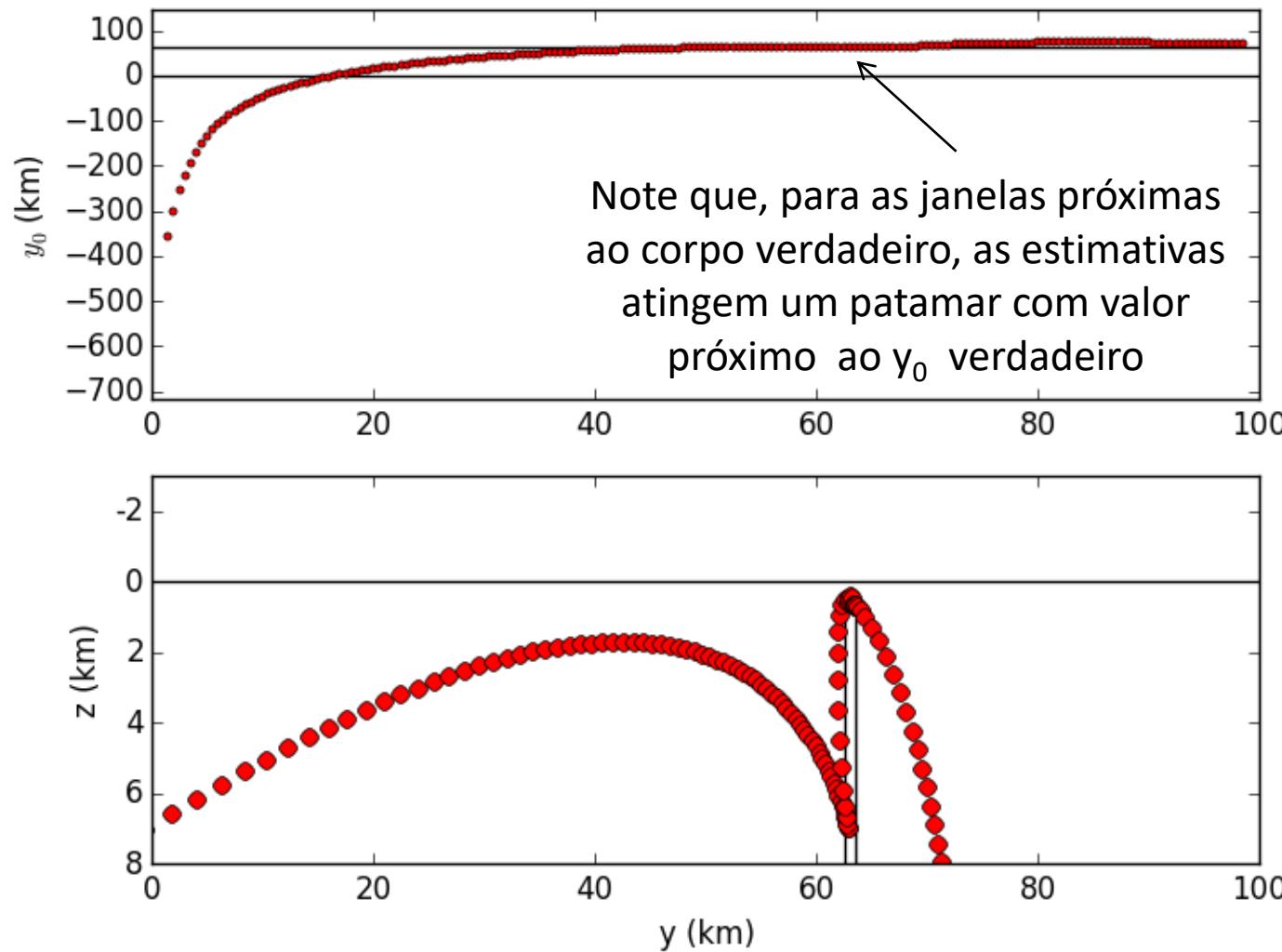


Esta linha  
representa o  
valor verdadeiro  
de  $y_0$

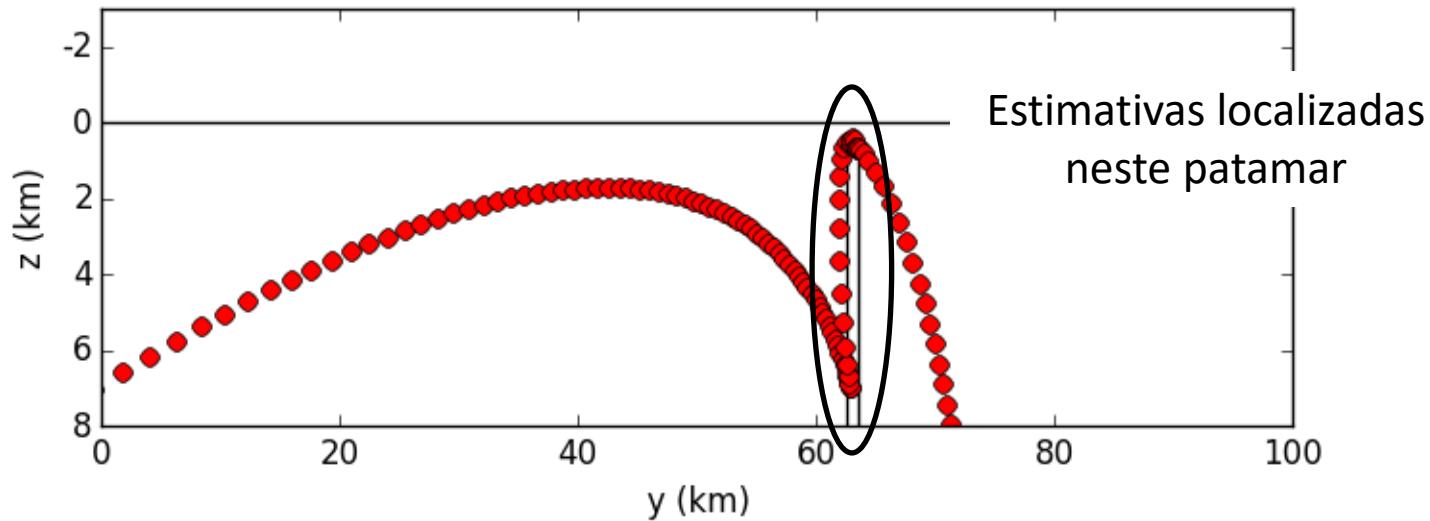
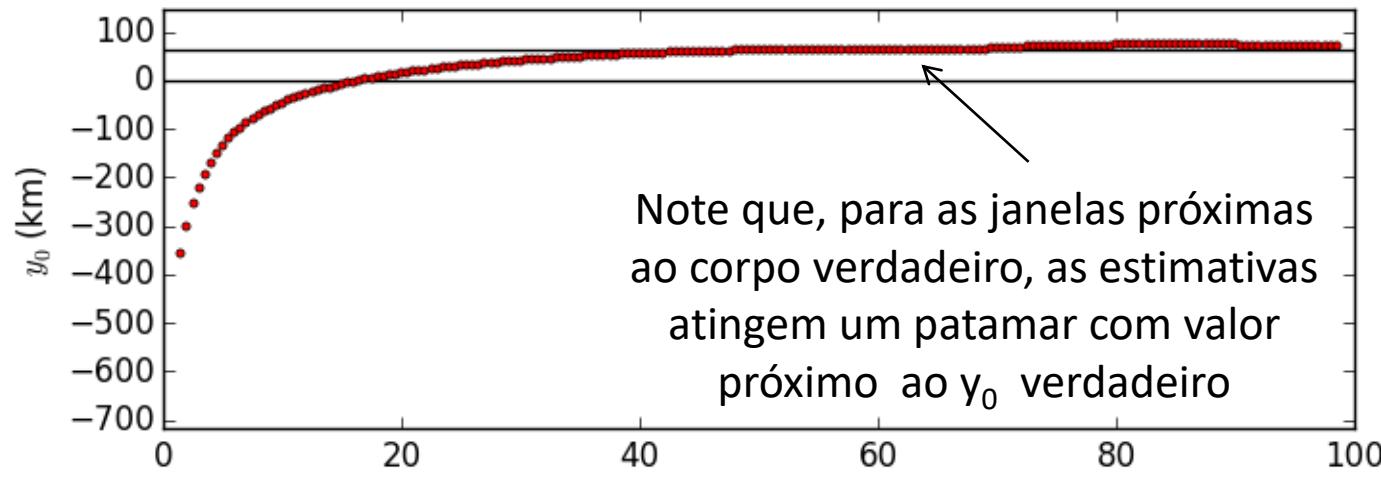
# Deconvolução de Euler



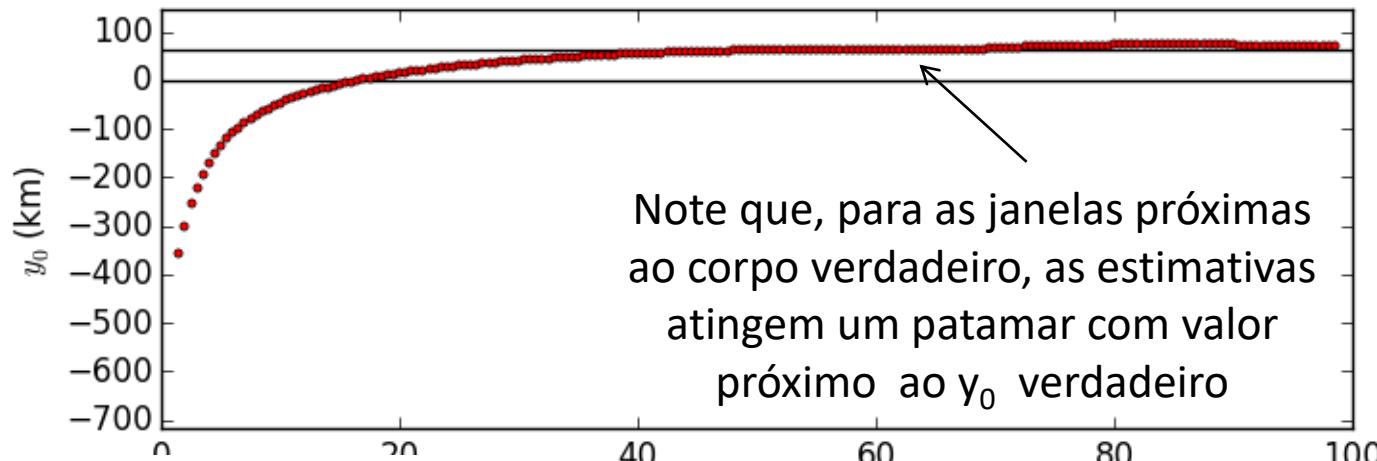
# Deconvolução de Euler



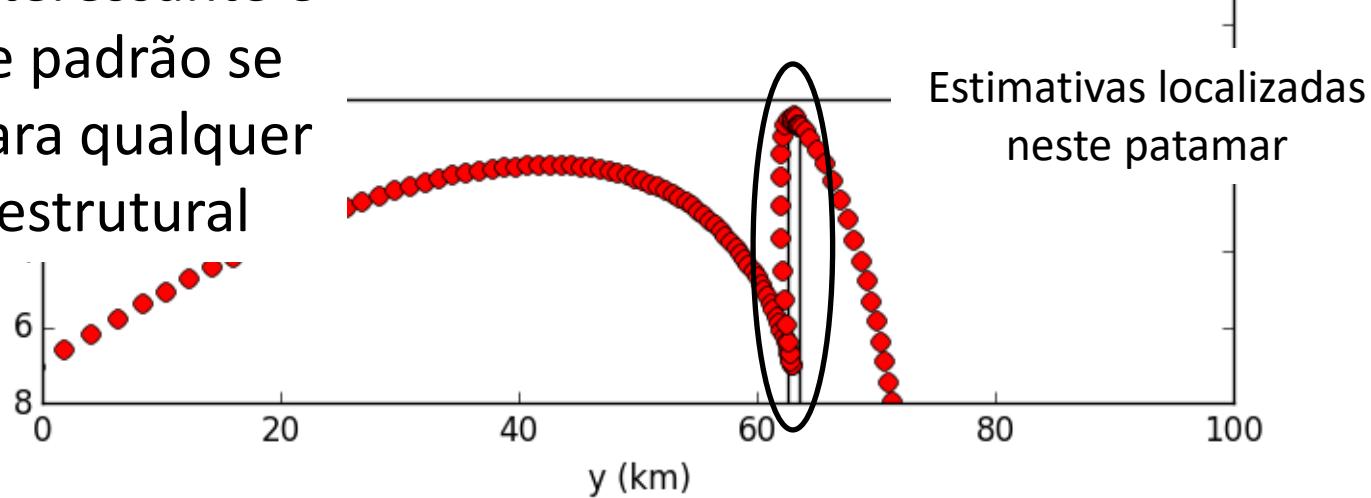
# Deconvolução de Euler



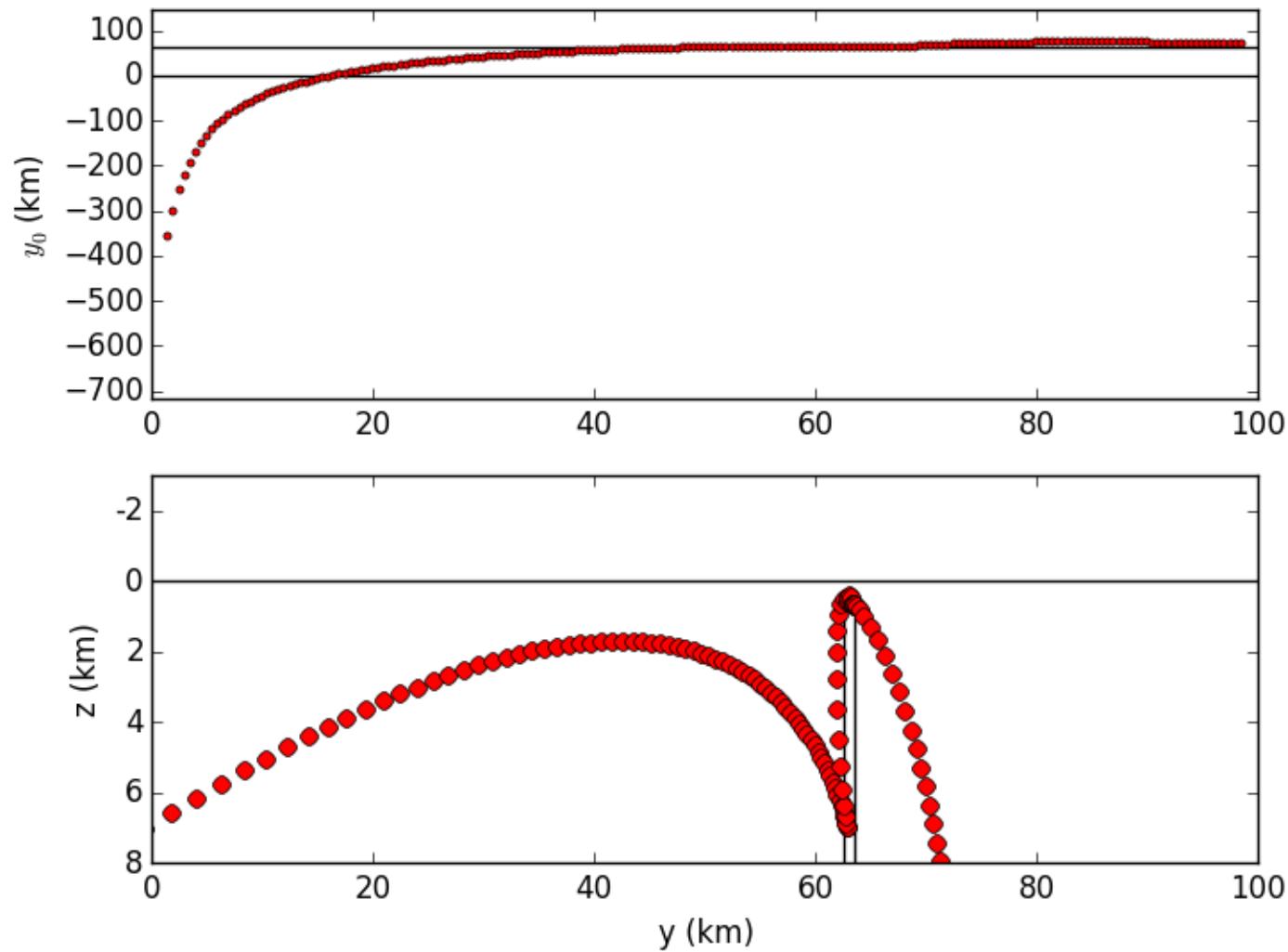
# Deconvolução de Euler



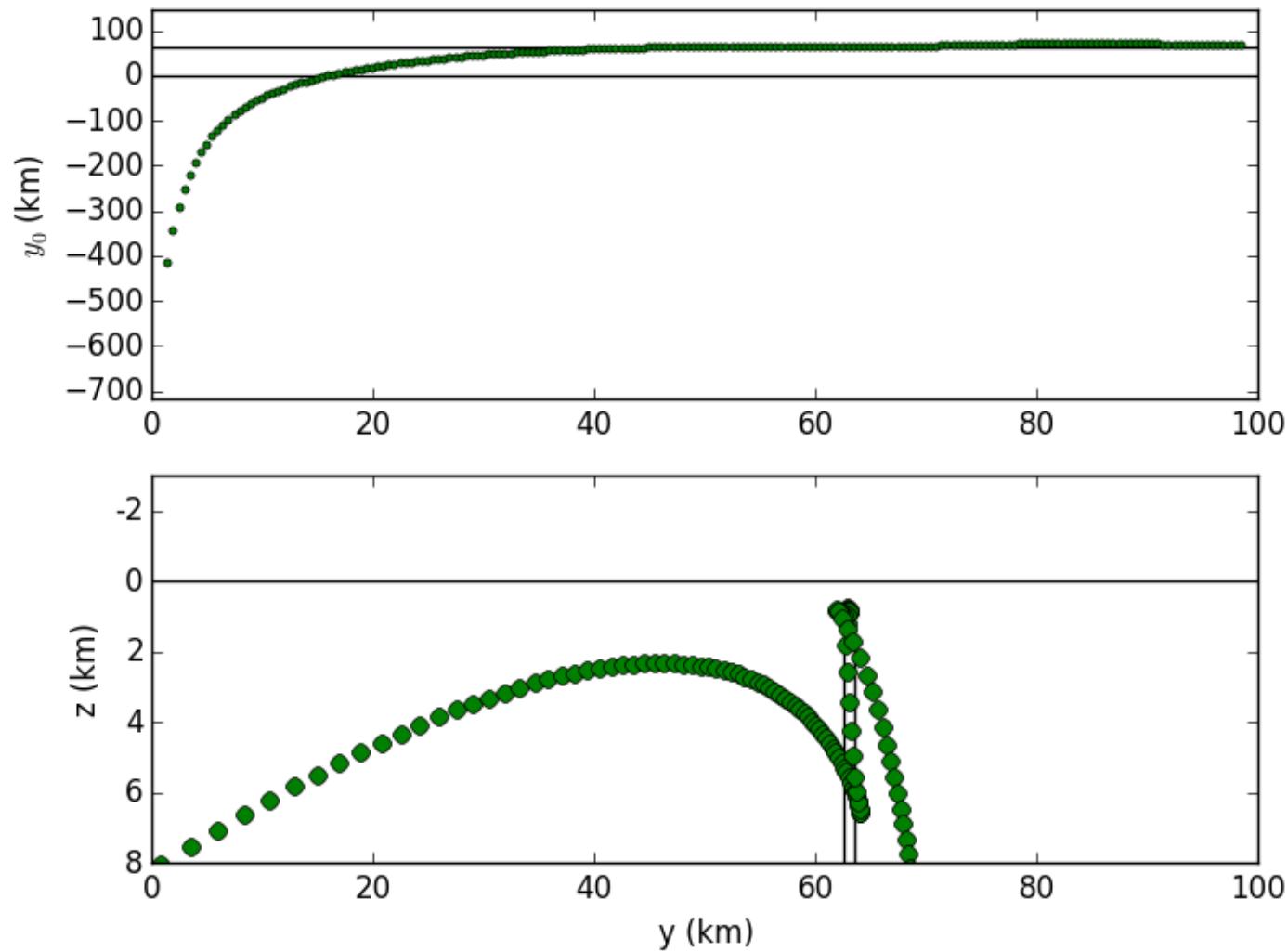
O mais interessante é que este padrão se repete para qualquer índice estrutural



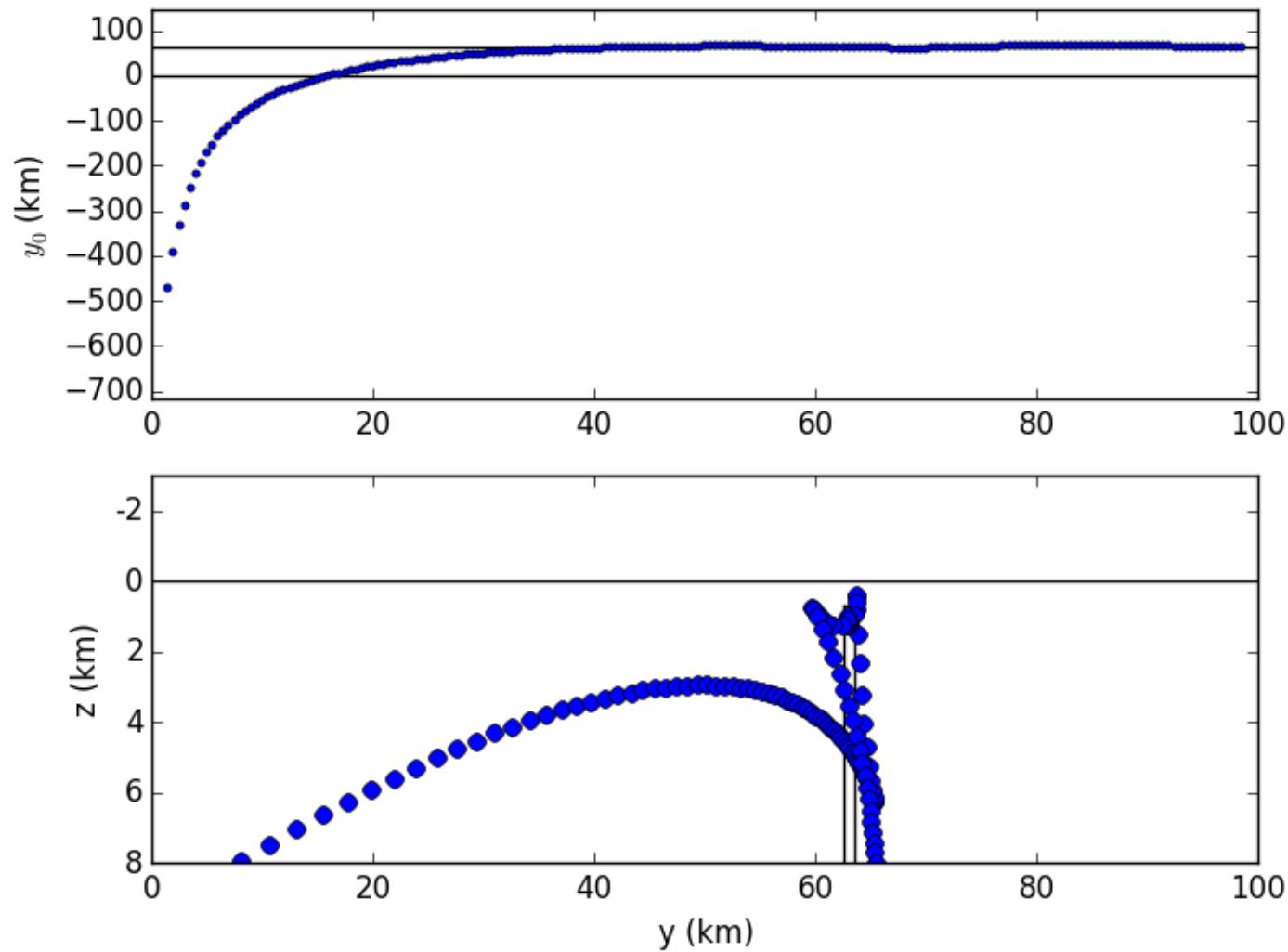
# Deconvolução de Euler



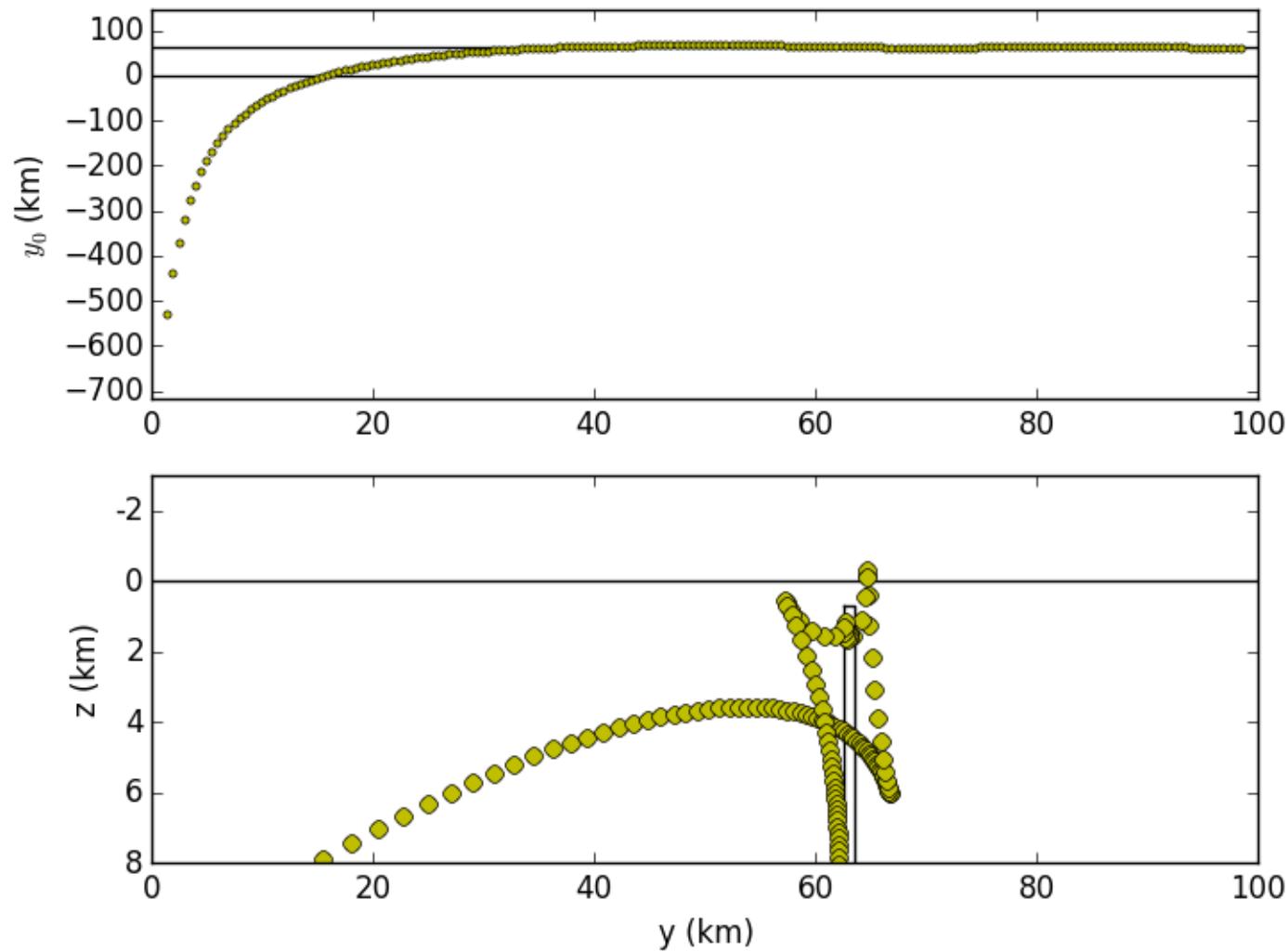
# Deconvolução de Euler



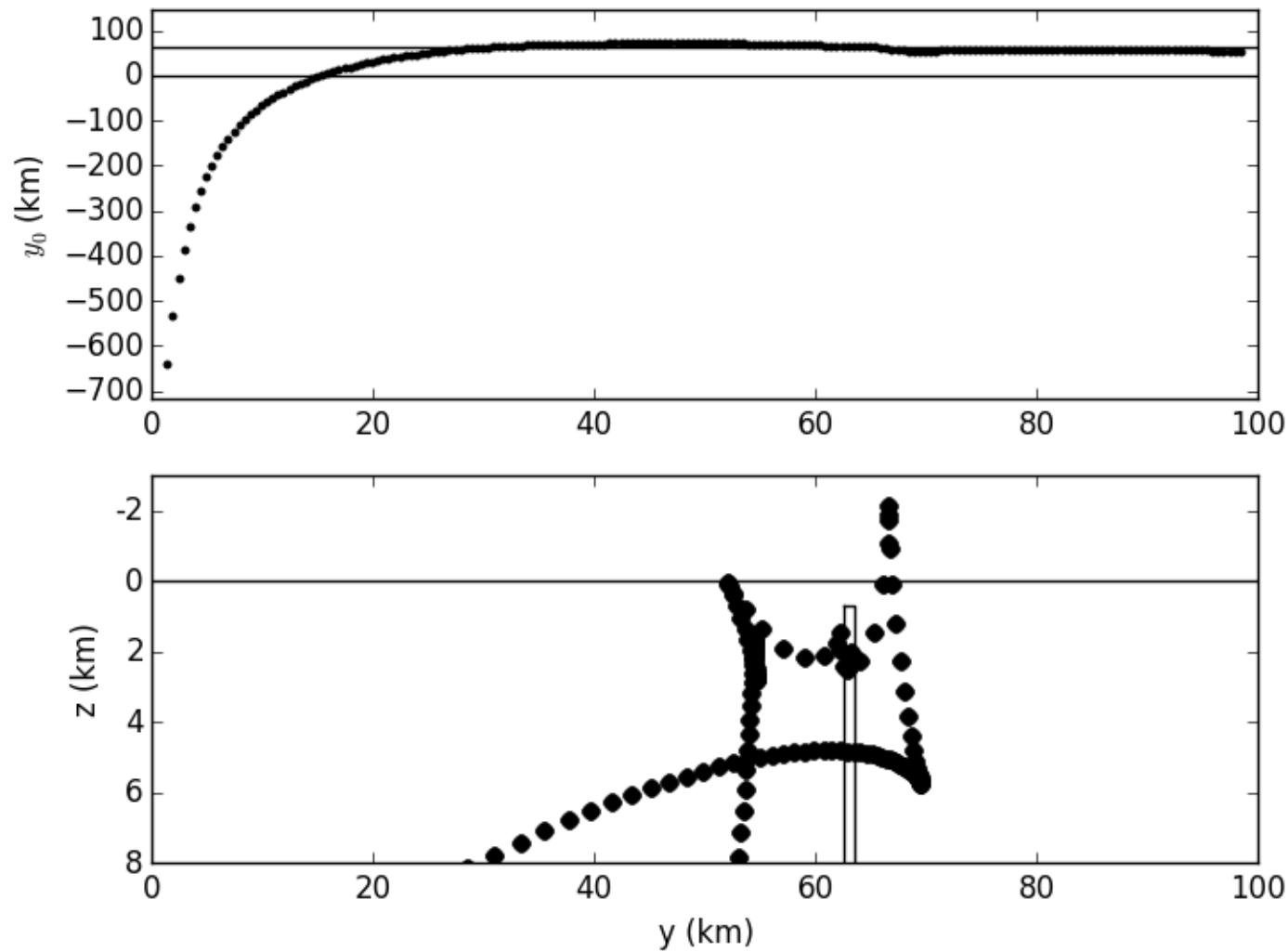
# Deconvolução de Euler



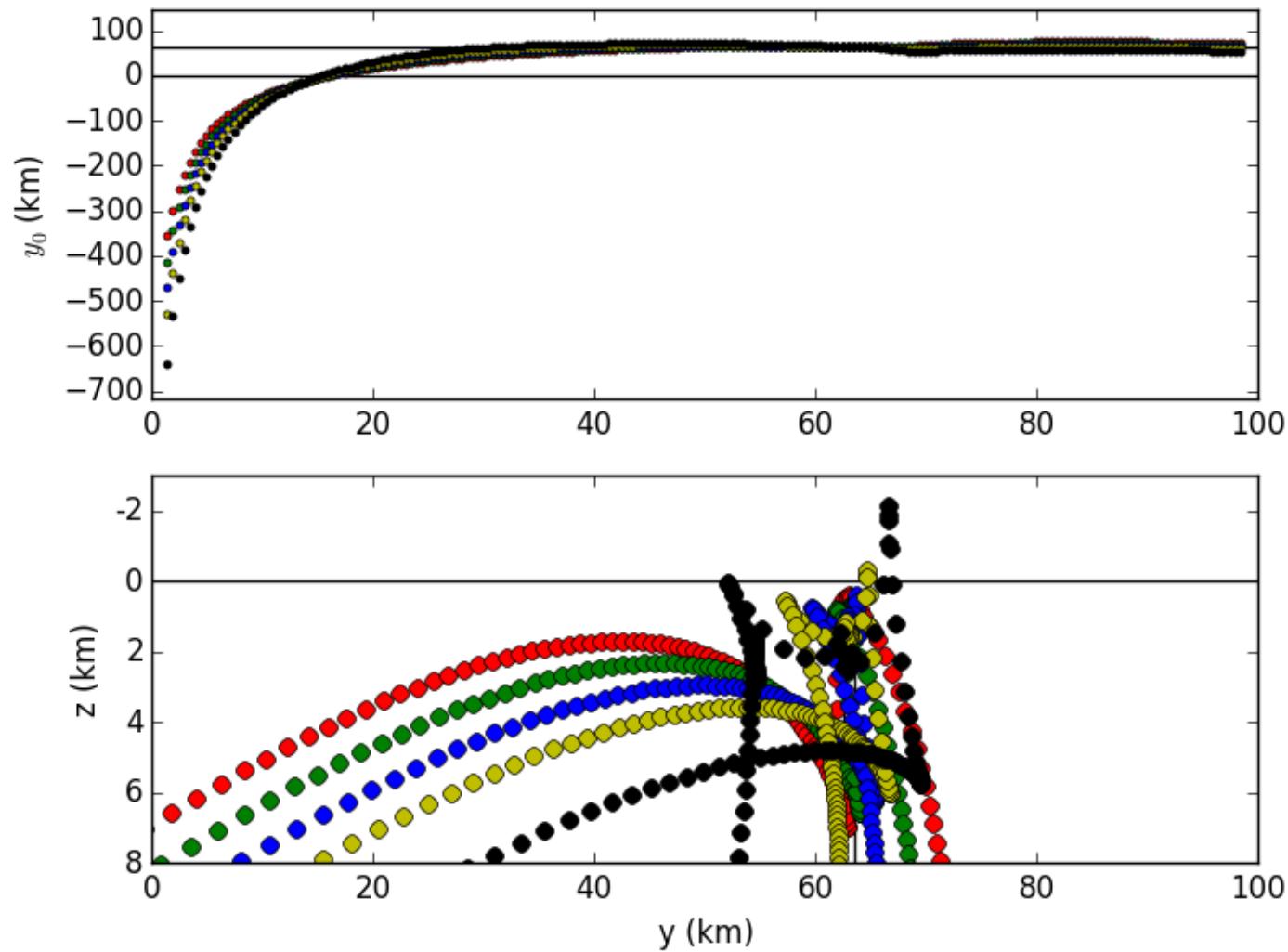
# Deconvolução de Euler



# Deconvolução de Euler

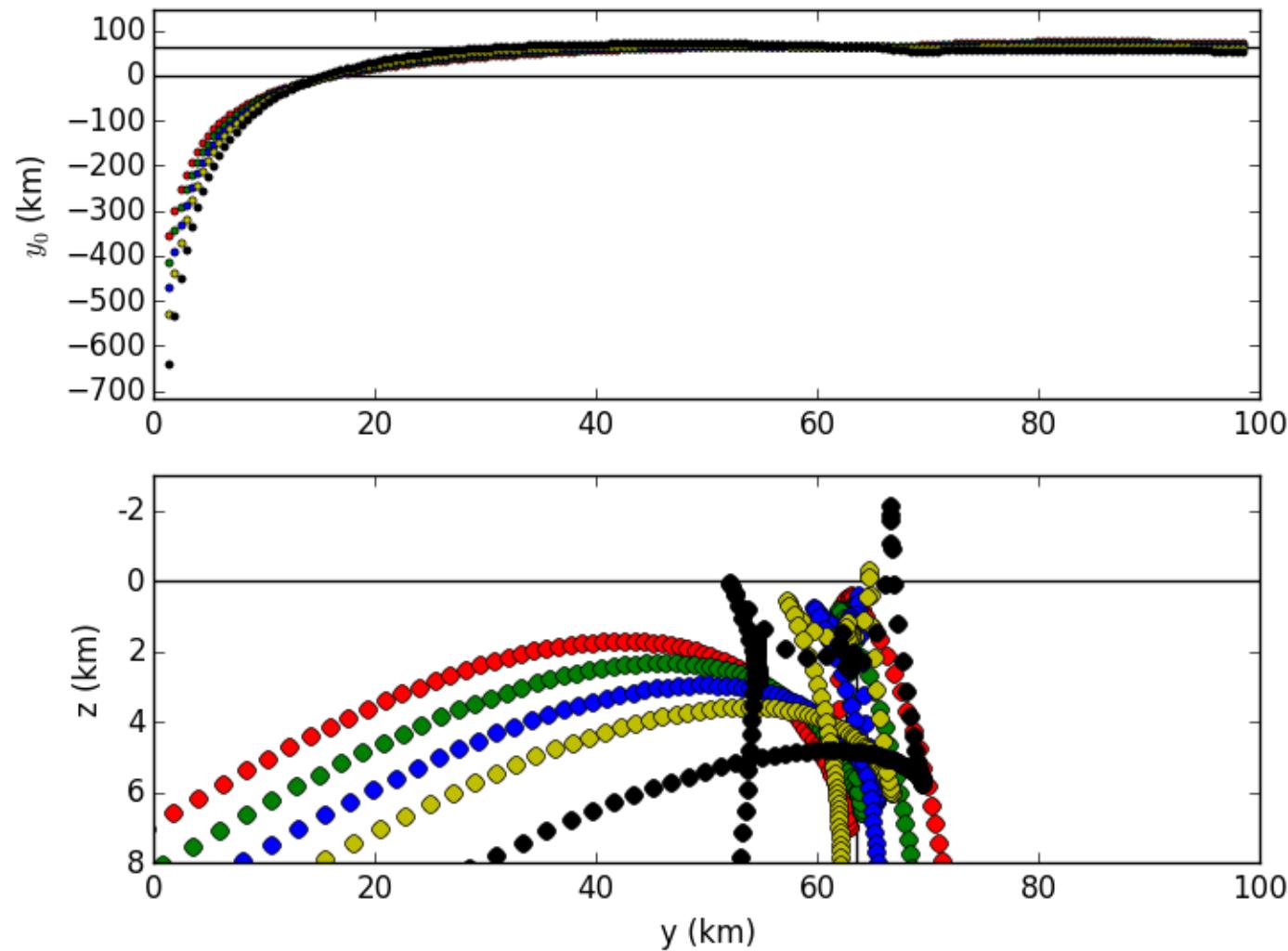


# Deconvolução de Euler



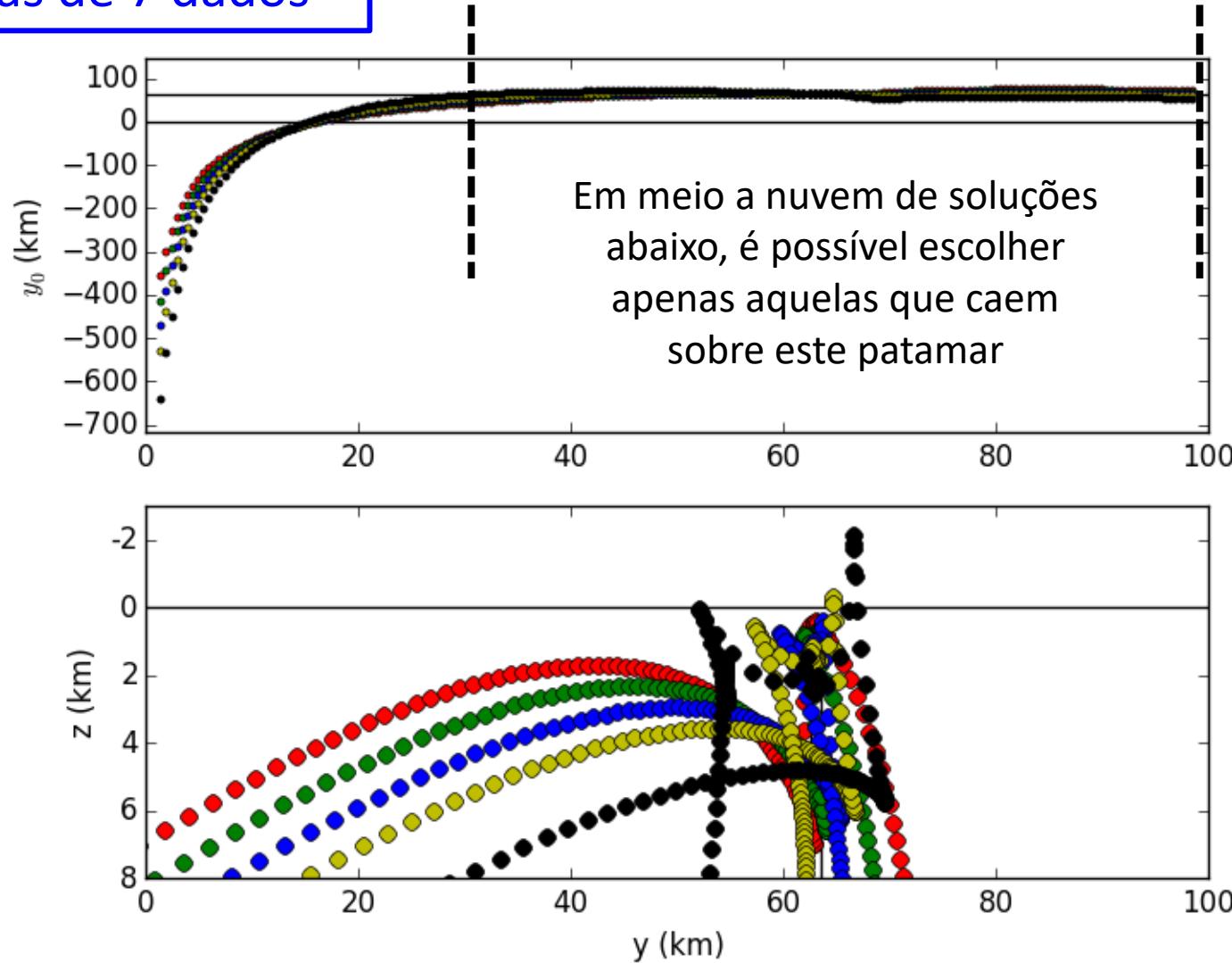
# Deconvolução de Euler

Janelas de 7 dados



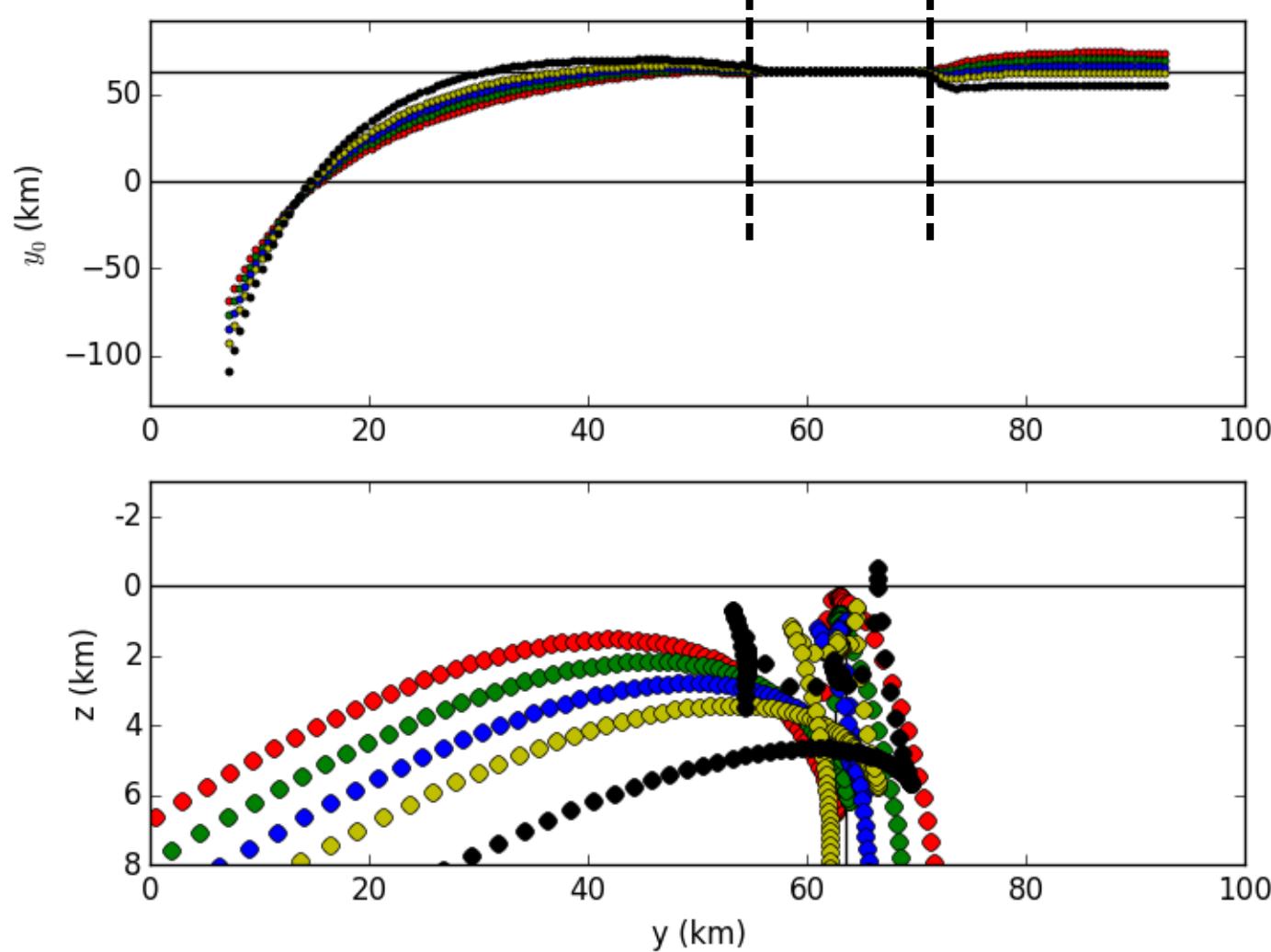
# Deconvolução de Euler

Janelas de 7 dados



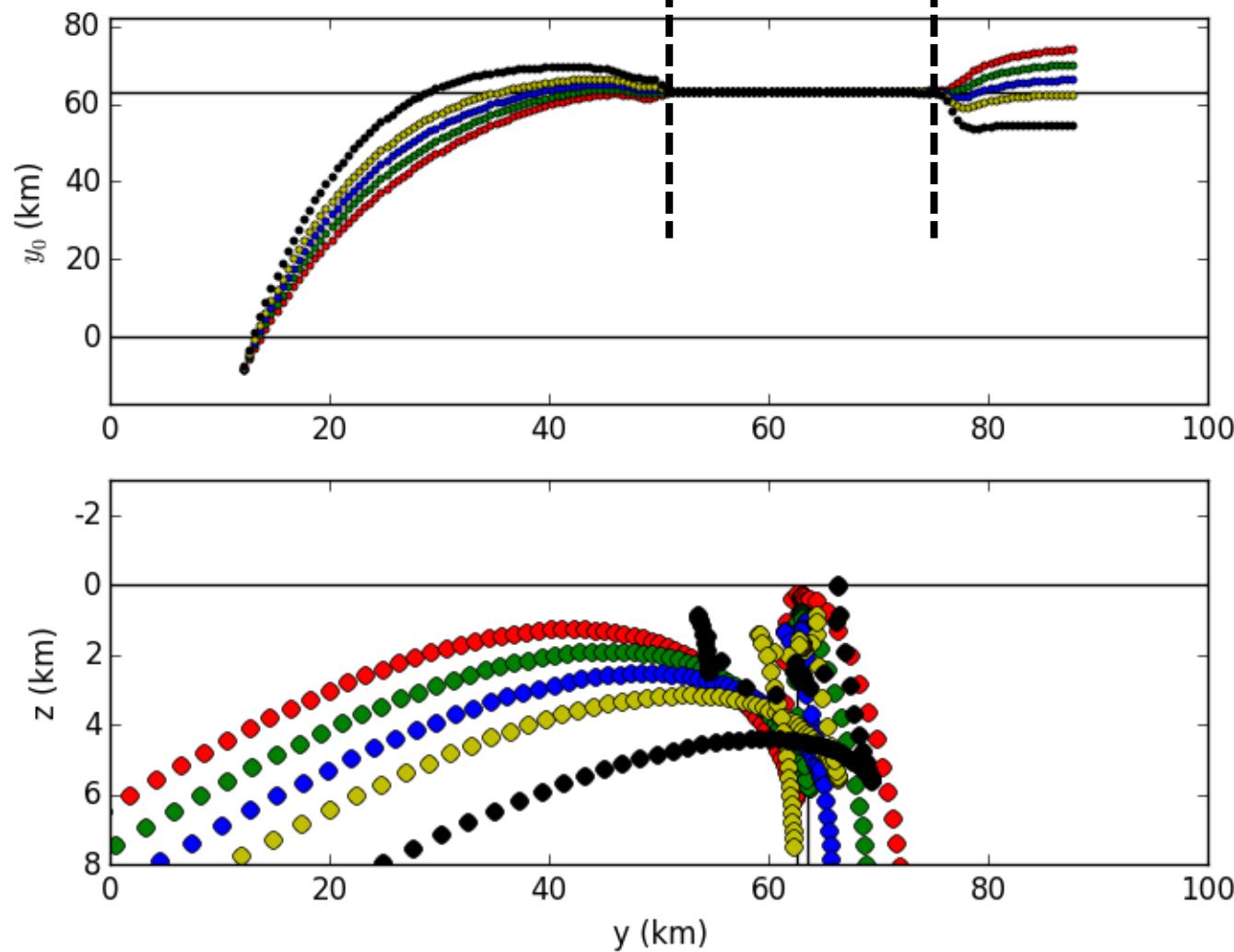
# Deconvolução de Euler

Janelas de 30 dados



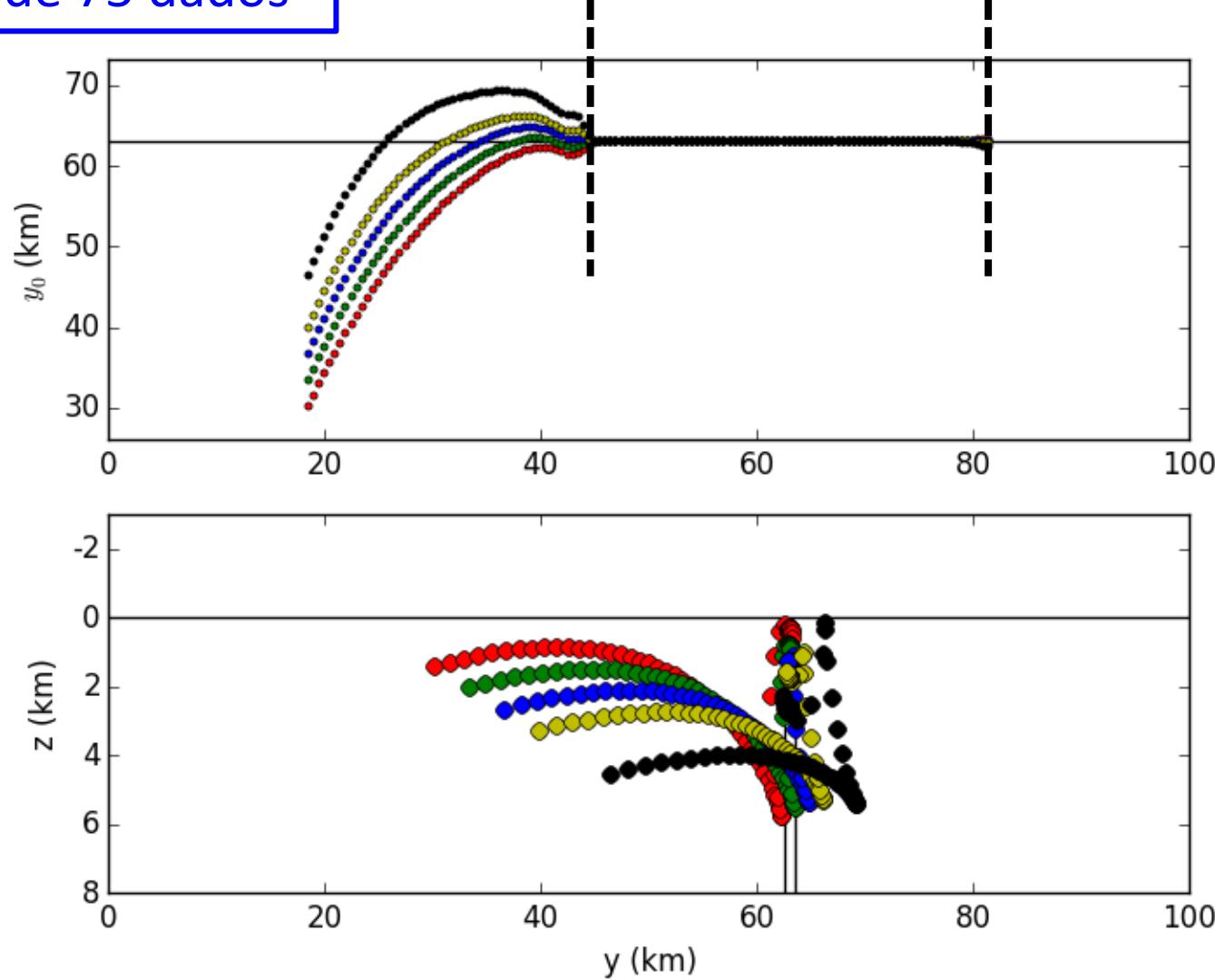
# Deconvolução de Euler

Janelas de 50 dados



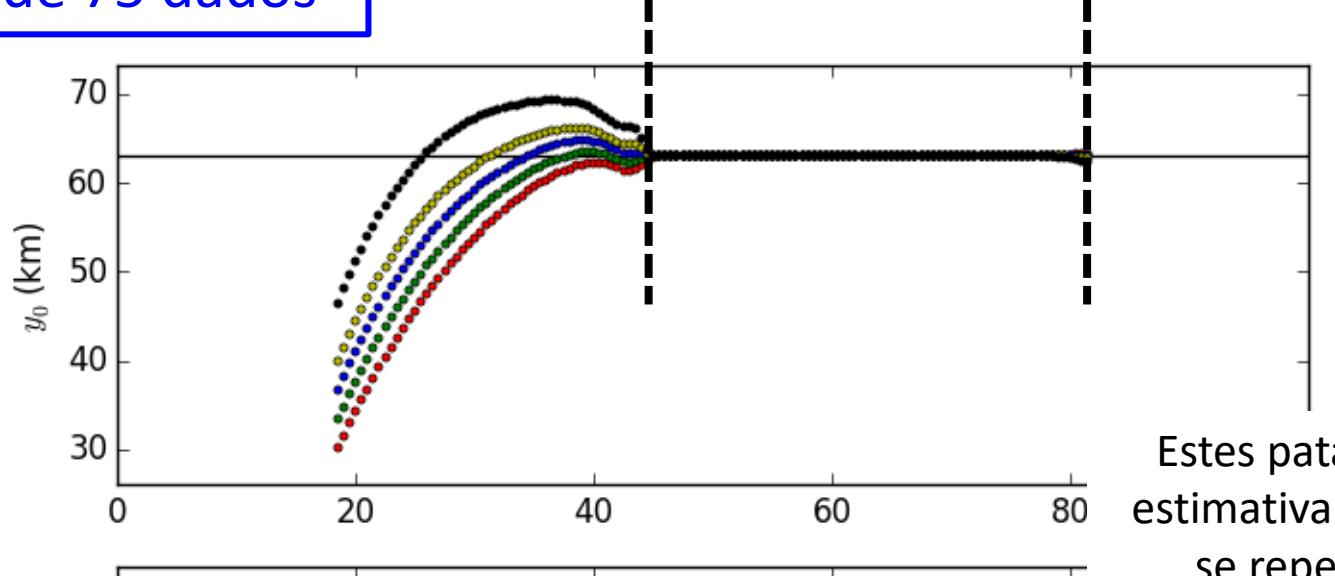
# Deconvolução de Euler

Janelas de 75 dados

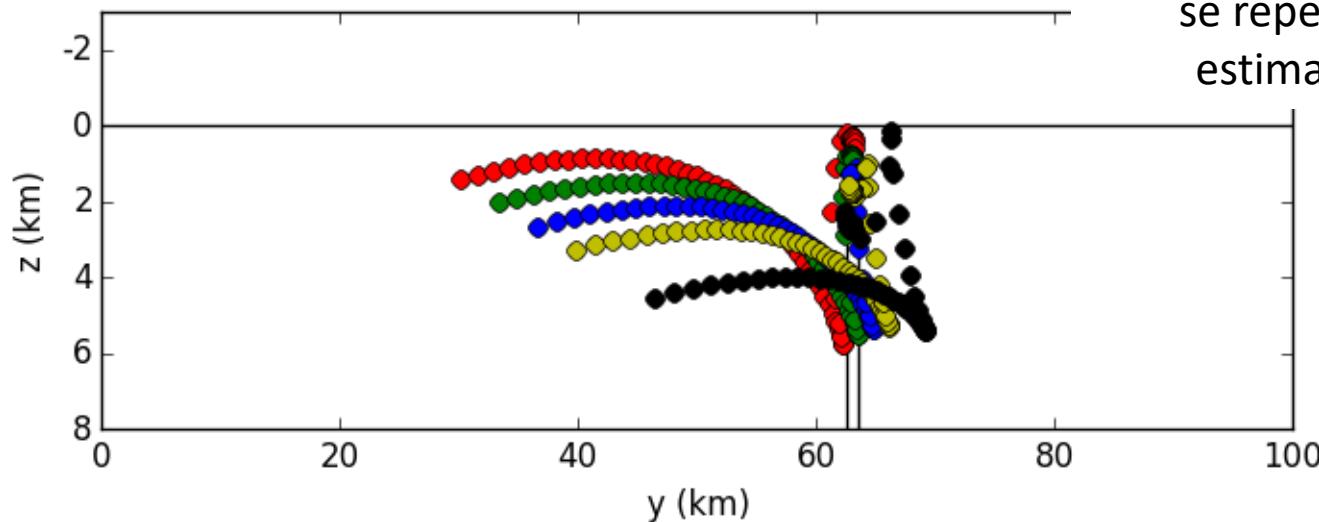


# Deconvolução de Euler

Janelas de 75 dados



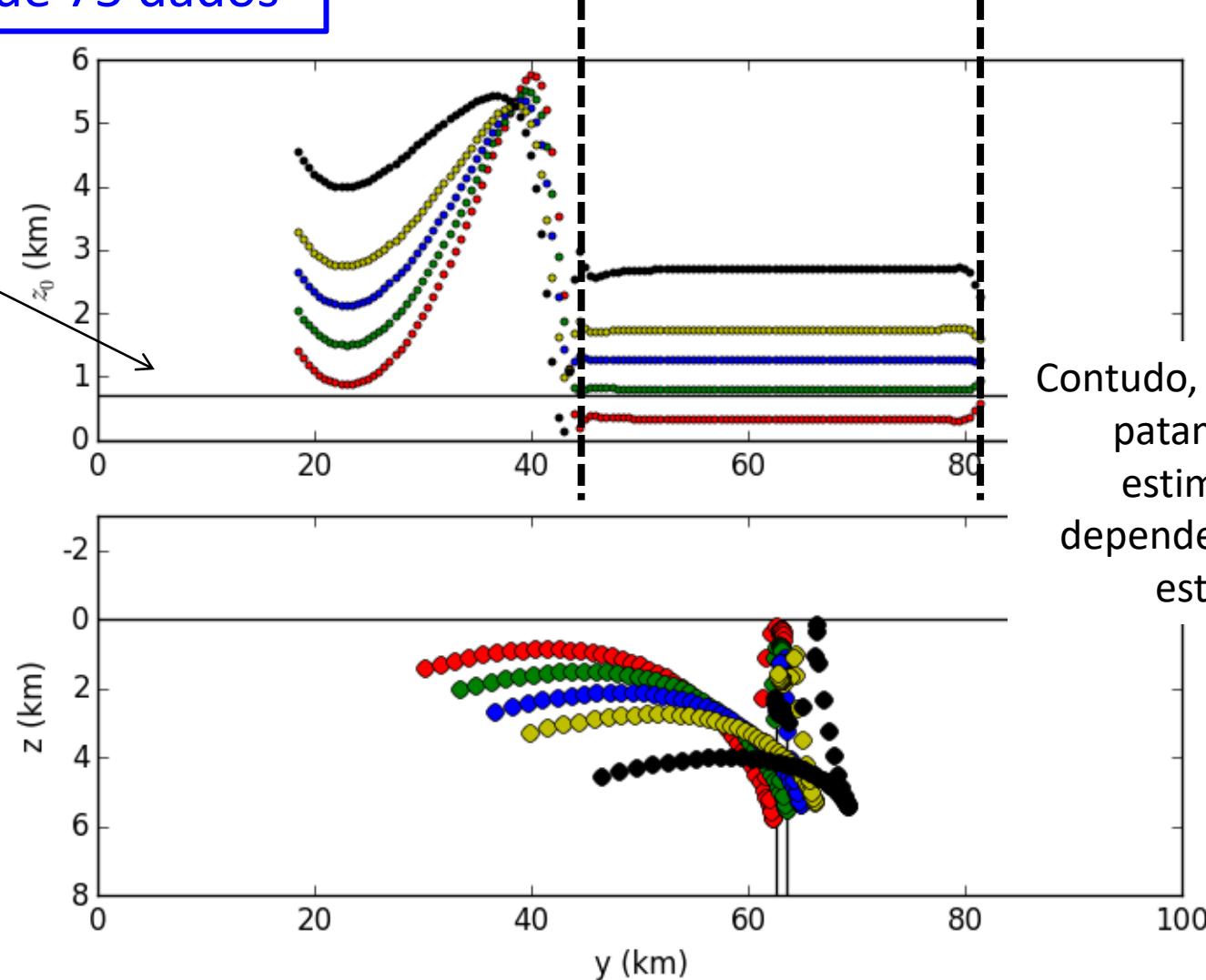
Estes patamares na estimativa  $y_0$  também se repetem nas estimativas  $z_0$



# Deconvolução de Euler

Janelas de 75 dados

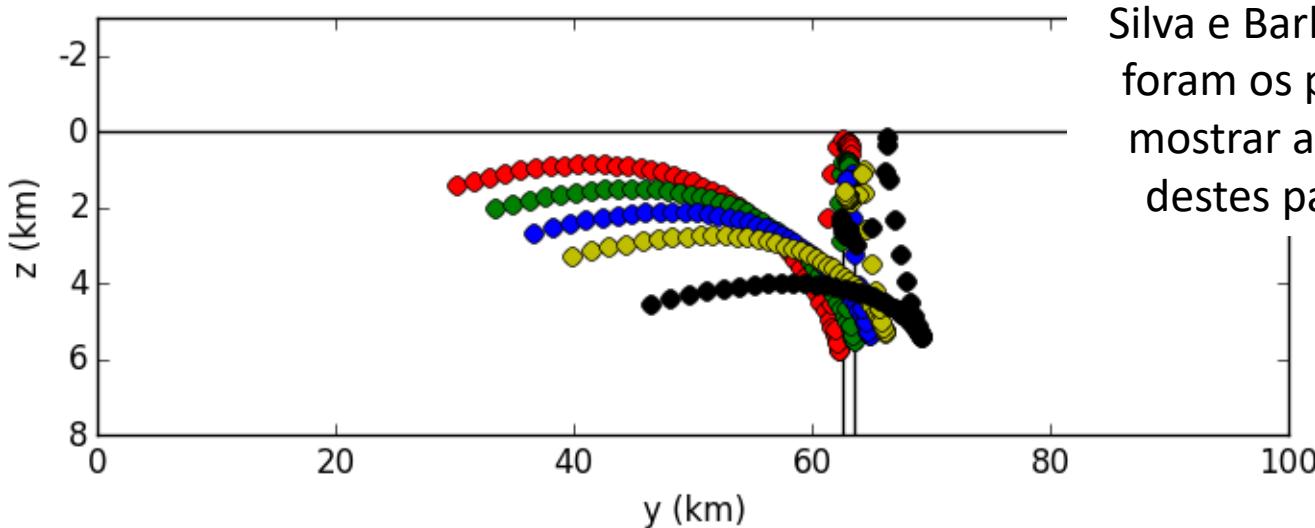
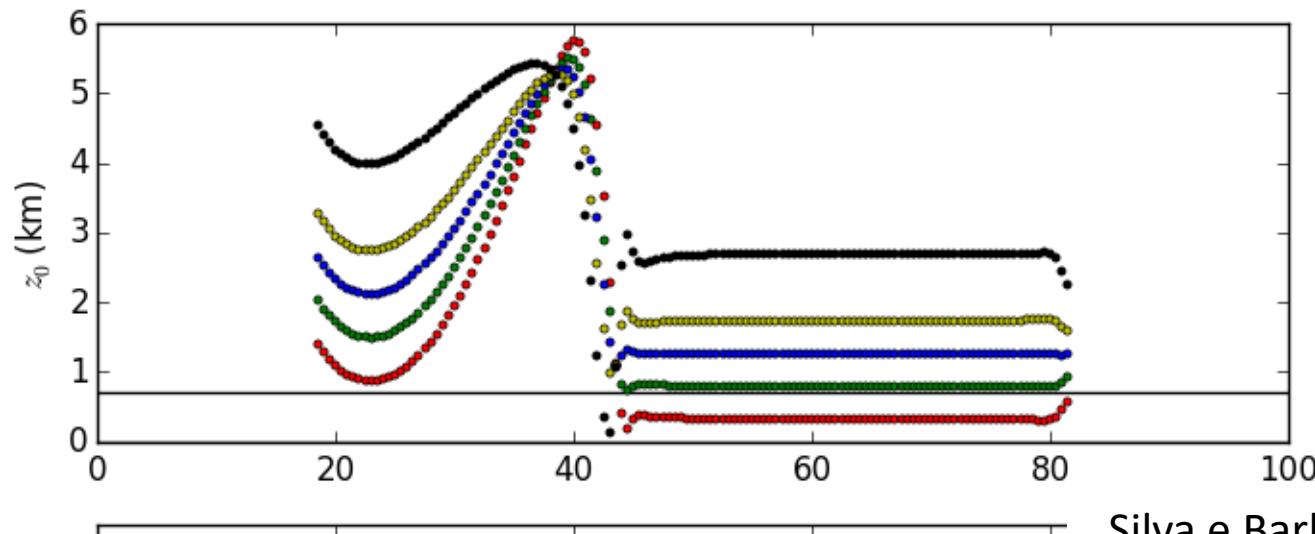
Esta linha  
representa o  
valor  
verdadeiro  
de  $z_0$



Contudo, a posição dos  
patamares das  
estimativas  $z_0$   
dependem do índice  
estrutural

# Deconvolução de Euler

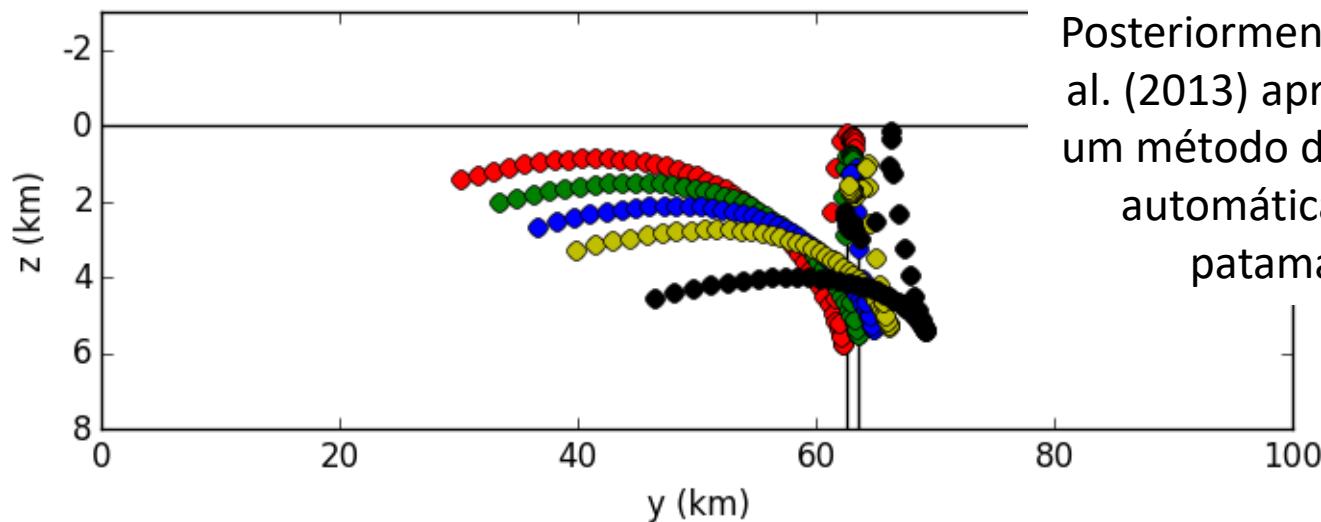
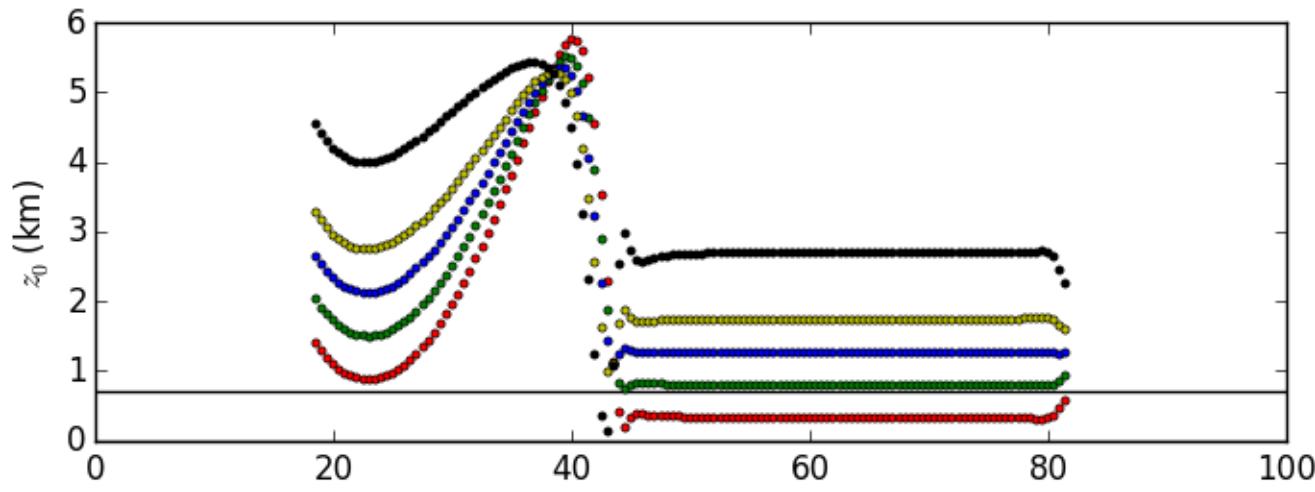
Janelas de 75 dados



Silva e Barbosa (2003)  
foram os primeiros a  
mostrar a existência  
destes patamares.

# Deconvolução de Euler

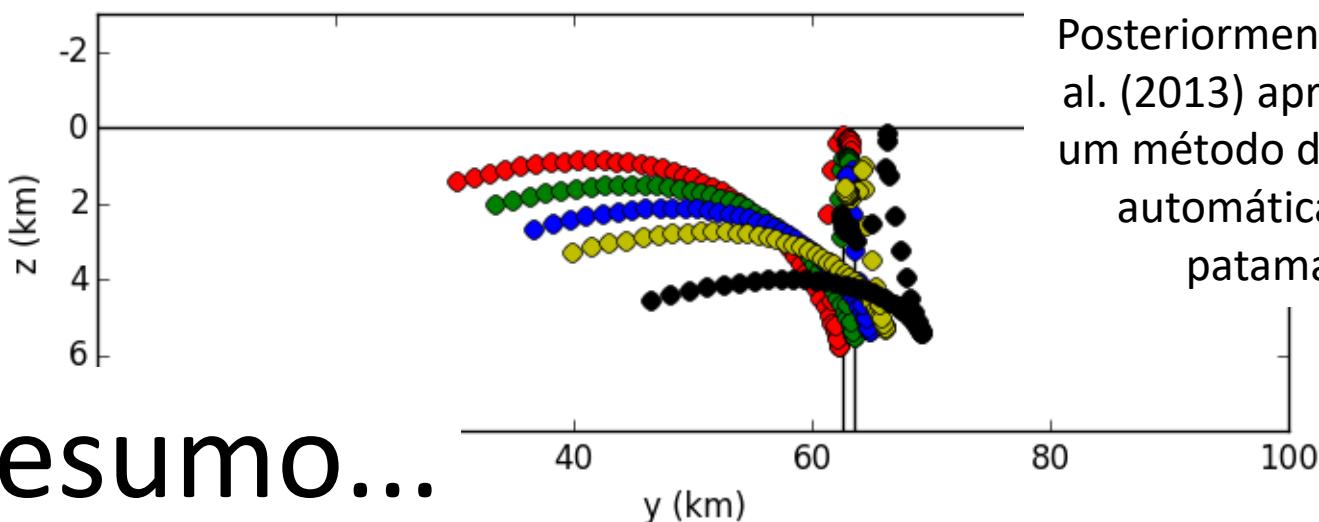
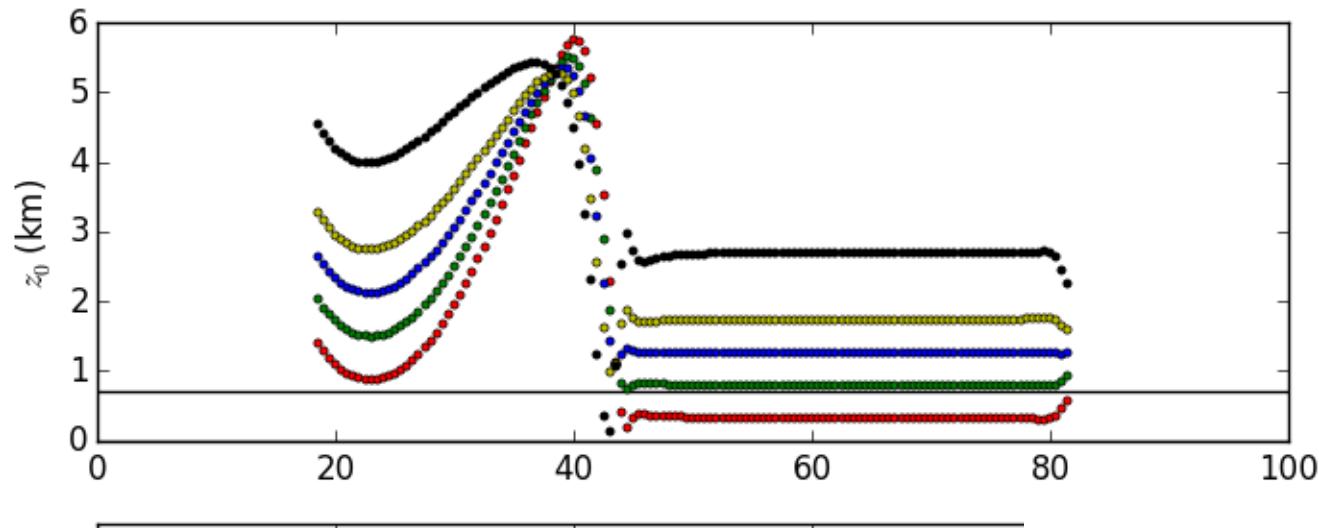
Janelas de 75 dados



Posteriormente, Melo et al. (2013) apresentaram um método de detecção automática destes patamares.

# Deconvolução de Euler

Janelas de 75 dados

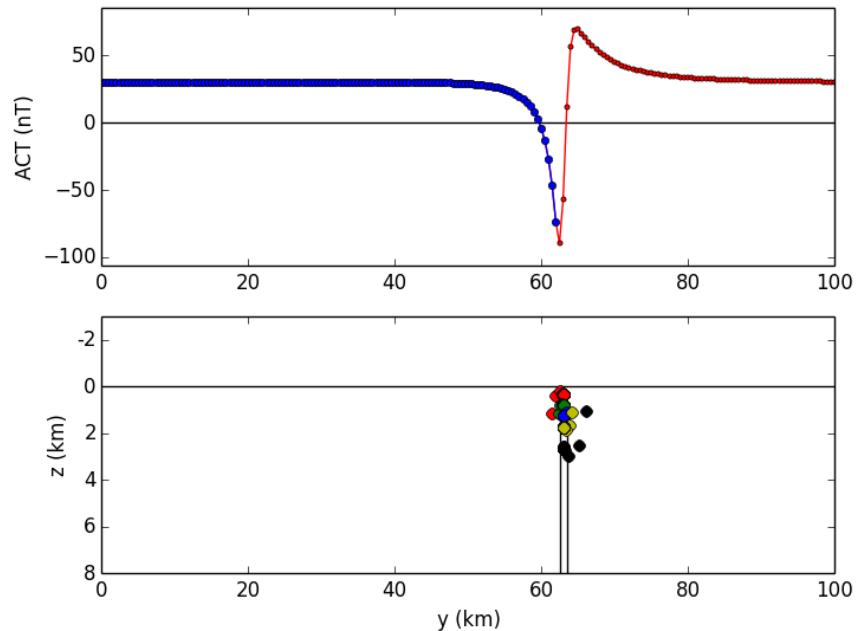


Posteriormente, Melo et al. (2013) apresentaram um método de detecção automática destes patamares.

Em resumo...

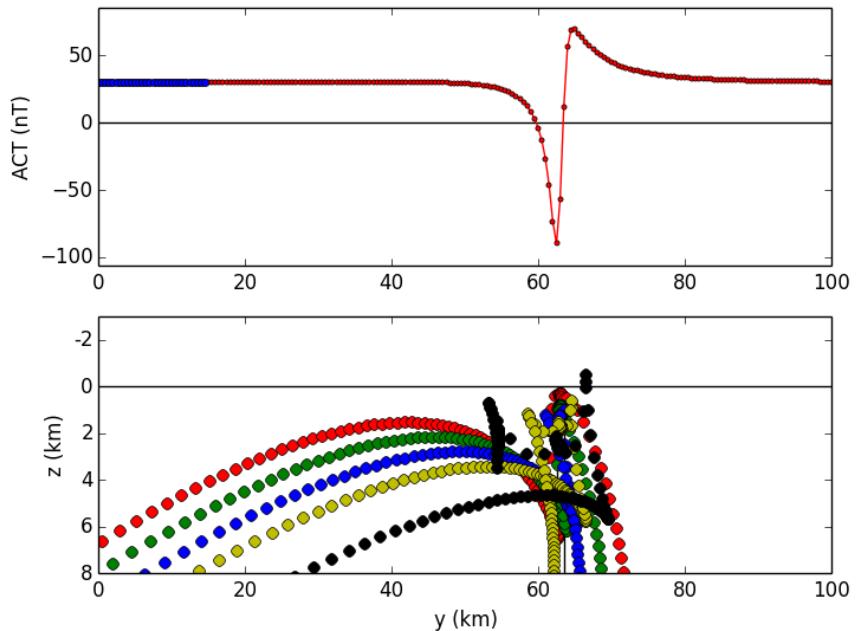
# Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

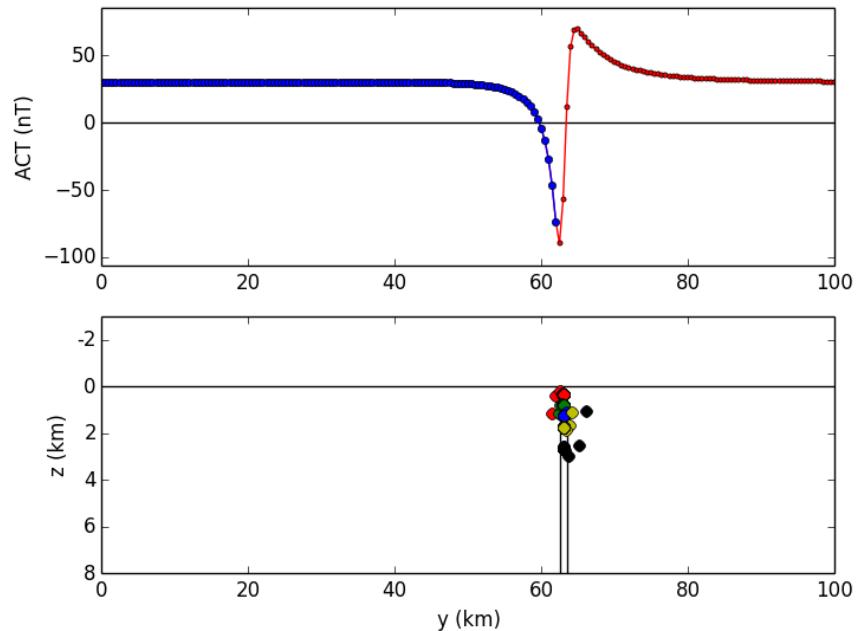
Janelas pequenas



Muitas estimativas

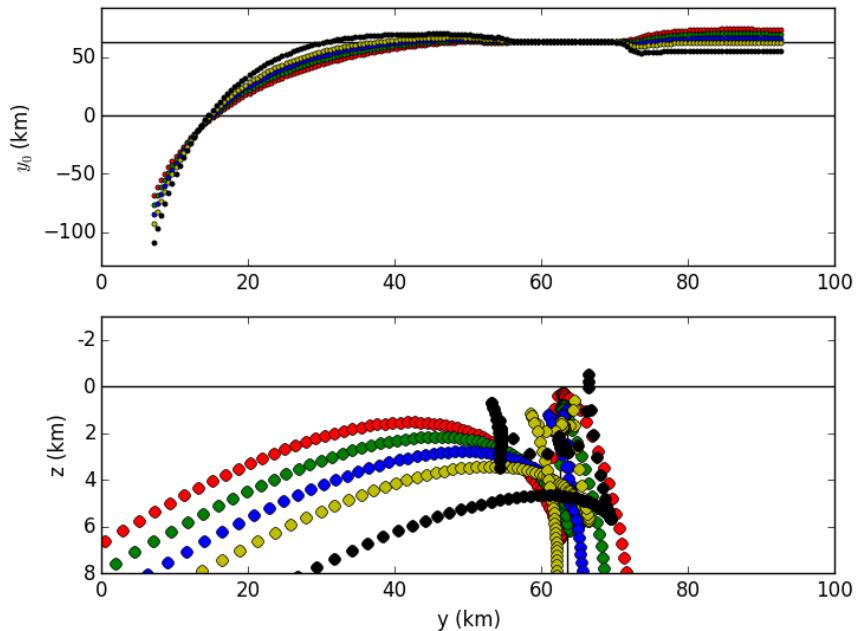
# Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

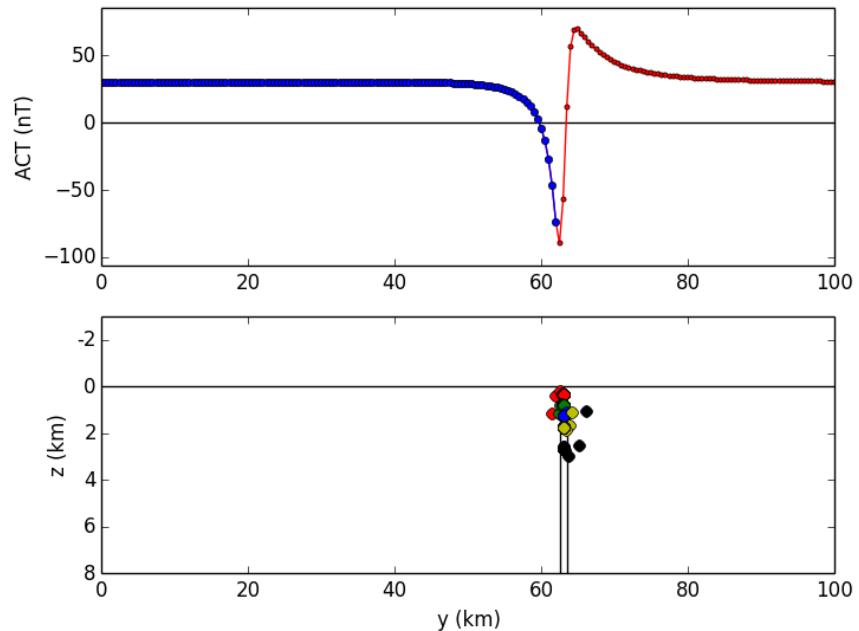
Janelas pequenas



Critério de seleção baseado  
nos patamares das  
estimativas

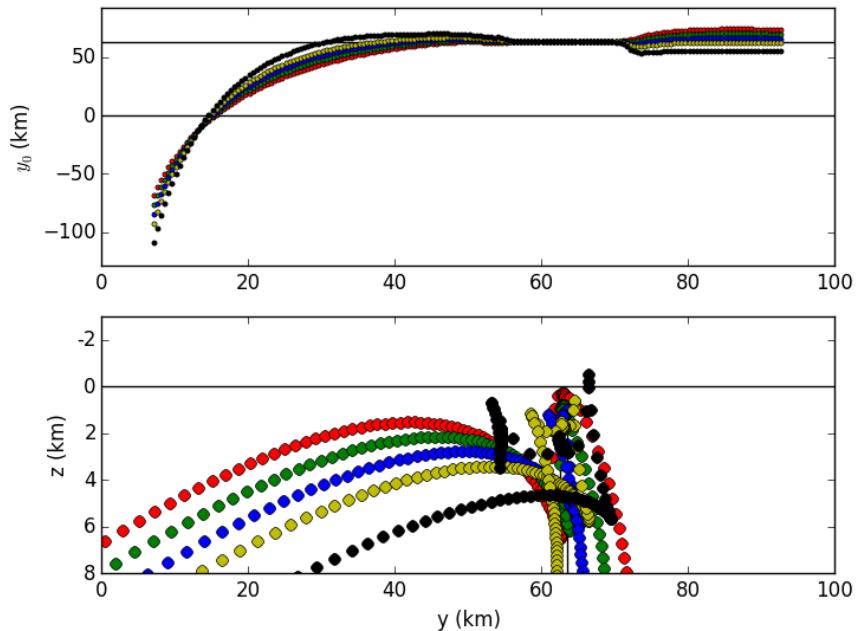
# Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

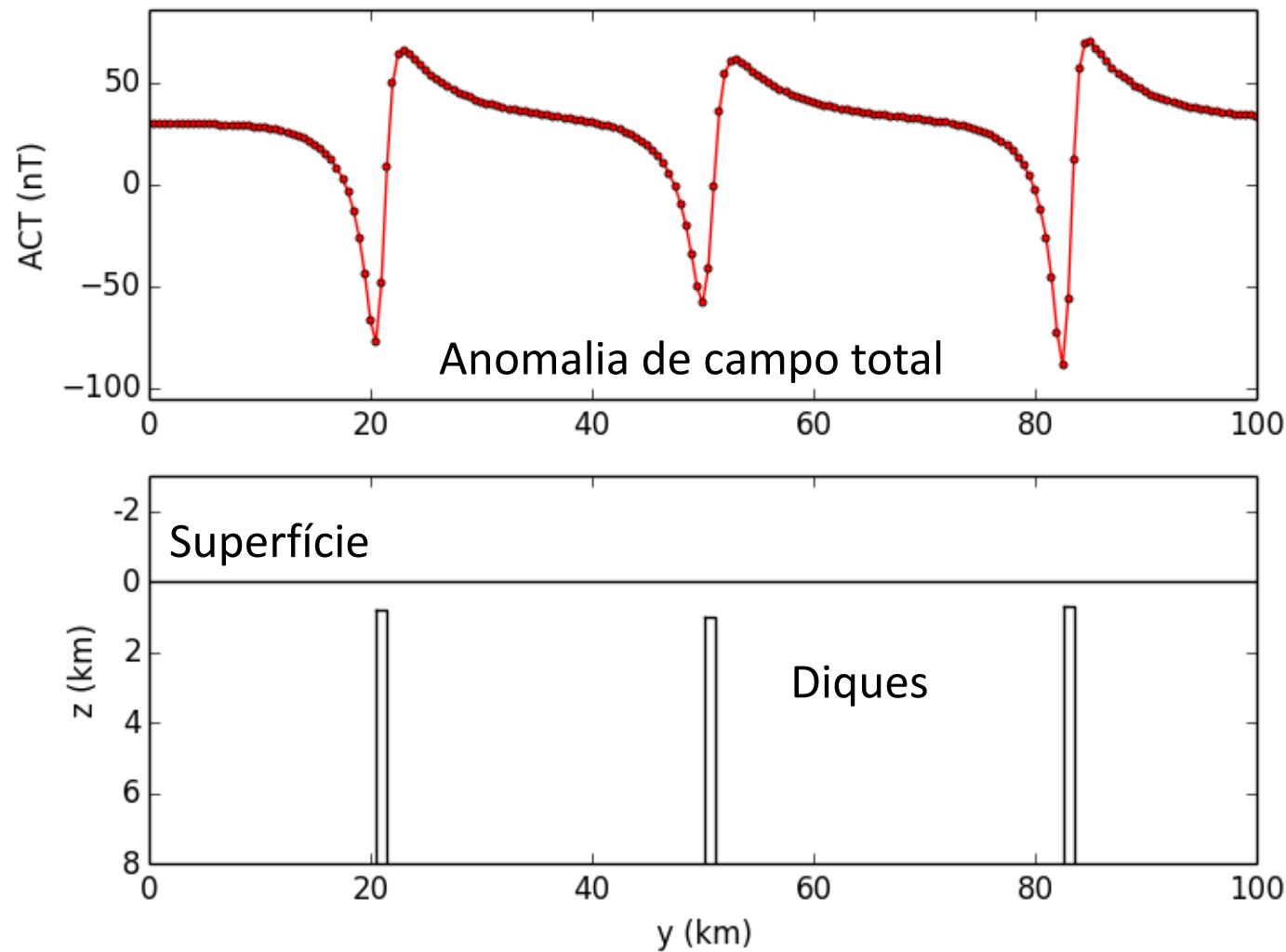
Janelas pequenas



Critério de seleção baseado  
nos patamares das  
estimativas

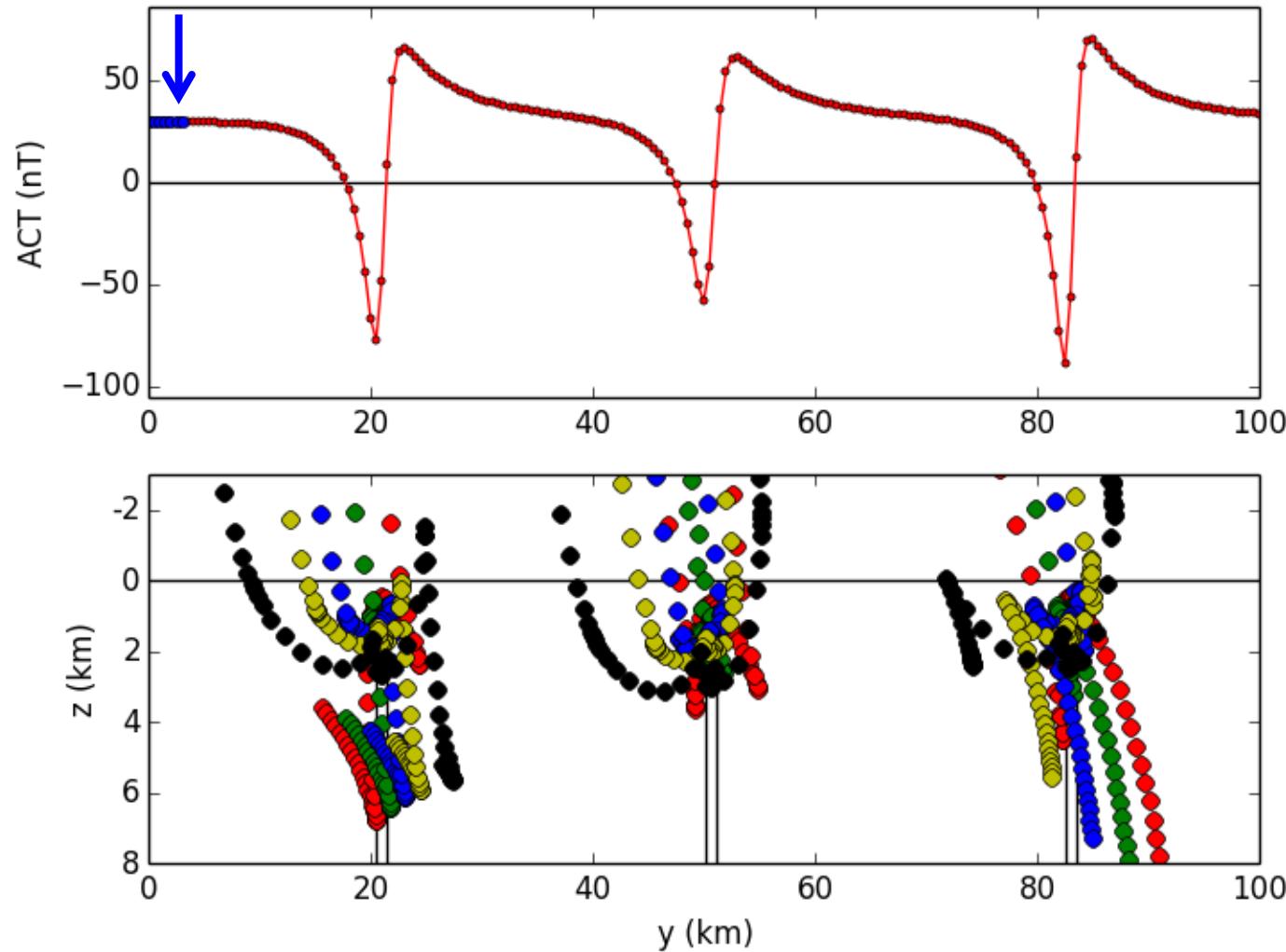
A abordagem de janelas móveis é útil  
para a interpretação da múltiplas fontes

# Deconvolução de Euler



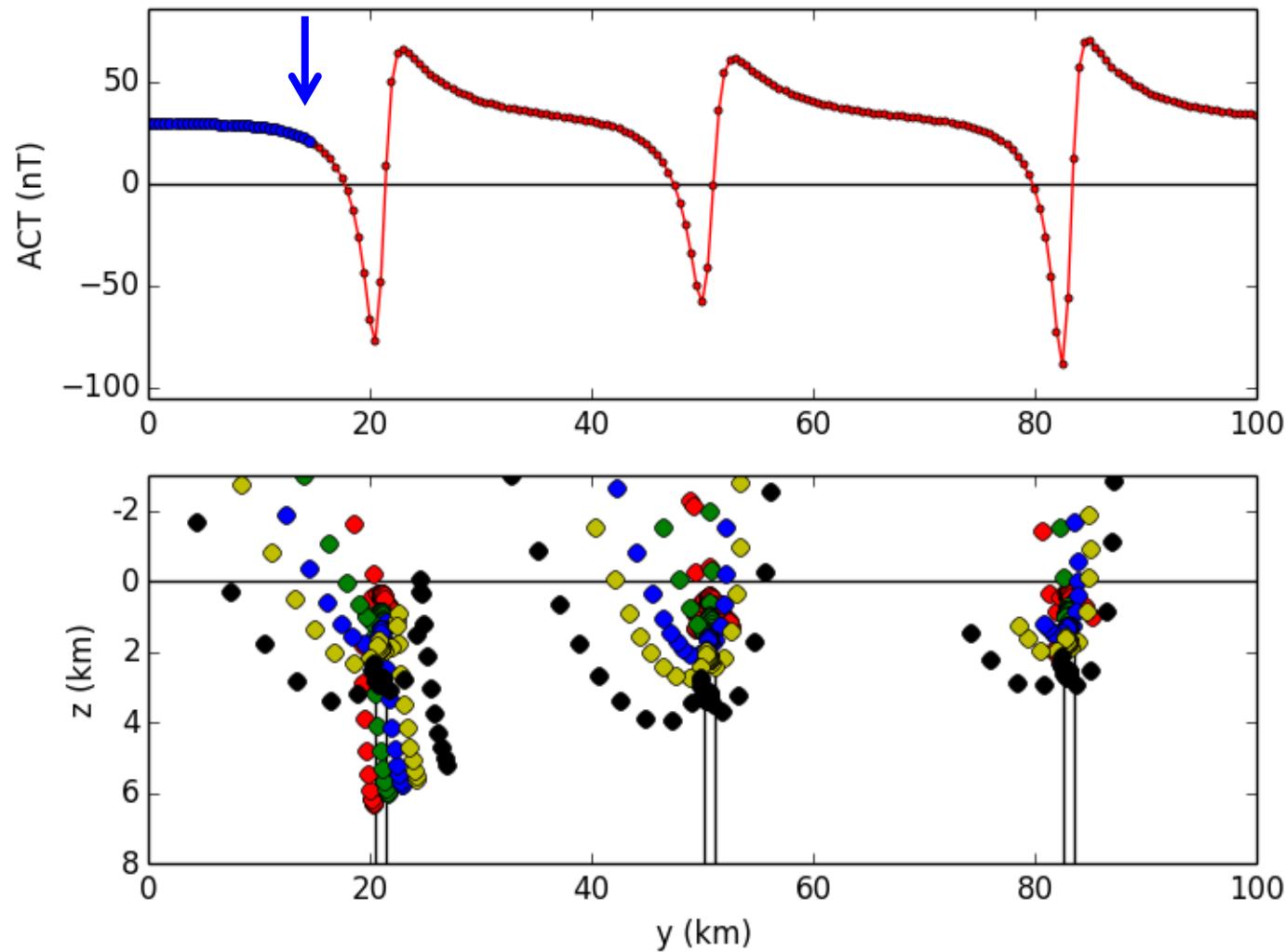
# Deconvolução de Euler

Janelas de 7 dados



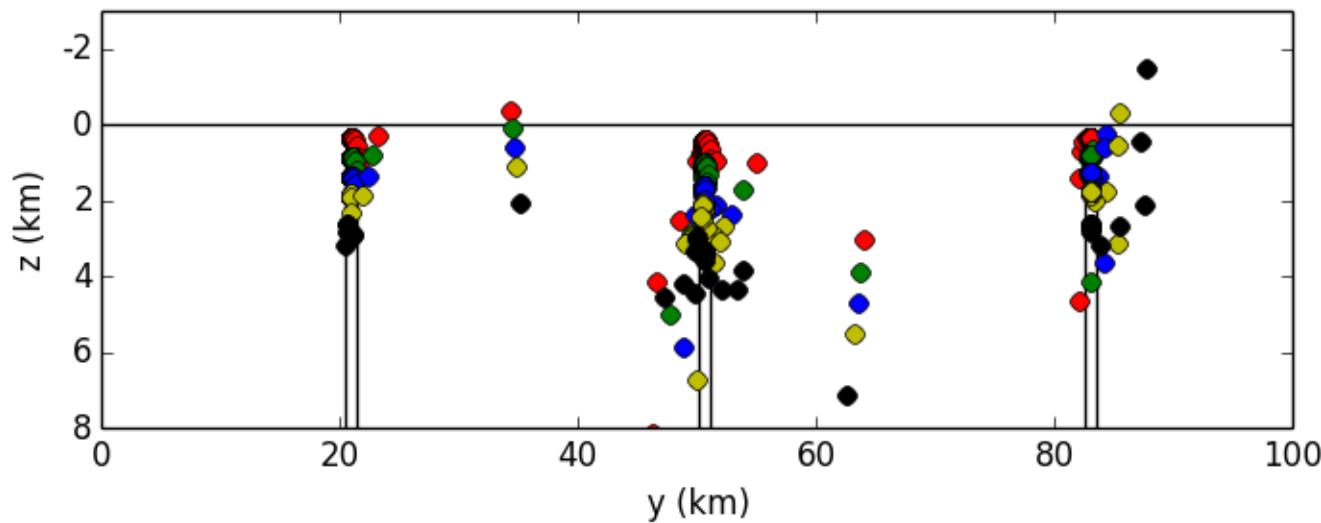
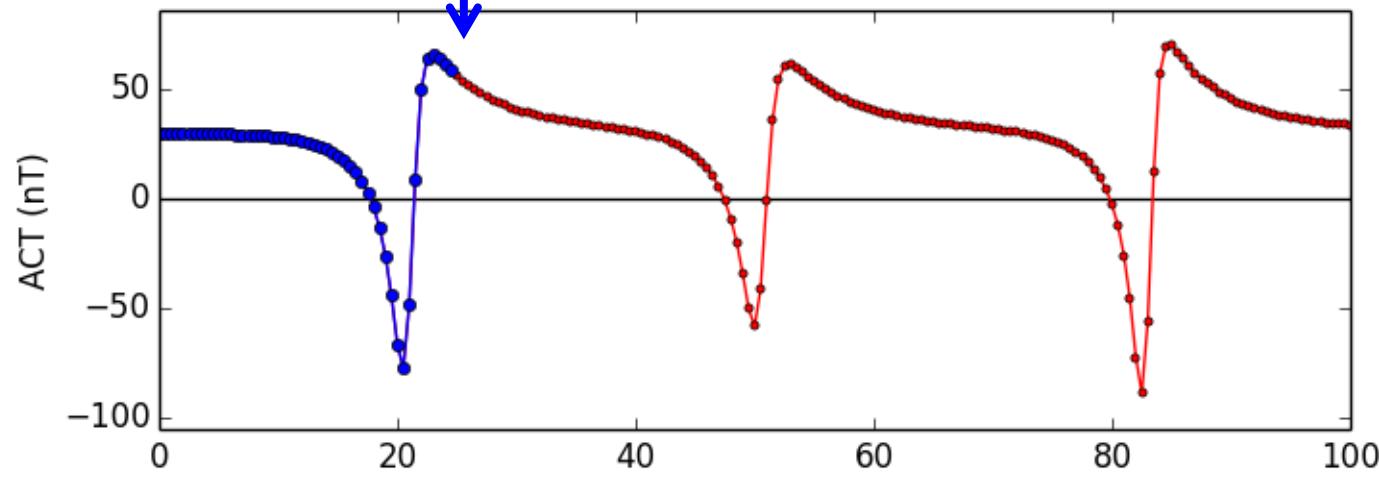
# Deconvolução de Euler

Janelas de 30 dados



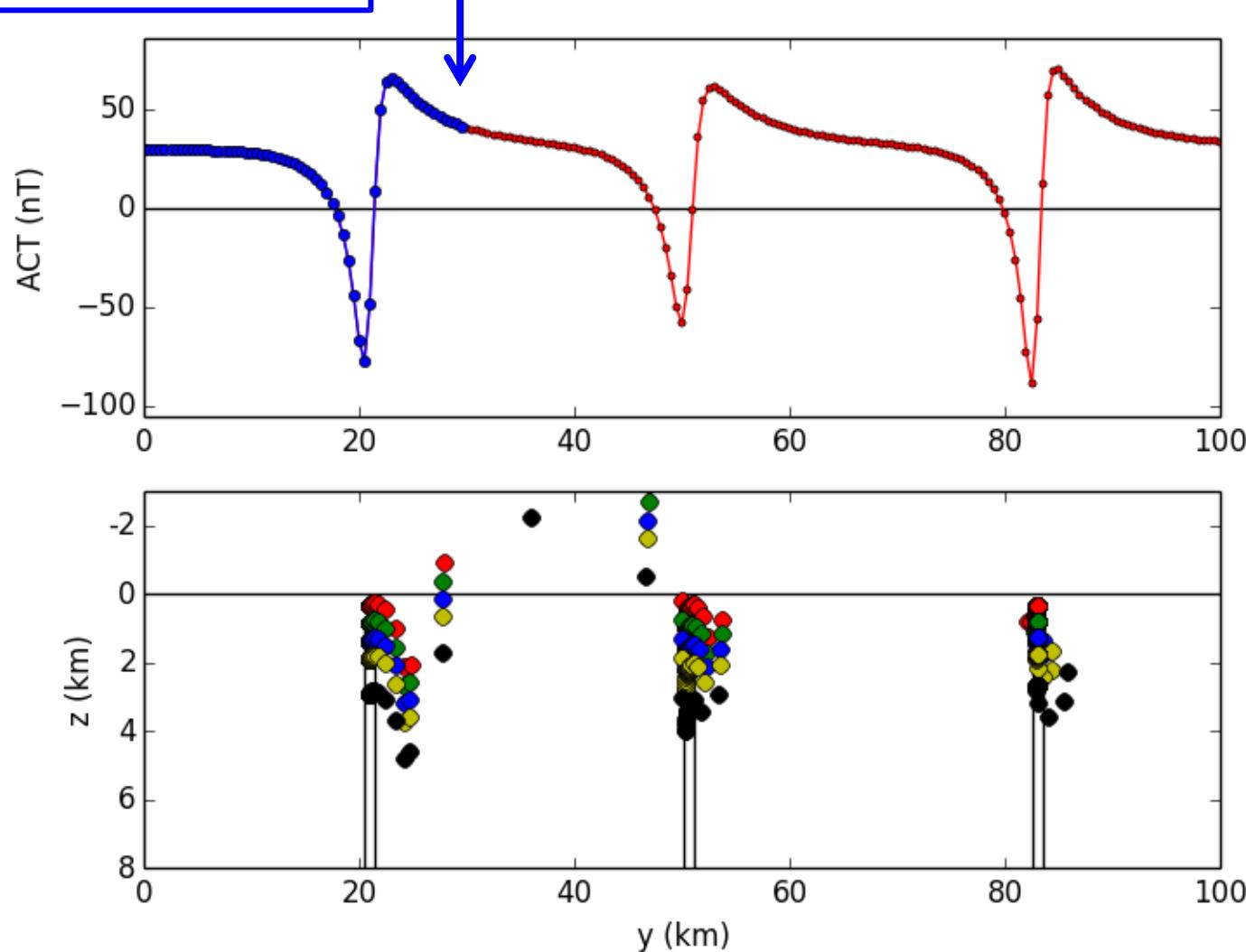
# Deconvolução de Euler

Janelas de 50 dados



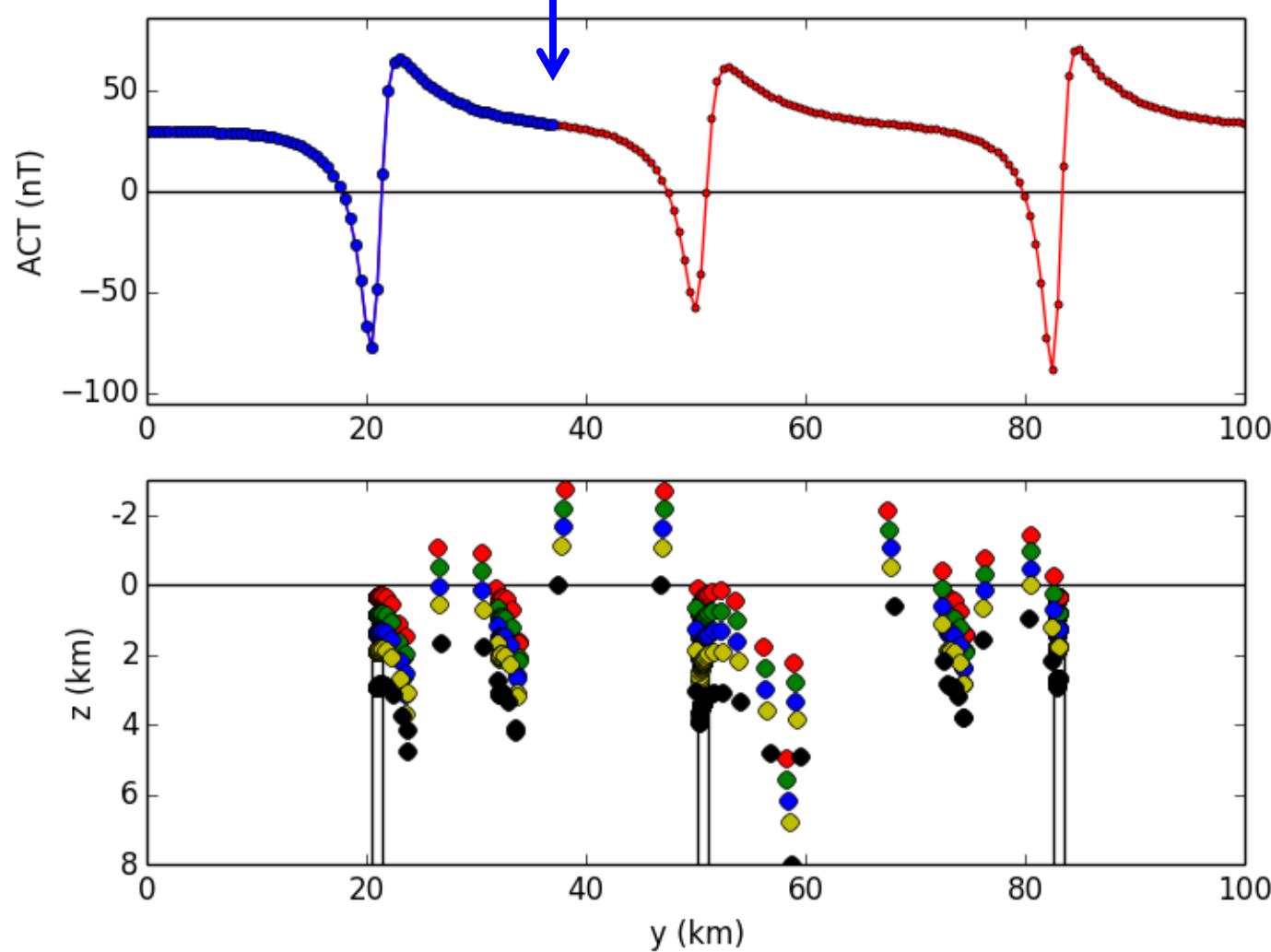
# Deconvolução de Euler

Janelas de 60 dados



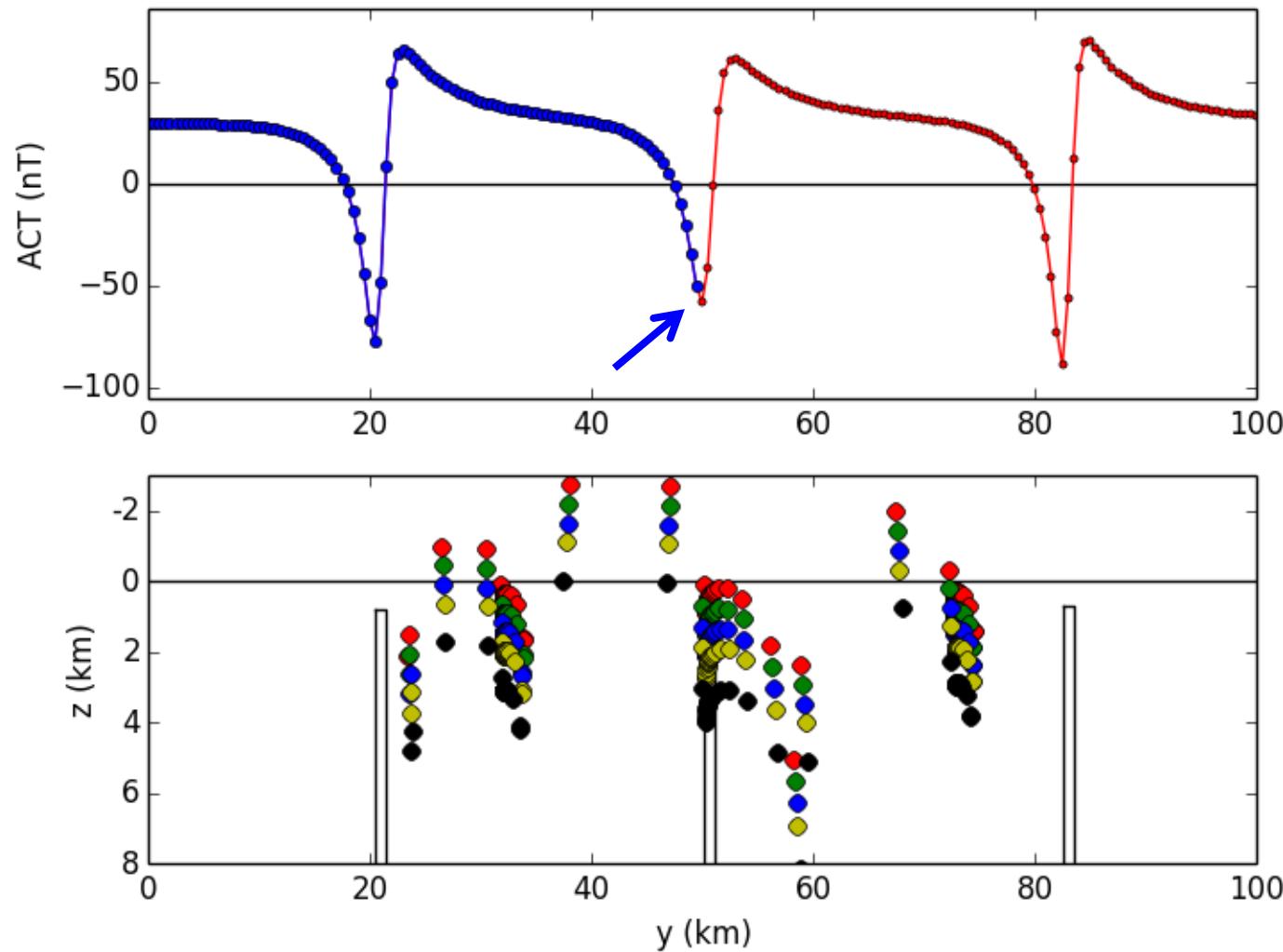
# Deconvolução de Euler

Janelas de 75 dados



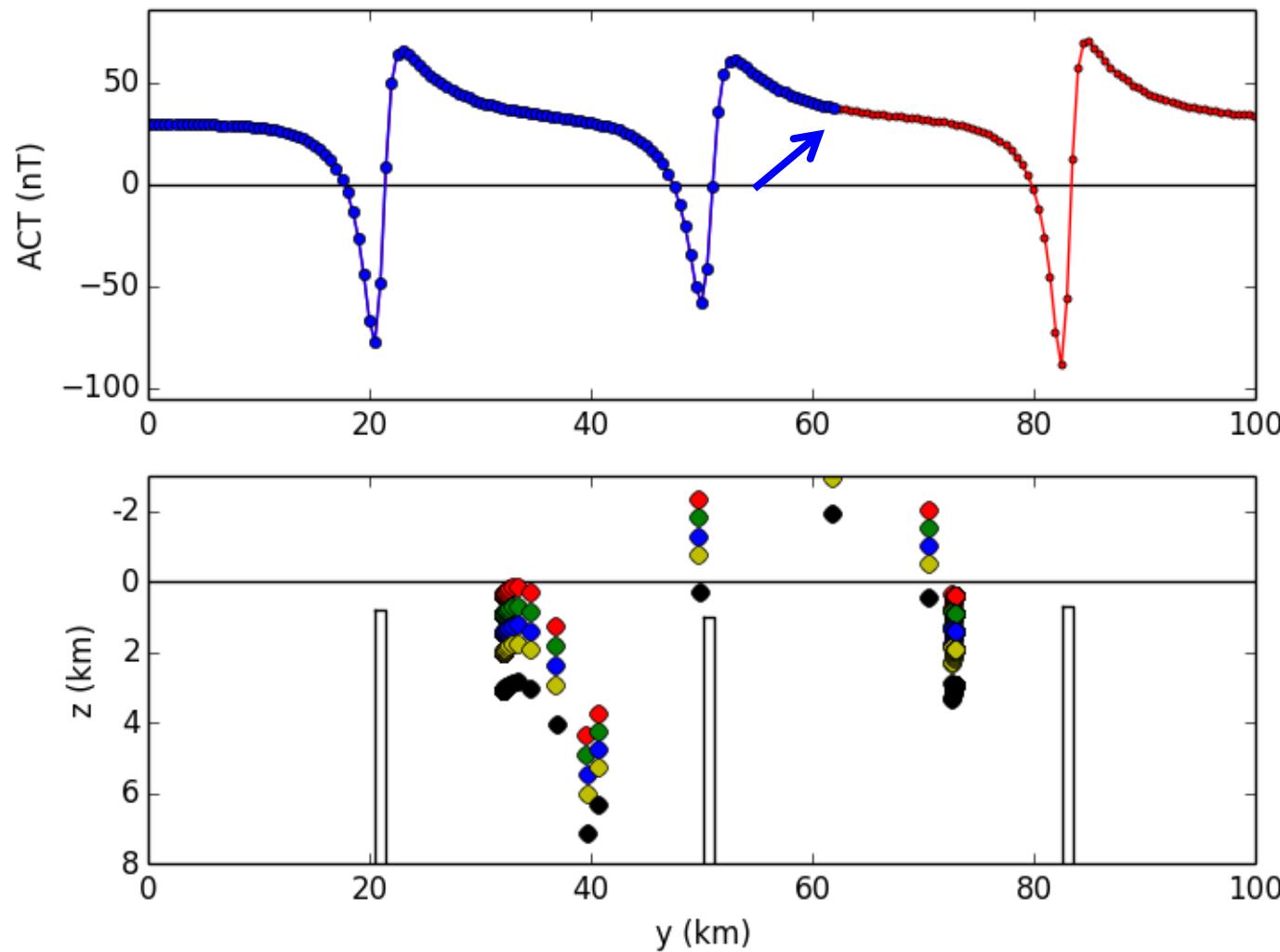
# Deconvolução de Euler

Janelas de 100 dados



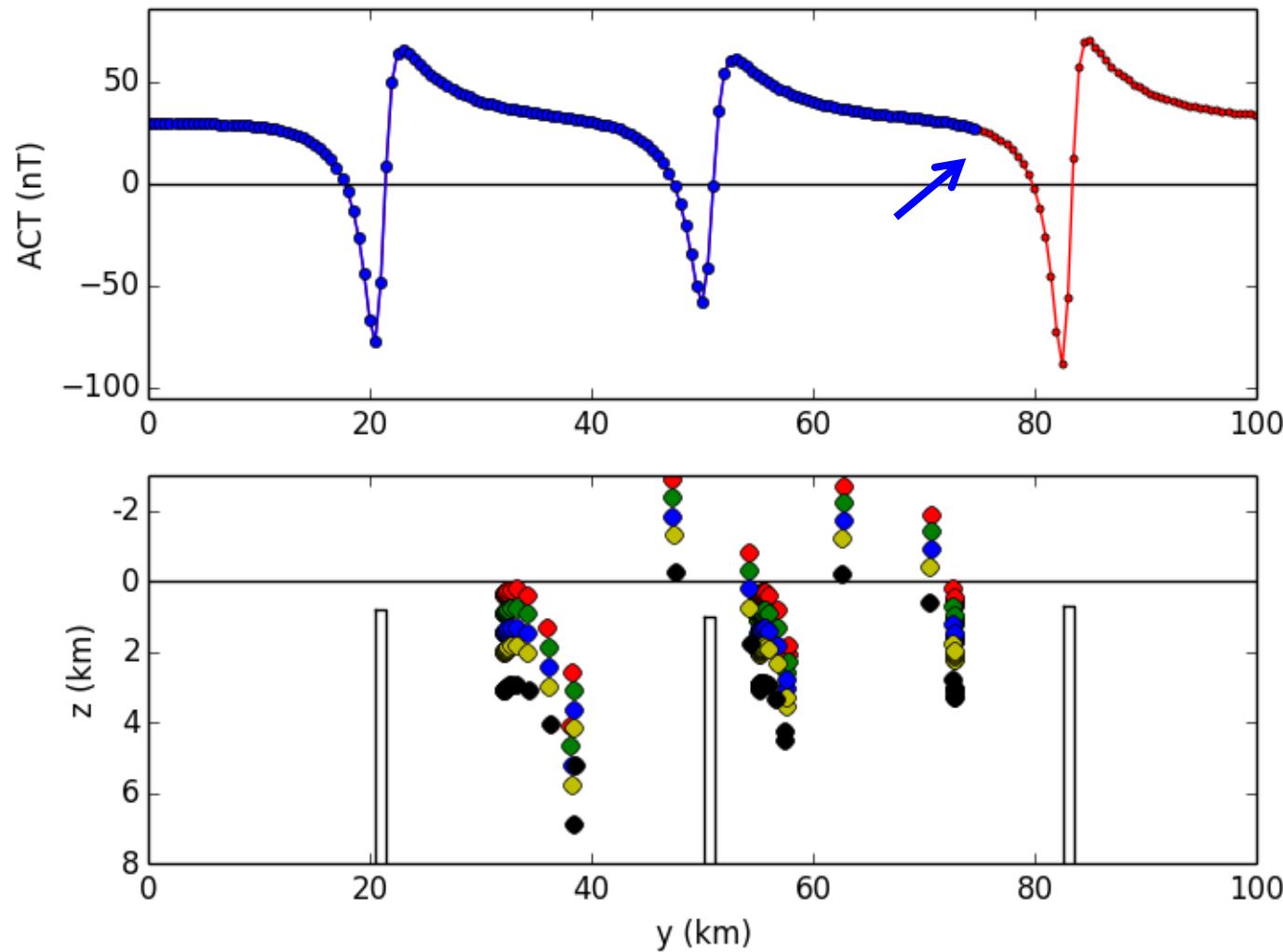
# Deconvolução de Euler

Janelas de 125 dados



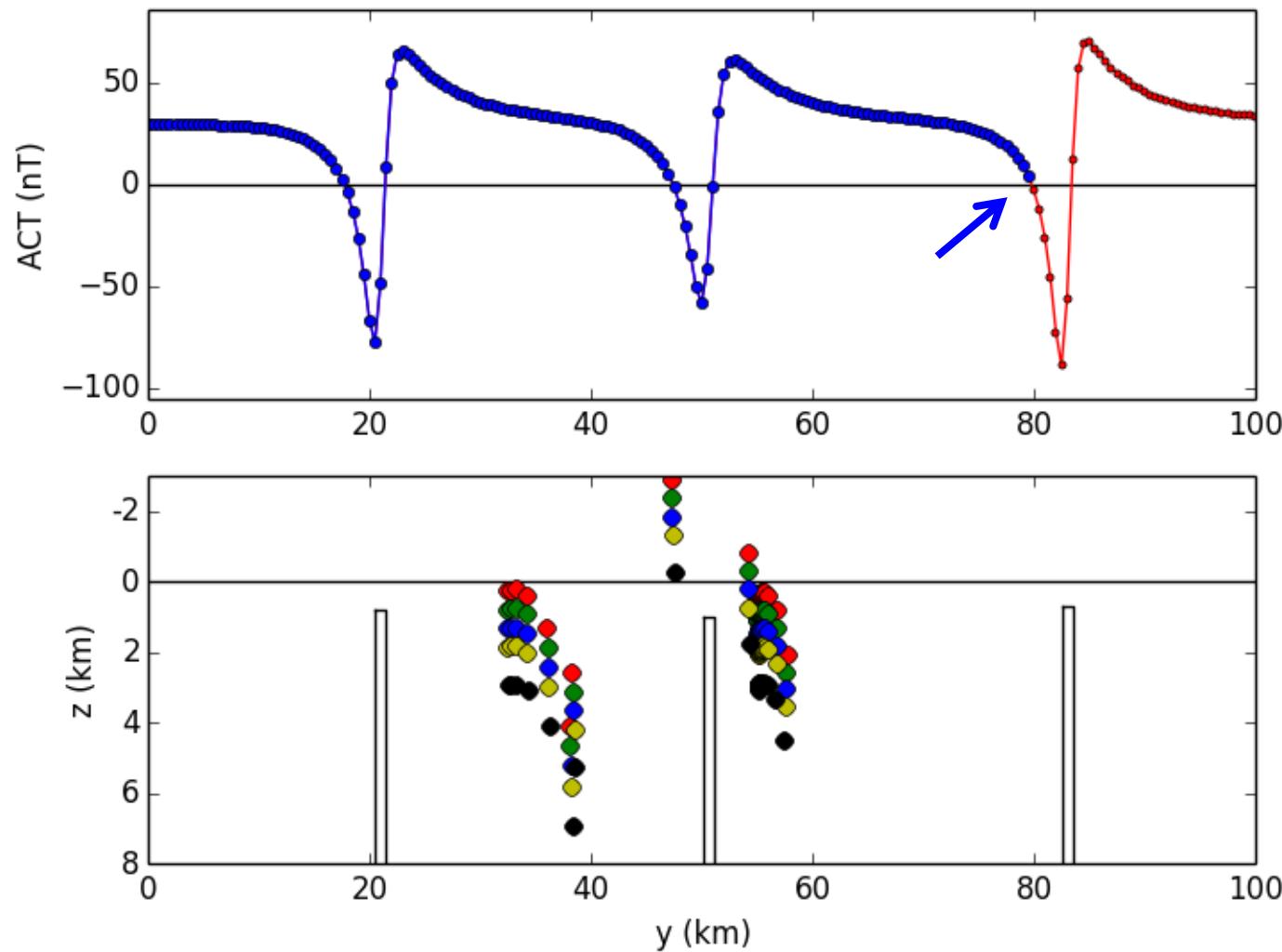
# Deconvolução de Euler

Janelas de 150 dados



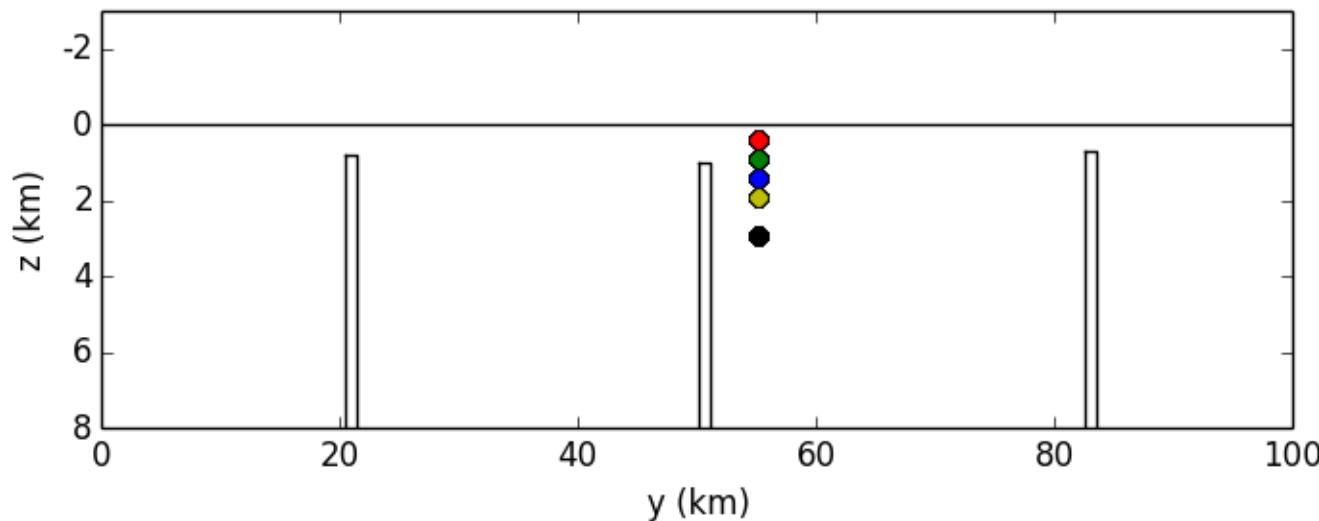
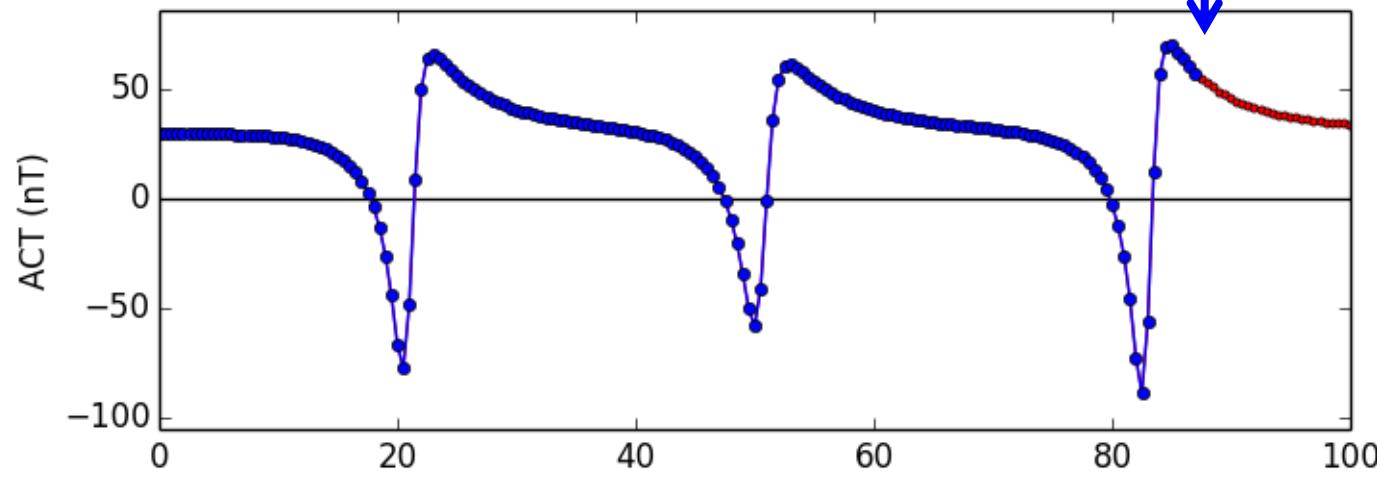
# Deconvolução de Euler

Janelas de 160 dados



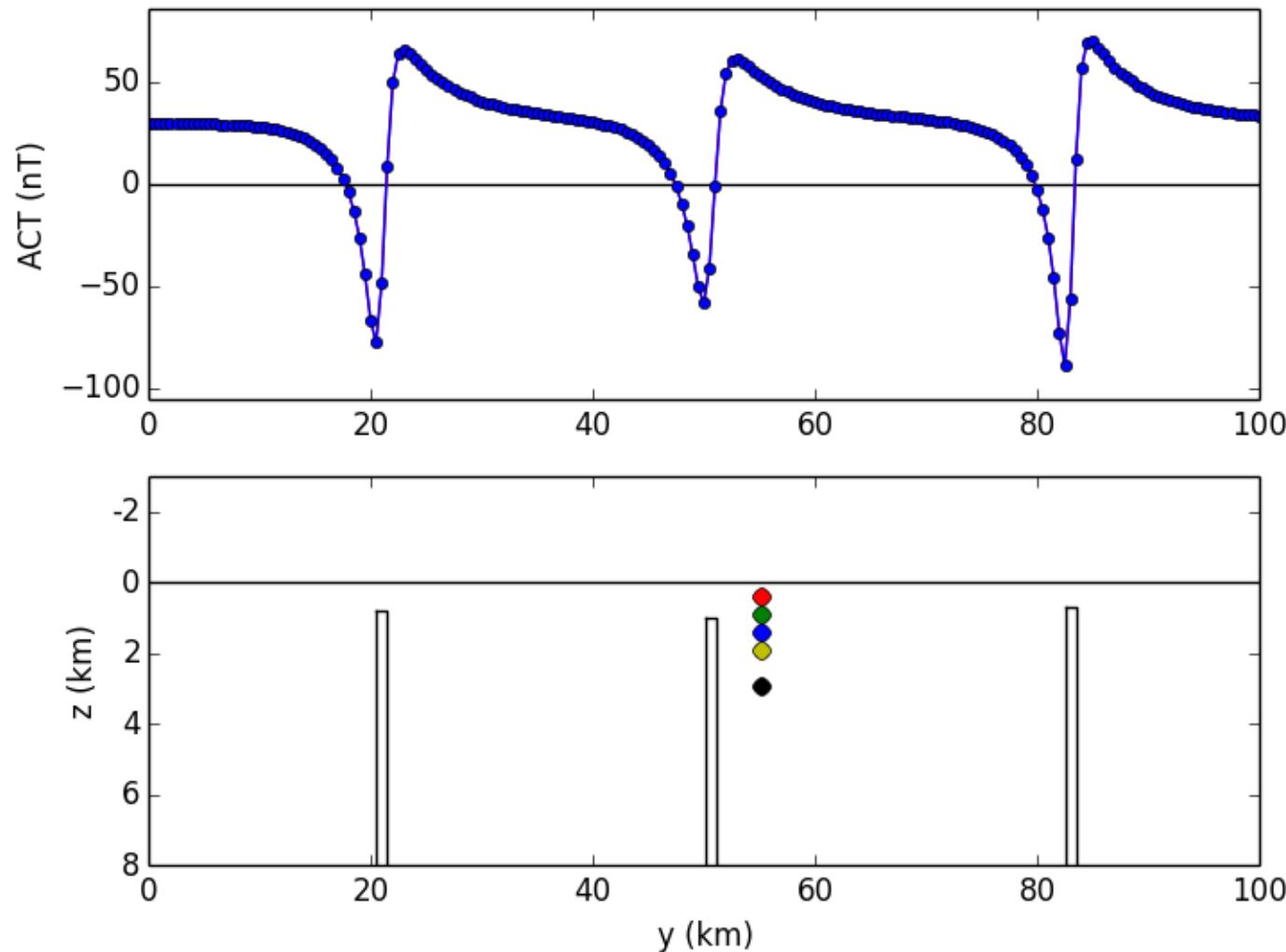
# Deconvolução de Euler

Janelas de 175 dados



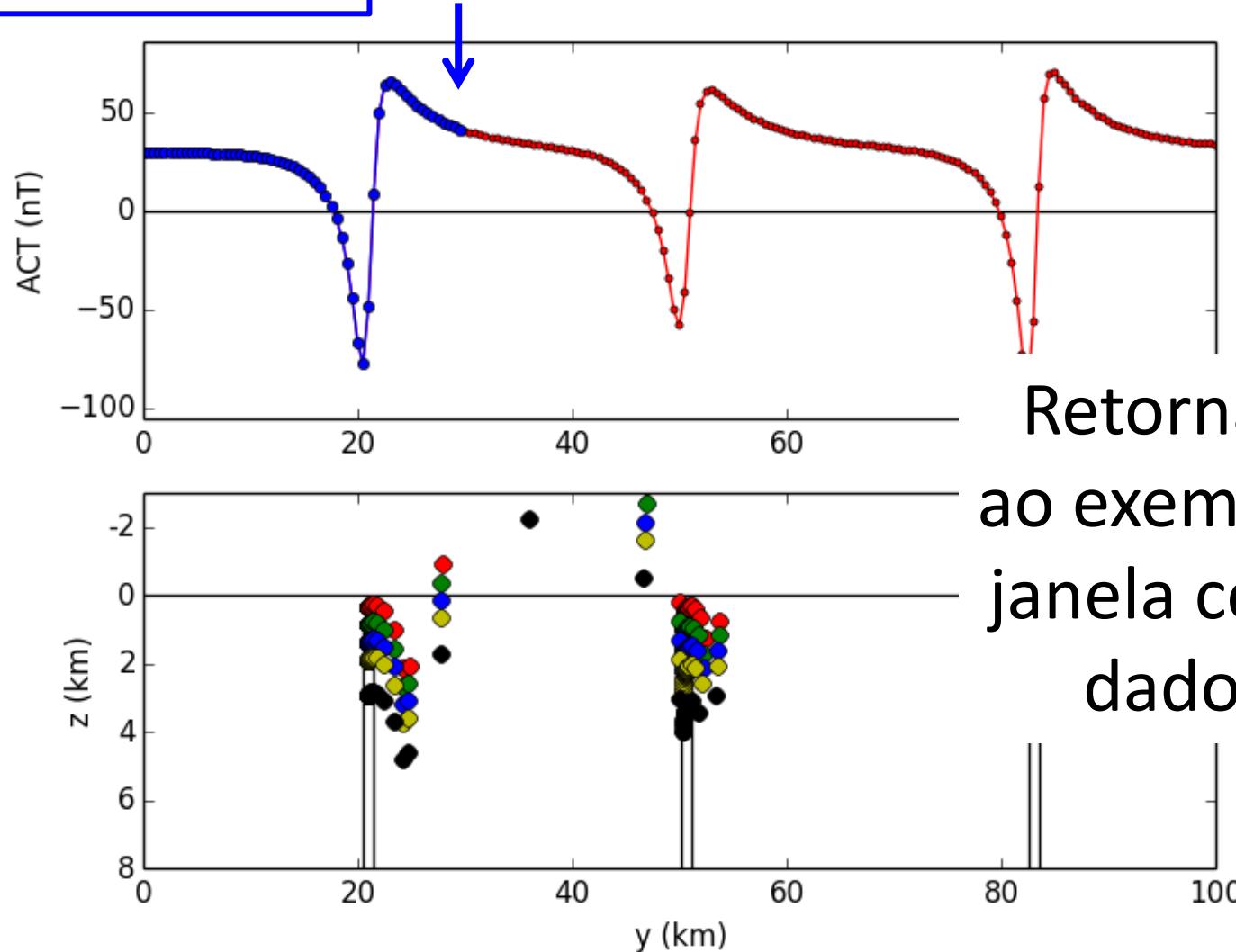
# Deconvolução de Euler

Janelas de 201 dados (todos)



# Deconvolução de Euler

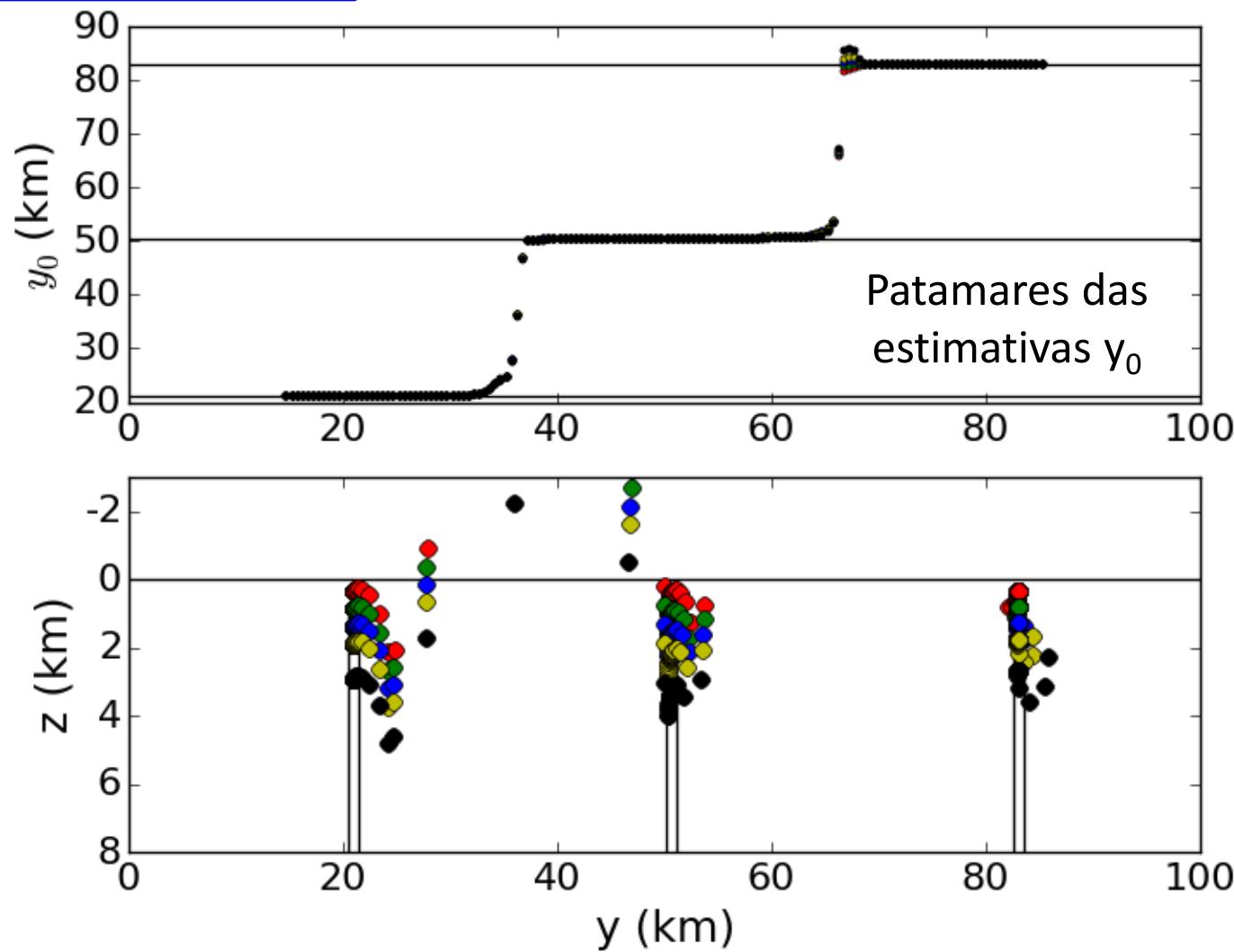
Janelas de 60 dados



Retornando  
ao exemplo de  
janela com 60  
dados...

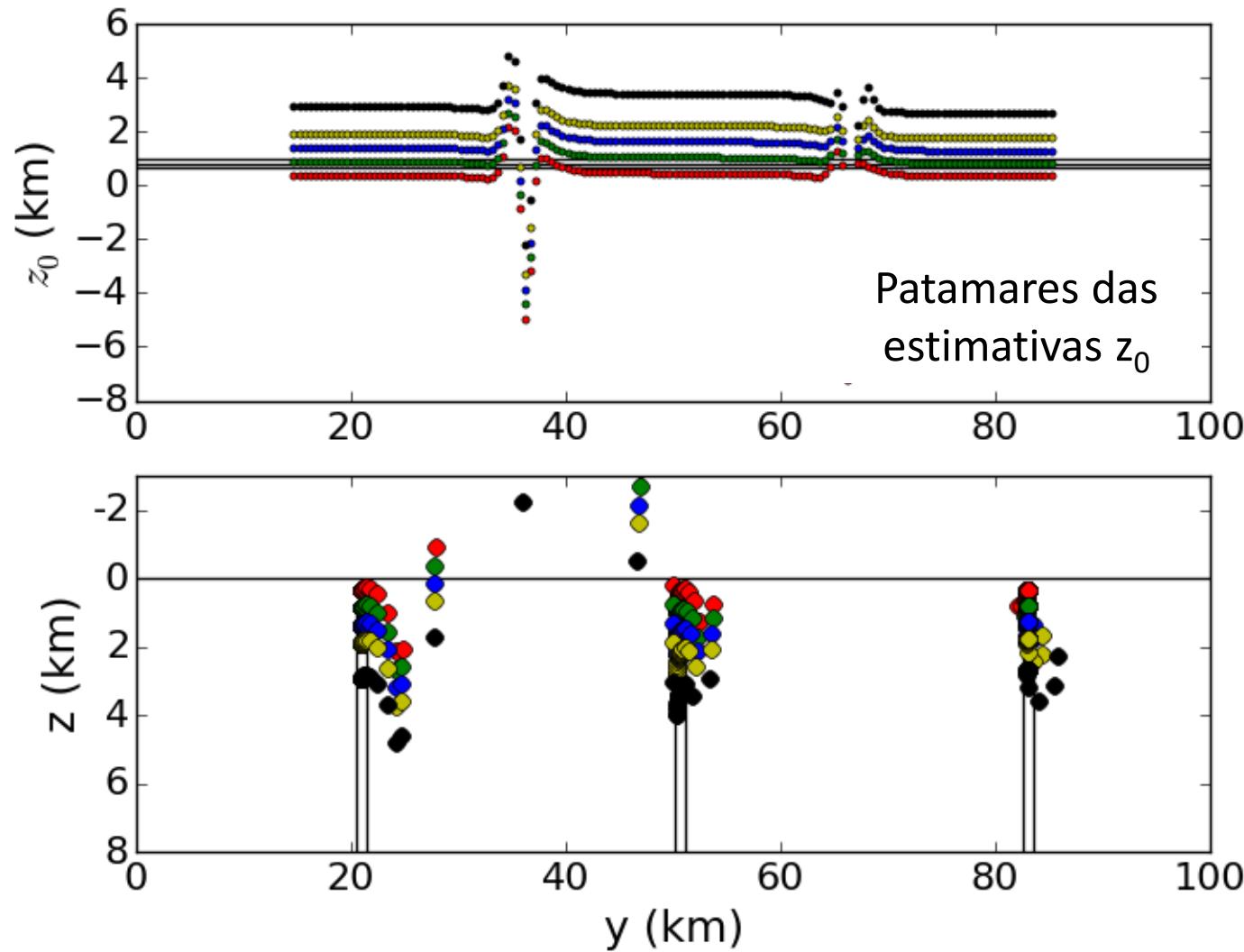
# Deconvolução de Euler

Janelas de 60 dados



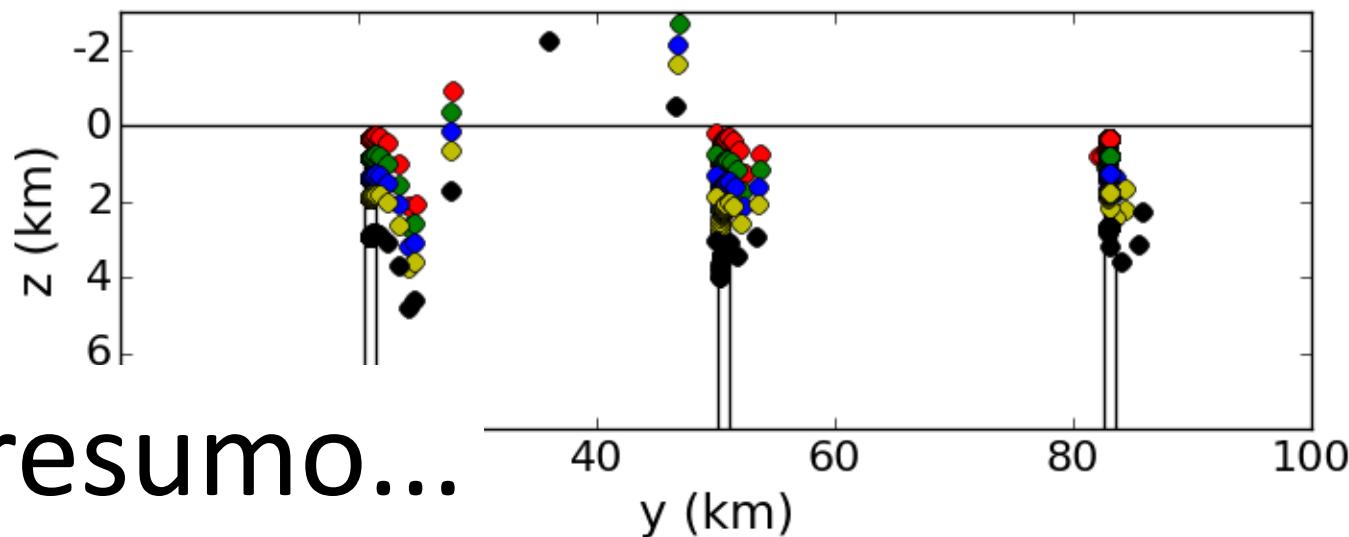
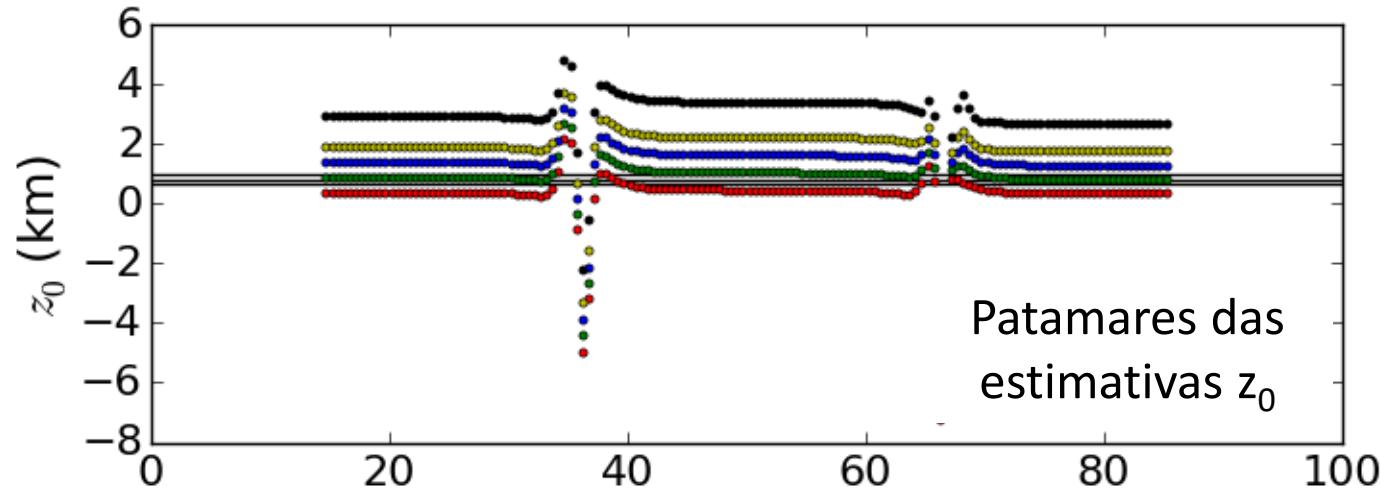
# Deconvolução de Euler

Janelas de 60 dados



# Deconvolução de Euler

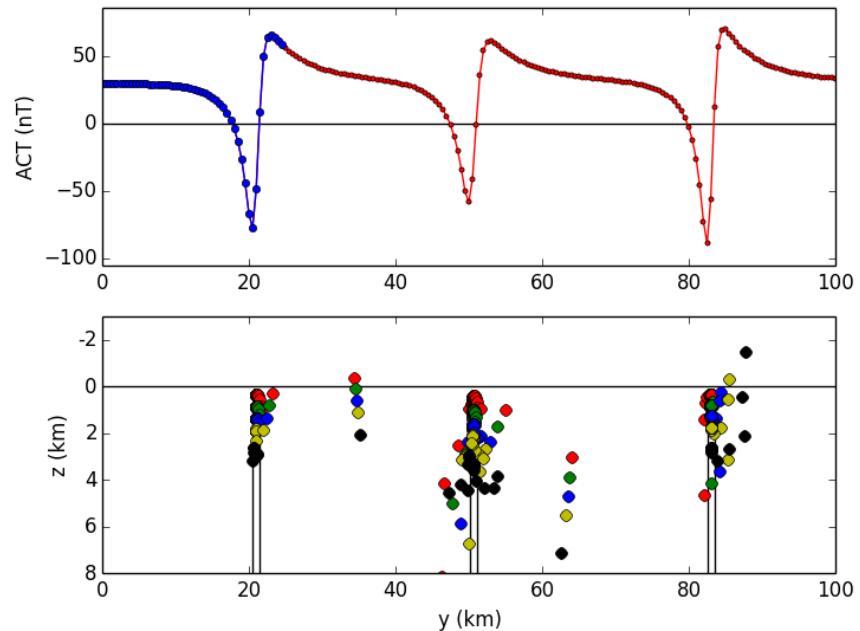
Janelas de 60 dados



Em resumo...

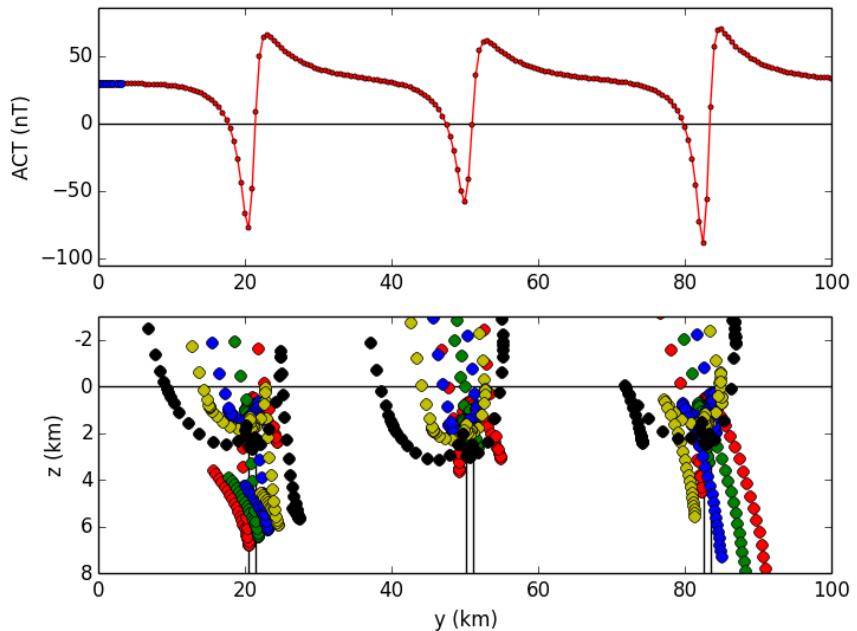
# Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

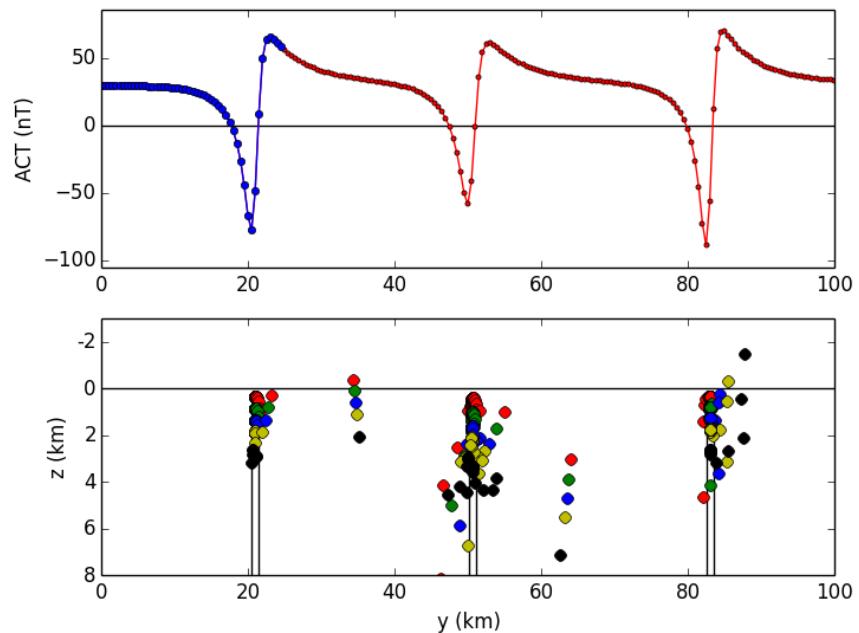
Janelas pequenas



Muitas estimativas

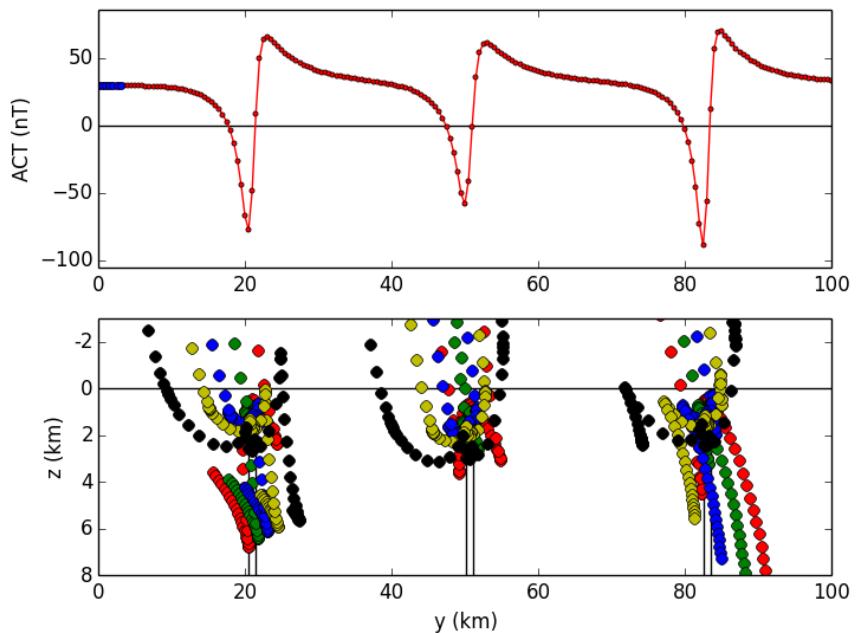
# Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

Janelas pequenas

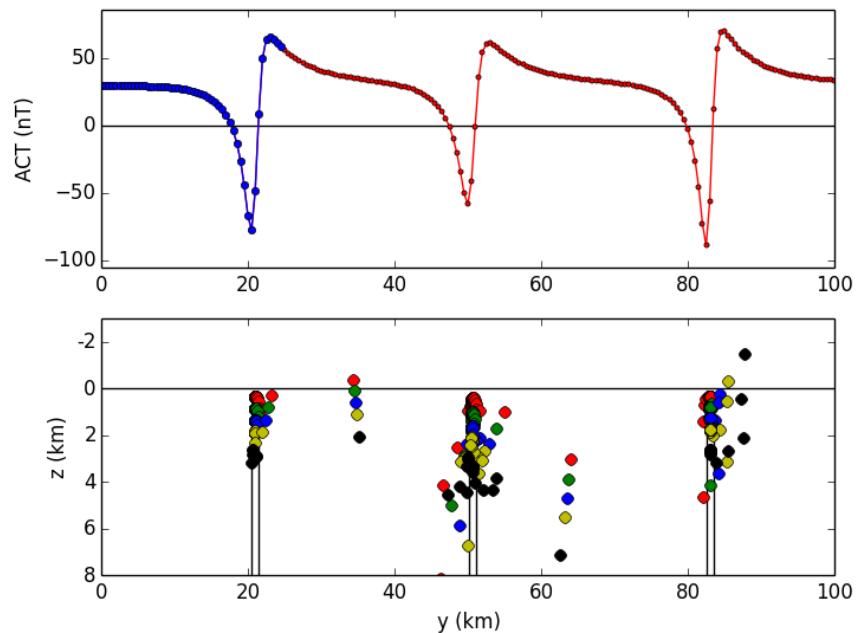


Muitas estimativas

A abordagem de janelas móveis é útil para a interpretação da múltiplas fontes

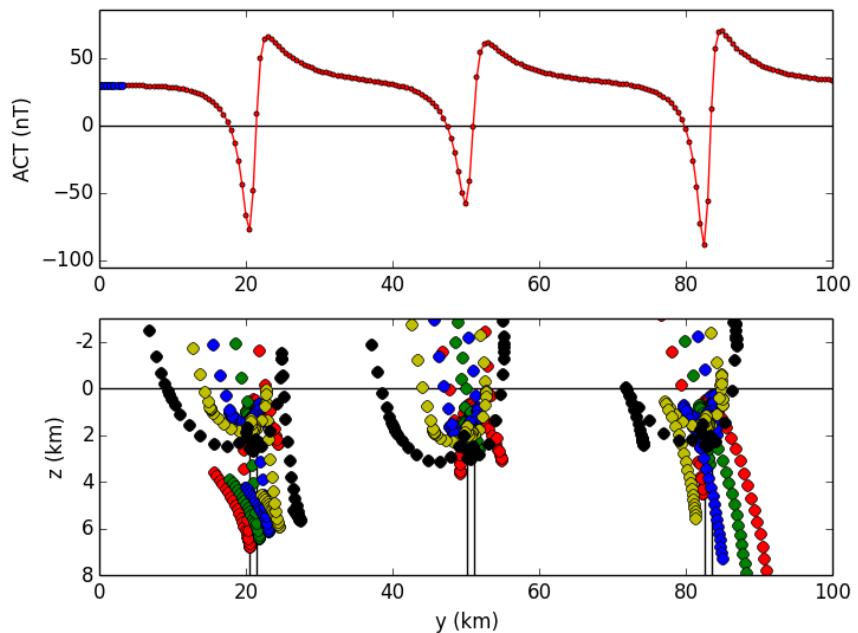
# Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

Janelas pequenas



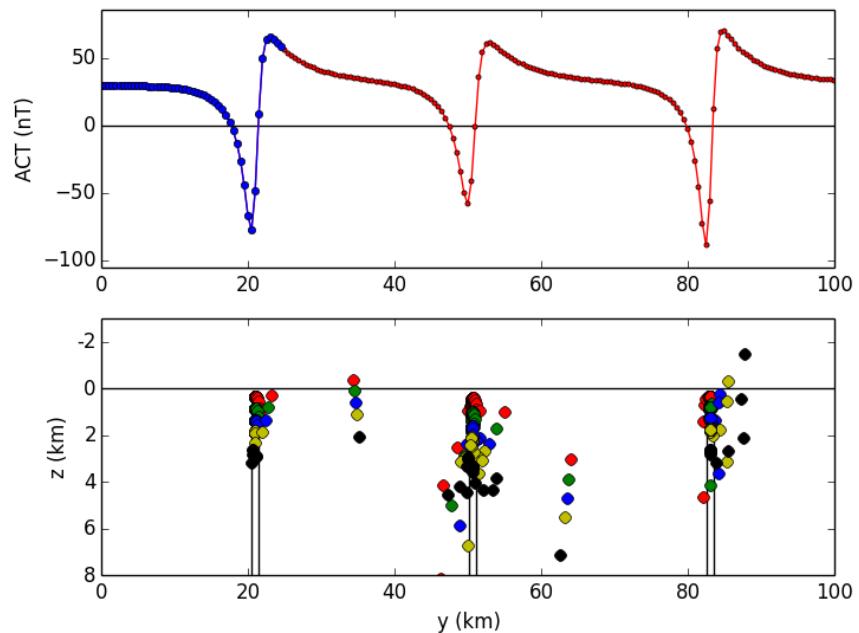
Muitas estimativas

A abordagem de janelas móveis é útil para a interpretação da múltiplas fontes

Mas requer um método para a escolha das “melhores” soluções

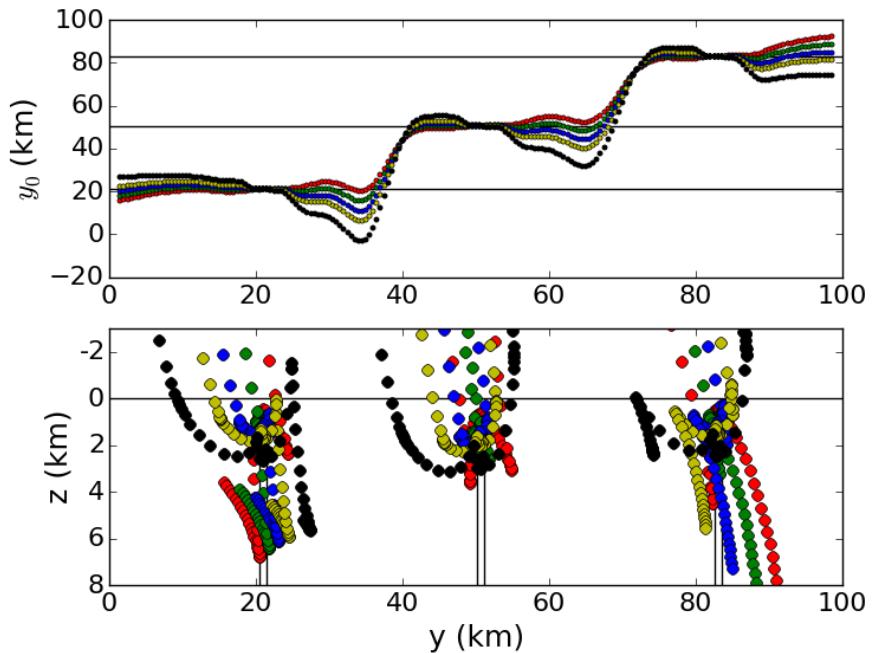
# Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

Janelas pequenas

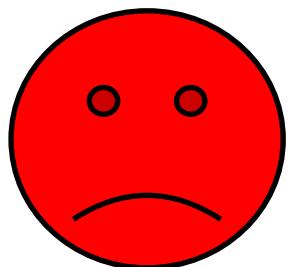


Patamares das estimativas  $y_0$

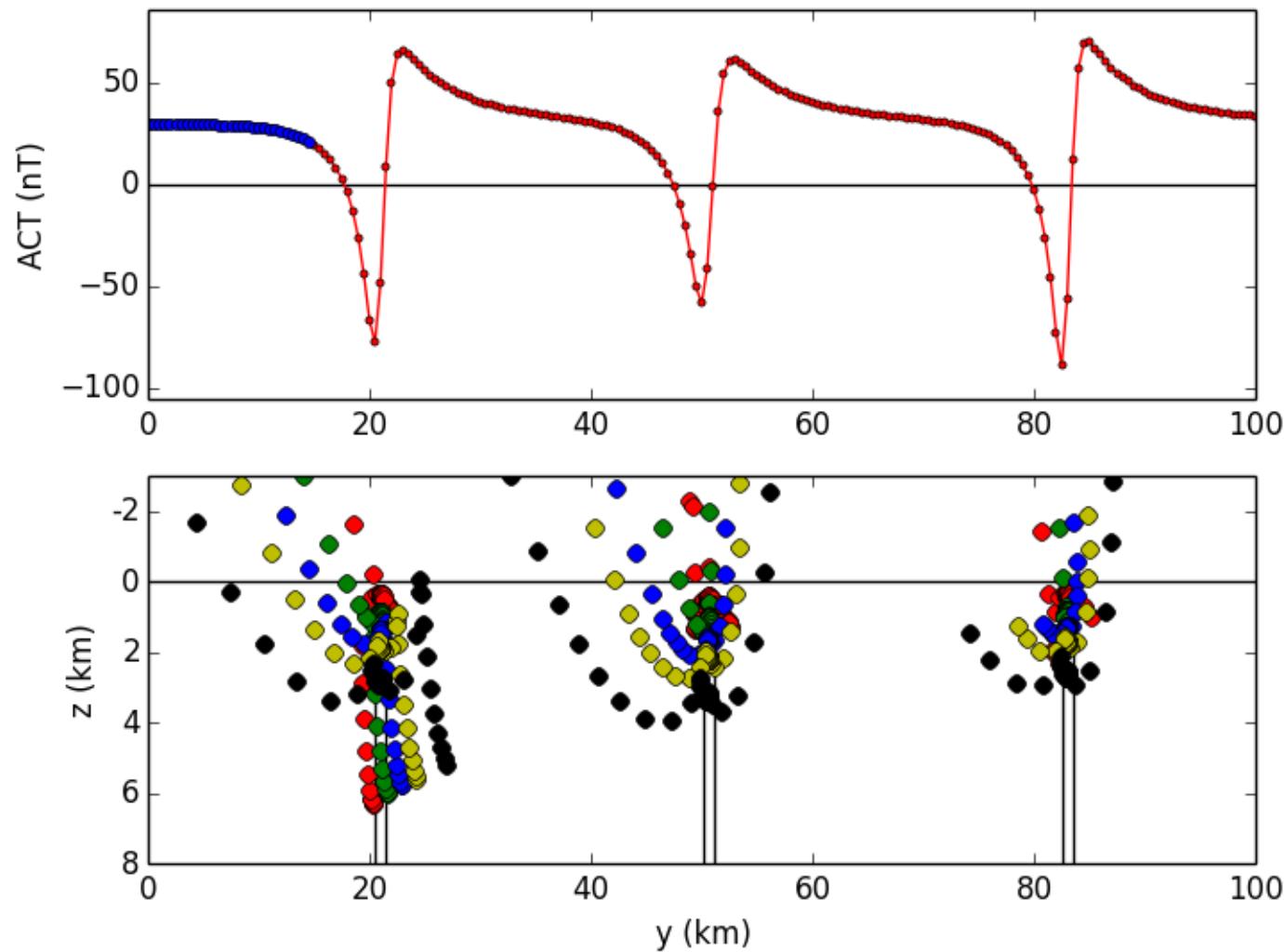
A abordagem de janelas móveis é útil para a interpretação da múltiplas fontes

Mas requer um método para a escolha das “melhores” soluções

# Deconvolução de Euler

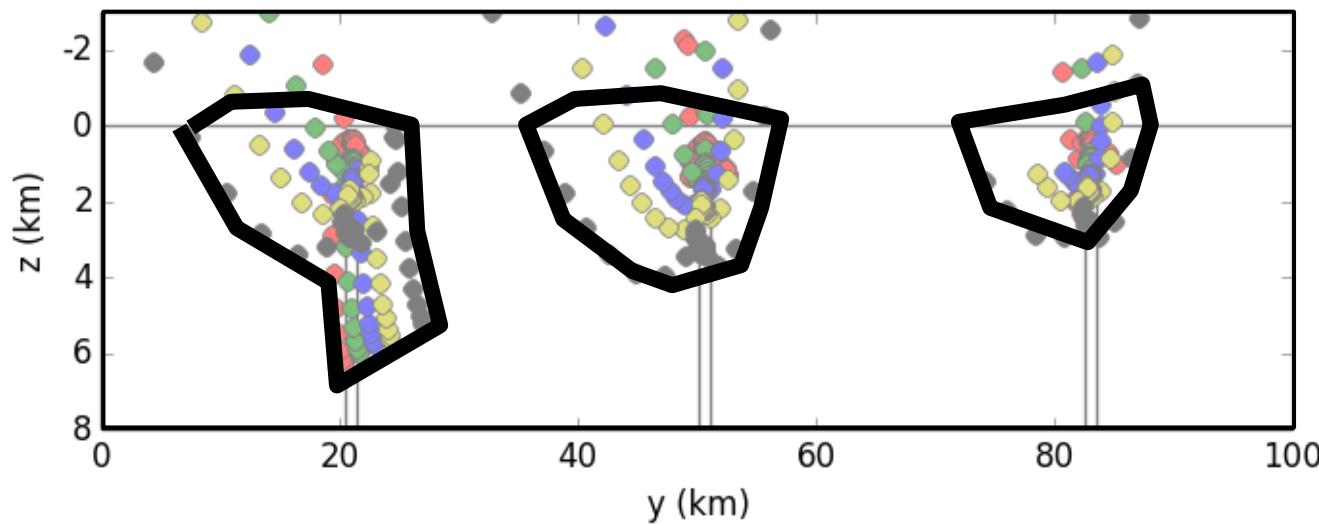
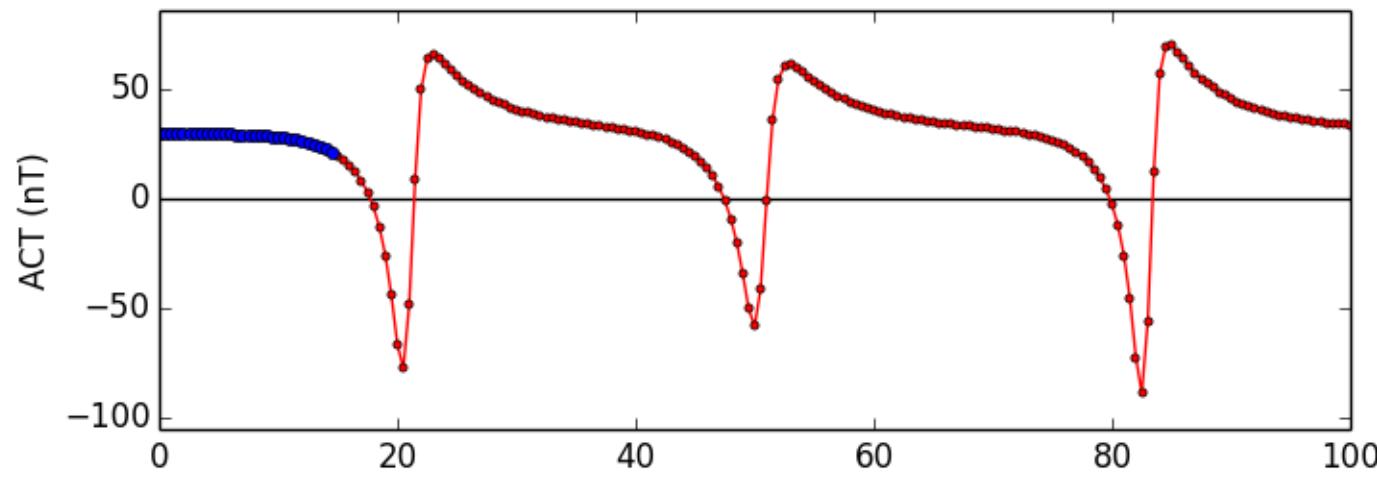


Exemplos do que NÃO se deve fazer



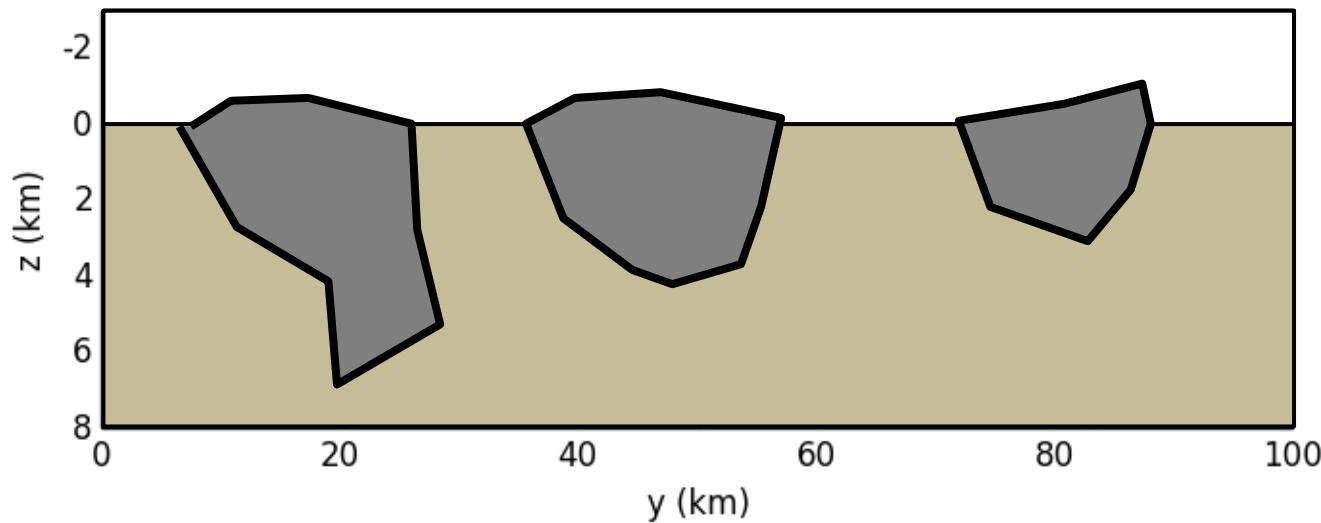
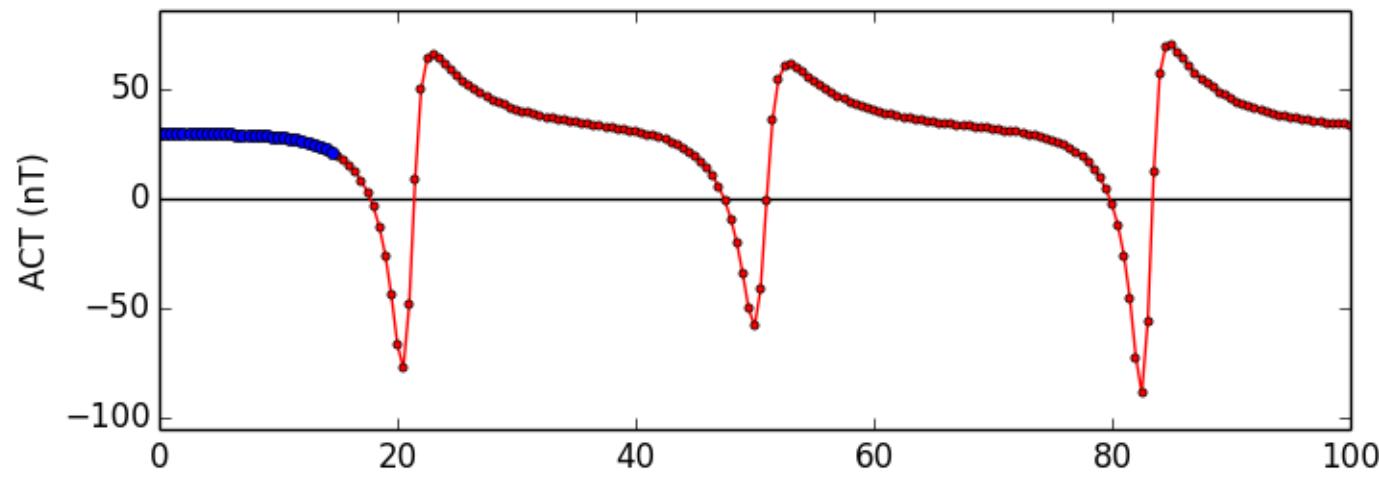
# Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



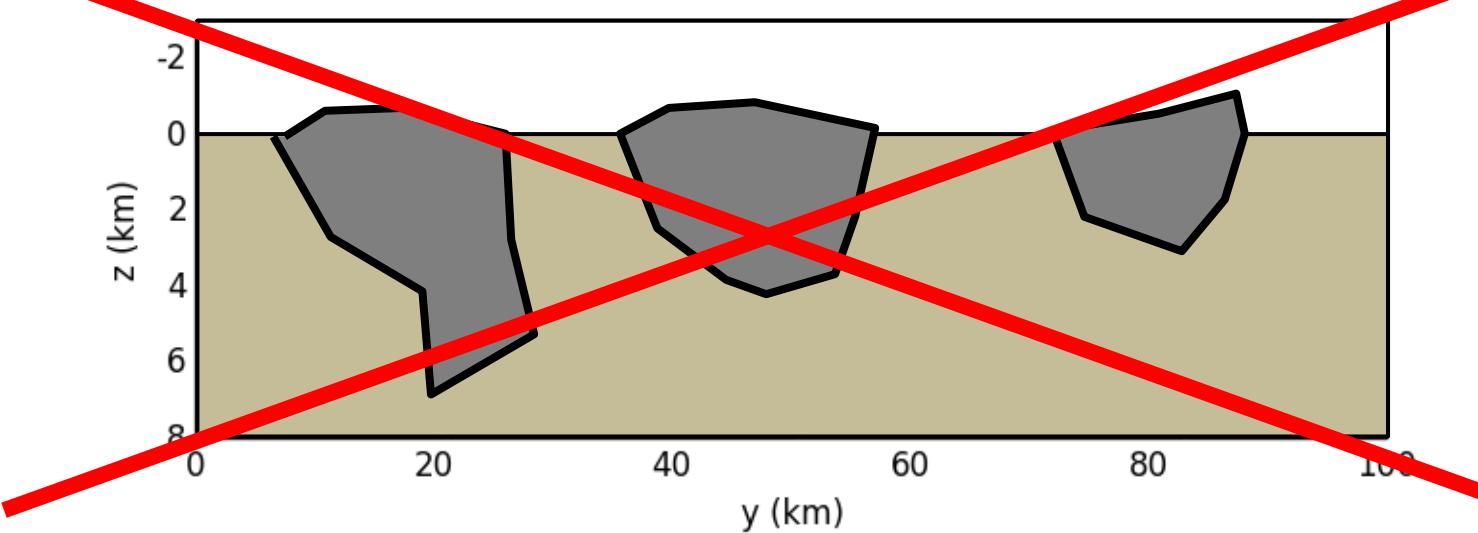
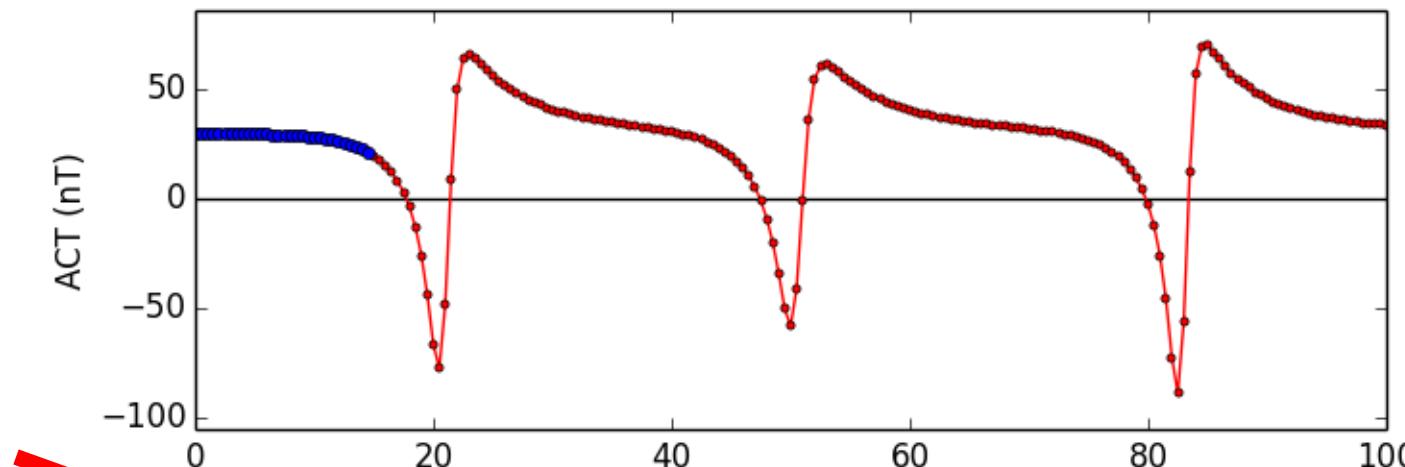
# Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



# Deconvolução de Euler

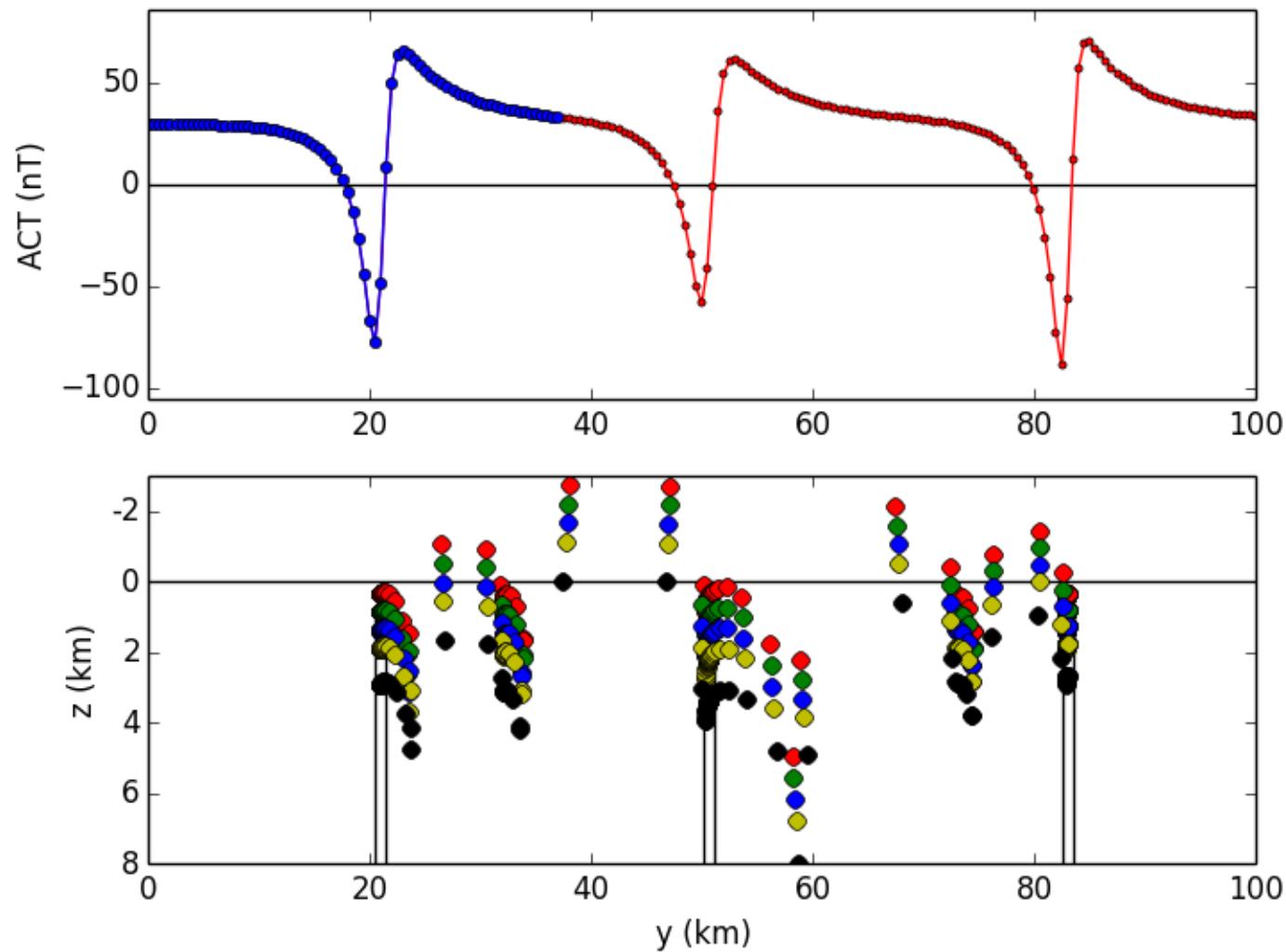
Exemplos do que NÃO se deve fazer



# Deconvolução de Euler

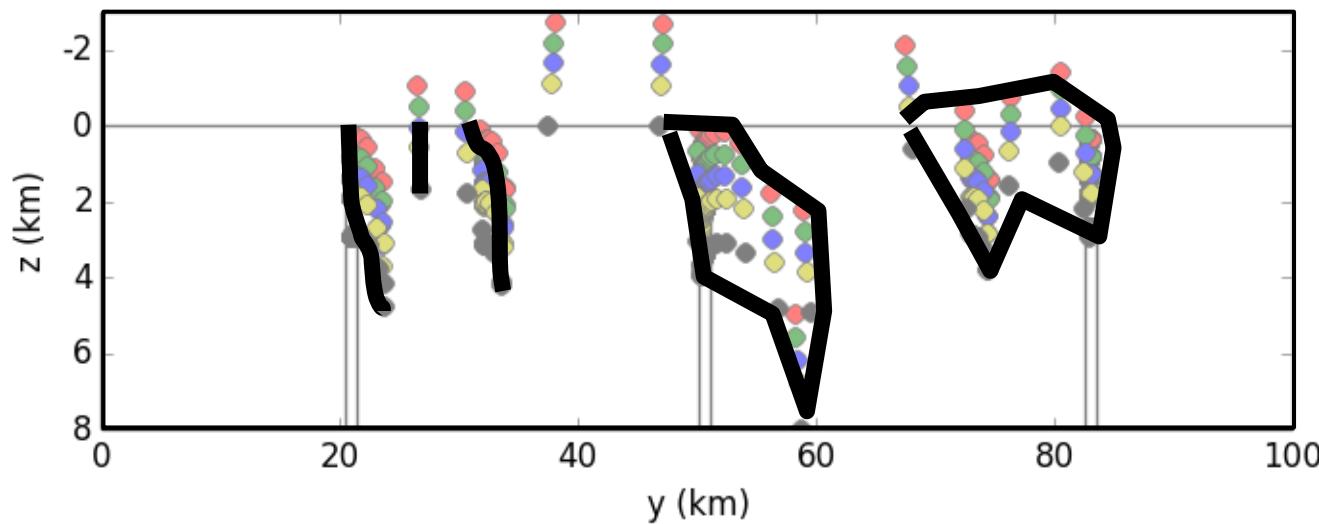
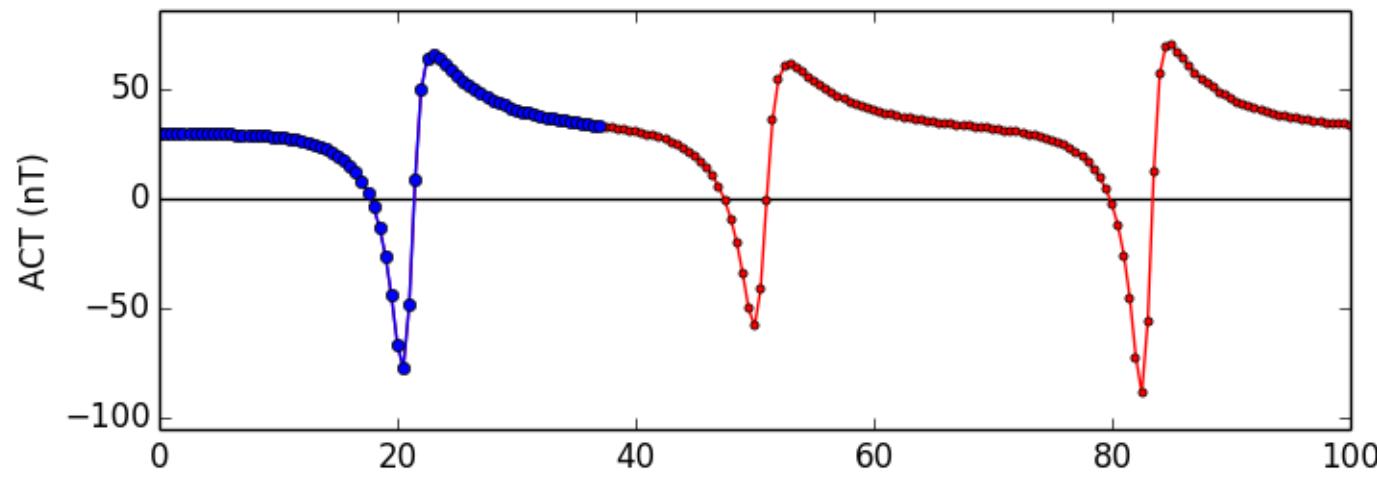


Exemplos do que NÃO se deve fazer



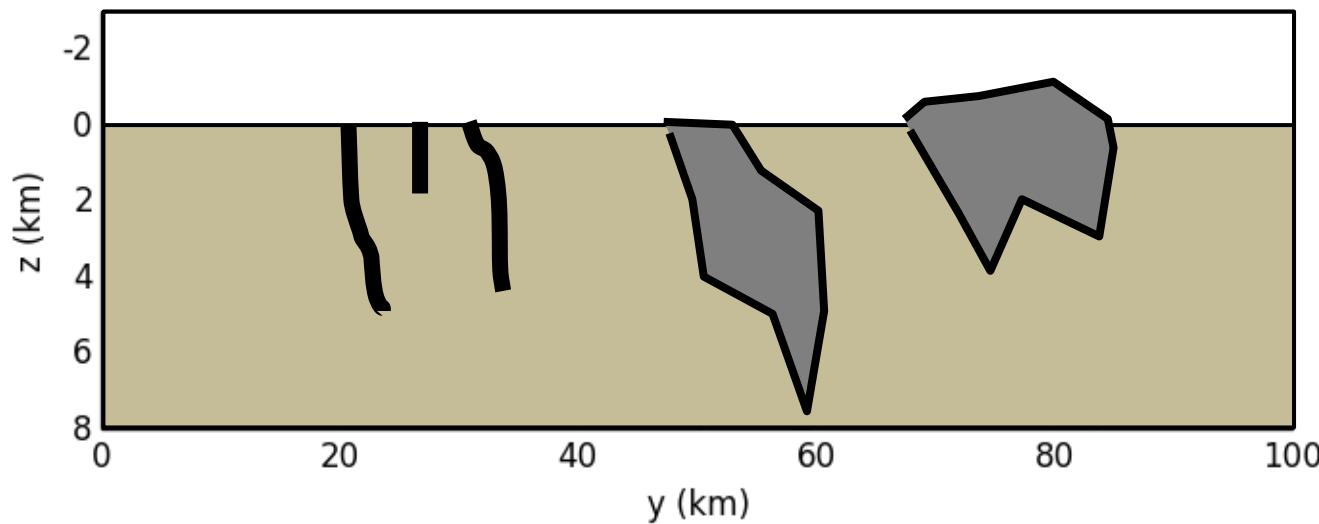
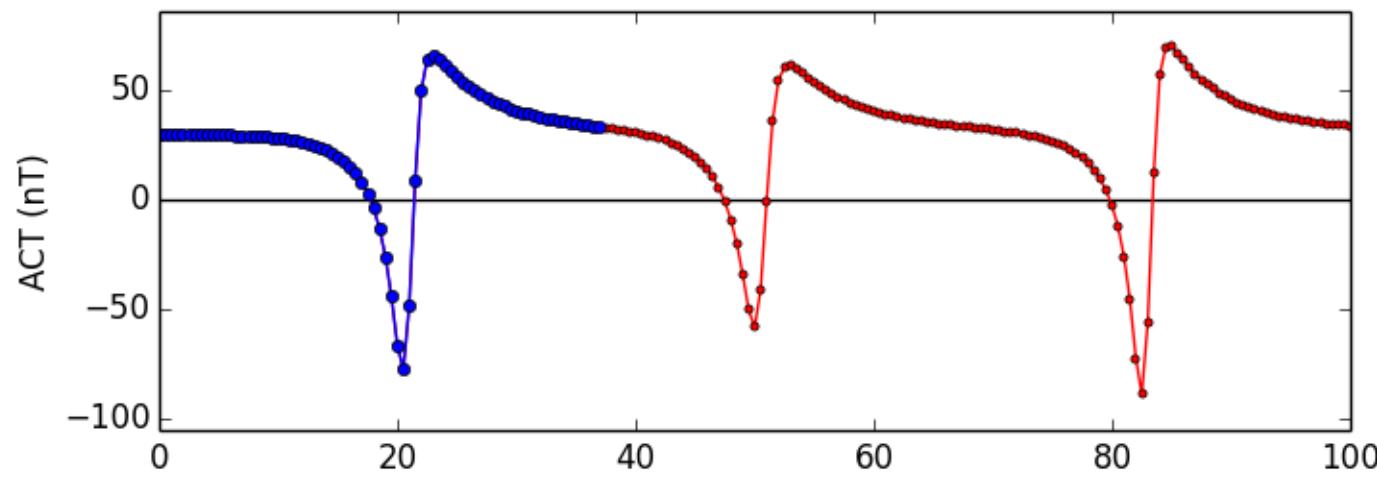
# Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



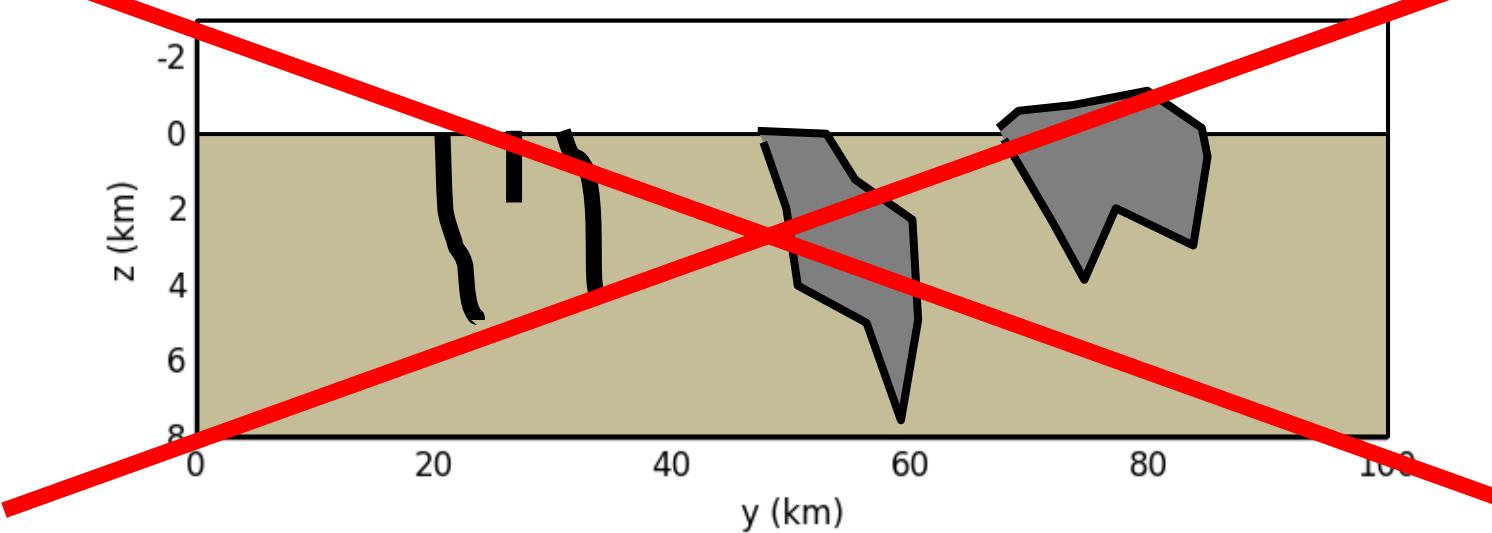
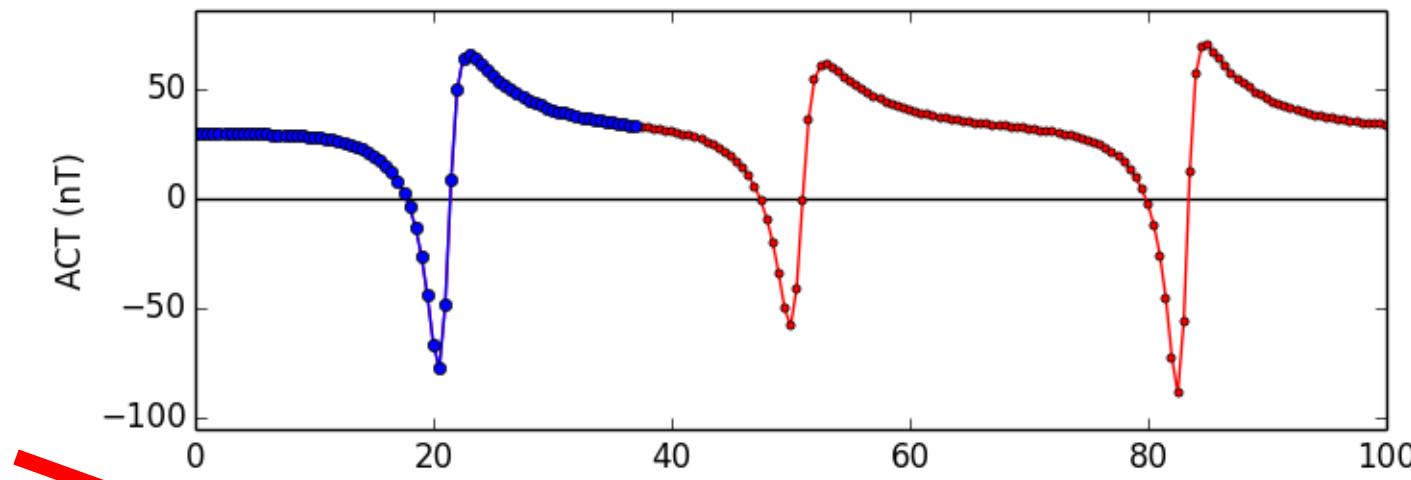
# Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer

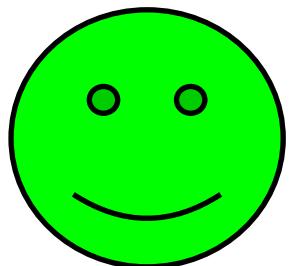


# Deconvolução de Euler

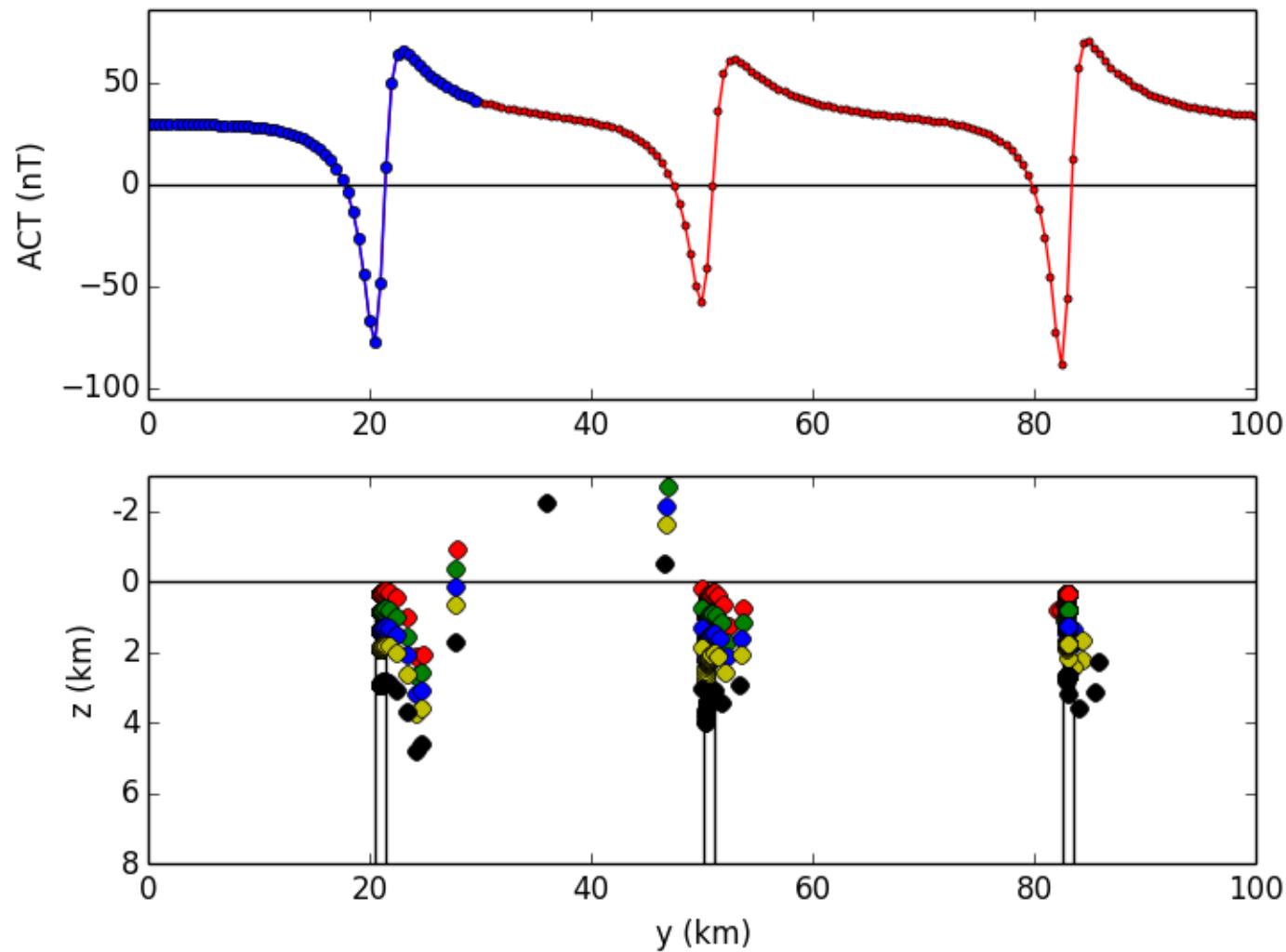
Exemplos do que NÃO se deve fazer



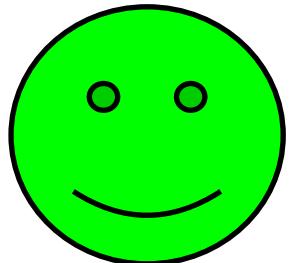
# Deconvolução de Euler



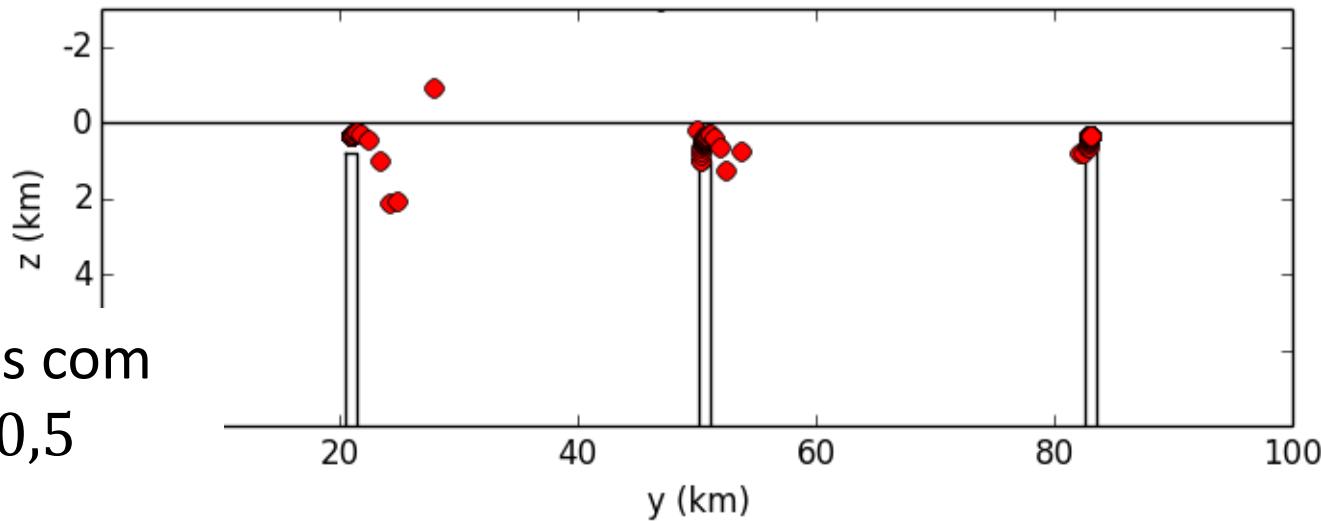
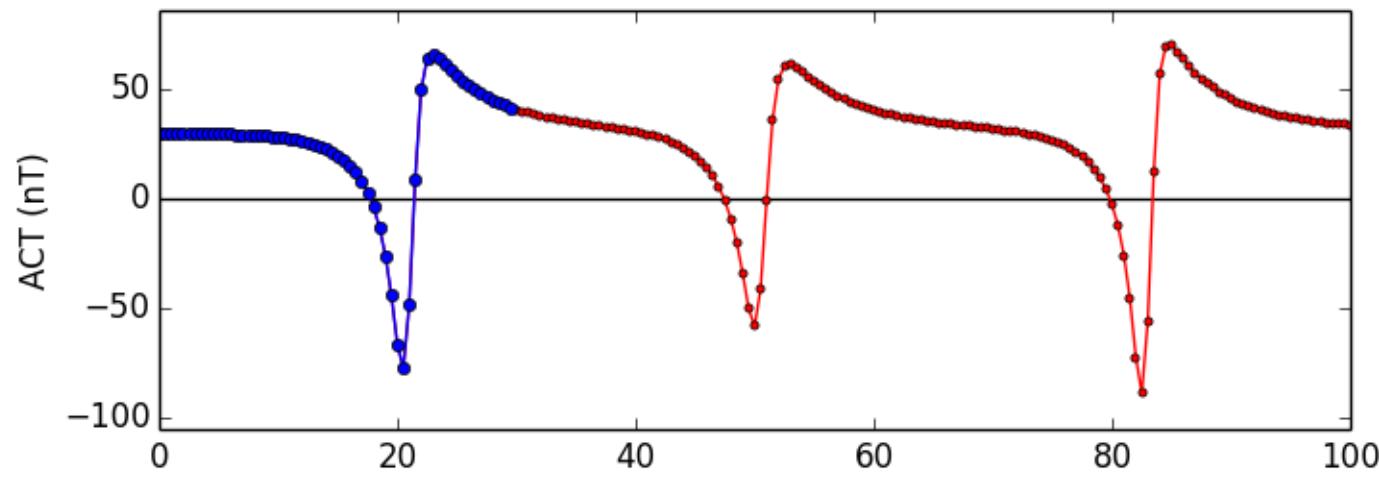
Exemplos do que se pode fazer



# Deconvolução de Euler

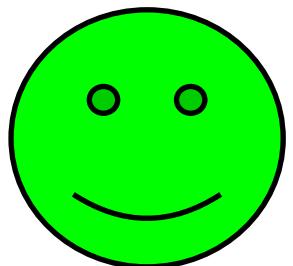


Exemplos do que se pode fazer

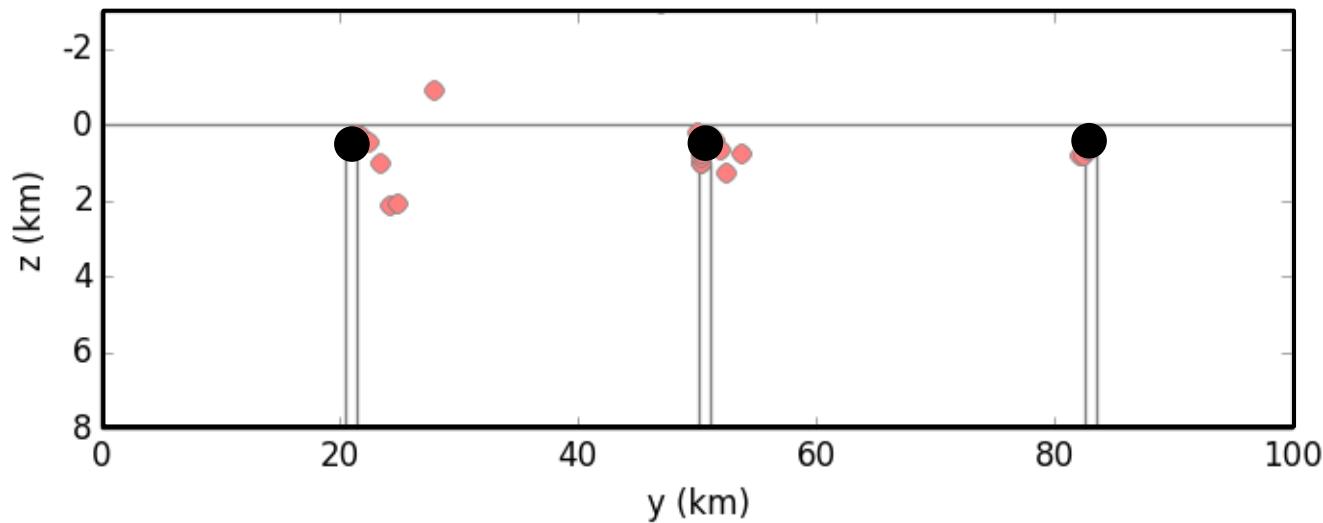
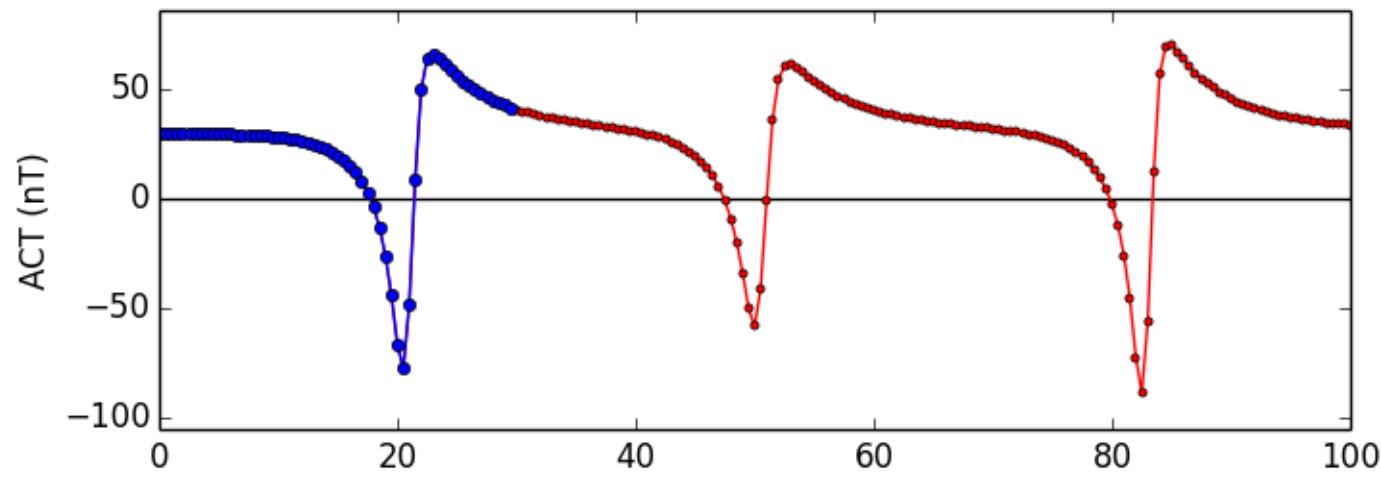


Soluções com  
 $\eta = 0,5$

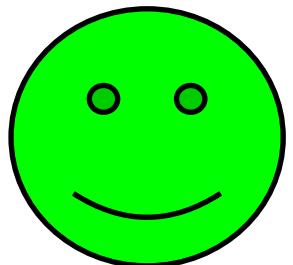
# Deconvolução de Euler



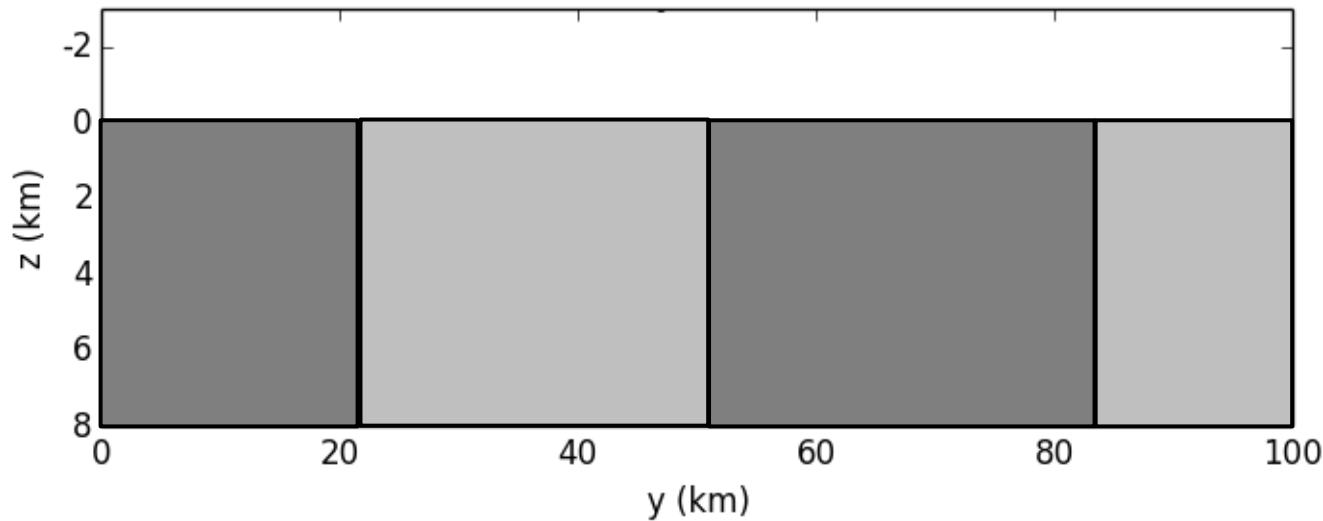
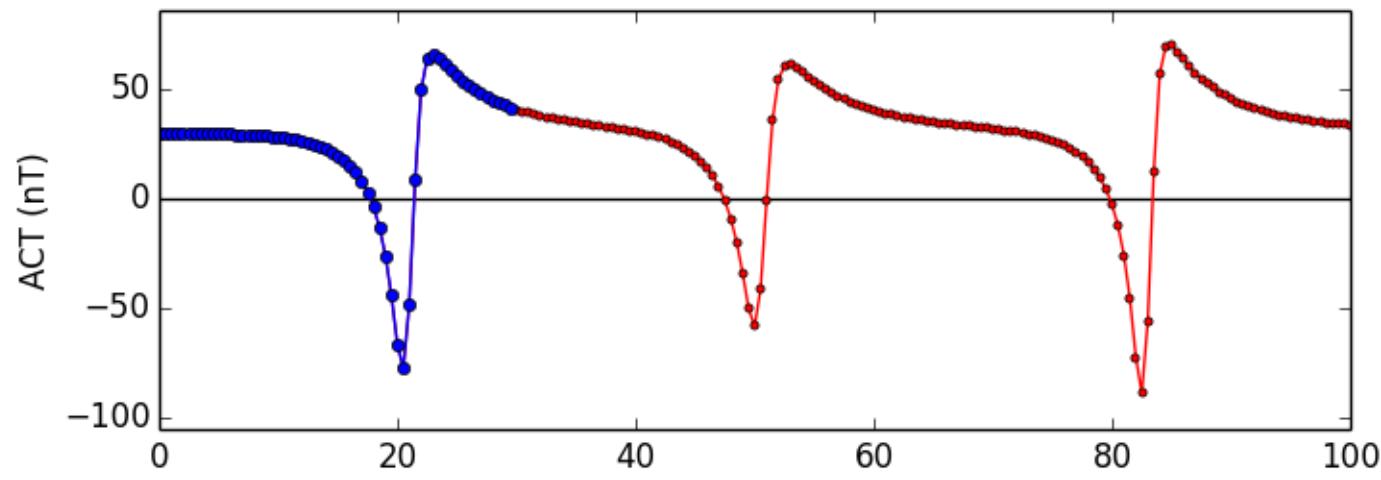
Exemplos do que se pode fazer



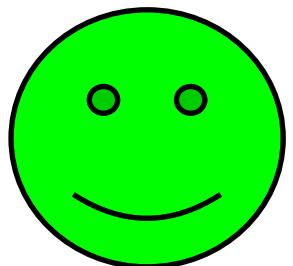
# Deconvolução de Euler



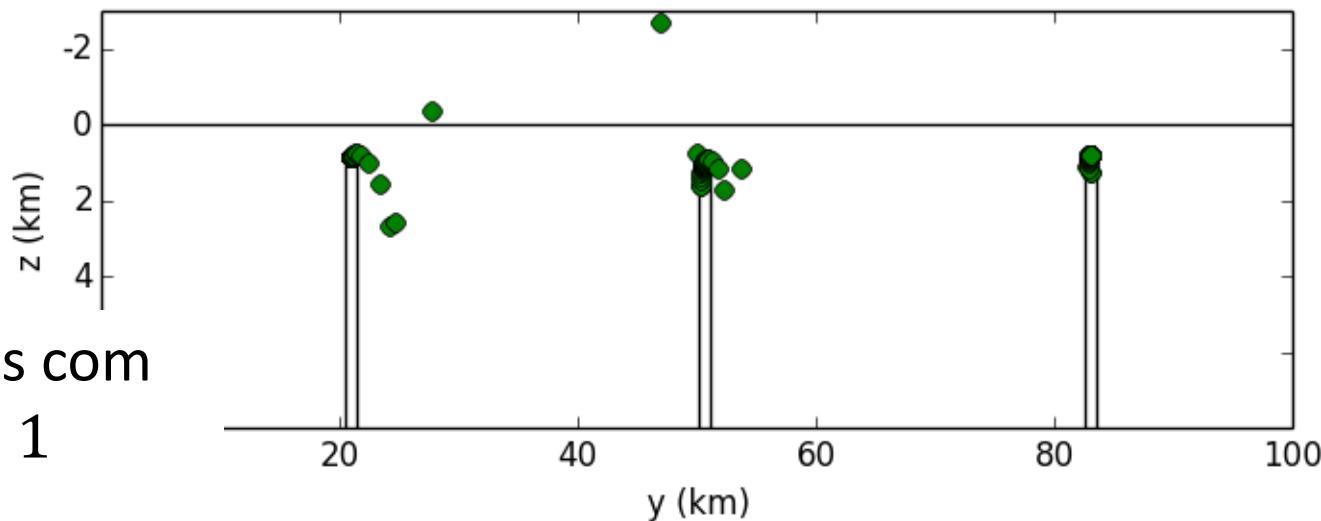
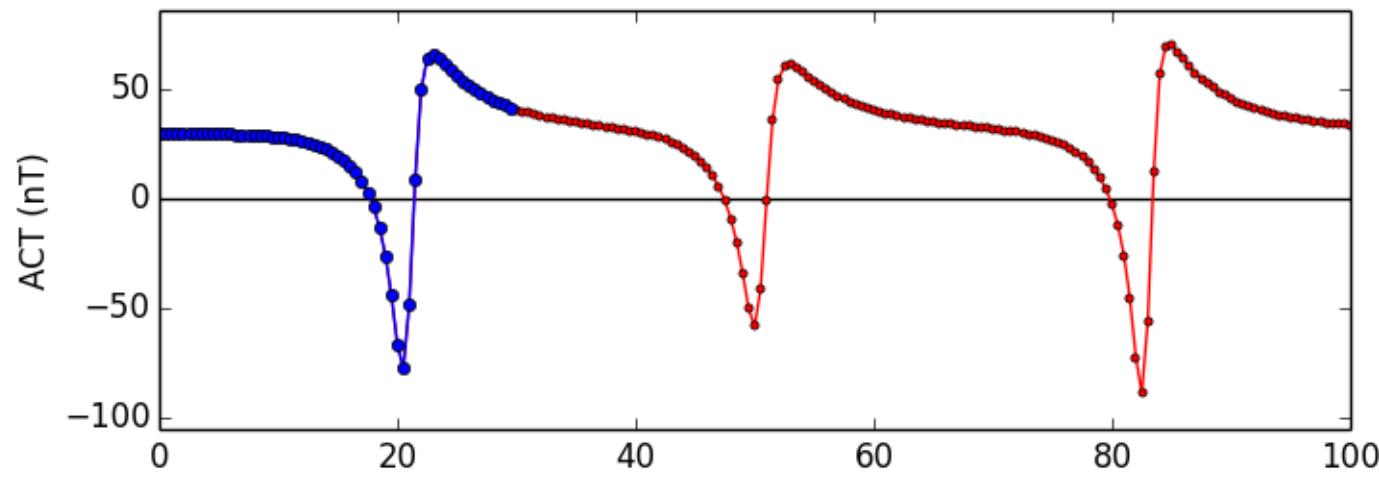
Exemplos do que se pode fazer



# Deconvolução de Euler



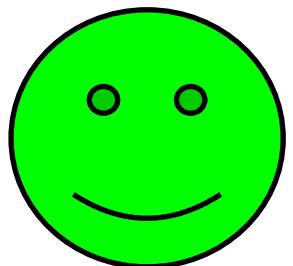
Exemplos do que se pode fazer



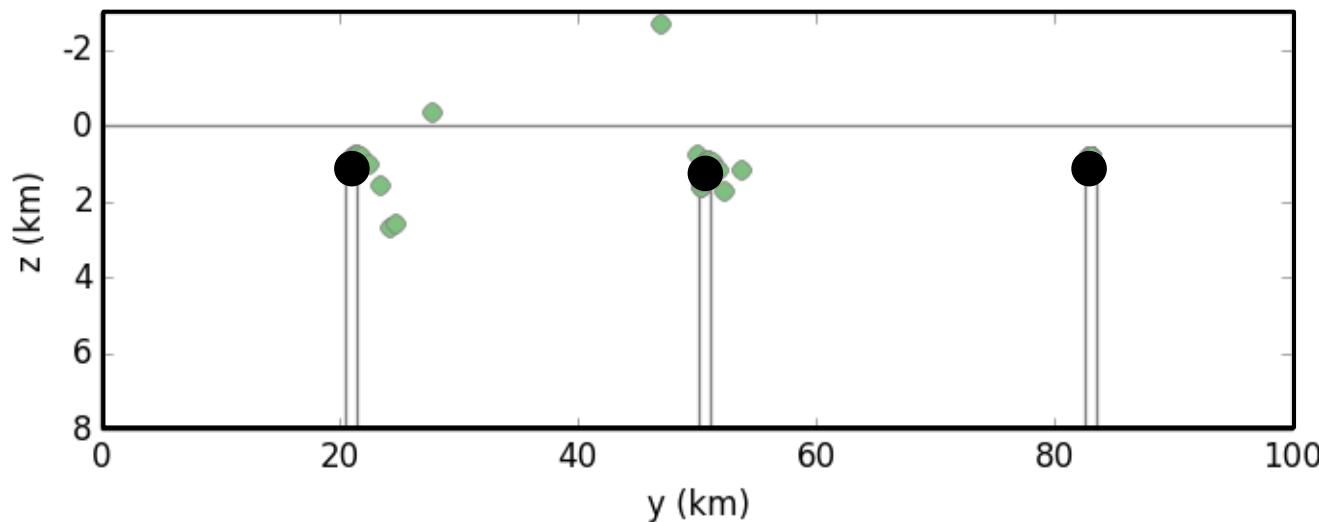
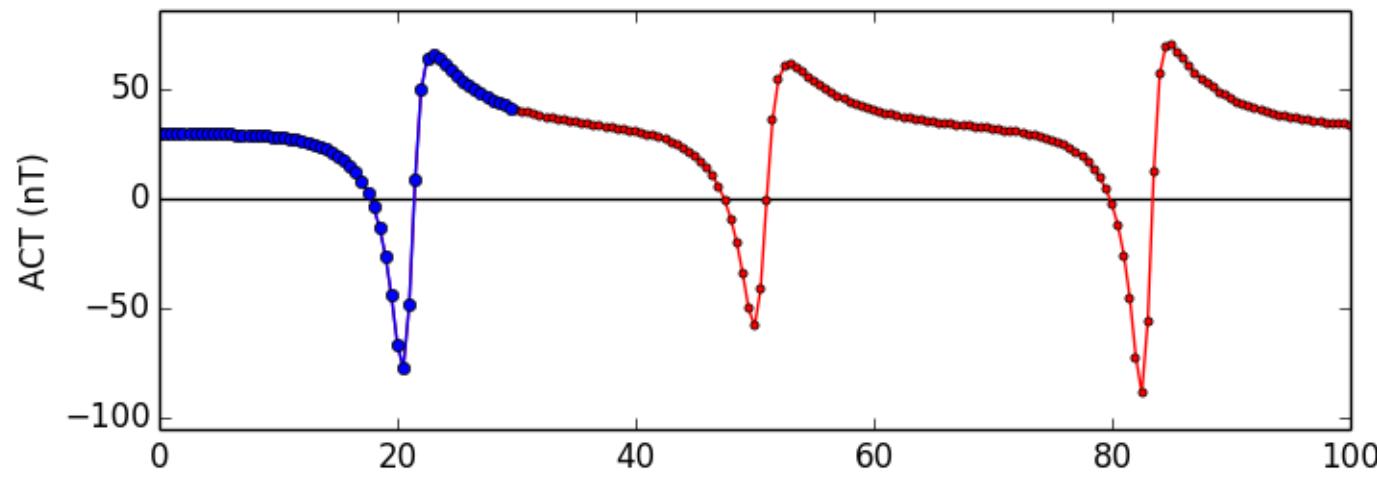
Soluções com

$$\eta = 1$$

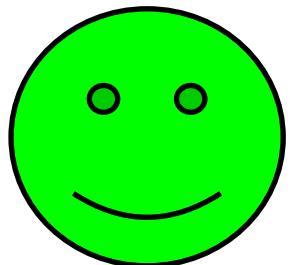
# Deconvolução de Euler



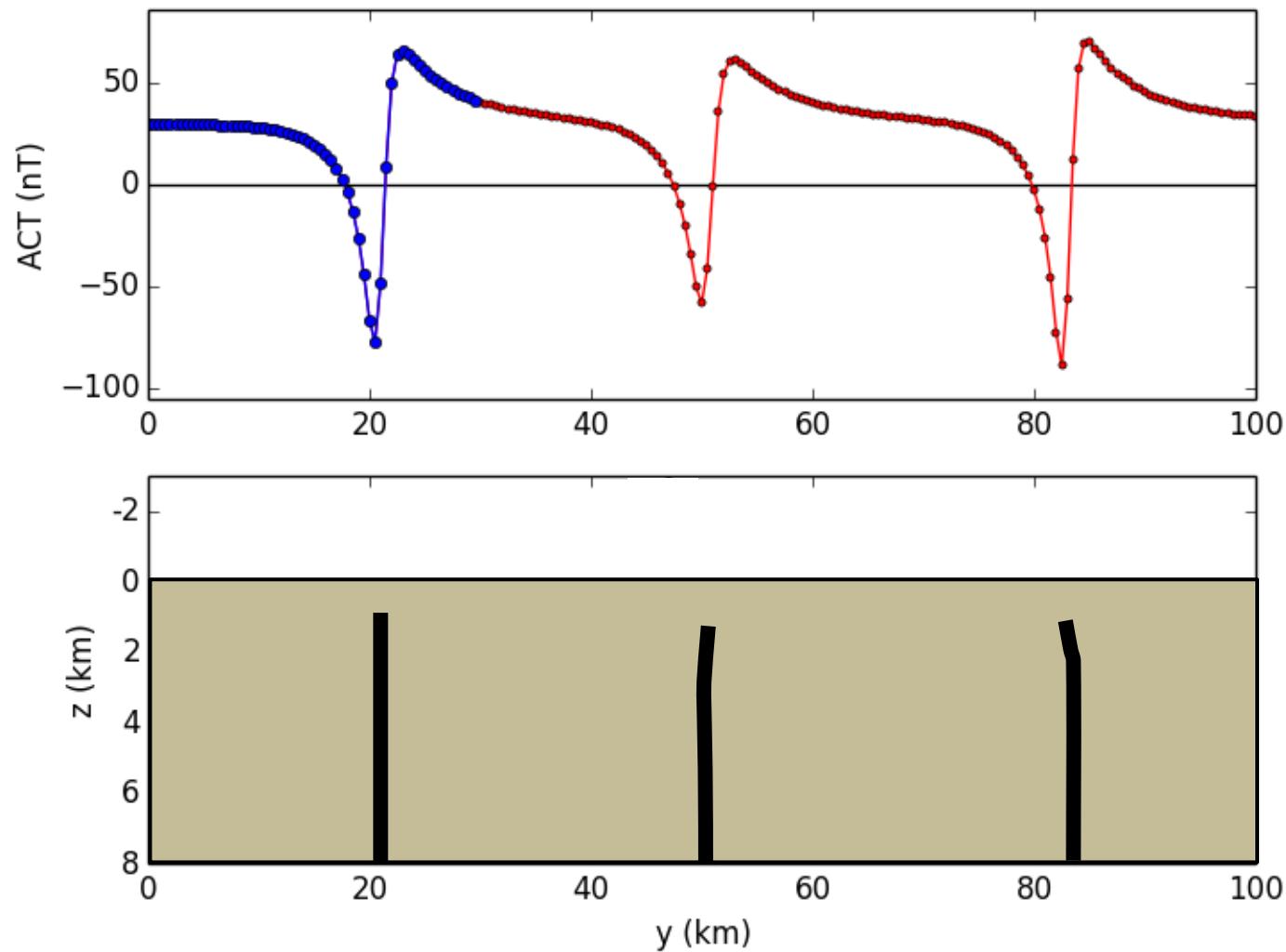
Exemplos do que se pode fazer



# Deconvolução de Euler

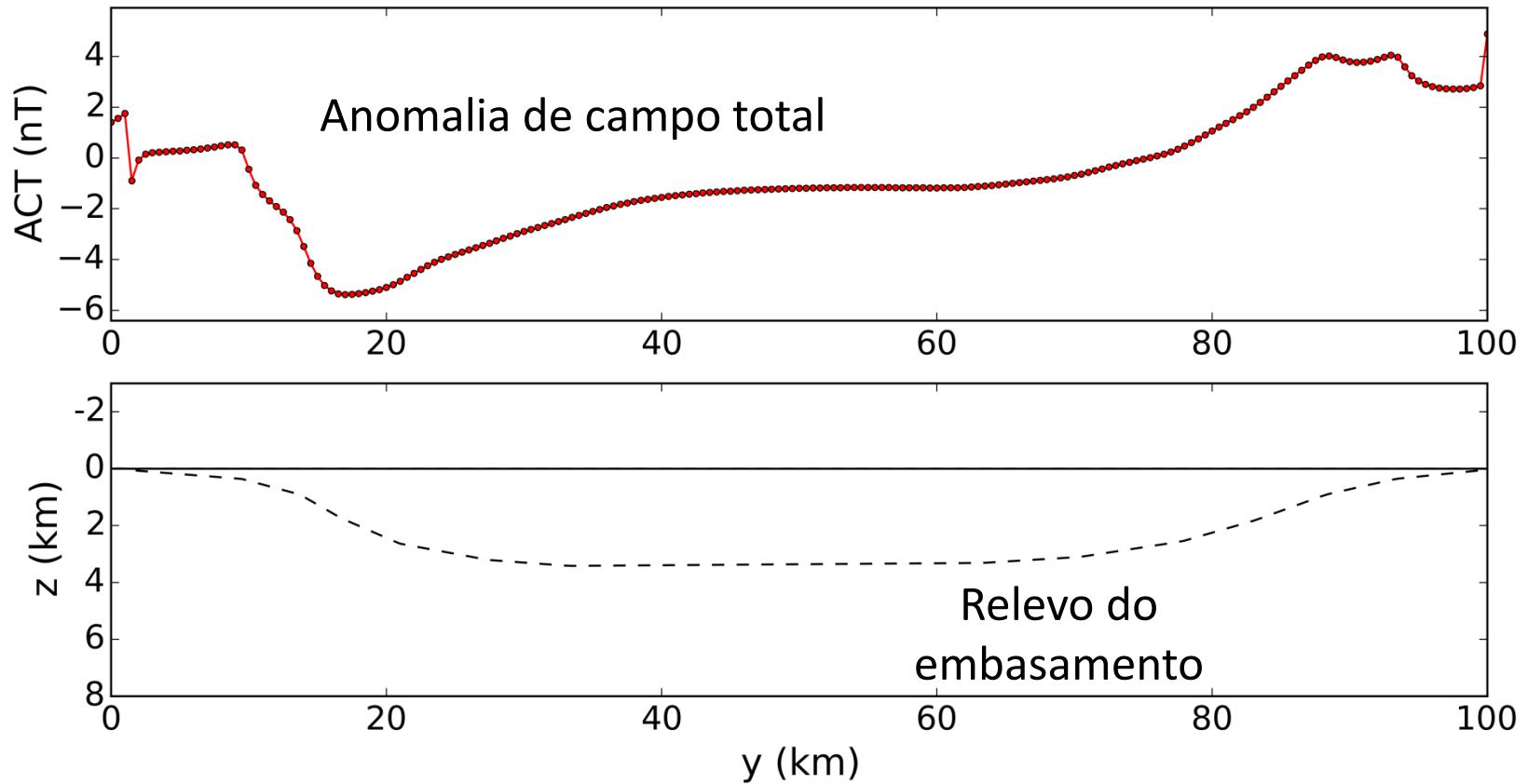


Exemplos do que se pode fazer



# Deconvolução de Euler

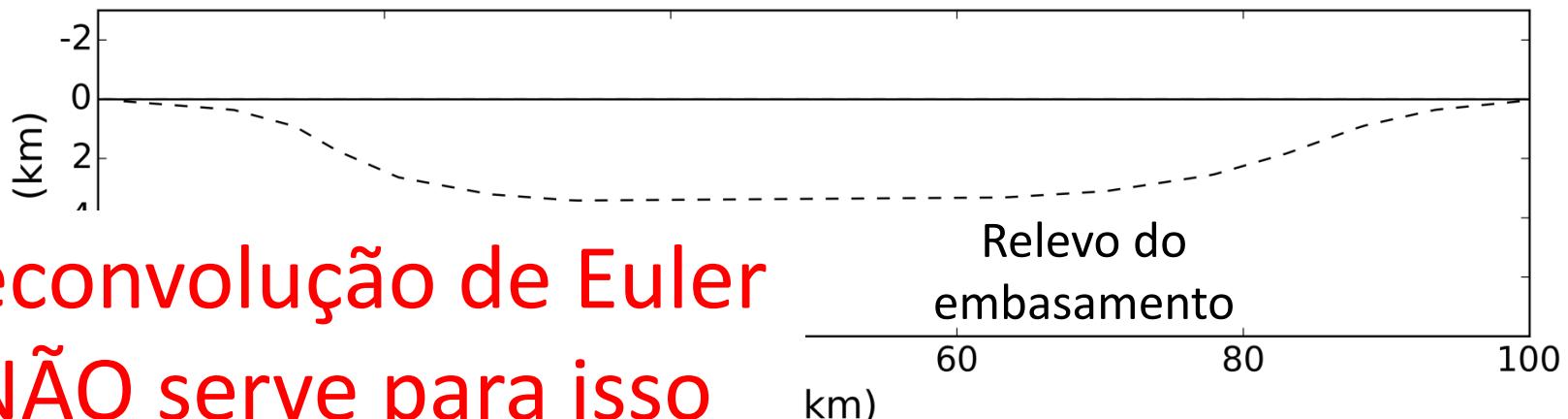
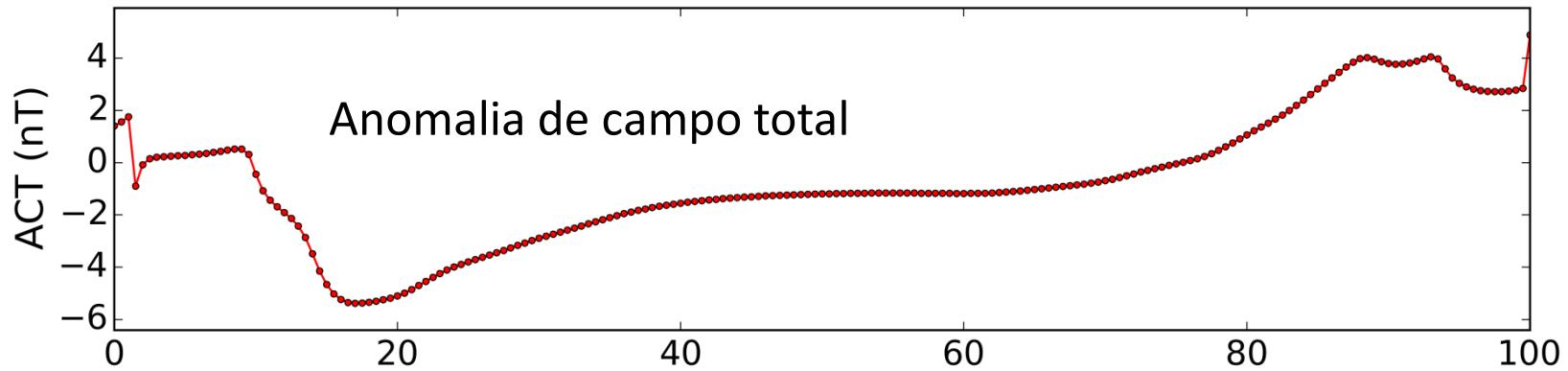
Determinação do relevo do embasamento



# Deconvolução de Euler

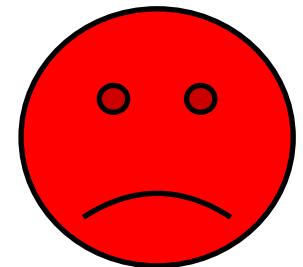


Determinação do relevo do embasamento



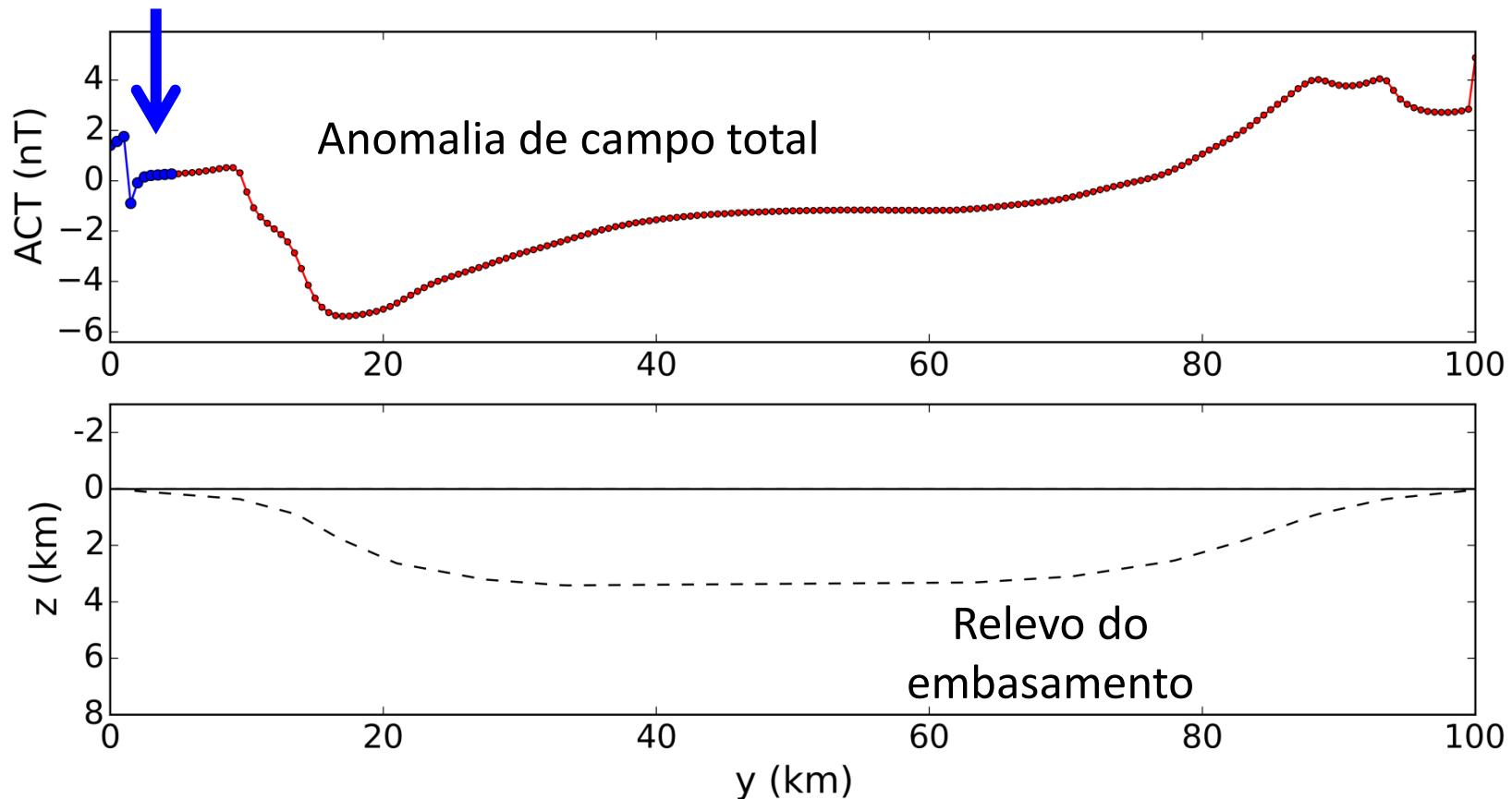
Deconvolução de Euler  
NÃO serve para isso

# Deconvolução de Euler

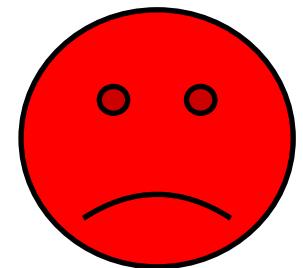


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

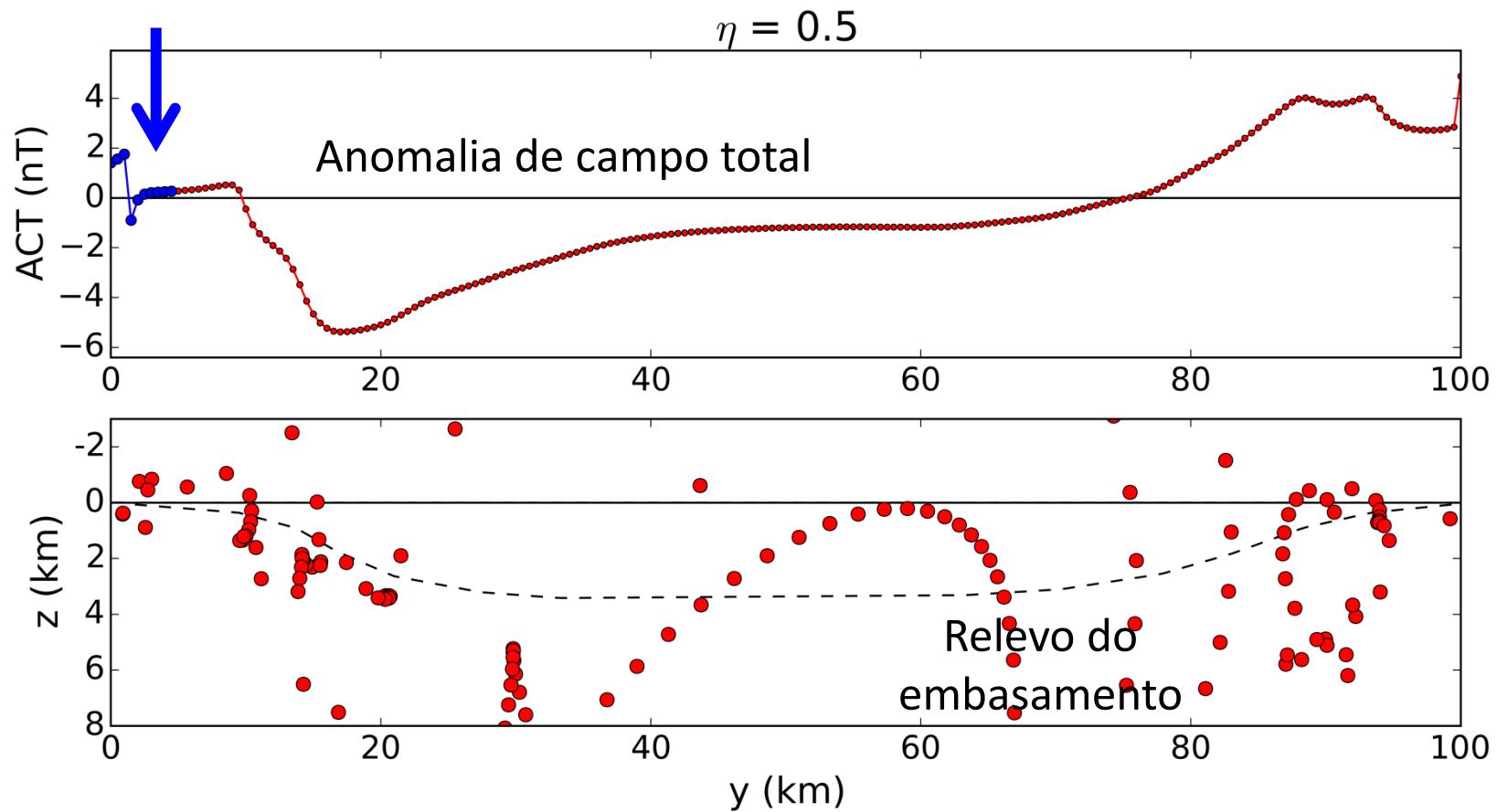


# Deconvolução de Euler

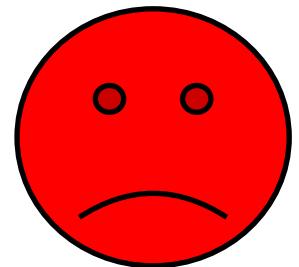


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

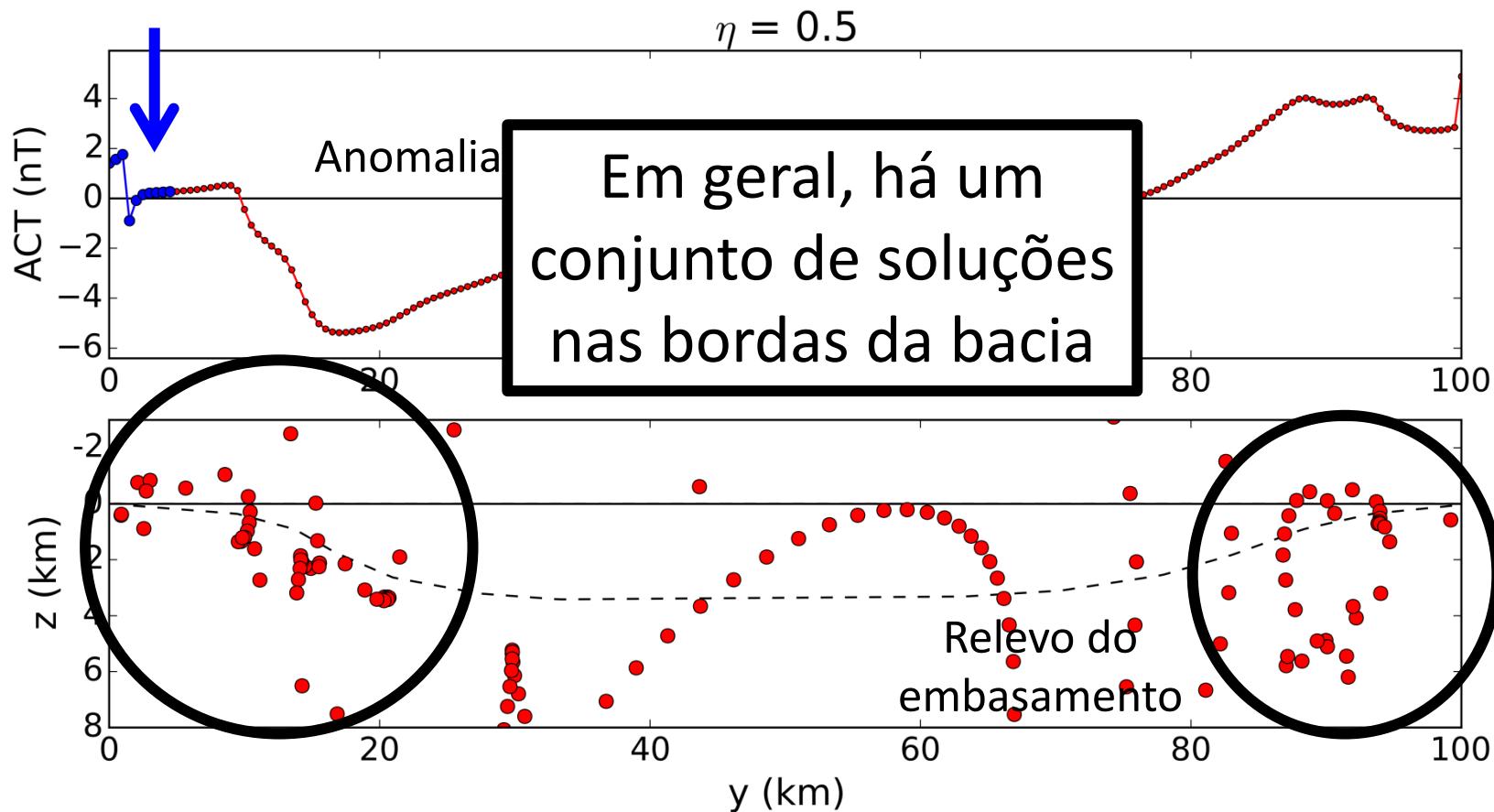


# Deconvolução de Euler

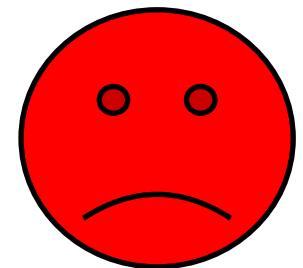


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

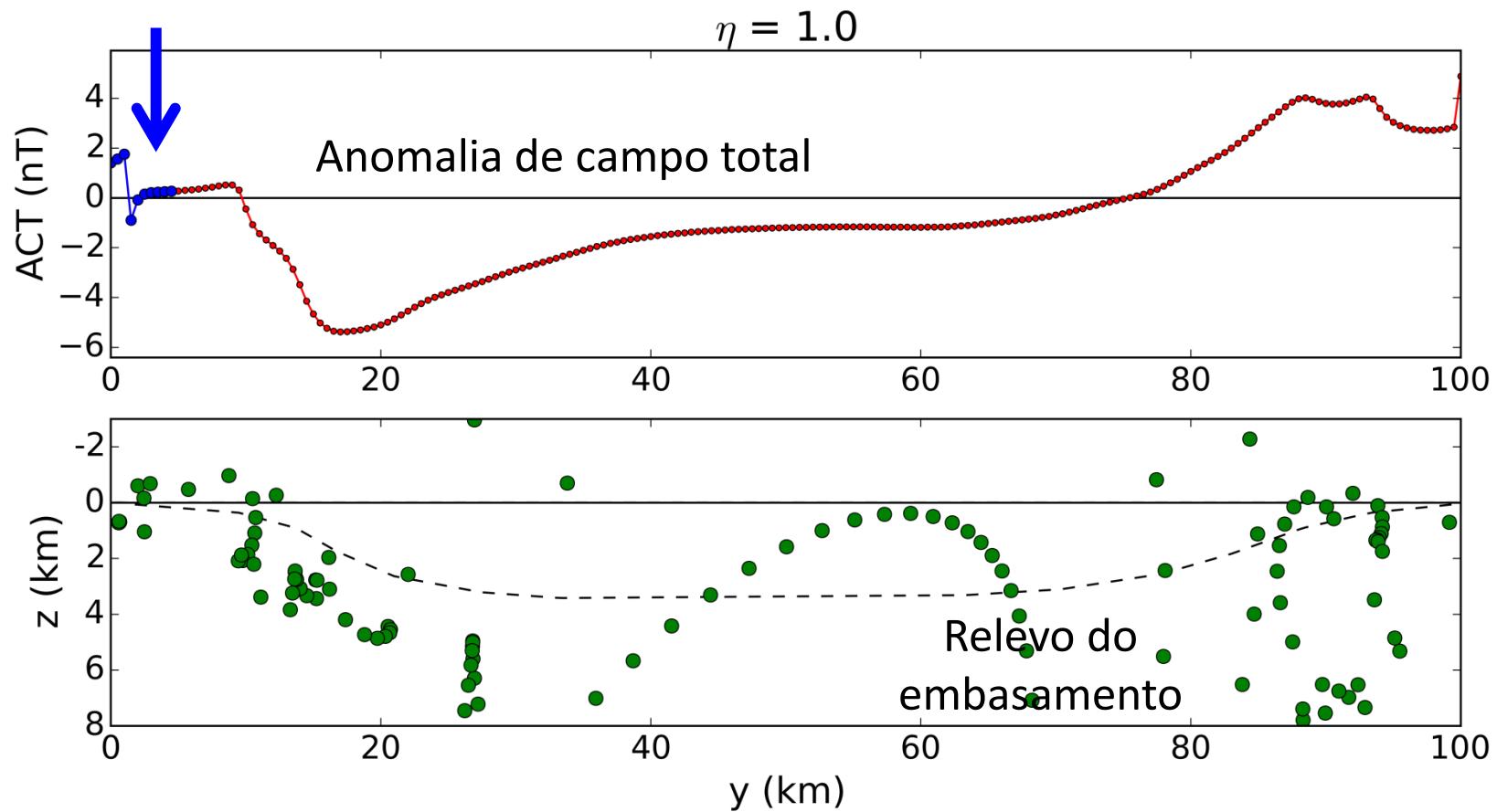


# Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

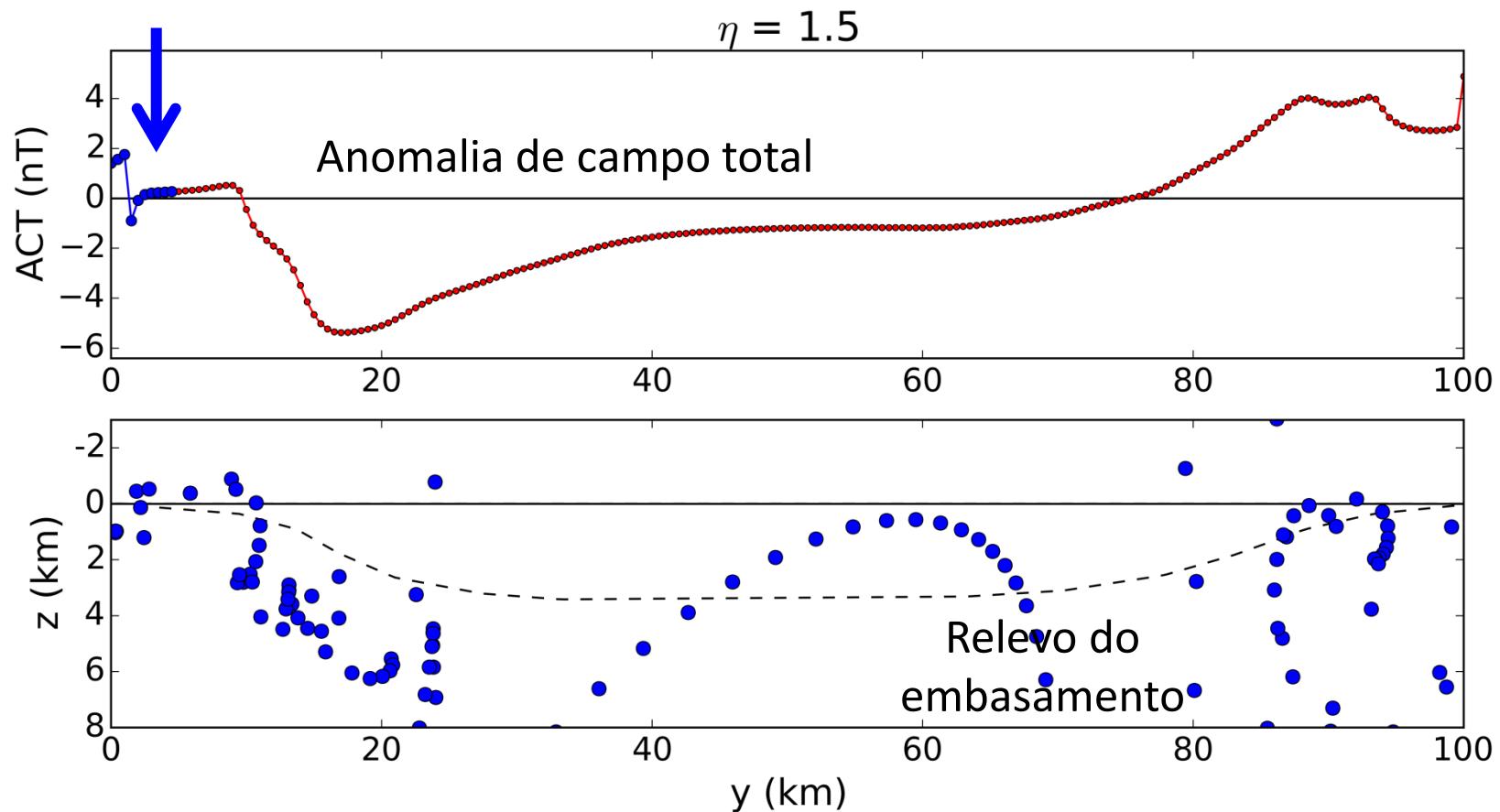


# Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

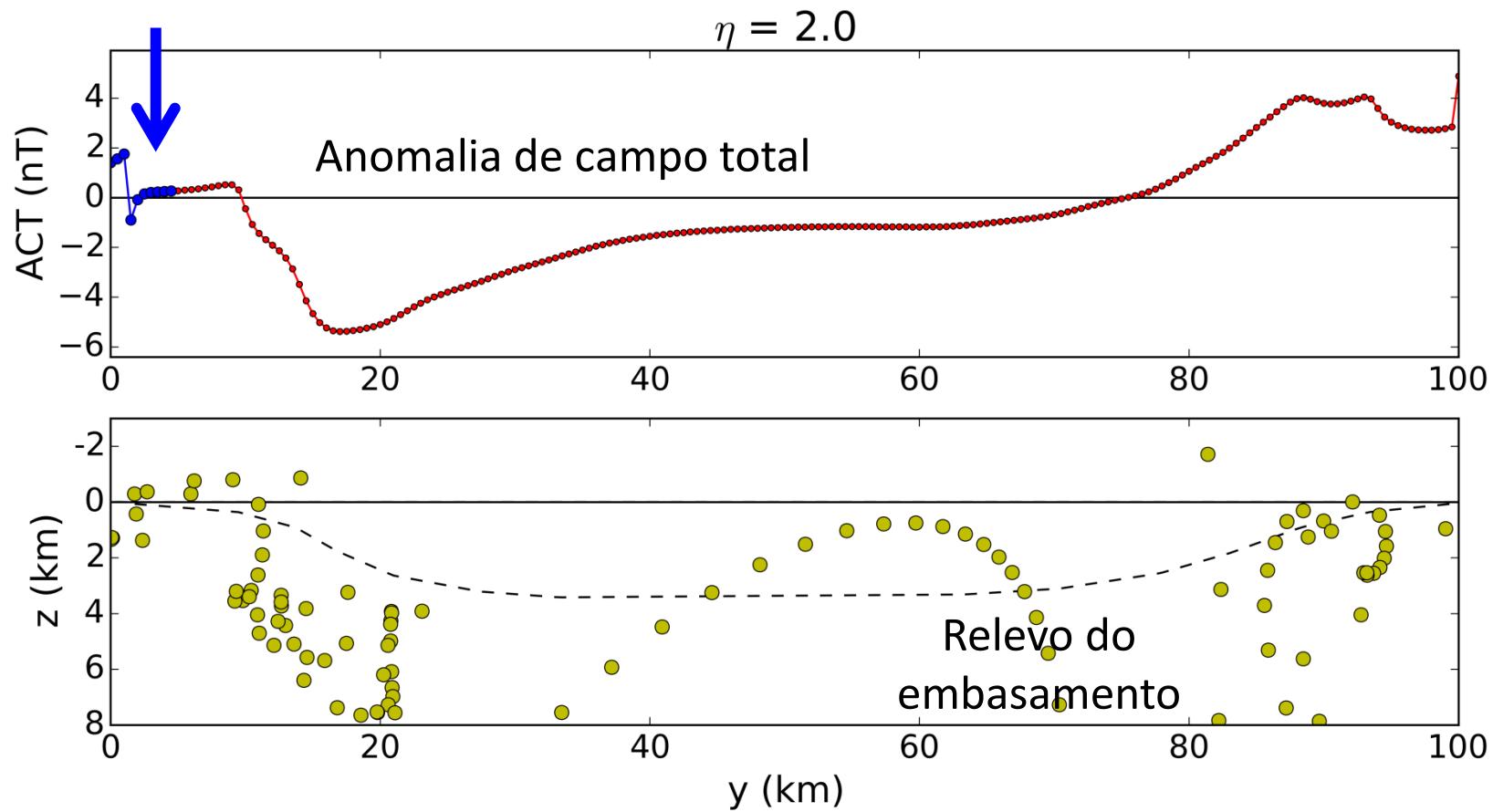


# Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

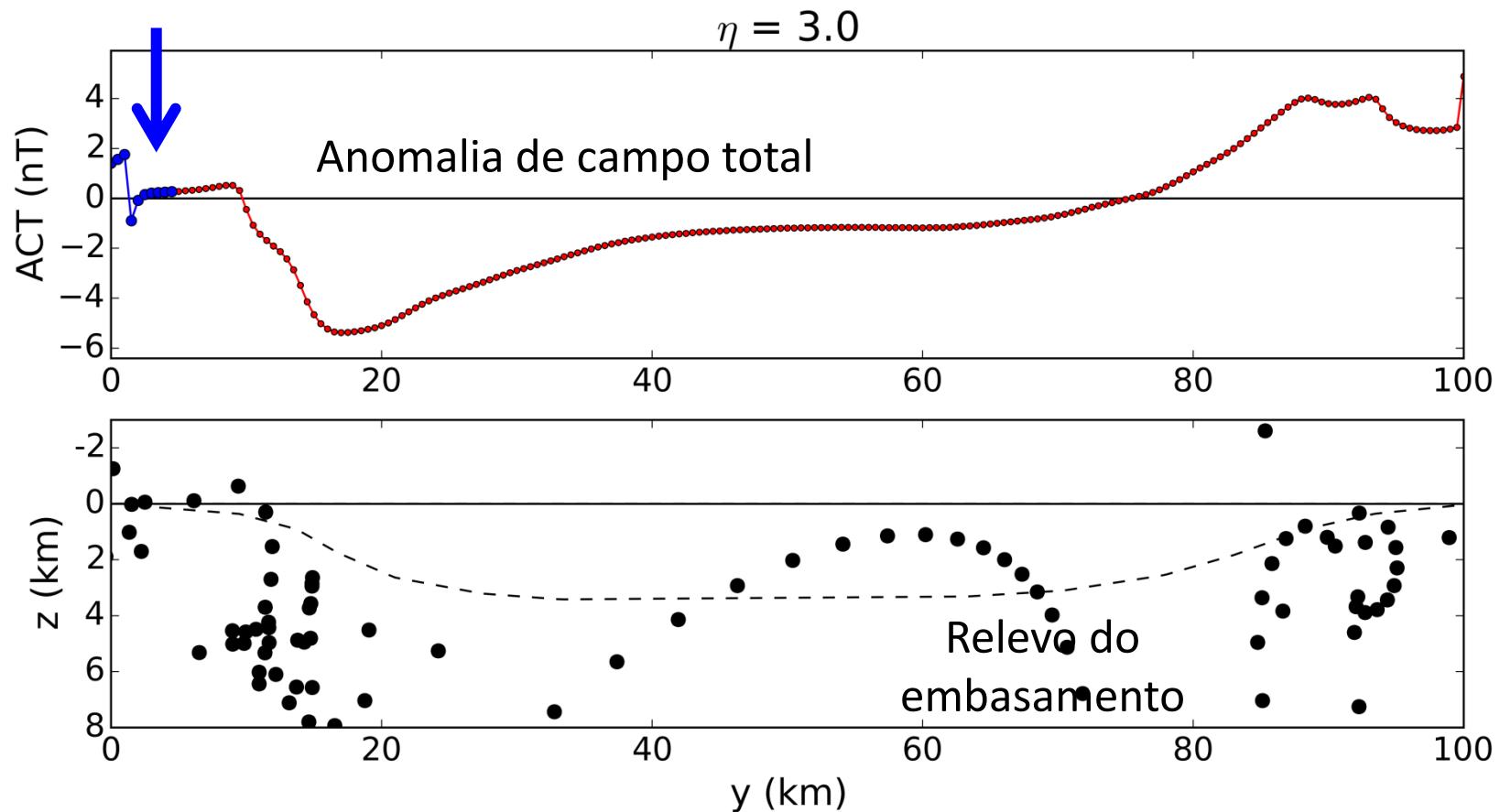


# Deconvolução de Euler



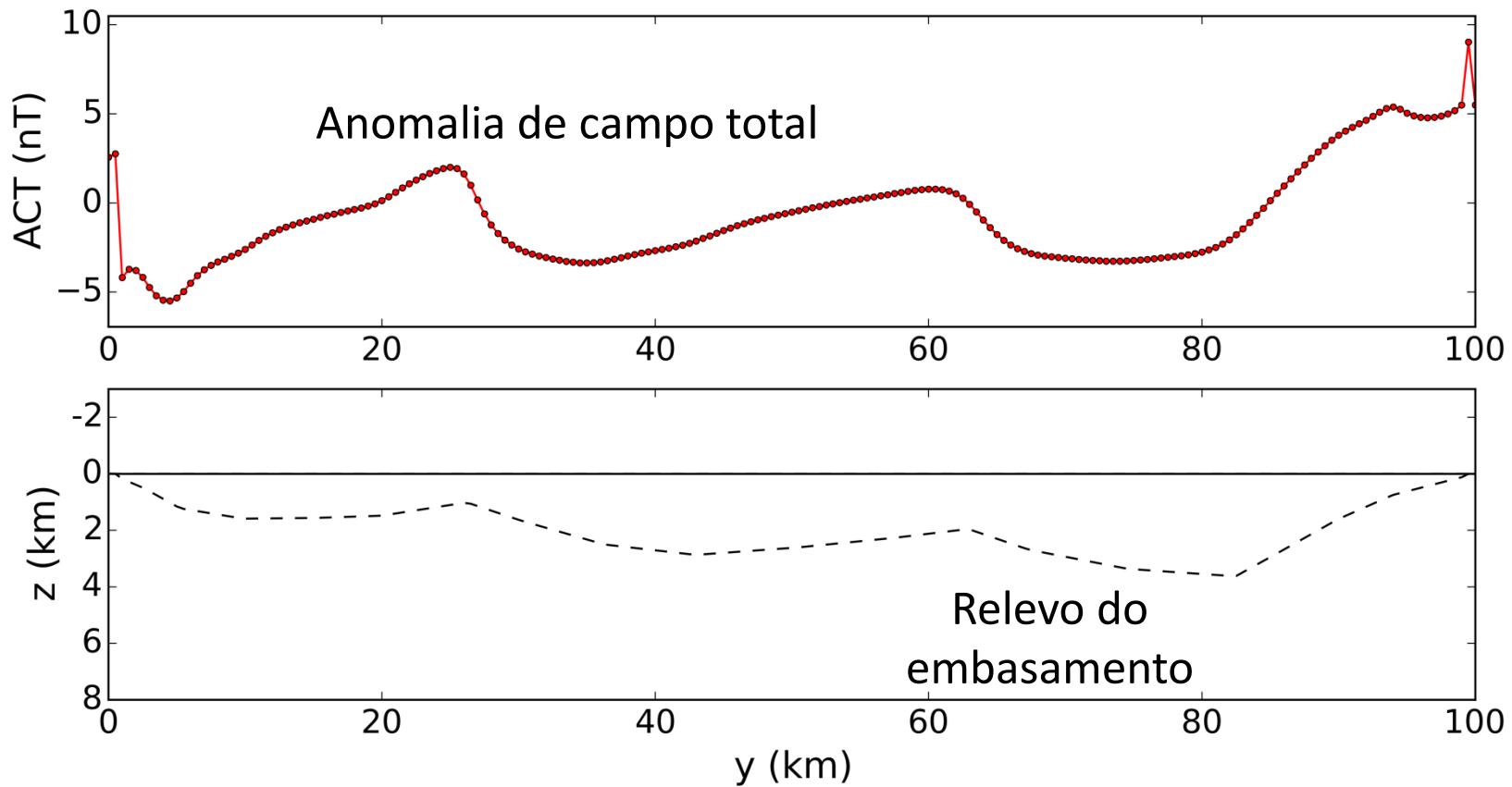
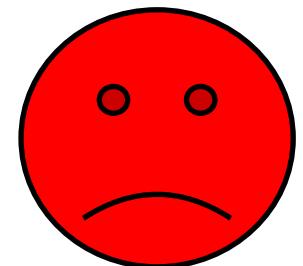
Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados



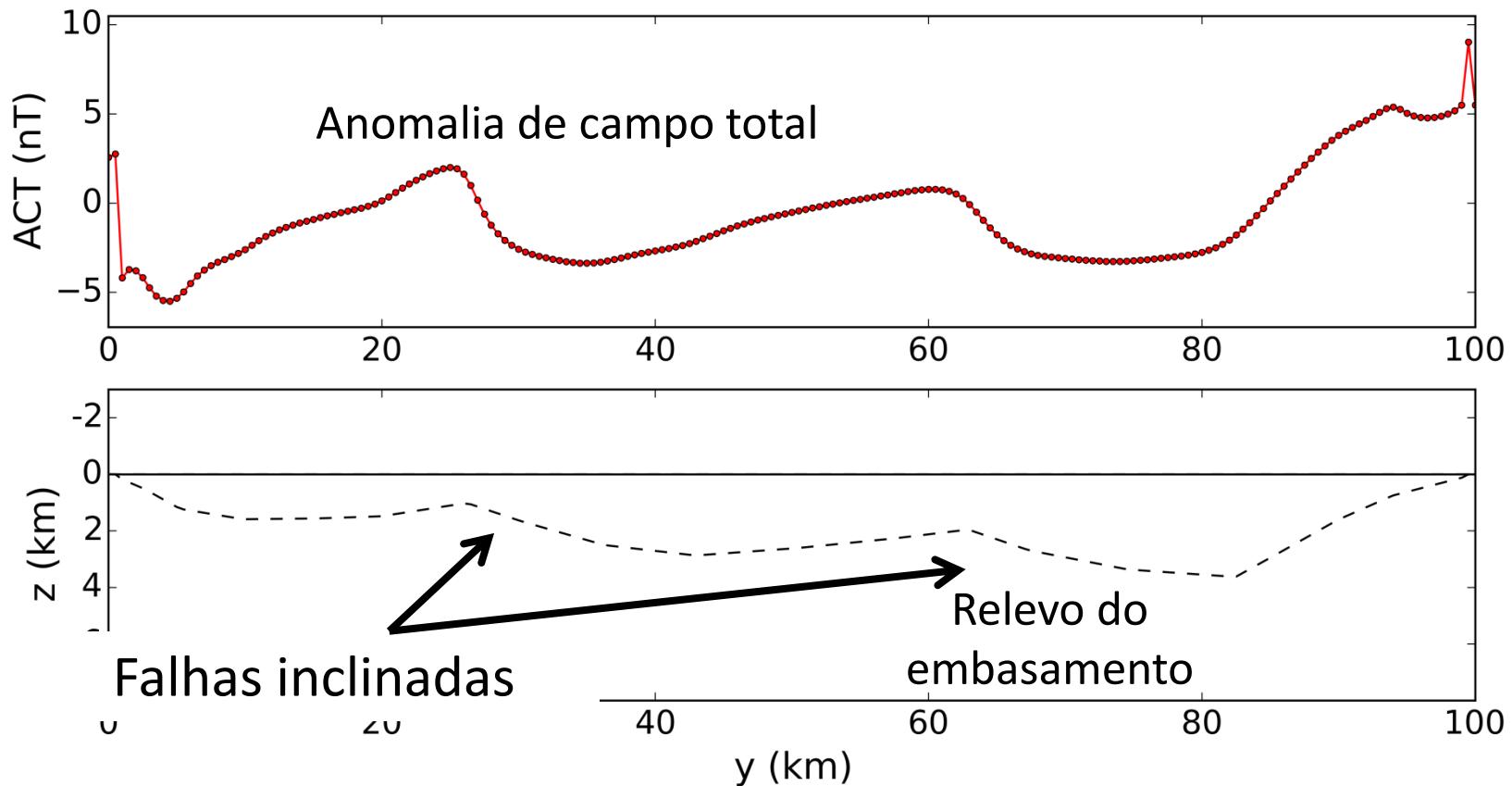
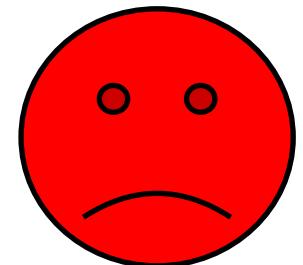
# Deconvolução de Euler

Determinação do relevo do embasamento

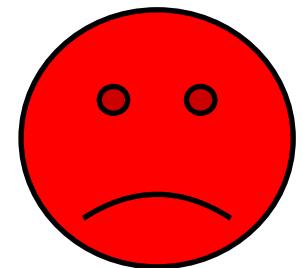


# Deconvolução de Euler

Determinação do relevo do embasamento

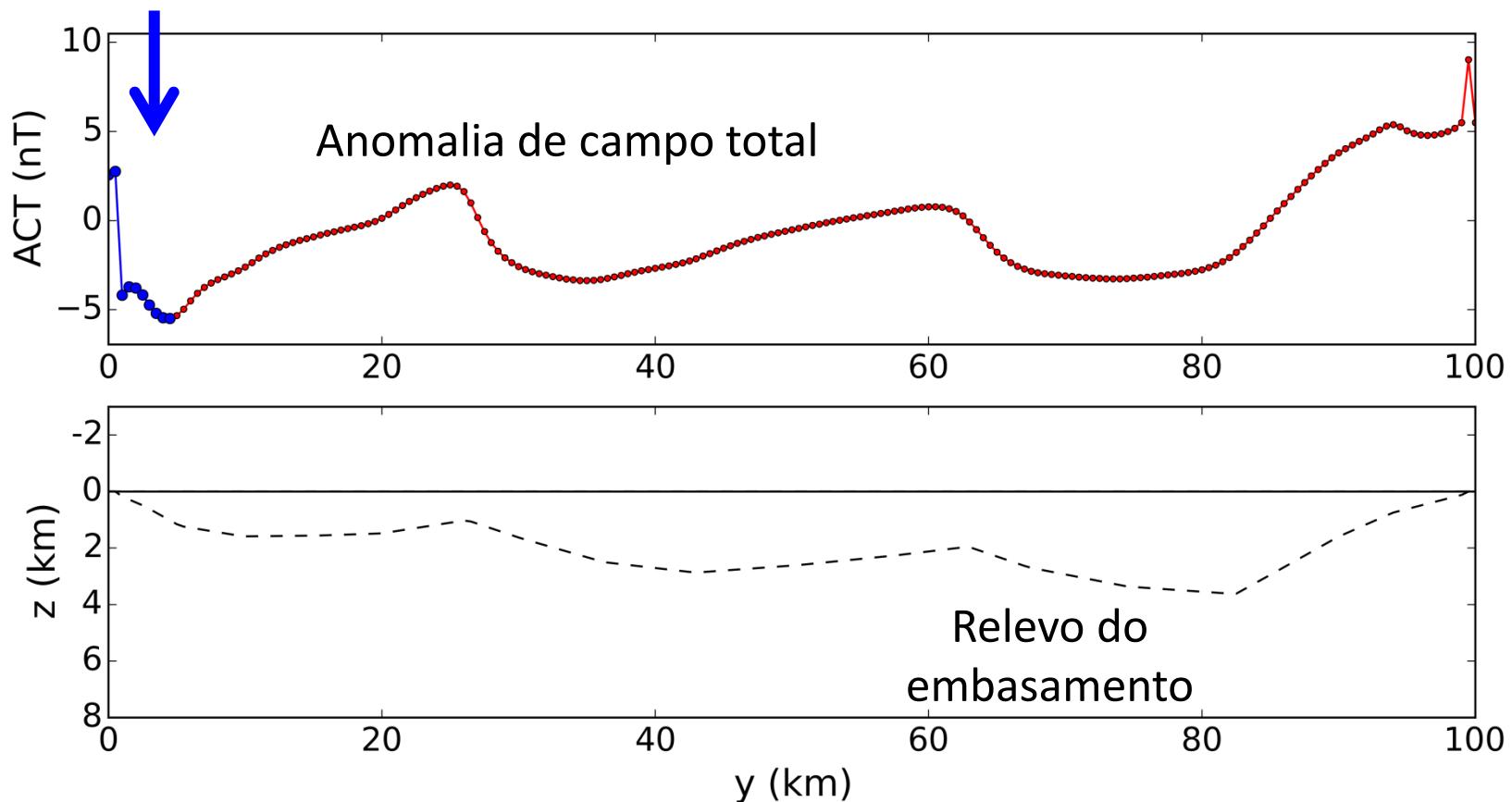


# Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

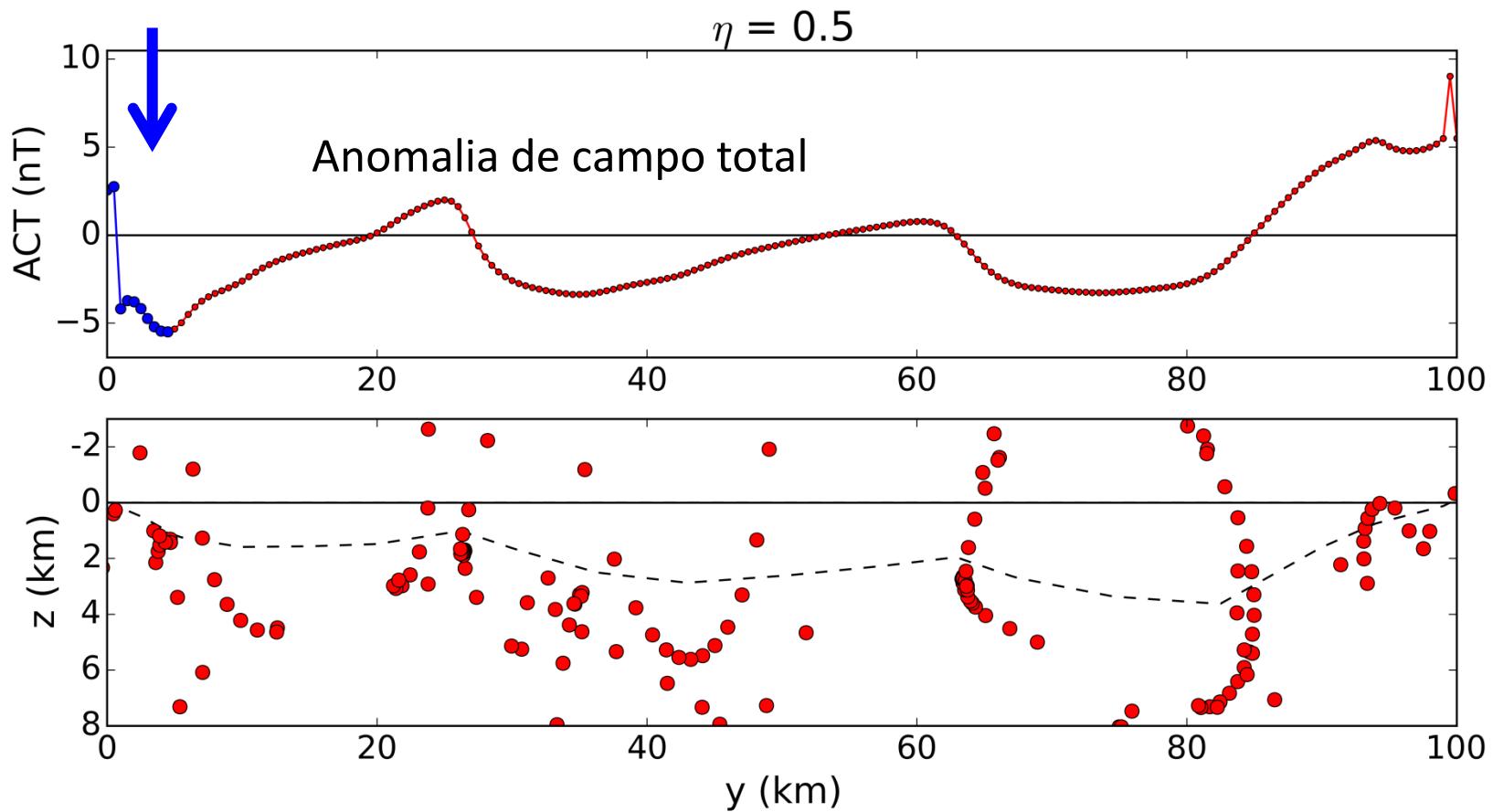


# Deconvolução de Euler

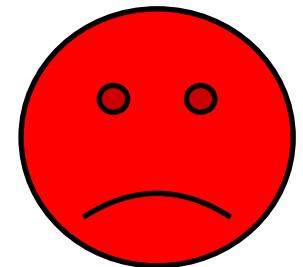


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

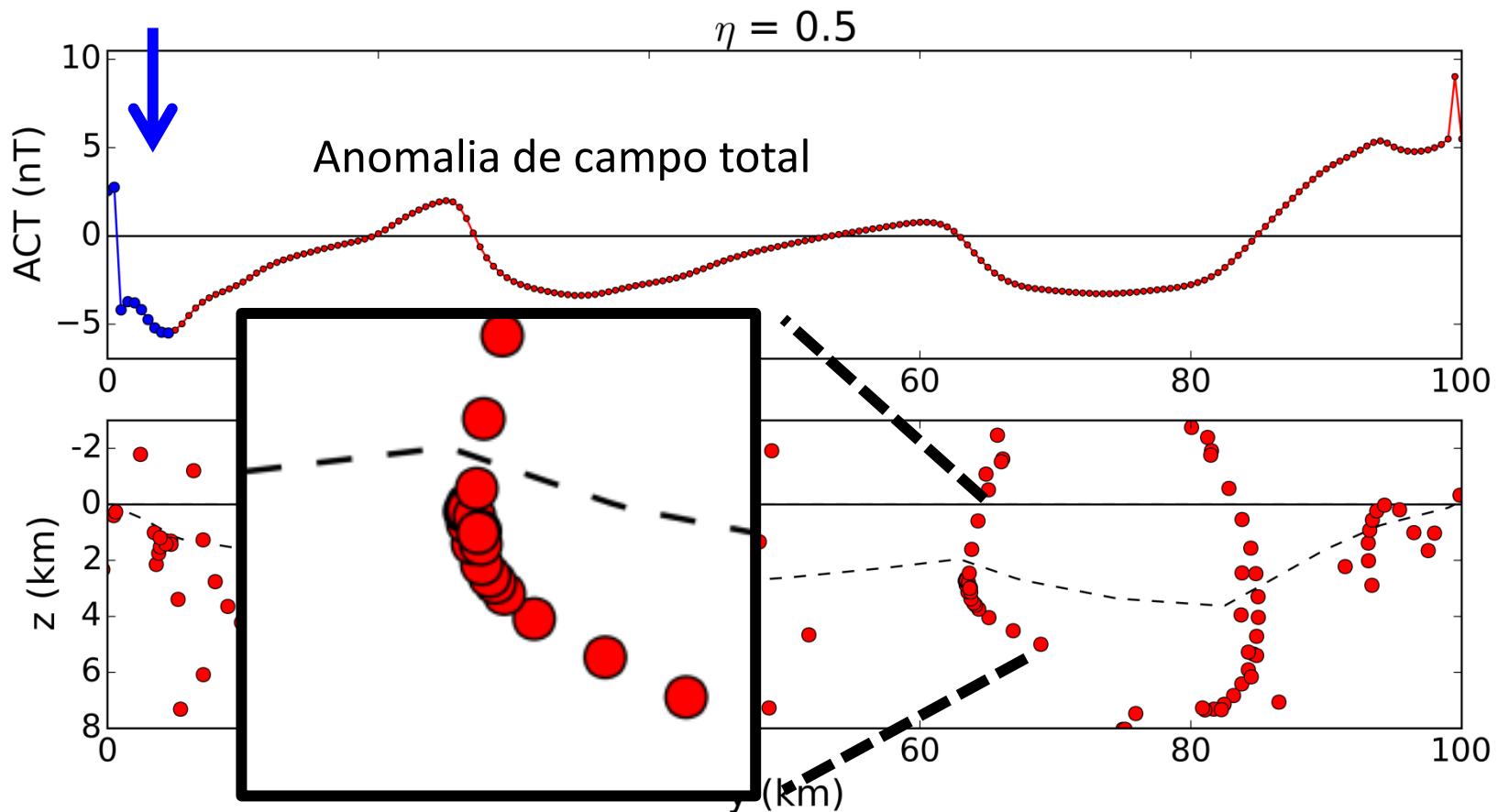


# Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

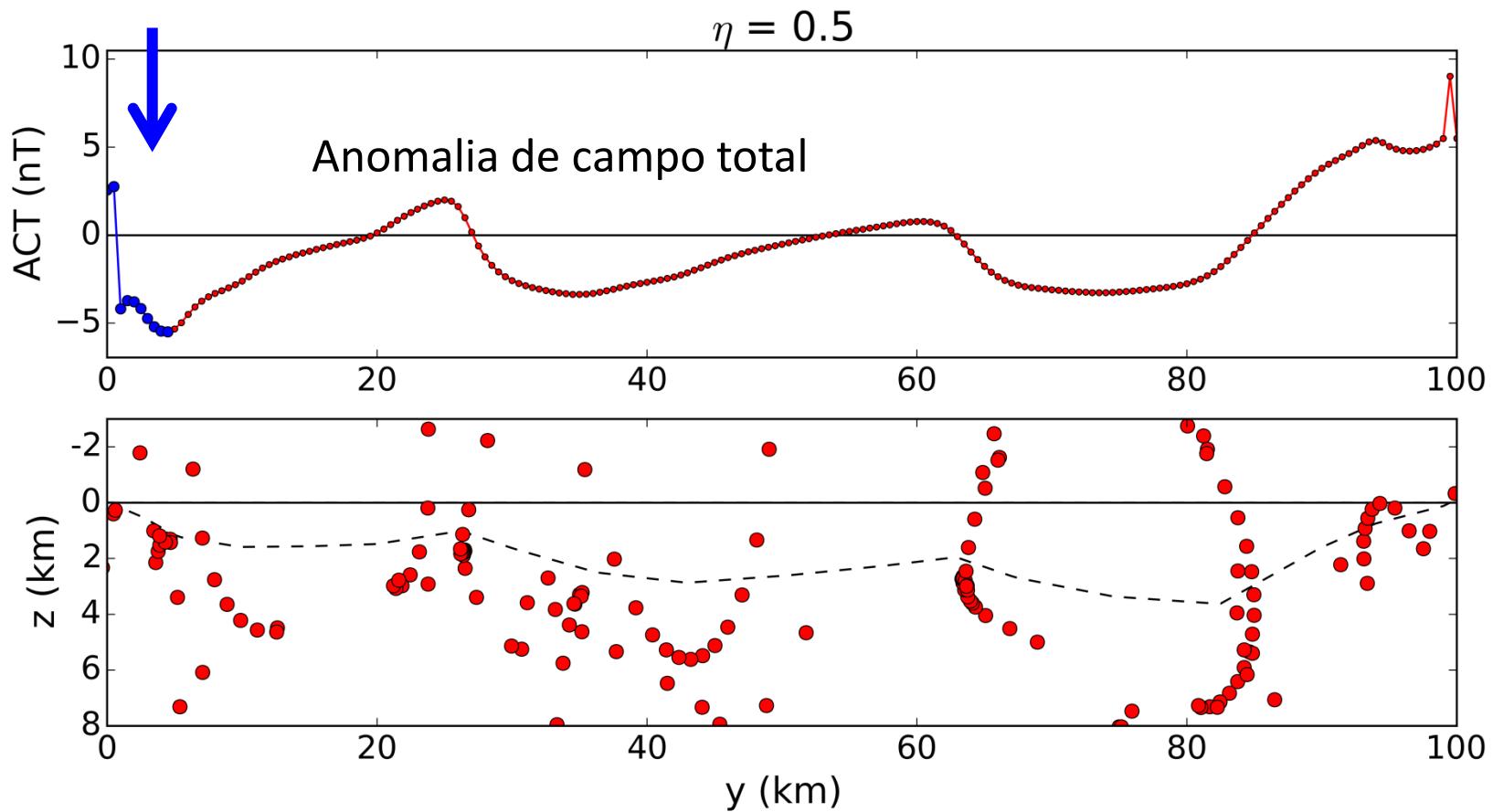


# Deconvolução de Euler

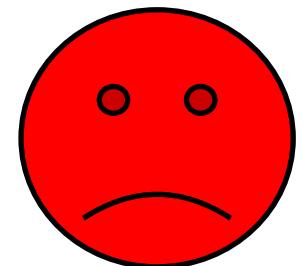


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

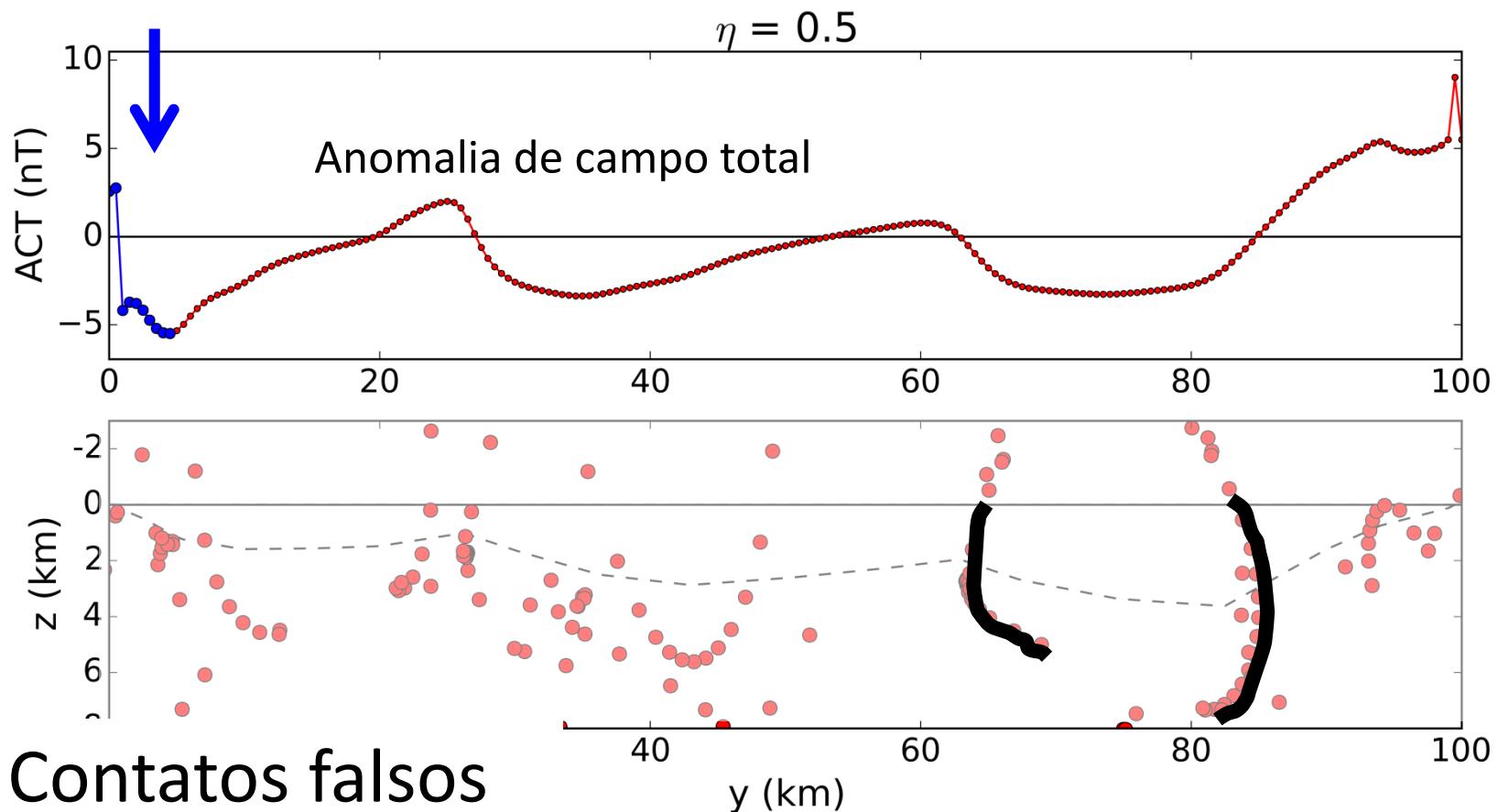


# Deconvolução de Euler

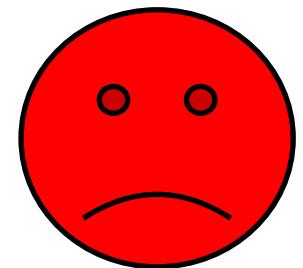


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

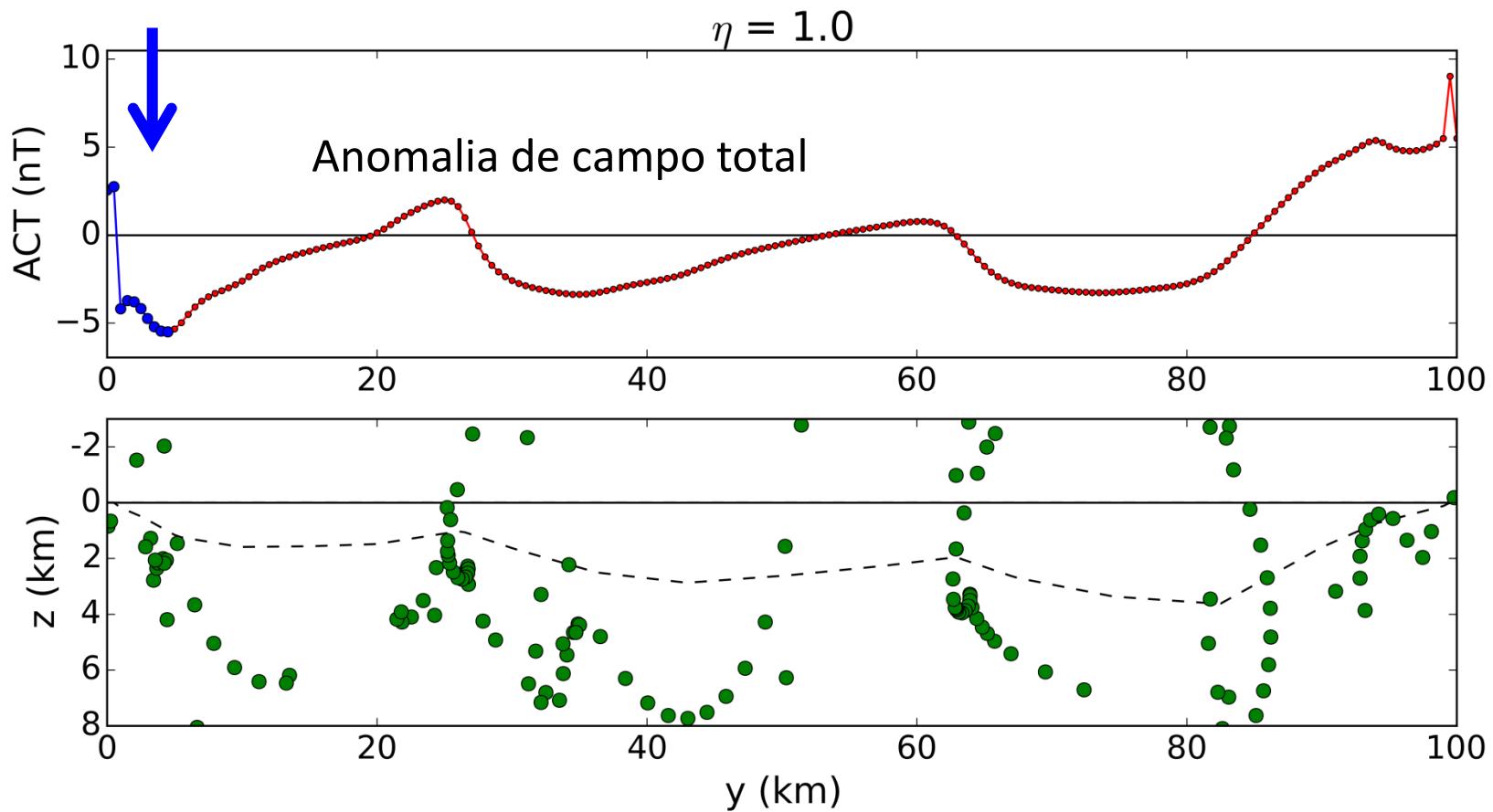


# Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

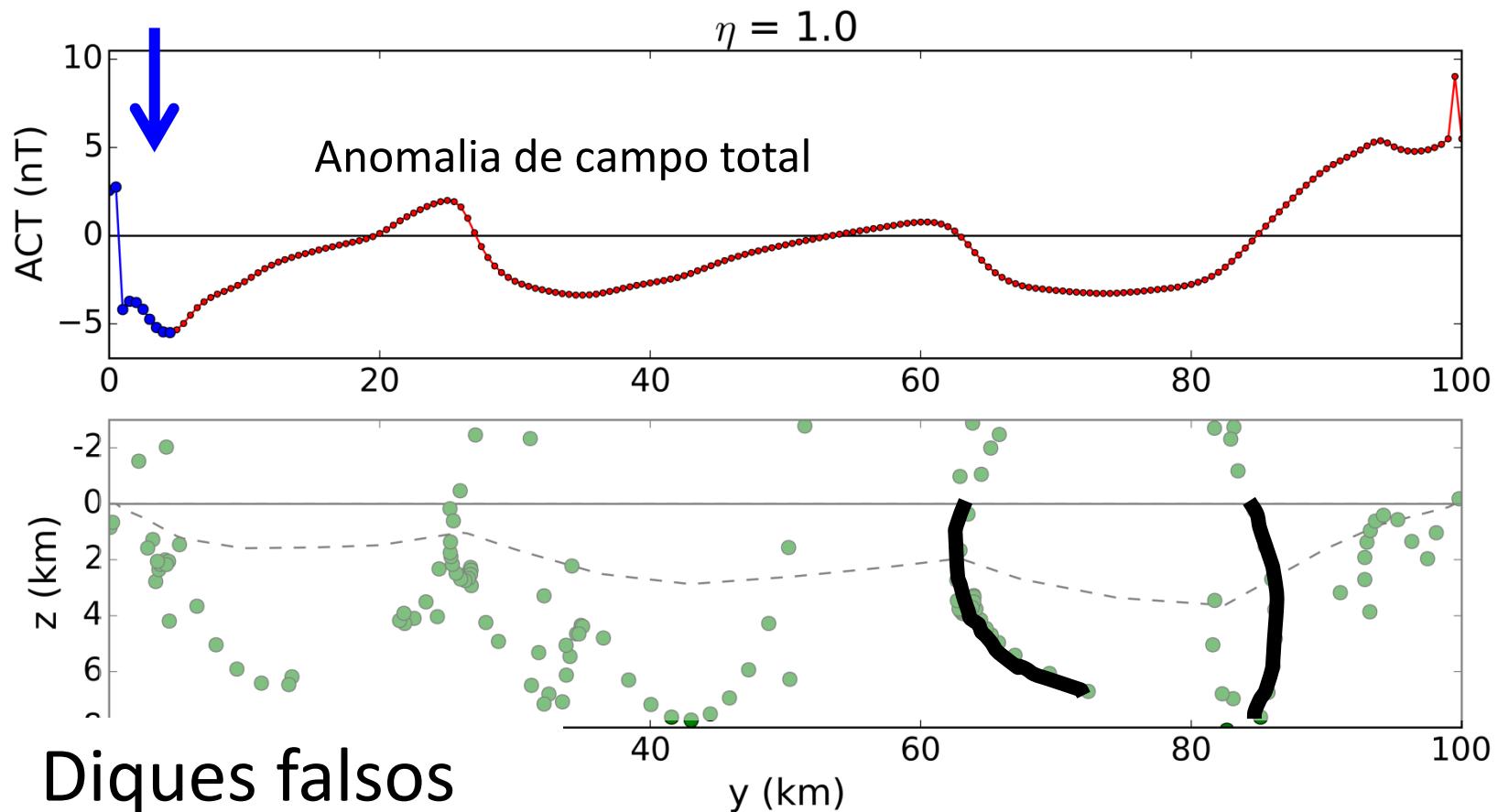


# Deconvolução de Euler

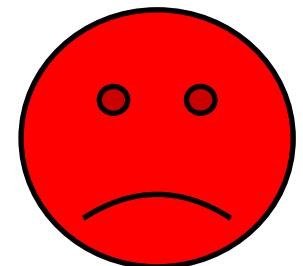


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

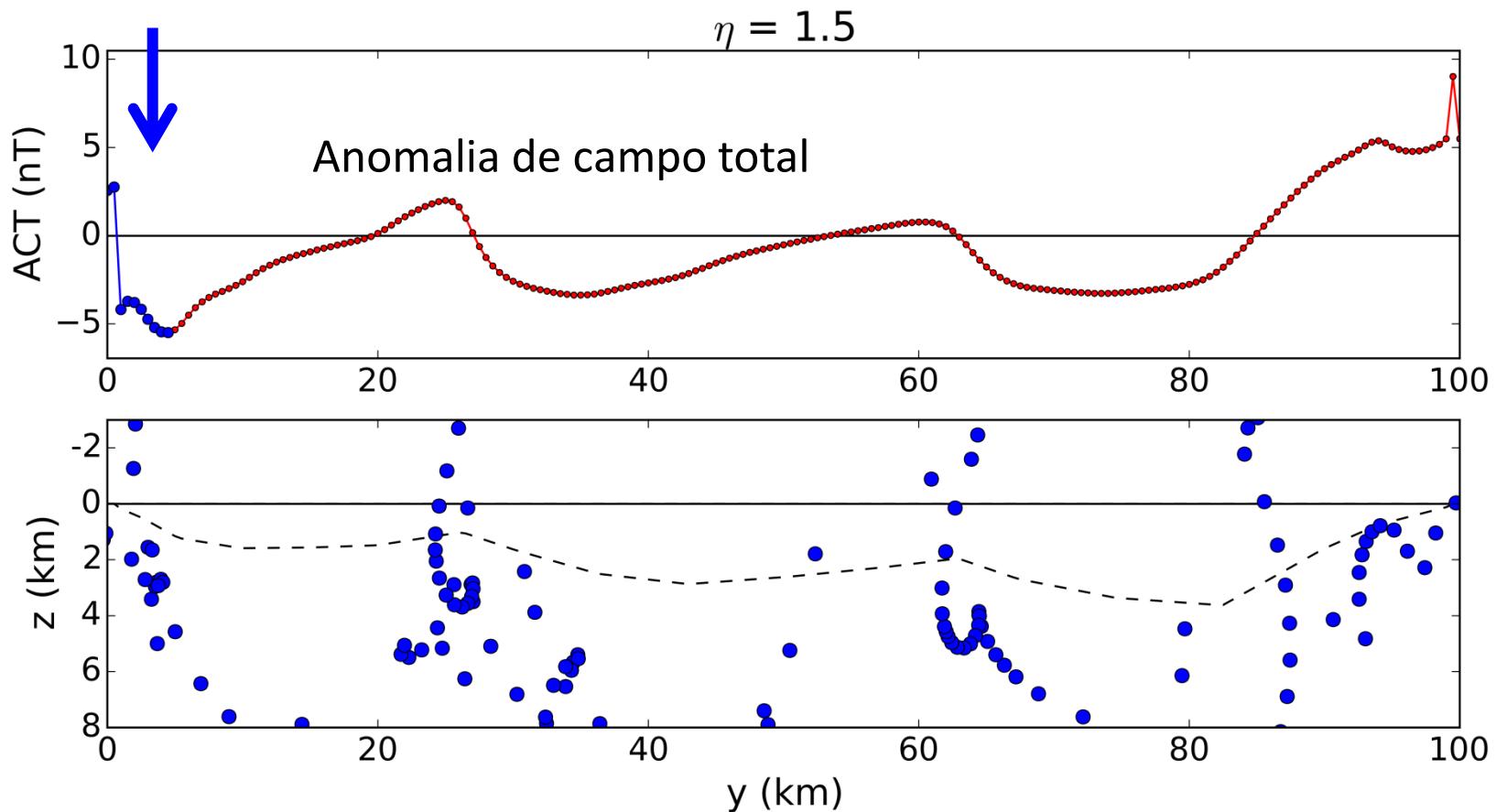


# Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

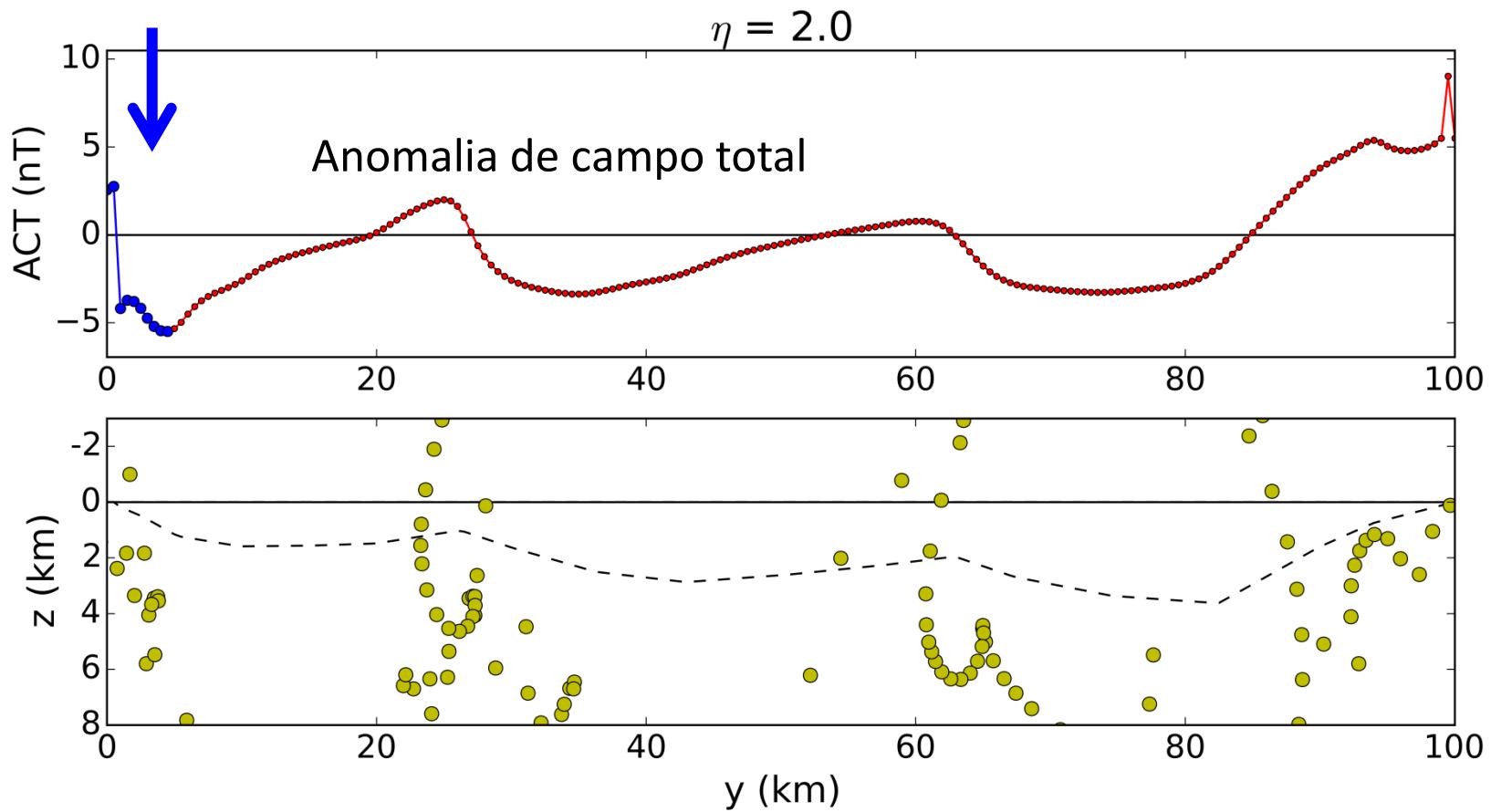


# Deconvolução de Euler

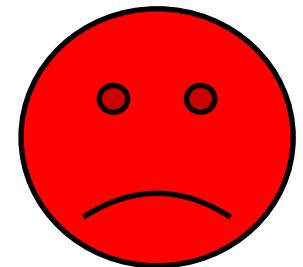


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

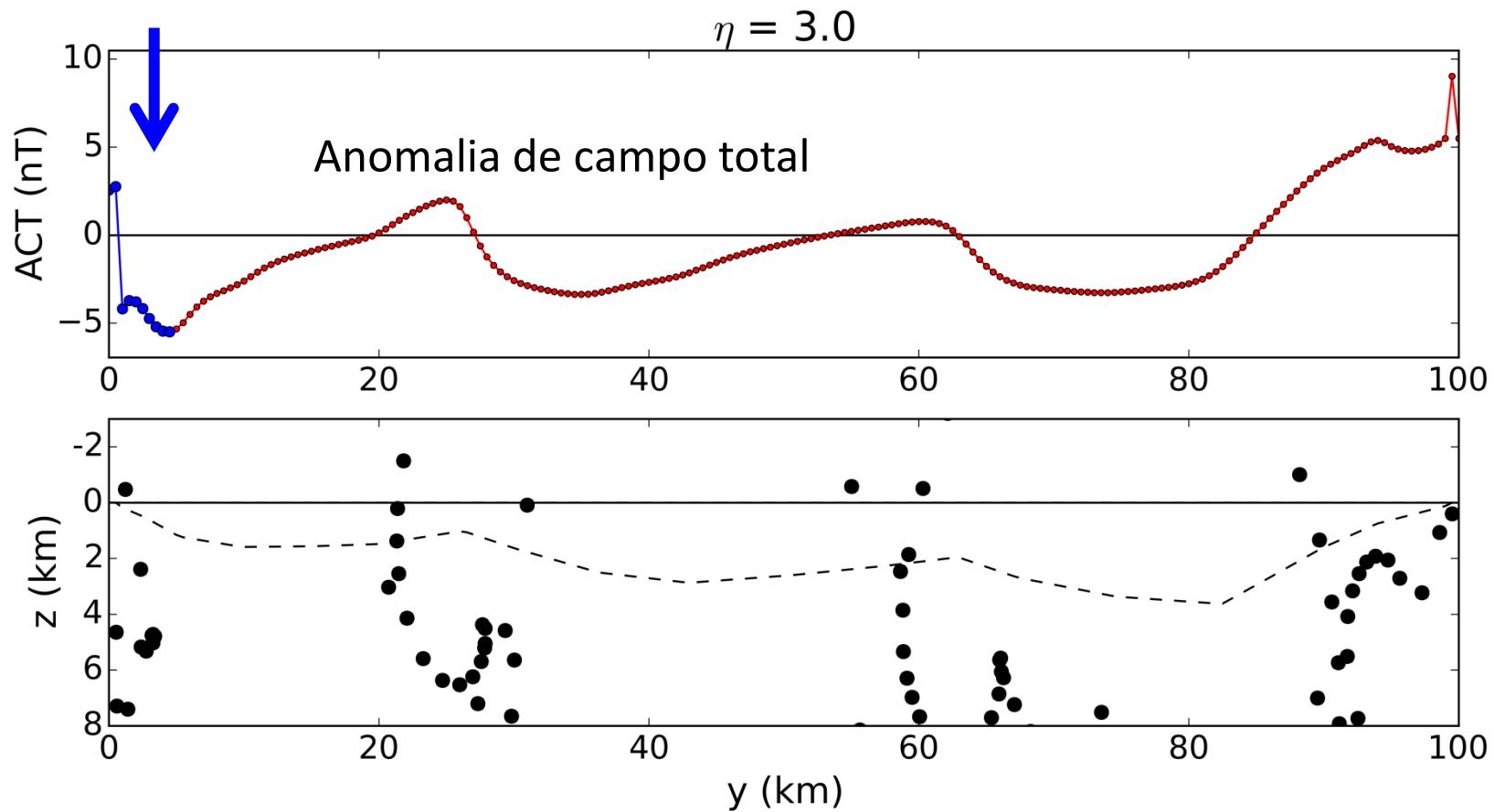


# Deconvolução de Euler

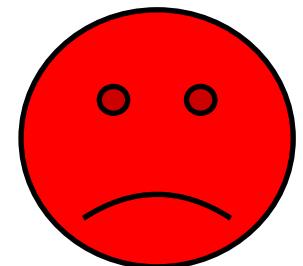


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

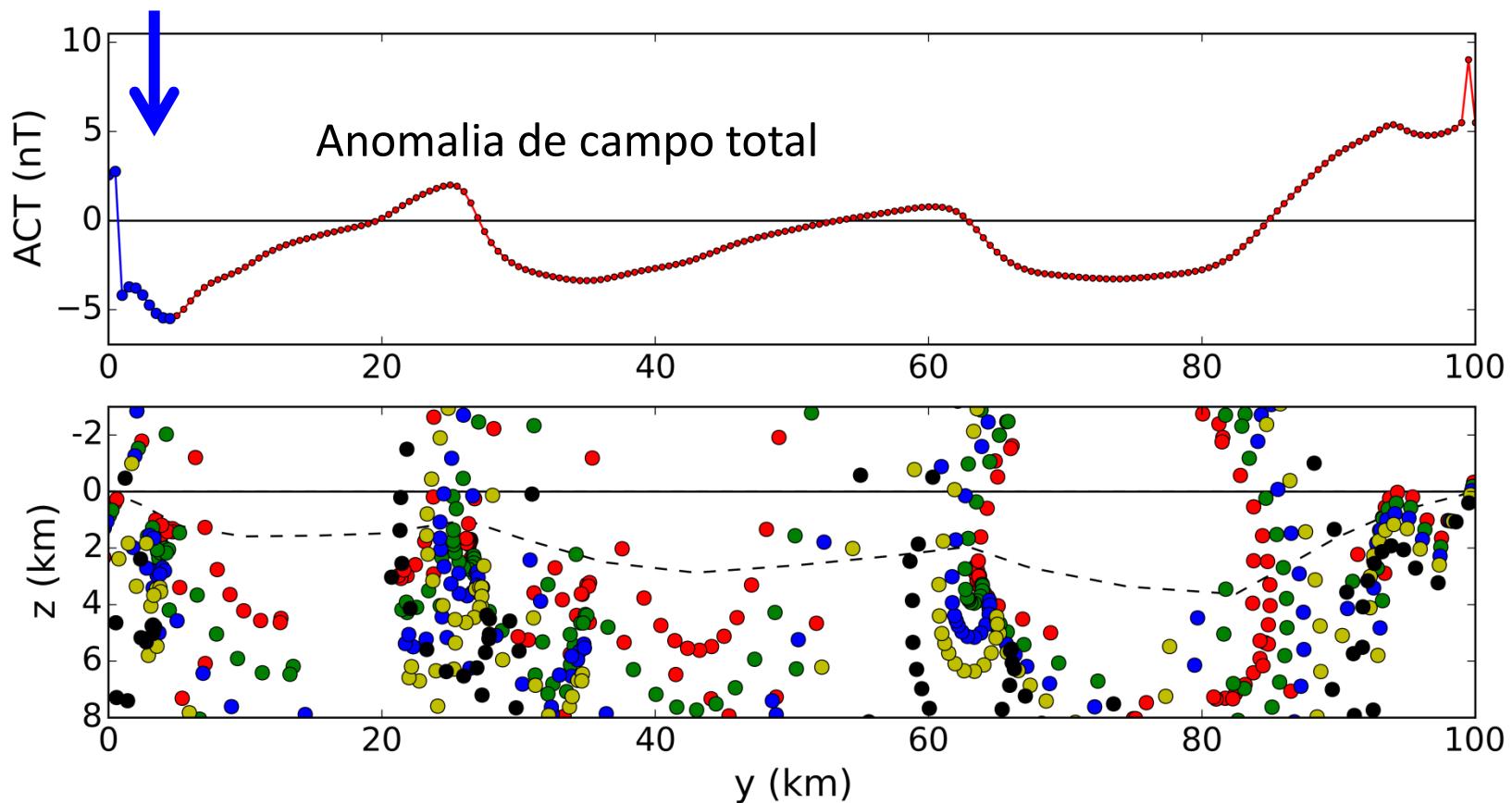


# Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

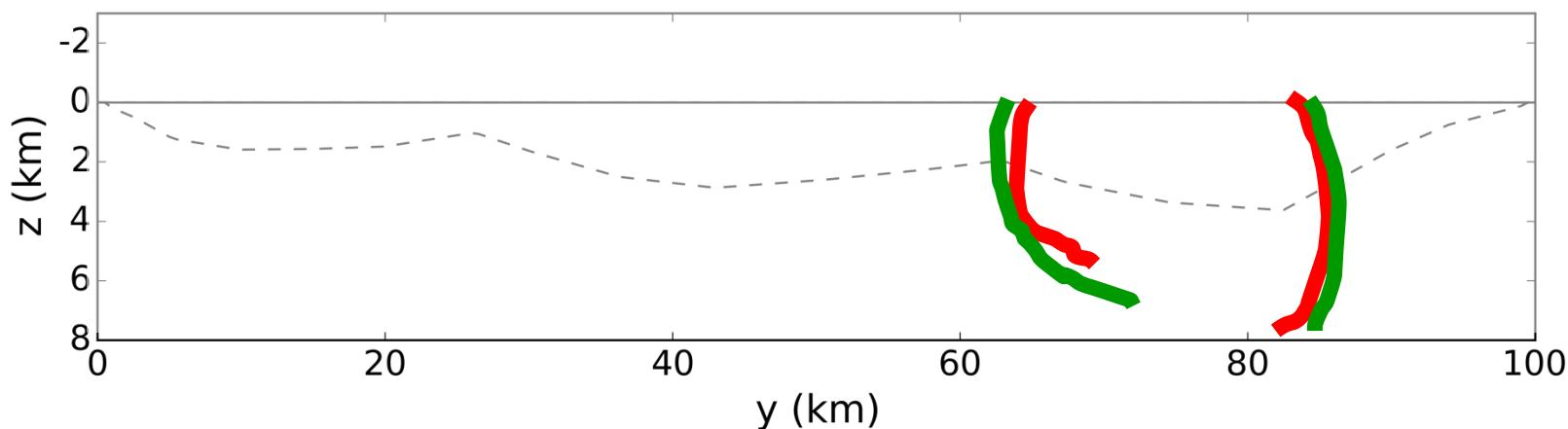
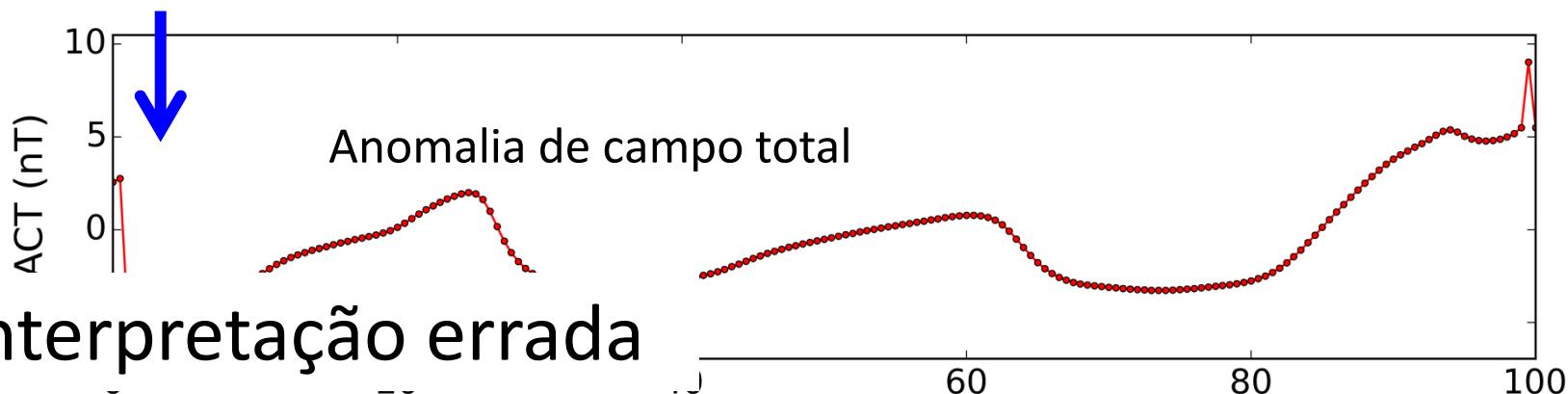


# Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

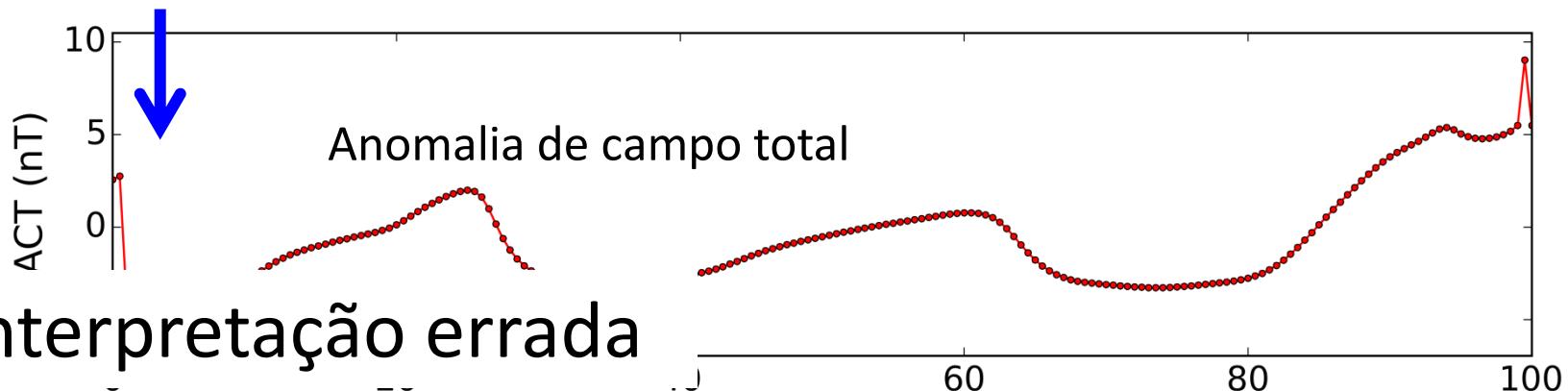


# Deconvolução de Euler



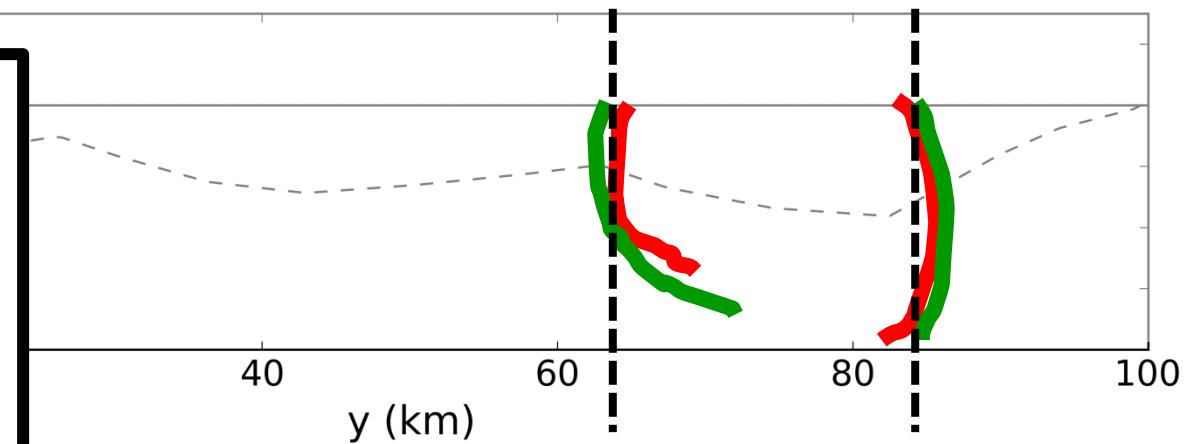
Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

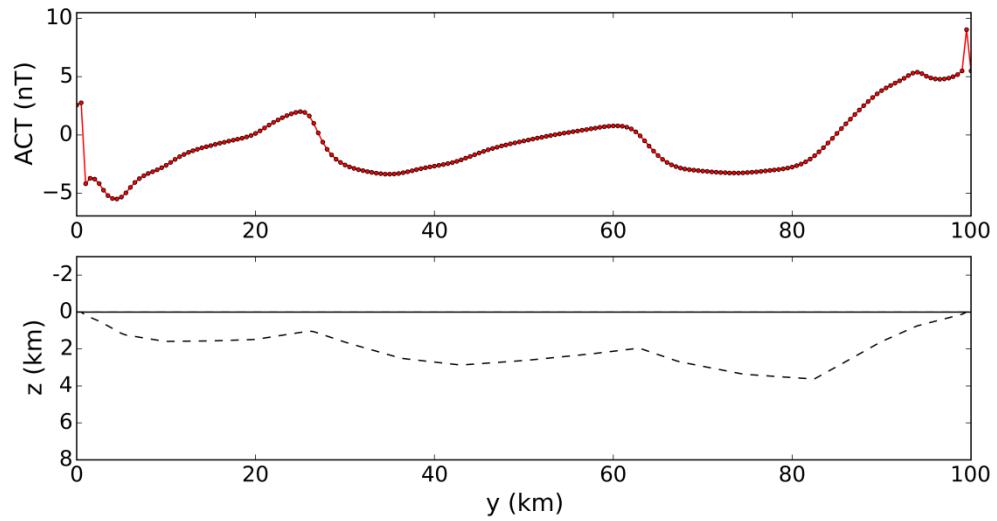
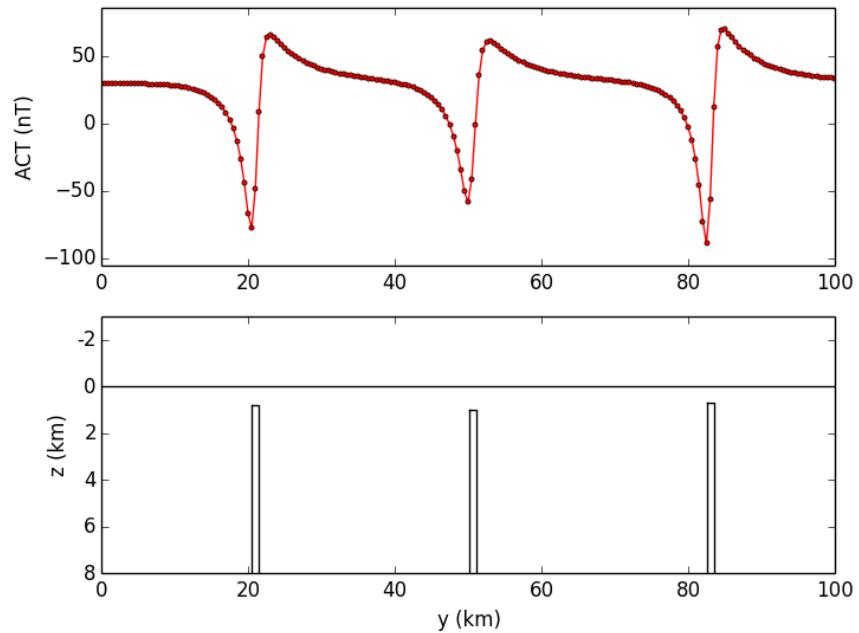


Interpretação errada

No entanto, em geral, a localização horizontal das estruturas é bem estimada



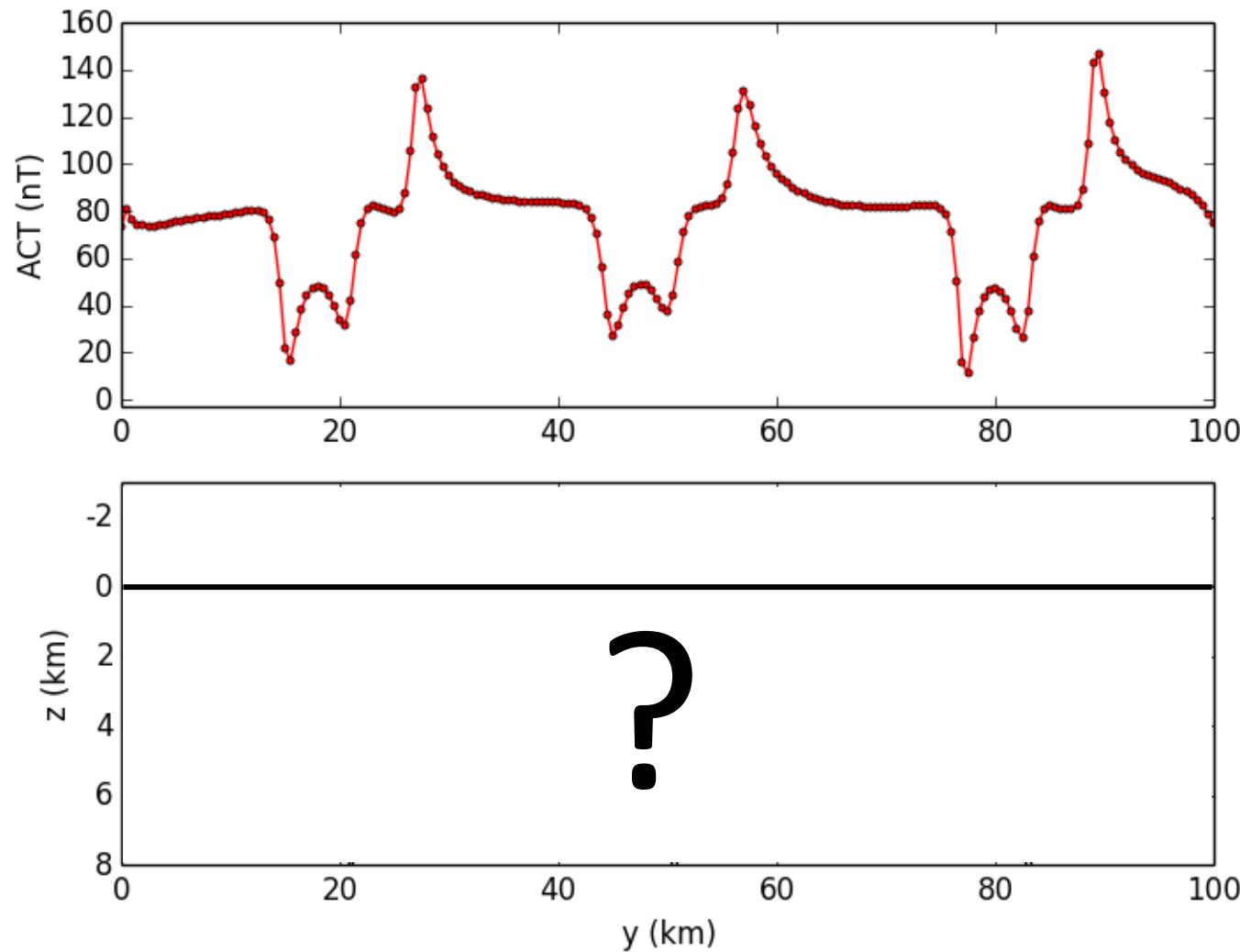
# Deconvolução de Euler



Na prática, a Deconvolução de Euler é utilizada em situações geológicas mais complexas que estas

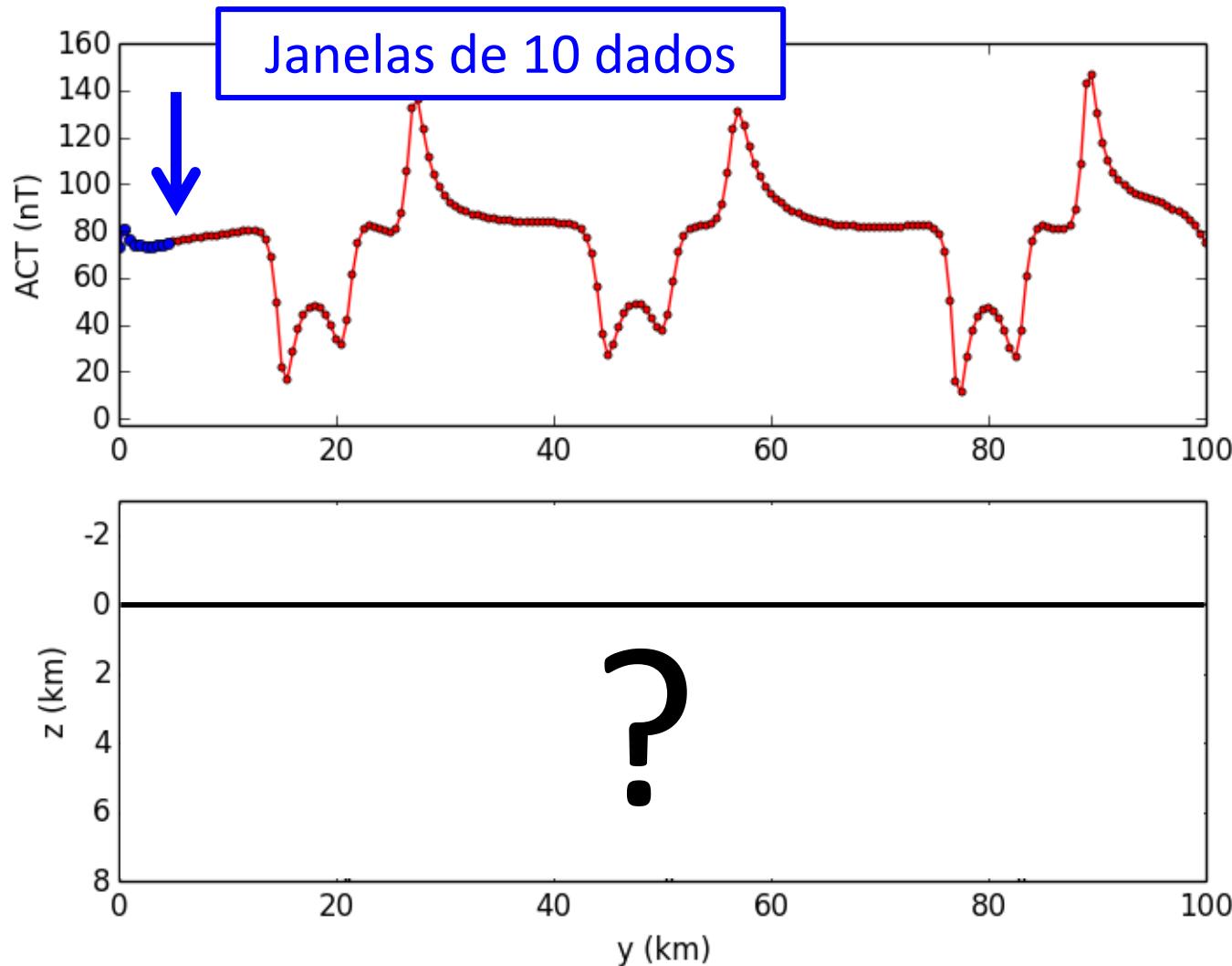
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



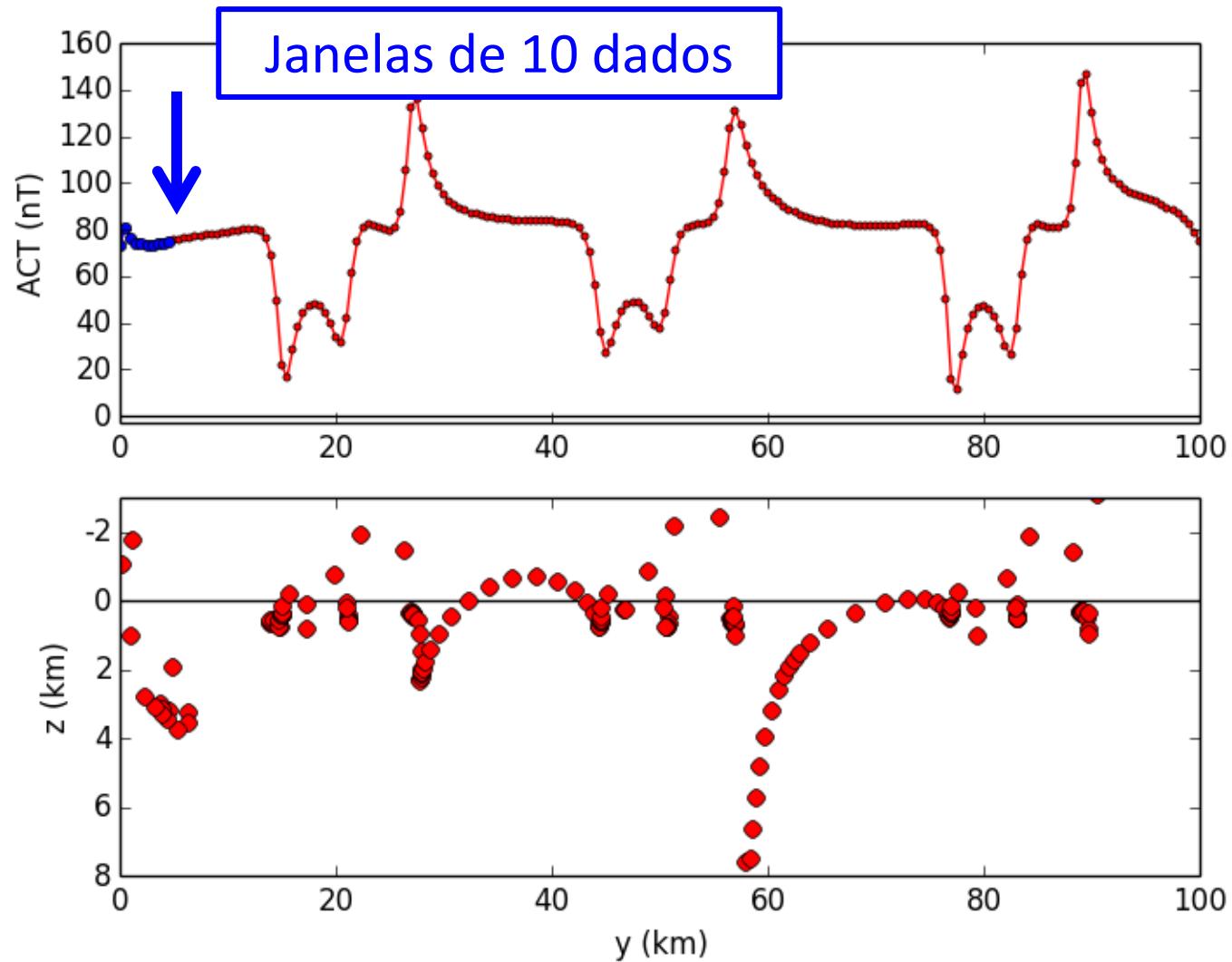
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



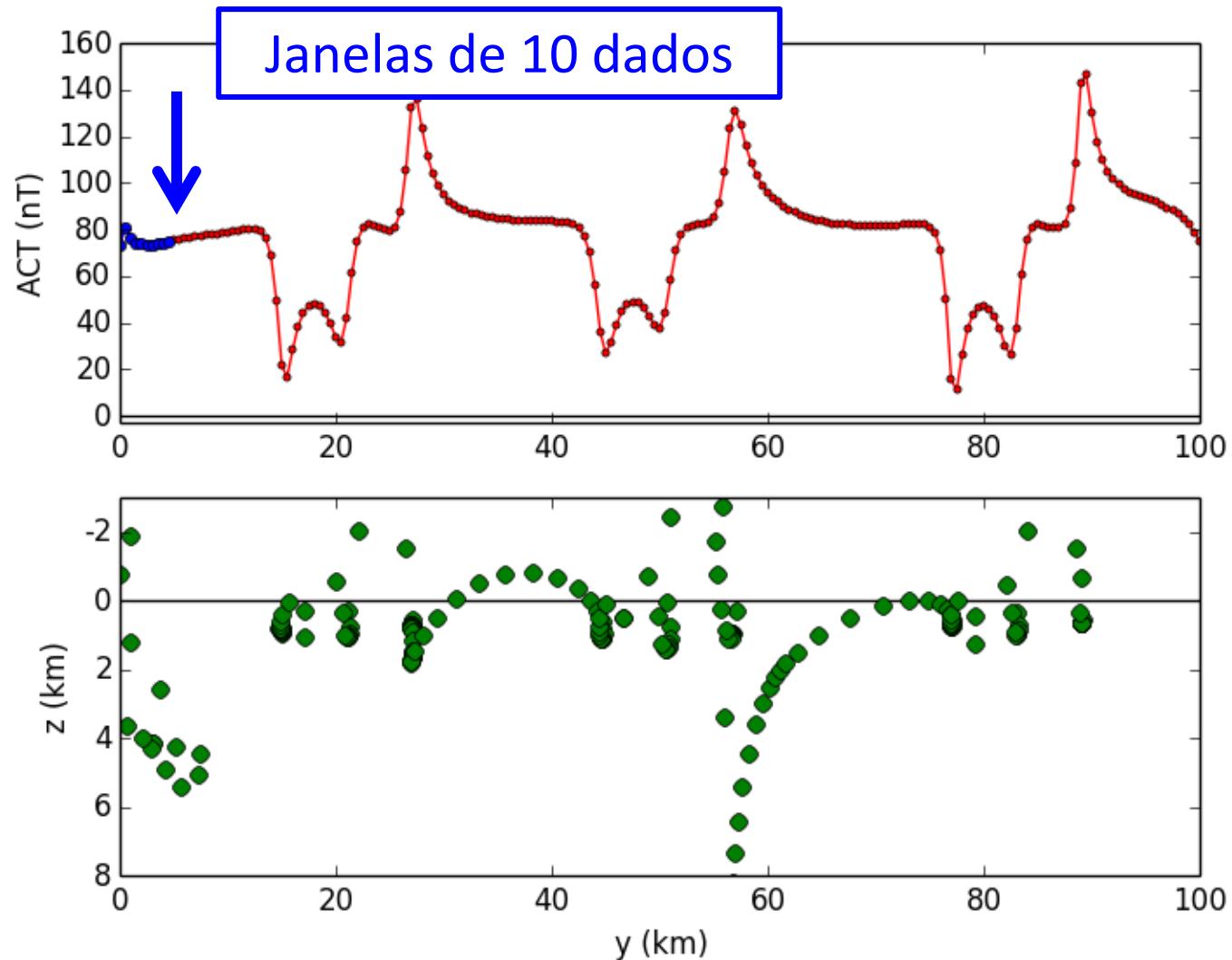
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



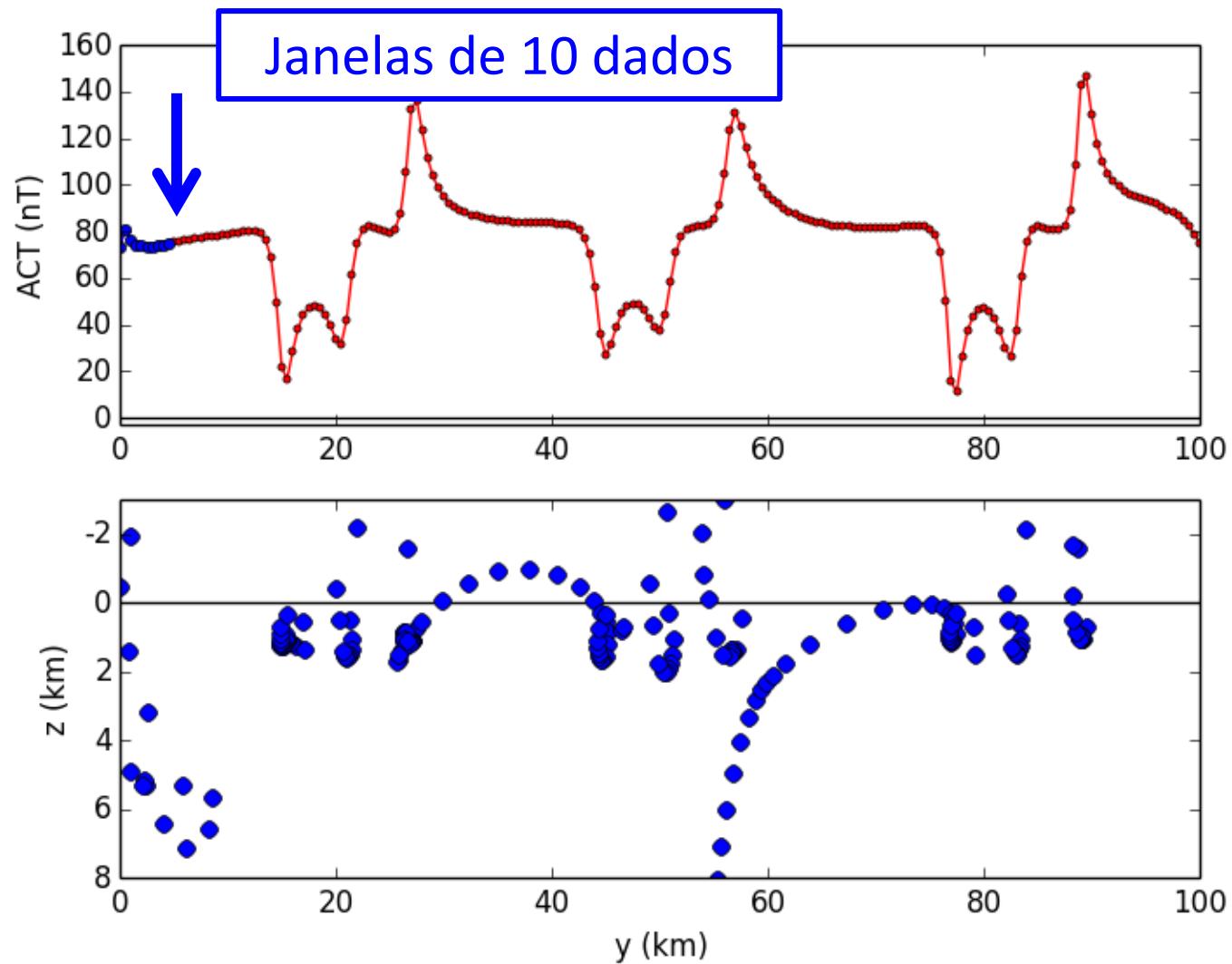
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



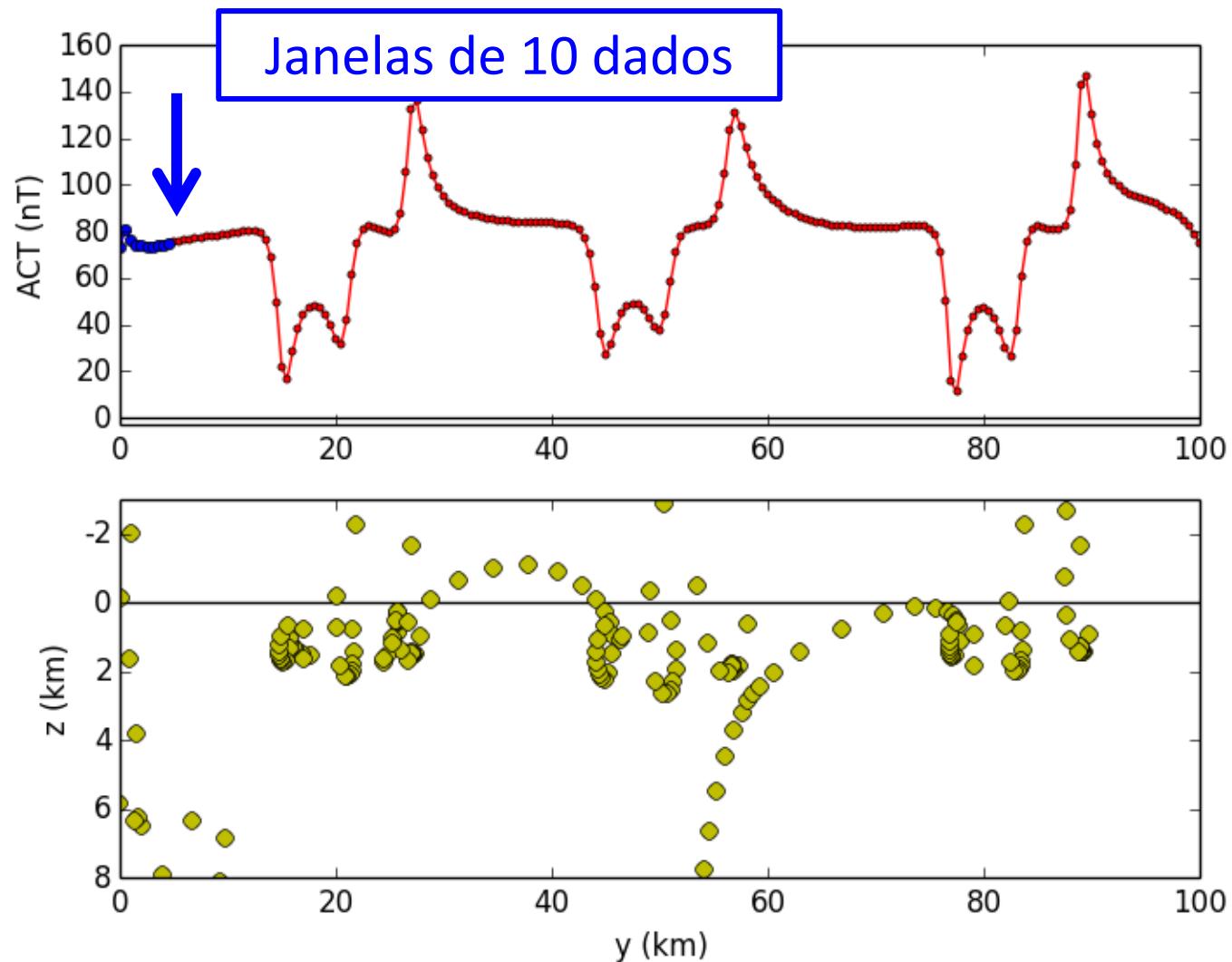
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



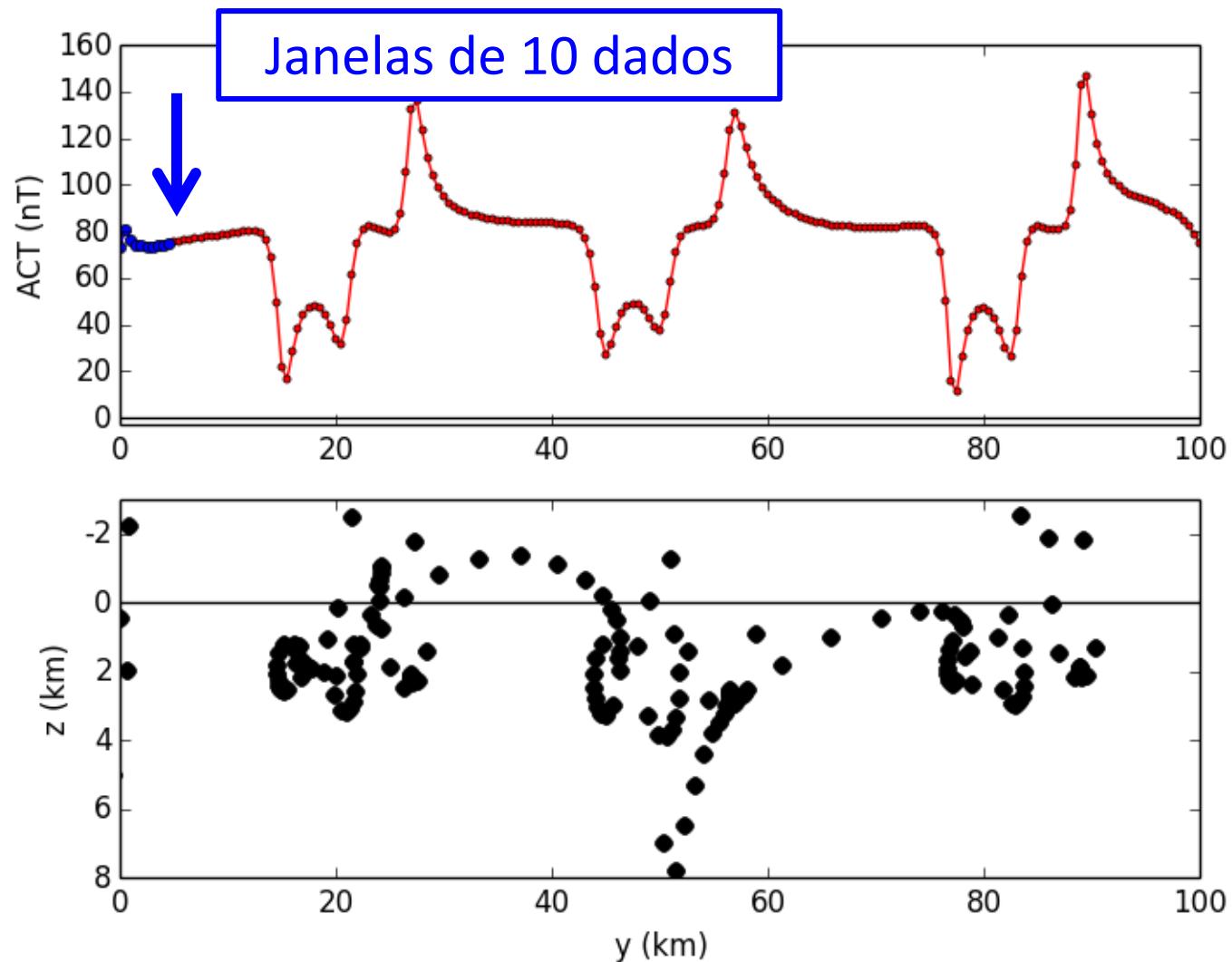
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



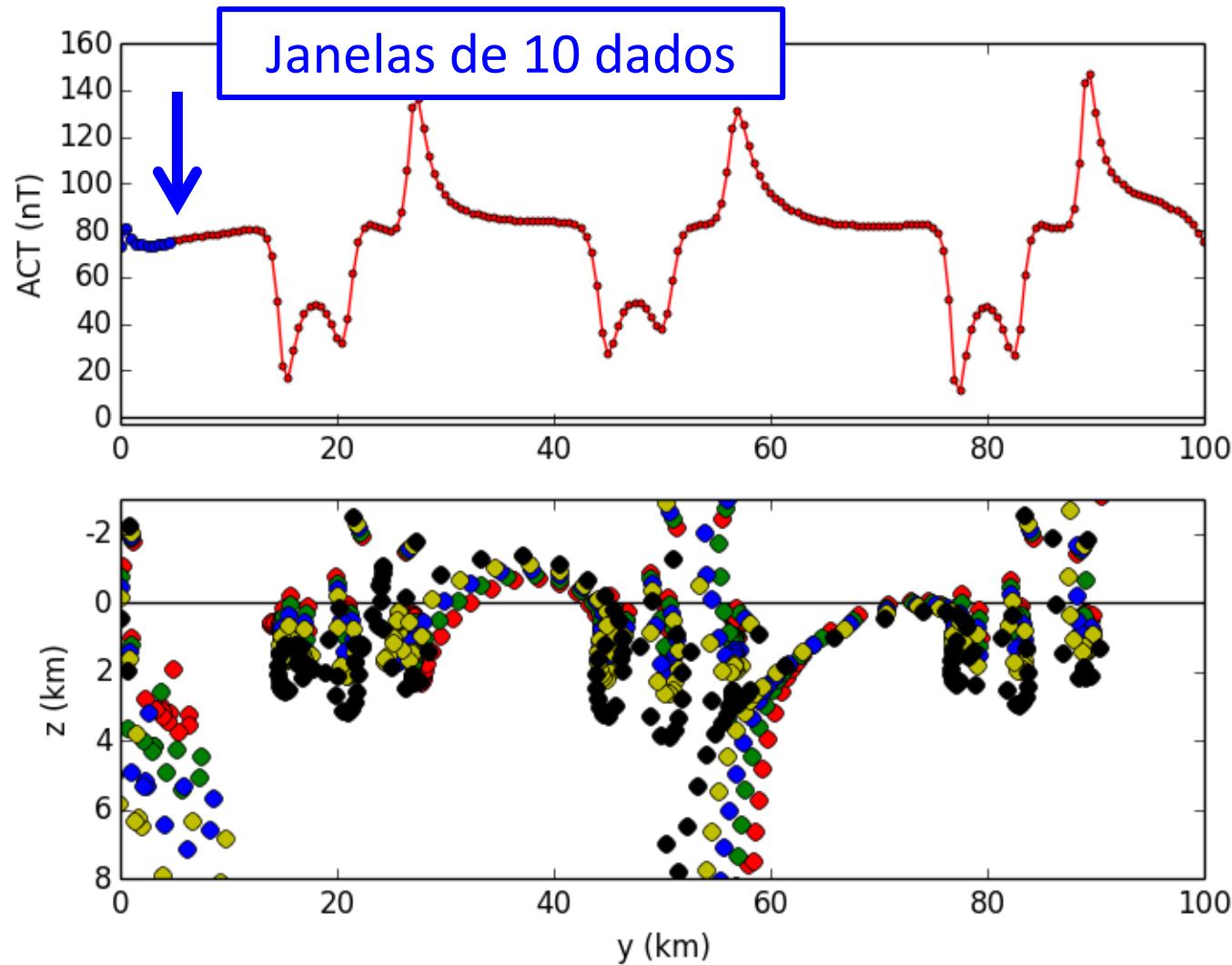
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



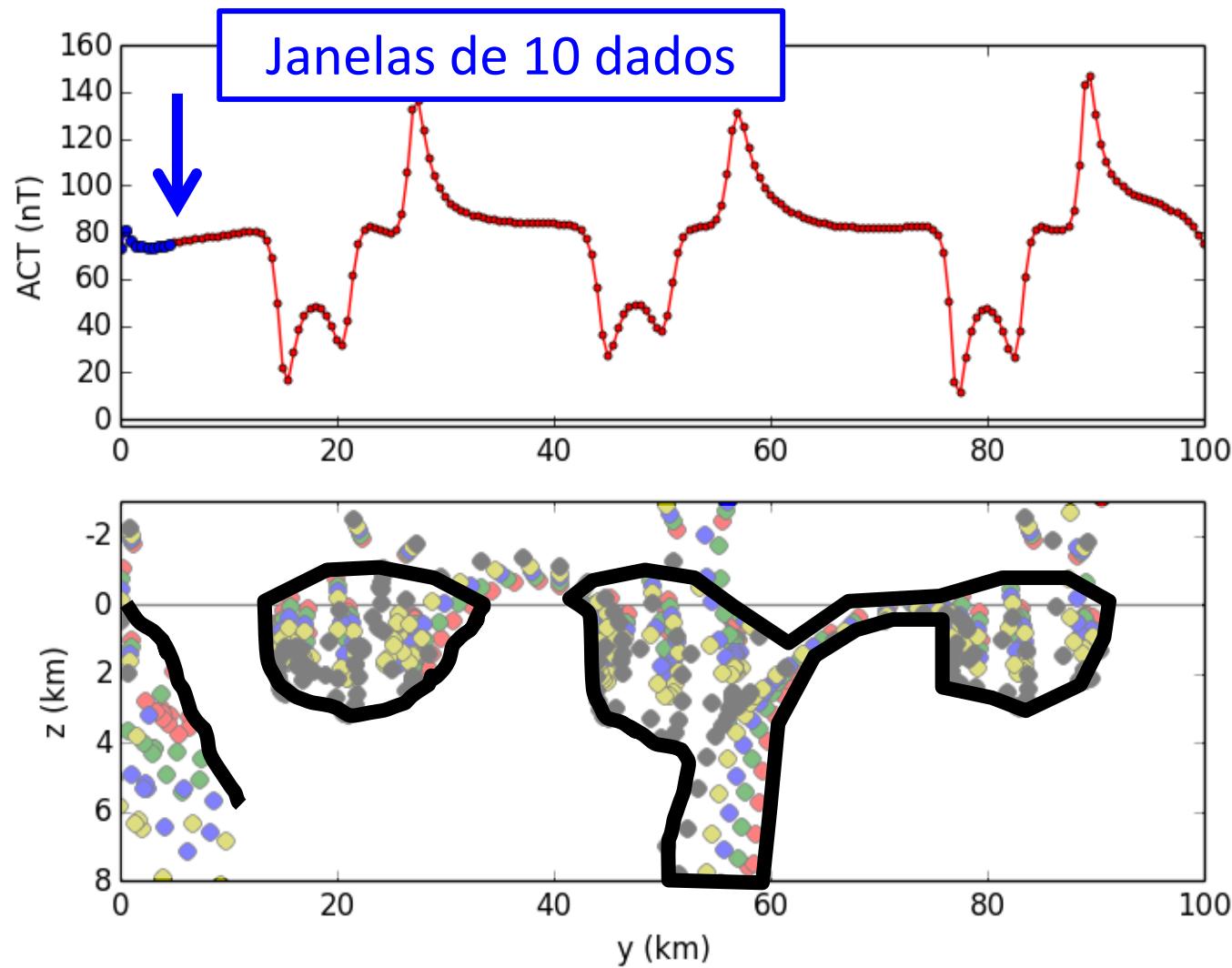
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



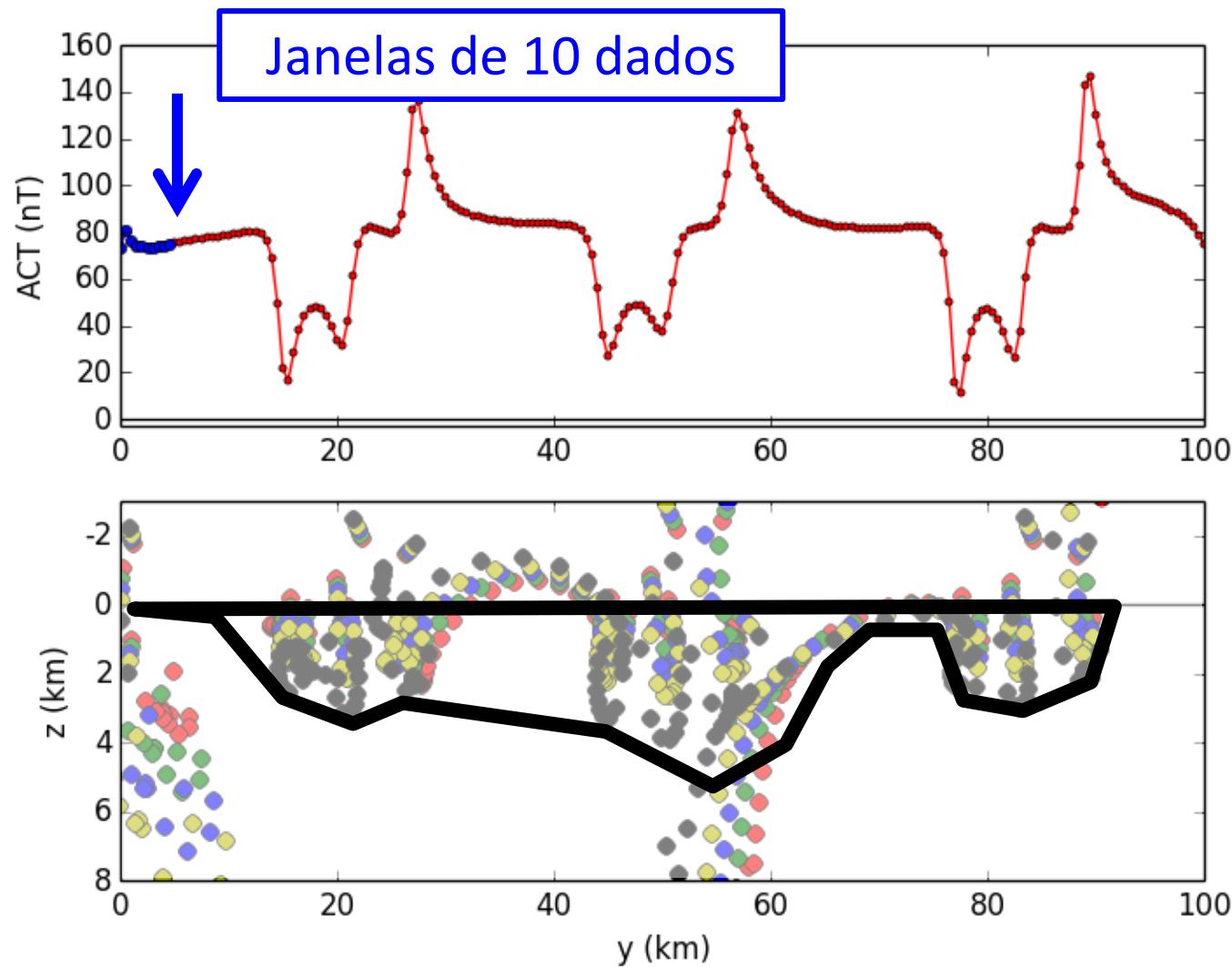
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



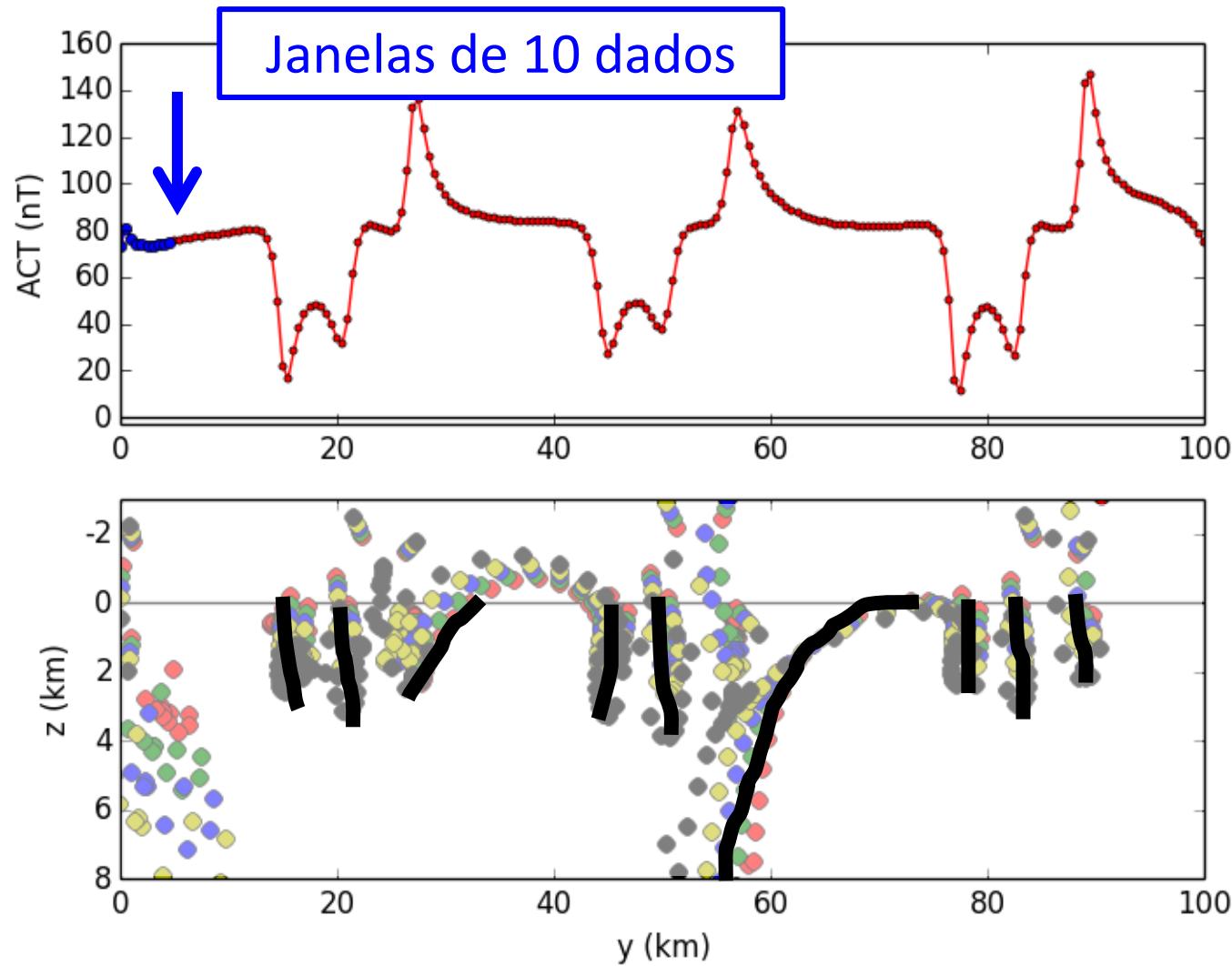
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



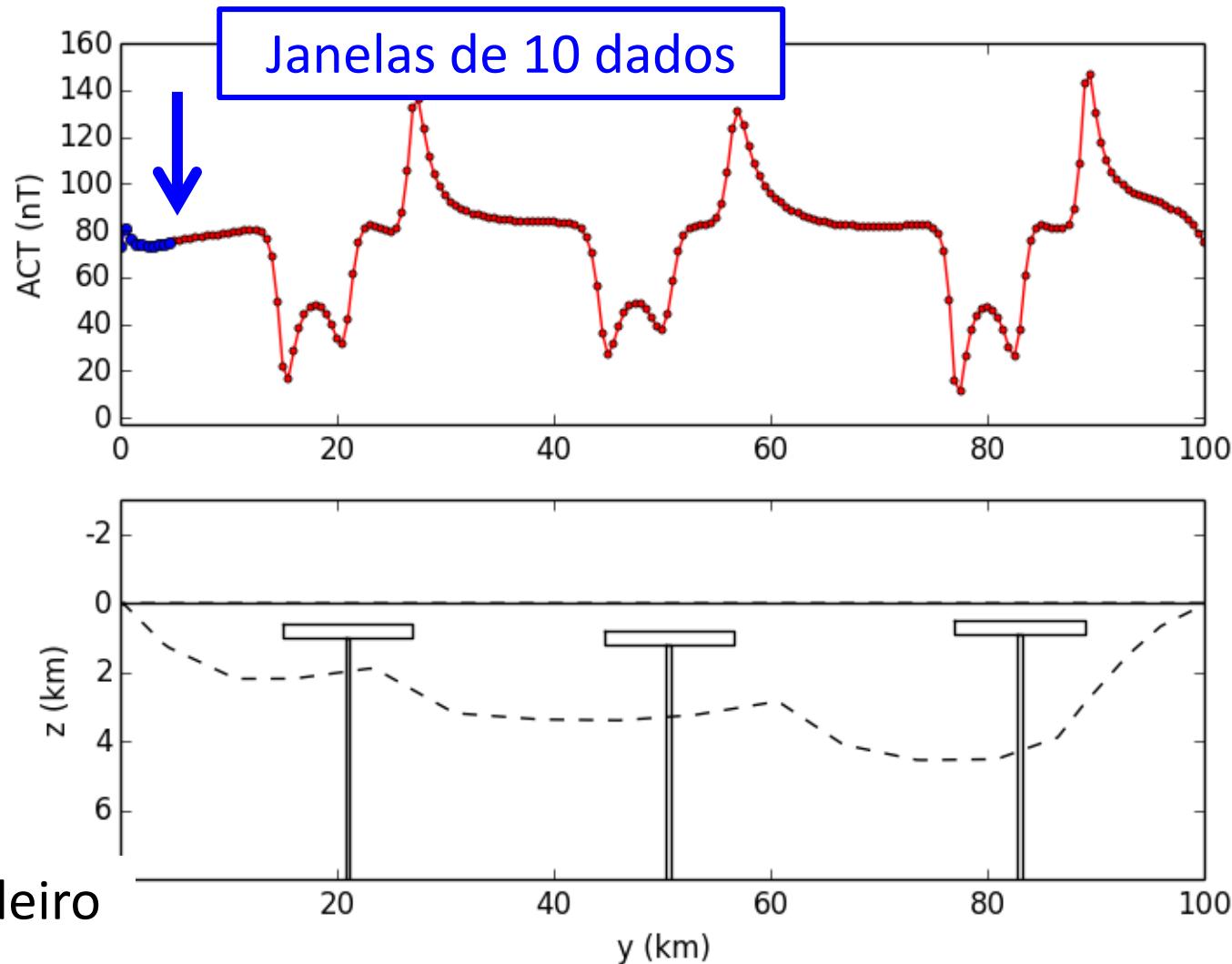
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



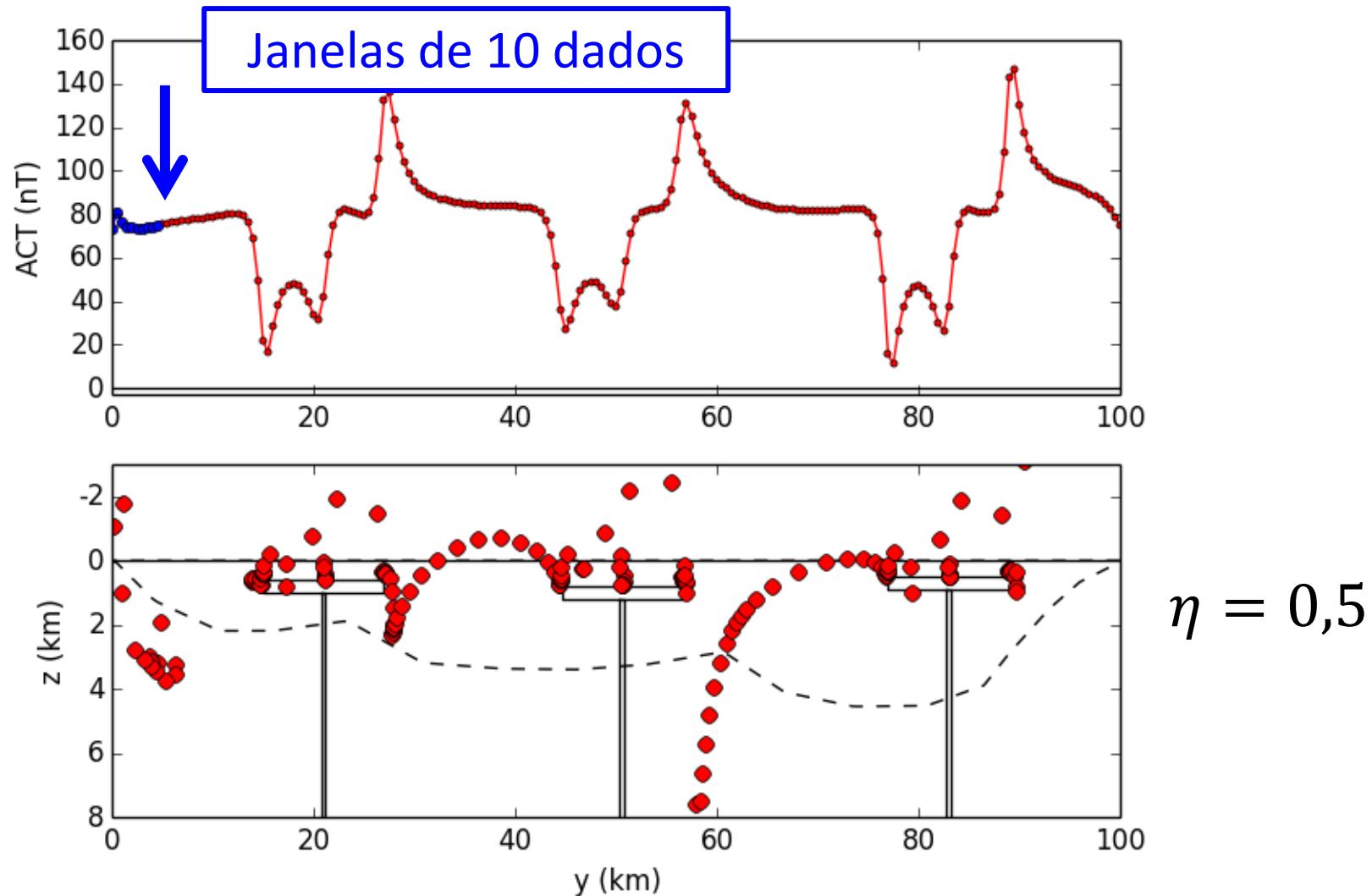
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



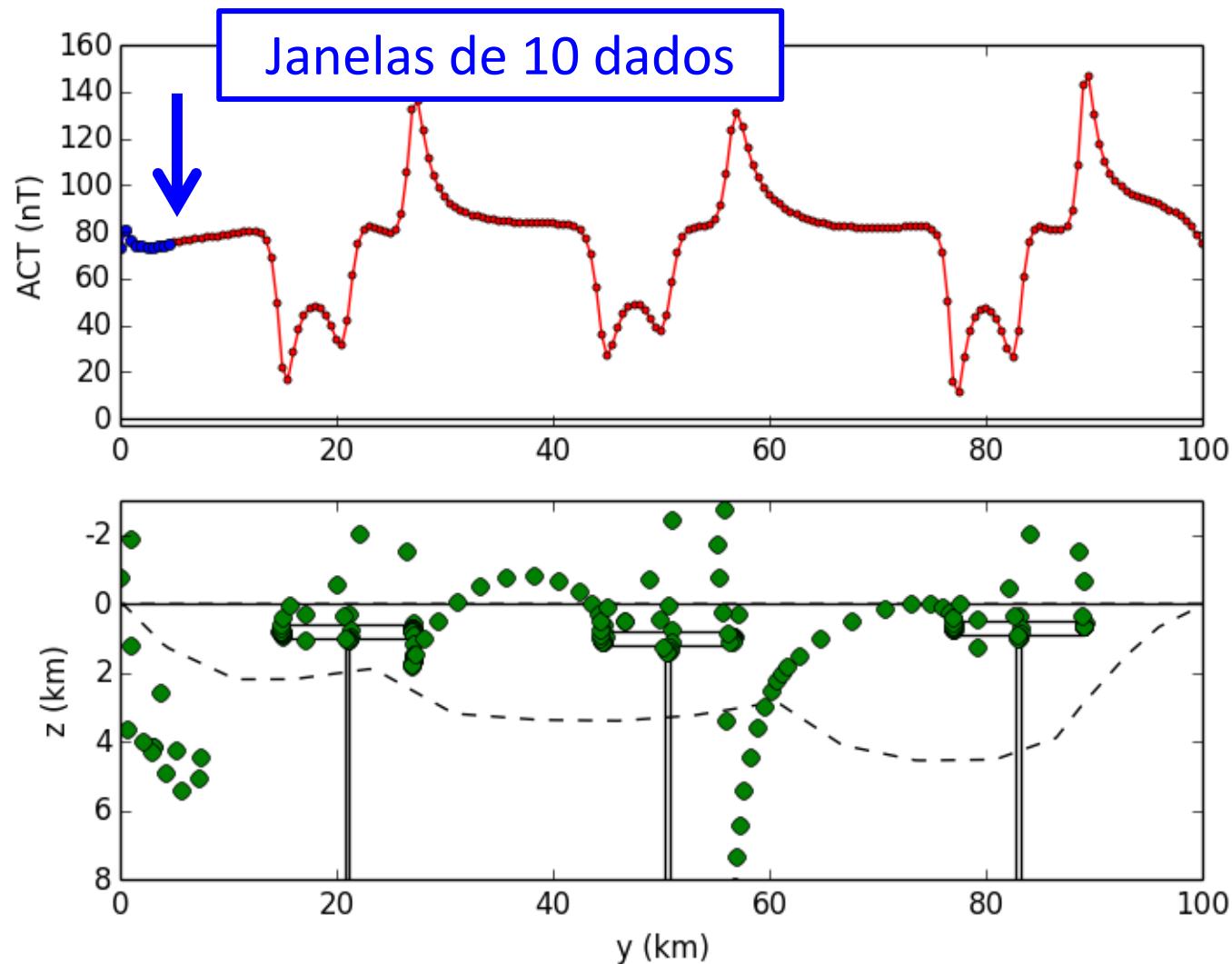
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



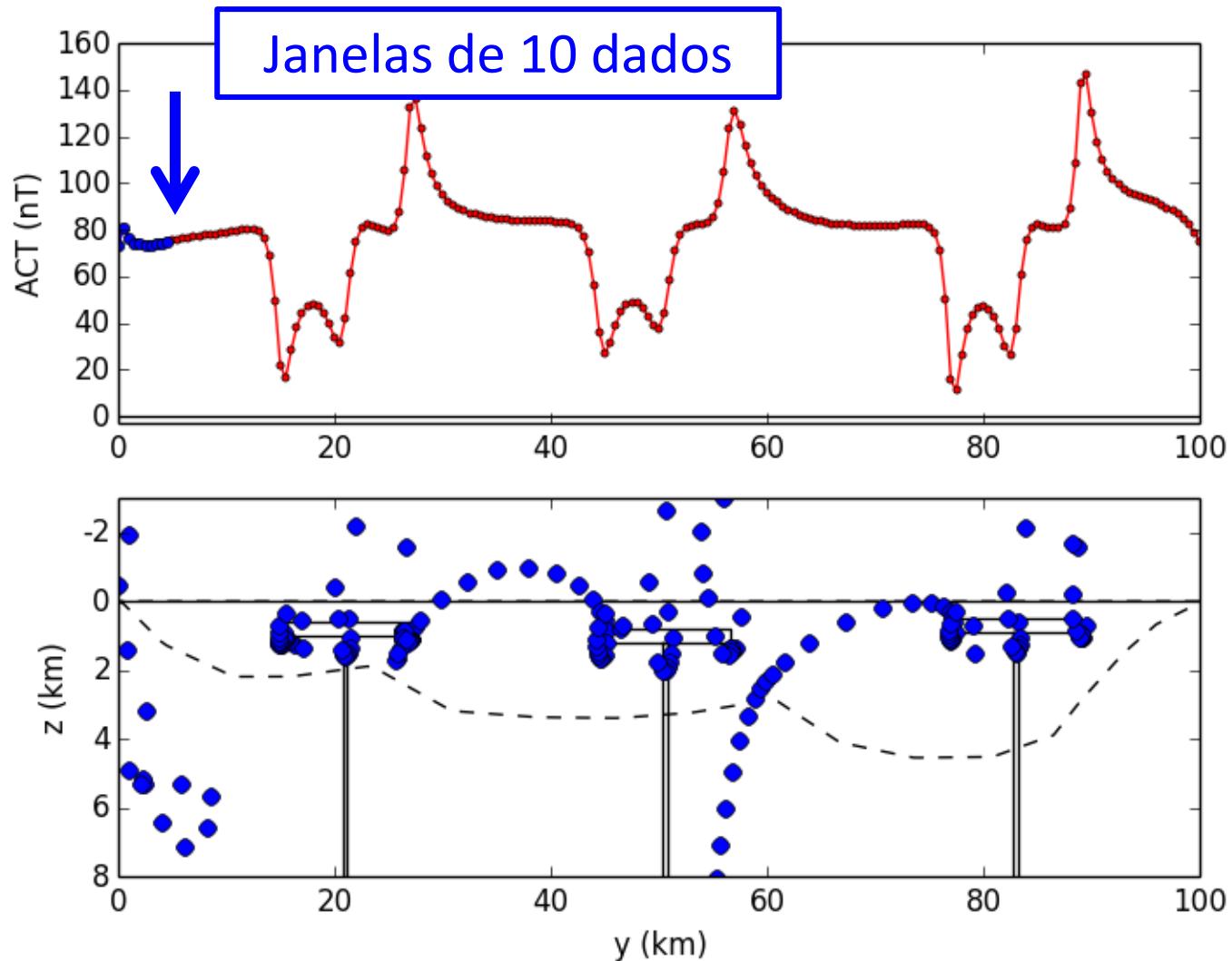
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



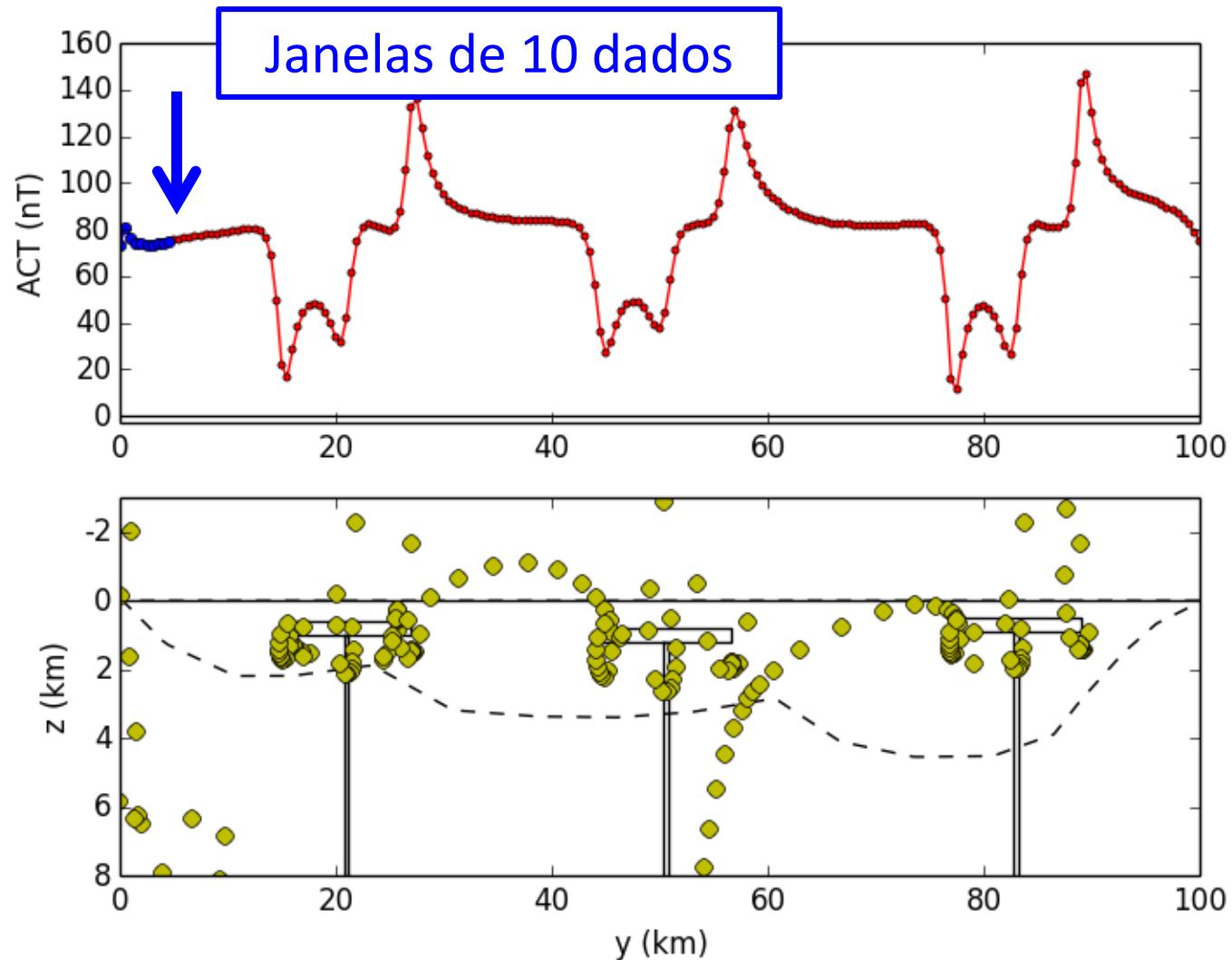
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



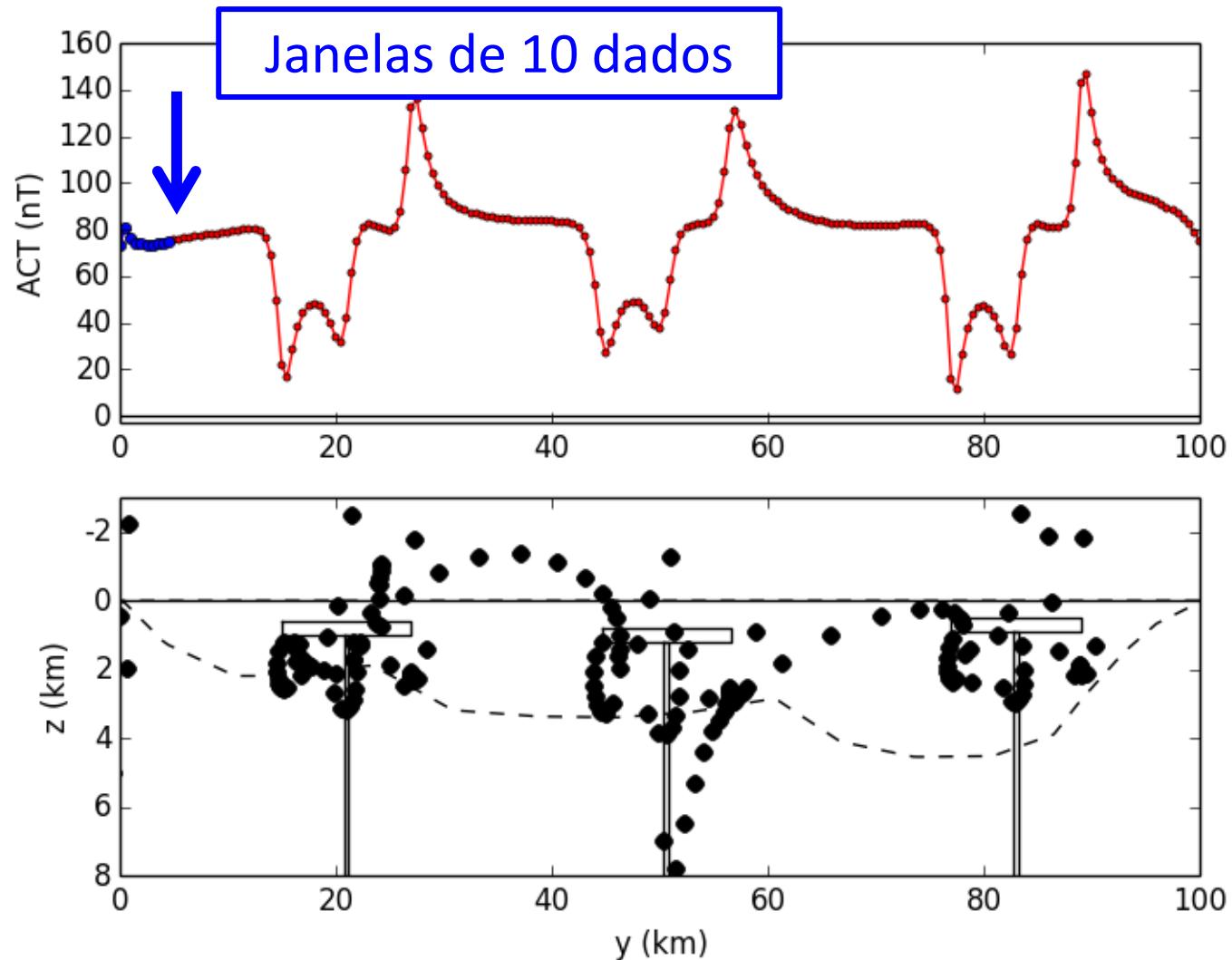
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



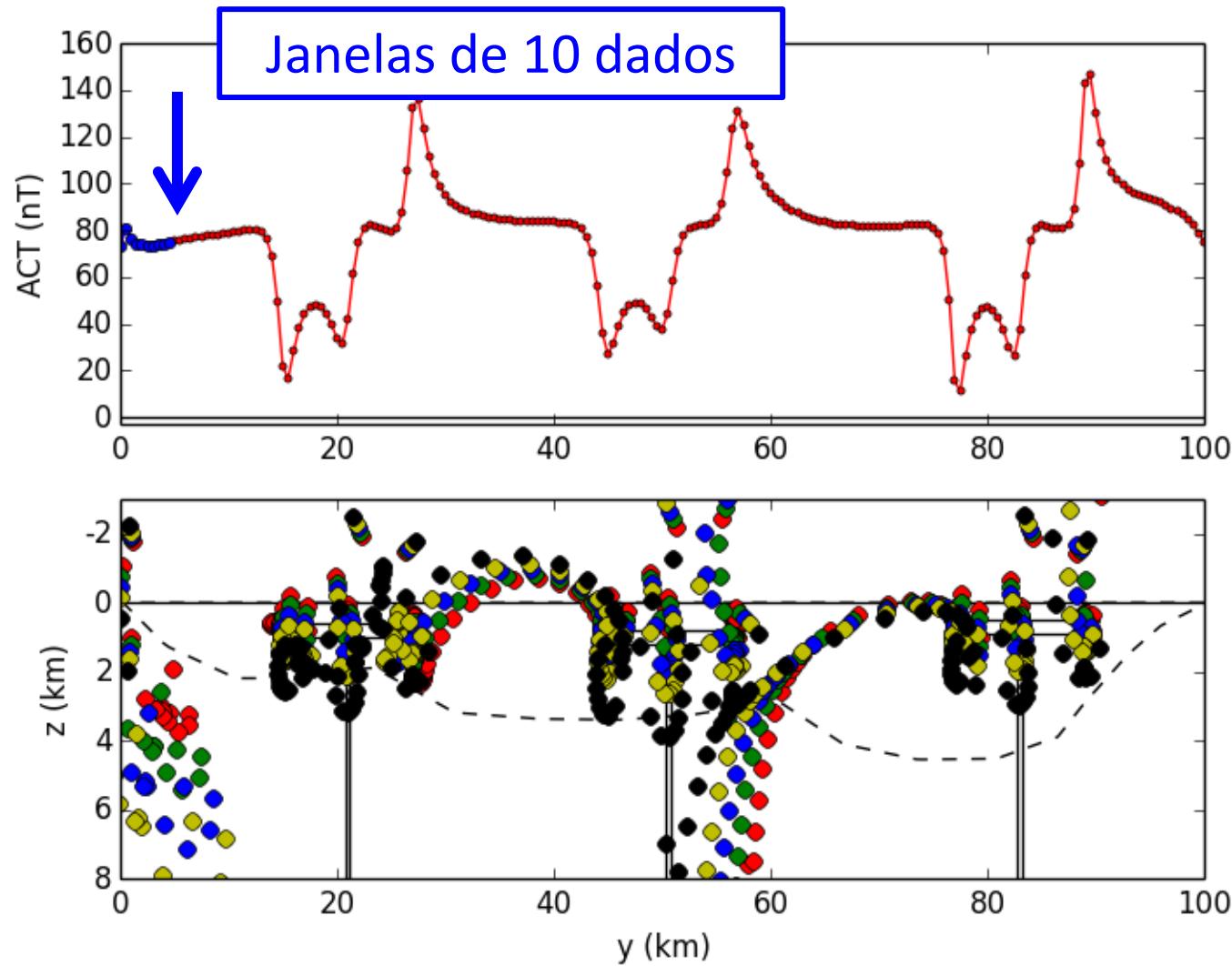
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



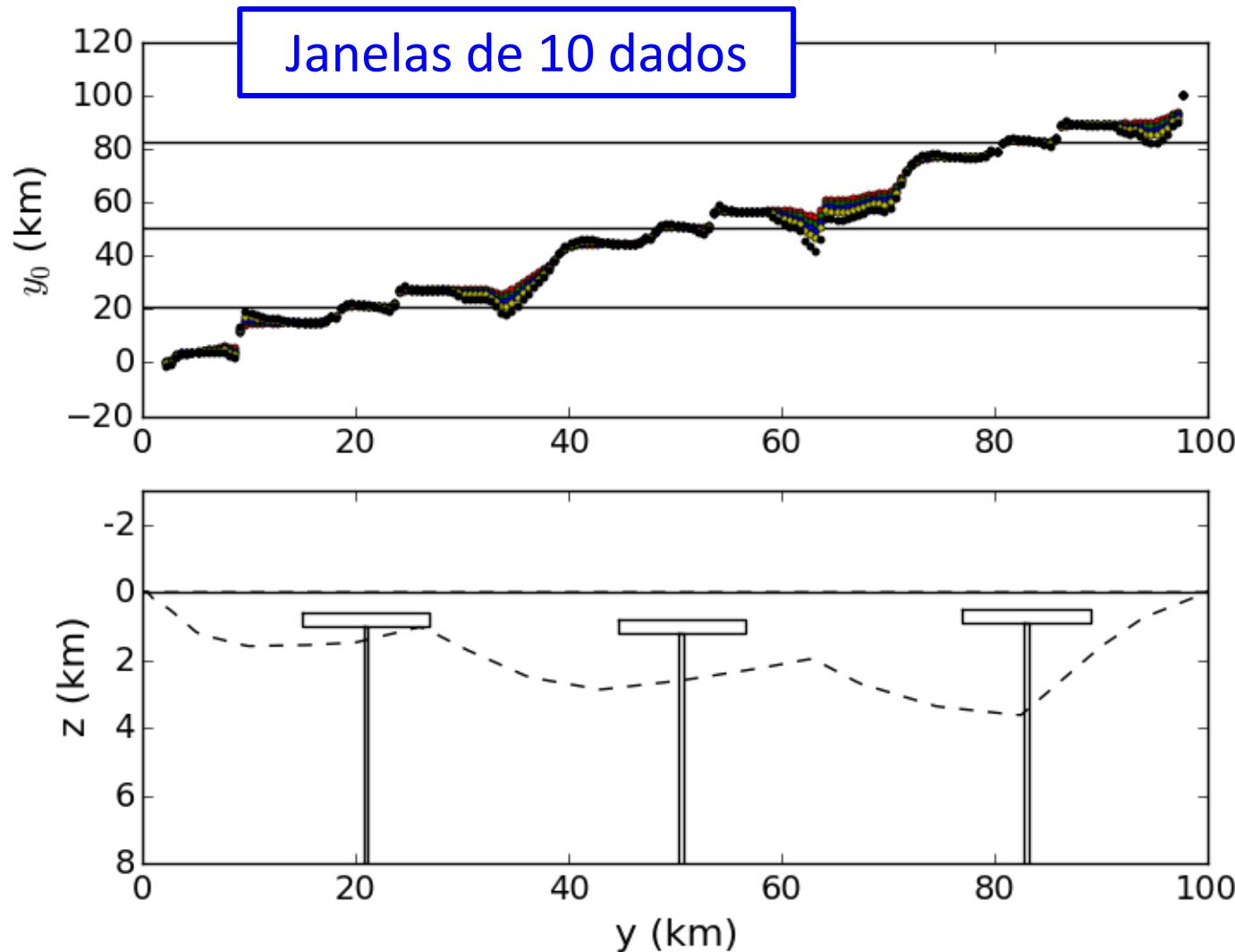
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



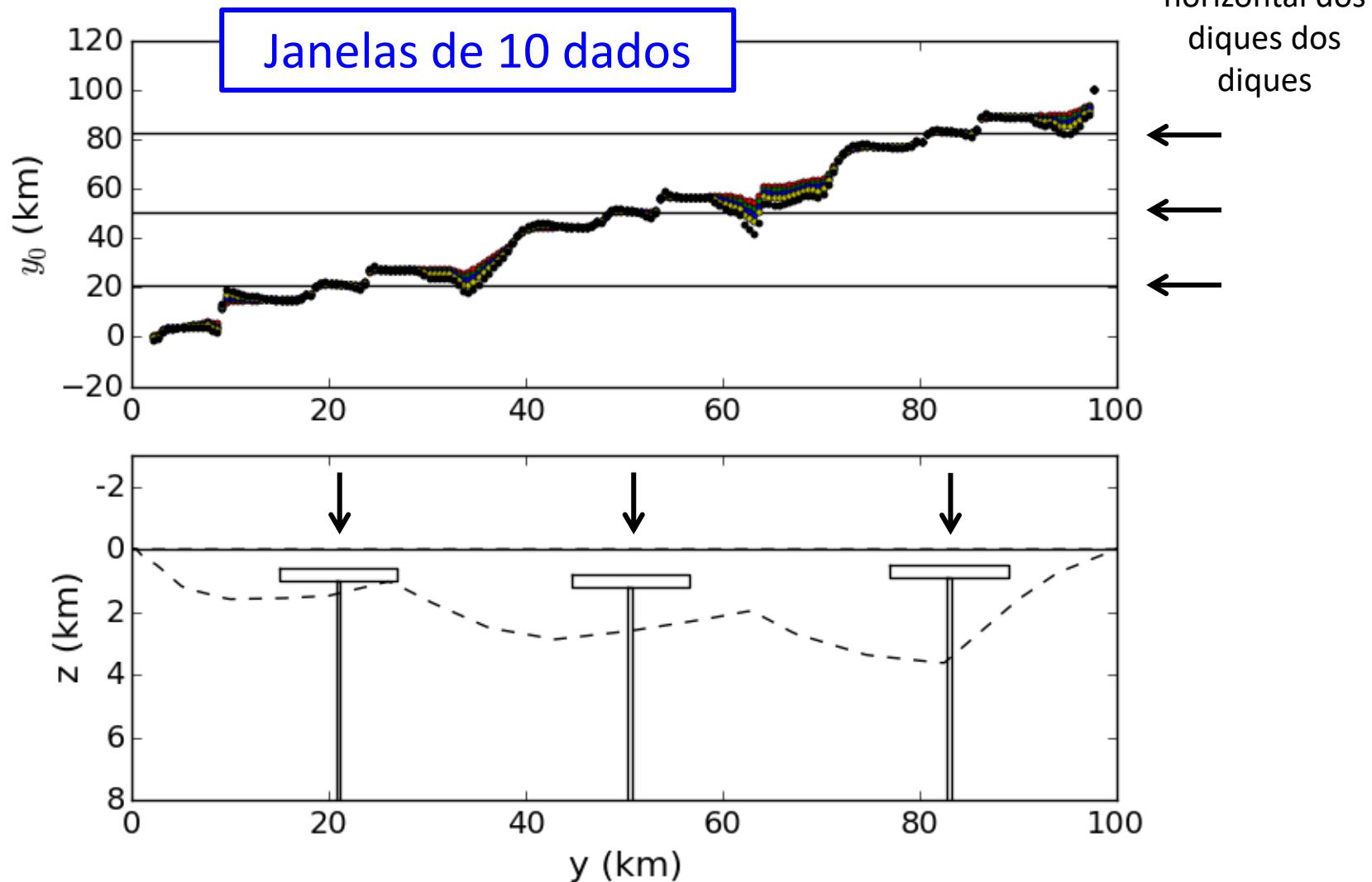
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



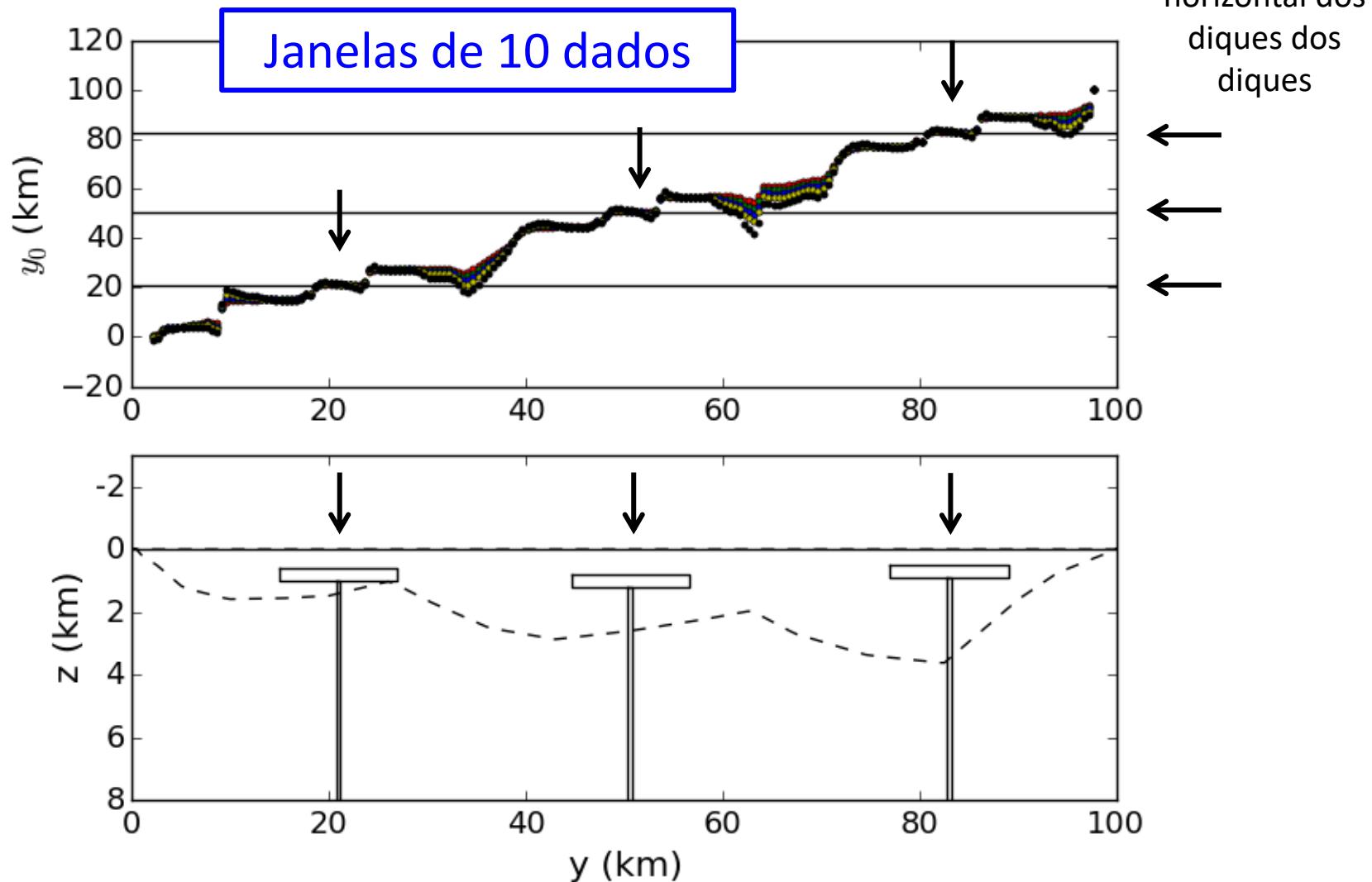
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



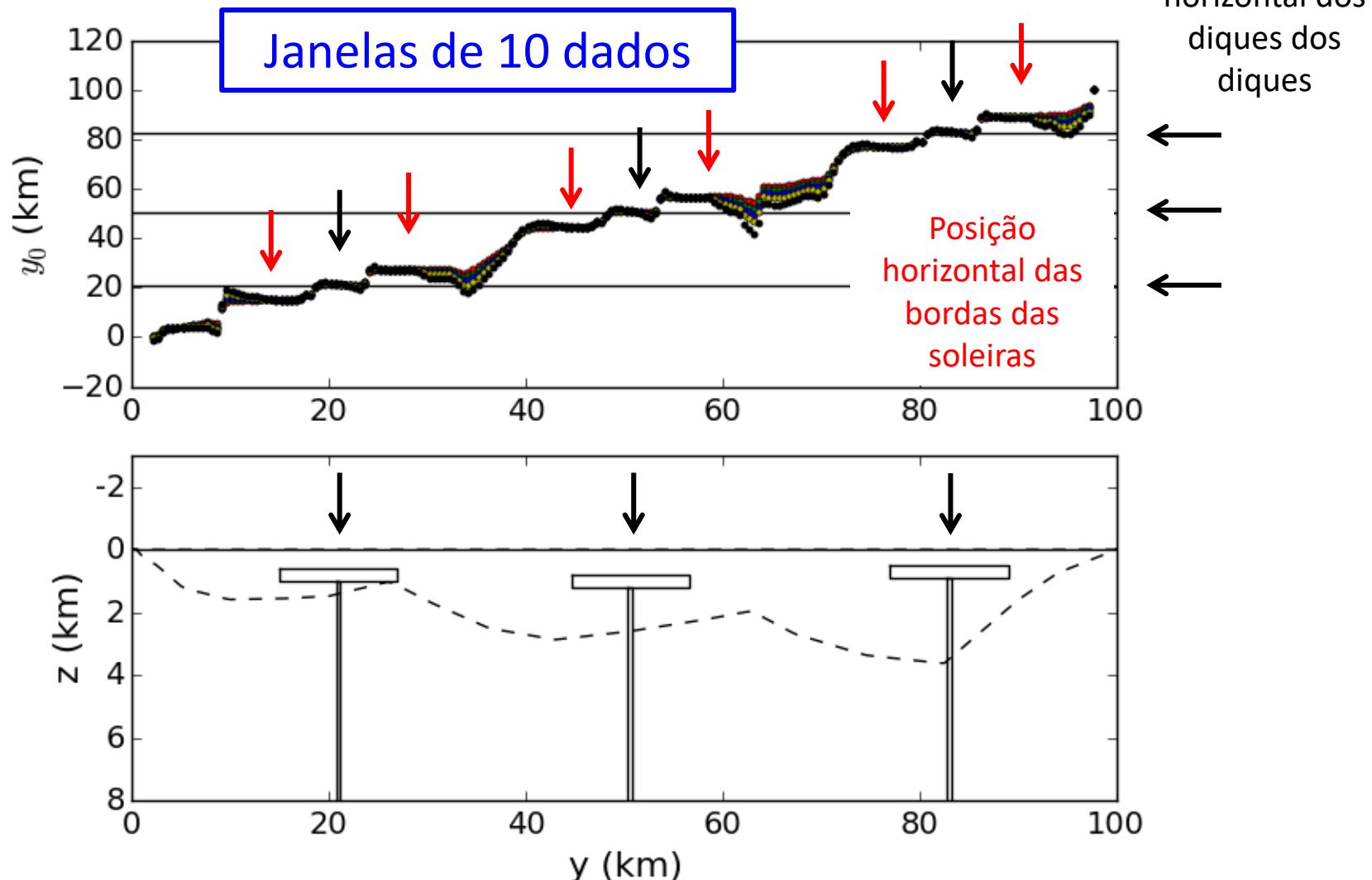
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



# Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- Os patamares podem ser utilizados como critério de escolha das melhores soluções
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

# Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- Os patamares podem ser utilizados como critério de escolha das melhores soluções
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

# Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- Os patamares podem ser utilizados como critério de escolha das melhores soluções
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

# Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- Os patamares podem ser utilizados como critério de escolha das melhores soluções
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

# Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- Os patamares podem ser utilizados como critério de escolha das melhores soluções
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

# Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- Os patamares podem ser utilizados como critério de escolha das melhores soluções
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

# Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- Os patamares podem ser utilizados como critério de escolha das melhores soluções
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

# Deconvolução de Euler

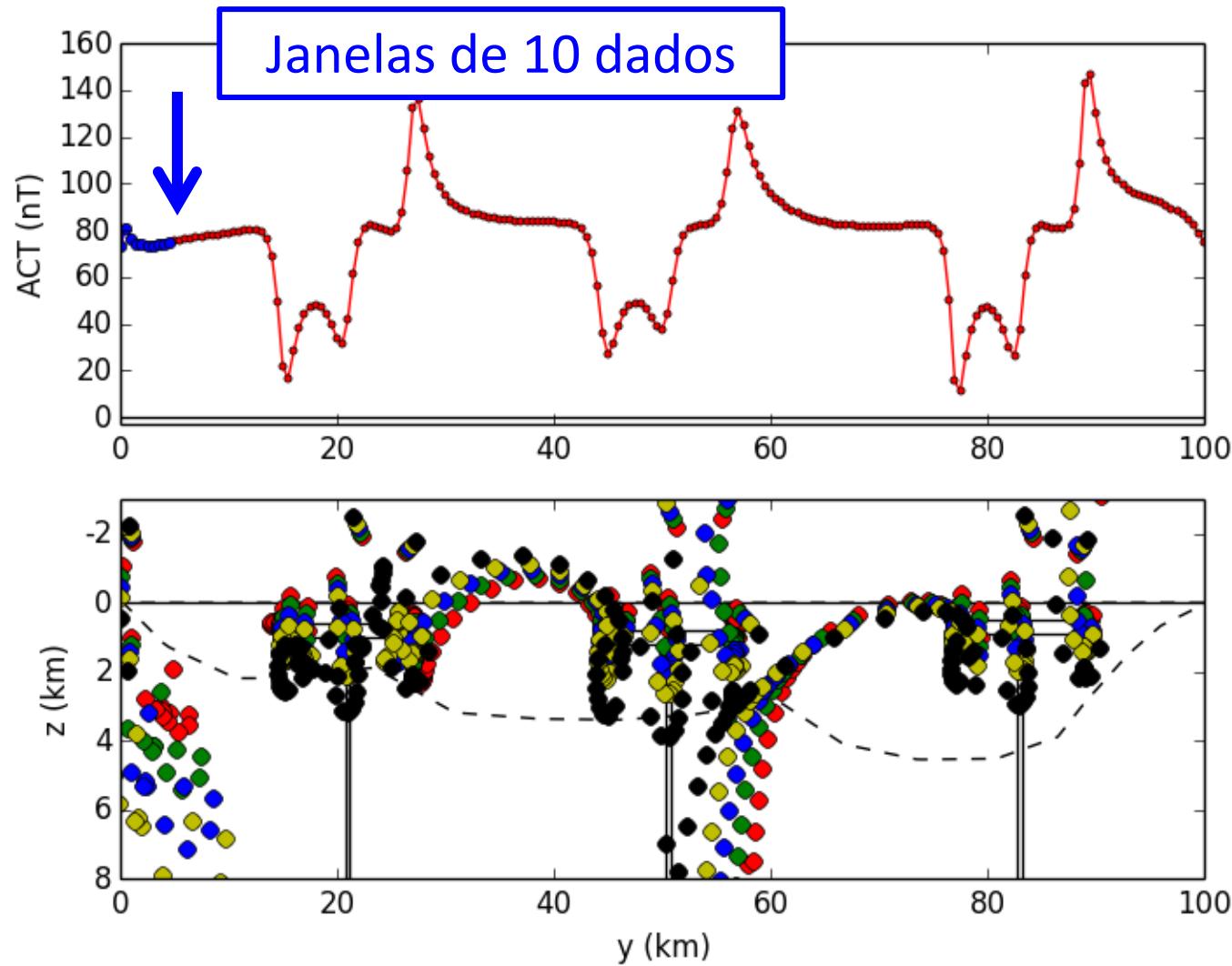
- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- Os patamares podem ser utilizados como critério de escolha das melhores soluções
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

# Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- Os patamares podem ser utilizados como critério de escolha das melhores soluções
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

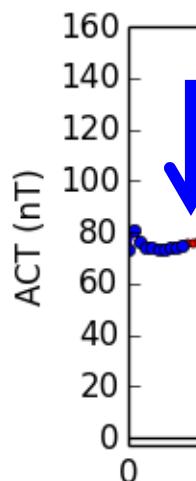
# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa

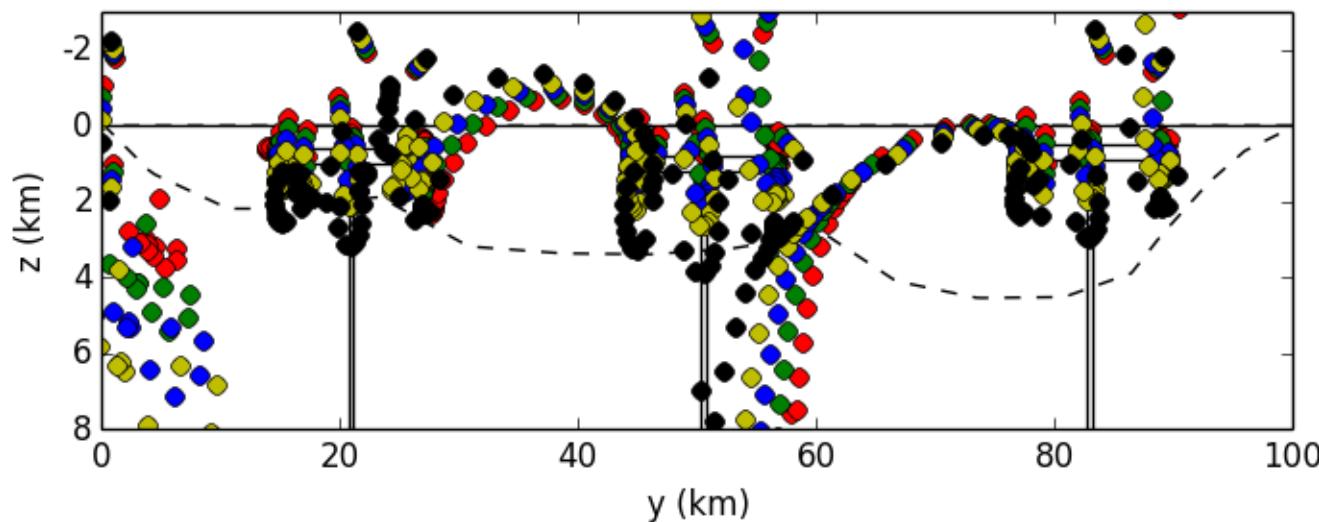


# Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



Junto com a Deconvolução de Euler, o Gradiente Total ou Amplitude do Sinal Analítico é uma técnica que pode contribuir muito para a interpretação de ambientes complexos



# Estrutura

- Deconvolução de Euler
  - Um pouco de teoria
  - Exemplos numéricos (2D)
  - Principais conclusões
- Sinal Analítico
  - Um pouco de teoria
  - Exemplos (2D e 3D)
  - Principais conclusões
- Comentários Finais

# Amplitude do Sinal Analítico

- Essa técnica surgiu nos anos 70 e foi desenvolvida por Nabighian (1972, 1974)
- Inicialmente, foi desenvolvida para a interpretação de corpos 2D
- Neste caso, é independente da direção de magnetização das fontes em subsuperfície
- Nabighian (1984) forneceu as bases para a generalização da técnica para situações 3D
- Posteriormente, Roest et al. (1992) definiu o que ficou conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (ASA) 3D, que é a amplitude do gradiente da anomalia de campo total ou Gradiente Total

# Amplitude do Sinal Analítico

- Essa técnica surgiu nos anos 70 e foi desenvolvida por Nabighian (1972, 1974)
- Inicialmente, foi desenvolvida para a interpretação de corpos 2D
- Neste caso, é independente da direção de magnetização das fontes em subsuperfície
- Nabighian (1984) forneceu as bases para a generalização da técnica para situações 3D
- Posteriormente, Roest et al. (1992) definiu o que ficou conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (ASA) 3D, que é a amplitude do gradiente da anomalia de campo total ou Gradiente Total

# Amplitude do Sinal Analítico

- Essa técnica surgiu nos anos 70 e foi desenvolvida por Nabighian (1972, 1974)
- Inicialmente, foi desenvolvida para a interpretação de corpos 2D
- Neste caso, é independente da direção de magnetização das fontes em subsuperfície
- Nabighian (1984) forneceu as bases para a generalização da técnica para situações 3D
- Posteriormente, Roest et al. (1992) definiu o que ficou conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (ASA) 3D, que é a amplitude do gradiente da anomalia de campo total ou Gradiente Total

# Amplitude do Sinal Analítico

- Essa técnica surgiu nos anos 70 e foi desenvolvida por Nabighian (1972, 1974)
- Inicialmente, foi desenvolvida para a interpretação de corpos 2D
- Neste caso, é independente da direção de magnetização das fontes em subsuperfície
- Nabighian (1984) forneceu as bases para a generalização da técnica para situações 3D
- Posteriormente, Roest et al. (1992) definiu o que ficou conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (ASA) 3D, que é a amplitude do gradiente da anomalia de campo total ou Gradiente Total

# Amplitude do Sinal Analítico

- Essa técnica surgiu nos anos 70 e foi desenvolvida por Nabighian (1972, 1974)
- Inicialmente, foi desenvolvida para a interpretação de corpos 2D
- Neste caso, é independente da direção de magnetização das fontes em subsuperfície
- Nabighian (1984) forneceu as bases para a generalização da técnica para situações 3D
- Posteriormente, Roest et al. (1992) definiu o que ficou conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (ASA) 3D, que é a amplitude do gradiente da anomalia de campo total ou Gradiente Total

# Amplitude do Sinal Analítico

- Essa técnica surgiu nos anos 70 e foi desenvolvida por Nabighian (1972, 1974)
- Inicialmente, foi desenvolvida para a interpretação de corpos 2D
- Neste caso, é independente da direção de magnetização das fontes em subsuperfície
- Nabighian (1984) forneceu as bases para a generalização da técnica para situações 3D
- Posteriormente, Roest et al. (1992) definiu o que ficou conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (ASA) 3D, que é a amplitude do gradiente da anomalia de campo total ou Gradiente Total

# Amplitude do Sinal Analítico

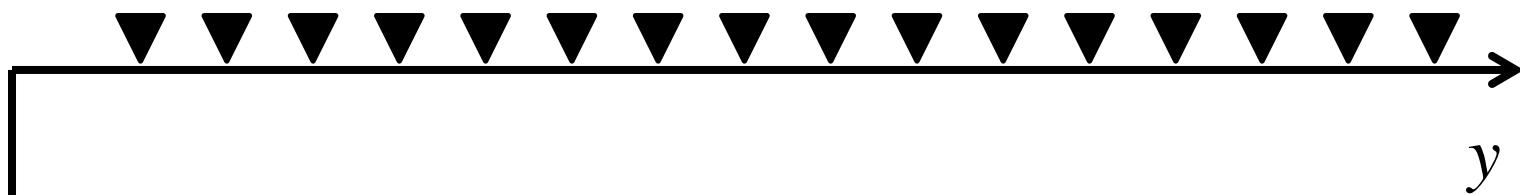
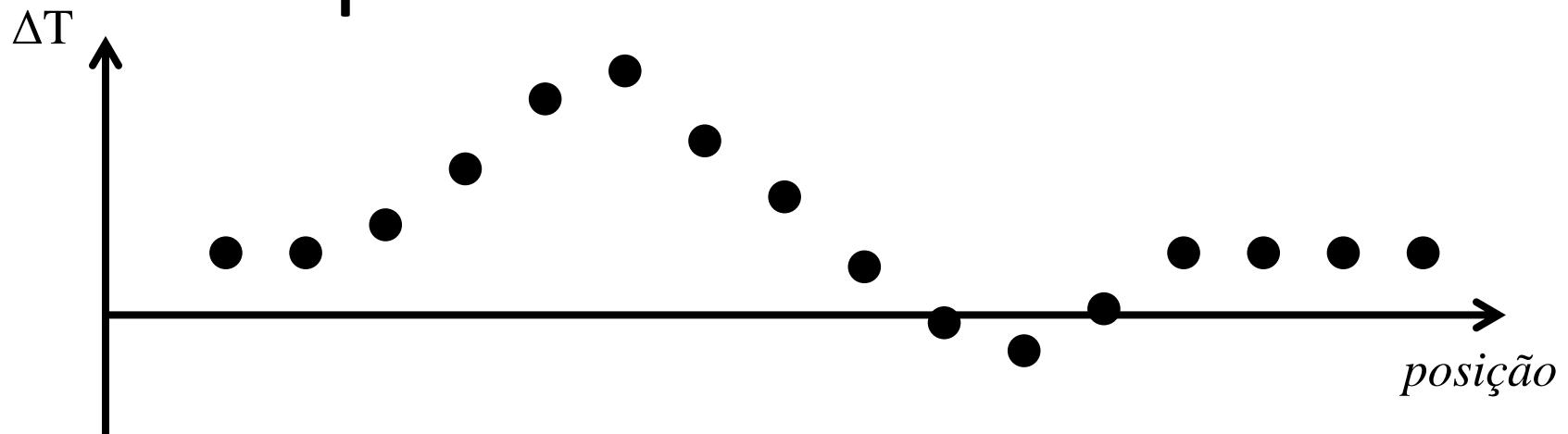
Durante anos, vários pesquisadores afirmaram que a ASA 3D **NÃO DEPENDE** da direção de magnetização das fontes

# Amplitude do Sinal Analítico

Durante anos, vários pesquisadores afirmaram que a ASA 3D **NÃO DEPENDE** da direção de magnetização das fontes

O trabalho de Li (2006) bota um ponto final neste assunto e mostra que a ASA 3D **DEPENDE** da direção de magnetização das fontes

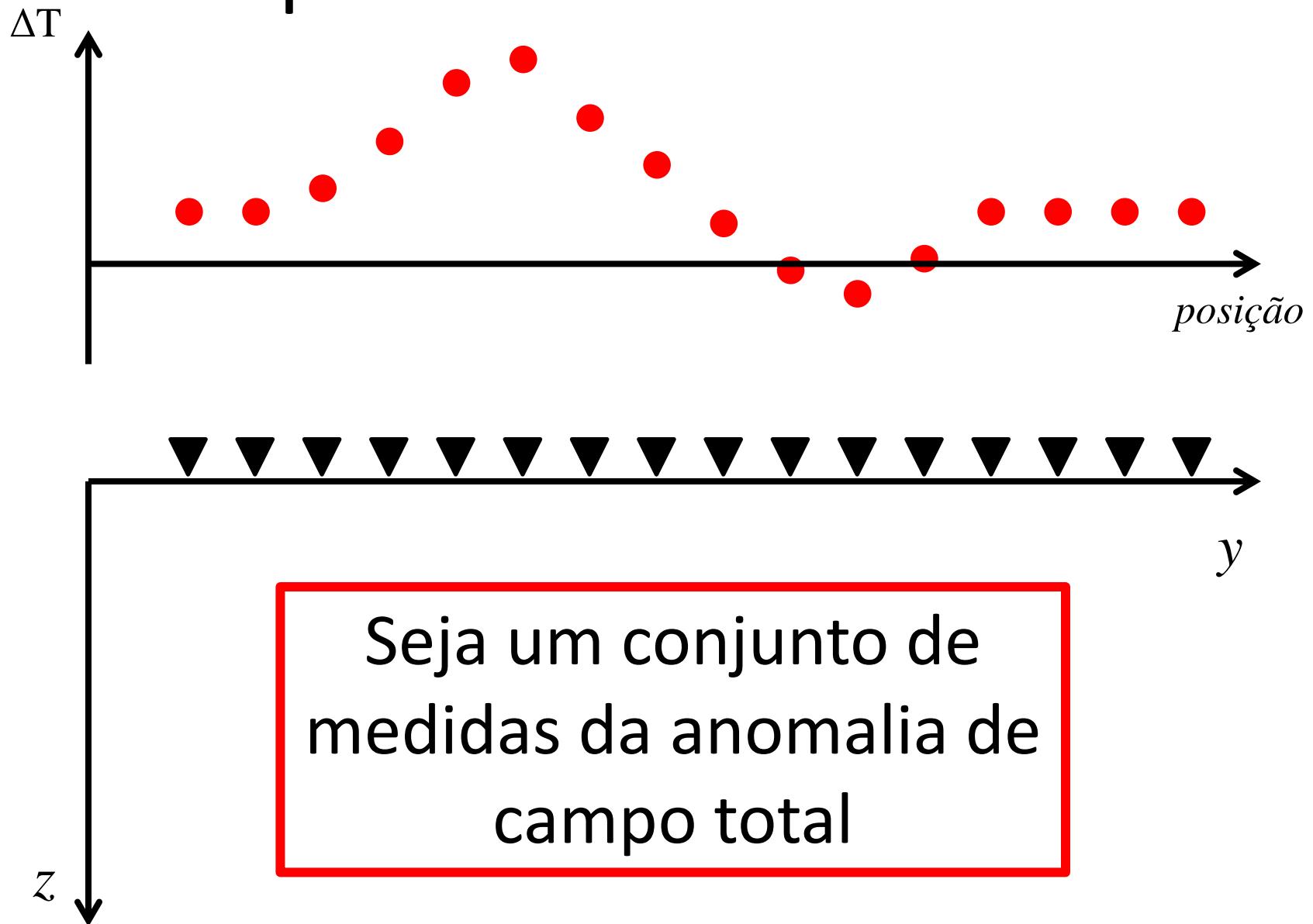
# Amplitude do Sinal Analítico



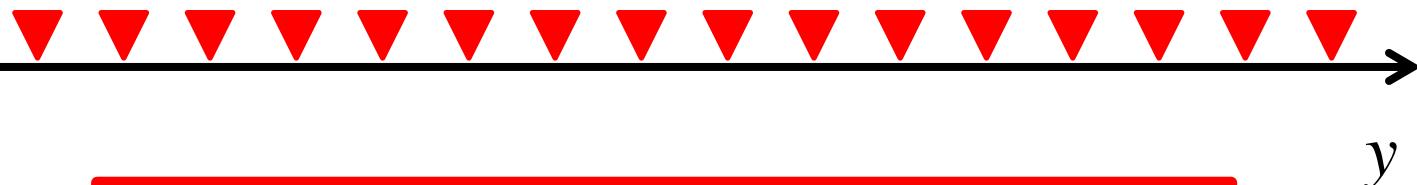
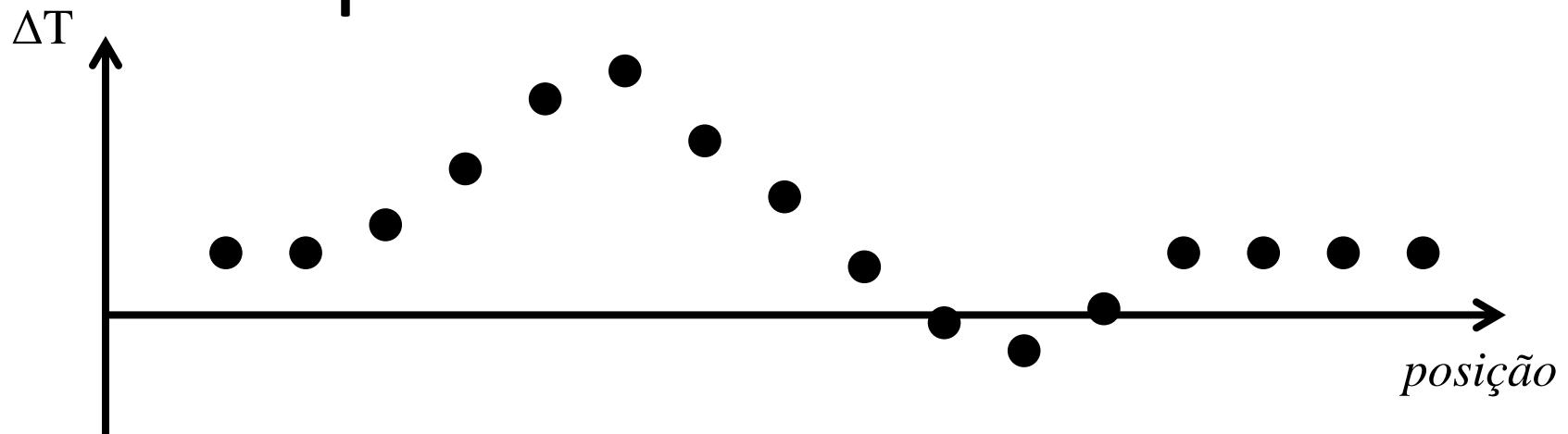
Um pouco de teoria...

$z$

# Amplitude do Sinal Analítico

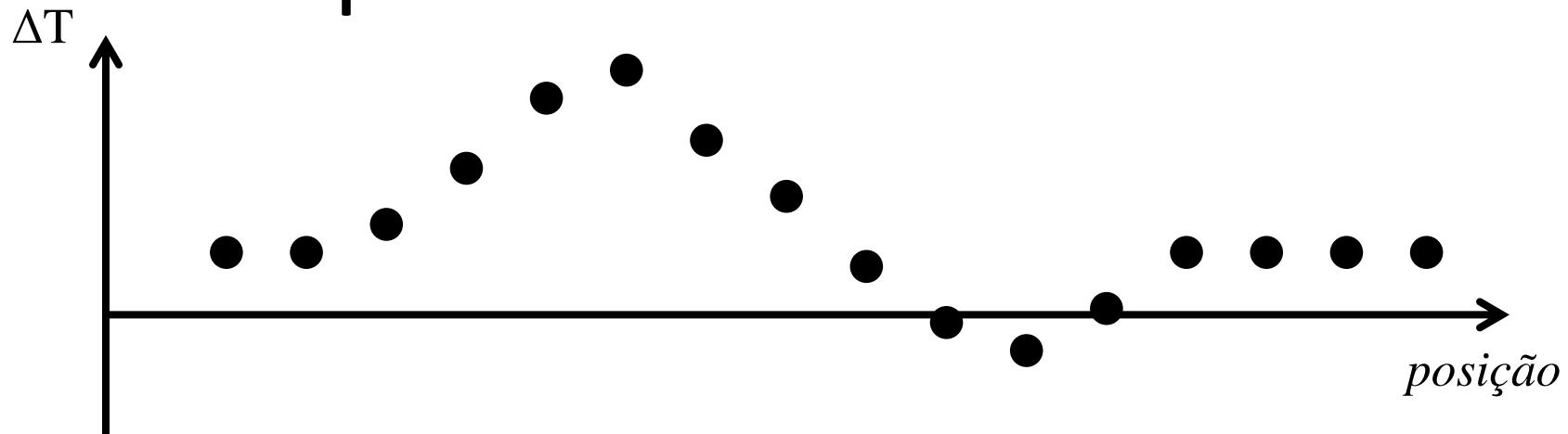


# Amplitude do Sinal Analítico



Suponha que este conjunto  
de medidas foi feito ao  
longo de um perfil

# Amplitude do Sinal Analítico

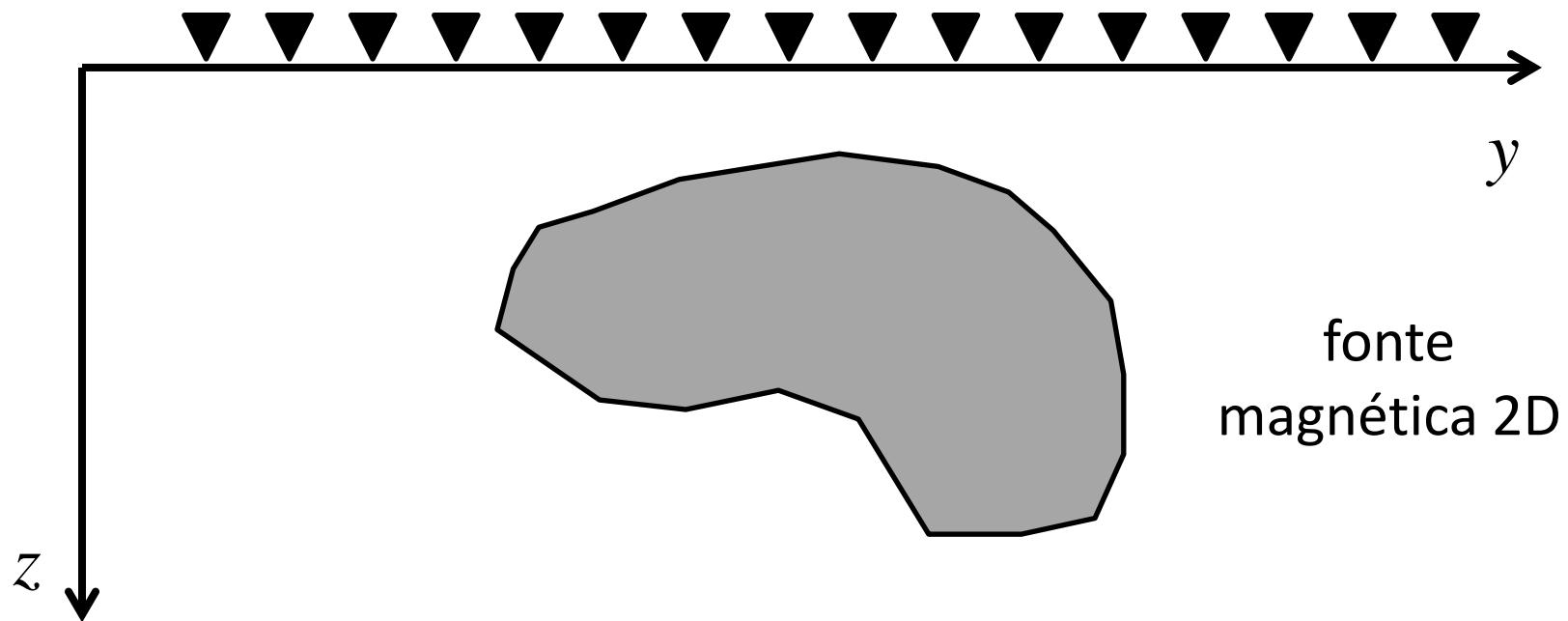
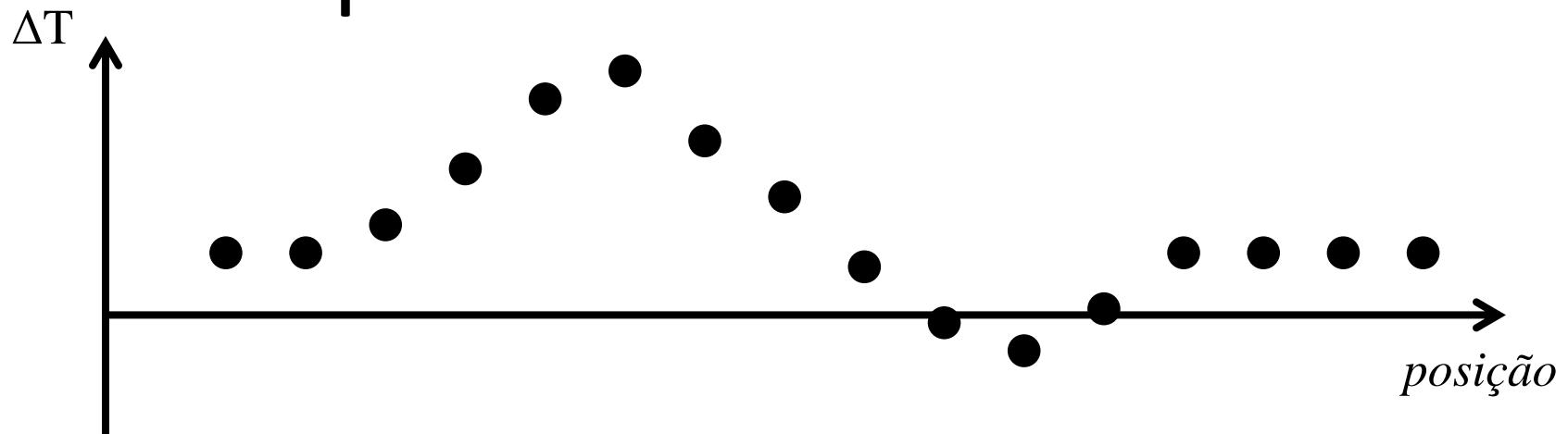


Considere que as fontes magnéticas são 2D e que o perfil é perpendicular ao strike das fontes

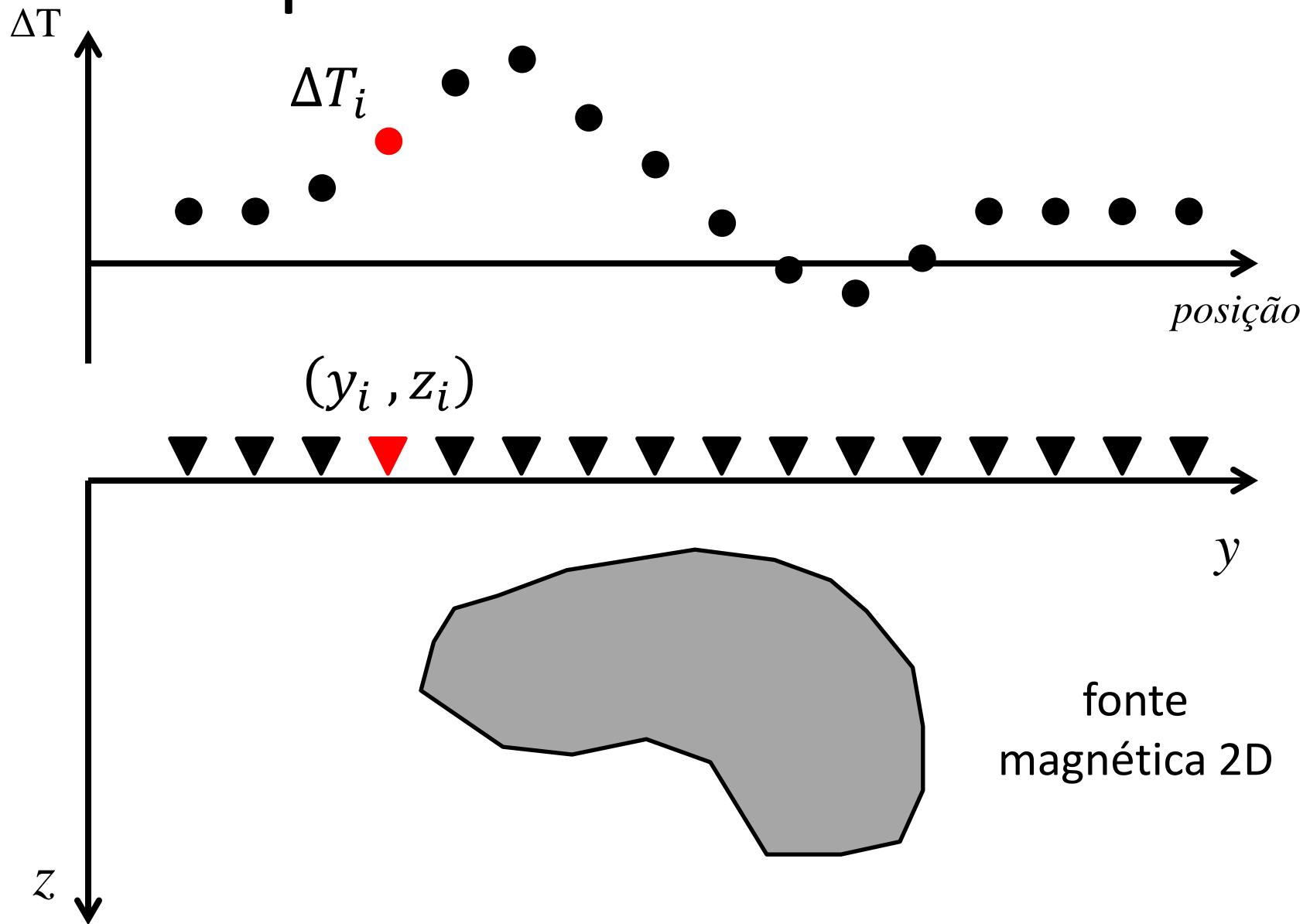
$z$

$y$

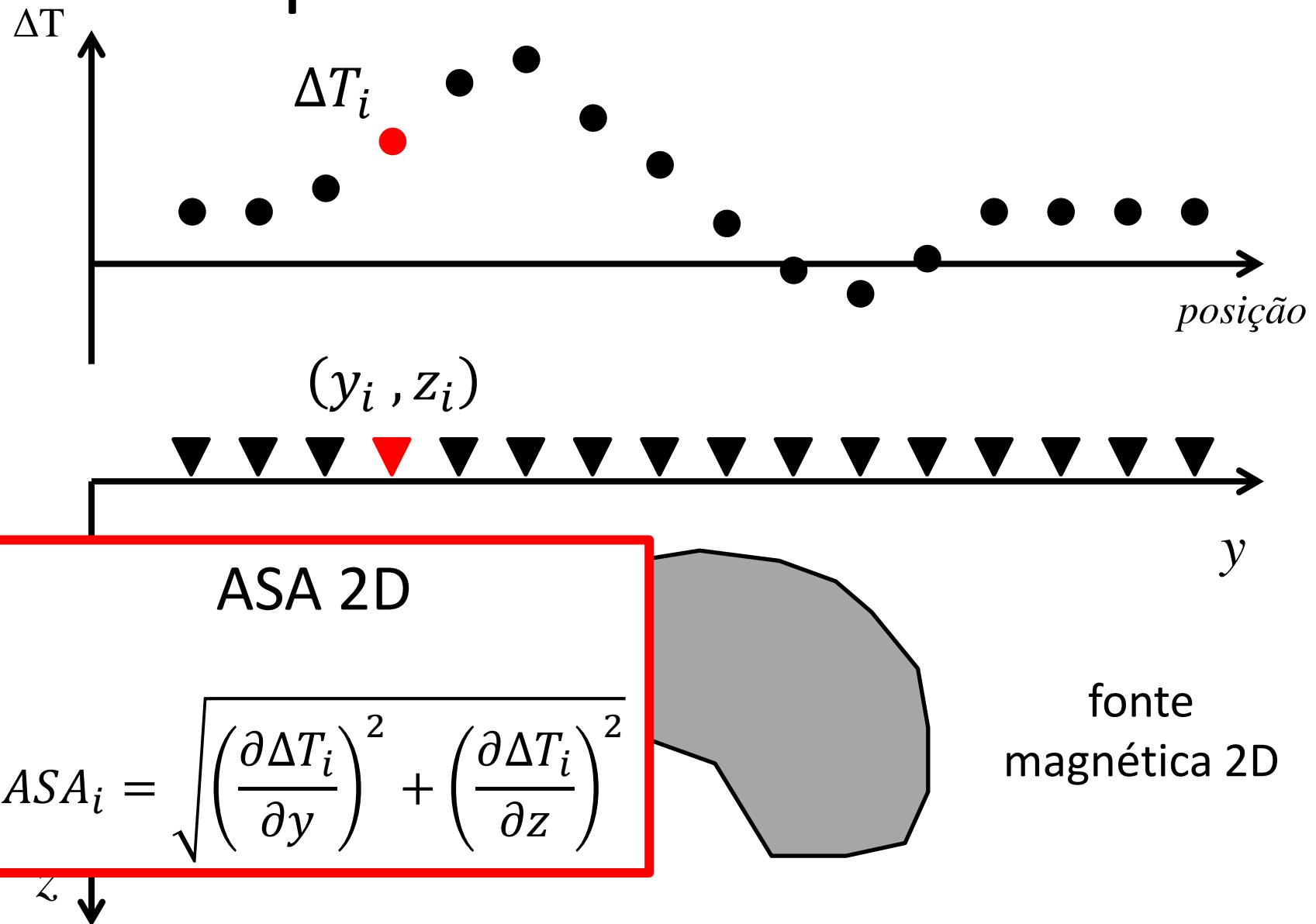
# Amplitude do Sinal Analítico



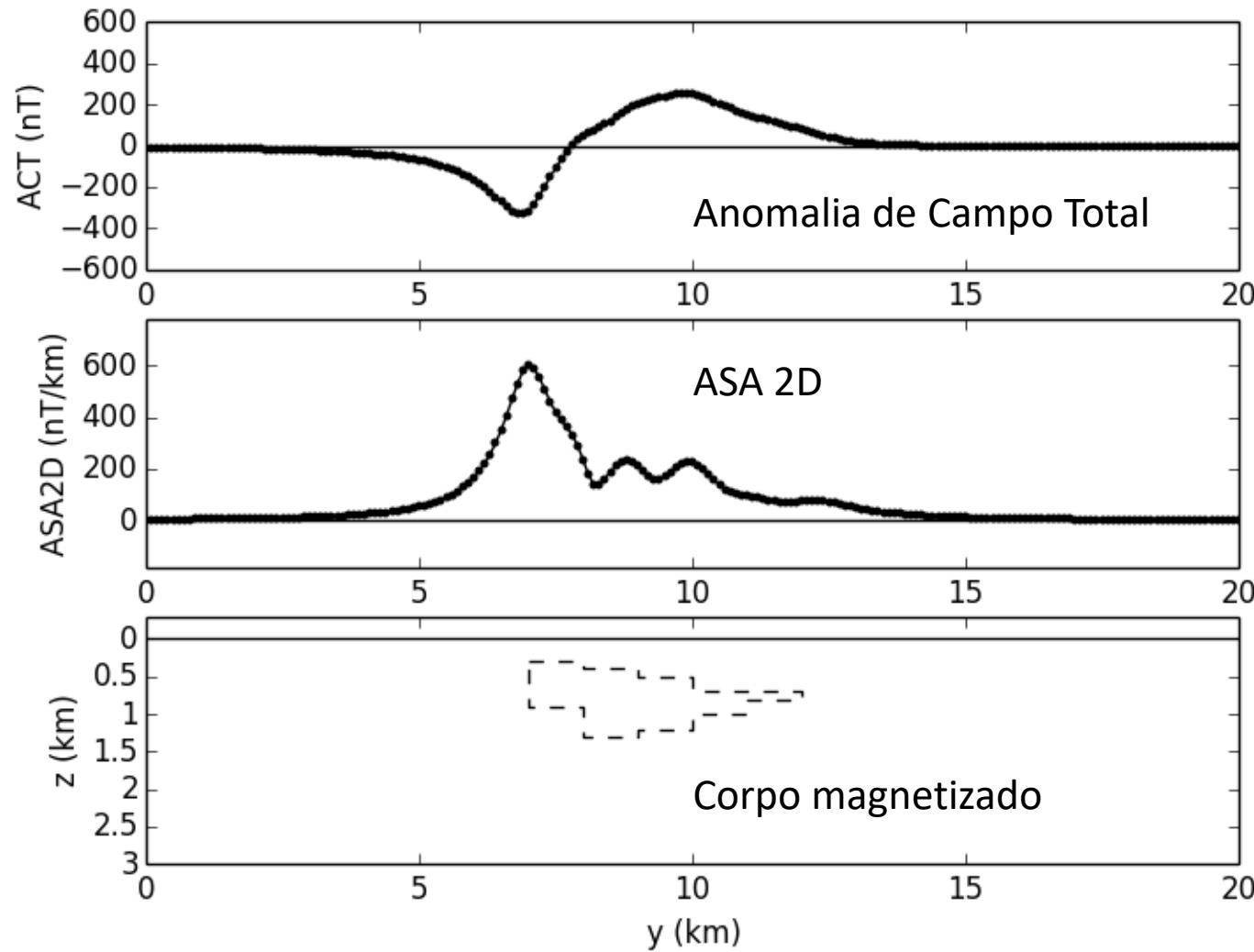
# Amplitude do Sinal Analítico



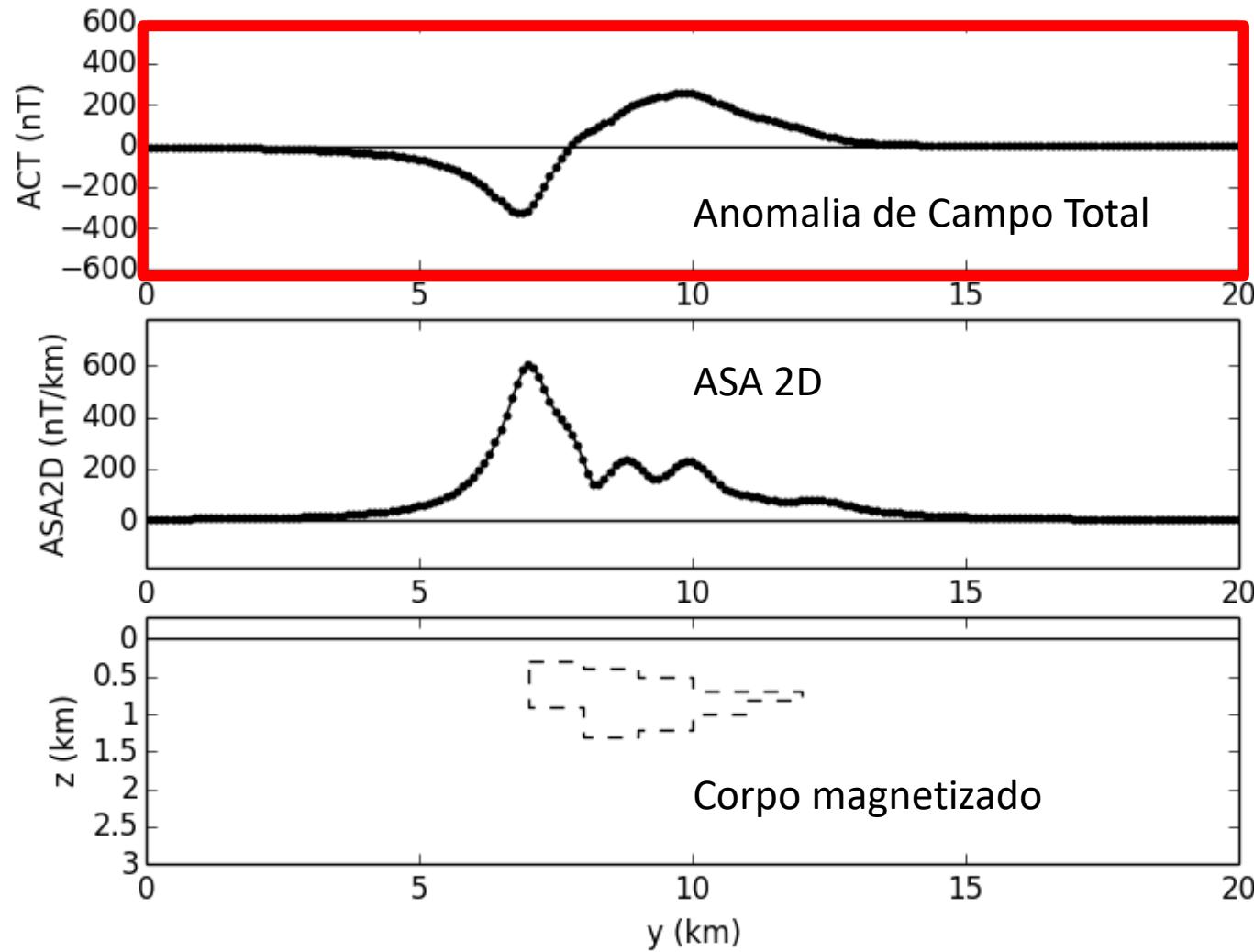
# Amplitude do Sinal Analítico



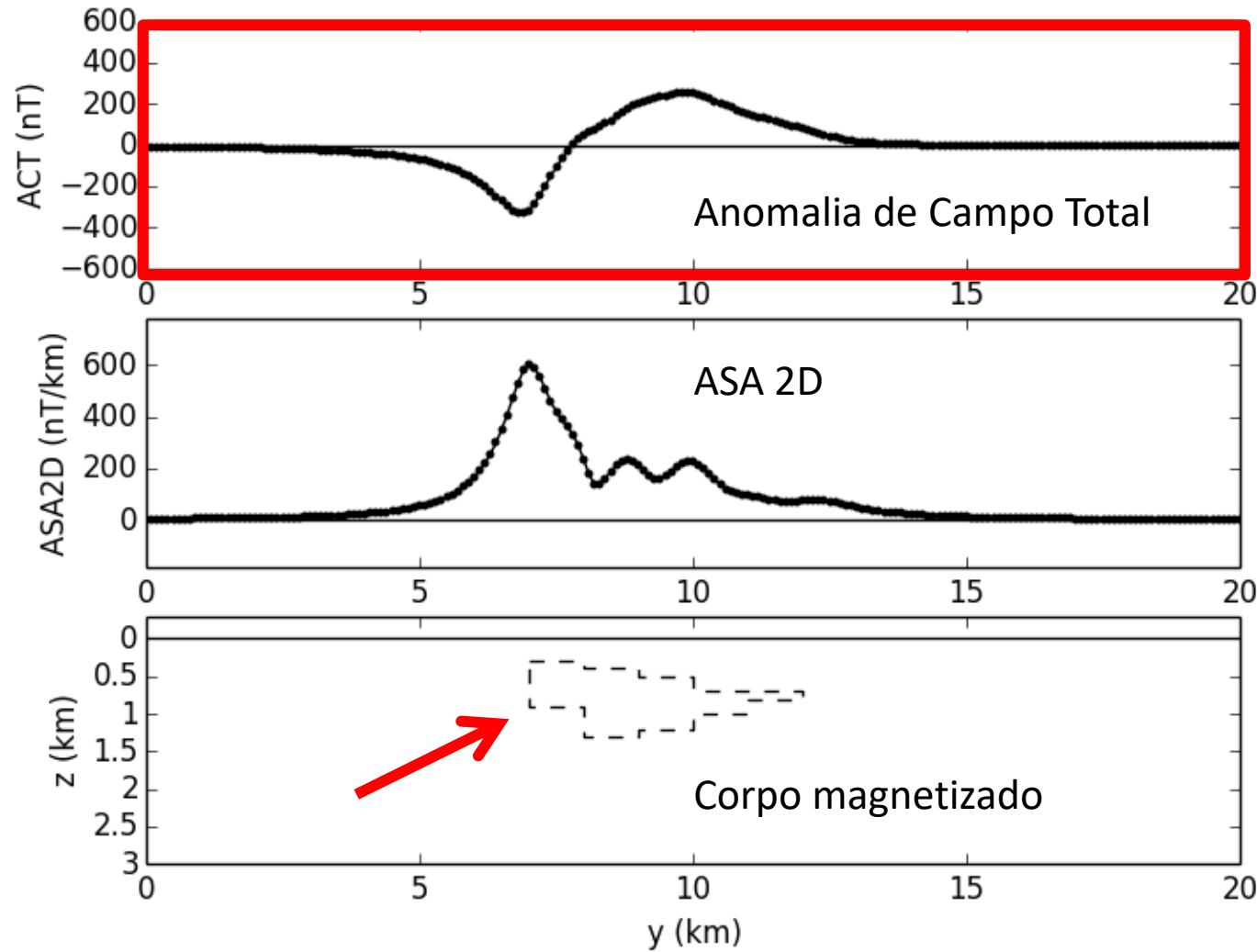
# Amplitude do Sinal Analítico



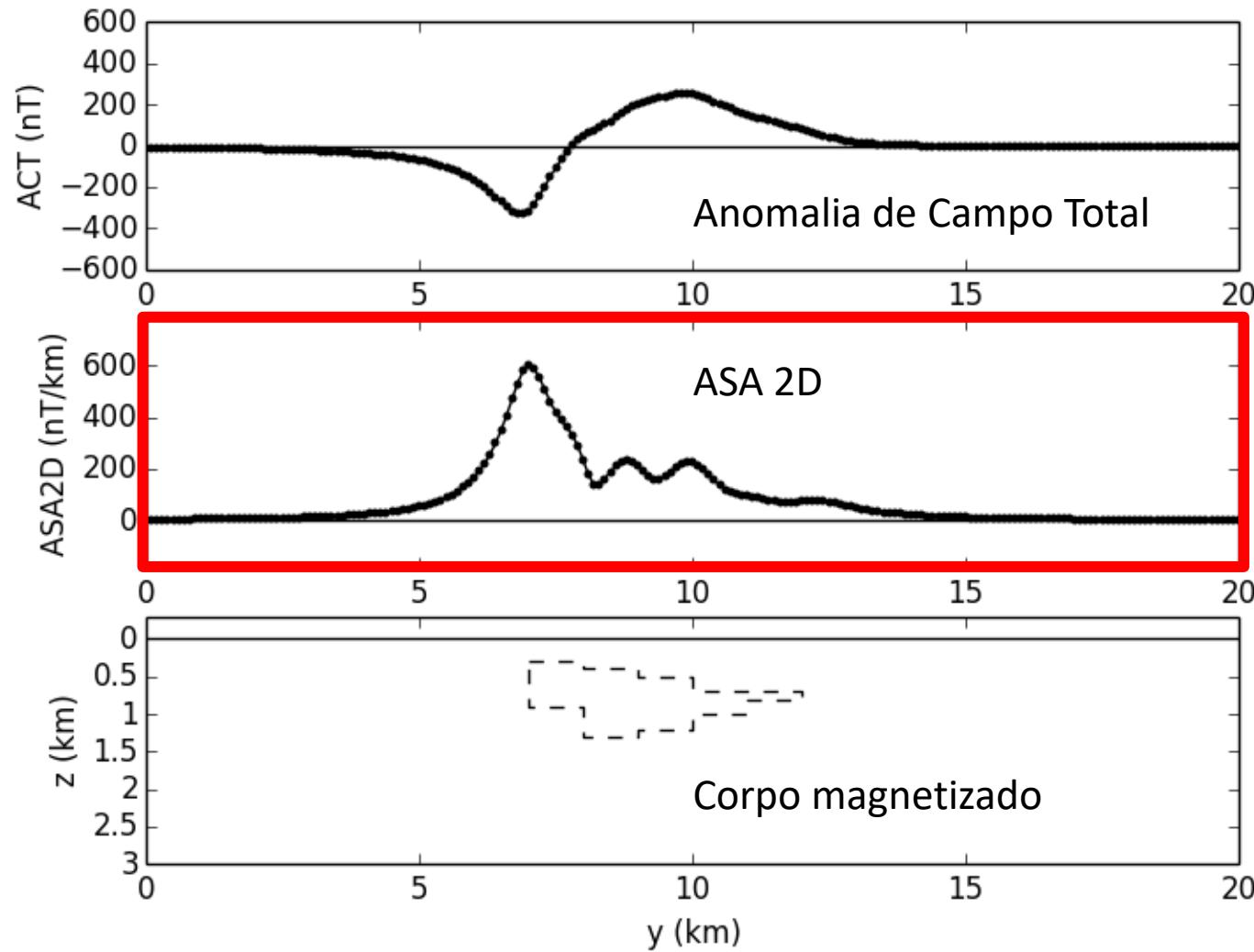
# Amplitude do Sinal Analítico



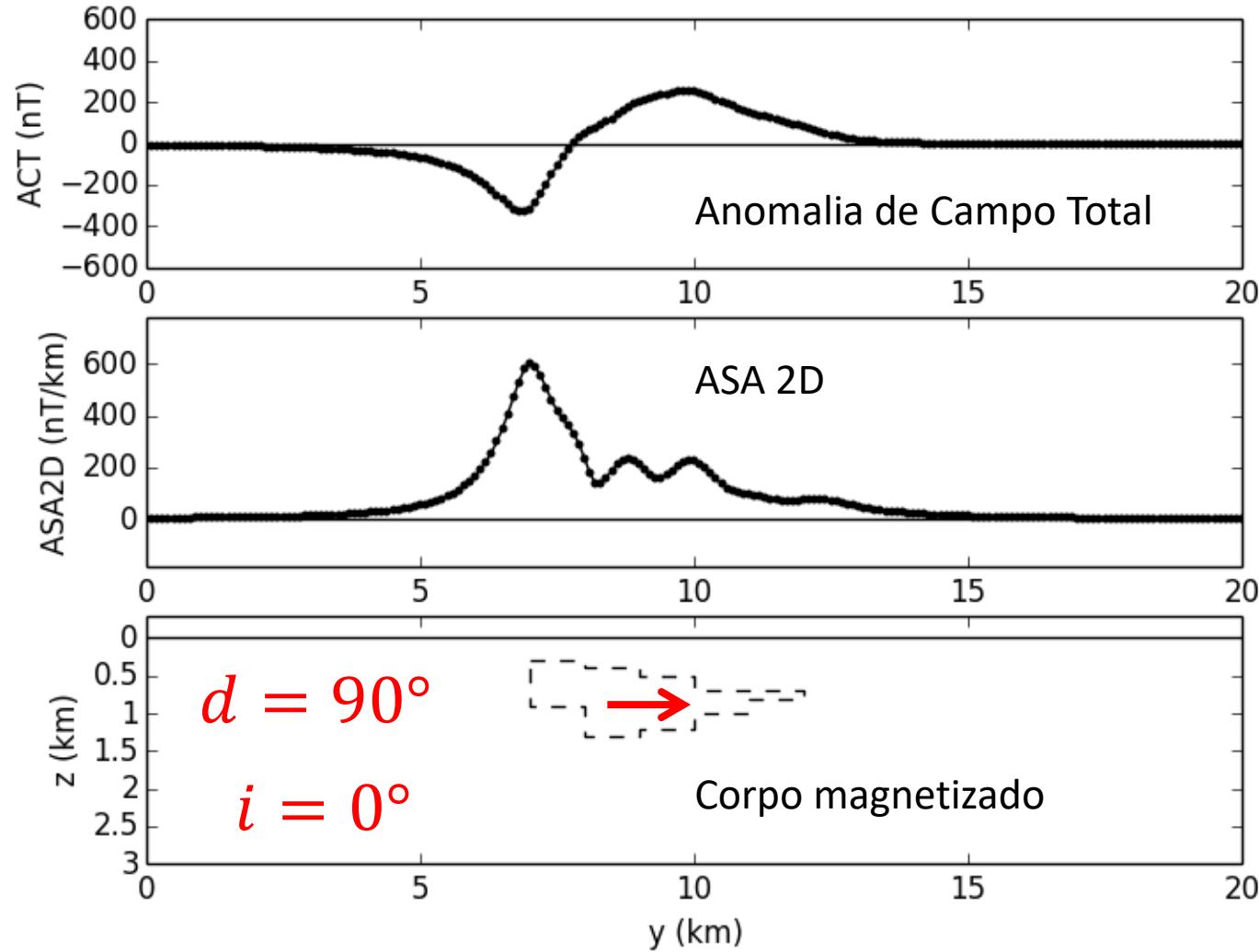
# Amplitude do Sinal Analítico



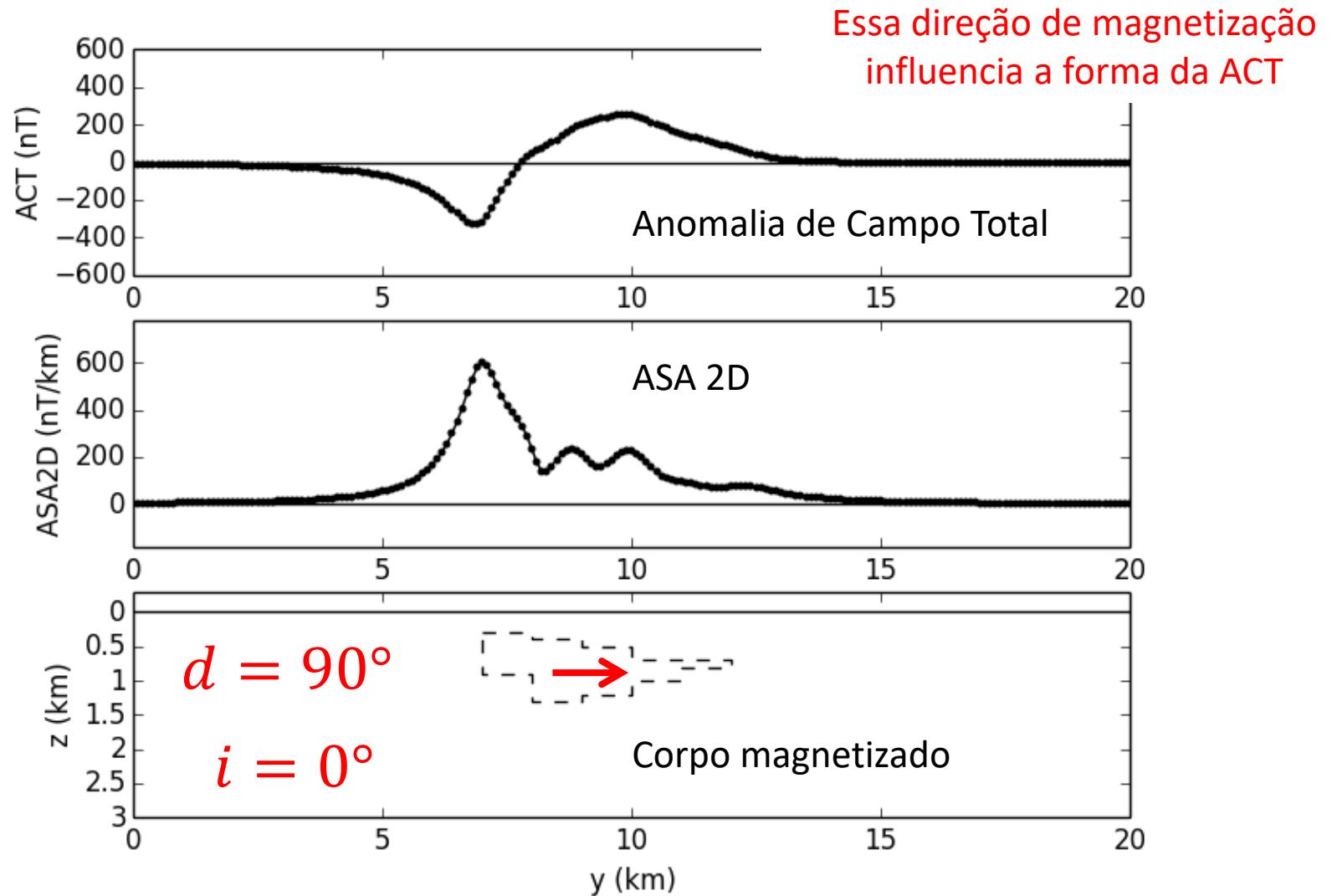
# Amplitude do Sinal Analítico



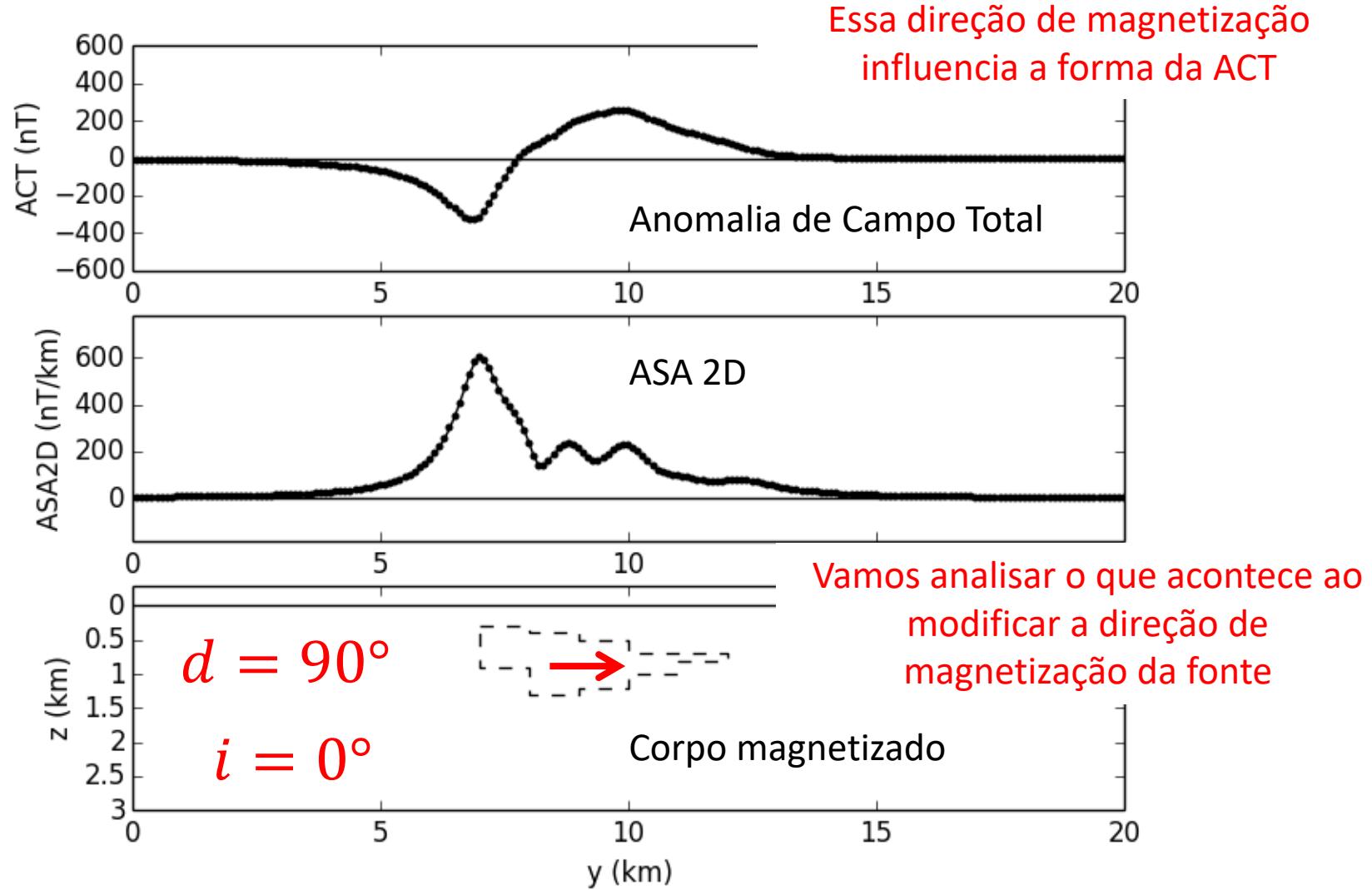
# Amplitude do Sinal Analítico



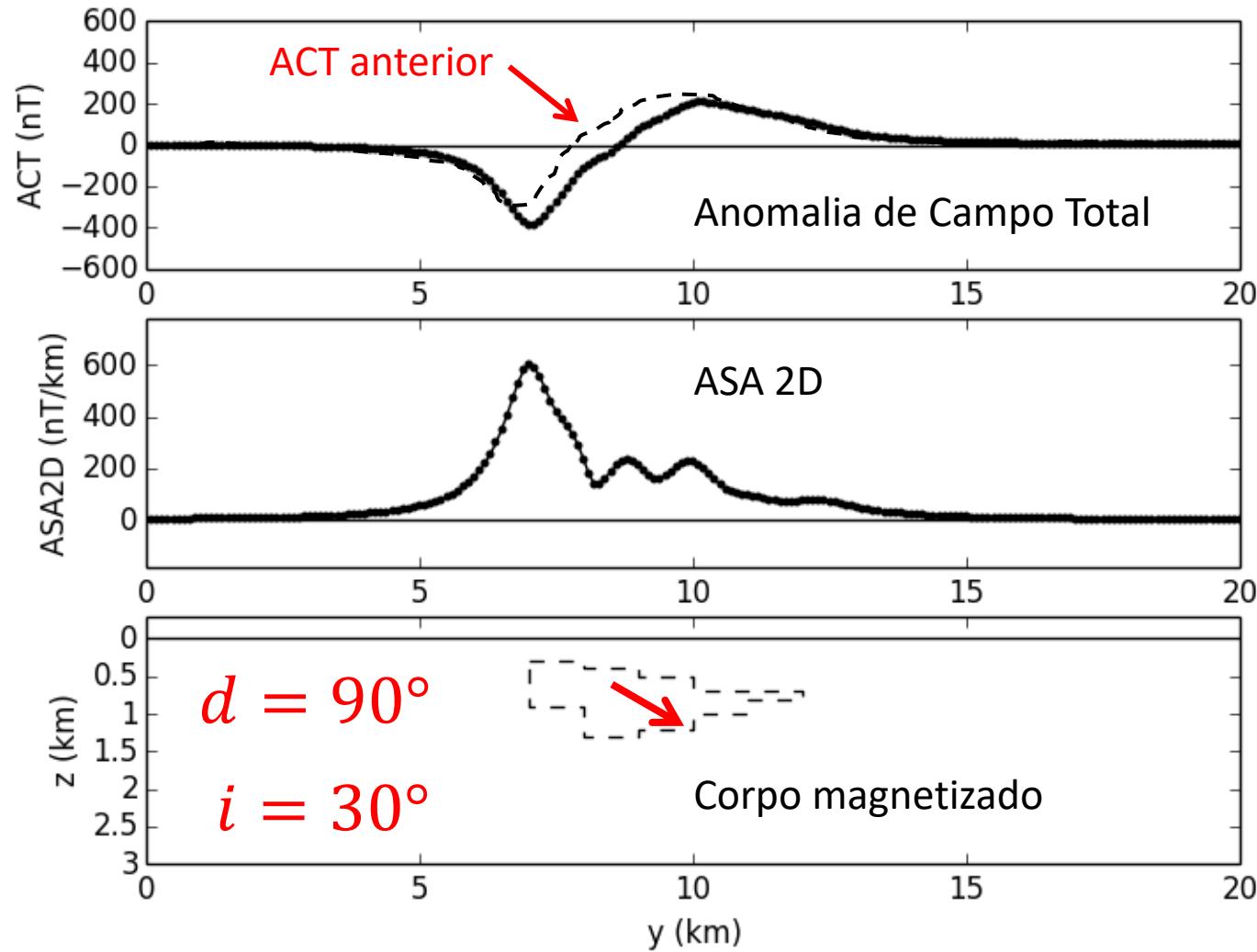
# Amplitude do Sinal Analítico



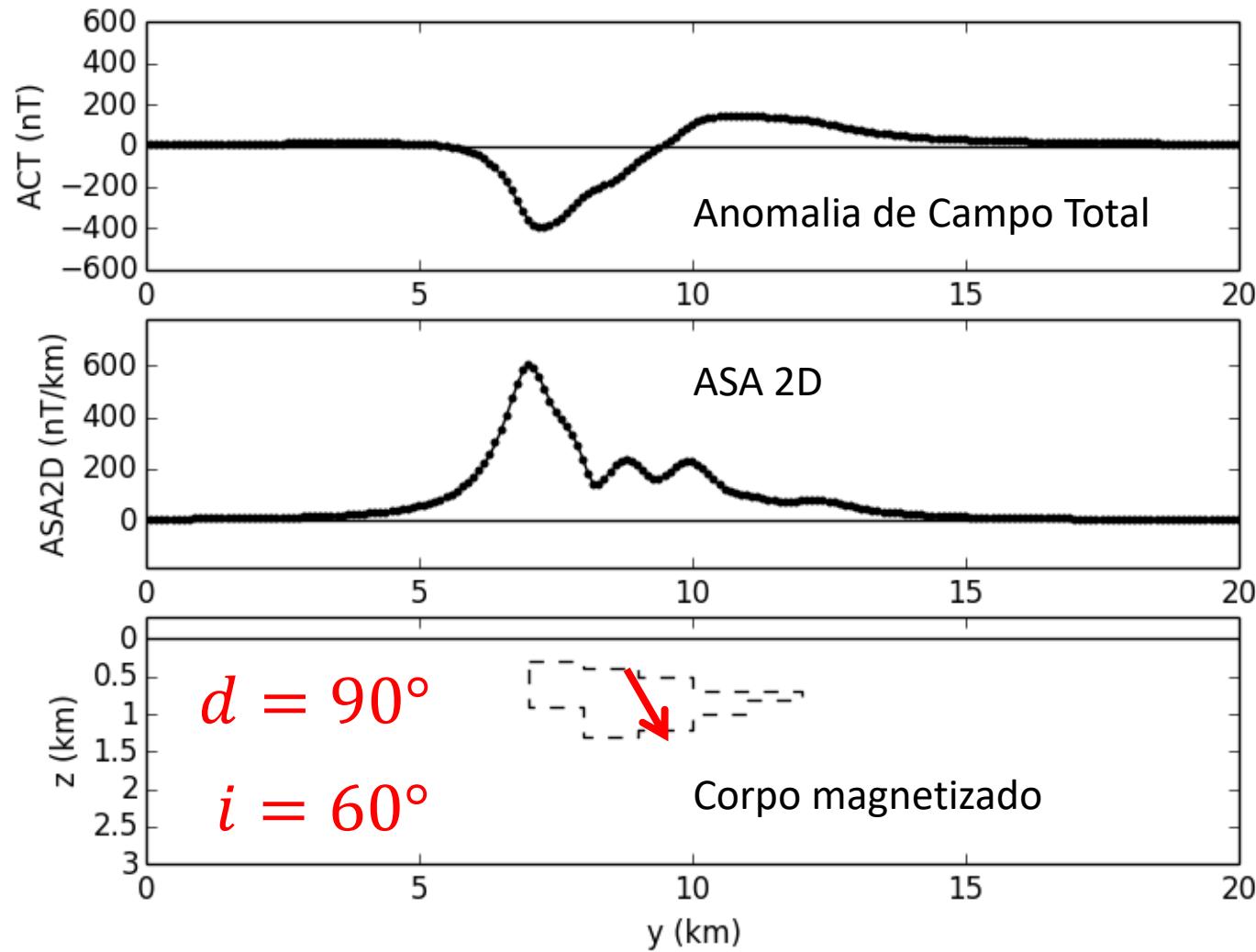
# Amplitude do Sinal Analítico



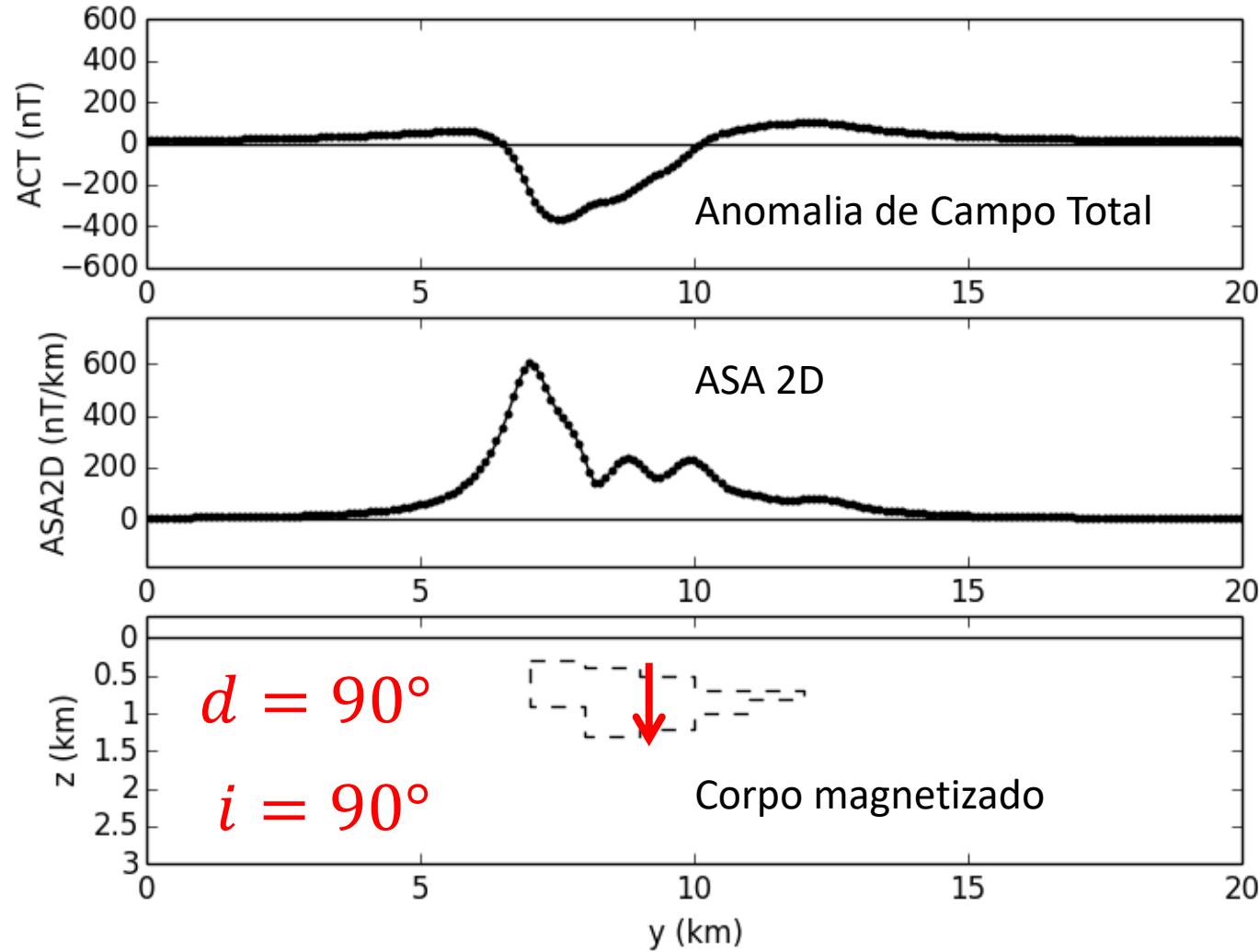
# Amplitude do Sinal Analítico



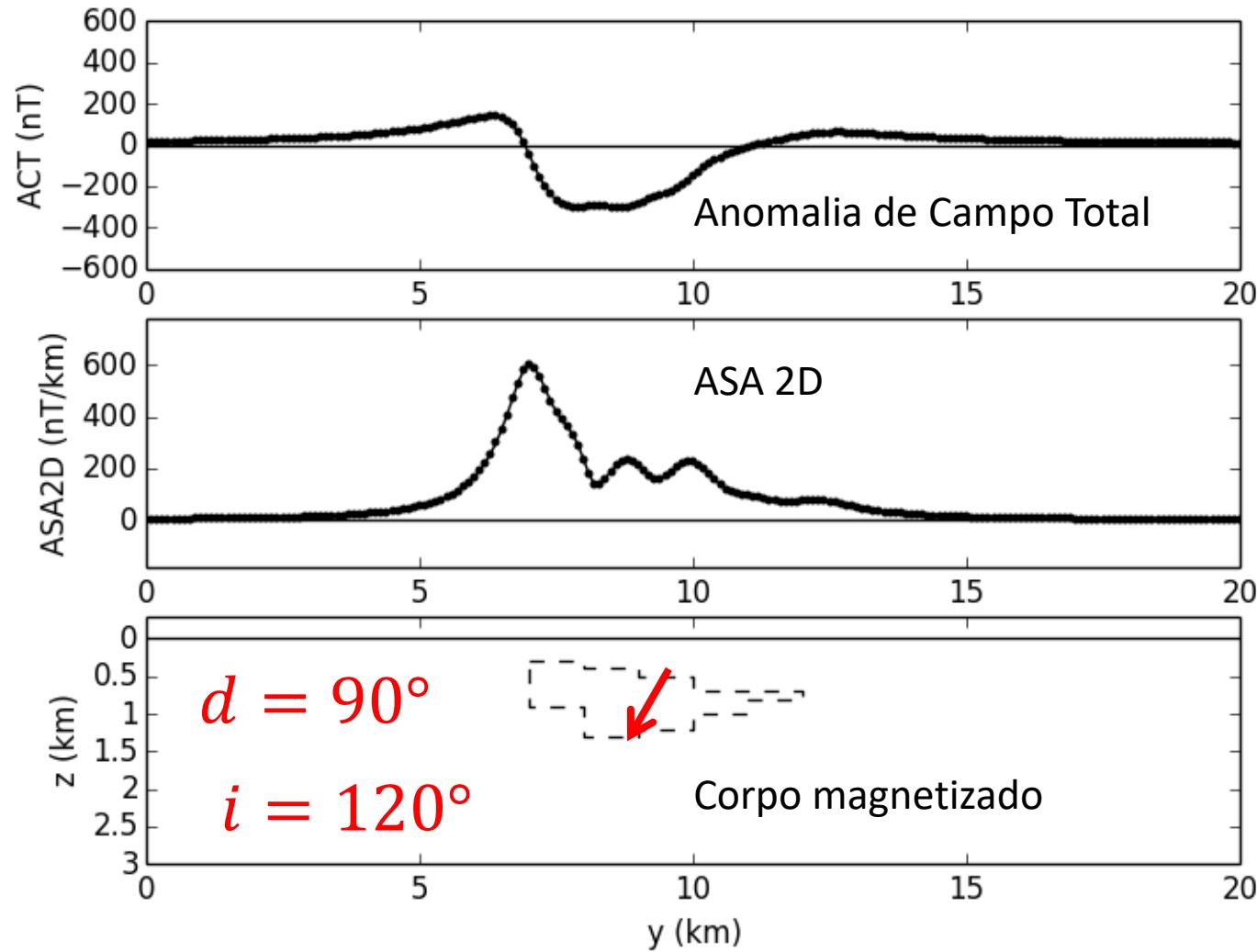
# Amplitude do Sinal Analítico



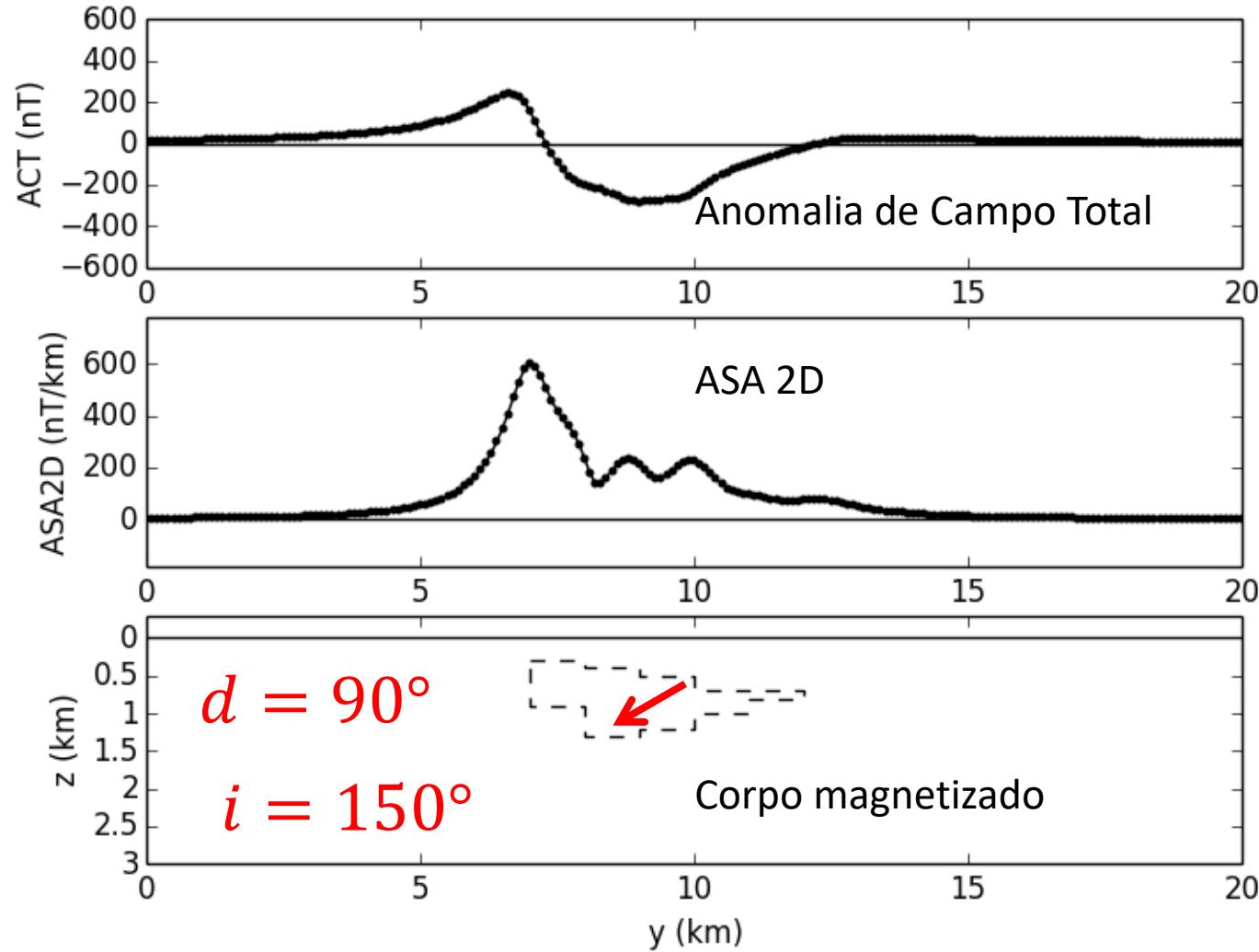
# Amplitude do Sinal Analítico



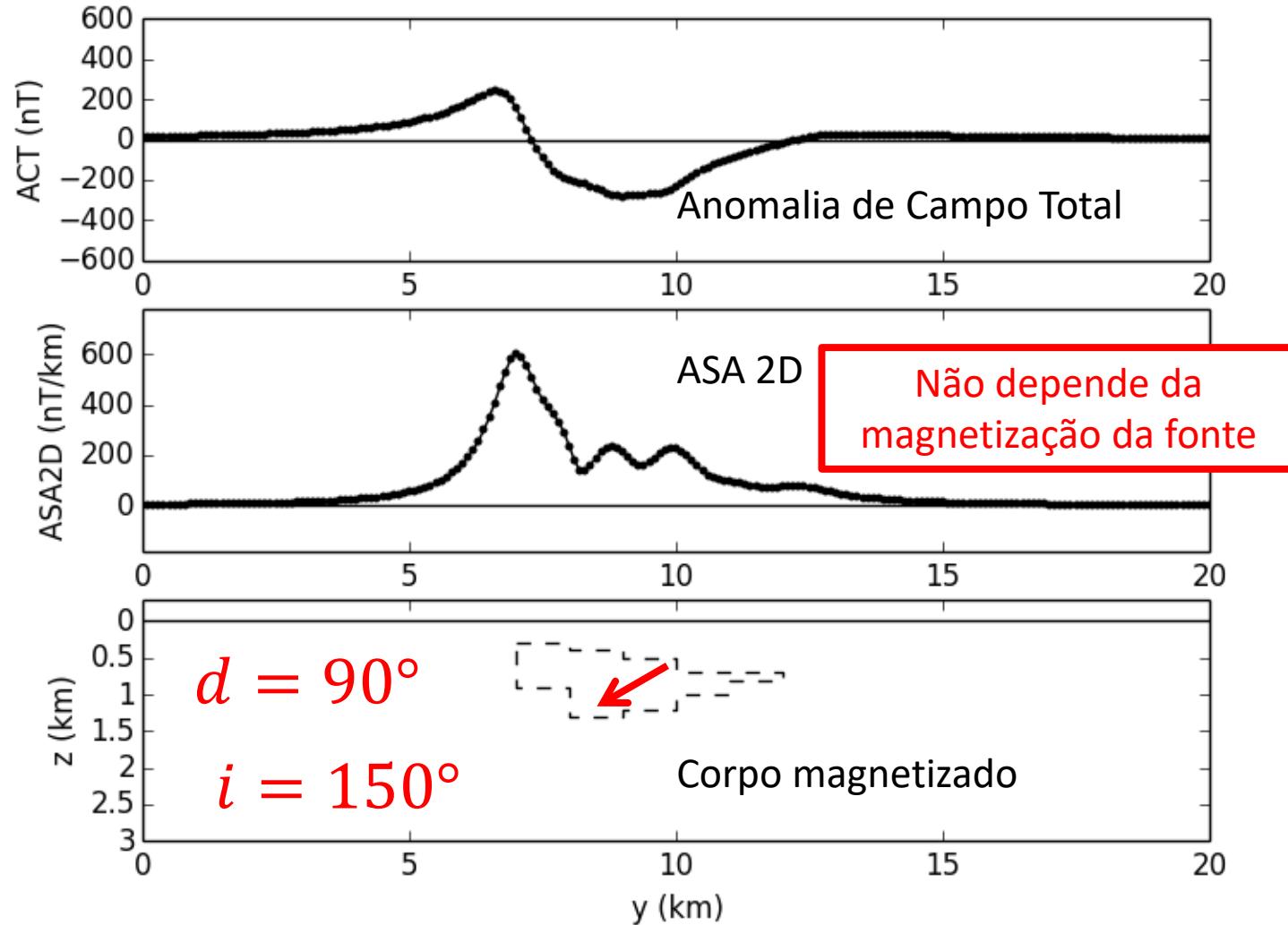
# Amplitude do Sinal Analítico



# Amplitude do Sinal Analítico



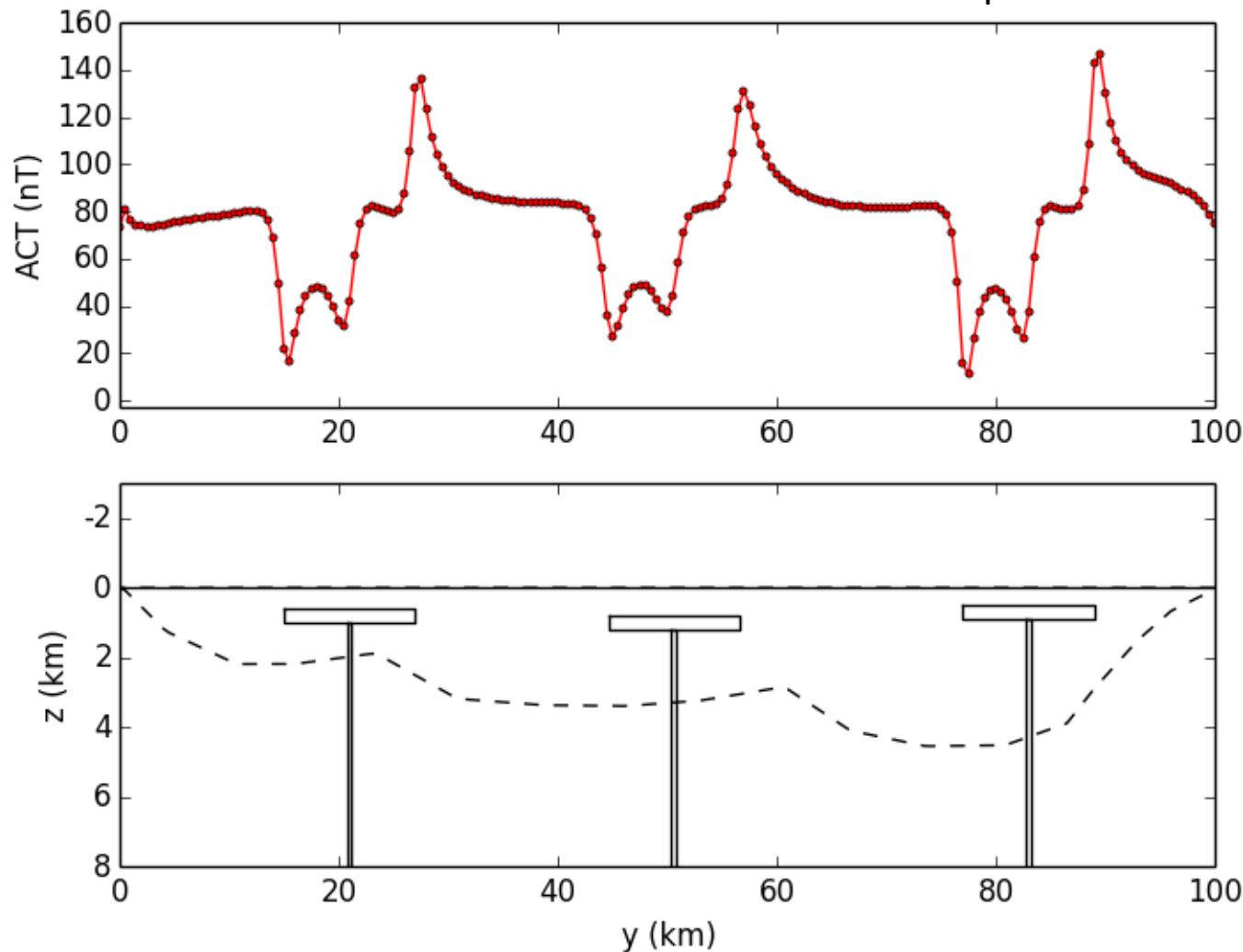
# Amplitude do Sinal Analítico



# Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa

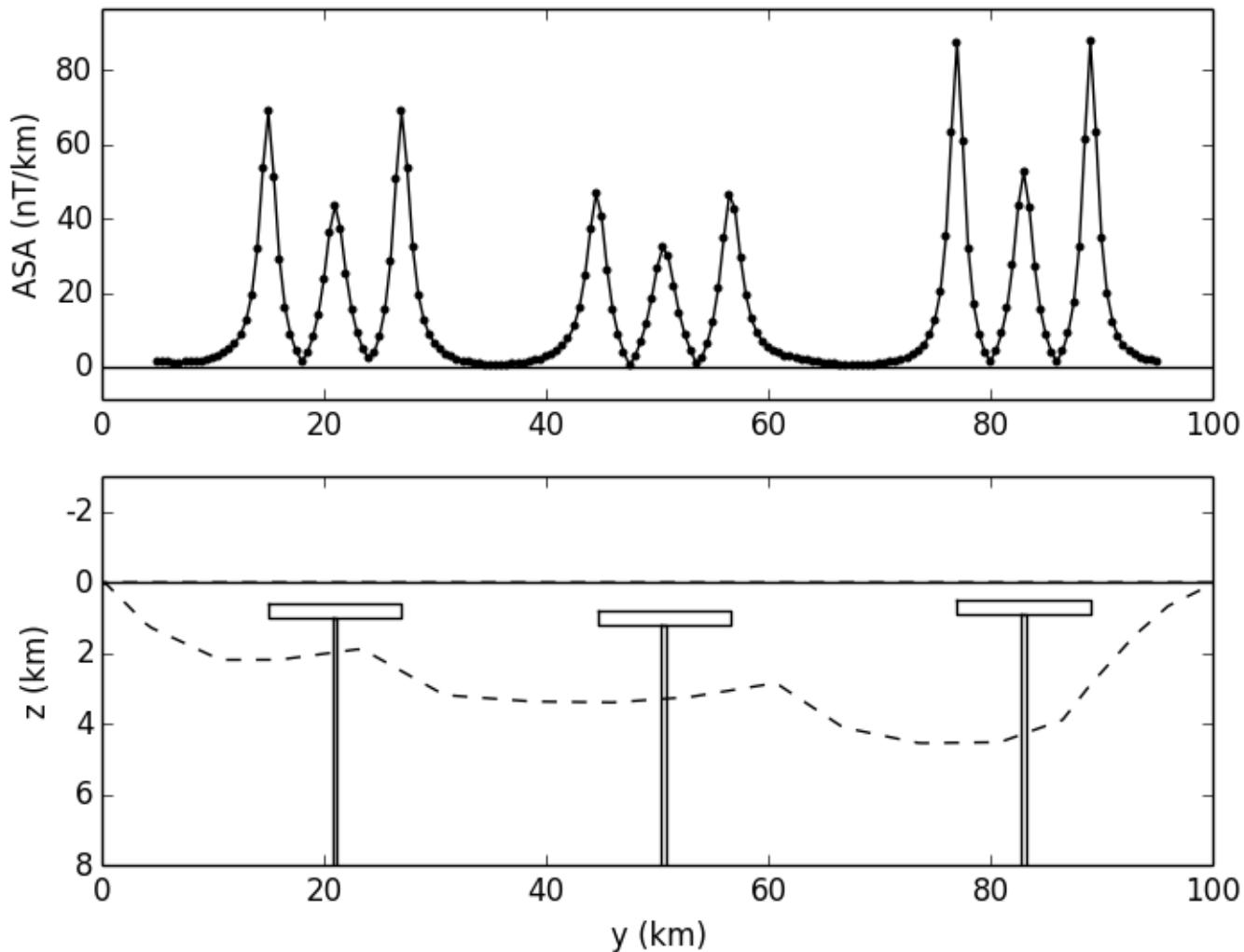
Anomalia de Campo Total



# Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa

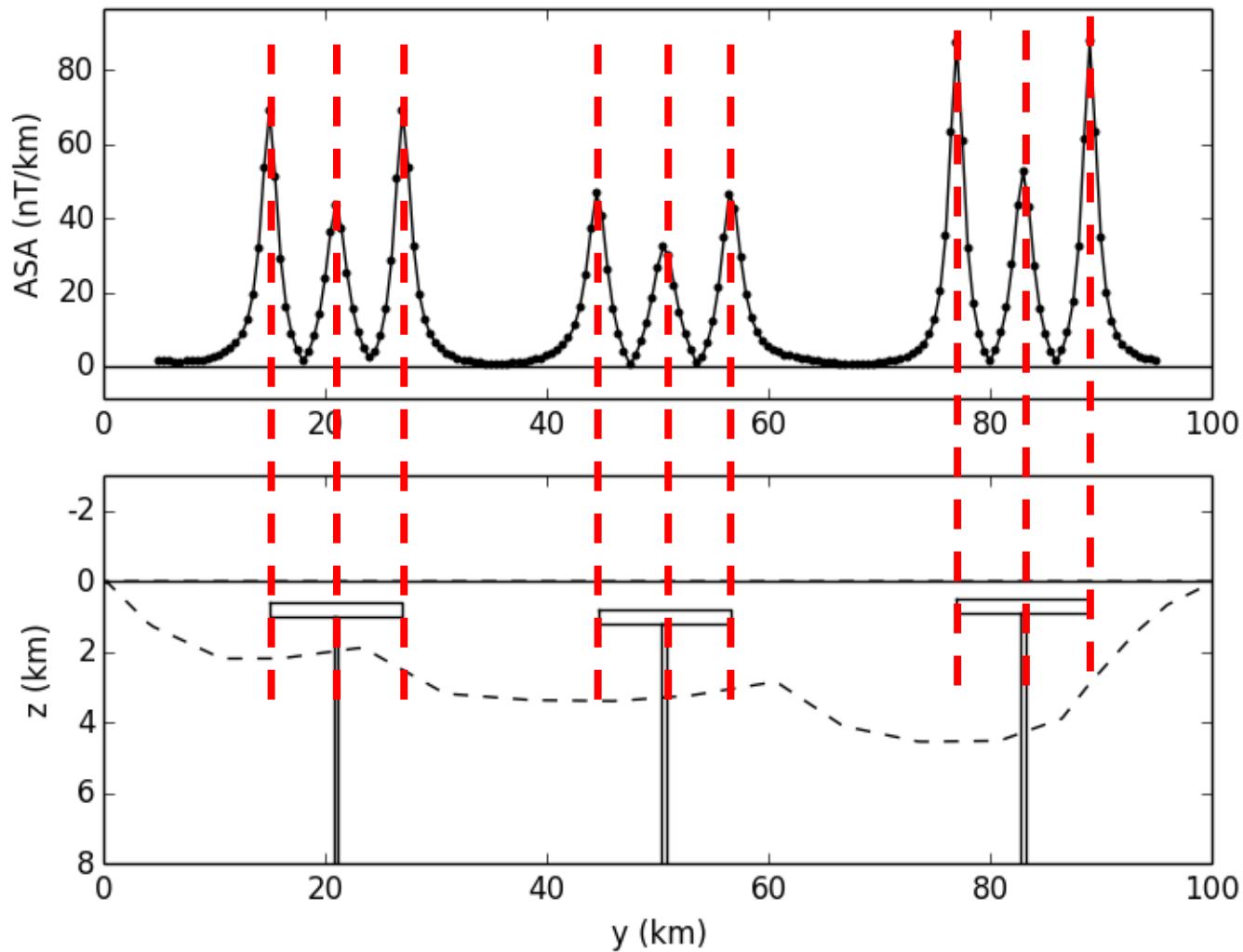
ASA 2D



# Amplitude do Sinal Analítico

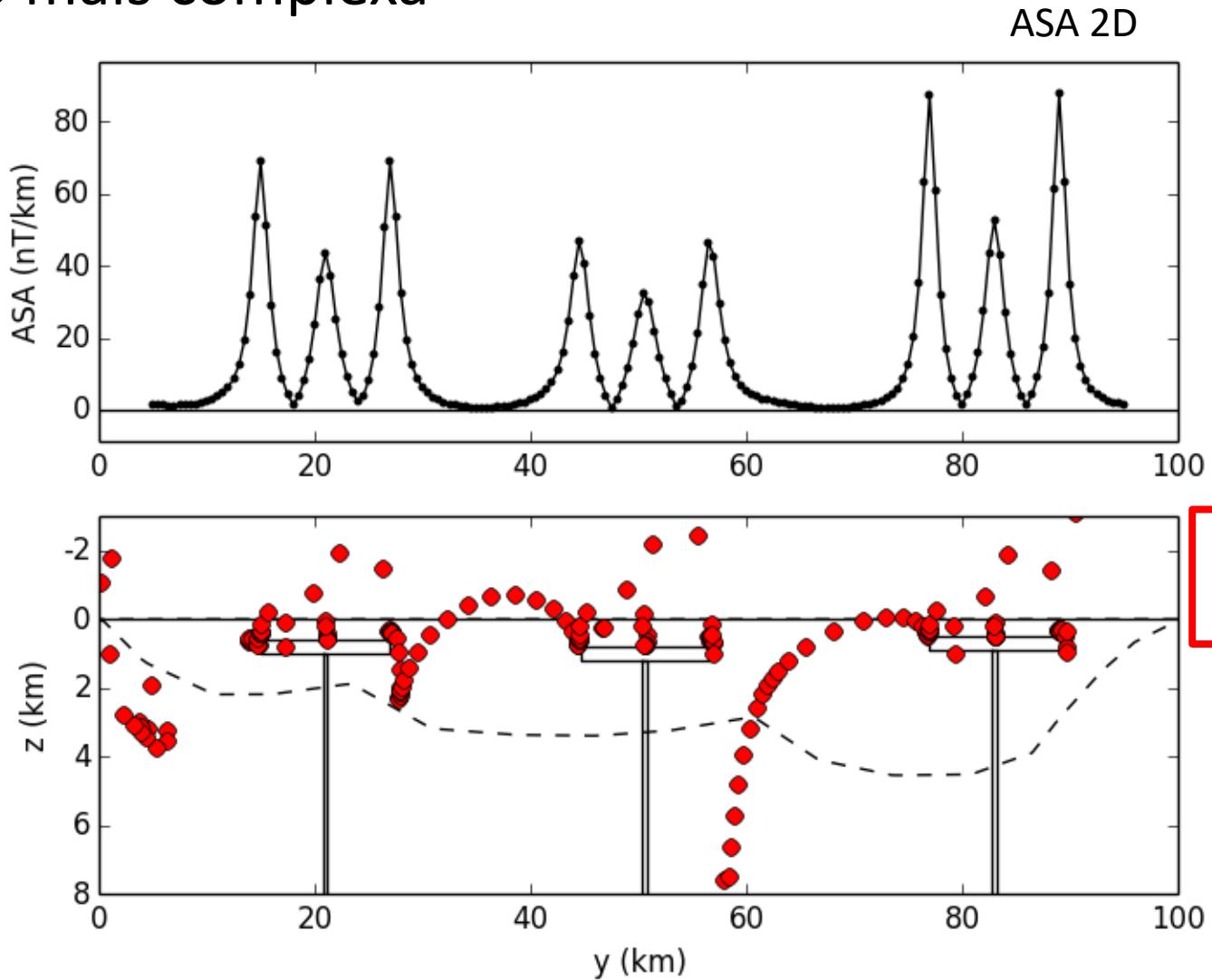
Situação mais complexa

ASA 2D



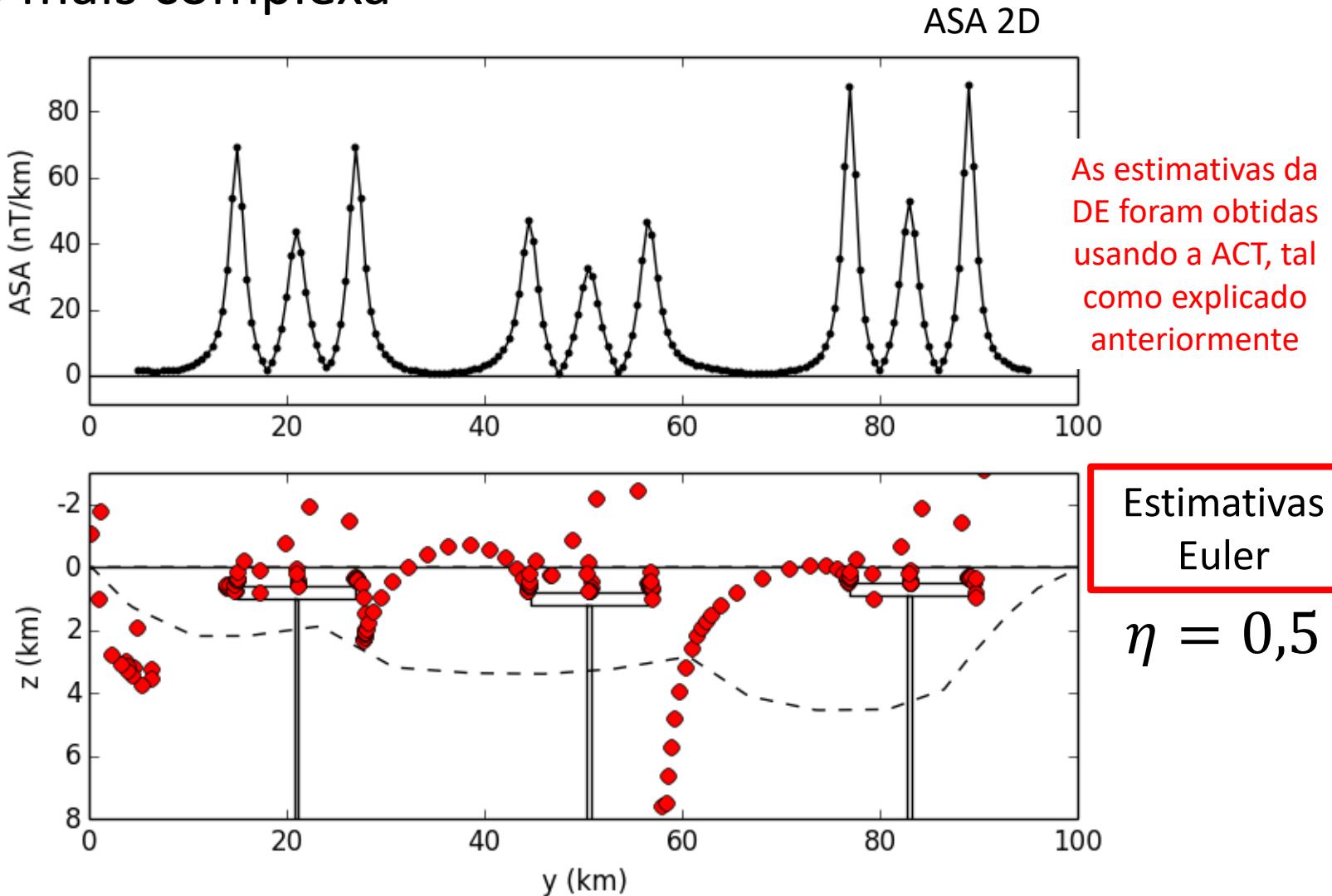
# Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa



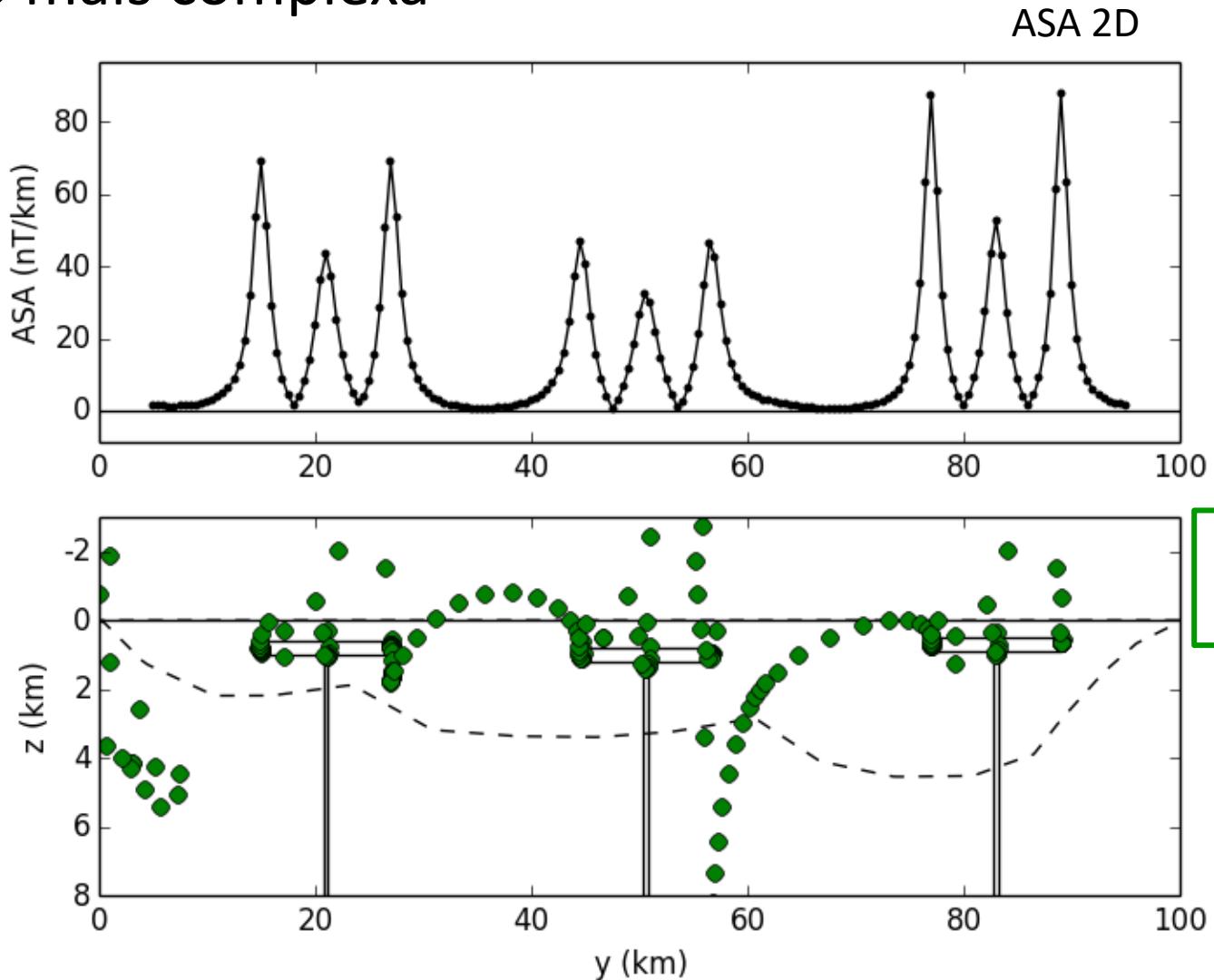
# Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa



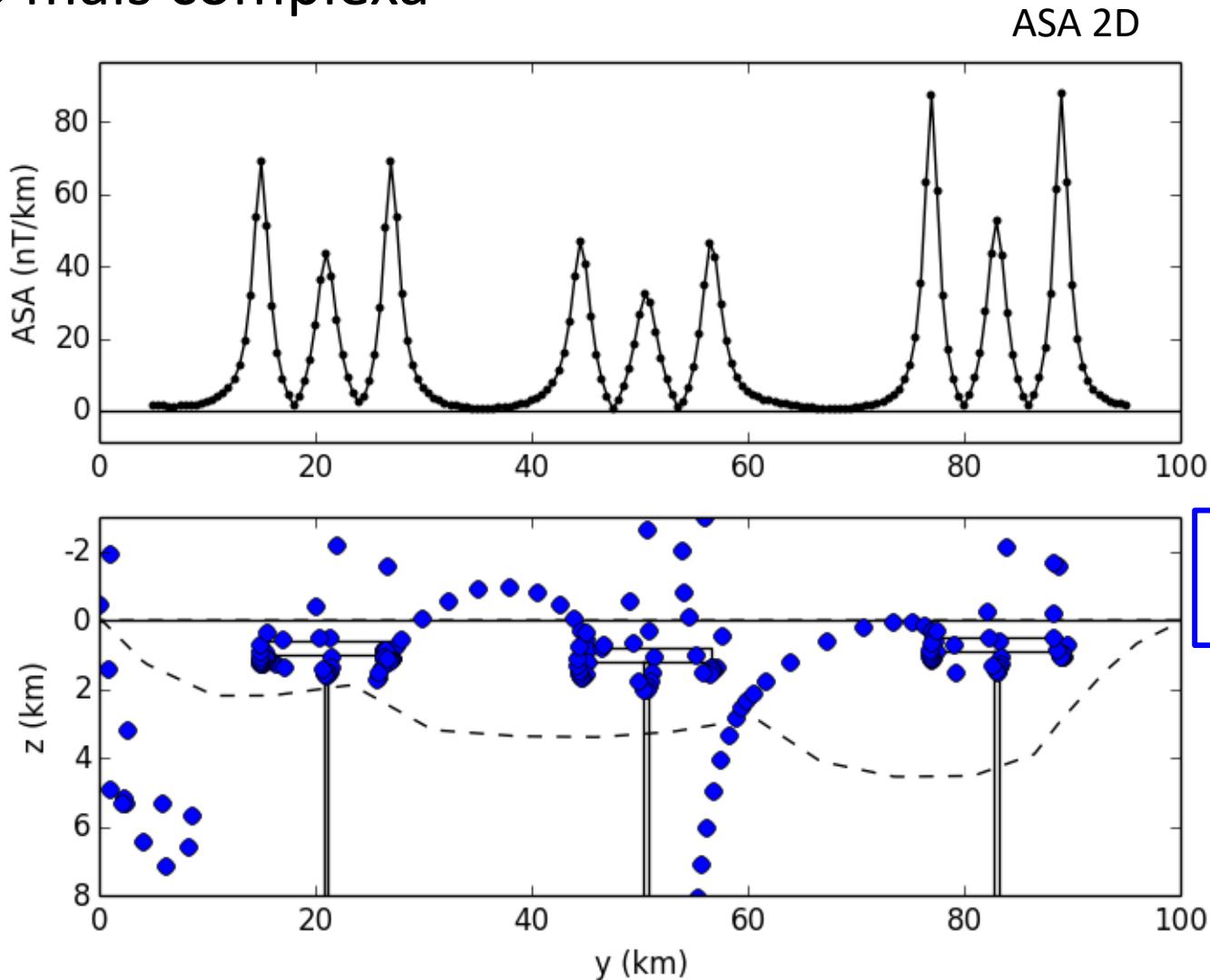
# Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa



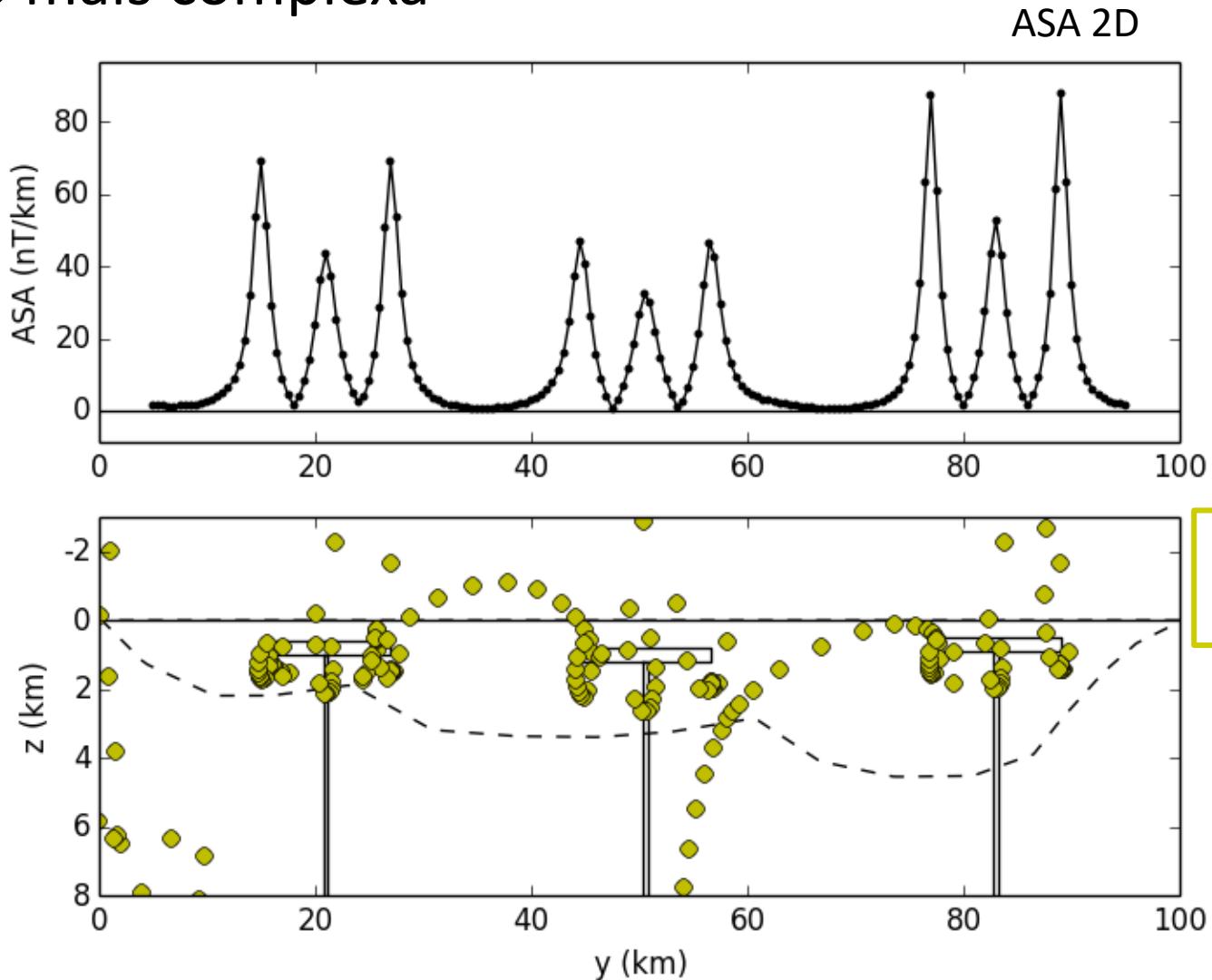
# Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa



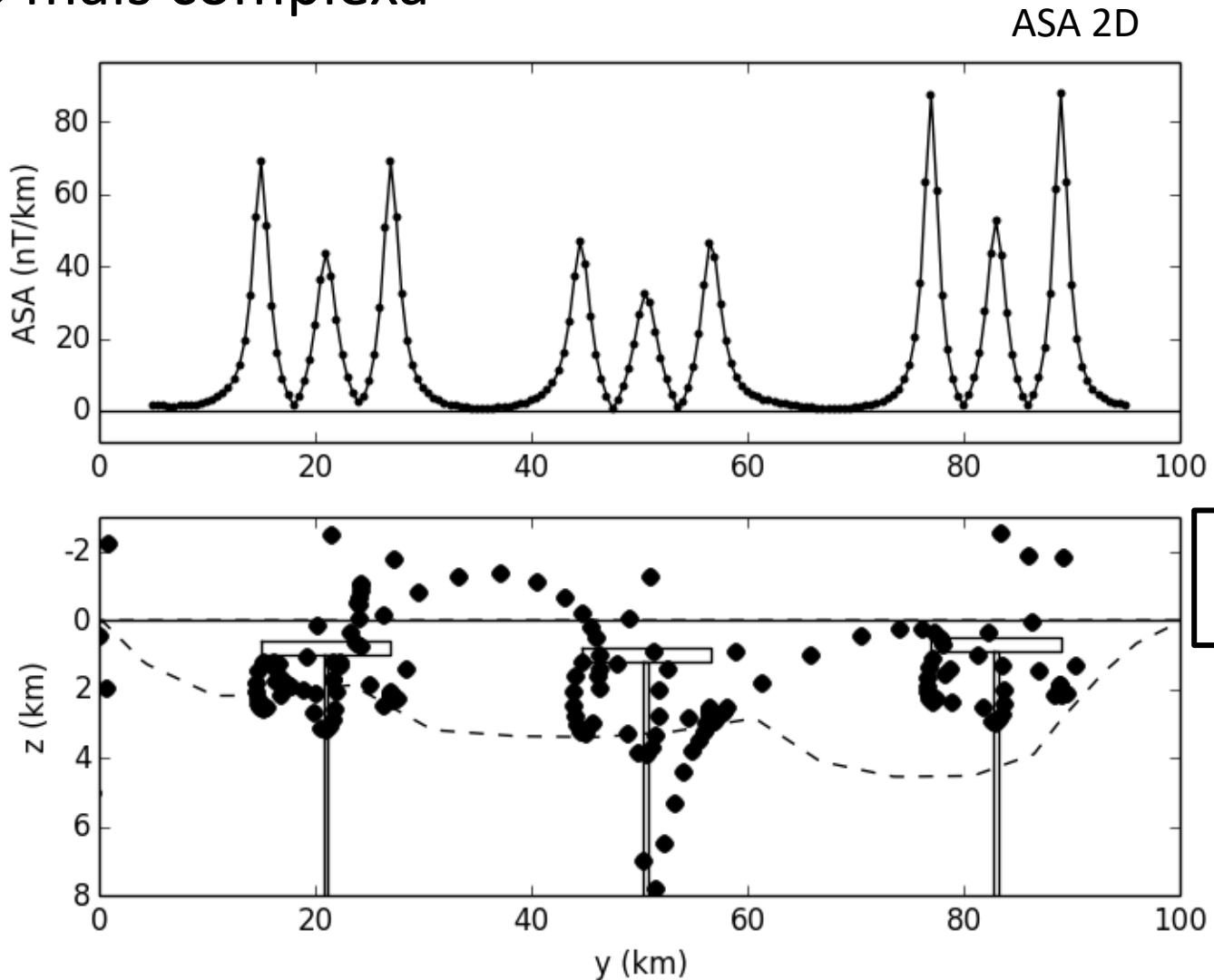
# Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa



# Amplitude do Sinal Analítico

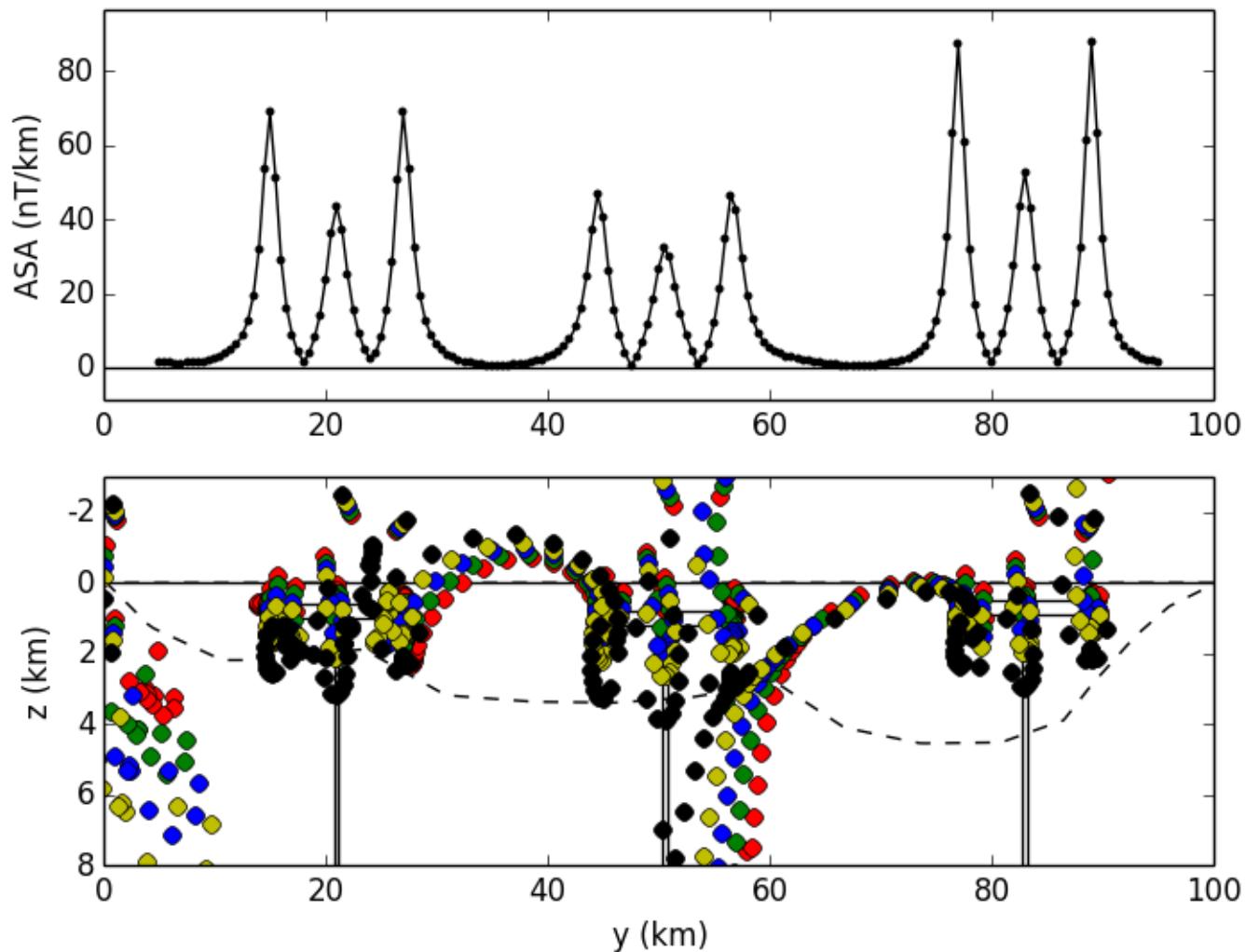
Situação mais complexa



# Amplitude do Sinal Analítico

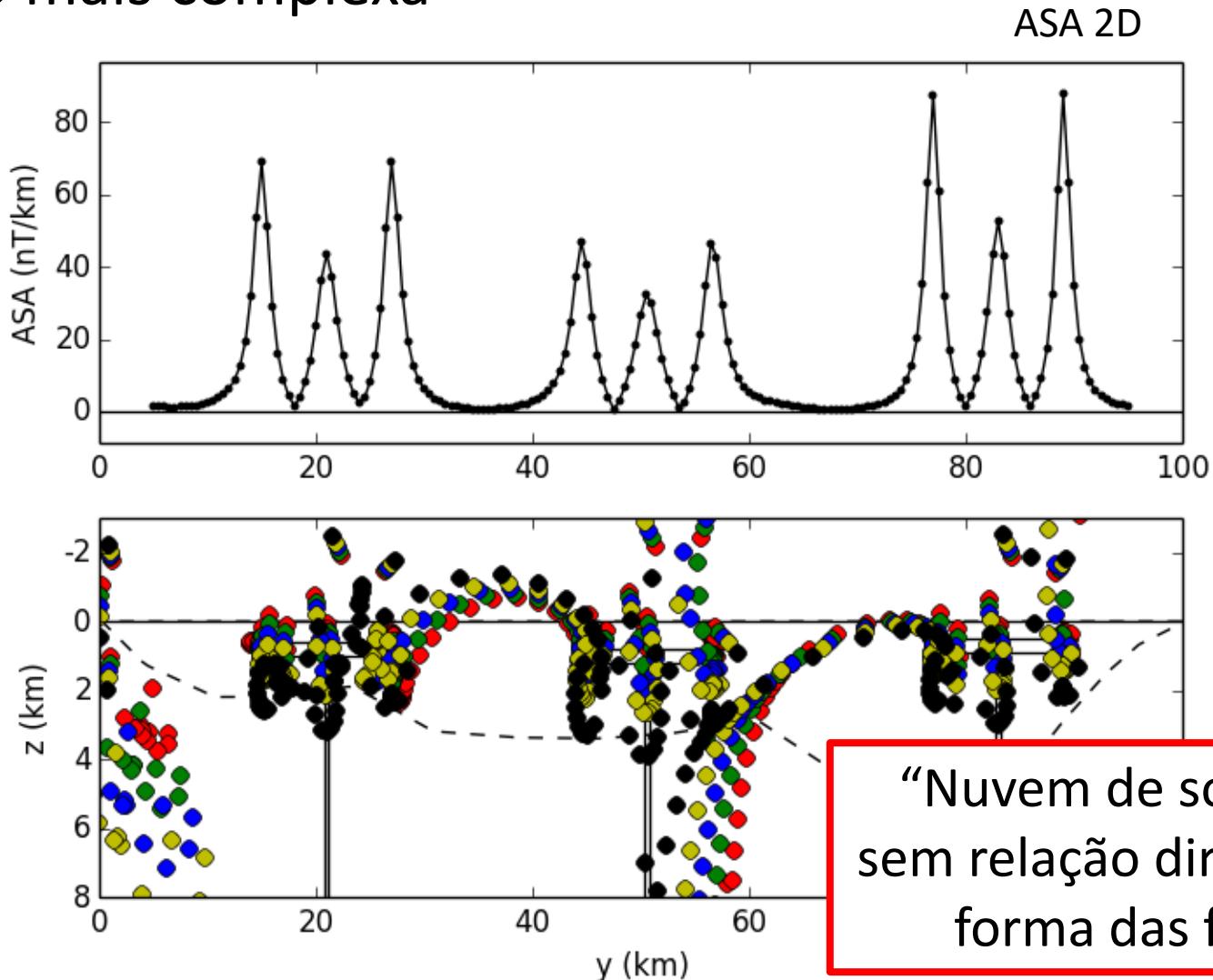
Situação mais complexa

ASA 2D



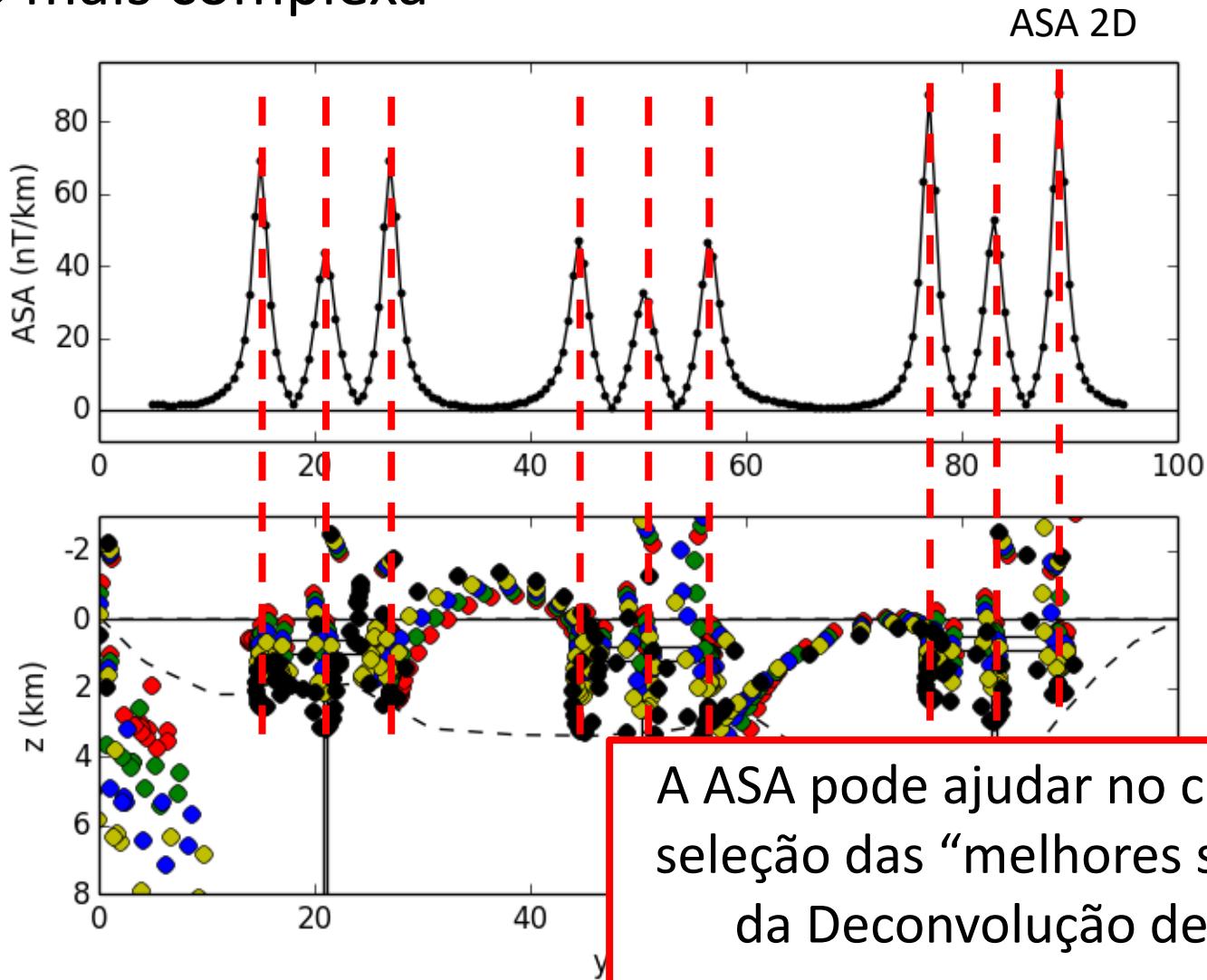
# Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa

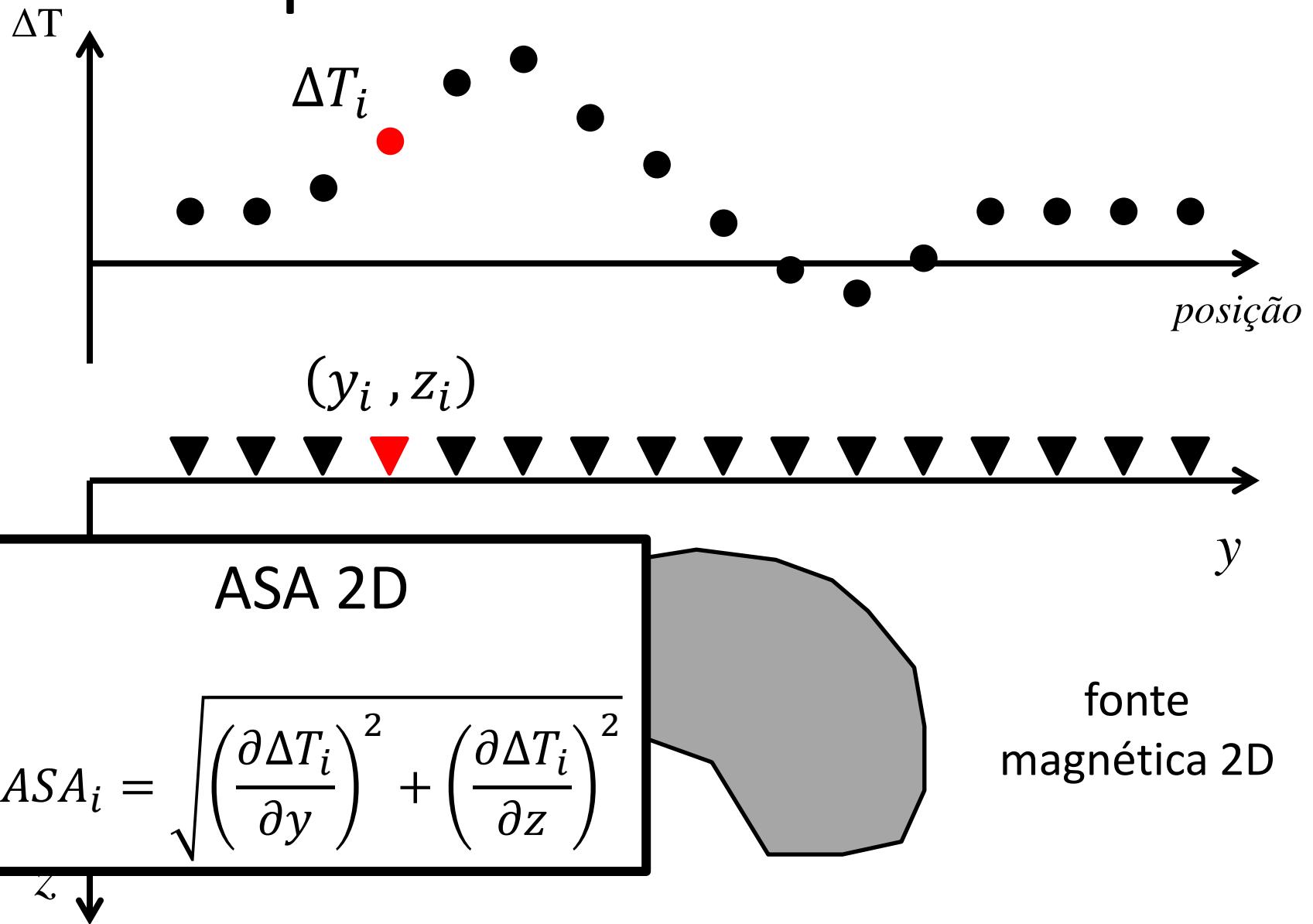


# Amplitude do Sinal Analítico

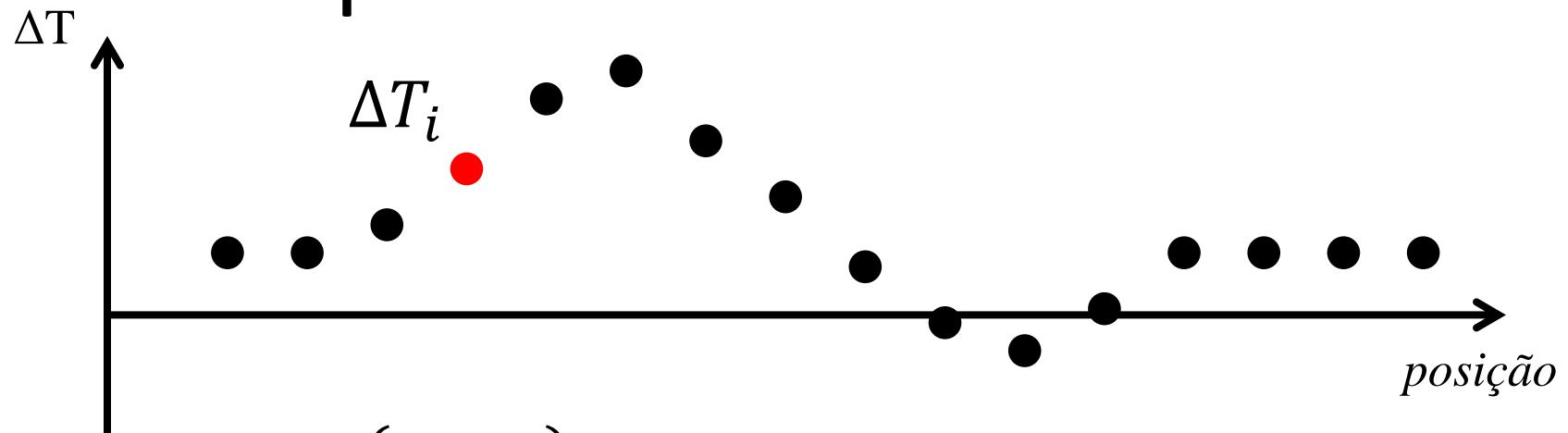
Situação mais complexa



# Amplitude do Sinal Analítico

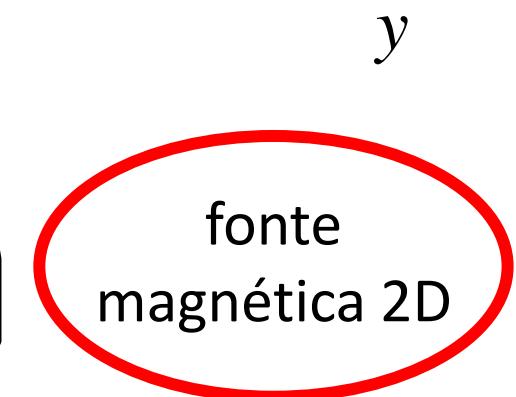


# Amplitude do Sinal Analítico



ASA 2D

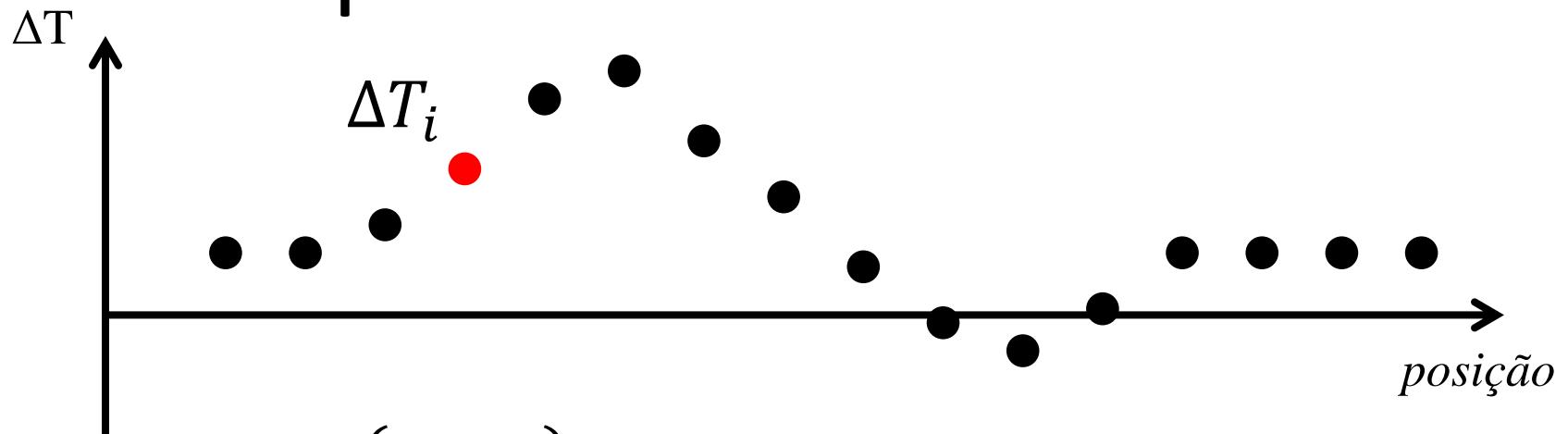
$$ASA_i = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T_i}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T_i}{\partial z}\right)^2}$$



$\zeta$

$y$

# Amplitude do Sinal Analítico

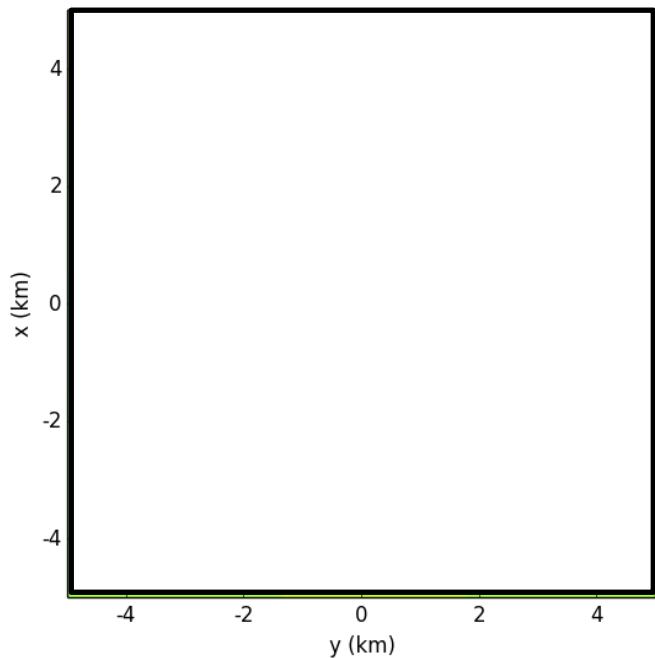


ASA 3D

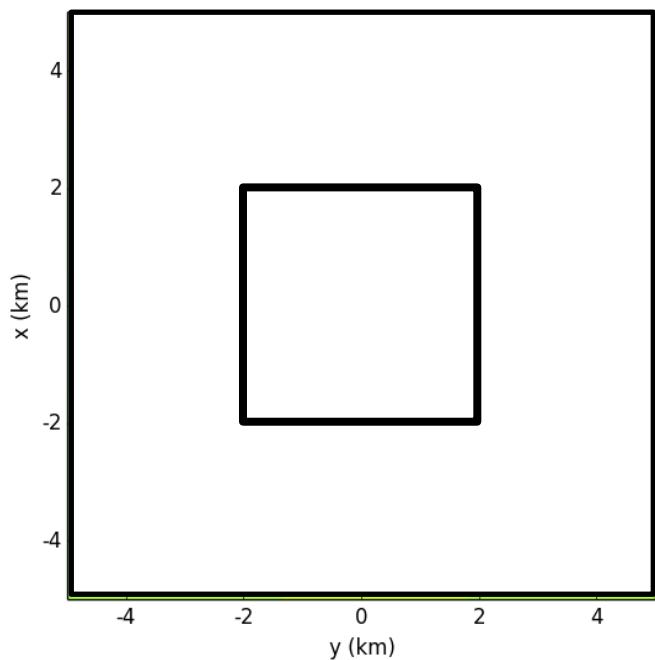
$$ASA_i = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T_i}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T_i}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T_i}{\partial z}\right)^2}$$

**fonte magnética 3D**

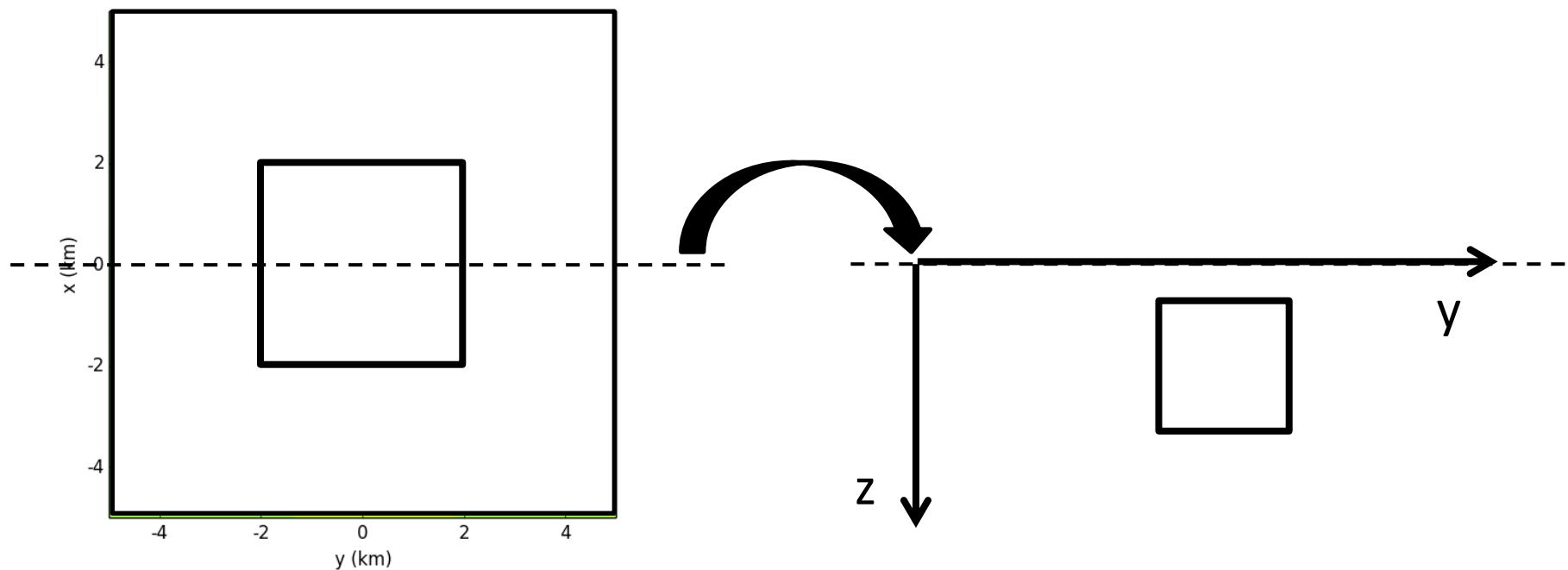
# Amplitude do Sinal Analítico



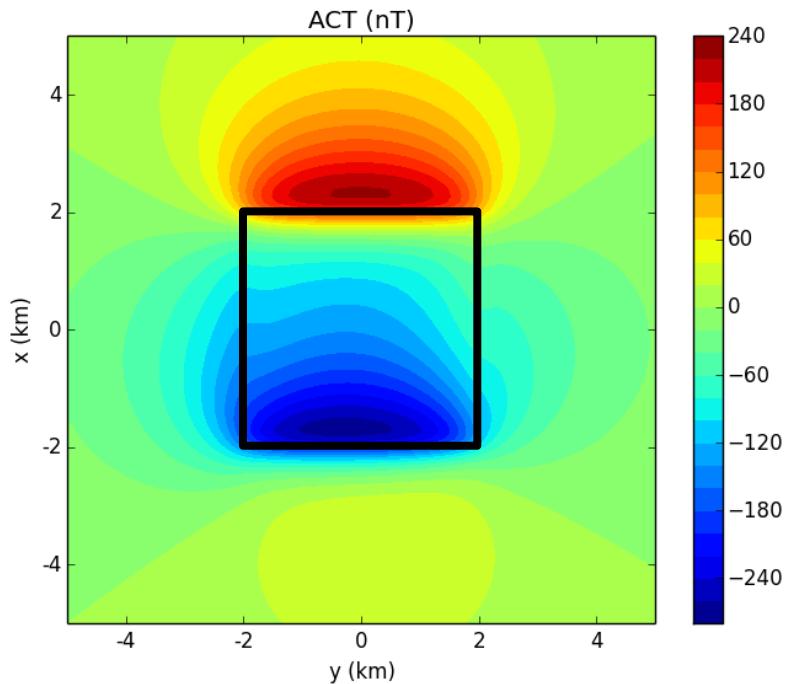
# Amplitude do Sinal Analítico



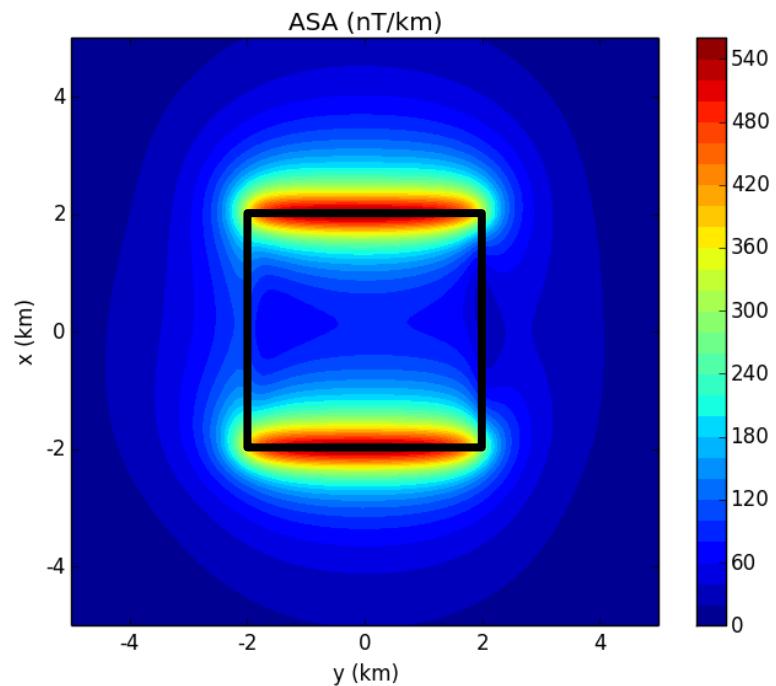
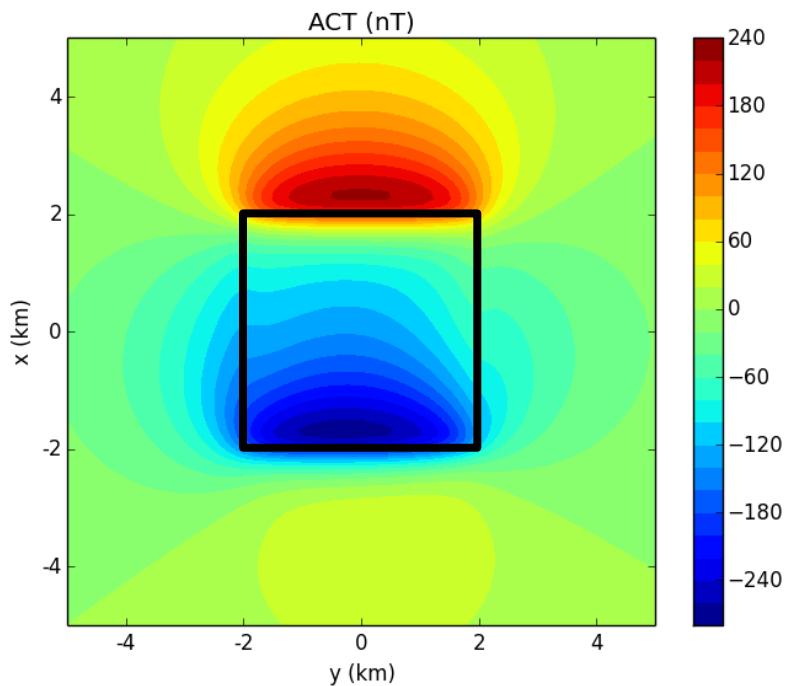
# Amplitude do Sinal Analítico



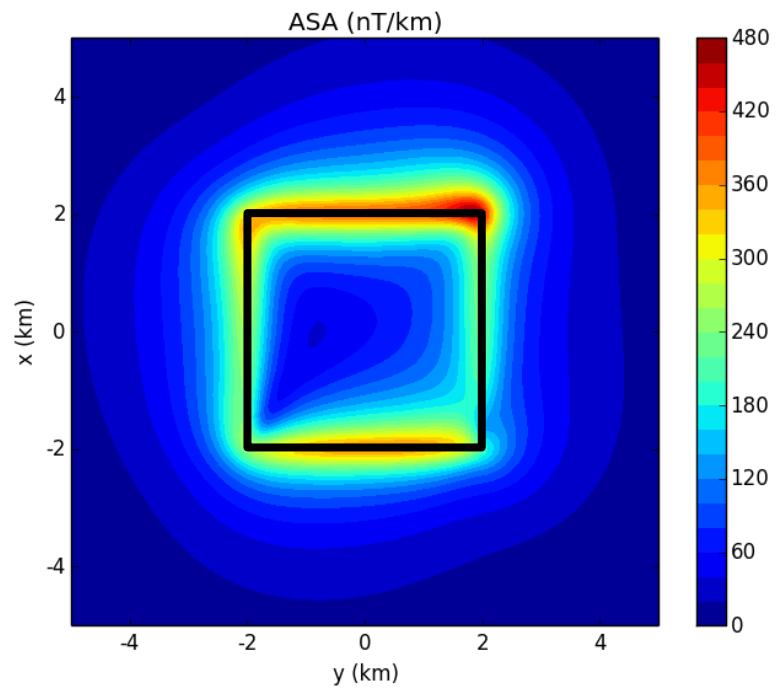
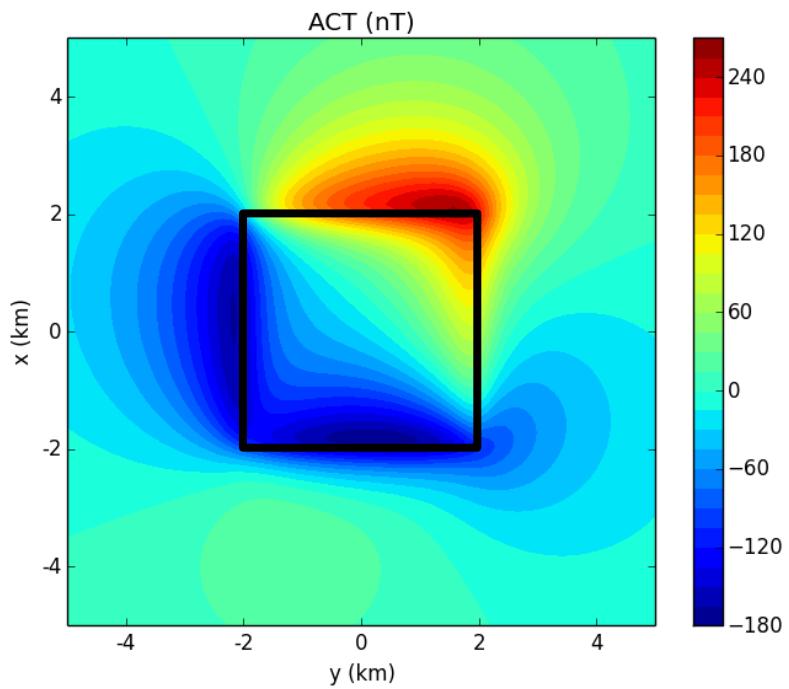
# Amplitude do Sinal Analítico



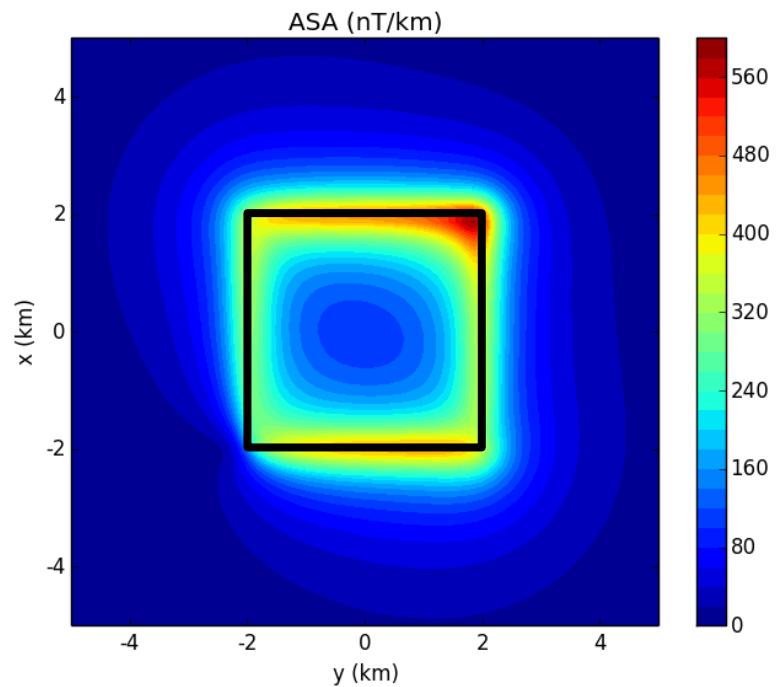
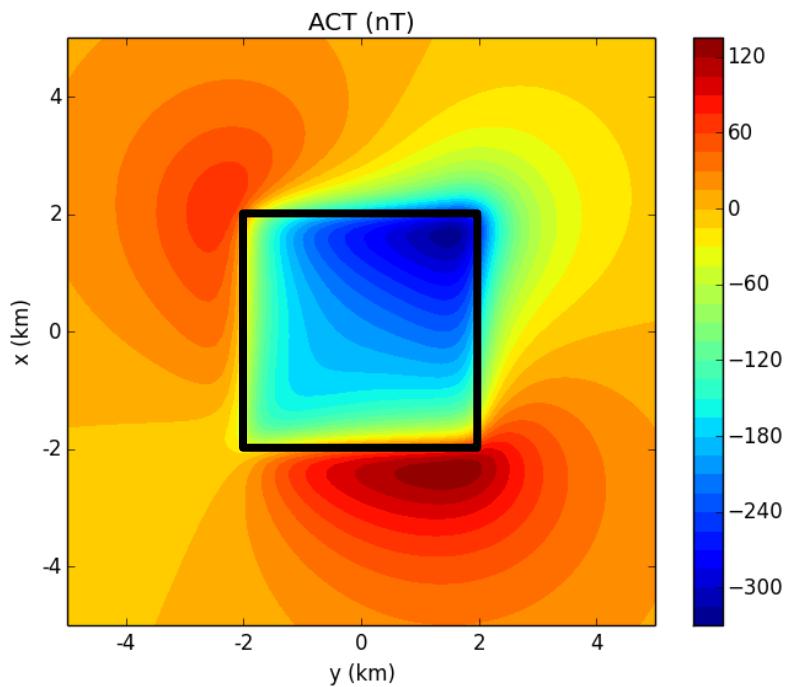
# Amplitude do Sinal Analítico



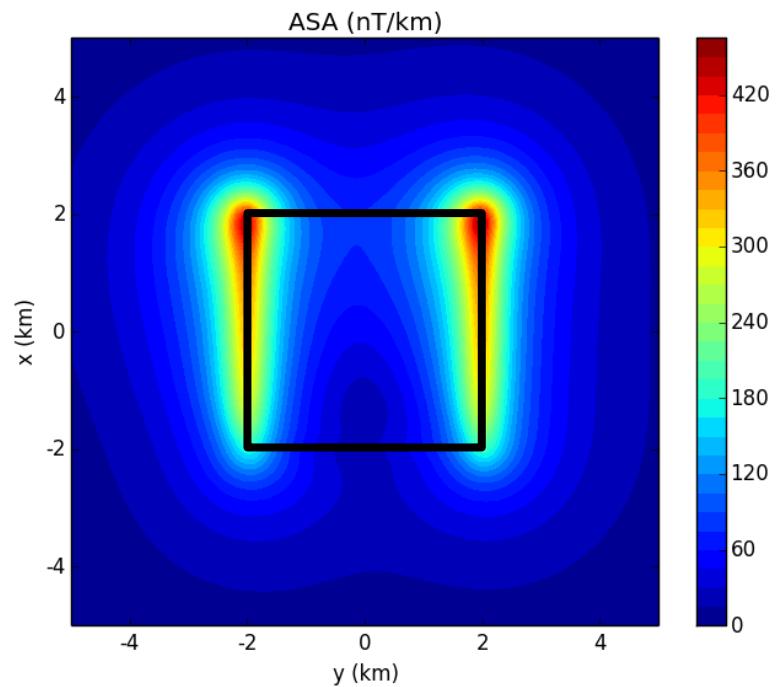
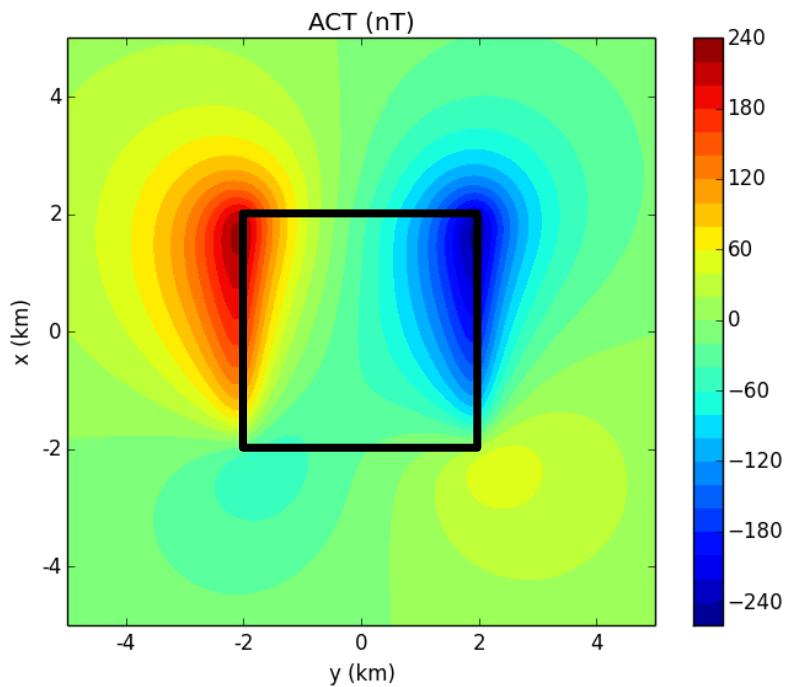
# Amplitude do Sinal Analítico



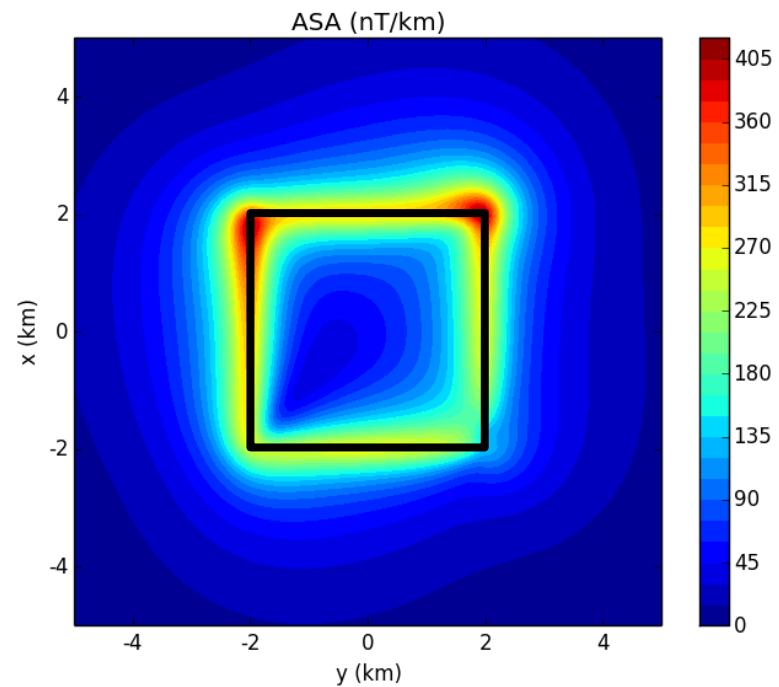
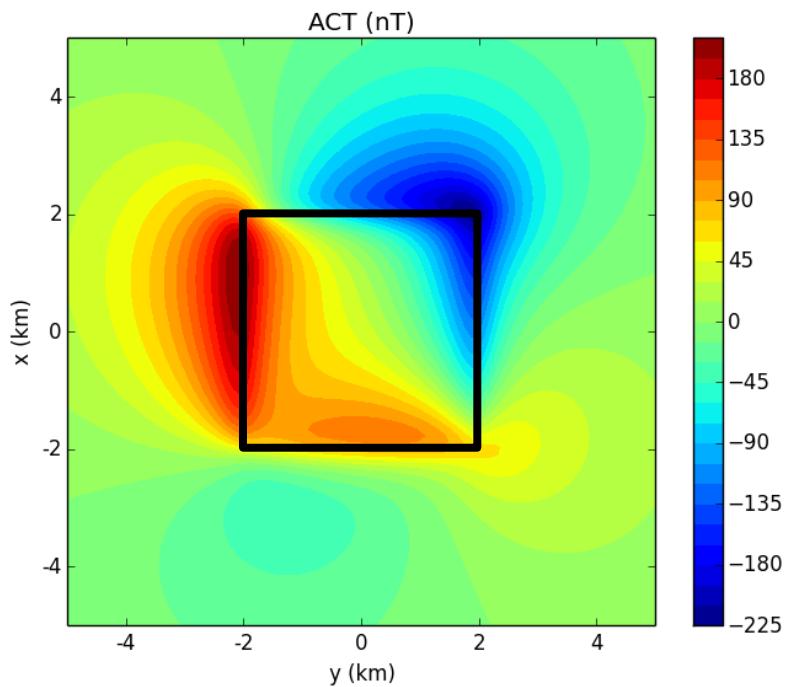
# Amplitude do Sinal Analítico



# Amplitude do Sinal Analítico



# Amplitude do Sinal Analítico



# Amplitude do Sinal Analítico

- A Amplitude do Sinal Analítico produzida por corpos **2D NÃO DEPENDE** da direção de magnetização das fontes
- A amplitude do gradiente total (que ficou conhecida como amplitude do sinal analítico) produzida por corpos **3D DEPENDE** da direção de magnetização das fontes

# Estrutura

- Deconvolução de Euler
  - Um pouco de teoria
  - Exemplos numéricos (2D)
  - Principais conclusões
- Sinal Analítico
  - Um pouco de teoria
  - Exemplos (2D e 3D)
  - Principais conclusões
- Comentários Finais

# Comentários Finais

- As técnicas não podem ser utilizadas como uma “caixa-preta”
- A utilização “cega” de um software comercial do tipo “caixa-preta” pode gerar resultados sem sentido
- Diferente da sísmica ou métodos EM, os métodos potenciais são menos custosos do ponto de vista computacional
- Isso permite a realização de diversos testes numéricos com o intuito de avaliar o desempenho de uma determinada técnica em uma determinada situação geológica

# Comentários Finais

- As técnicas não podem ser utilizadas como uma “caixa-preta”
- A utilização “cega” de um software comercial do tipo “caixa-preta” pode gerar resultados sem sentido
- Diferente da sísmica ou métodos EM, os métodos potenciais são menos custosos do ponto de vista computacional
- Isso permite a realização de diversos testes numéricos com o intuito de avaliar o desempenho de uma determinada técnica em uma determinada situação geológica

# Comentários Finais

- As técnicas não podem ser utilizadas como uma “caixa-preta”
- A utilização “cega” de um software comercial do tipo “caixa-preta” pode gerar resultados sem sentido
- Diferente da sísmica ou métodos EM, os métodos potenciais são menos custosos do ponto de vista computacional
- Isso permite a realização de diversos testes numéricos com o intuito de avaliar o desempenho de uma determinada técnica em uma determinada situação geológica

# Comentários Finais

- As técnicas não podem ser utilizadas como uma “caixa-preta”
- A utilização “cega” de um software comercial do tipo “caixa-preta” pode gerar resultados sem sentido
- Diferente da sísmica ou métodos EM, os métodos potenciais são menos custosos do ponto de vista computacional
- Isso permite a realização de diversos testes numéricos com o intuito de avaliar o desempenho de uma determinada técnica em uma determinada situação geológica

# Comentários Finais

- As técnicas não podem ser utilizadas como uma “caixa-preta”
- A utilização “cega” de um software comercial do tipo “caixa-preta” pode gerar resultados sem sentido
- Diferente da sísmica ou métodos EM, os métodos potenciais são menos custosos do ponto de vista computacional
- Isso permite a realização de diversos testes numéricos com o intuito de avaliar o desempenho de uma determinada técnica em uma determinada situação geológica

# Comentários Finais

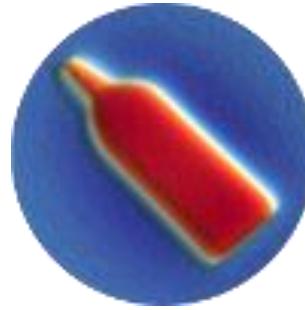
A grande maioria das técnicas em métodos potenciais precisam ser testadas em situações que representem as condições reais da área de estudo

# Comentários Finais

A grande maioria das técnicas em métodos potenciais precisam ser testadas em situações que representem as condições reais da área de estudo

Nenhum resultado obtido de maneira completamente automática é confiável do ponto de vista científico

# Comentários Finais



A apresentação e os códigos feitos para gerar os resultados mostrados aqui estão disponíveis em um repositório no GitHub:

[https://github.com/birocoles/Disciplina-metodos-potenciais/tree/euler/Aulas/Deconvolucao\\_Euler](https://github.com/birocoles/Disciplina-metodos-potenciais/tree/euler/Aulas/Deconvolucao_Euler)

# Referências

- Thompson, D.: EULDPH: A new technique for making computer assisted depth estimates from magnetic data, *Geophysics*, 47, 980 31–37, doi:10.1190/1.1441278, 1982
- Reid, A., Allsop, J., Granser, H., Millett, A., and Somerton, I.: Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution, *Geophysics*, 55, 80–91, doi:10.1190/1.1442774, 1990
- Fairhead, J. D. , Bennett, K. J., Gordon, D. R. H., and Huang, D. : Euler: Beyond the “Black Box”. SEG Technical Program Expanded Abstracts 1994: 422-424, doi: 10.1190/1.1932113, 1994
- Stavrev, P. Y.: Euler deconvolution using differential similarity transformations of gravity or magnetic anomalies, *Geophysical Prospecting*, 45, 207–246, doi: 10.1046/j.1365-2478.1997.00331.x, 1997
- Barbosa, V. C. F., Silva, J. B. C. e Medeiros, W E., Stability analysis and improvement of structural index estimation in Euler deconvolution, *Geophysics*, 64(1), 48-60, doi: 10.1190/1.1444529, 1999
- Mushayandebvu , M. F., van Driel , P., Reid, A. B. e Fairhead , J. D., Magnetic source parameters of two-dimensional structures using extended Euler deconvolution, *Geophysics*, 66(3), 814-823, doi: 10.1190/1.1444971, 2001
- Nabighian , M. N. e Hansen, R. O., Unification of Euler and Werner deconvolution in three dimensions via the generalized Hilbert transform, *Geophysics*, 66(6), 1805-1810, doi: 10.1190/1.1487122, 2001
- Silva, J. B. C, Barbosa, V. C. F. e Medeiros, W. E., Scattering, symmetry, and bias analysis of source-position estimates in Euler deconvolution and its practical implications, *Geophysics*, 66(4), 1149-1156, doi: 10.1190/1.1487062, 2001

# Referências

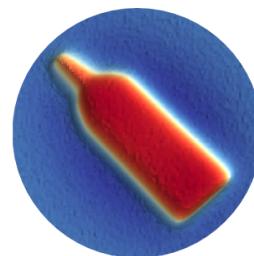
- Mikhailov, V., Galdeano, A., Diament, M., Gvishiani, A, Agayan, S., Bogoutdinov, S., Graeva, E. e Sailhac, P., Application of artificial intelligence for Euler solutions clustering, *Geophysics*, 68(1), 168-180, doi: 10.1190/1.1543204, 2003
- Salem, A. e Ravat, D., A combined analytic signal and Euler method (AN-EUL) for automatic interpretation of magnetic data, *Geophysics*, 68(6), 1952-1961, doi: 10.1190/1.1635049, 2003
- Silva, J. B. C. e Barbosa, V. C. F., 3D Euler deconvolution: Theoretical basis for automatically selecting good solutions, *Geophysics*, 68(6), 1962-1968, doi: 10.1190/1.1635050, 2003
- Stavrev, P. e Reid, A., Degrees of homogeneity of potential fields and structural indices of Euler deconvolution, *Geophysics*, 72(1), L1-L12, doi: 10.1190/1.2400010, 2007
- Melo, F. F., Barbosa, V. C. F., Uieda, L., Oliveira Jr., V. C. e Silva, J. B. C., Estimating the nature and the horizontal and vertical positions of 3D magnetic sources using Euler deconvolution, *Geophysics*, 78(6), J87-J98, doi: 10.1190/GEO2012-0515.1, 2013
- Uieda, L., Oliveira Jr., V. C. e Barbosa, V. C. F., Geophysical tutorial: Euler deconvolution of potential-field data, *The Leading Edge*, 448-450, doi: 10.1190/tle33040448.1, 2014
- Reid, A. B., Ebbing, J. e Webb, S. J., Avoidable Euler Errors – the use and abuse of Euler deconvolution applied to potential fields, *Geophysical Prospecting*, doi: 10.1111/1365-2478.12119, 2014

# Muito obrigado!



**fatiando** a terra

modeling and inversion for geophysics | [fatiando.org](http://fatiando.org)



**PINGA**

Grupo de problemas inversos em geofísica



Observatório  
Nacional



Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico