



Introdução à Inversão de dados Geofísicos

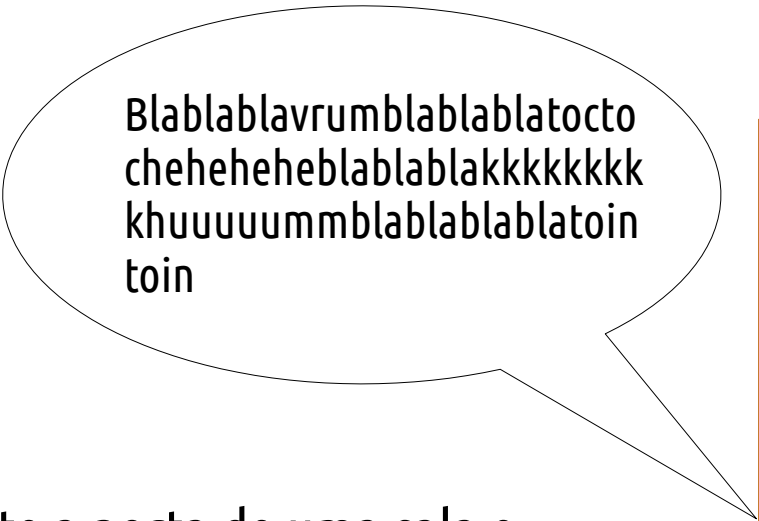
Prof. André L. A. dos Reis

Rio de Janeiro 2023

Objetivos da aula

- * O que é uma inversão? (de forma ilustrativa)
- * Definição de problema direto e problema inverso
- * As etapas de uma inversão

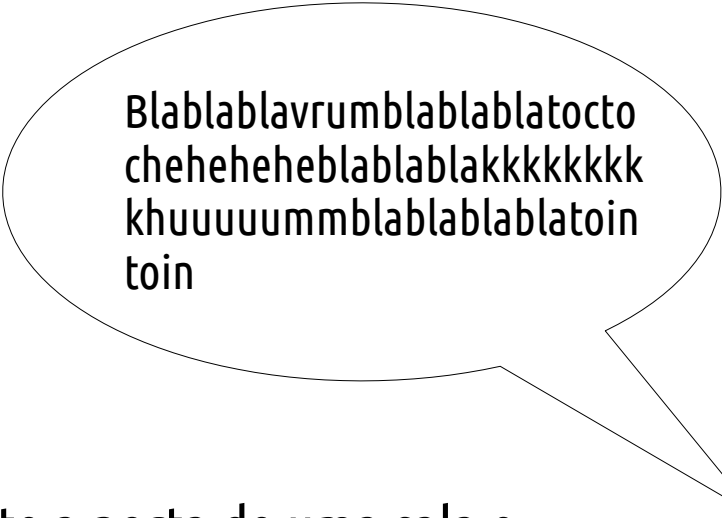
O que é uma inversão?



Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuuumblablablatoin
toin

Imagine que você passe em frente a porta de uma sala e
ouve muitos ruídos que vem do interior de uma sala de
reunião...

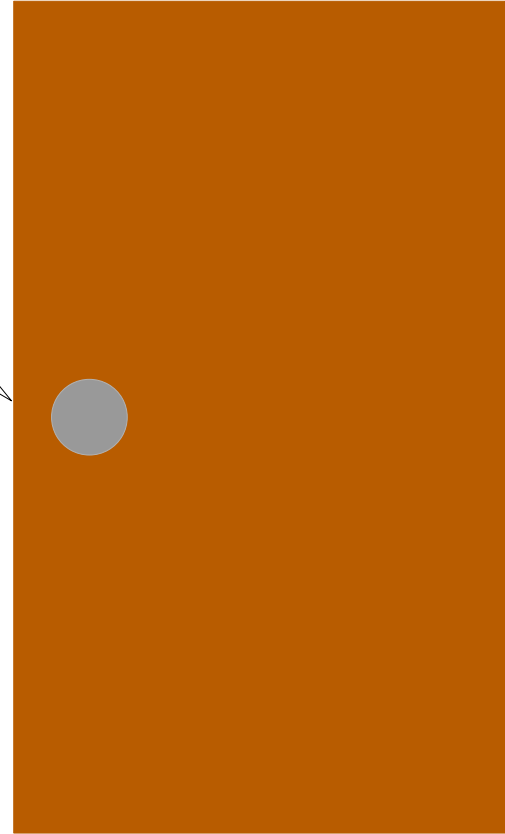


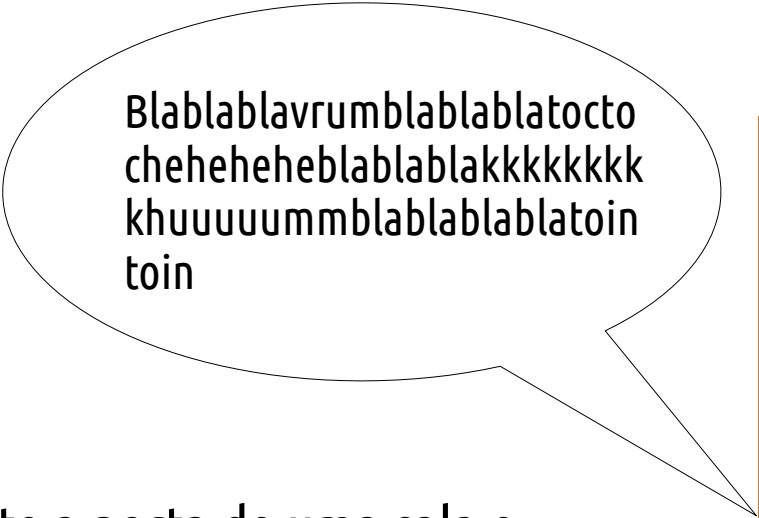


Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuuumblablablatoin
toin

Imagine que você passe em frente a porta de uma sala e
ouve muitos ruídos que vem do interior de uma sala de
reunião...

“Preciso saber quantas pessoas estão
dentro desta sala sem abrir a porta!”

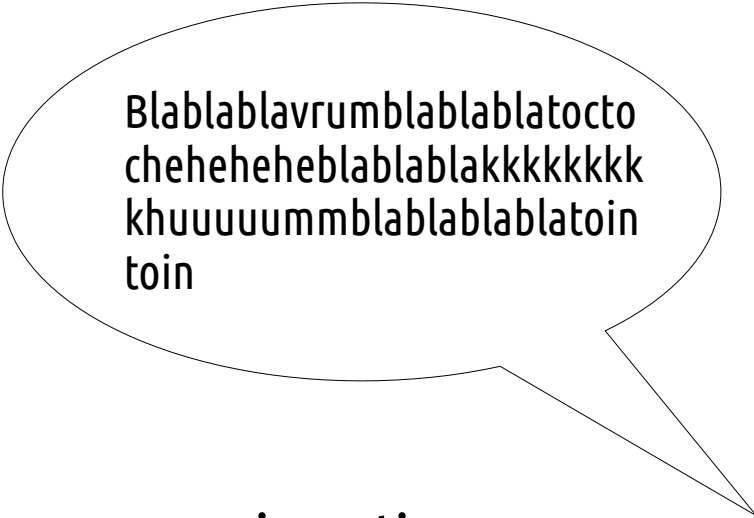




Blablavlavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
toin

Imagine que você passe em frente a porta de uma sala e
ouve muitos ruídos que vem do interior de uma sala de
reunião...

“Como investigar este problema?”



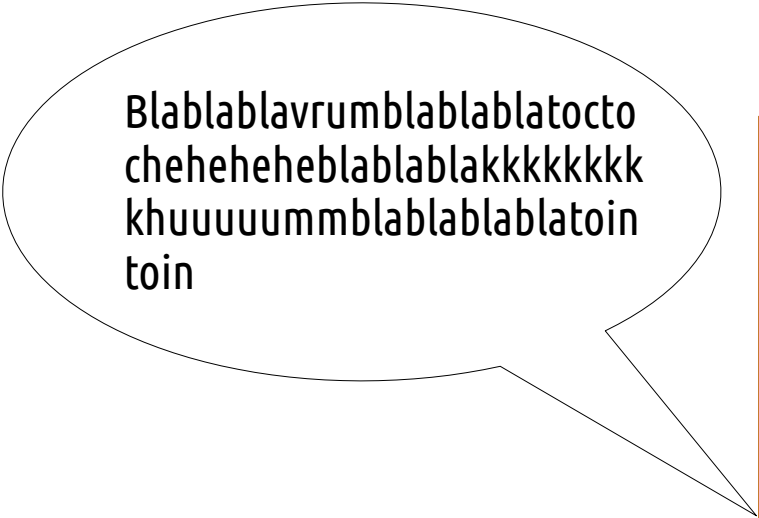
Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuuumblablablatoin
toin

A única forma que você tem para começar a investigar o quanto de barulho existe dentro da sala é através do **fofocometro** (instrumento para medir o nível de fofoca dentro da sala)!

“O que causa esse **barulho**?”

fofocometro

ON



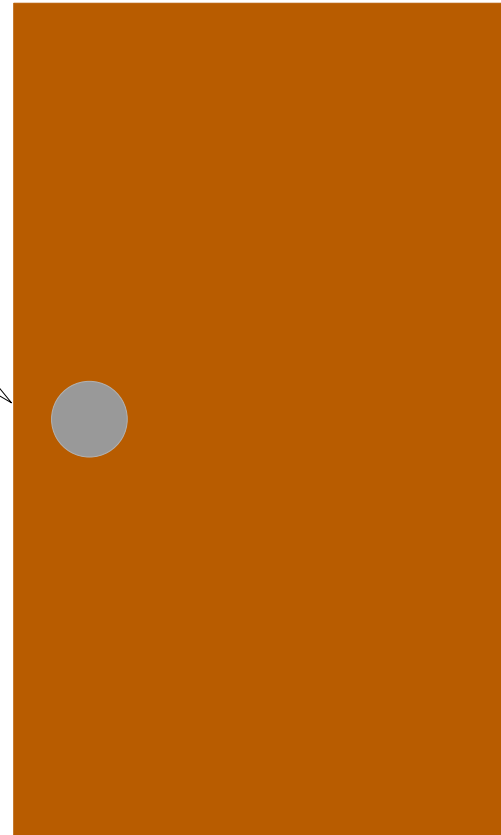
Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuuumblablablatoin
toin

“Devemos considerar que o barulho é causado somente por
peessoas!”

“O que causa esse **barulho?**”

fofocometro

ON



“O que causa esse **barulho?**”

fofocometro

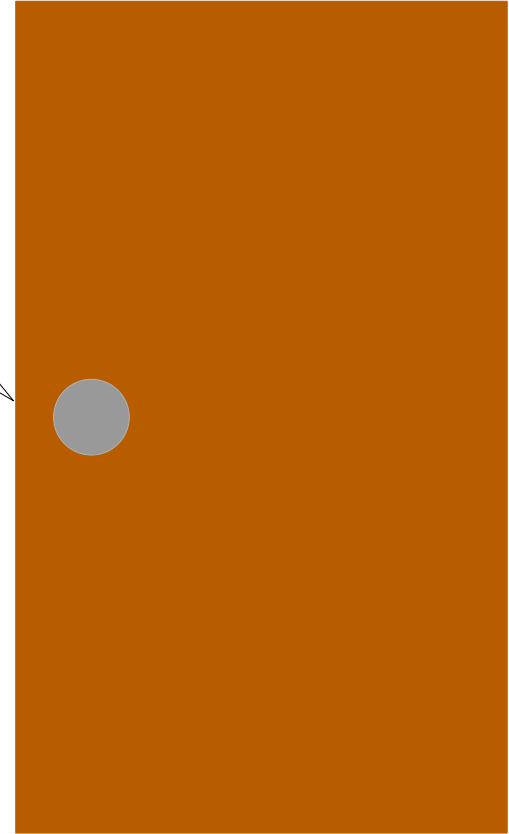
ON

Pessoa(s)	Barulho
1	baixo
5	médio
10	alto

“O que causa esse **barulho**?”

fofocometro

ON

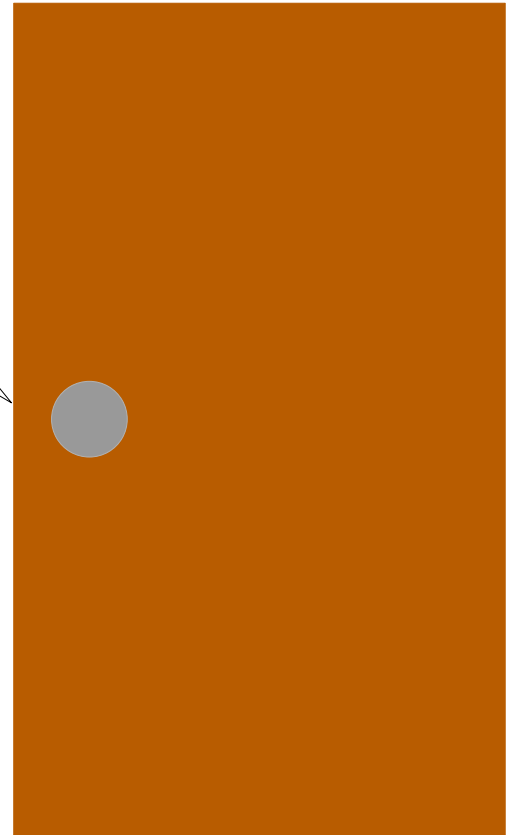


Pessoa(s)	Barulho
1	baixo
5	médio
10	alto

“O que causa esse **barulho**?”

fofocometro

ON

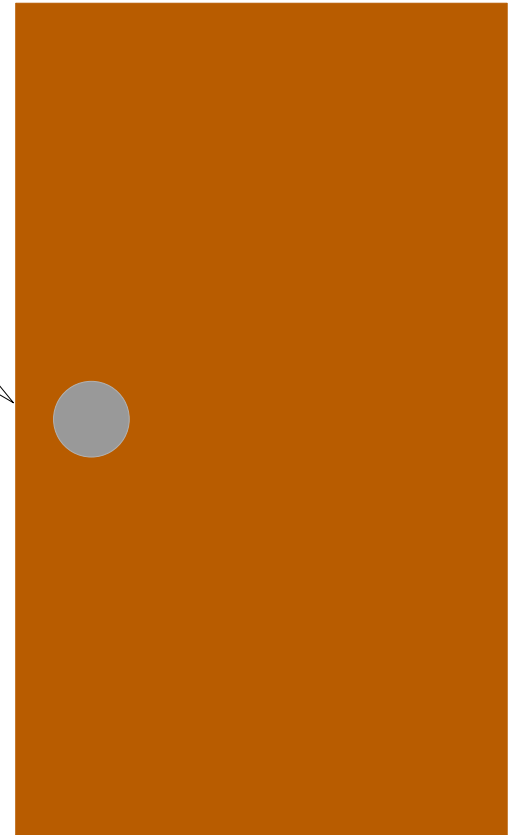


Pessoa(s)	Barulho
1	baixo
5	médio
10	alto

“O que causa esse **barulho**?”

fofocometro

ON

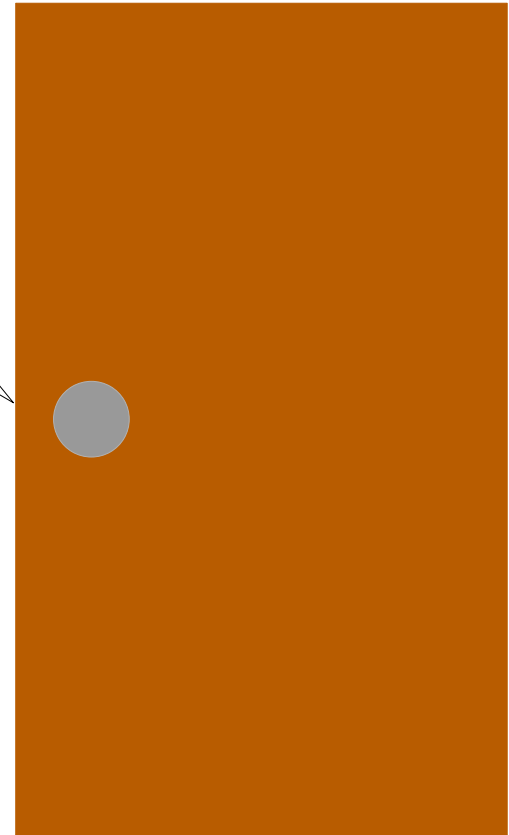


Pessoa(s)	Barulho
1	baixo
5	médio
10	alto

“O que causa esse **barulho**?”

fofocometro

ON



Pessoa(s)	Barulho
1	baixo
5	médio
10	alto

Número de pessoas

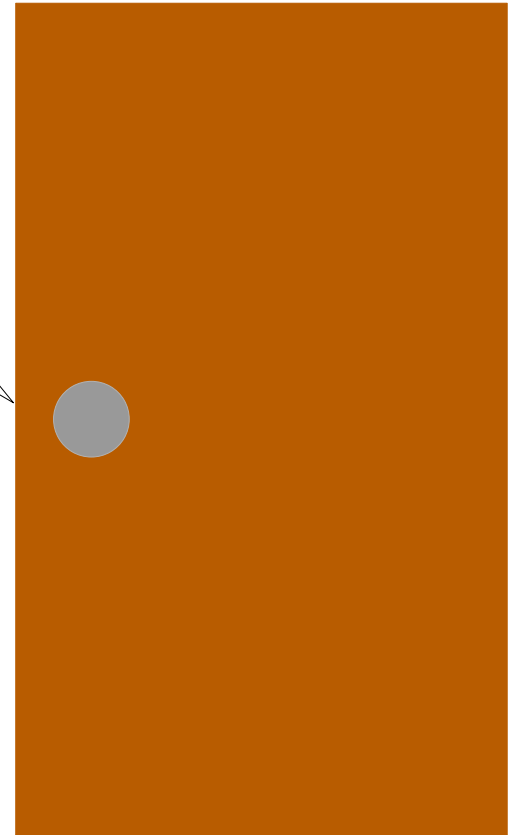
Relação

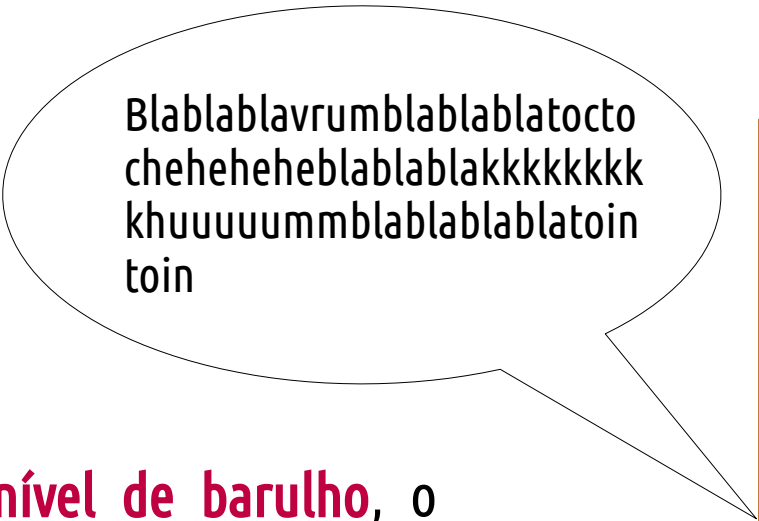
Barulho

“O que causa esse barulho?”

fofocometro

ON





Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkkk
khuuummblablablatoin
toin

Conseguimos **pre**dicar através do **nível de barulho**, o **número de pessoas** que estão dentro da sala”

“Devemos considerar que o barulho é causado somente por **pessoas!**”

“O que causa esse **barulho?**”

fofocometro

ON

Blablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
toin

Para sabermos se nossa hipótese está correta, basta compararmos **o barulho predito** por mim e o **barulho observado** pelo fofocometro!

“Devemos considerar que o barulho é causado somente por **pessoas!**”

“O que causa esse **barulho?**”

fofocometro

ON

Para estimar o número de pessoas dentro da sala é preciso...

Para estimar o número de pessoas dentro da sala é preciso...

Etapa 1

Etapa 2

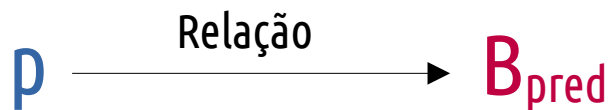
Etapa 3

Para estimar o número de pessoas dentro da sala é preciso...

Etapa 1

Etapa 2

Estabelecer a relação que possibilita, dado um número de pessoas, determinar o barulho predito.

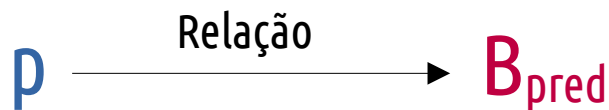


Etapa 3

Para estimar o número de pessoas dentro da sala é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **número de pessoas**, determinar o **barulho predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **barulho predito** e o **barulho observado**

B_{obs}

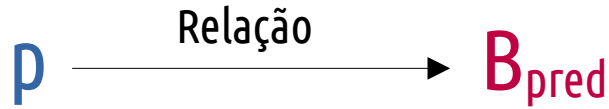
B_{pred}

Etapa 3

Para estimar o número de pessoas dentro da sala é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **número de pessoas**, determinar o **barulho predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **barulho predito** e o **barulho observado**

B_{obs}

B_{pred}

Etapa 3

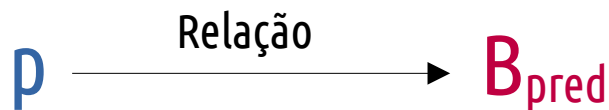
Procedimento 1

Procedimento 2

Para estimar o número de pessoas dentro da sala é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **número de pessoas**, determinar o **barulho predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **barulho predito** e o **barulho observado**

B_{obs}

B_{pred}

Etapa 3

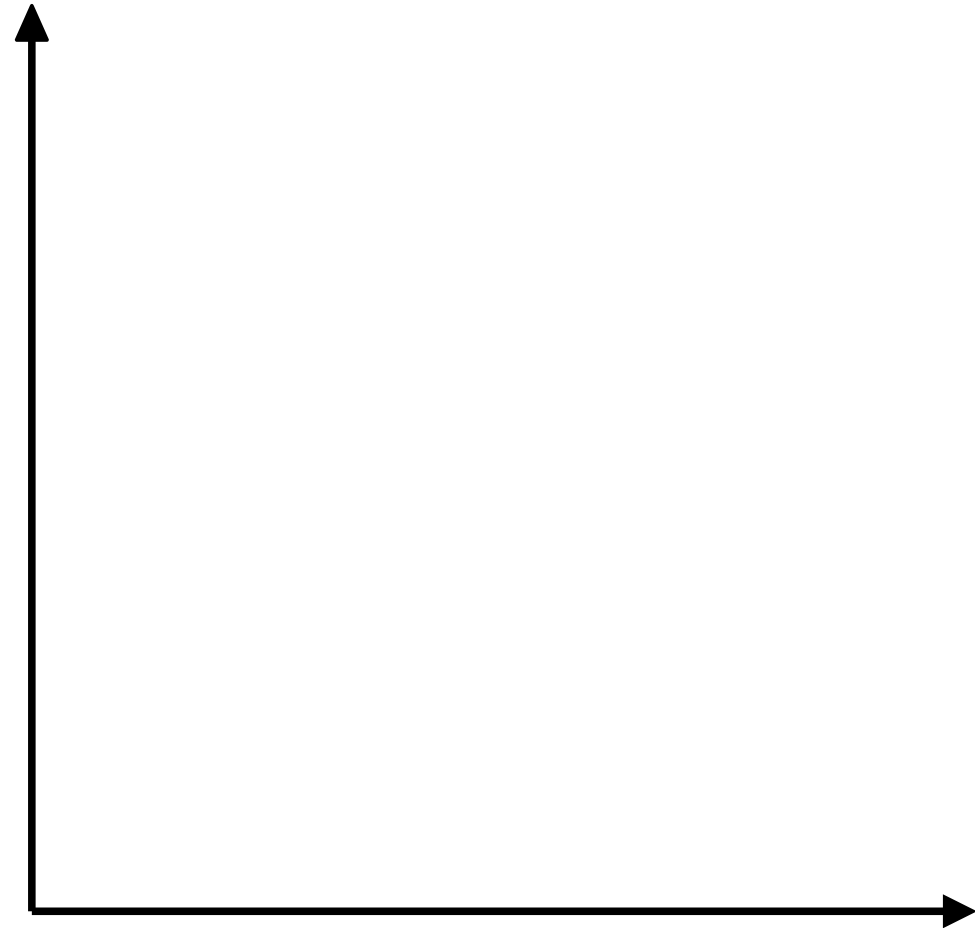
Procedimento 1

Fornecer o p que torna a diferença entre B_{obs} e B_{pred} a menor possível.

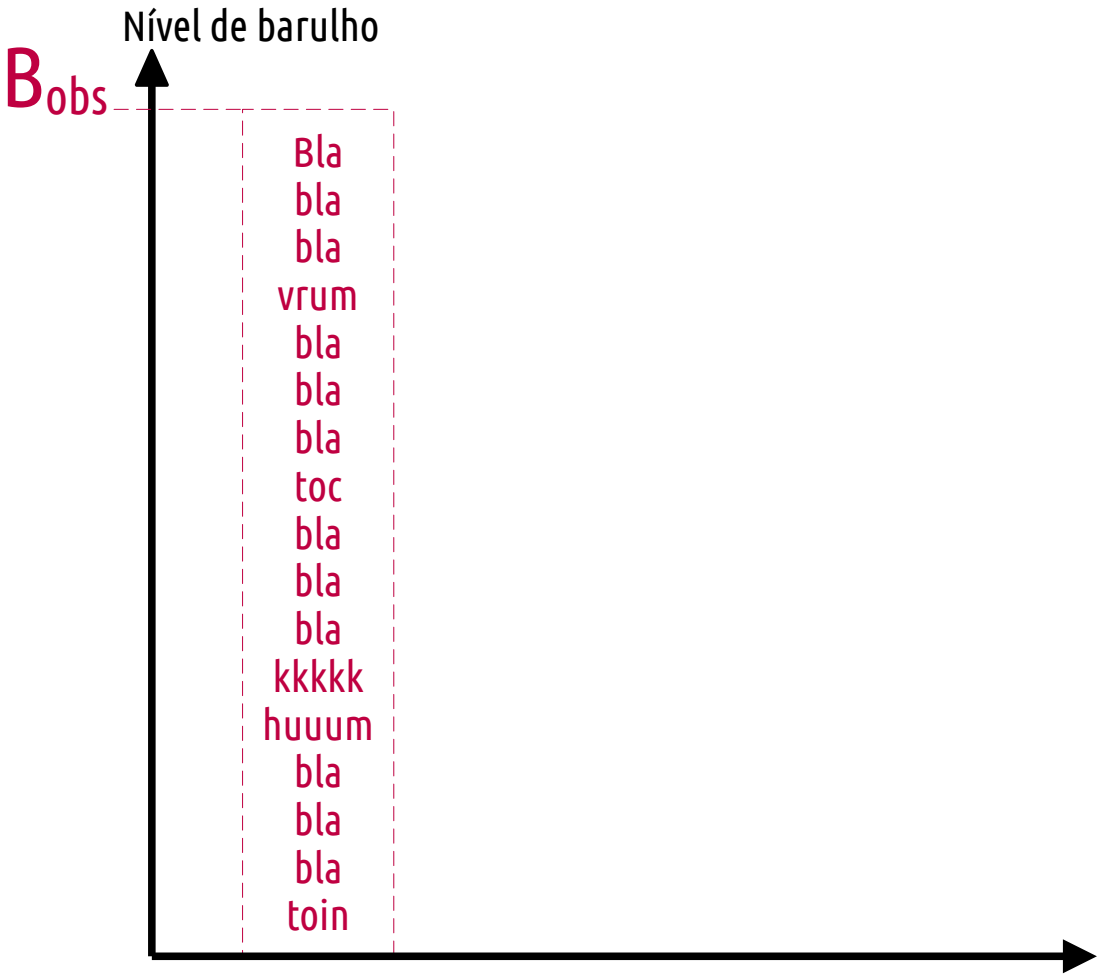
Procedimento 2

Começando pelo procedimento 1...

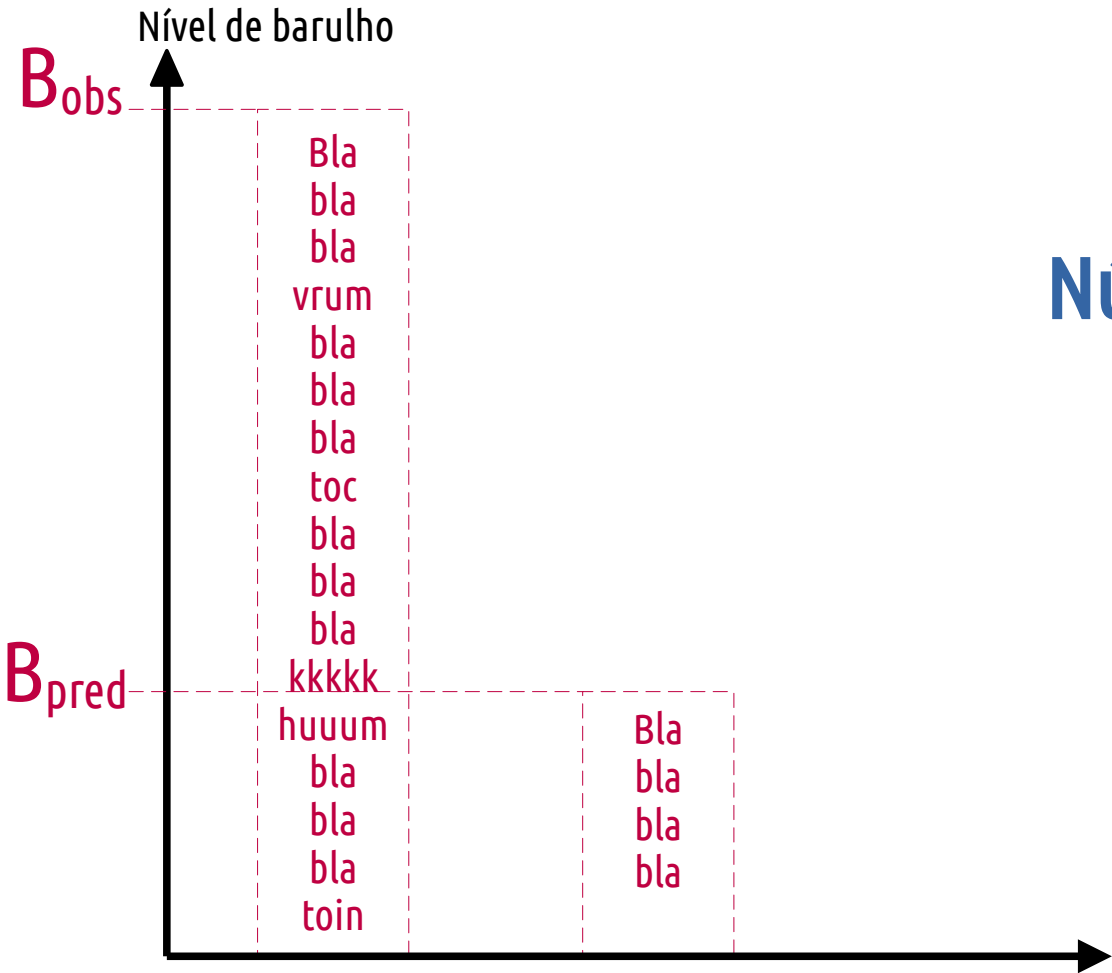
Nível de barulho



Começando pelo procedimento 1...



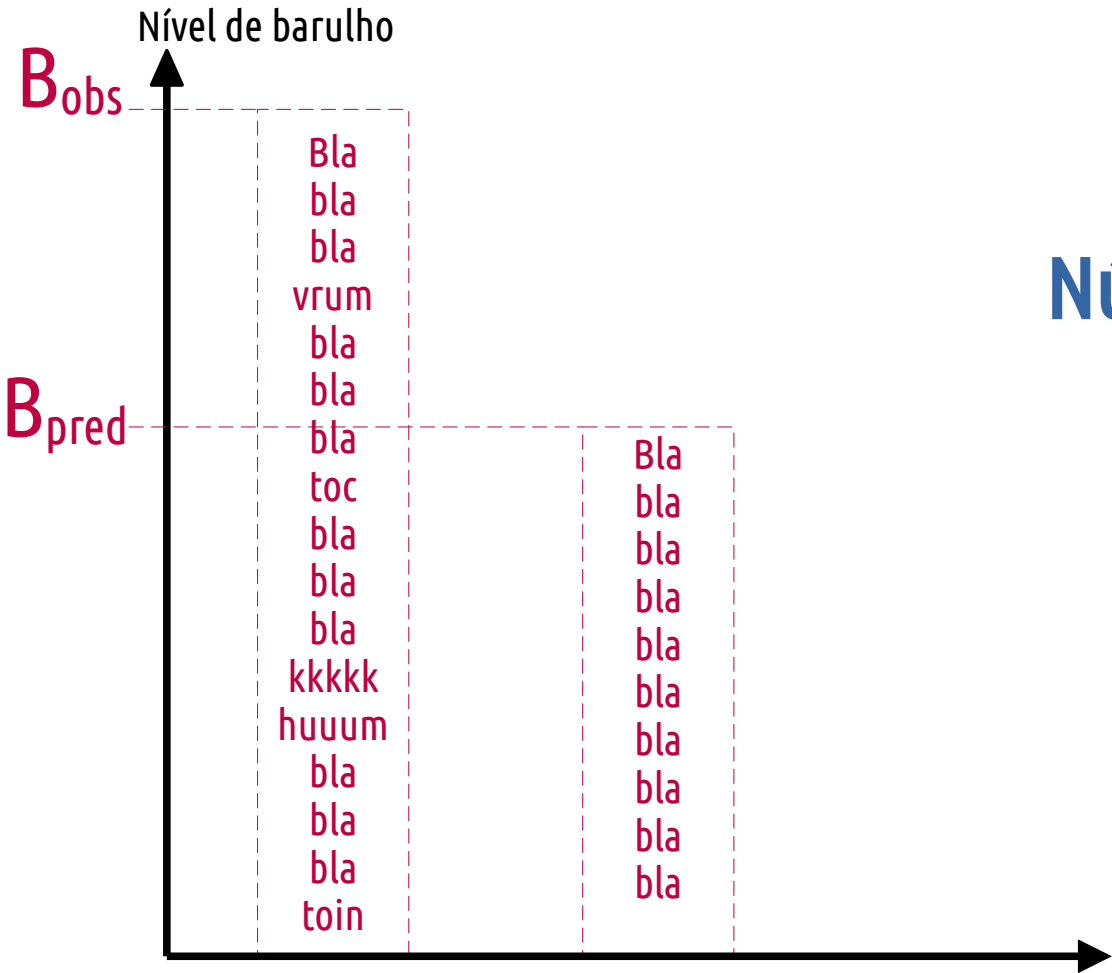
Começando pelo procedimento 1...



Número de pessoas

1

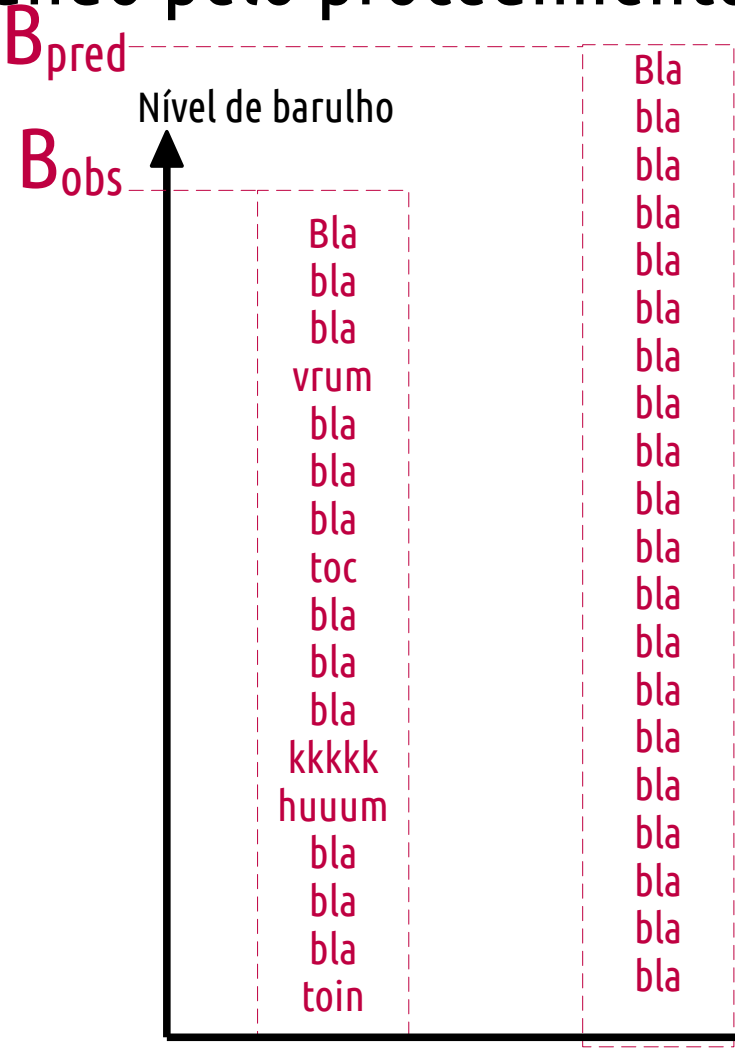
Começando pelo procedimento 1...



Número de pessoas

5

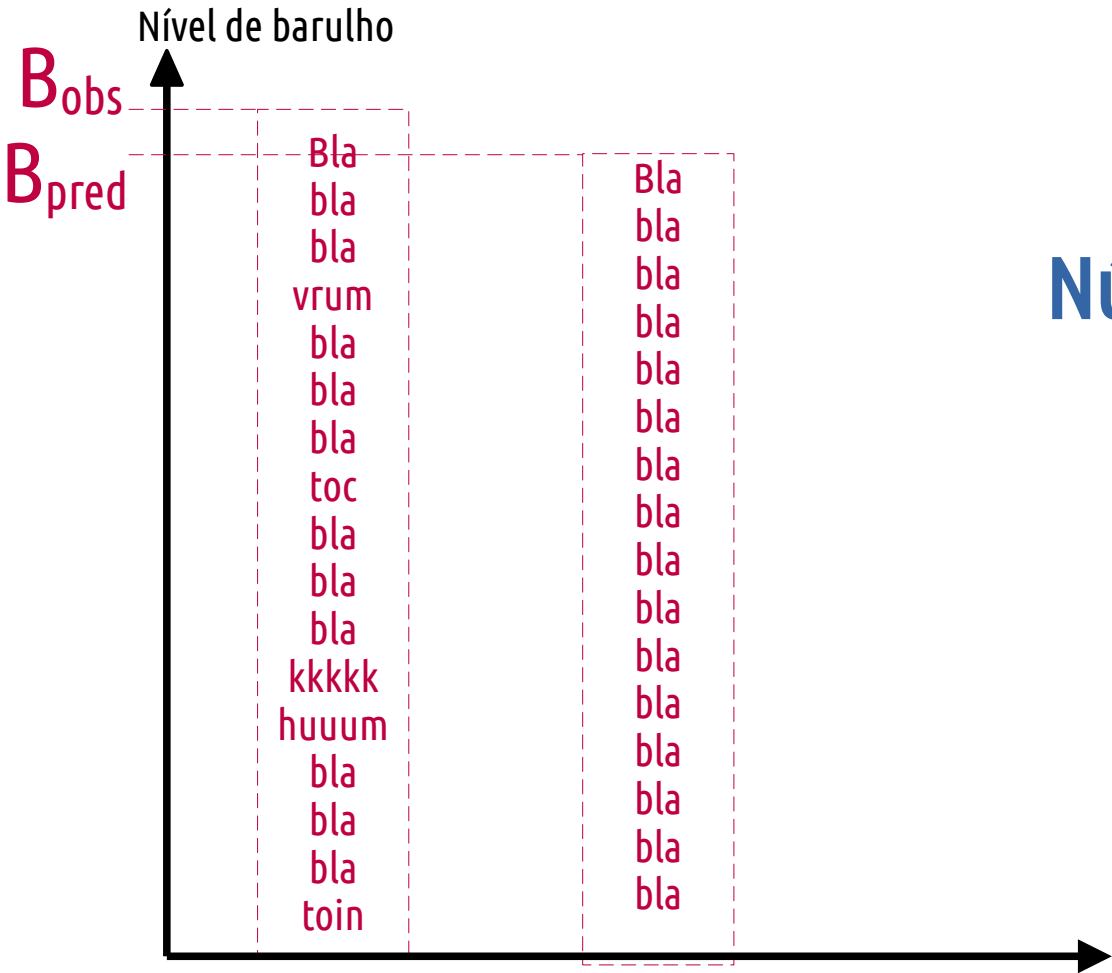
Começando pelo procedimento 1...



Número de pessoas

12

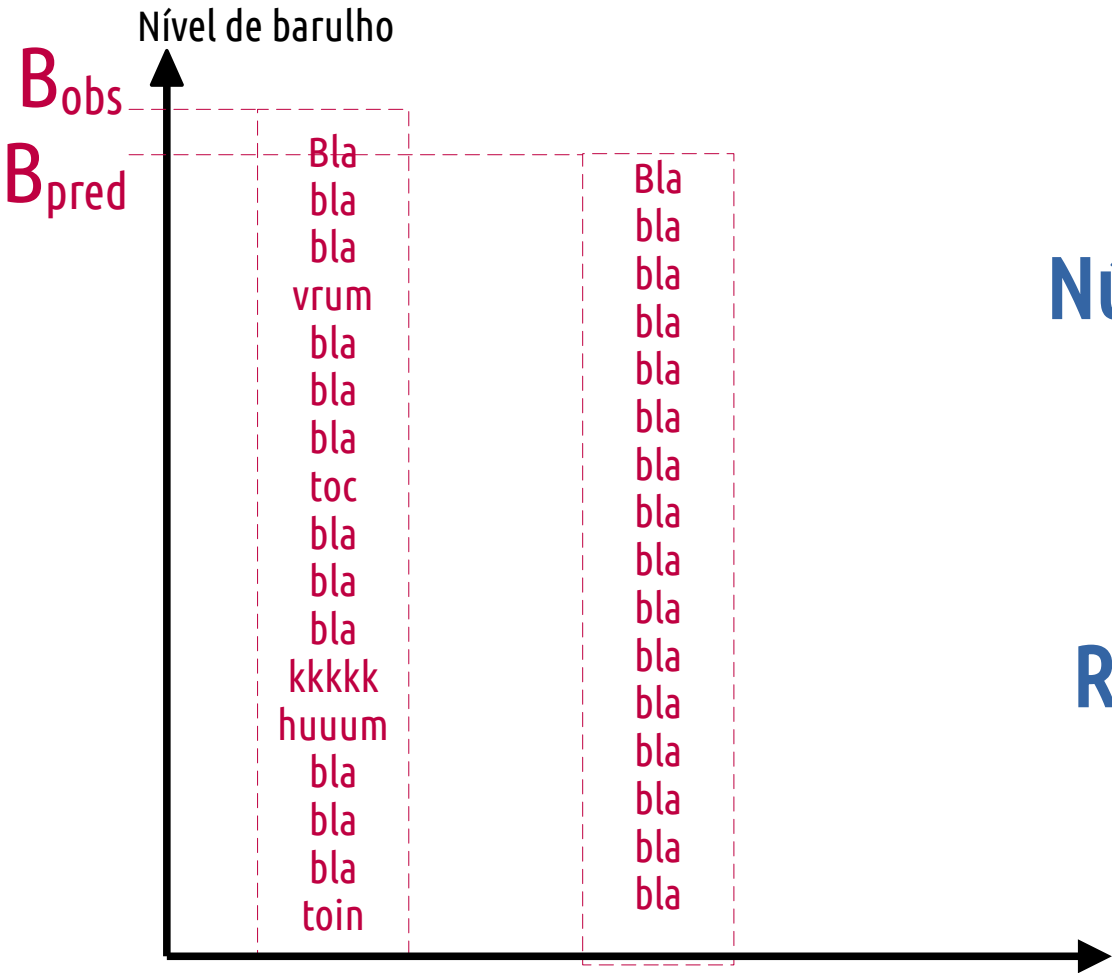
Começando pelo procedimento 1...



Número de pessoas

8

Começando pelo procedimento 1...



Número de pessoas

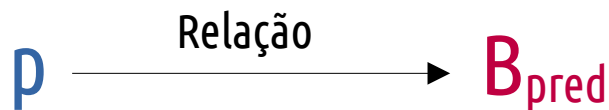
8

Resultado: 8 pessoas
dentro da sala!

Para estimar o número de pessoas dentro da sala é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **número de pessoas**, determinar o **barulho predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **barulho predito** e o **barulho observado**

B_{obs}

B_{pred}

Etapa 3

Procedimento 1

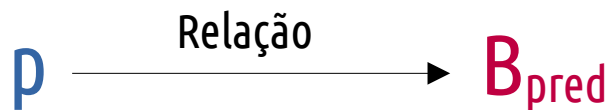
Fornecer o p que torna a diferença entre B_{obs} e B_{pred} a menor possível.

Procedimento 2

Para estimar o número de pessoas dentro da sala é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **número de pessoas**, determinar o **barulho predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **barulho predito** e o **barulho observado**

B_{obs}

B_{pred}

Etapa 3

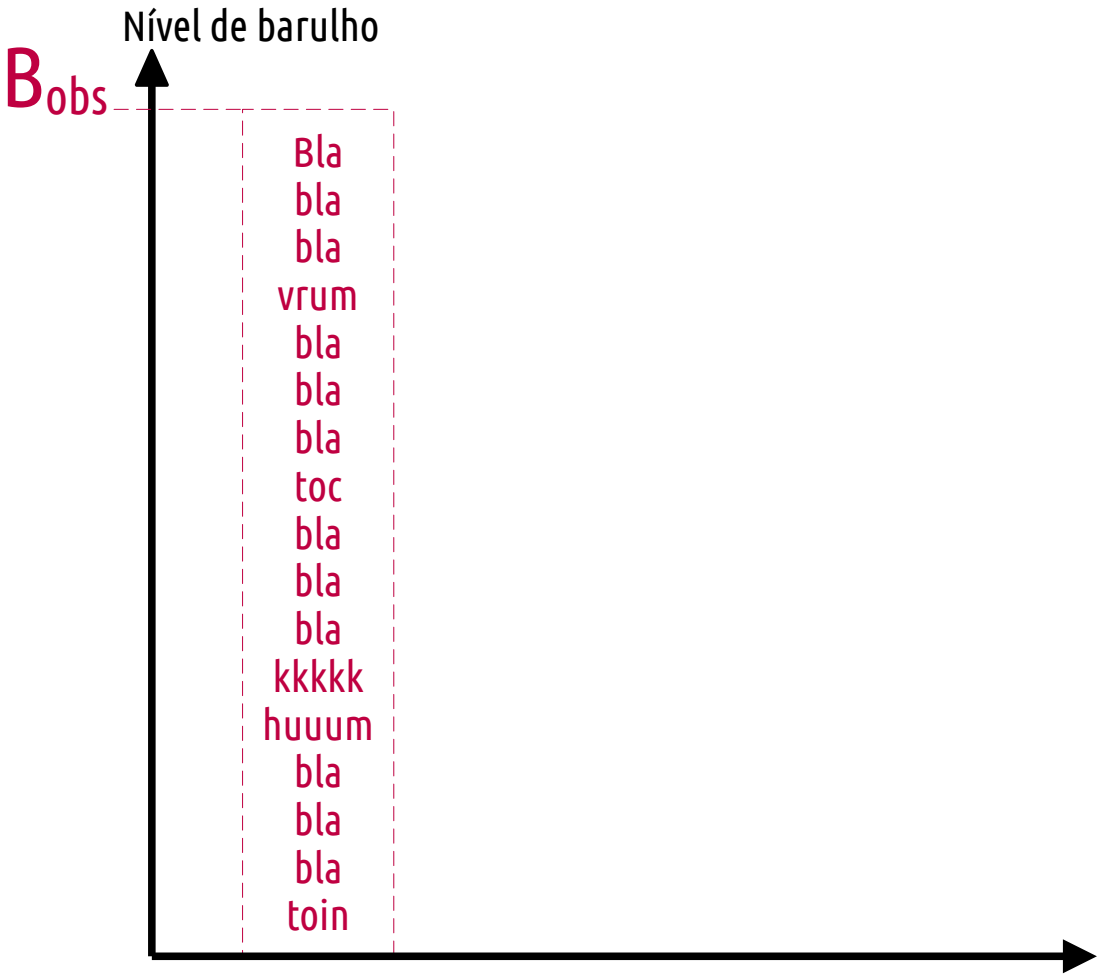
Procedimento 1

Fornecer o p que torna a diferença entre B_{obs} e B_{pred} a menor possível.

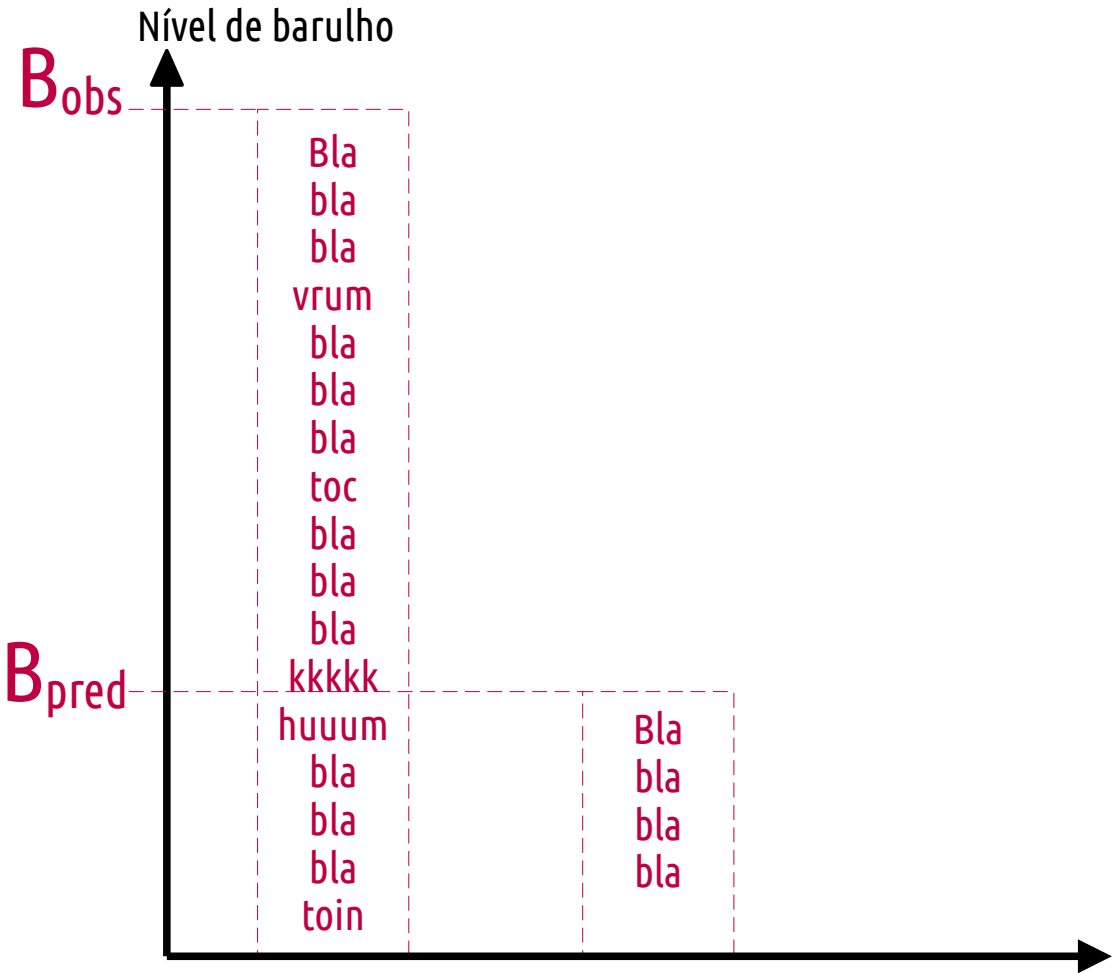
Procedimento 2

Estimar automaticamente o p que torna a diferença entre B_{obs} e B_{pred} a menor possível.

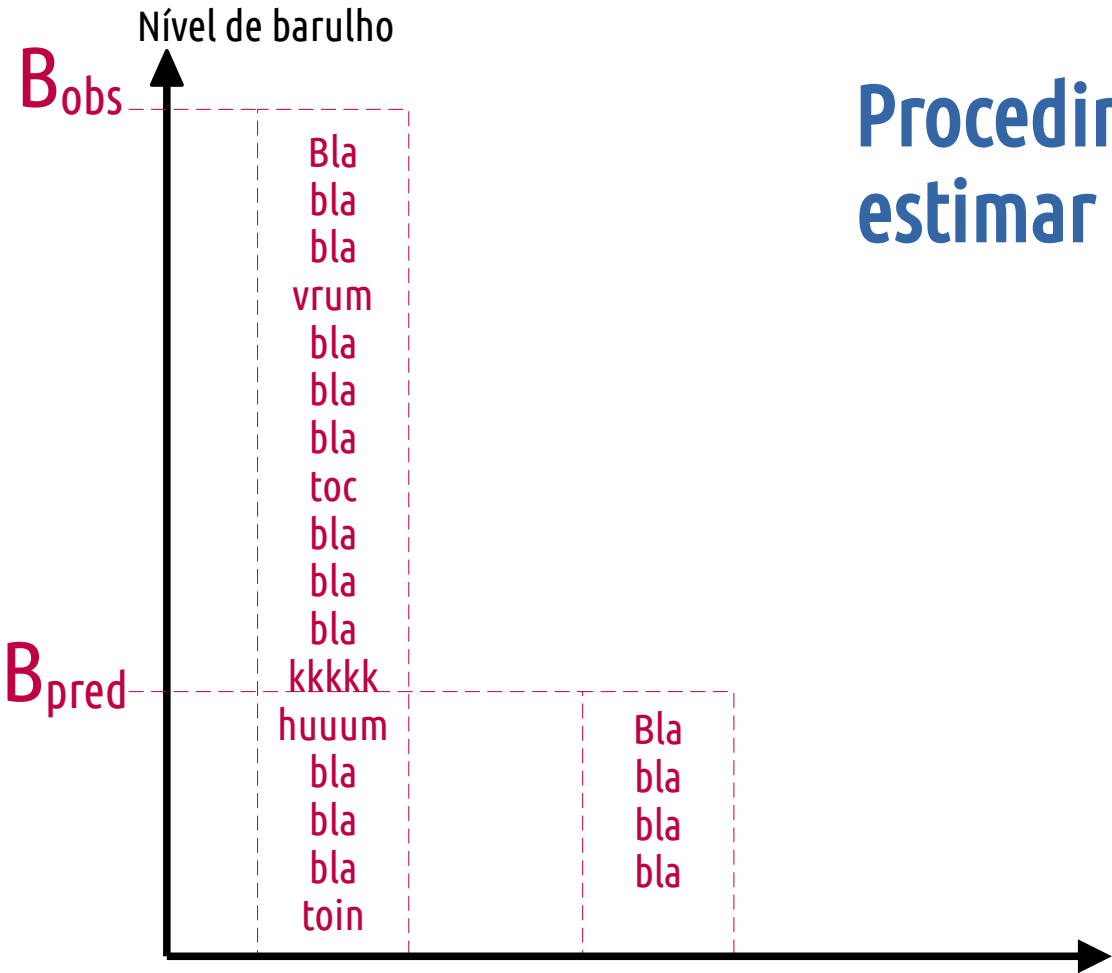
Começando pelo procedimento 2...



Começando pelo procedimento 2...



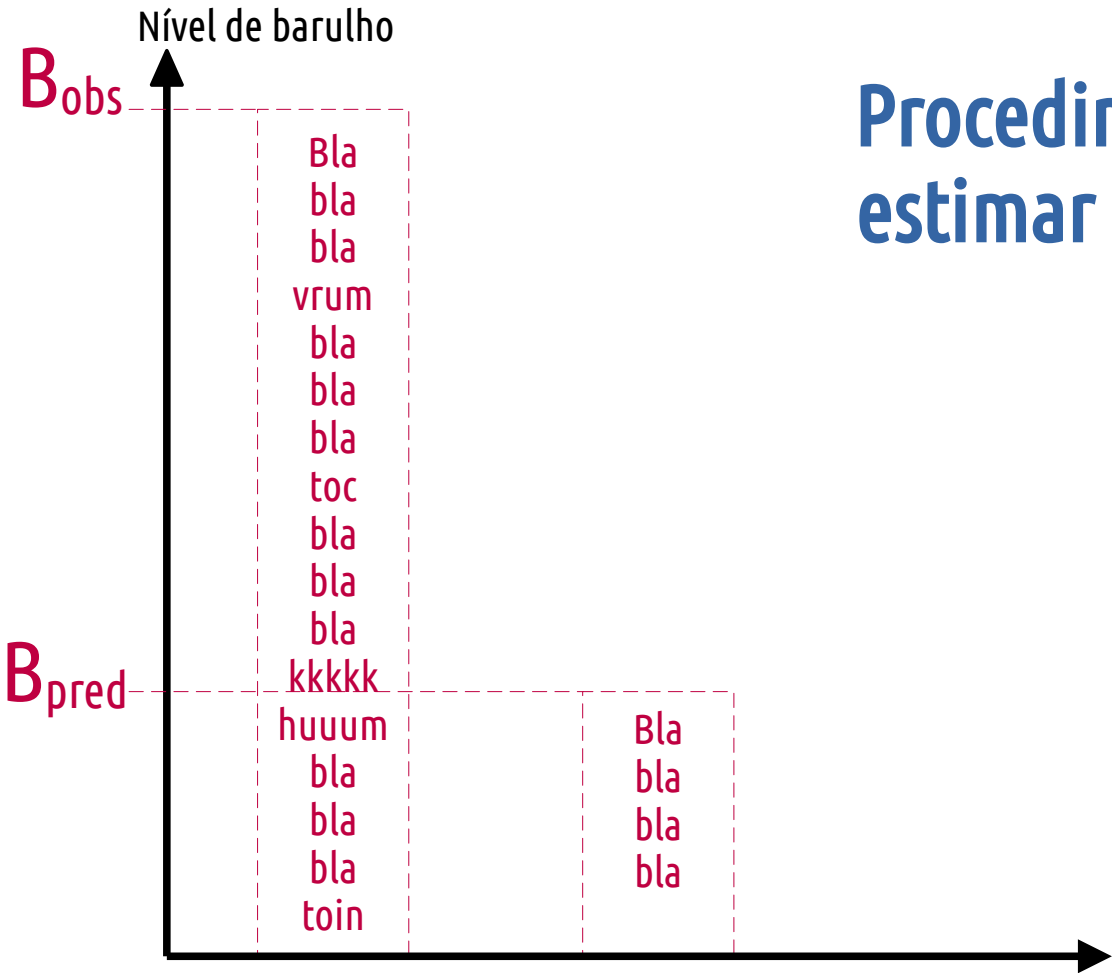
Começando pelo procedimento 2...



Procedimento automático em
estimar o número de pessoas

10%

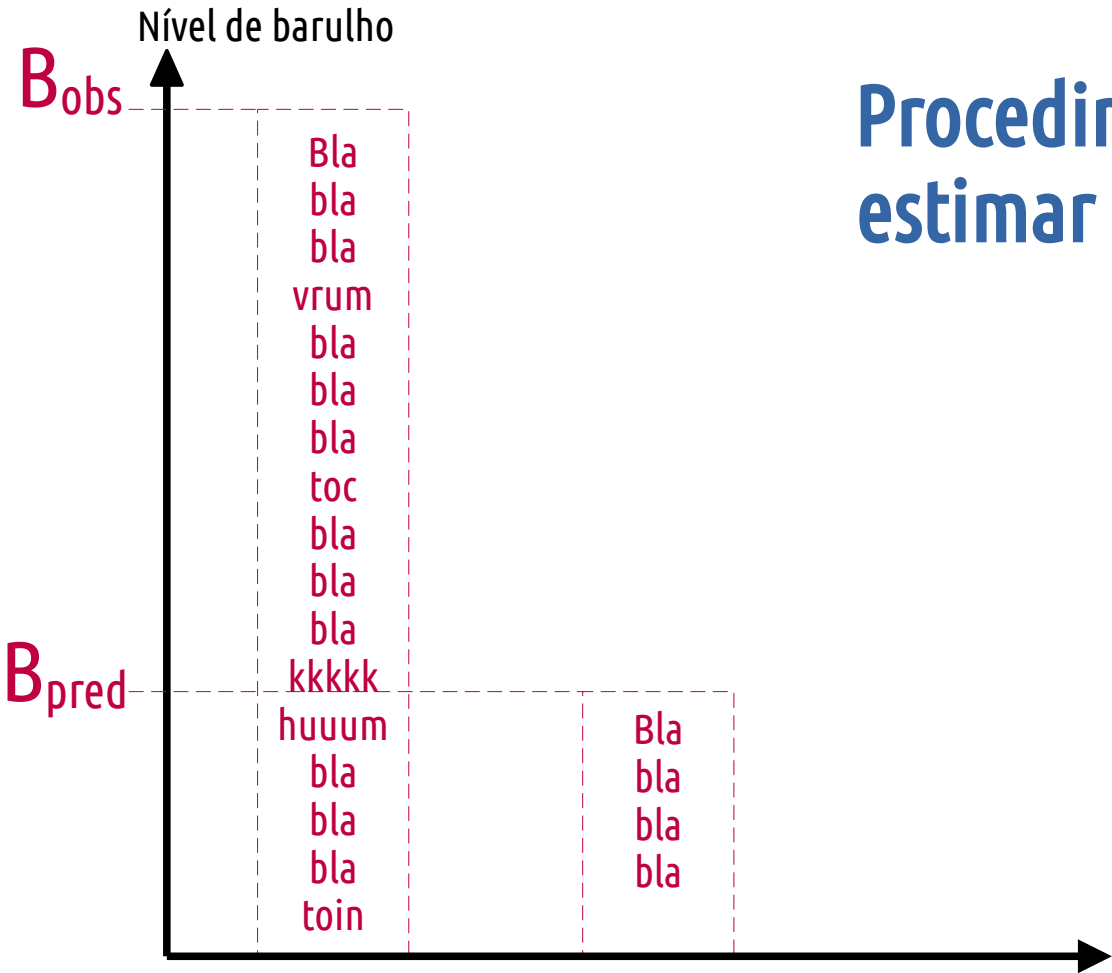
Começando pelo procedimento 2...



Procedimento automático em
estimar o número de pessoas

20%

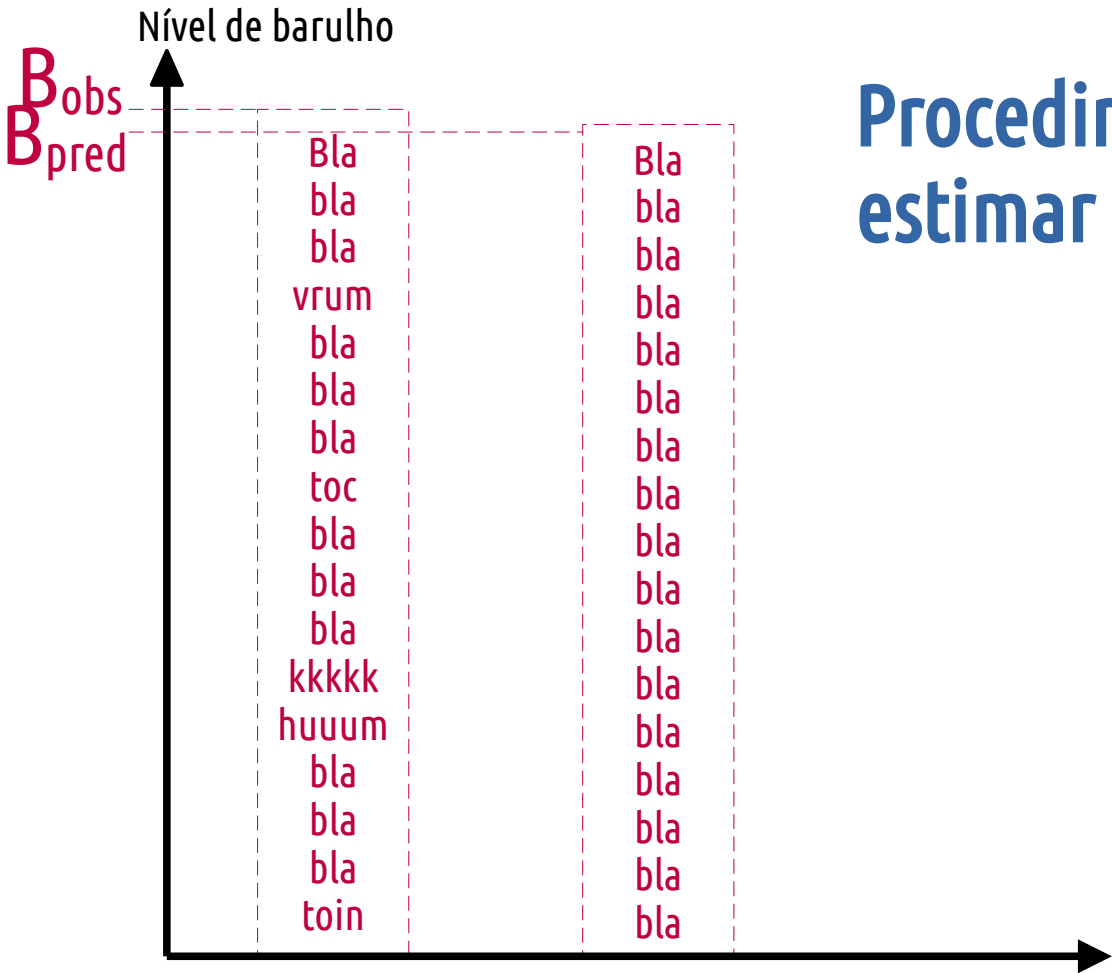
Começando pelo procedimento 2...



Procedimento automático em
estimar o número de pessoas

70%

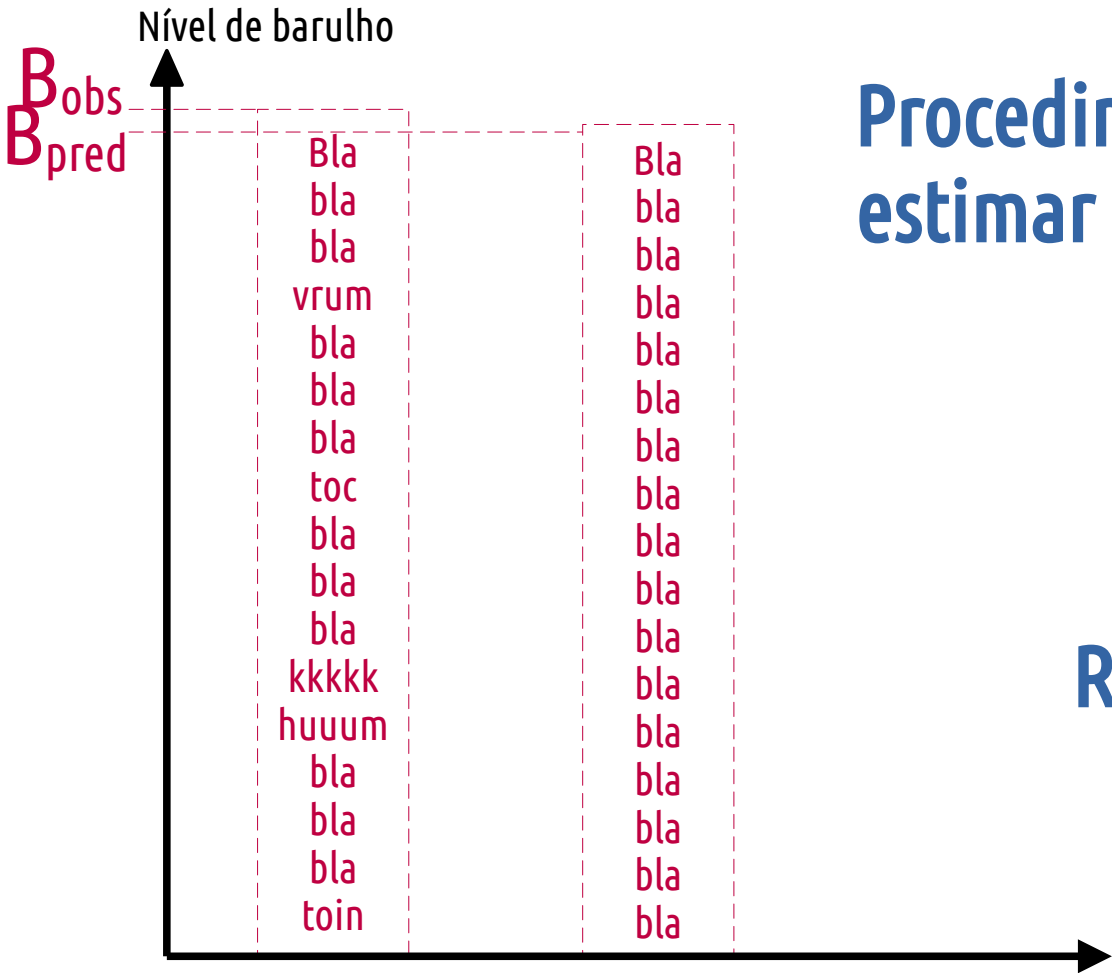
Começando pelo procedimento 2...



Procedimento automático em
estimar o número de pessoas

100%

Começando pelo procedimento 2...



Procedimento automático em
estimar o número de pessoas

100%

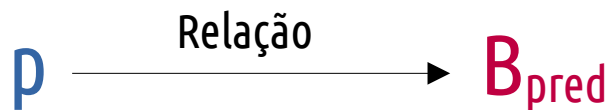
Resultado: 9 pessoas
dentro da sala!

Quais os conceitos embutidos
dentro dessa historinha?

Para estimar o número de pessoas dentro da sala é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **número de pessoas**, determinar o **barulho predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **barulho predito** e o **barulho observado**

B_{obs}

B_{pred}

Etapa 3

Procedimento 1

Fornecer o **p** que torna a diferença entre B_{obs} e B_{pred} a menor possível.

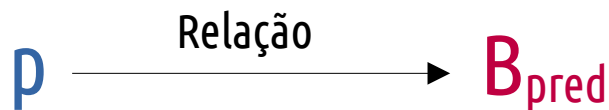
Procedimento 2

Estimar automaticamente o **p** que torna a diferença entre B_{obs} e B_{pred} a menor possível.

Para estimar o número de pessoas dentro da sala é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **número de pessoas**, determinar o **barulho predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **barulho predito** e o **barulho observado**

B_{obs} **B_{pred}**

Etapa 3

O **barulho observado** é a única coisa que temos em mãos e, portanto, é o nosso **dado observado**

Procedimento 1

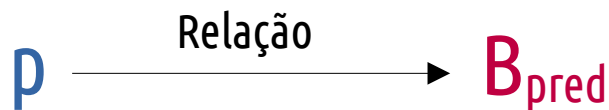
Fornecer o **p** que torna a diferença entre **B_{obs}** e **B_{pred}** a menor possível.

Estimar automaticamente o **p** que torna a diferença entre **B_{obs}** e **B_{pred}** a menor possível.

Para estimar o número de pessoas dentro da sala é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **número de pessoas**, determinar o **barulho predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **barulho predito** e o **dado observado**

d_{obs}

B_{pred}

Etapa 3

Procedimento 1

Fornecer o p que torna a diferença entre d_{obs} e B_{pred} a menor possível.

Procedimento 2

Estimar automaticamente o p que torna a diferença entre d_{obs} e B_{pred} a menor possível.

Para estimar o número de pessoas dentro da sala é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um número de pessoas, determinar o barulho predito.

p — Relação —→ B_{pred}

Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a

O número de pessoas é o conjunto de parâmetros que descreve, quantitativamente, a possível causa do dado observado.

Etapa 3

Procedimento 1

Fornecer o p que torna a diferença entre d_{obs} e B_{pred} a menor possível.

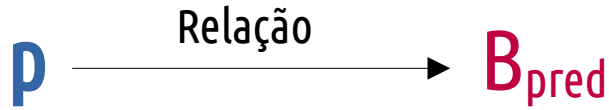
Procedimento 2

Estimar automaticamente o p que torna a diferença entre d_{obs} e B_{pred} a menor possível.

Para estimar o conjunto de parâmetros é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **conjunto de parâmetros**, determinar o **barulho predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **barulho predito** e o **dado observado**

d_{obs}

B_{pred}

Etapa 3

Procedimento 1

Fornecer o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **B_{pred}** a menor possível.

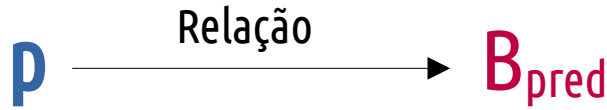
Procedimento 2

Estimar automaticamente o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **B_{pred}** a menor possível.

Para estimar o conjunto de parâmetros é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **conjunto de parâmetros**, determinar o **barulho predito**.



Etapa 2

O **barulho predito** representa o **dado** barulho que seria produzido por um **conjunto de pessoas**. Representa o **dado predito** por um **conjunto de parâmetros**.

Etapa 3

Procedimento 1

Fornecer o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **B_{pred}** a menor possível.

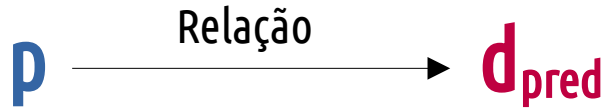
Procedimento 2

Estimar automaticamente o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **B_{pred}** a menor possível.

Para estimar o conjunto de parâmetros é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **conjunto de parâmetros**, determinar o **dado predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **dado predito** e o **dado observado**

d_{obs}

d_{pred}

Etapa 3

Procedimento 1

Fornecer o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **d_{pred}** a menor possível.

Procedimento 2

Estimar automaticamente o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **d_{pred}** a menor possível.

Para estimar o conjunto de parâmetros é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **conjunto de parâmetros**, determinar o **dado predito**.

p

Relação



Matematicamente, a relação é uma função que descreve os dados preditos gerados por um conjunto de parâmetros.

d_{pred}

Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **dado predito** e o **dado observado**

Procedimento 1

Fornecer o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **d_{pred}** a menor possível.

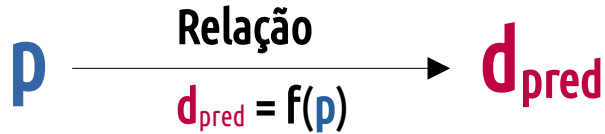
Procedimento 2

Estimar automaticamente o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **d_{pred}** a menor possível.

Para estimar o conjunto de parâmetros é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **conjunto de parâmetros**, determinar o **dado predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **dado predito** e o **dado observado**

d_{obs}

d_{pred}

Etapa 3

Procedimento 1

Fornecer o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **d_{pred}** a menor possível.

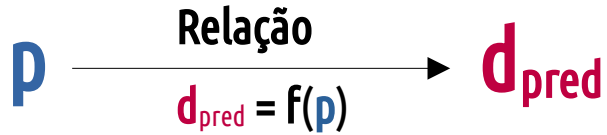
Procedimento 2

Estimar automaticamente o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **d_{pred}** a menor possível.

Para estimar o conjunto de parâmetros é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **conjunto de parâmetros**, determinar o **dado predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **dado predito** e o **dado observado**

d_{obs}

d_{pred}

Etapa 3

Modelagem direta

Fornecer o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **d_{pred}** a menor possível.

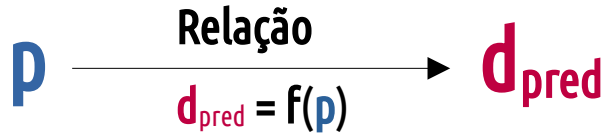
Procedimento 2

Estimar automaticamente o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **d_{pred}** a menor possível.

Para estimar o conjunto de parâmetros é preciso...

Etapa 1

Estabelecer a relação que possibilita, dado um **conjunto de parâmetros**, determinar o **dado predito**.



Etapa 2

Estabelecer uma maneira de quantificar a diferença entre o **dado predito** e o **dado observado**

d_{obs}

d_{pred}

Etapa 3

Modelagem direta

Fornecer o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **d_{pred}** a menor possível.

Inversão

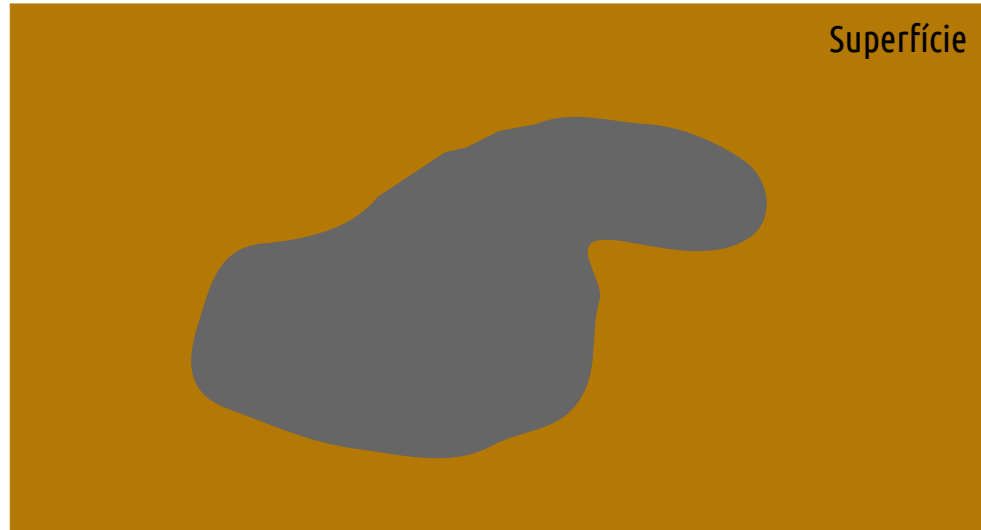
Estimar automaticamente o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **d_{pred}** a menor possível.

Resumo dos conceitos

- * Dado observado
- * Dado predito
- * Parâmetro
- * Problema direto
- * Modelagem direta
- * Problema inverso

Como acontece isso tudo na
prática?

Imagine que exista um corpo em
subsuperfície



Imagine que exista um corpo em
subsuperfície

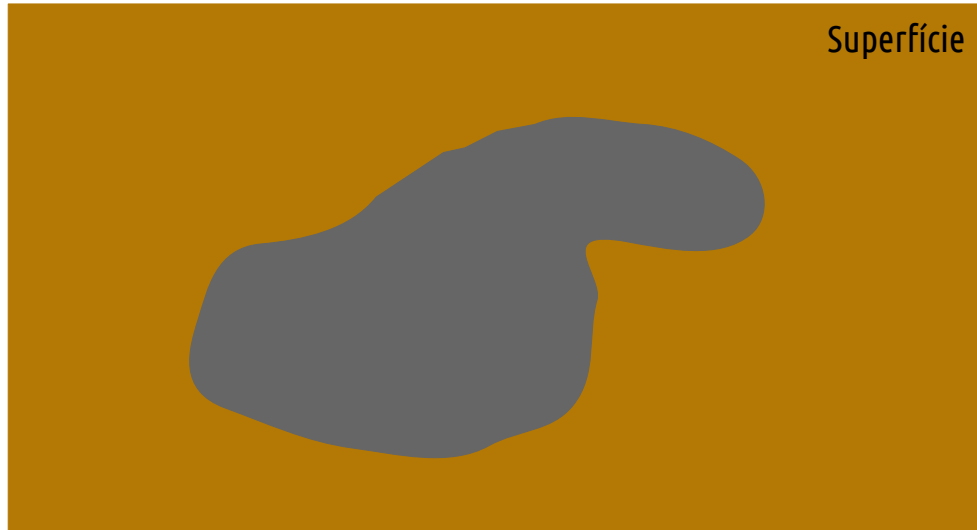
E a profundidade do topo? E a geometria? E a
distribuição de propriedade física?



Imagine que exista um corpo em
subsuperfície

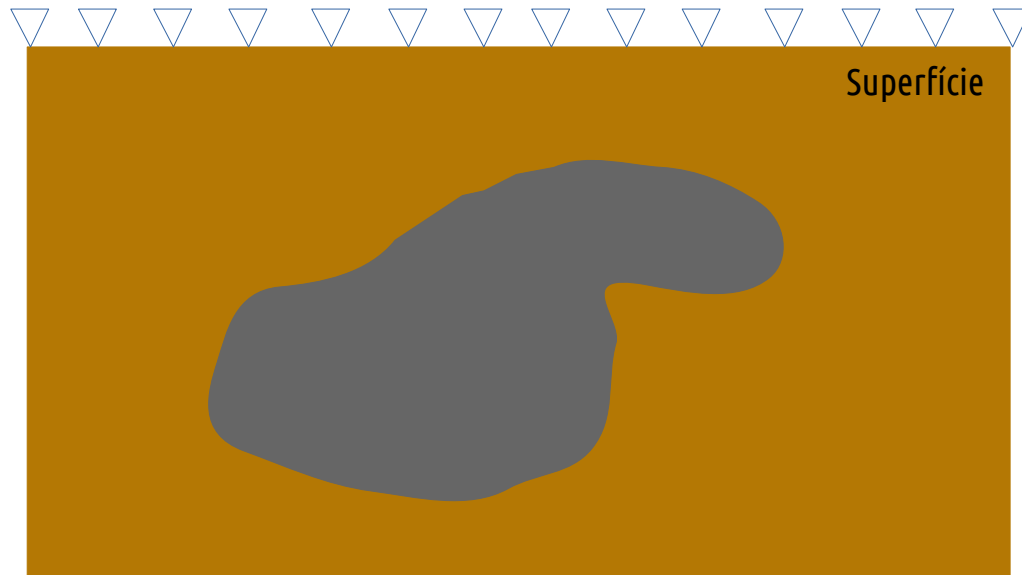
E a profundidade do topo? E a geometria? E a
distribuição de propriedade física?

Conjunto de **dados observados**

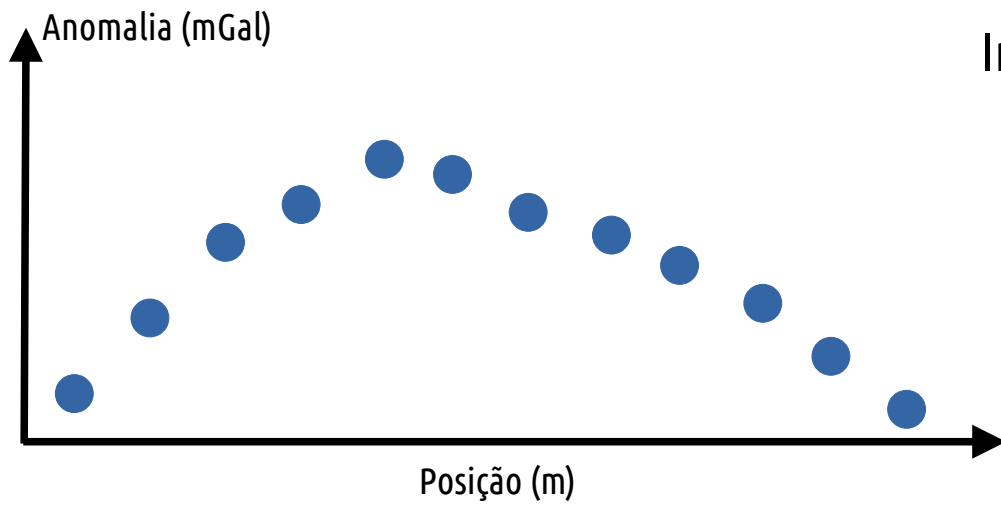


Imagine que exista um corpo em
subsuperfície

E a profundidade do topo? E a geometria? E a
distribuição de propriedade física?

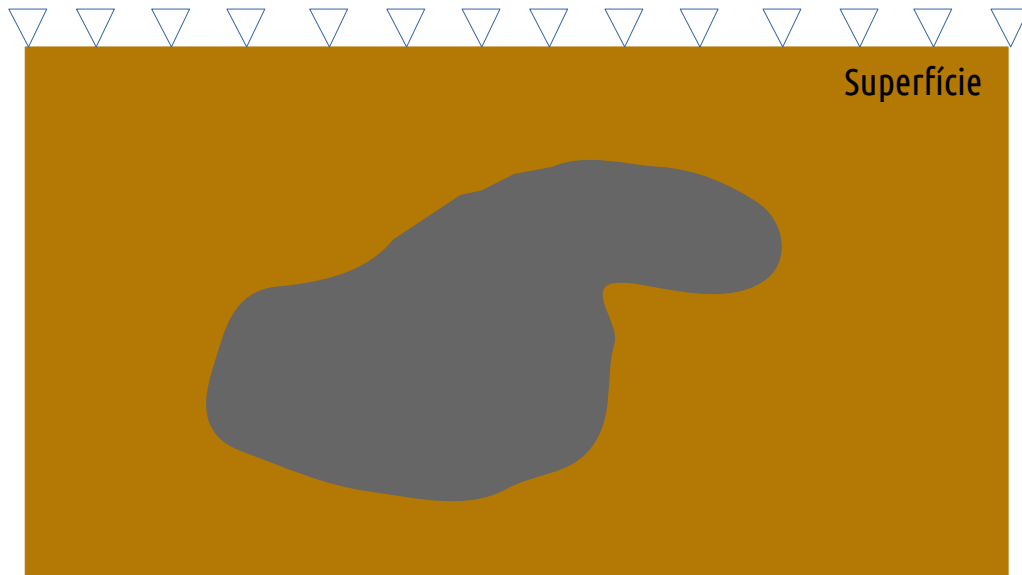


Conjunto de **dados observados**

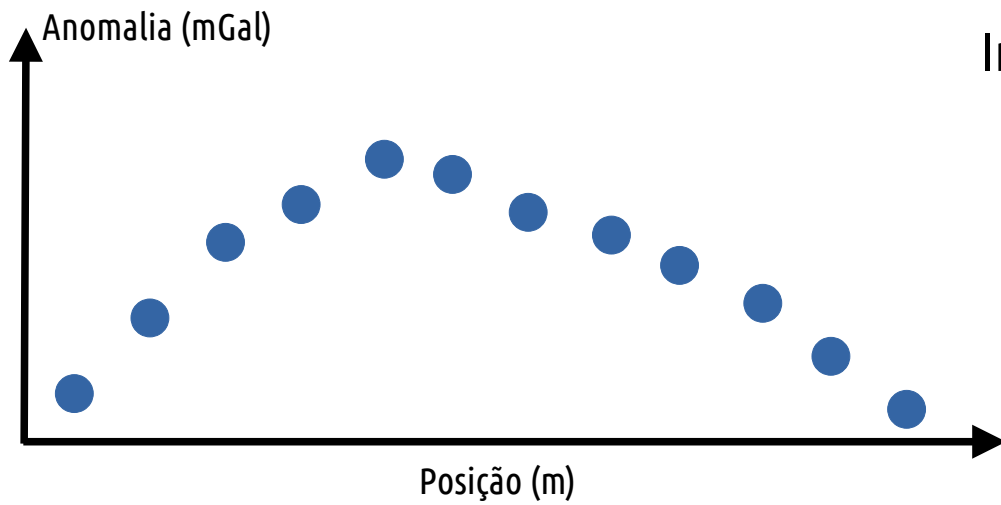


Imagine que exista um corpo em subsuperfície

E a profundidade do topo? E a geometria? E a distribuição de propriedade física?

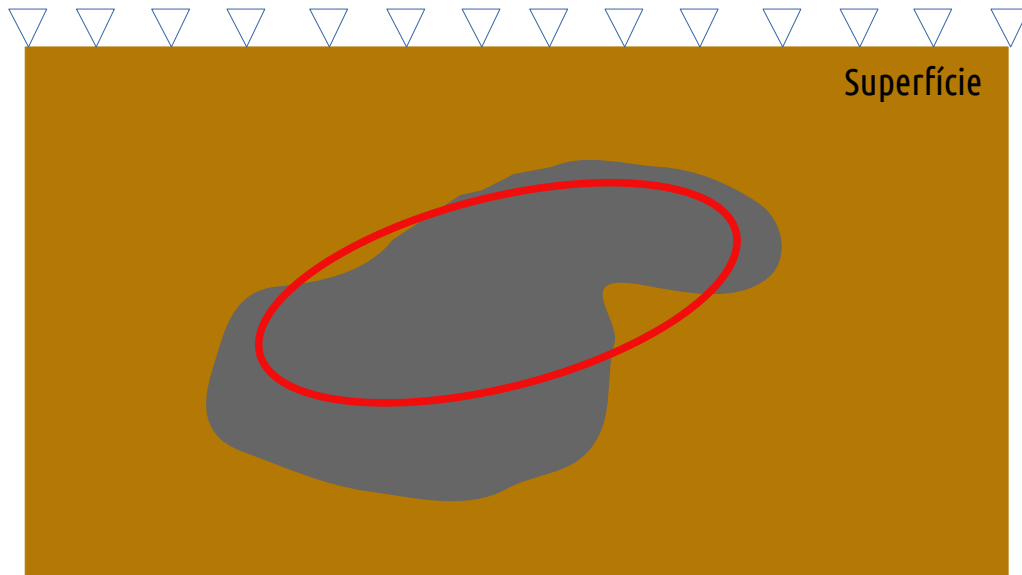


Conjunto de **dados observados**

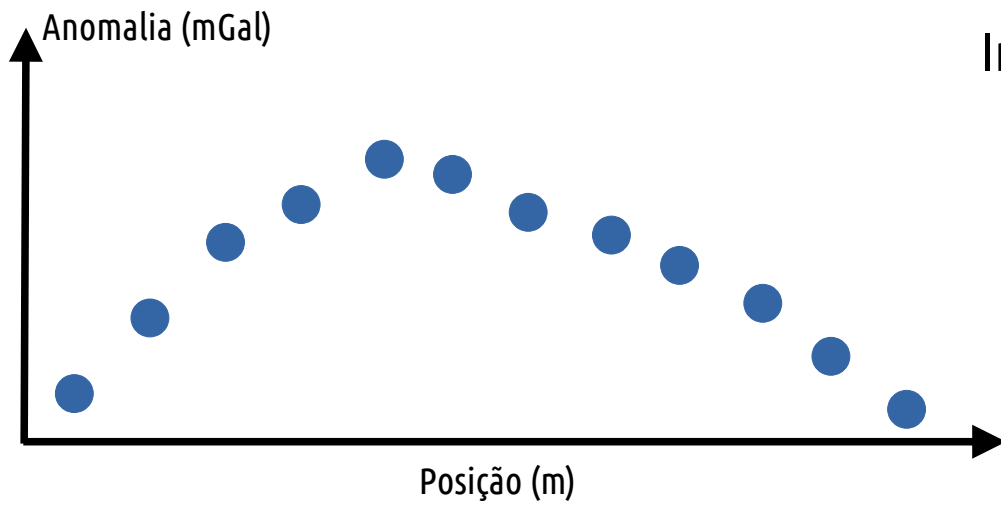


Imagine que exista um corpo em subsuperfície

E a profundidade do topo? E a geometria? E a distribuição de propriedade física?

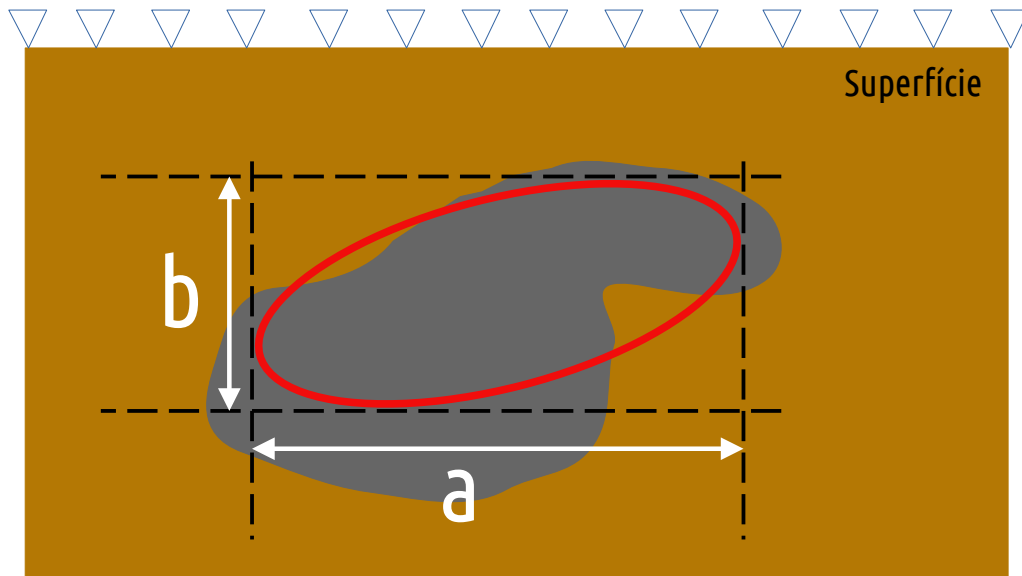


Conjunto de **dados observados**

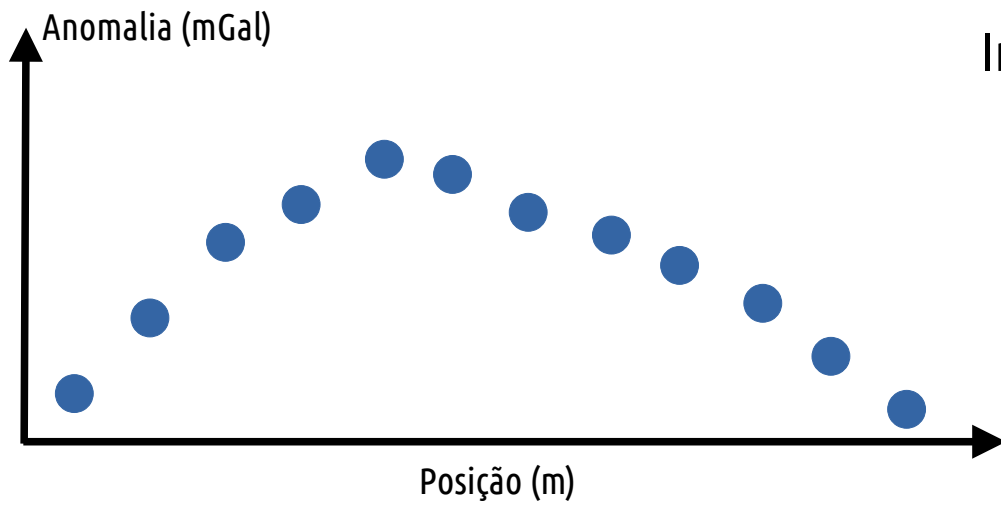


Imagine que exista um corpo em subsuperfície

E a profundidade do topo? E a geometria? E a distribuição de propriedade física?

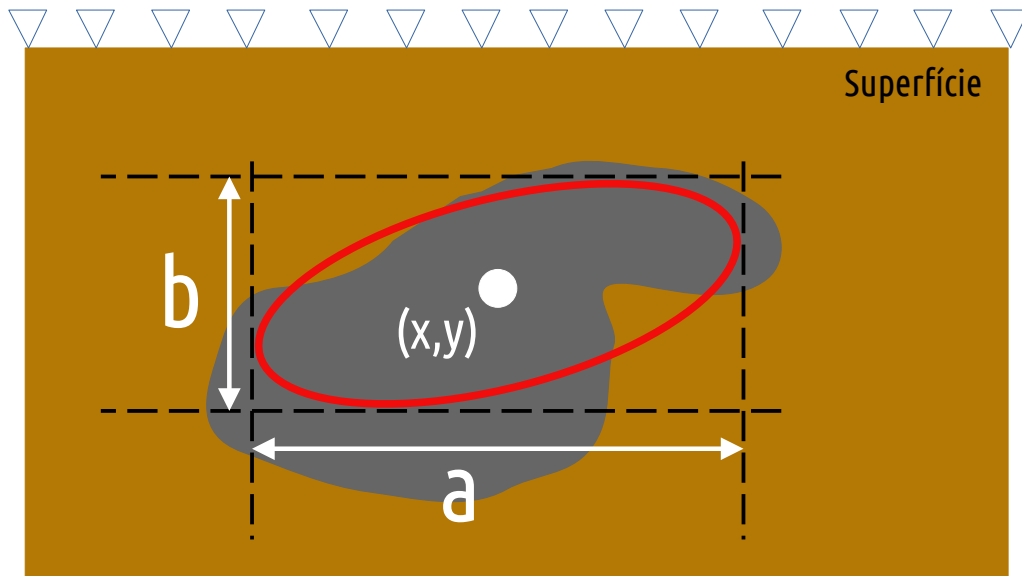


Conjunto de **dados observados**

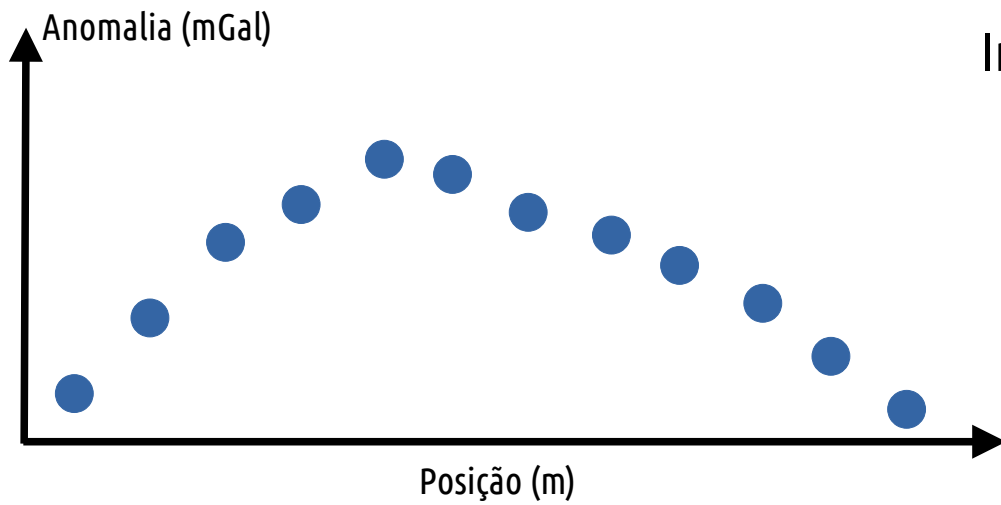


Imagine que exista um corpo em subsuperfície

E a profundidade do topo? E a geometria? E a distribuição de propriedade física?

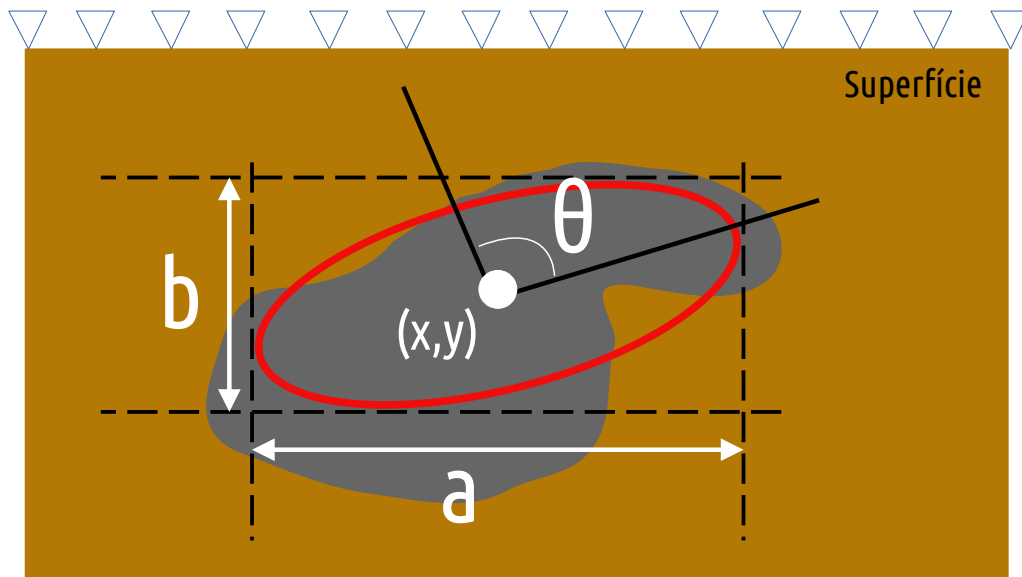


Conjunto de **dados observados**

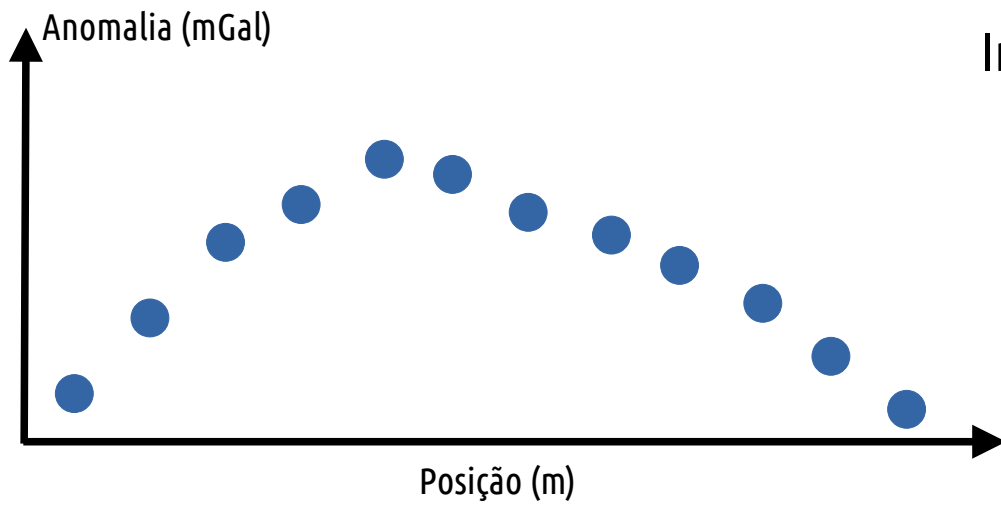


Imagine que exista um corpo em subsuperfície

E a profundidade do topo? E a geometria? E a distribuição de propriedade física?

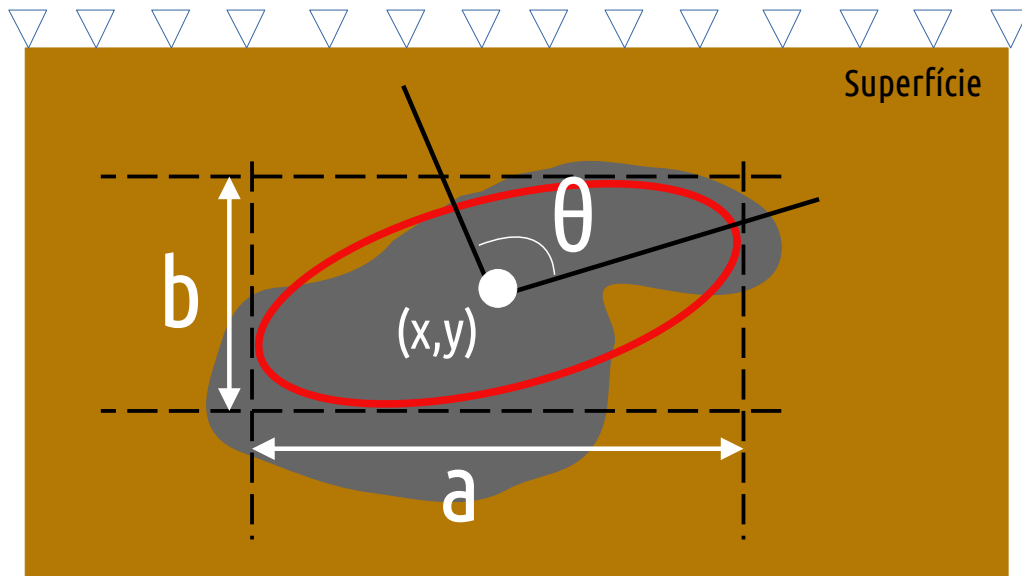


Conjunto de **dados observados**



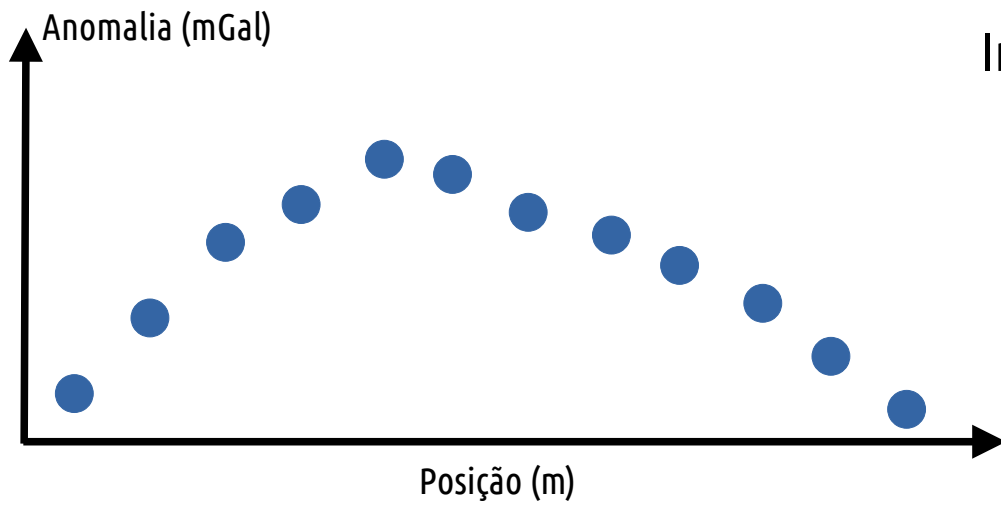
Imagine que exista um corpo em subsuperfície

E a profundidade do topo? E a geometria? E a distribuição de propriedade física?



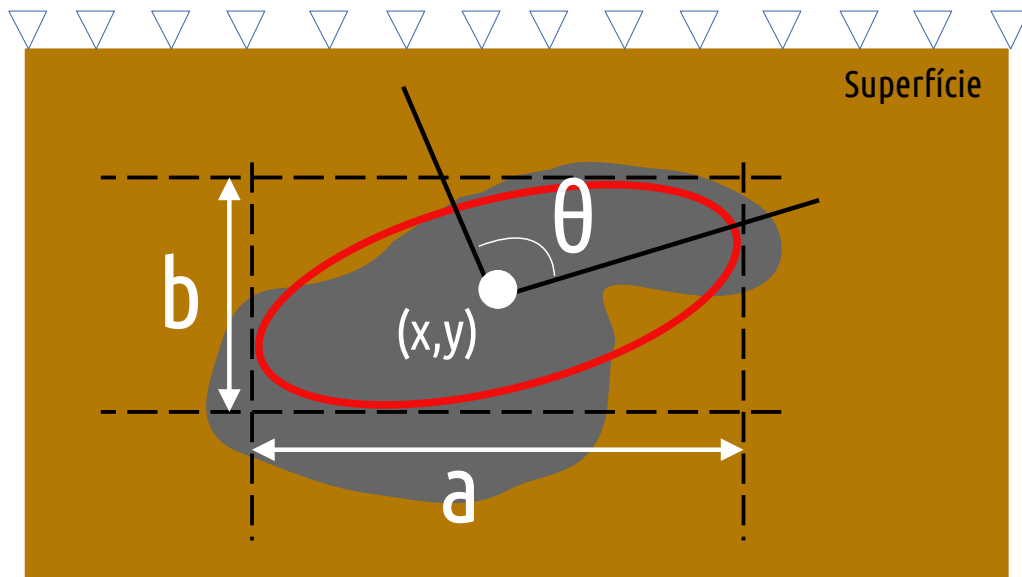
Conjunto de **dados observados**

Precisamos estabelecer uma relação funcional $f(x, y, a, b, \theta)$ para calcular os **dados preditos**



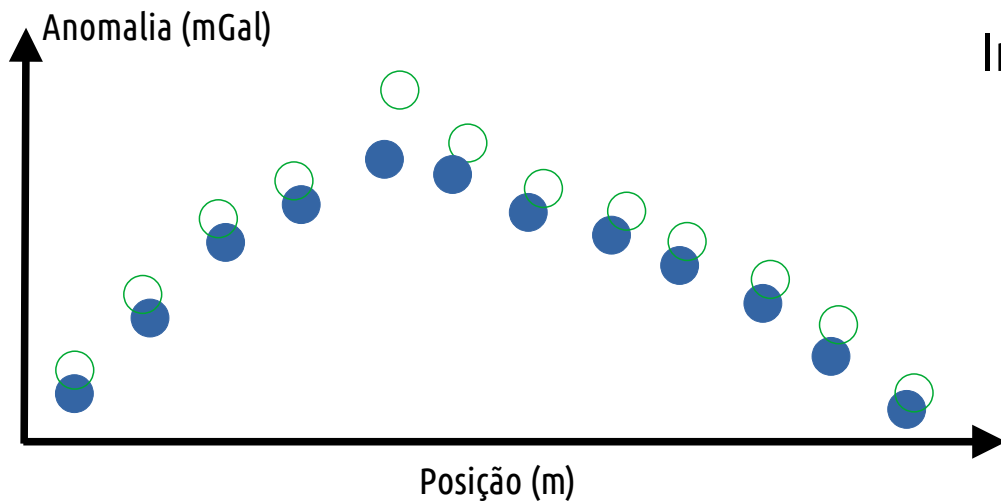
Imagine que exista um corpo em subsuperfície

E a profundidade do topo? E a geometria? E a distribuição de propriedade física?



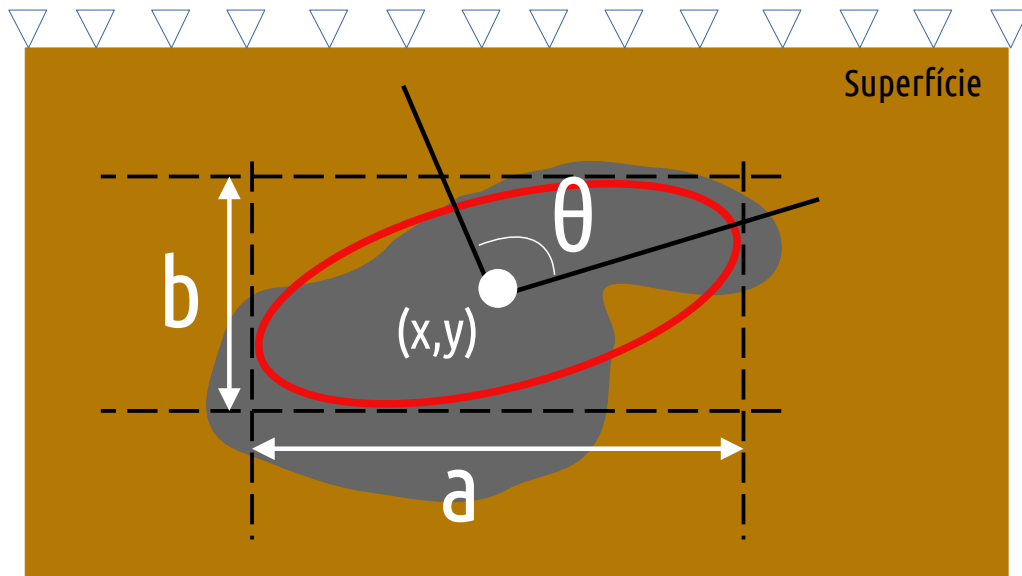
Conjunto de **dados observados**

Precisamos estabelecer uma relação funcional $f(x, y, a, b, \theta)$ para calcular os **dados preditos**



Imagine que exista um corpo em subsuperfície

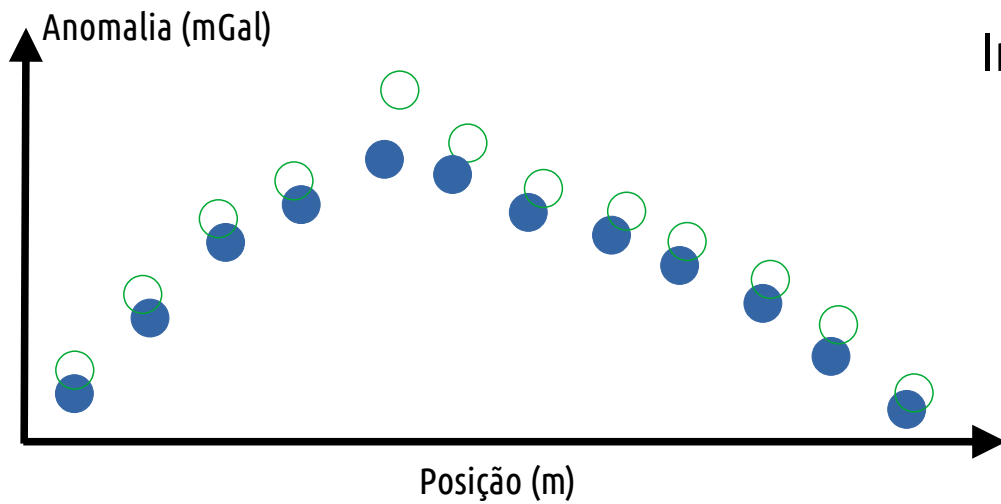
E a profundidade do topo? E a geometria? E a distribuição de propriedade física?



Conjunto de **dados observados**

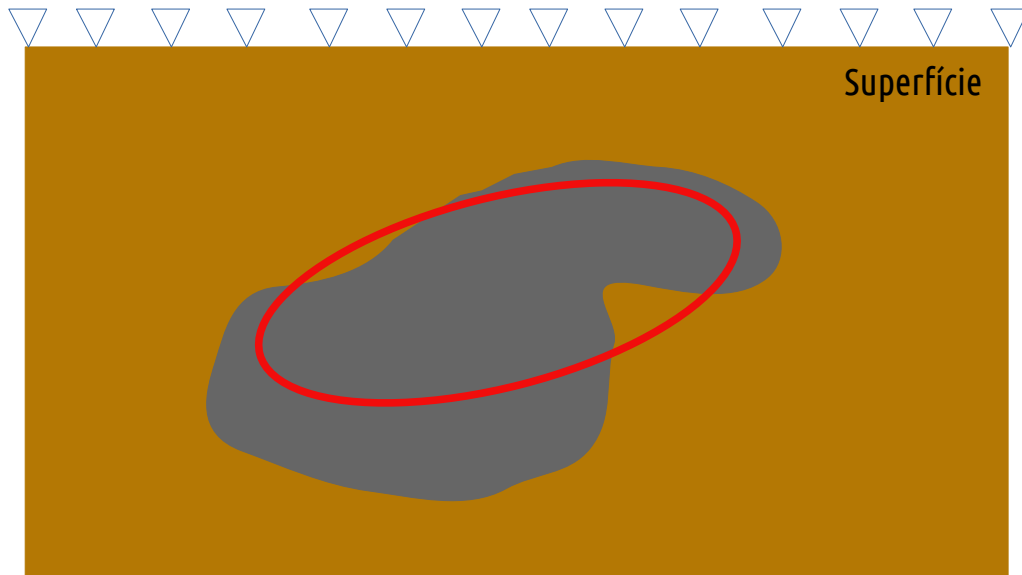
Precisamos estabelecer uma relação funcional $f(x, y, a, b, \theta)$ para calcular os **dados preditos**

Iremos encontrar um **conjunto de parâmetros** que minimize a distância entre os **dados observados** e **os dados preditos**!



Imagine que exista um corpo em subsuperfície

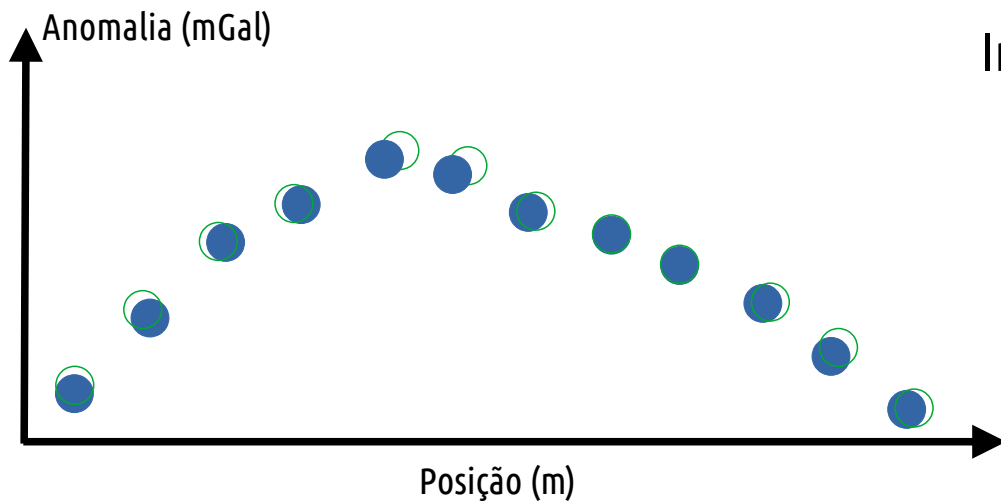
E a profundidade do topo? E a geometria? E a distribuição de propriedade física?



Conjunto de **dados observados**

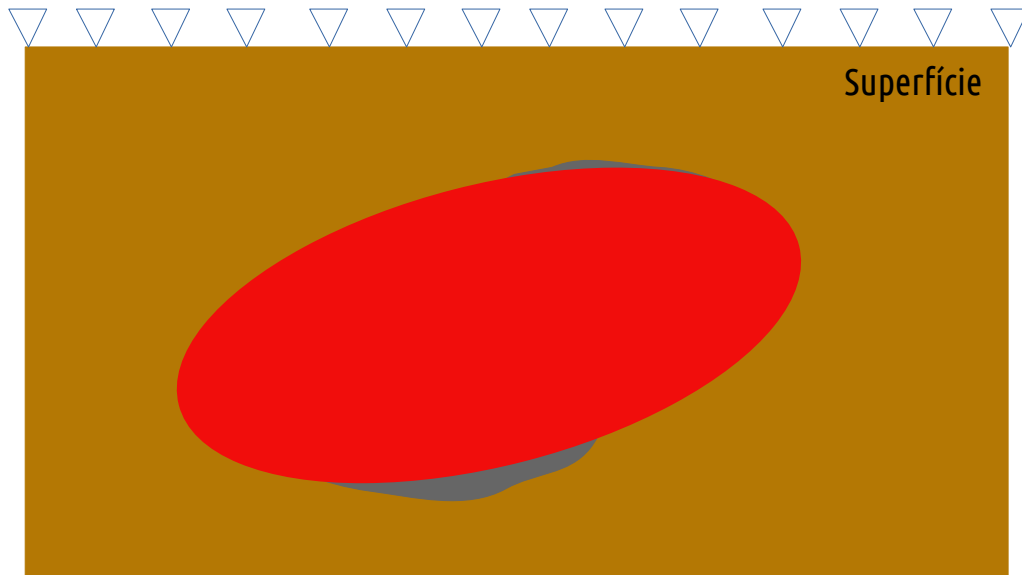
Precisamos estabelecer uma relação funcional $f(x, y, a, b, \theta)$ para calcular os **dados preditos**

Iremos encontrar um **conjunto de parâmetros** que minimize a distância entre os **dados observados** e **os dados preditos**!



Imagine que exista um corpo em subsuperfície

E a profundidade do topo? E a geometria? E a distribuição de propriedade física?



Conjunto de **dados observados**

Precisamos estabelecer uma relação funcional $f(x, y, a, b, \theta)$ para calcular os **dados preditos**

Iremos encontrar um **conjunto de parâmetros** que minimize a distância entre os **dados observados** e **os dados preditos**!

Etapas importantes

Etapa 1/5

(Transformar problemas geofísicos em problemas inversos)

- * Reunir o máximo de informação
- * Identificar o problema físico em questão
- * Compreender o significado físico das observações

Etapa 2/5

(Parametrização do problema)

- * Aproximação da realidade
- * Compromisso entre a física, a matemática, a computação e a realidade
- * Como este problema inverso será resolvido

Etapa 3/5

(Formulação do problema direto)

- * Relacionado com o fenômeno físico em questão
- * Em geral, conseguimos acessar na literatura atual
- * Influencia como o problema inverso será resolvido

Etapa 4/5

(Formulação do problema inverso)

- * É a parte mais matemática do processo.
- * Não é mágica! Todo o processo de inversão deve ser analisado com muito cuidado.
- * Não fornece uma solução, e sim o teste se uma hipótese está de acordo com as observações ou não.

Etapa 5/5

(Regularização)

- * Na grande maioria das vezes as observações não são suficientes para descrevermos um problema. Por este motivo devemos ter informações a priori ou adicionais, que são introduzidas por meio da Regularização.
- * Pode ter sentido físico, geológico, matemático ou tudo isso junto.
- * Este é um processo que varia de problema para problema.

Até breve!