

# Situação do COVID-19 em Portugal

Assembleia da República

Henrique M. Oliveira

Centro de Análise Geometria e Sistemas Dinâmicos. Departamento de  
Matemática. Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa.

1 de Julho de 2021

Dedico esta apresentação ao meu colega e amigo Carlos Alves, brilhante professor do Técnico, que trabalhou nas previsões dos números do COVID-19 em Portugal comigo e que faleceu hoje, vítima de AVC sofrido na passada Terça-feira. É com emoção que o evoco aqui.



## Resumo

Detalhamos alguns aspectos fundamentais do COVID-19 em Portugal.

- 1 A diminuição da severidade da doença nas suas três componentes:

## Resumo

Detalhamos alguns aspectos fundamentais do COVID-19 em Portugal.

- 1 A diminuição da severidade da doença nas suas três componentes:

- 1 **letalidade;**

## Resumo

Detalhamos alguns aspectos fundamentais do COVID-19 em Portugal.

- 1 A diminuição da severidade da doença nas suas três componentes:
  - 1 letalidade;
  - 2 internamentos gerais;

## Resumo

Detalhamos alguns aspectos fundamentais do COVID-19 em Portugal.

- 1 A diminuição da severidade da doença nas suas três componentes:
  - 1 letalidade;
  - 2 internamentos gerais;
  - 3 internamentos em UCI.

## Resumo

Detalhamos alguns aspectos fundamentais do COVID-19 em Portugal.

- ① A diminuição da severidade da doença nas suas três componentes:
  - ① letalidade;
  - ② internamentos gerais;
  - ③ internamentos em UCI.
- ② Apresentamos a nova estimativa da imunidade de grupo para Portugal e suas implicações.

## Resumo

Detalhamos alguns aspectos fundamentais do COVID-19 em Portugal.

- 1 A diminuição da severidade da doença nas suas três componentes:
  - 1 letalidade;
  - 2 internamentos gerais;
  - 3 internamentos em UCI.
- 2 Apresentamos a nova estimativa da imunidade de grupo para Portugal e suas implicações.
- 3 Apresentamos o modelo de crescimento da variante Delta em Portugal.

## Vacinação

- Primeira dose:  
5 335 683 (52%).

## Vacinação

- Primeira dose:  
5 335 683 (52%).
- Pessoas com vacinação completa  
3 295 132 (32%).

## Gráficos da letalidade geral

- A média da letalidade ao longo da pandemia é de 2,01%.

## Gráficos da letalidade geral

- A média da letalidade ao longo da pandemia é de 2,01%.
- A letalidade actual é de 0,32%.

## Gráficos da letalidade geral

- A média da letalidade ao longo da pandemia é de 2,01%.
- A letalidade actual é de 0,32%.
- Uma descida por um factor de 6.28. Isto significa que temos agora apenas 16% da severidade média ao longo de toda a pandemia.



## Letalidade acima de 80 anos

- A média da letalidade acima dos 80 anos ao longo da pandemia é de 12,9%.

## Letalidade acima de 80 anos

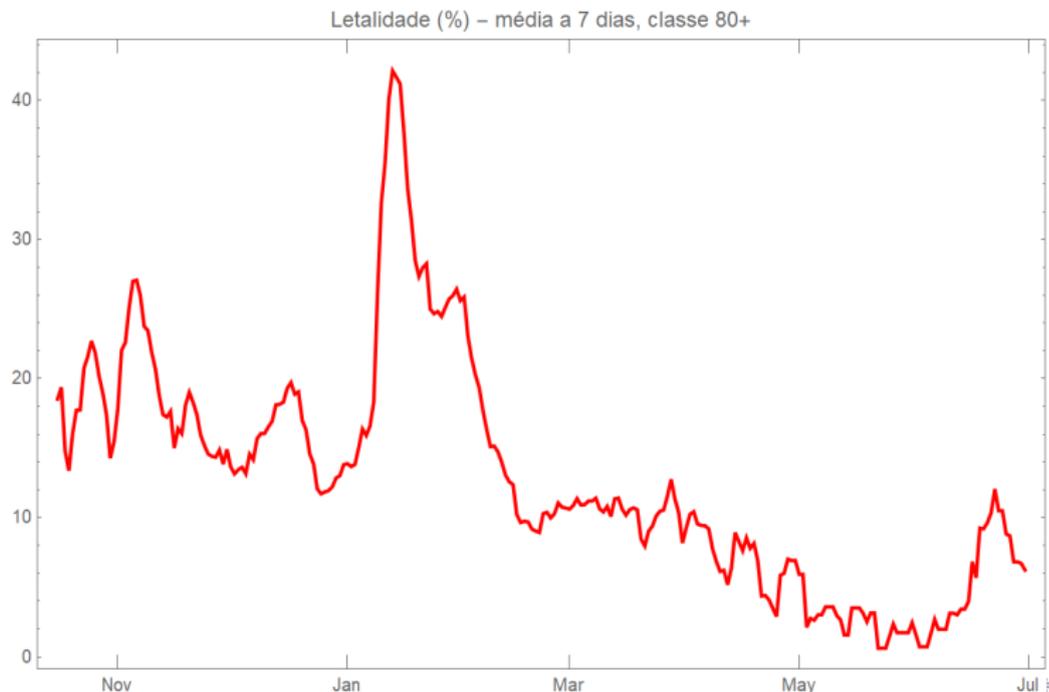
- A média da letalidade acima dos 80 anos ao longo da pandemia é de 12,9%.
- Actualmente é de 6,2% uma descida para metade.

## Letalidade acima de 80 anos

- A média da letalidade acima dos 80 anos ao longo da pandemia é de 12,9%.
- Actualmente é de 6,2% uma descida para metade.
- A 20 de Maio esta letalidade tinha baixado a valores de 0,71%.

## Letalidade acima de 80 anos

- A média da letalidade acima dos 80 anos ao longo da pandemia é de 12,9%.
- Actualmente é de 6,2% uma descida para metade.
- A 20 de Maio esta letalidade tinha baixado a valores de 0,71%.
- **Subiu entretanto, desde a entrada da variante Delta.**



## Hospitalização global

- A média das hospitalizações por caso ao longo da pandemia é de 16,6%.

## Hospitalização global

- A média das hospitalizações por caso ao longo da pandemia é de 16,6%.
- Actualmente é de 6,37% uma descida de mais de metade um factor de 2,51.

## Hospitalização global

- A média das hospitalizações por caso ao longo da pandemia é de 16,6%.
- Actualmente é de 6,37% uma descida de mais de metade um factor de 2,51.
- A taxa de hospitalização é agora de 38% da média da pandemia.



## Hospitalização em Unidade de Cuidados Intensivos

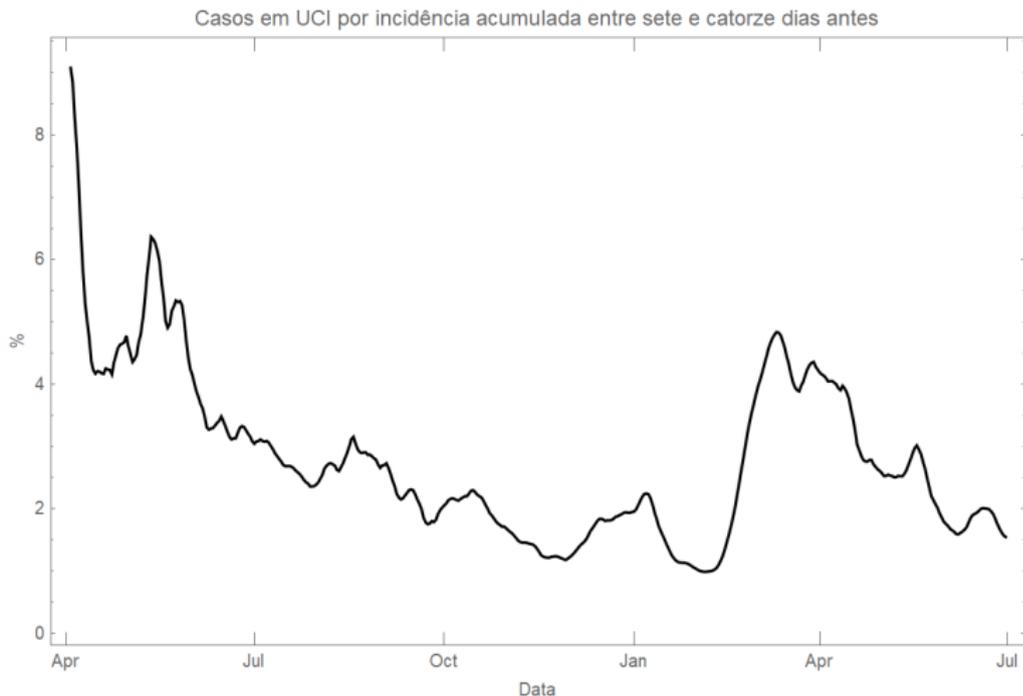
- A média das hospitalizações em UCI por caso é de 2,8%.

## Hospitalização em Unidade de Cuidados Intensivos

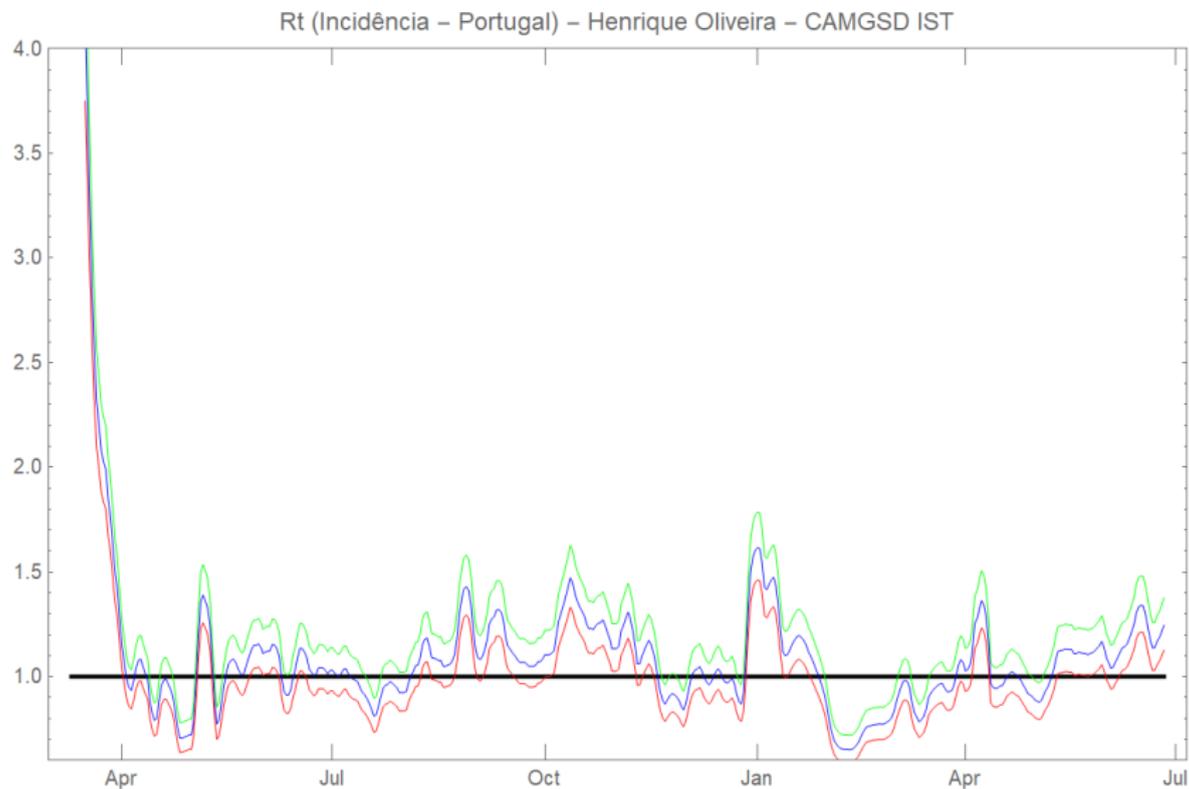
- A média das hospitalizações em UCI por caso é de 2,8%.
- **Actualmente é de 1,55%.**

## Hospitalização em Unidade de Cuidados Intensivos

- A média das hospitalizações em UCI por caso é de 2,8%.
- Actualmente é de 1,55%.
- A taxa de hospitalização em UCI é agora de 55% da média da pandemia.



$R_0$  e  $R_t$



## Modelo

- Doença com tempo de exposição (fase não contagiosa). Este tempo será de  $\frac{1}{\sigma} = 2,75$  dias em Portugal, (?), (?) e um tempo médio de contágio semelhante (obtido por Sofia Pereira para Portugal) (?), (?).

## Modelo

- Doença com tempo de exposição (fase não contagiosa). Este tempo será de  $\frac{1}{\sigma} = 2,75$  dias em Portugal, (?), (?) e um tempo médio de contágio semelhante (obtido por Sofia Pereira para Portugal) (?), (?).
- Temos equações diferenciais

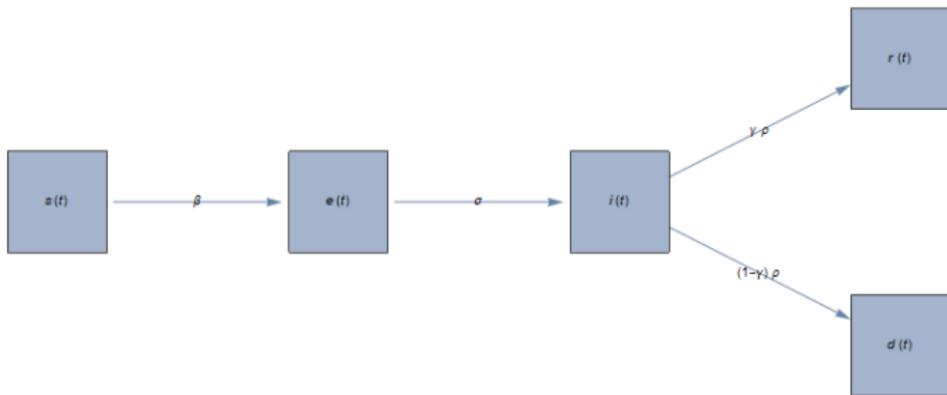
## Modelo

- Doença com tempo de exposição (fase não contagiosa). Este tempo será de  $\frac{1}{\sigma} = 2,75$  dias em Portugal, (?), (?) e um tempo médio de contágio semelhante (obtido por Sofia Pereira para Portugal) (?), (?).
- Temos equações diferenciais

•

$$\begin{aligned}\dot{s}(t) &= -\beta(t) s(t) i(t) \\ \dot{e}(t) &= \beta(t) s(t) i(t) - \sigma e(t) \\ \dot{i}(t) &= \sigma e(t) - \rho i(t) \\ \dot{r}(t) &= \gamma \rho i(t) \\ \dot{d}(t) &= (1 - \gamma) \rho i(t).\end{aligned}\tag{1}$$

- O modelo tem esta explicação gráfica



## Com hospitalizações

- As equações são agora

## Com hospitalizações

- As equações são agora



$$\begin{aligned}\dot{s}(t) &= -\beta(t, s, i, d) s(t) i(t) \\ \dot{e}(t) &= \beta(t, s, i, d) i(t) - \sigma e(t) \\ \dot{i}(t) &= \sigma e(t) - \rho i(t) \\ \dot{h}(t) &= \chi_h (1 - \chi_c) \rho i(t) + \mu (1 - \lambda_c) c(t) - \tau h(t) \\ \dot{c}(t) &= (\chi_h \chi_c \rho i(t) - \mu c(t)) (1 - \text{Sat}(c(t), t)) \\ \dot{r}(t) &= (1 - \chi_h) (1 - \lambda_i) \rho i(t) + (1 - \lambda_h) \tau h(t) \\ \dot{d}(t) &= (1 - \chi_h) \lambda_i \rho i(t) + \lambda_h \tau h(t) + \mu \lambda_c c(t) + \\ &\quad + (\chi_h \chi_c \rho i(t) - \mu c(t)) \text{Sat}(c(t), t).\end{aligned}\tag{2}$$

$\chi_h$  fracção de hospitalização,  $\chi_c$  fracção crítica,  $\lambda_c$  letalidade crítica,  $\gamma_i$  letalidade sem hospitalização,  $\lambda_h$  letalidade em hospitalização em enfermaria. Taxas de retirada: expostos  $\sigma$ , infectados  $\rho$ , hospitalizados  $\tau$ , críticos  $\mu$ .

- O  $R_0$  do COVID-19 em Portugal tem a estimativa inferior de 3.5% com confiança a 99%.

- O  $R_0$  do COVID-19 em Portugal tem a estimativa inferior de 3.5% com confiança a 99%.
- A 11 de Janeiro, o  $R_t$  era de 1,8. Hoje temos um  $R_t$  de 1,17.

- O  $R_0$  do COVID-19 em Portugal tem a estimativa inferior de 3.5% com confiança a 99%.
- A 11 de Janeiro, o  $R_t$  era de 1,8. Hoje temos um  $R_t$  de 1,17.
- O  $R_0$  da variante indiana  $\delta$  pode ser estimado em pelo menos 7,84 sabendo que a variante  $\alpha$  é mais contagiosa que a variante original em cerca de 40% e a variante  $\delta$  é mais contagiosa sobre a anterior cerca de 60%.

- O  $R_0$  do COVID-19 em Portugal tem a estimativa inferior de 3.5% com confiança a 99%.
- A 11 de Janeiro, o  $R_t$  era de 1,8. Hoje temos um  $R_t$  de 1,17.
- O  $R_0$  da variante indiana  $\delta$  pode ser estimado em pelo menos 7,84 sabendo que a variante  $\alpha$  é mais contagiosa que a variante original em cerca de 40% e a variante  $\delta$  é mais contagiosa sobre a anterior cerca de 60%.
- Das equações anteriores obtém-se no estado final estacionário a imunidade de grupo

$$\begin{aligned}
 GI &= \left(1 - \frac{1}{R_0}\right) \times 100\% \\
 &= \left(1 - \frac{1}{7,84}\right) \times 100 \\
 &= 87,2\%.
 \end{aligned}$$

- O  $R_0$  do COVID-19 em Portugal tem a estimativa inferior de 3.5% com confiança a 99%.
- A 11 de Janeiro, o  $R_t$  era de 1,8. Hoje temos um  $R_t$  de 1,17.
- O  $R_0$  da variante indiana  $\delta$  pode ser estimado em pelo menos 7,84 sabendo que a variante  $\alpha$  é mais contagiosa que a variante original em cerca de 40% e a variante  $\delta$  é mais contagiosa sobre a anterior cerca de 60%.
- Das equações anteriores obtém-se no estado final estacionário a imunidade de grupo

$$\begin{aligned}
 GI &= \left(1 - \frac{1}{R_0}\right) \times 100\% \\
 &= \left(1 - \frac{1}{7,84}\right) \times 100 \\
 &= 87,2\%.
 \end{aligned}$$

- É necessário que 87,2% da população esteja **TOTALMENTE** imunizada para termos a imunidade de grupo.

## Com vacinação real

- Admitindo que a eficácia da vacina Pfizer (a melhor) é cerca de 88% contra a variante  $\delta$ , note-se que deve descer com a idade. Será necessário vacinar no mínimo

$$VacEffect = \frac{87,2}{0.88} \% = 99,14\%.$$

## Com vacinação real

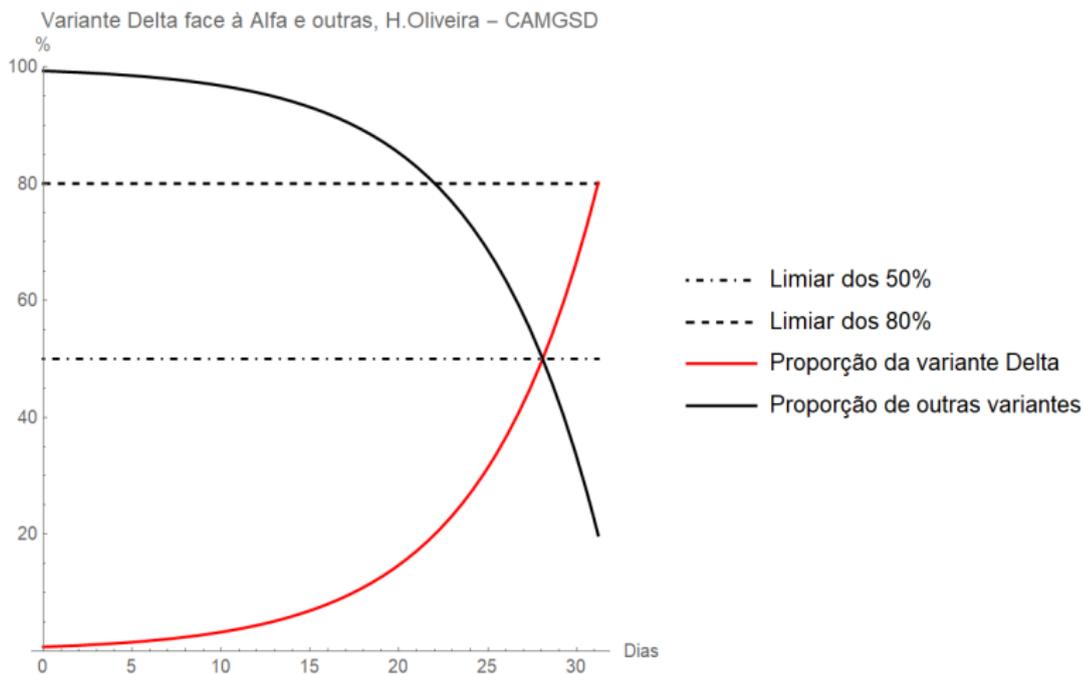
- Admitindo que a eficácia da vacina Pfizer (a melhor) é cerca de 88% contra a variante  $\delta$ , note-se que deve descer com a idade. Será necessário vacinar no mínimo

$$VacEffect = \frac{87,2}{0.88}\% = 99,14\%.$$

- O que significa que com a variante  $\delta$  a imunidade de grupo só se pode alcançar vacinando, efectivamente, toda a população. **Este conceito deixa de ter significado.**

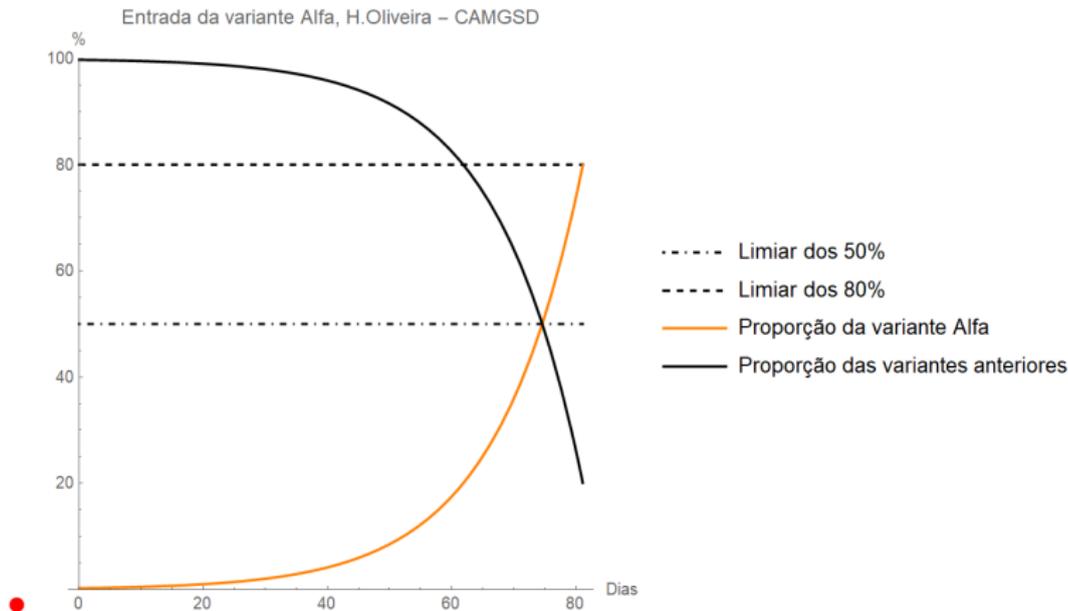
## Entrada da variante delta

- Entrada da variante  $\delta$ , a 21 de Maio de 2021 nos laboratórios do Instituto Superior Técnico. Com estudantes de ERASMUS. Modelo com contagiosidade 60% acima da  $\alpha$ .



- Entrada da variante  $\alpha$ , a 2 de Dezembro de 2020 nos laboratórios do Instituto Superior Técnico. Com estudantes de ERASMUS. Com 40% acima da selvagem.

- Entrada da variante  $\alpha$ , a 2 de Dezembro de 2020 nos laboratórios do Instituto Superior Técnico. Com estudantes de ERASMUS. Com 40% acima da selvagem.



Obrigado