



Introdução à Inversão de dados Geofísicos


Prof. André L. A. dos Reis

Rio de Janeiro 2022

Objetivos da aula

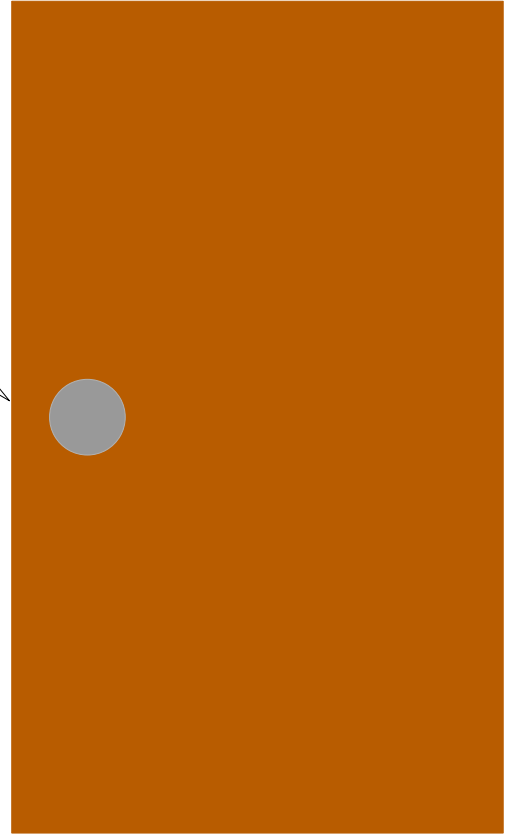
- * O que é uma inversão? (de forma ilustrativa)
- * Definição de problema direto e problema inverso
- * As etapas de uma inversão


O que é uma inversão?



Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
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...

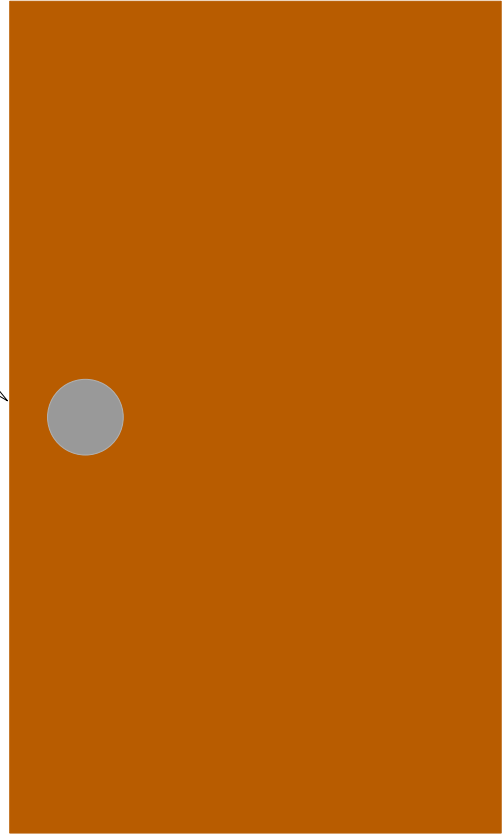




Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
toin

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

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

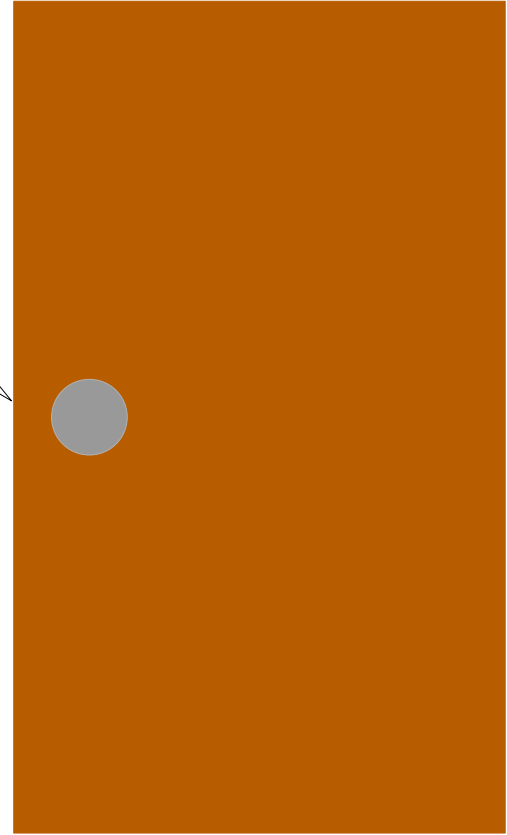


Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuuumblablablatoin
toin



“Como podemos investigar esse problema?”

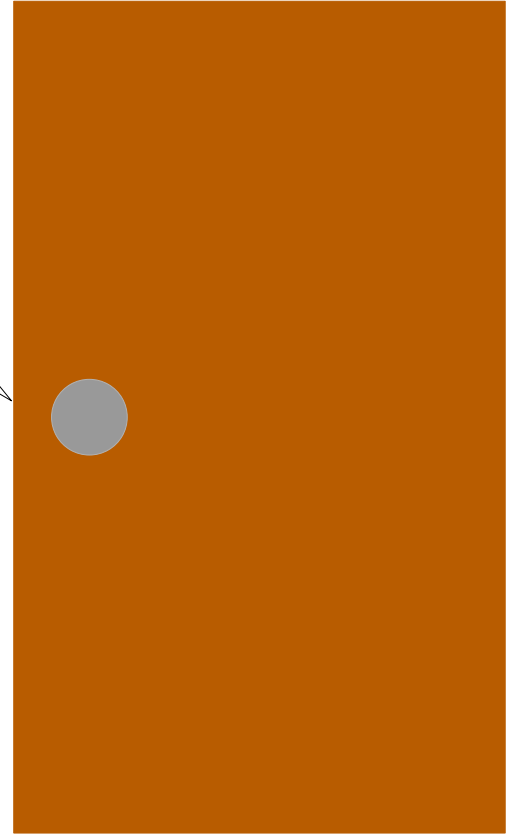
Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
toin



“Como podemos investigar esse problema?”

Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
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)!



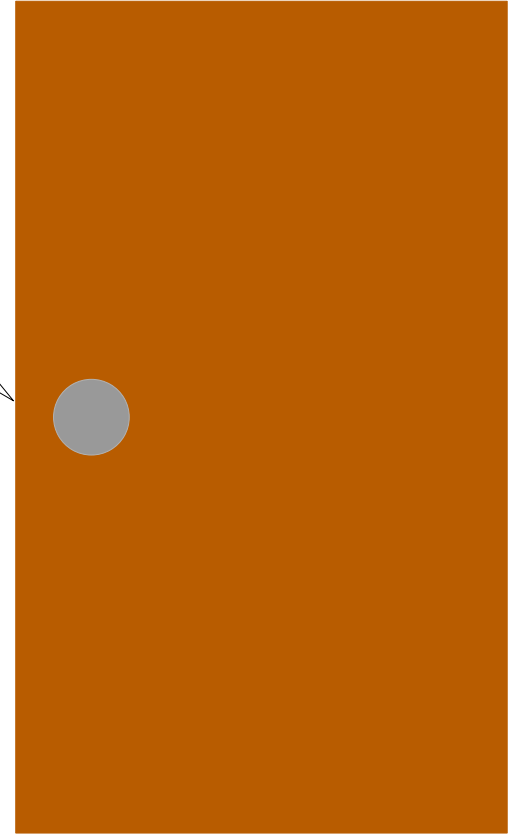
“Como podemos investigar esse problema?”

Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
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)!

fofocometro

ON

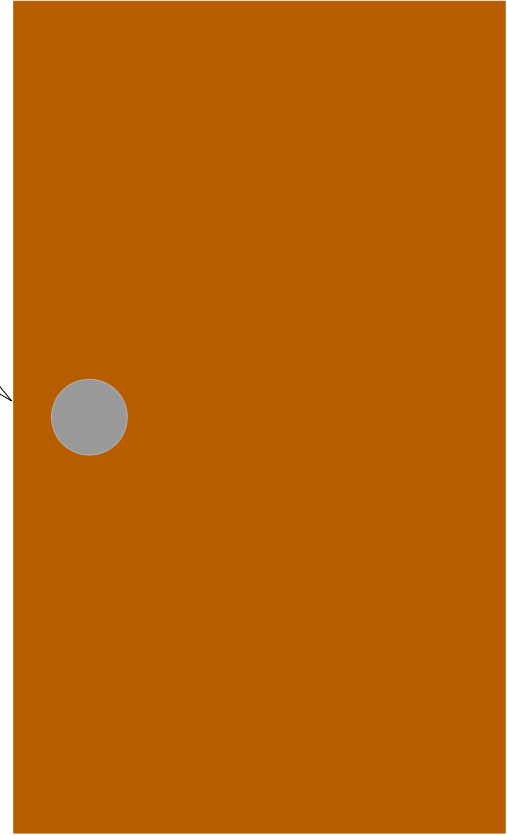


“Como podemos investigar esse problema?”

Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
toin

fofocometro

ON



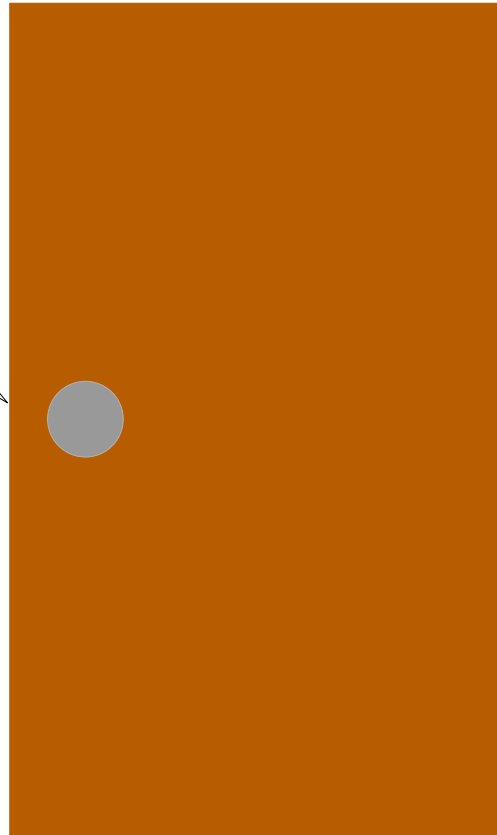
“Como podemos investigar esse problema?”

“O que causa esse barulho?”

Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
toin

fofocometro

ON



“Como podemos investigar esse problema?”

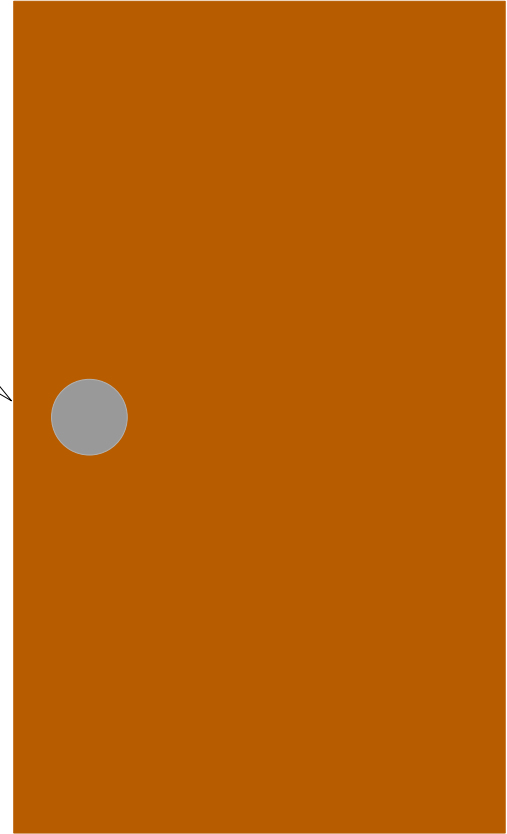
“O que causa esse barulho?”

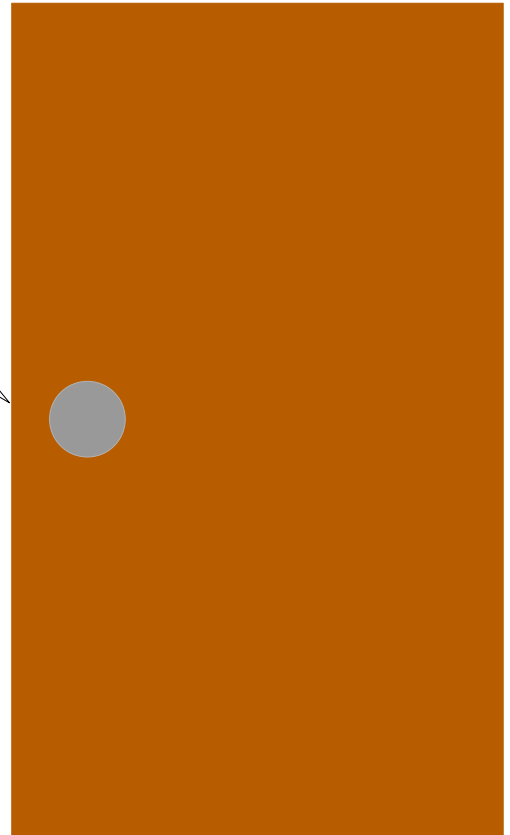
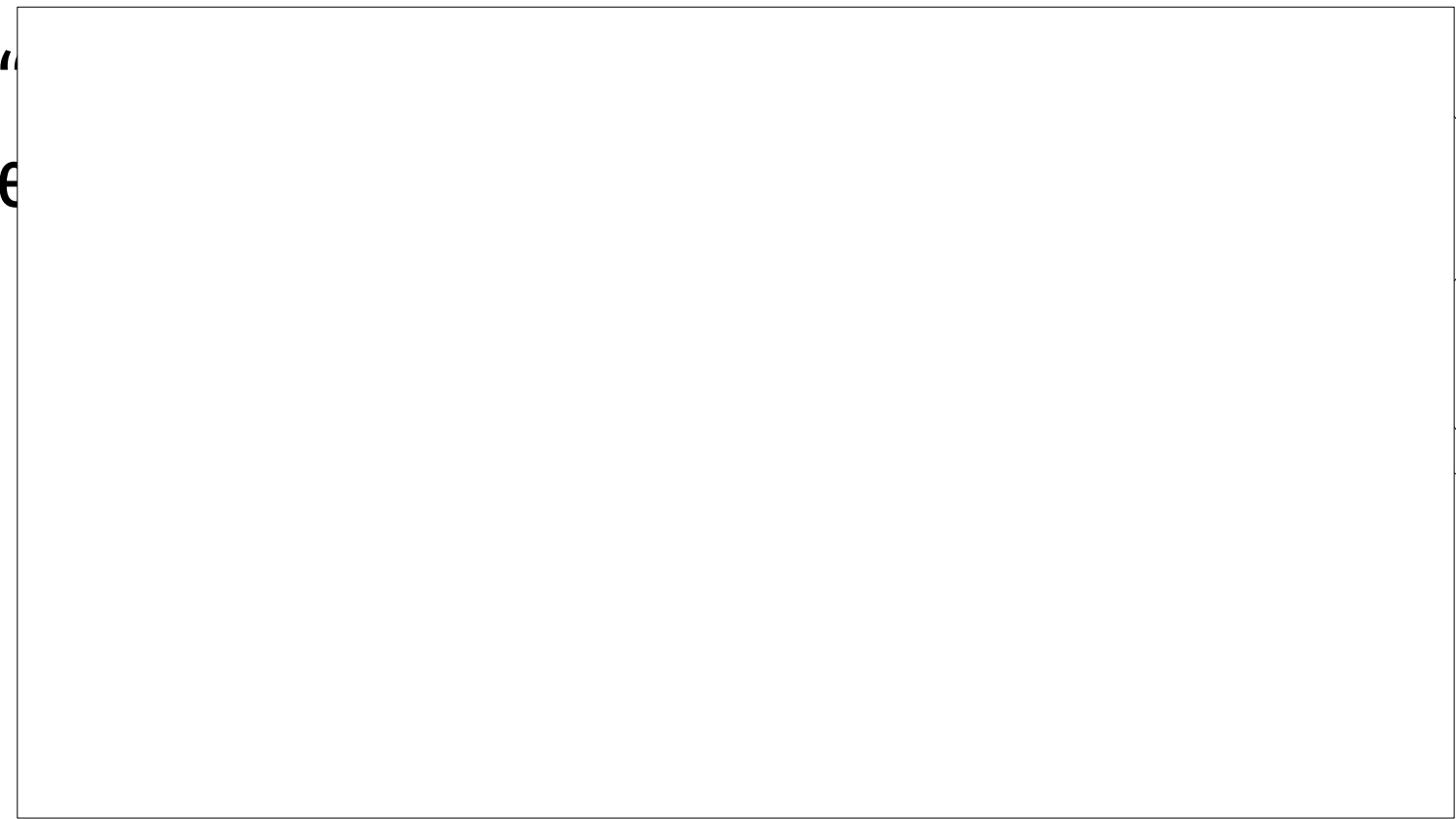
“Devemos considerar que o barulho é causado somente por **pessoas!**”

Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
toin

fofocometro

ON





fofocometro
ON

Pessoa(s)

Barulho

1

baixo

5

médio

10

alto

**Blablablablablablablablab
lablablabla**

fofocometro

ON

1	baixo
---	-------

baixo

5

10

alto

**Blablablablablablablablab
lablablabla**

ON

Pessoa(s)

Barulho

1

baixo

5

médio

10

alto

**Blablablablablablablablab
lablablabla**

fofocometro

ON

Pessoa(s)

Barulho

1

baixo

5

médio

10

alto

**Blablablablablablablablab
lablablabla**

fofocometro

ON

Pessoa(s)

Barulho

1

baixo

5

médio

10

alto

**Blablablablablablablablab
lablablabla**

fofocometro

ON

“Como podemos investigar esse problema?”

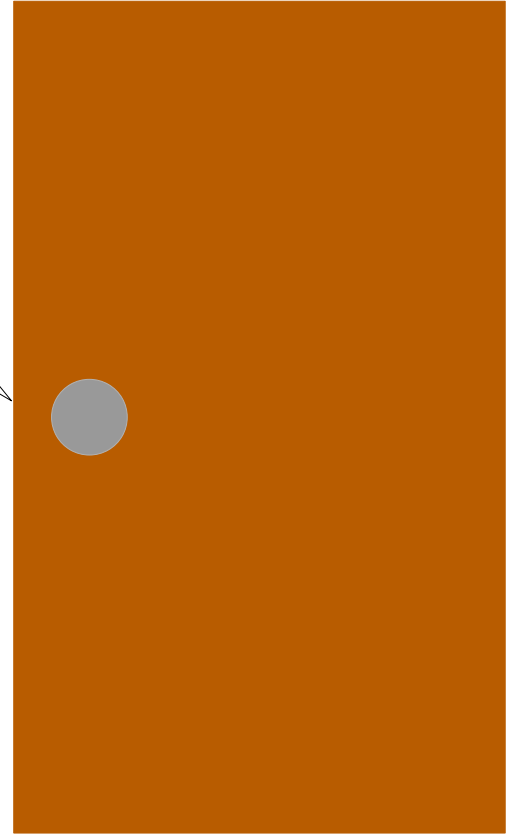
“O que causa esse barulho?”

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

Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
toin

fofocometro

ON



“Como podemos investigar esse problema?”

“O que causa esse barulho?”

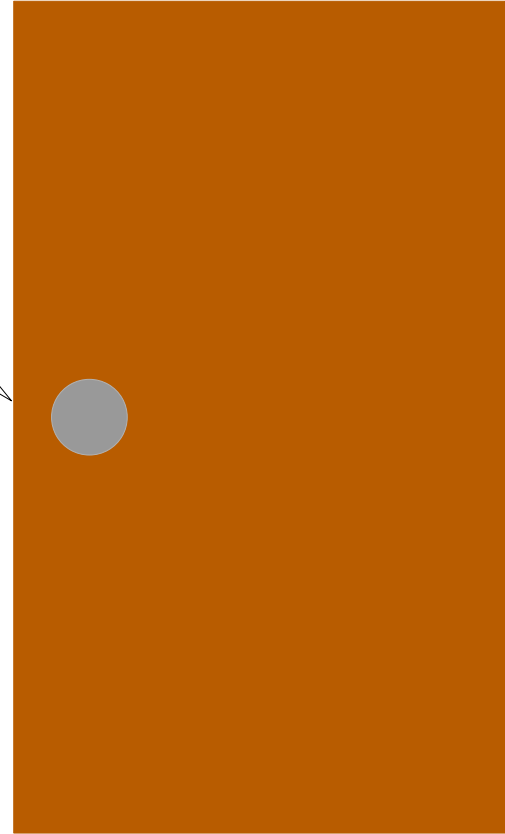
“Devemos considerar que o barulho é causado somente por **peçoas!**”

“Existe uma relação entre o **nível de barulho** e o **número de peçoas!**”

Blablablavrumblablablatocto
cheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
toin

fofocometro

ON



“Como podemos investigar esse problema?”

“O que causa esse barulho?”

“Devemos considerar que o barulho é causado somente por **pe**ss~~oa~~s!”

Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkkk
khuuuuumblablablatoin
toin

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

“Como podemos investigar esse problema?”

“O que causa esse barulho?”

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

Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuuumblablablatoin
toin

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

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

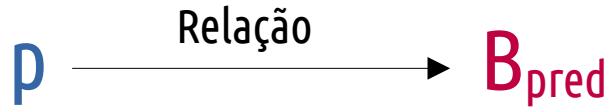
Etapa 3

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.

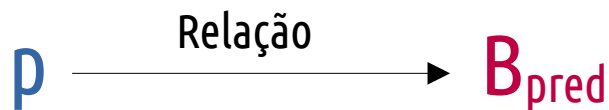


Etapa 3

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}

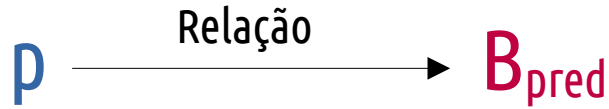
B_{pred}

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

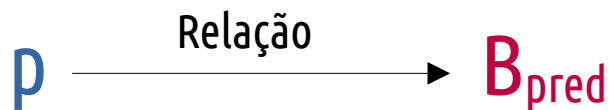
Procedimento 1

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

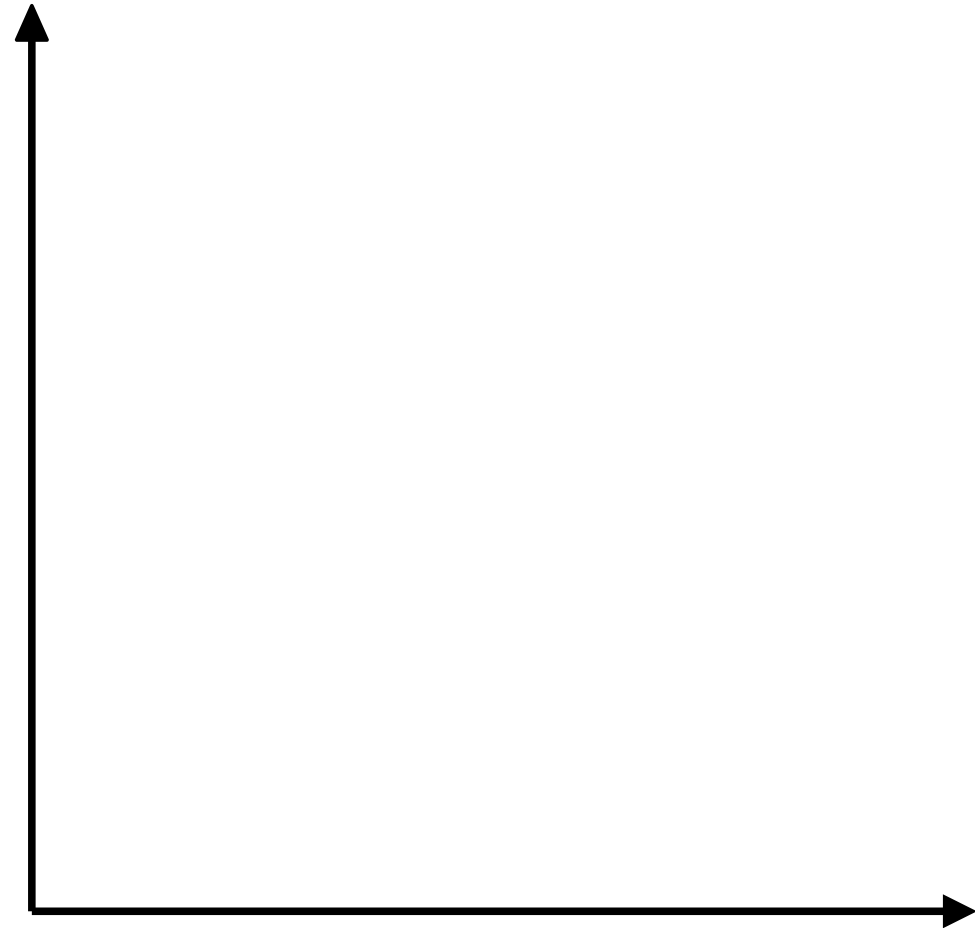
Procedimento 1

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

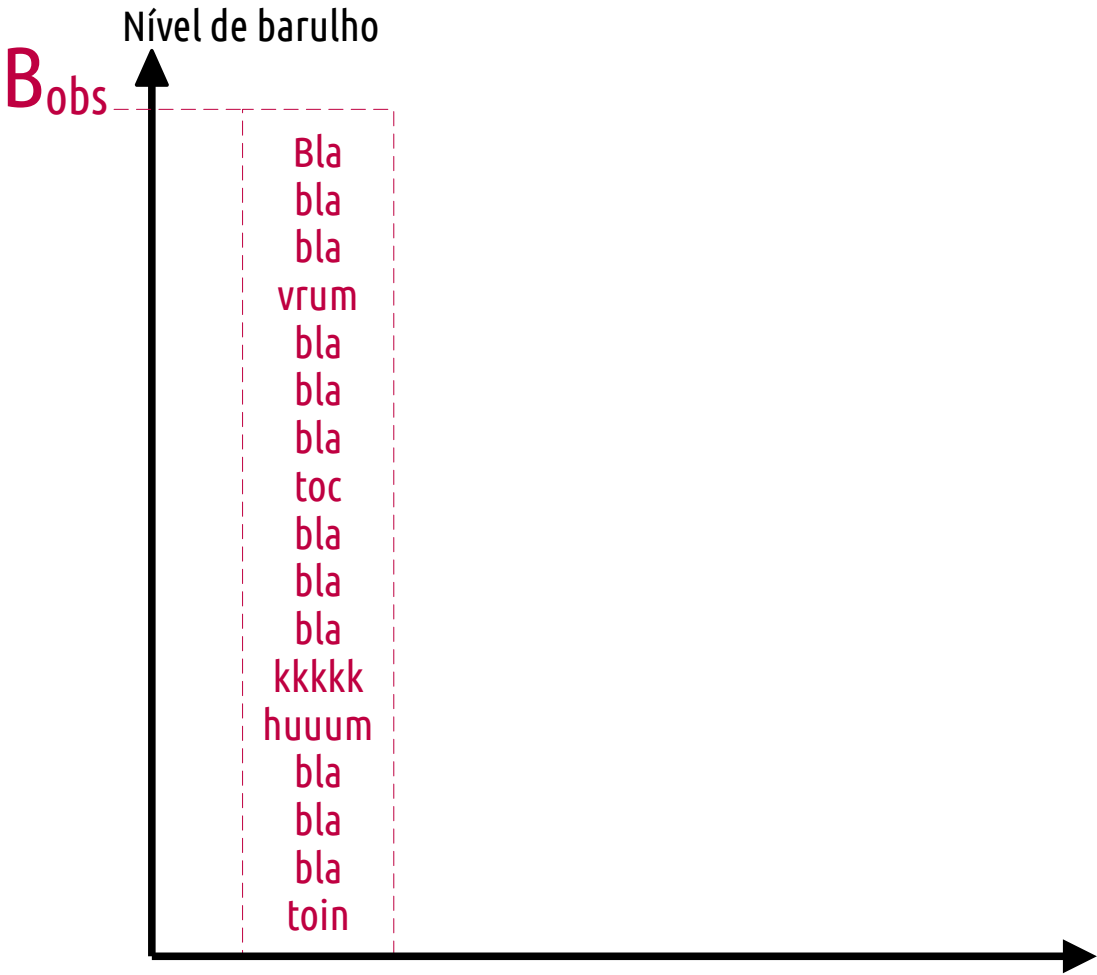
Procedimento 2

Começando pelo procedimento 1...

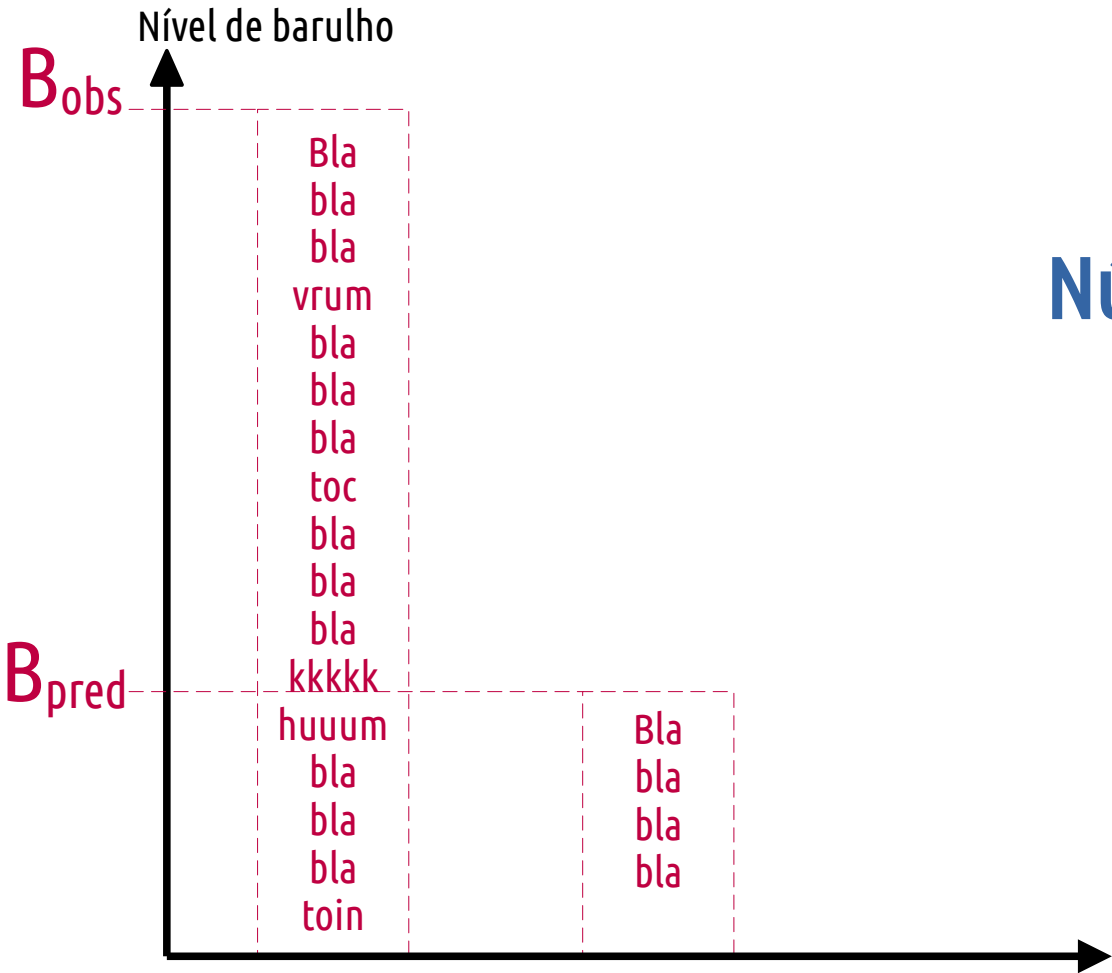
Nível de barulho



Começando pelo procedimento 1...



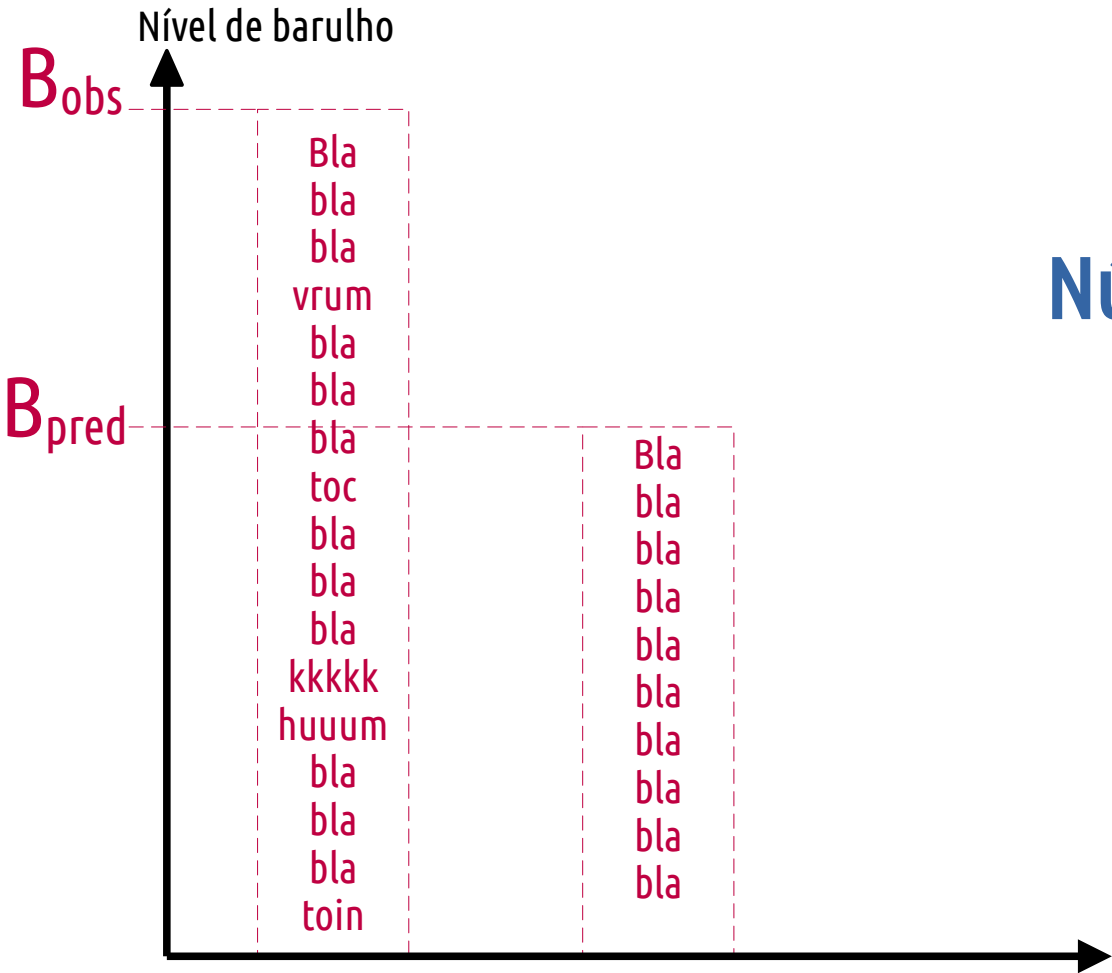
Começando pelo procedimento 1...



Número de pessoas

1

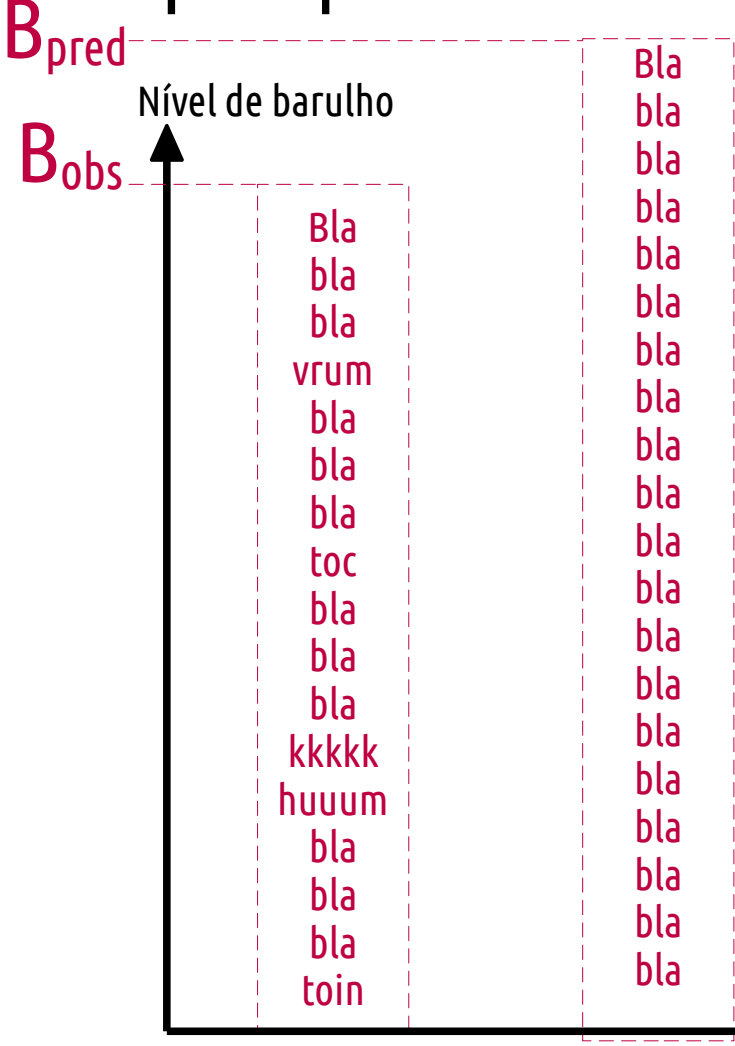
Começando pelo procedimento 1...



Número de pessoas

5

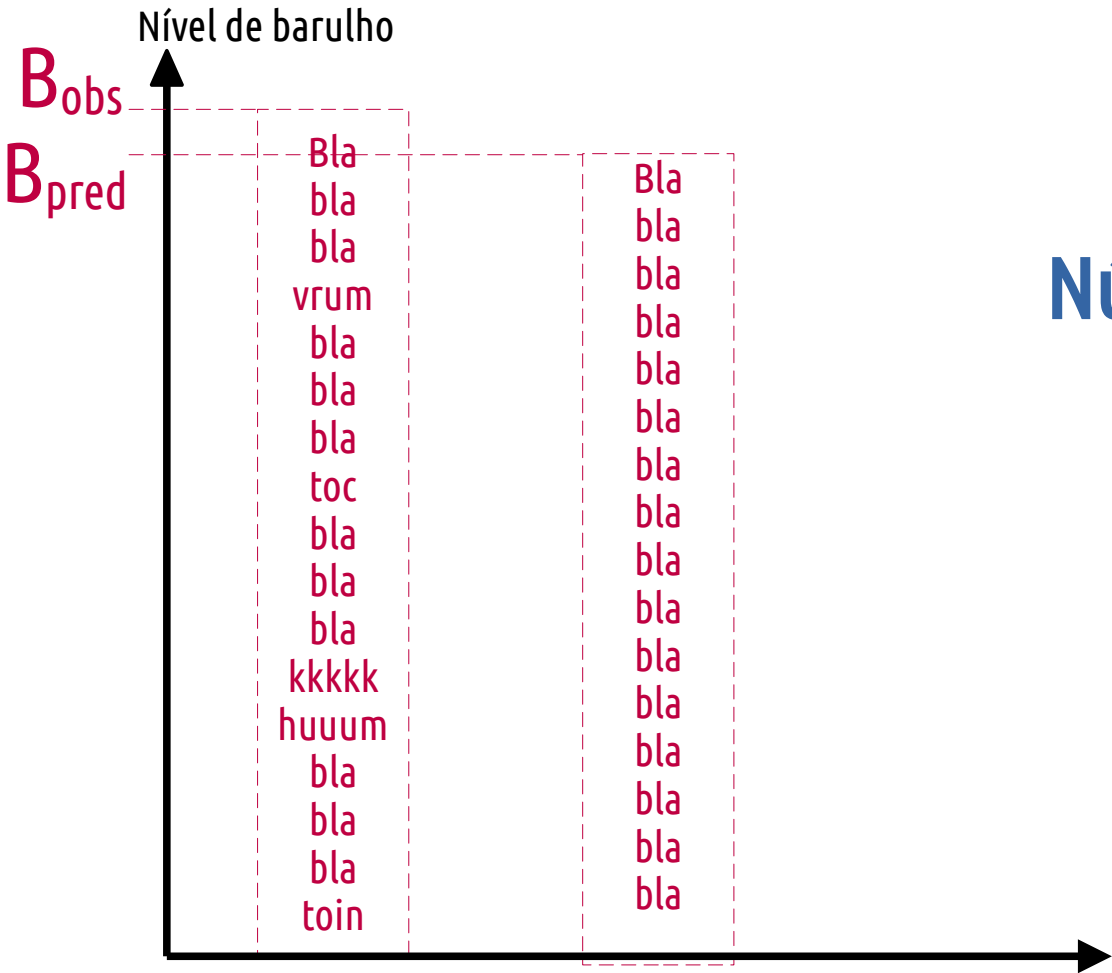
Começando pelo procedimento 1...



Número de pessoas

12

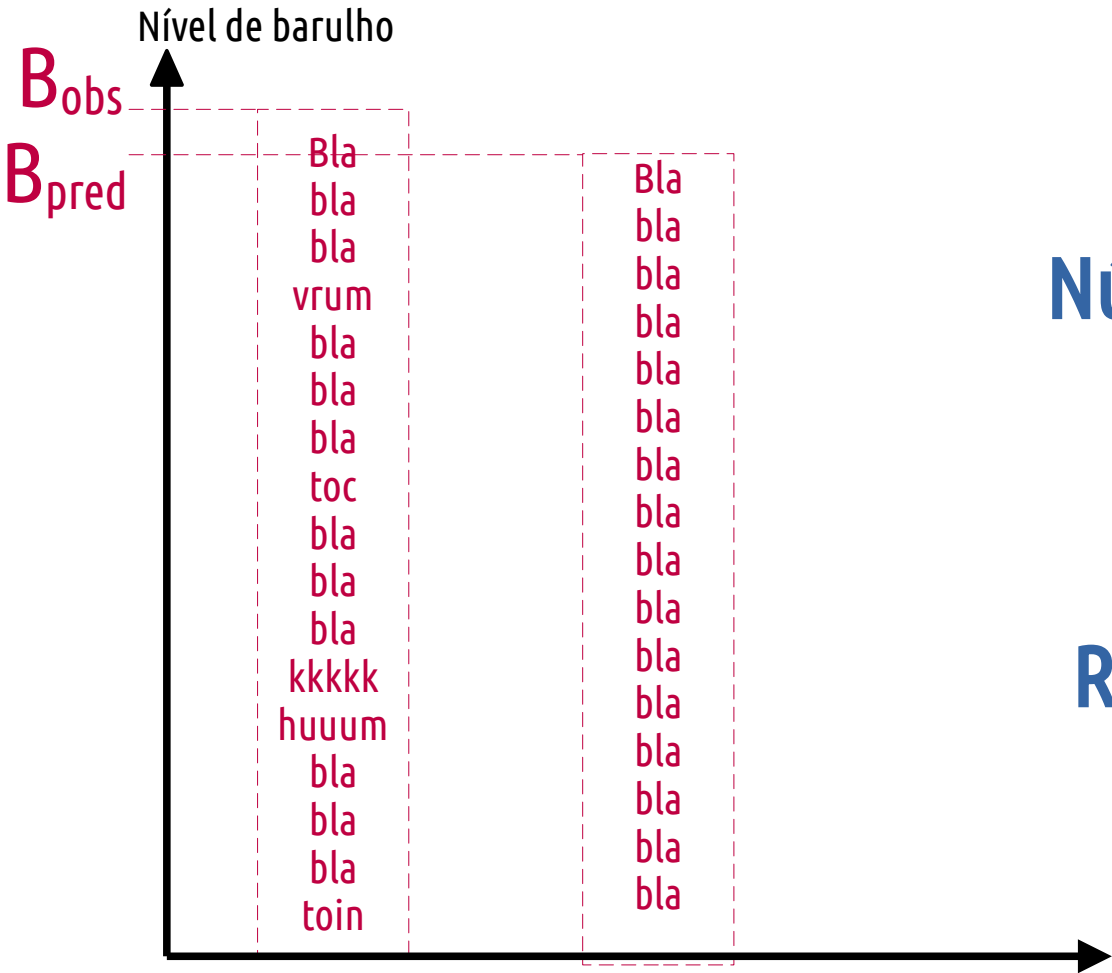
Começando pelo procedimento 1...



Número de pessoas

8

Começando pelo procedimento 1...



Número de pessoas

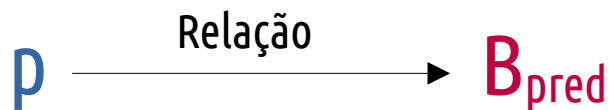
8

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

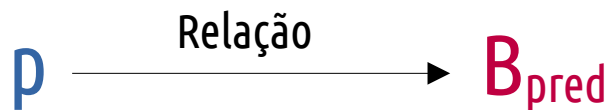
Fornecer o **p** que torna a diferença entre B_{obs} e B_{pred} a menor possível.

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

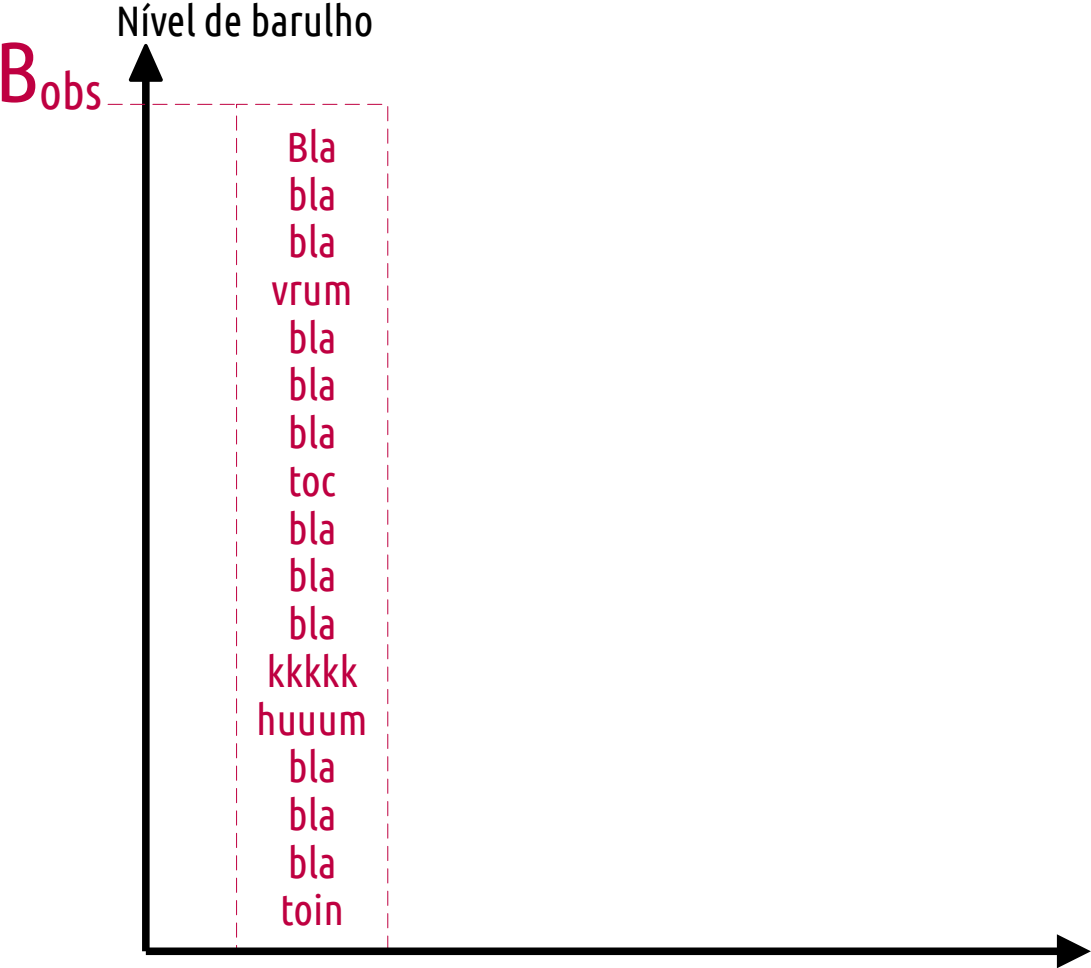
Procedimento 1

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

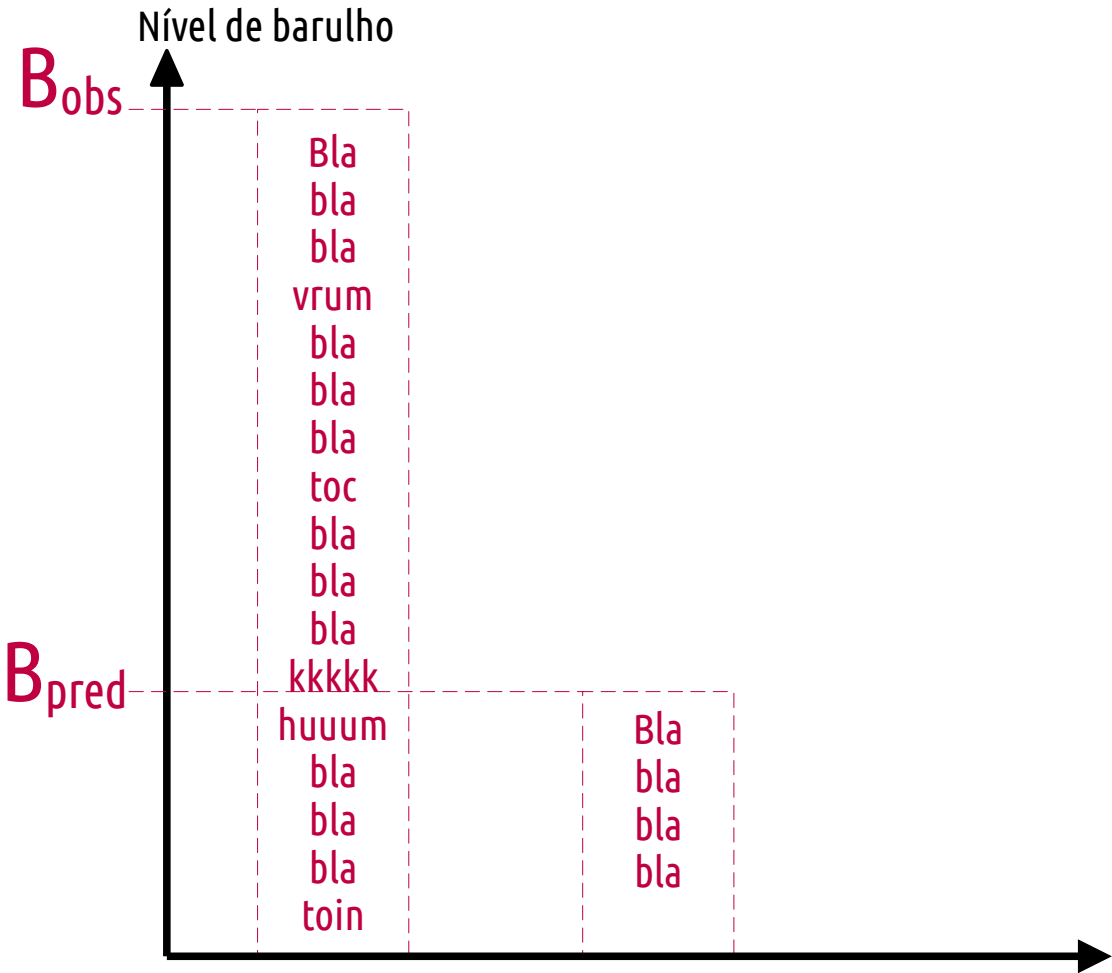
Procedimento 2

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

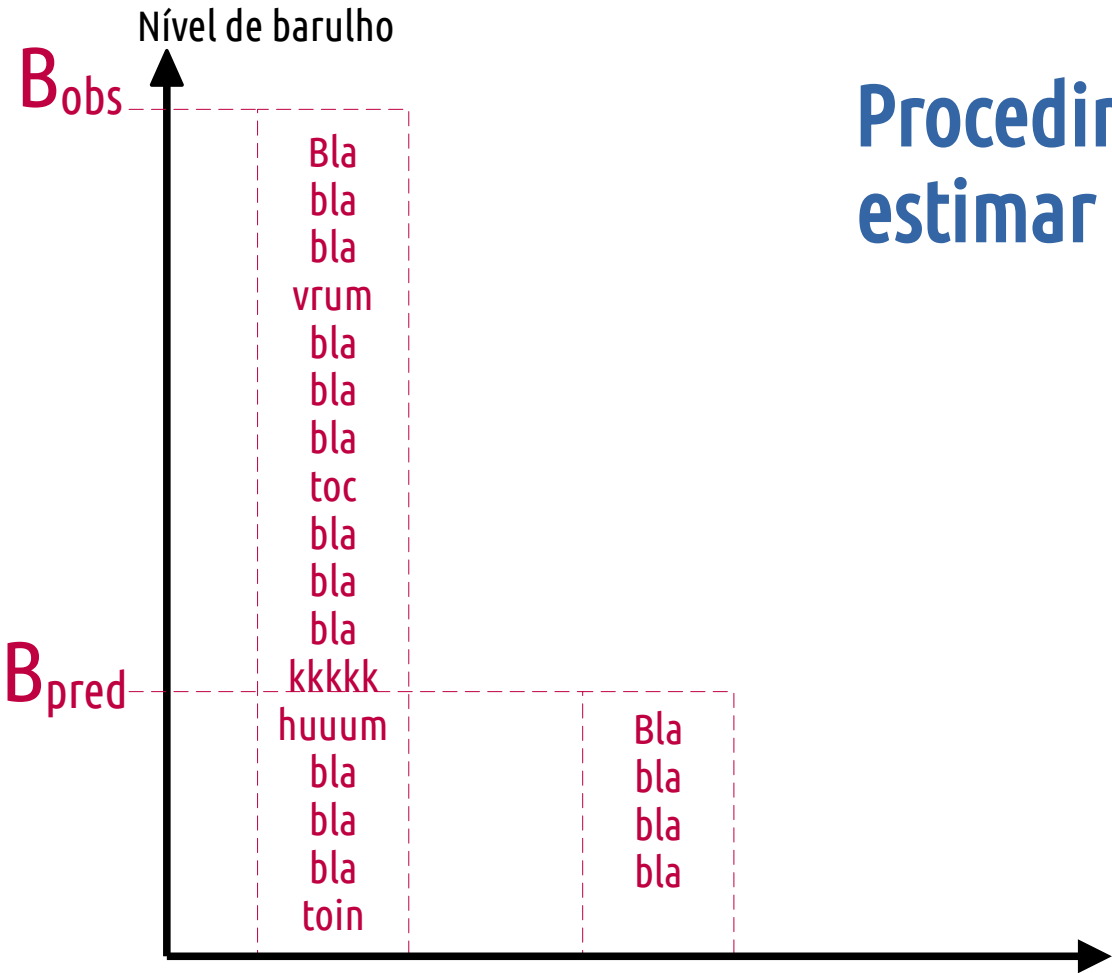
Começando pelo procedimento 2...



Começando pelo procedimento 2...



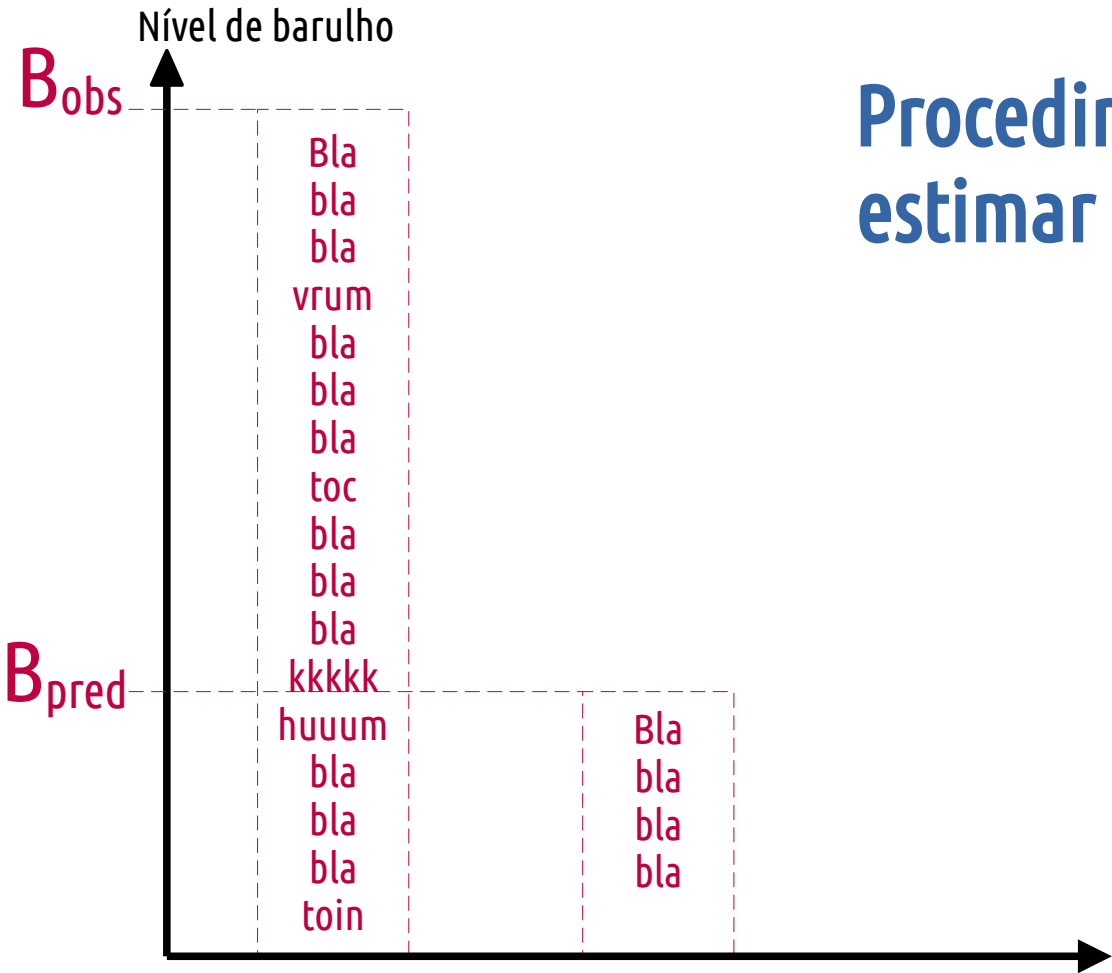
Começando pelo procedimento 2...



Procedimento automático em
estimar o número de pessoas

10%

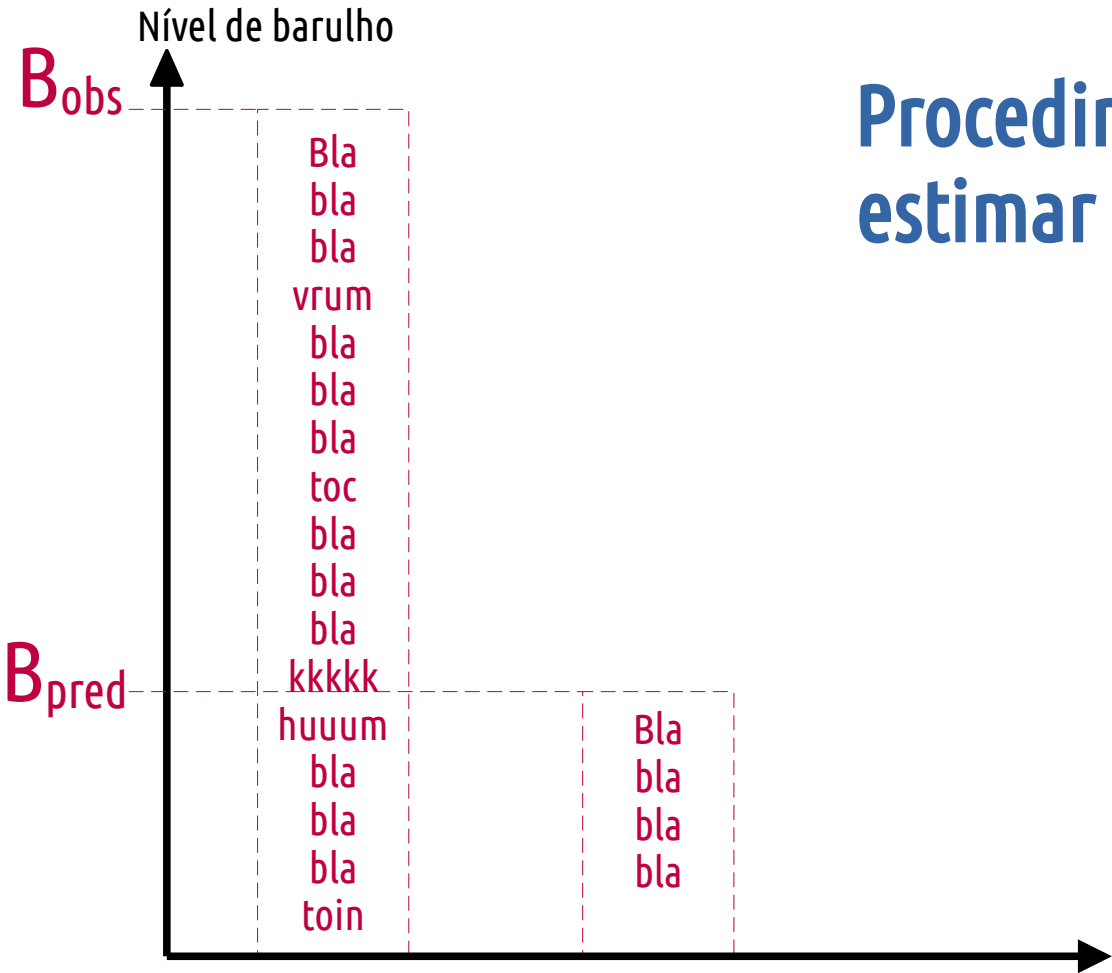
Começando pelo procedimento 2...



Procedimento automático em
estimar o número de pessoas

20%

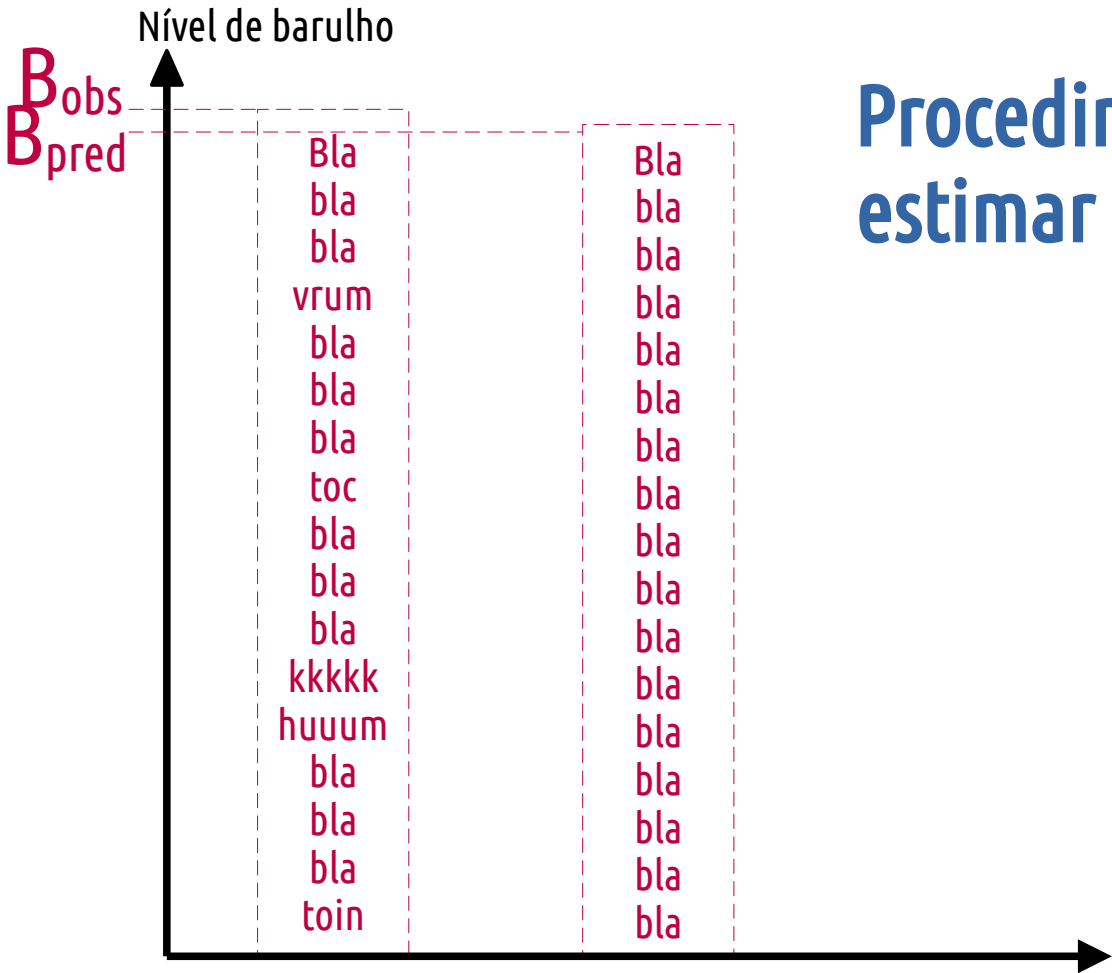
Começando pelo procedimento 2...



Procedimento automático em
estimar o número de pessoas

70%

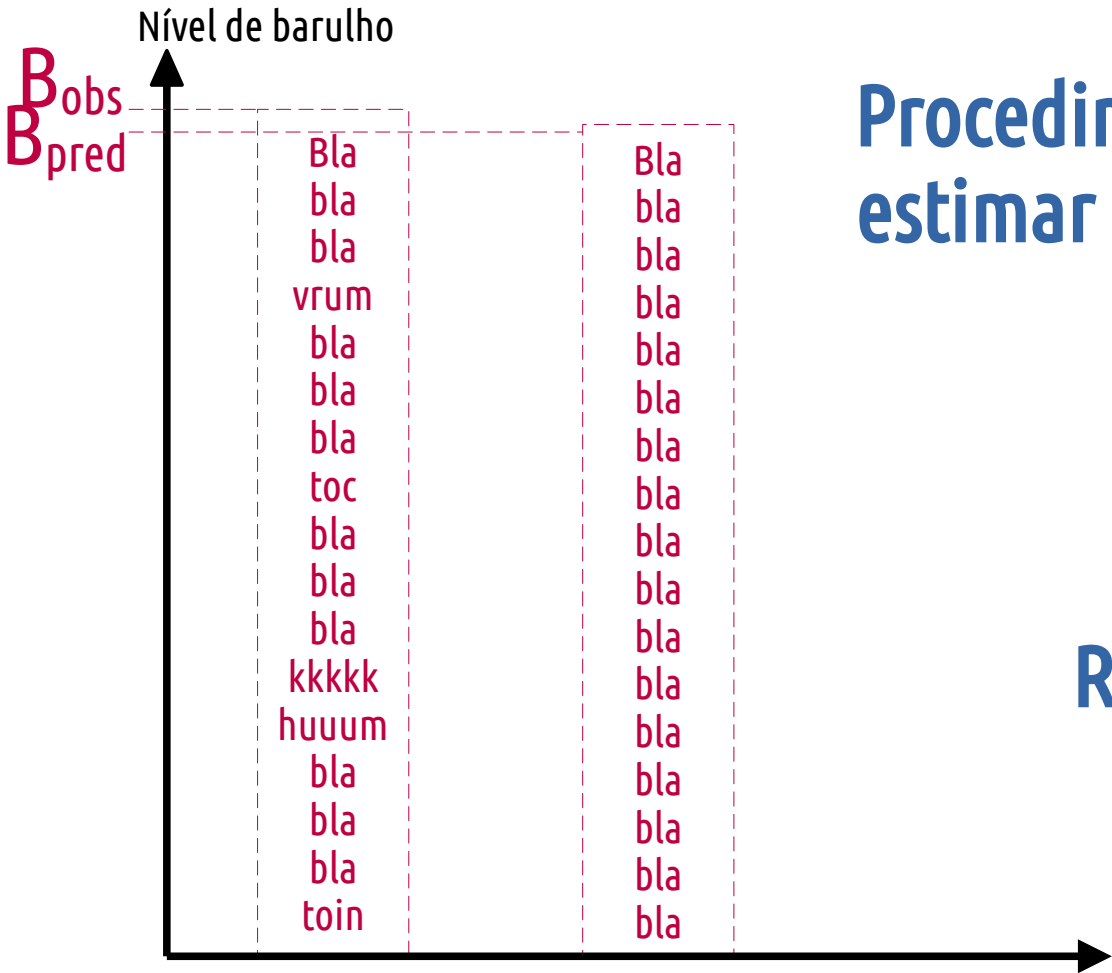
Começando pelo procedimento 2...



Procedimento automático em
estimar o número de pessoas

100%

Começando pelo procedimento 2...

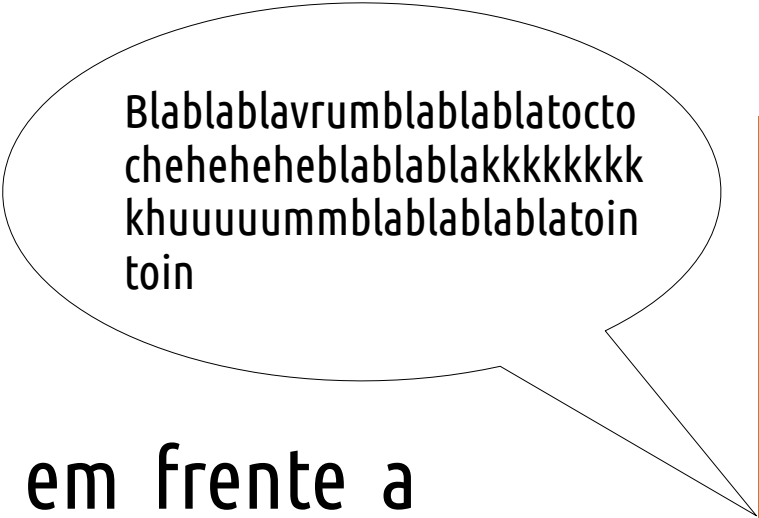


Procedimento automático em
estimar o número de pessoas

100%

Resultado: 9 pessoas
dentro da sala!

Quais os conceitos embutidos
dentro dessa historinha?



Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
toin

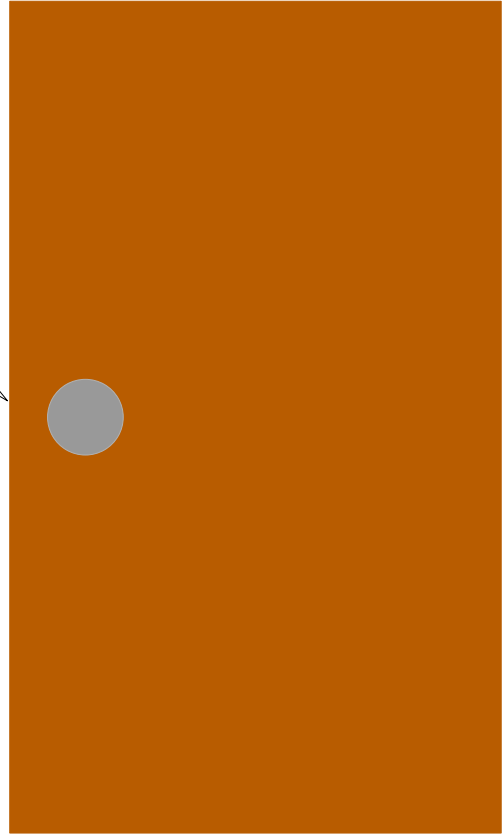
Imagine que você passe em frente a porta de uma sala e ouve muitos ruídos que vem do interior de uma sala de reunião...

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

Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
toin

Devemos estimar o **número de pessoas de**
maneira indireta!

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



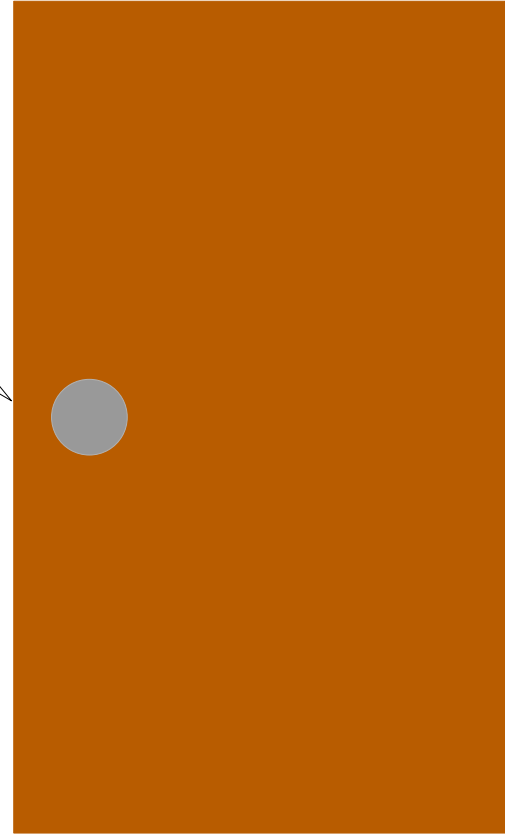
“Como podemos investigar esse problema?”

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)!

fofocometro

ON



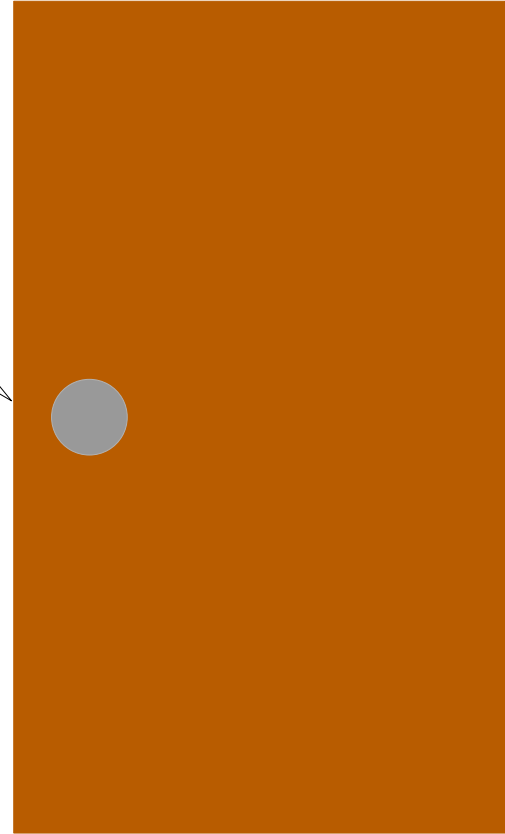
“Como podemos investigar esse problema?”

Blablablavrumblablablatocto
cheheheheblablablakkkkkkkk
khuuuuumblablablatoin
toin

Utilizar o fofocometro como forma de medir o nível do barulho nos fornece que a única informação que temos em mãos é o **barulho observado!**

fofocometro

ON



“Como podemos investigar esse problema?”

“O que causa esse barulho?”

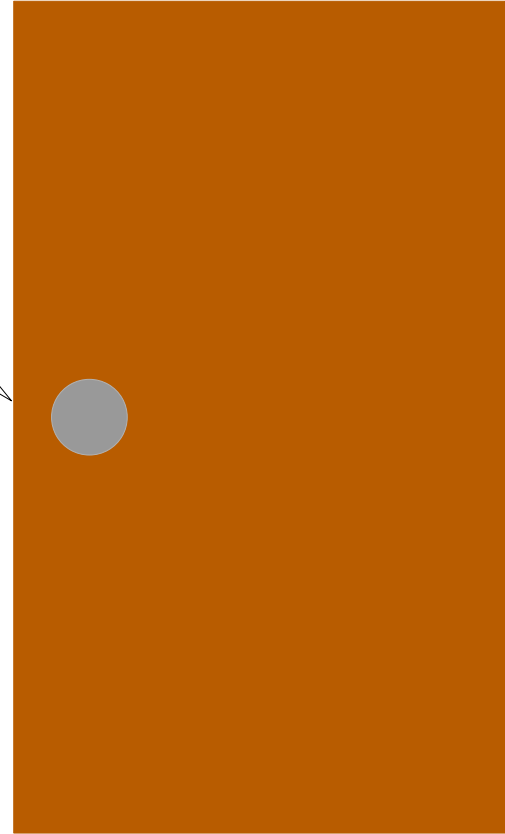
“Devemos considerar que o barulho é causado somente por **peçoas!**”

“Existe uma relação entre o **nível de barulho** e o **número de peçoas!**”

Blablablavrumblablablatocto
cheheheblablablakkkkkkkk
khuuuummblablablatoin
toin

fofocometro

ON



“Como podemos investigar esse problema?”

“O que causa esse barulho?”

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

“Existe uma relação entre o **nível de barulho**

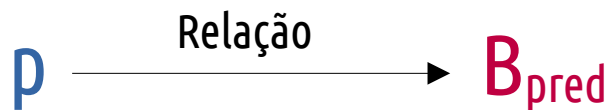
Ressaltar também que, como não se conhece nenhuma outra informação, esta relação de **causa** e **efeito** é uma *aproximação da realidade*.

Blablablavrumblablablatocto
cheheheblablablakkkkkkkk
khuuuuumblablablatoin
toin

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.

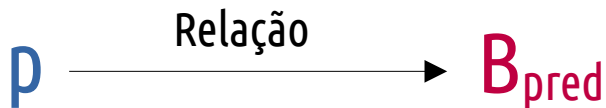
Procedimento 2

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

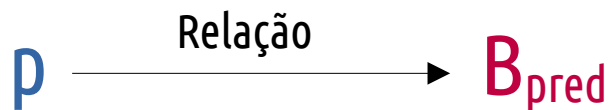
Fornecer o **p** que torna a diferença entre B_{obs} e B_{pred} a menor possível.

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.

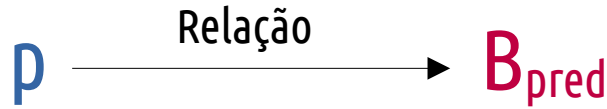
Procedimento 2

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**.



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.

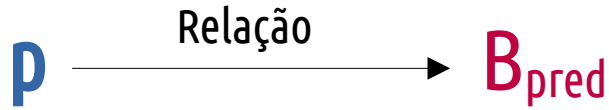
Procedimento 2

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.

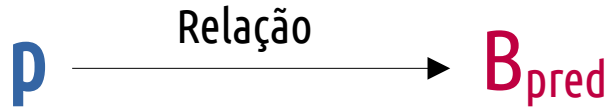
Procedimento 2

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.

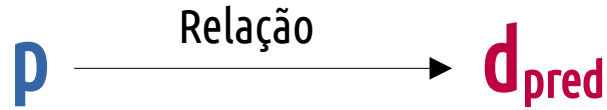
Procedimento 2

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 **B_{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 **B_{pred}** a menor possível.

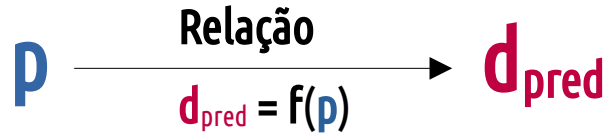
Procedimento 2

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 **B_{pred}** a menor possível.

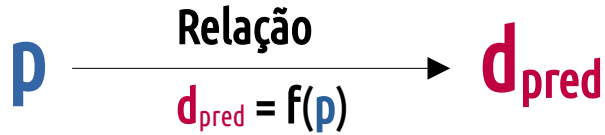
Procedimento 2

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 **B_{pred}** a menor possível.

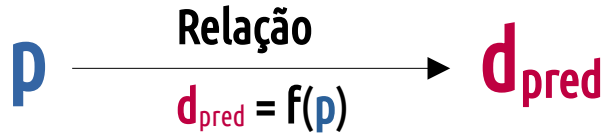
Procedimento 2

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 **B_{pred}** a menor possível.

Inversão

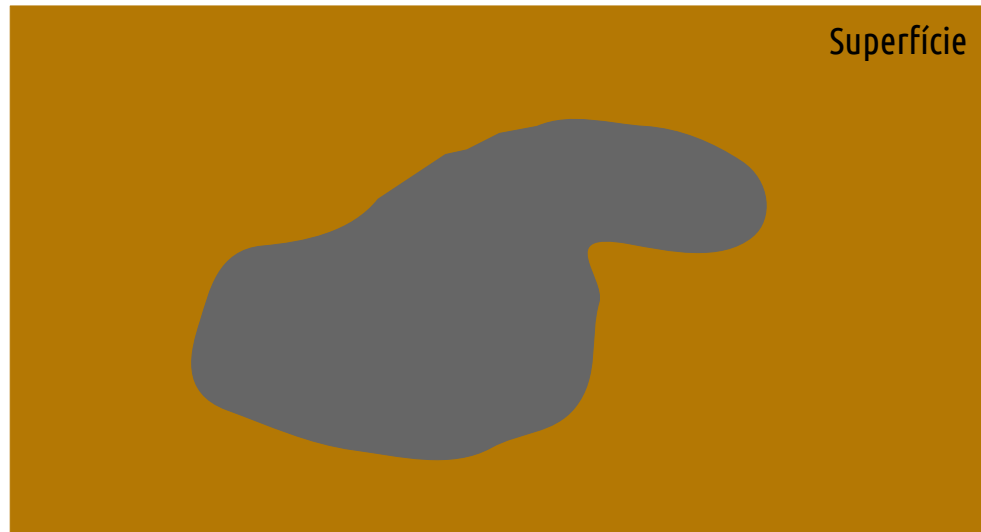
Estimar automaticamente o **p** que torna a diferença entre **d_{obs}** e **d_{pred}** a menor possível.

Resumo dos conceitos

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

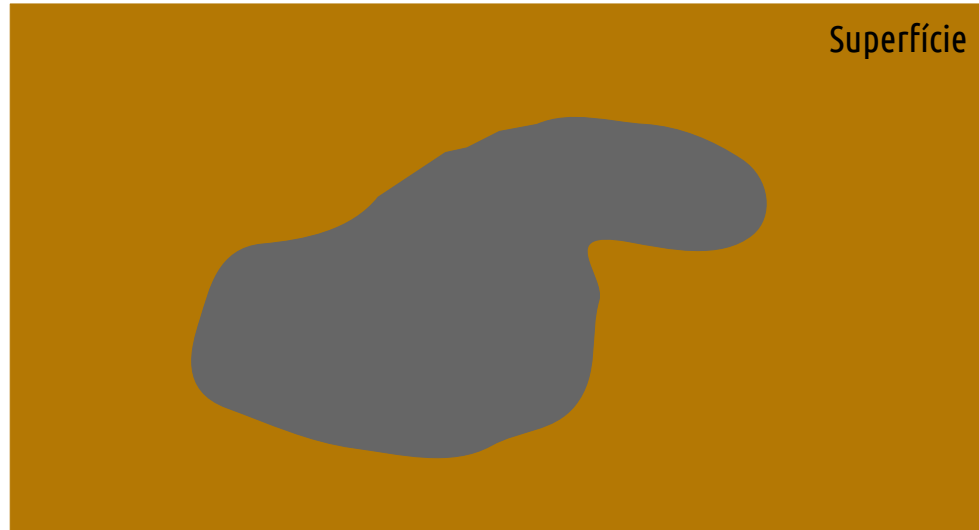
Como acontece isso tudo na
prática?

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

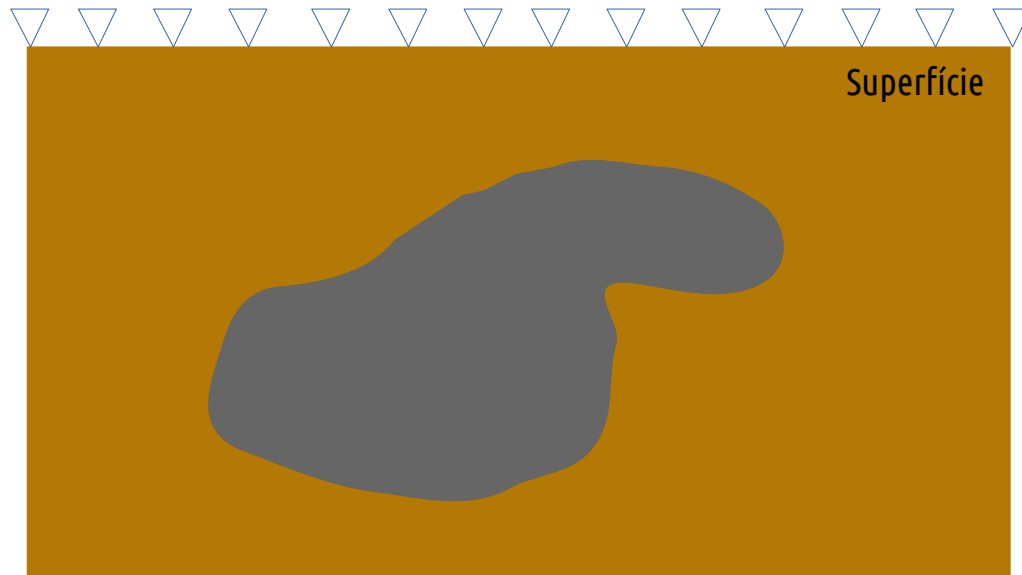
E a profundidade do topo? E a geometria? E a
distribuição de propriedade física?

Conjunto de **dados observados**

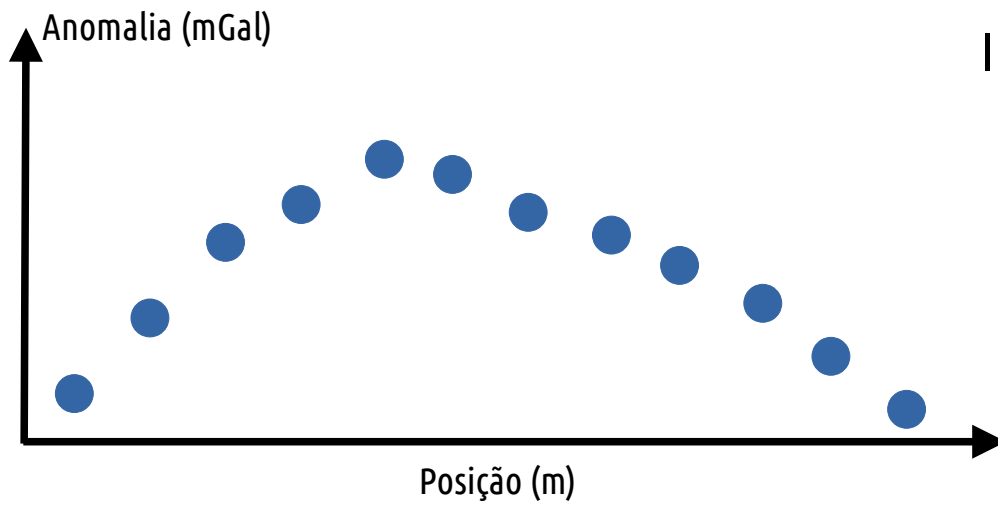


Imagine que exista um corpo em
subsuperfície

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



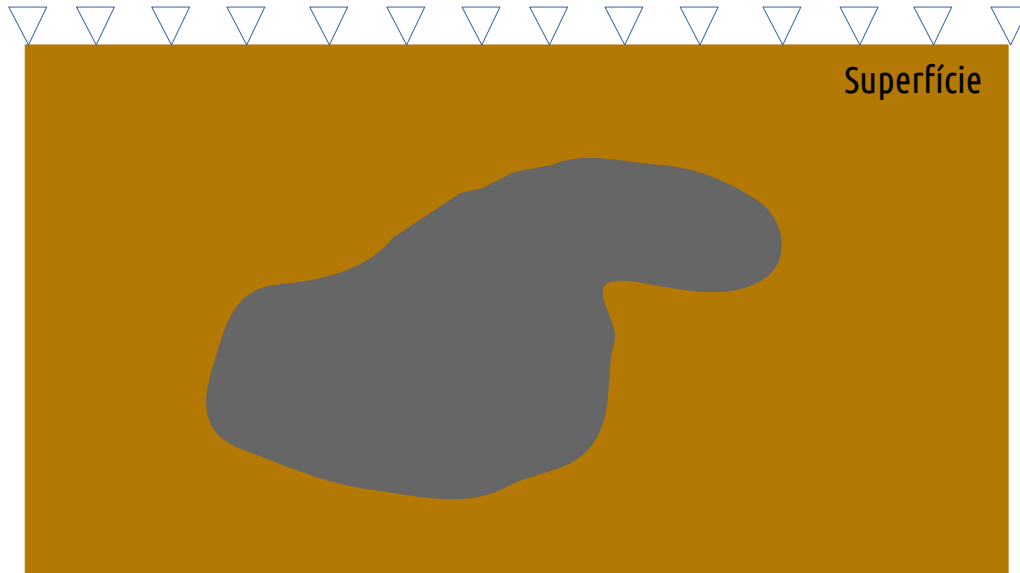
Conjunto de **dados observados**

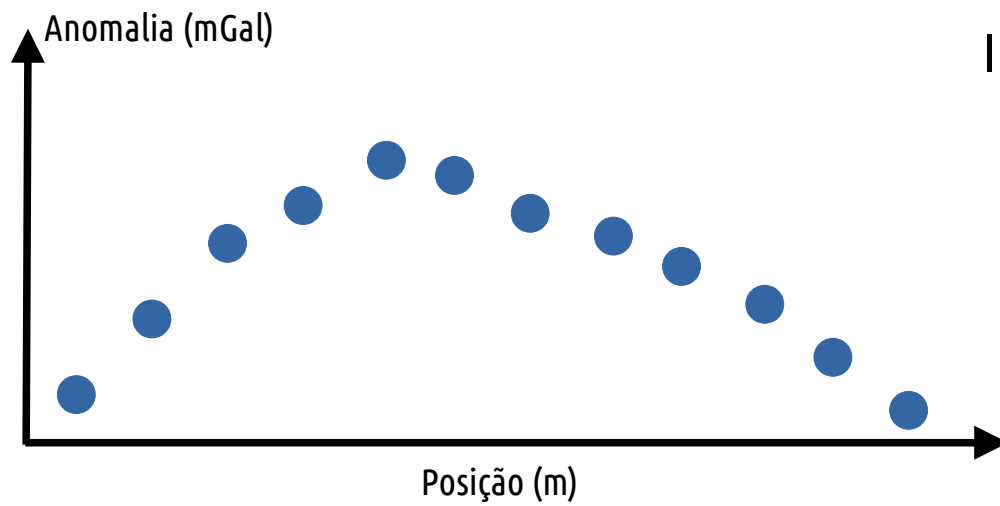


Imagine que exista um corpo em subsuperfície

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

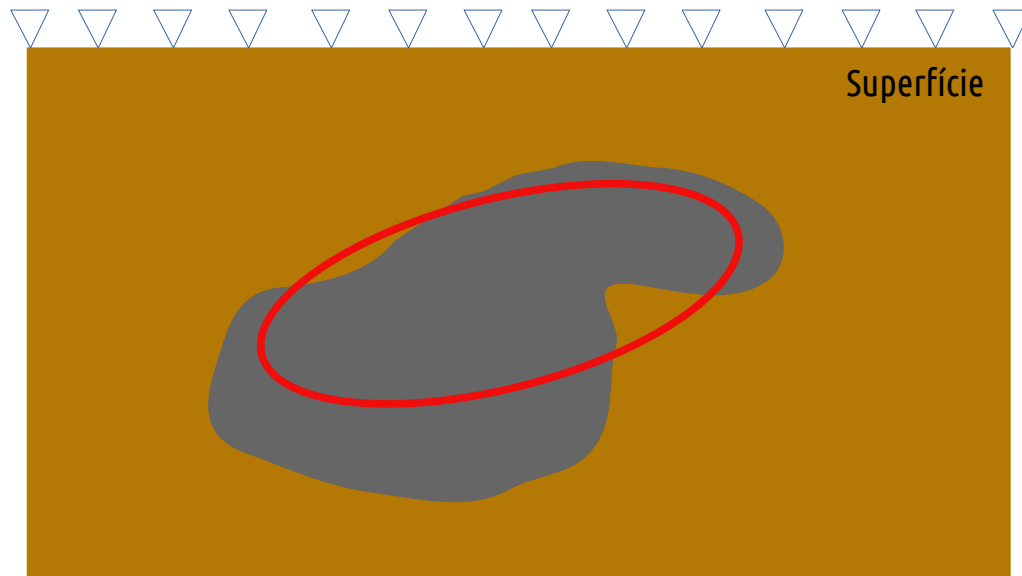
Conjunto de **dados observados**



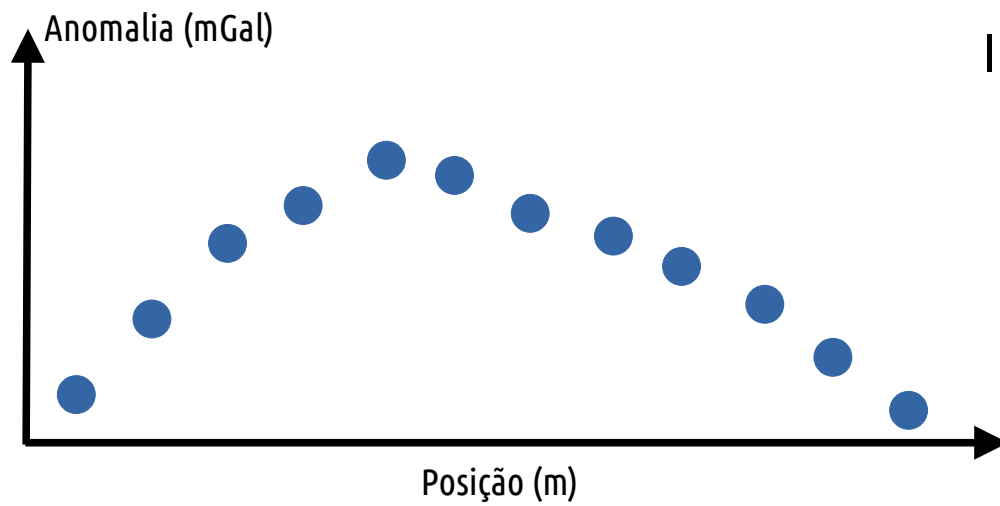


Imagine que exista um corpo em subsuperfície

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

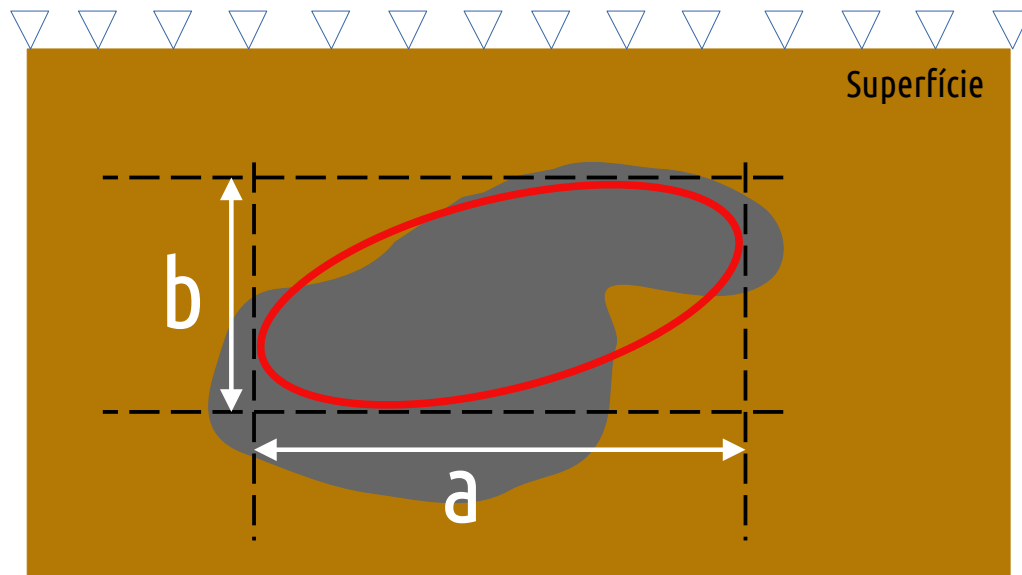


Conjunto de **dados observados**

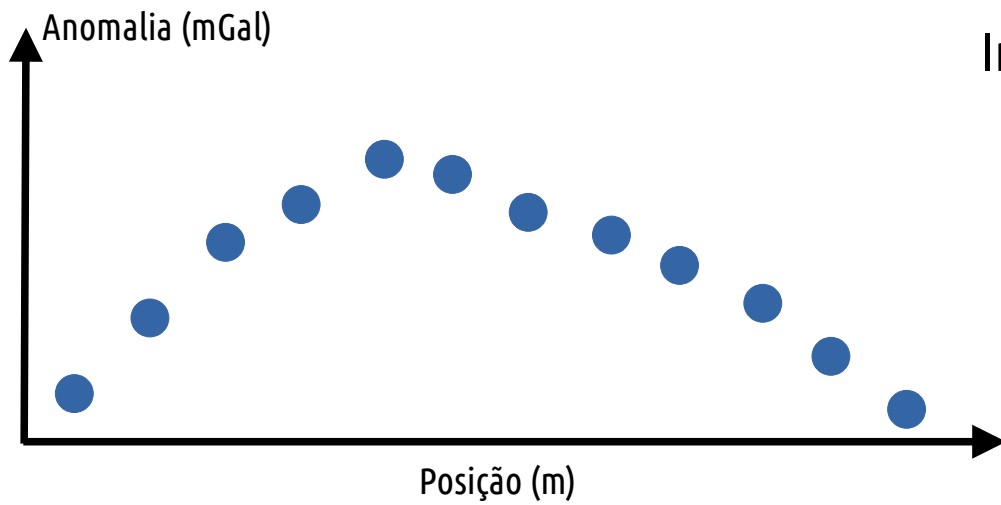


Imagine que exista um corpo em subsuperfície

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

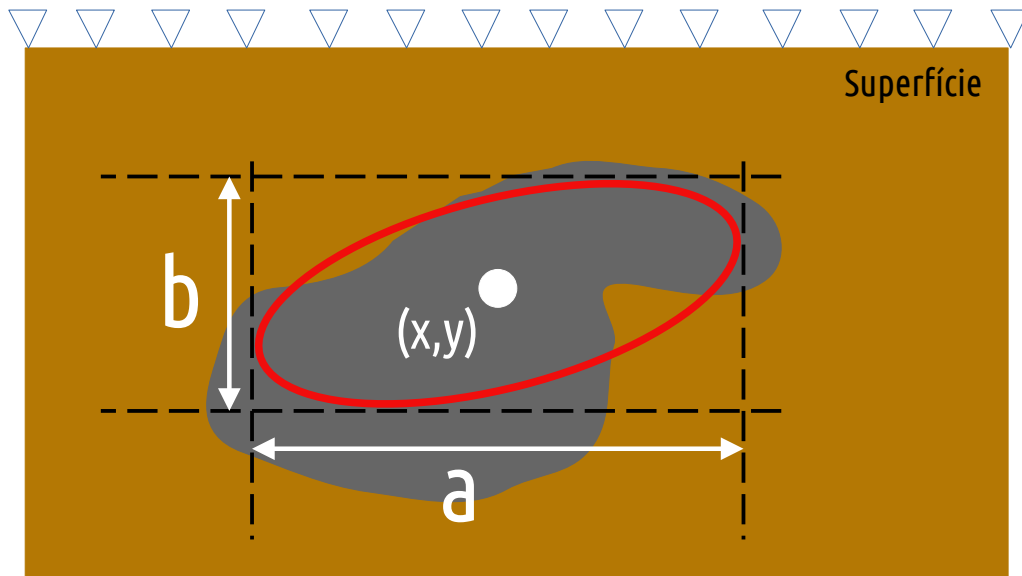


Conjunto de **dados observados**

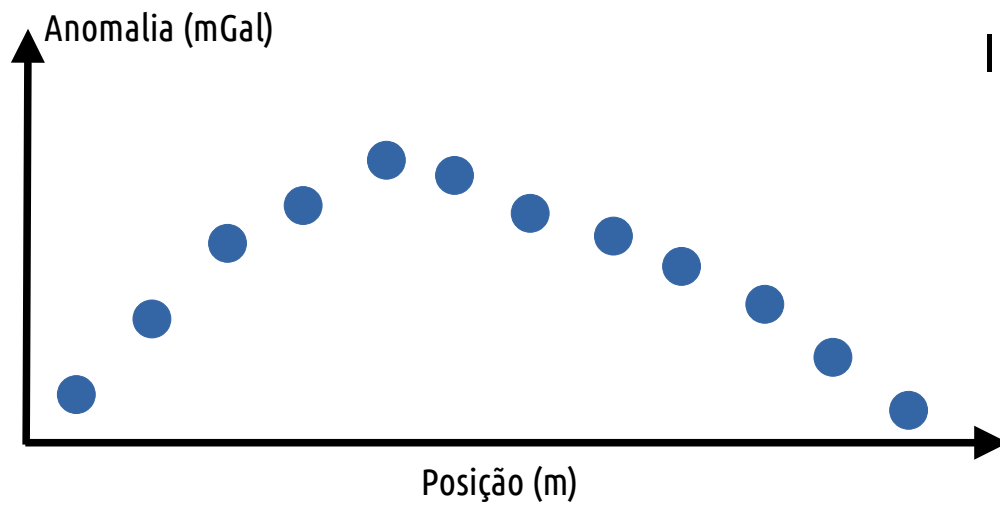


Imagine que exista um corpo em subsuperfície

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

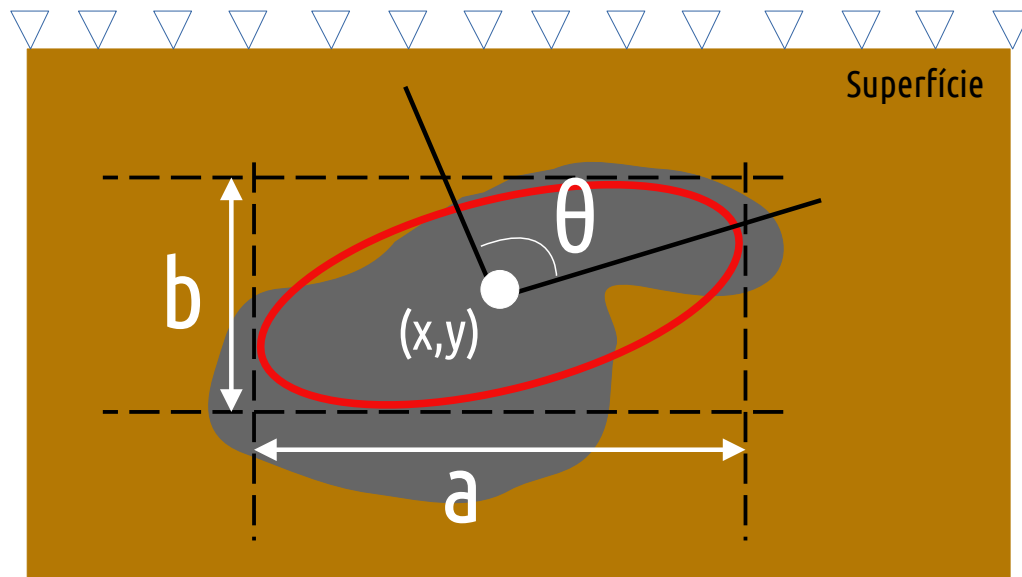


Conjunto de **dados observados**

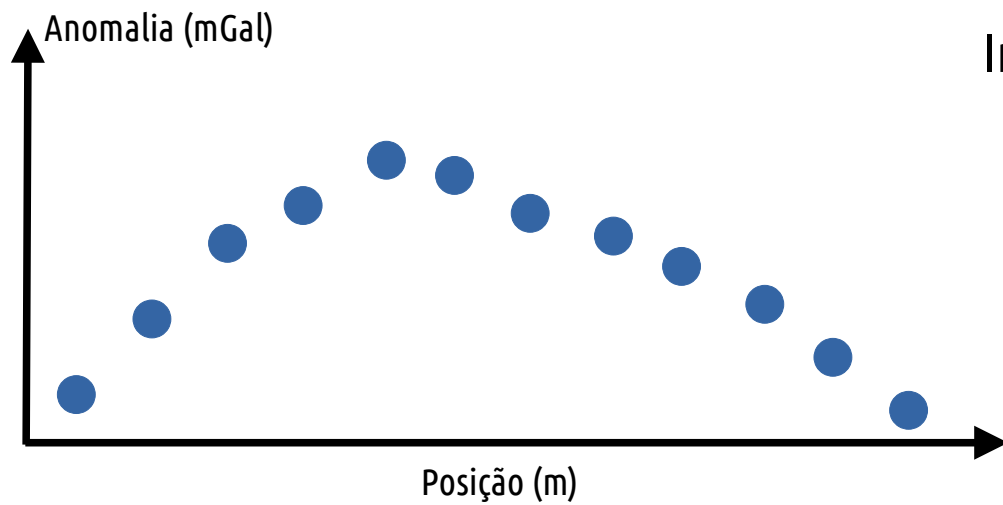


Imagine que exista um corpo em subsuperfície

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

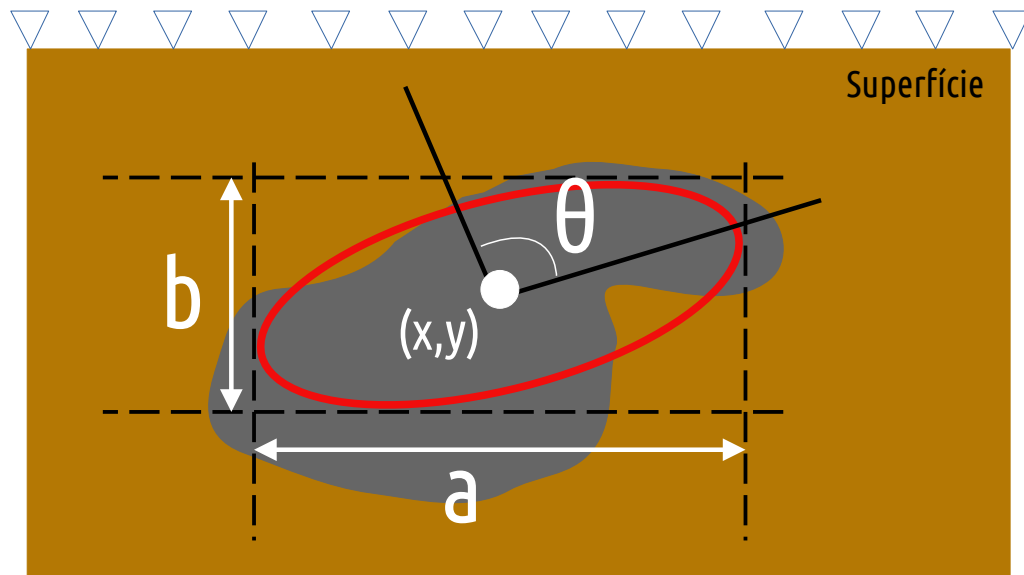


Conjunto de **dados observados**



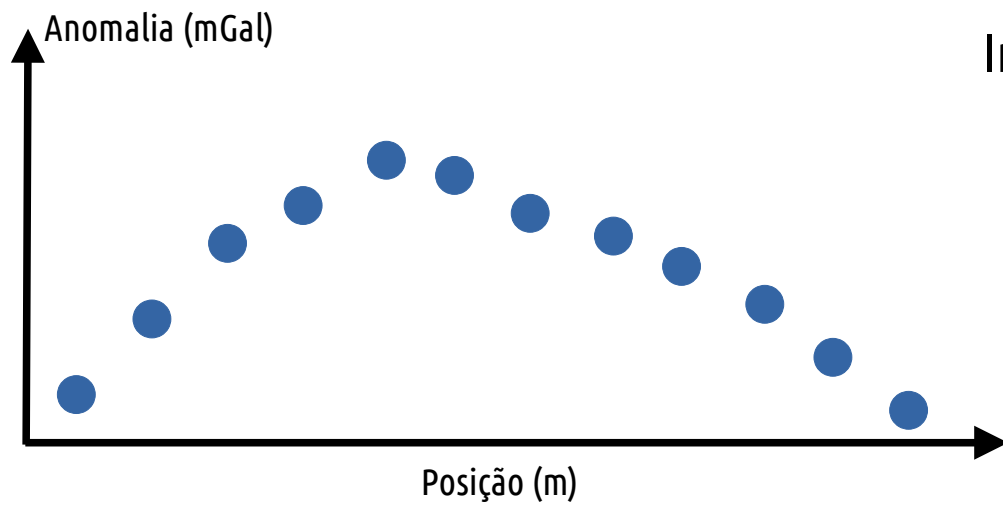
Imagine que exista um corpo em subsuperfície

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



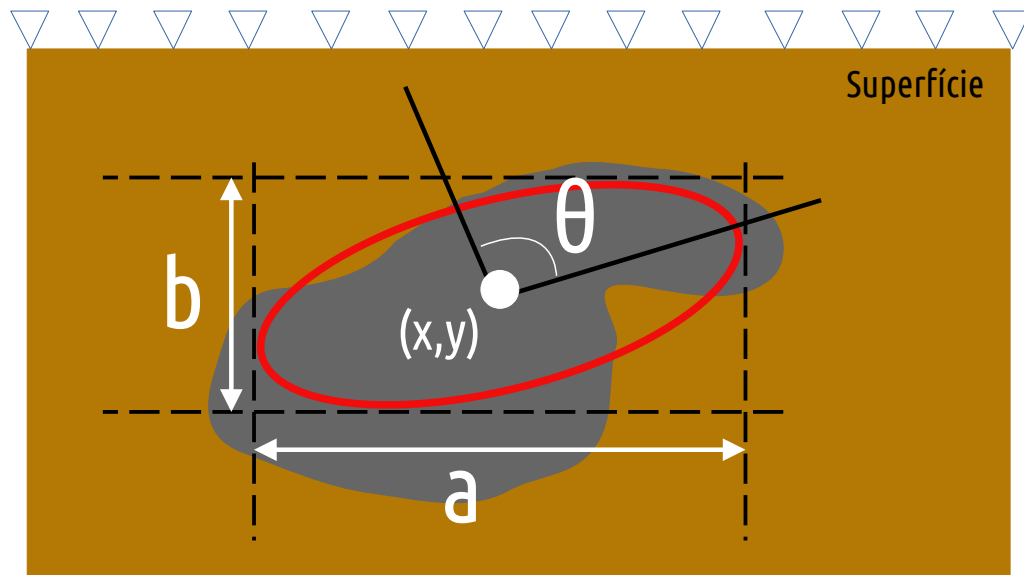
Conjunto de **dados observados**

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



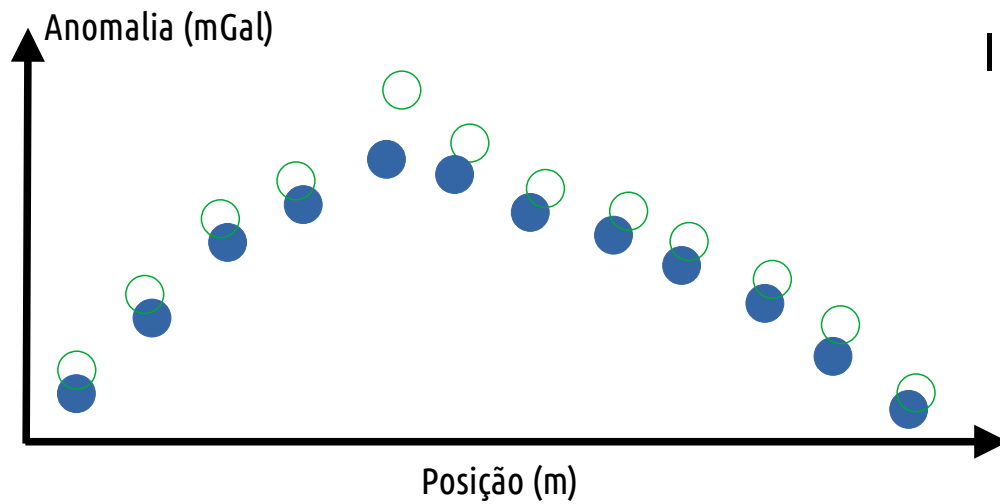
Imagine que exista um corpo em subsuperfície

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



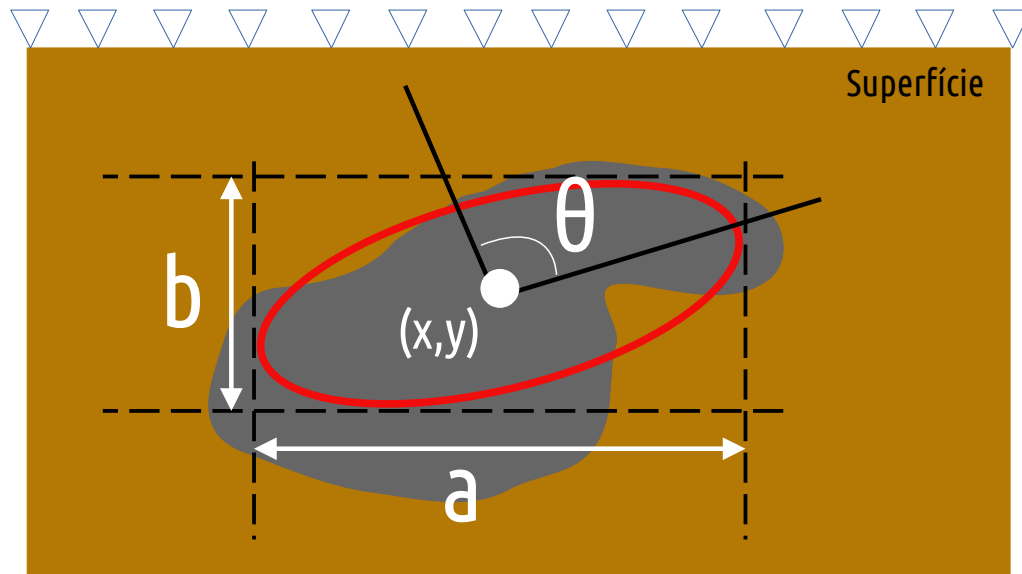
Conjunto de **dados observados**

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



Imagine que exista um corpo em subsuperfície

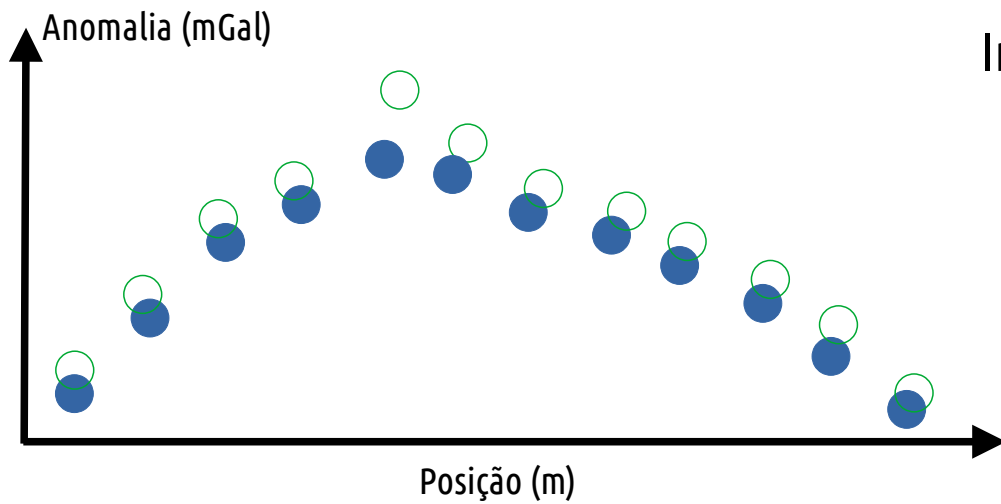
E a profundidade do topo? E a geometria? E a distribuição de propriedade física?



Conjunto de **dados observados**

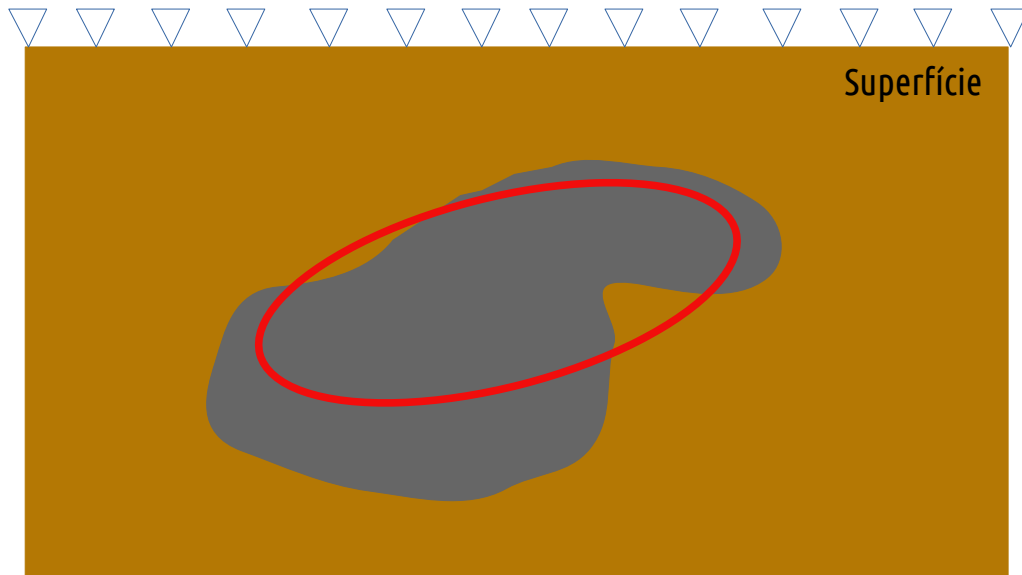
Precisamos estabelecer uma relação funcional $f(x, y, a, b, \theta)$ para calcular os **dados preditos**

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

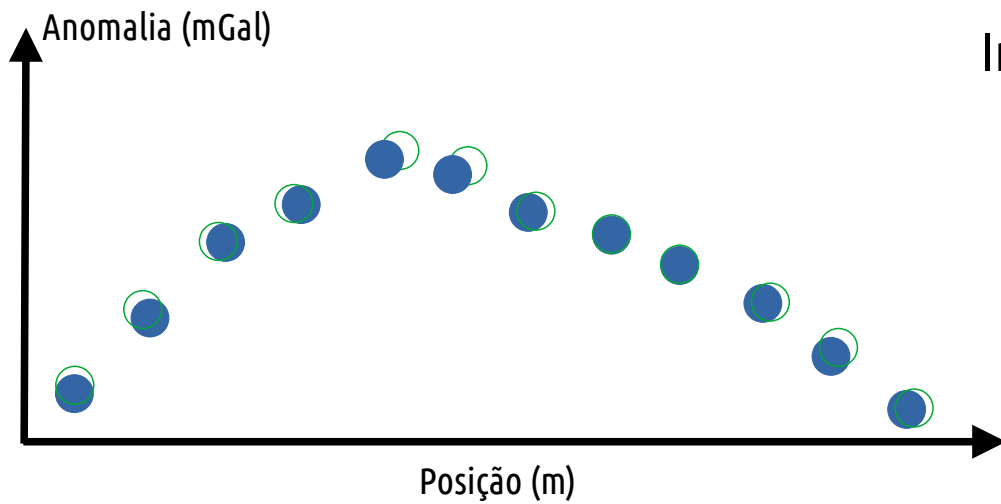
E a profundidade do topo? E a geometria? E a distribuição de propriedade física?



Conjunto de **dados observados**

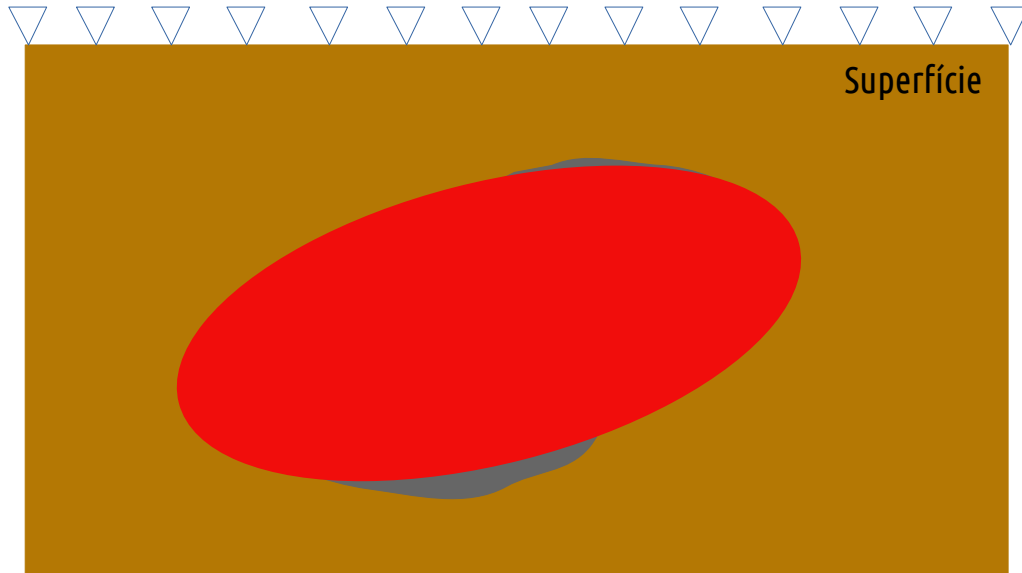
Precisamos estabelecer uma relação funcional $f(x, y, a, b, \theta)$ para calcular os **dados preditos**

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 descrevermo 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.

Objetivos da aula

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

Até breve!