

# Projeções de curto prazo para número de hospitalizados por COVID-19 no município de São Paulo

Baseado nas notificações de SRAG Hospitalizados na base SIVEP Gripe

Observatório COVID-19 BR

27-04-2020\_14h57min36s

## Sumário executivo

- Este relatório usa notificações de casos de SRAG Hospitalizados na base **SIVEP-Gripe** do dia 27 de abril de 2020.
- Nesta base de dados, observamos 2500 casos hospitalizados de **COVID-19**. Destes, 899 estão hospitalizados em UTI. Corrigindo para o atraso de notificação, estimamos que o número de hospitalizados está entre 3131 e 5295, e número de casos em UTI está entre 1144 e 1879.
- No cenário pessimista, utilizando um crescimento **Exponencial**, a projeção para dia 30 de abril do total de casos hospitalizados é de entre 5361 e 15855, e de casos em UTI é de entre 1724 e 4937.
- No cenário otimista, utilizando um crescimento **Logístico**, a projeção para dia 30 de abril do total de casos hospitalizados é de entre 2718 e 5377, e de casos em UTI é de entre 935 e 1776.

## Projeções de número total de casos de COVID-19 hospitalizados

Tabela 1: Projeção do número de casos hospitalizados de COVID-19 para os próximos 3 dias no cenário pessimista.

| Data       | Previsto | Limite Inferior | Limite Superior |
|------------|----------|-----------------|-----------------|
| 2020-04-28 | 8679     | 4849            | 14145           |
| 2020-04-29 | 9049     | 4977            | 15046           |
| 2020-04-30 | 9509     | 5361            | 15855           |

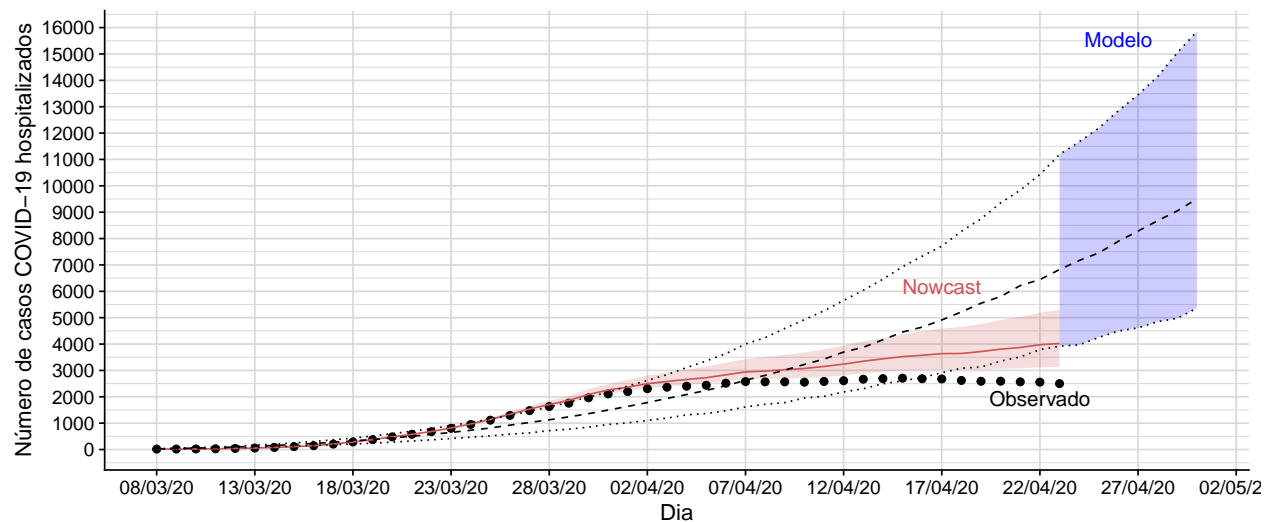
Tabela 2: Projeção do número de casos hospitalizados de COVID-19 pra os próximos 3 dias no cenário otimista.

| Data       | Previsto | Limite Inferior | Limite Superior |
|------------|----------|-----------------|-----------------|
| 2020-04-28 | 3690     | 2716            | 5327            |
| 2020-04-29 | 3701     | 2744            | 5327            |
| 2020-04-30 | 3674     | 2718            | 5377            |

## Gráfico das projeções

- Pontos pretos : número de casos hospitalizados observados a cada dia.
- Região e linha vermelha : correção para ao atraso de notificação dos casos hospitalizados. Média e intervalo de confiança de 95%.
- Região azul e linhas pontilhadas : Previsão usando modelos de curto prazo em diferentes cenários. Média e intervalo de confiança de 95%.

### A COVID-19 – Leitos Totais – Exponencial



### B COVID-19 – Leitos Totais – Logístico

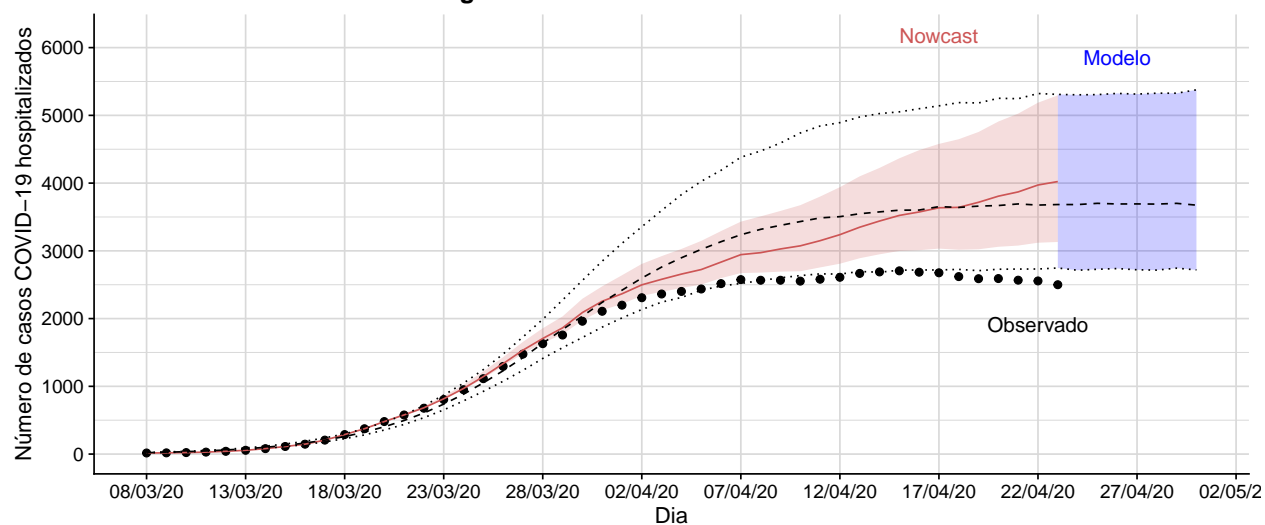


Figura 1: Estimativas de crescimento (A) exponencial e (B) logístico para os próximos 3 dias para número de internações por COVID-19.

## Projeções de número de casos de COVID-19 hospitalizados em leitos de UTI

Tabela 3: Projeção do número de casos hospitalizados de COVID-19 em leitos de UTI para os próximos 3 dias no cenário pessimista.

| Data       | Previsto | Limite Inferior | Limite Superior |
|------------|----------|-----------------|-----------------|
| 2020-04-28 | 2718     | 1596            | 4506            |
| 2020-04-29 | 2822     | 1616            | 4732            |
| 2020-04-30 | 2942     | 1724            | 4937            |

Tabela 4: Projeção do número de casos hospitalizados de COVID-19 em leitos de UTI pra os próximos 3 dias no cenário otimista.

| Data       | Previsto | Limite Inferior | Limite Superior |
|------------|----------|-----------------|-----------------|
| 2020-04-28 | 1187     | 938             | 1778            |
| 2020-04-29 | 1187     | 936             | 1776            |
| 2020-04-30 | 1188     | 935             | 1776            |

## Gráfico das projeções para número de casos de COVID-19 hospitalizados em leitos de UTI

- Pontos pretos : número de casos hospitalizados observados a cada dia.
- Região e linha vermelha : correção para ao atraso de notificação dos casos hospitalizados. Média e intervalo de confiança de 95%.
- Região azul e linhas pontilhadas : Previsão usando modelos de curto prazo em diferentes cenários. Média de intervalo de confiança de 95%.

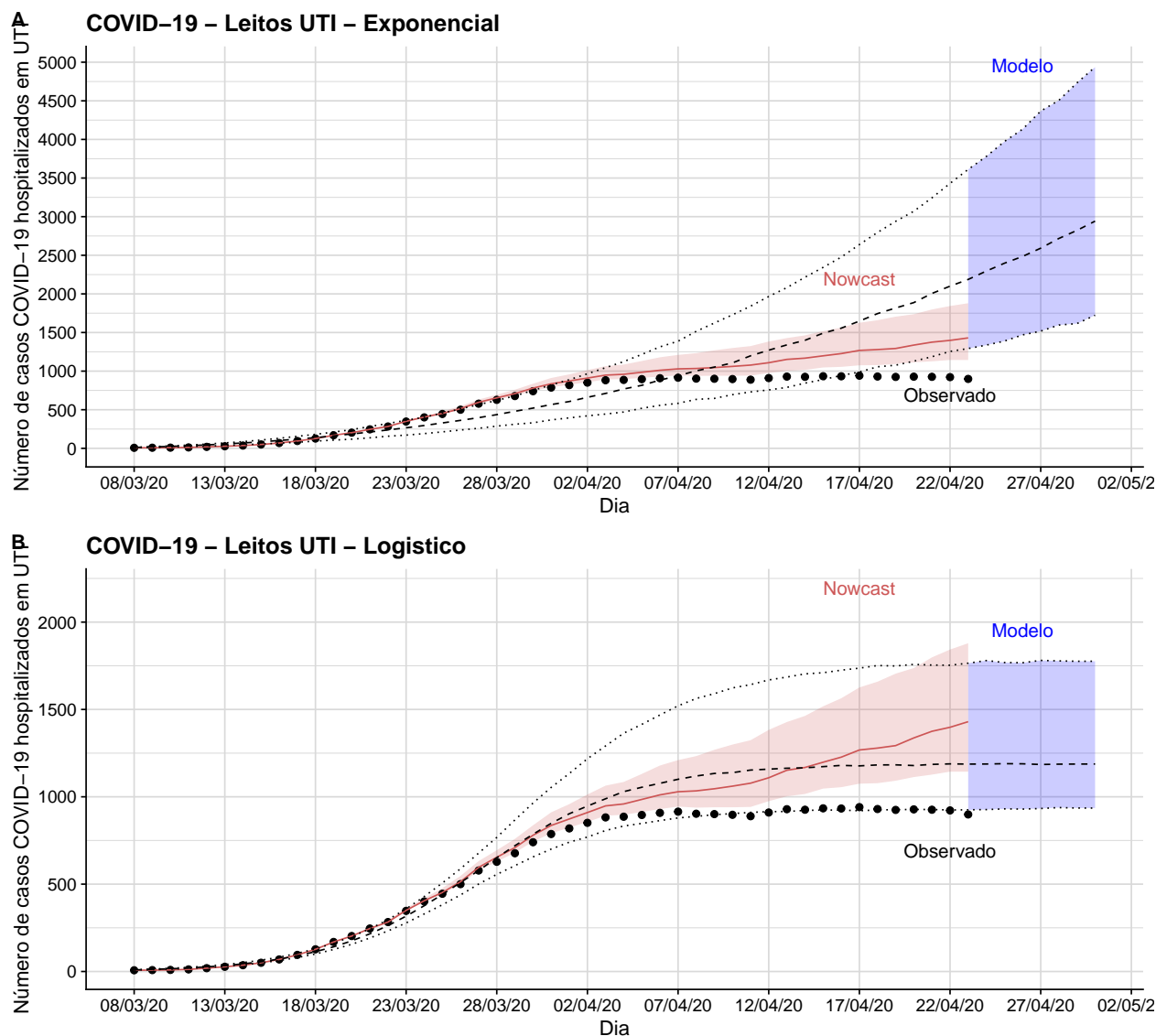


Figura 2: Estimativas de crescimento (A) exponencial e (B) logístico para os próximos 3 dias para número de internações em UTI por COVID-19.

## Métodos

### Correção do atraso de notificação pelo método de *Nowcasting*

Para corrigir o efeito de atraso da notificação de casos na tabela de notificações, nós utilizamos o método de *nowcasting* descrito em McGough et al. (2019). Esse método utiliza a diferença entre as datas de primeiro sintoma e notificação do caso no banco de dados para estimar o atraso de inclusão de novos casos no sistema de notificação. O pacote NobBS fornece o número de novos casos esperados por dia pelo modelo de atraso nas notificações.

### Tempos de hospitalização em leito comum e UTI

Para modelar a ocupação dos hospitais, nós estimamos a distribuição de tempos entre aparecimento de sintomas e internação, internação e evolução, entrada e saída da UTI, e probabilidade de internação em UTI.

### Estimando número de hospitalizados

O número estimado de hospitalizados por dia é dado pelos indivíduos notificados na tabela original do Sivep-Gripe + indivíduos não-observados mas esperados pelo *nowcast*, que são incluídos na tabela com datas de entrada e evolução simuladas a partir das distribuições de tempos. Esse modelo permite uma avaliação dinâmica da curva de hospitalizações já corrigida pelo atraso de notificação e tempos de permanência no hospital.

### Projeções de curto prazo utilizando modelos estatísticos

Para realizar as projeções de curto prazo, nós ajustamos duas curvas ao número de casos hospitalizados. As curvas representam cenários diferentes: uma curva exponencial generalizada, que é adequada para modelar o começo de uma epidemia, com crescimento rápido, sendo portanto um cenário pessimista; e uma curva logística generalizada, que apresenta um crescimento que se desacelera com o tempo, representando um cenário otimista. Ambos os modelos são descritos em Wu et al. (2020).

Os modelos usados são dados pelas seguintes equações diferenciais, nas quais  $C(t)$  representa o número de hospitalizados, e os parâmetros são definidos como:  $r$  taxa de crescimento,  $p$  parâmetro de modulação do crescimento (pode variar entre 0 e 1, valores mais baixos correspondem a curvas de crescimento mais lento), e, no caso da logística,  $K$ , um parâmetro de assíntota da curva.

- Exponencial generalizada:

$$\frac{dC(t)}{dt} = rC(t)^p$$

- Logística generalizada:

$$\frac{dC(t)}{dt} = rC(t)^p \left( 1 - \frac{C(t)}{K} \right)$$

### Limitações

- O método de *nowcasting* utilizado assume que a dinâmica de inclusão de novos casos no banco de dados é parecida com o passado. Se o atraso de inclusão aumenta muito, o modelo vai subestimar quantidade de novos casos. O mesmo se aplica aos modelos de distribuição dos tempos de hospitalização e probabilidade de internação em UTI.
- As previsões de curto prazo utilizam curvas fenomenológicas que não se prestam a previsões de longo prazo, portanto não são adequadas para prever a dinâmica da epidemia numa escala de tempo maior. Em particular, o uso de uma curva logística não implica que uma assíntota no número de hospitalizações é sugerida pelos dados.

## Referências

McGough, Sarah , Michael A. Johansson, Marc Lipsitch, Nicolas A. Menzies(2019). Nowcasting by Bayesian Smoothing: A flexible, generalizable model for real-time epidemic tracking. bioRxiv 663823; doi: <https://doi.org/10.1101/663823>

McGough, Sarah, Nicolas Menzies, Marc Lipsitch and Michael Johansson (2020). NobBS: Nowcasting by Bayesian Smoothing. R package version 0.1.0. <https://CRAN.R-project.org/package=NobBS>

Wu, Ke, Didier Darcet, Qian Wang, and Didier Sornette (2020). Generalized Logistic Growth Modeling of the COVID-19 Outbreak in 29 Provinces in China and in the Rest of the World. arXiv [q-bio.PE]. arXiv. <http://arxiv.org/abs/2003.05681>.

## Observatório COVID-19 BR

O Observatório Covid-19 BR é uma iniciativa independente, fruto da colaboração entre pesquisadores com o desejo de contribuir para a disseminação de informação de qualidade baseada em dados atualizados e análises cientificamente embasadas.

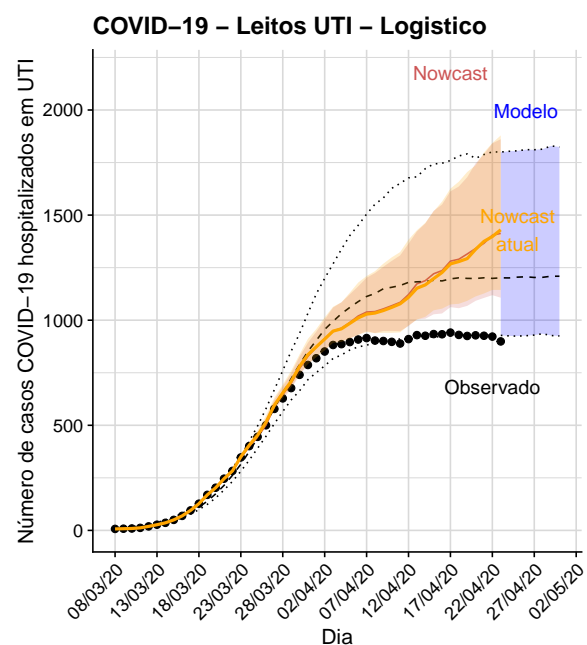
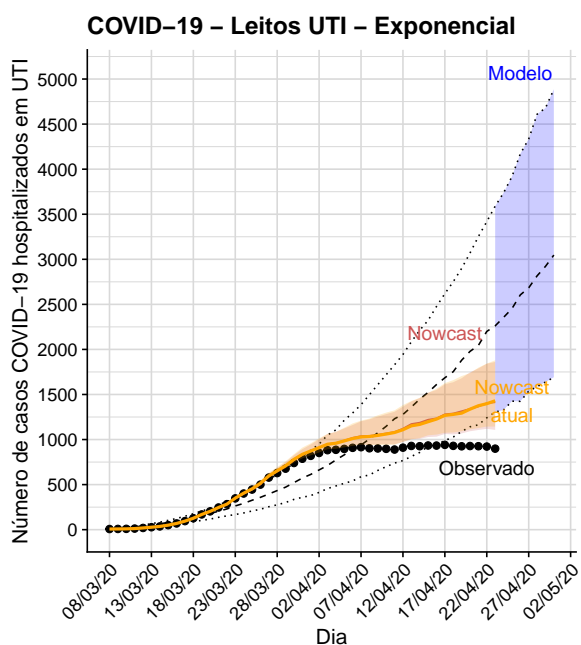
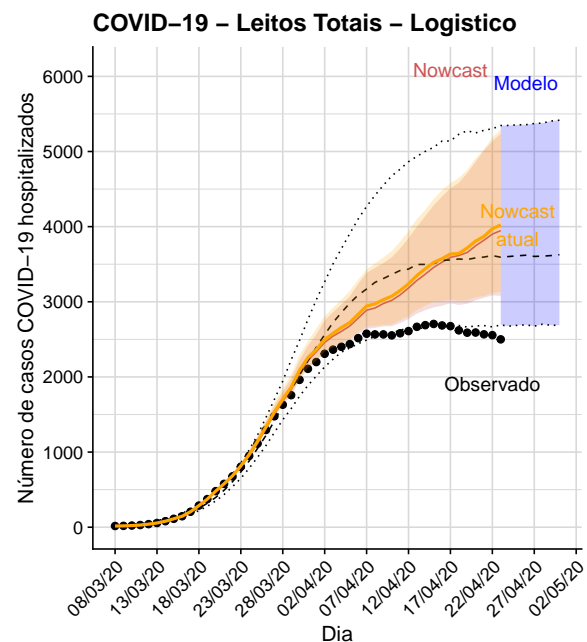
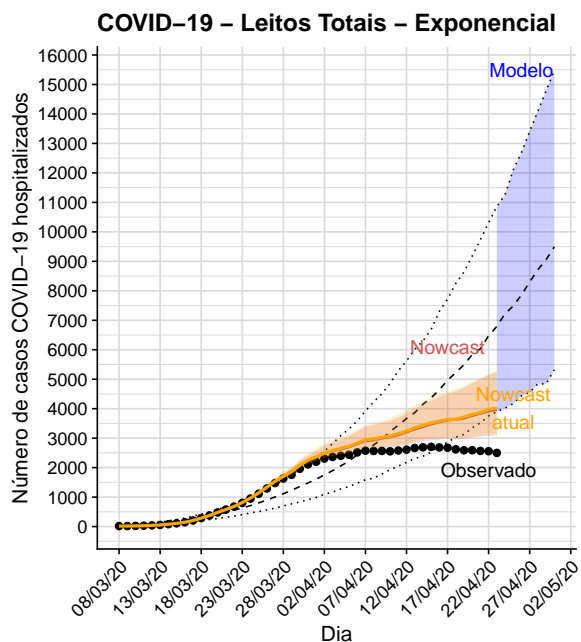
Criamos um sítio com códigos de fonte aberta que nos permite acompanhar o estado atual da epidemia de Covid-19 no Brasil, incluindo análises estatísticas e previsões. Modelos estatísticos e matemáticos para previsões da epidemia estão em preparação

**Site:** <https://covid19br.github.io/>

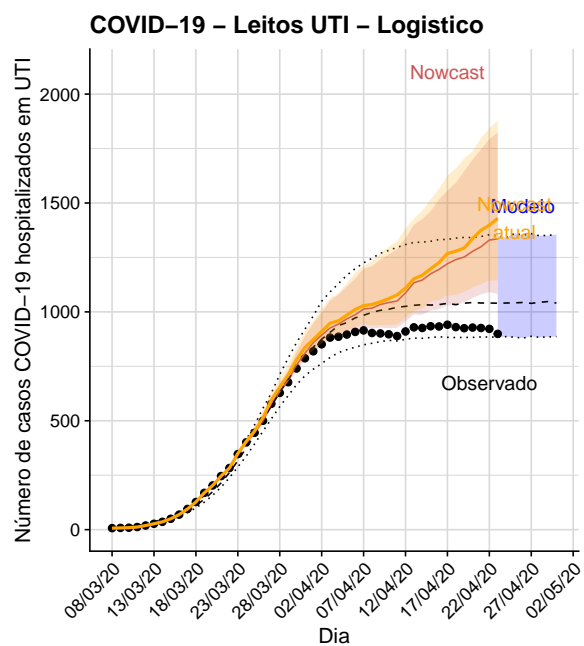
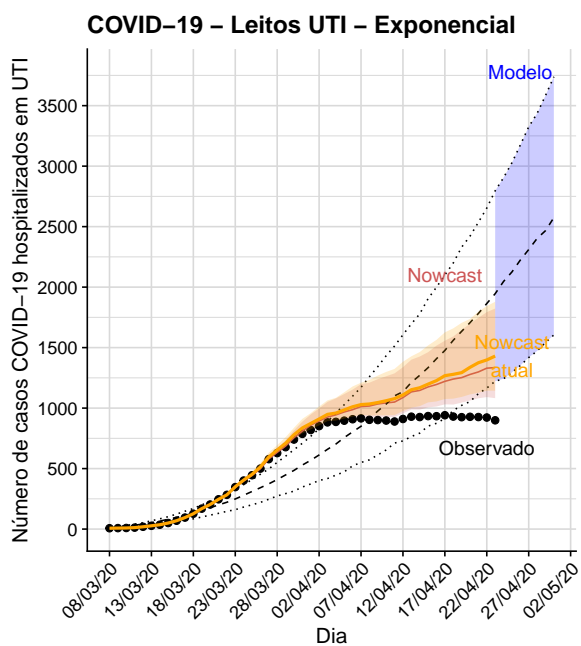
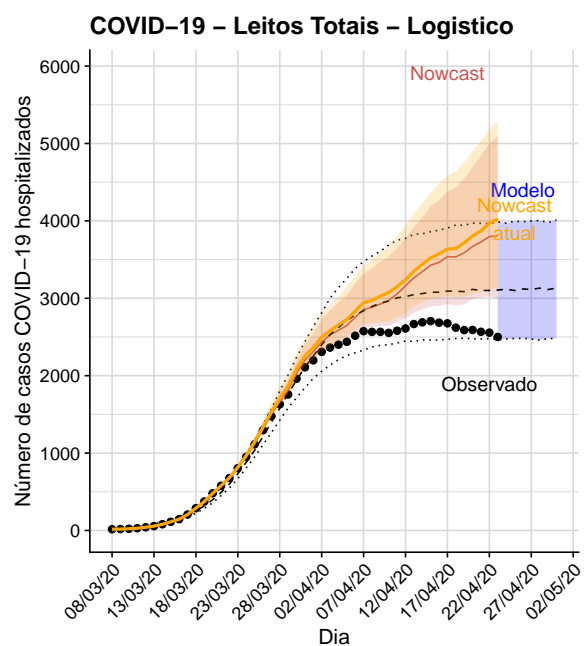
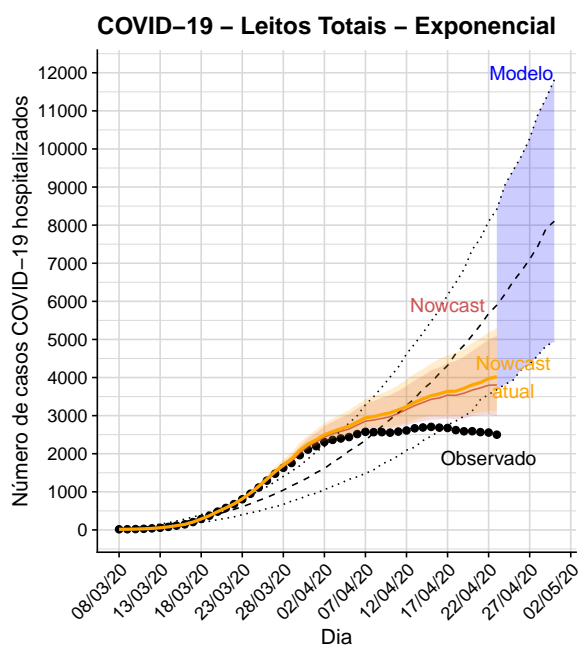
**Contato:** [obscovid19br@gmail.com](mailto:obscovid19br@gmail.com)

## Comparação com previsões anteriores

Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-26  
contra observados atuais

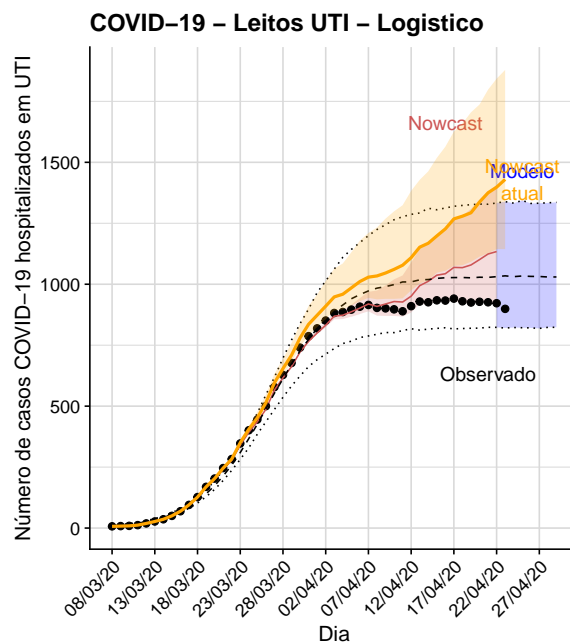
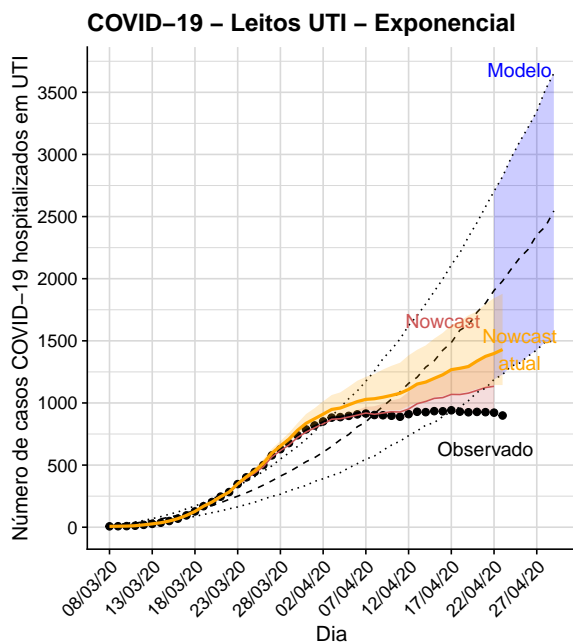
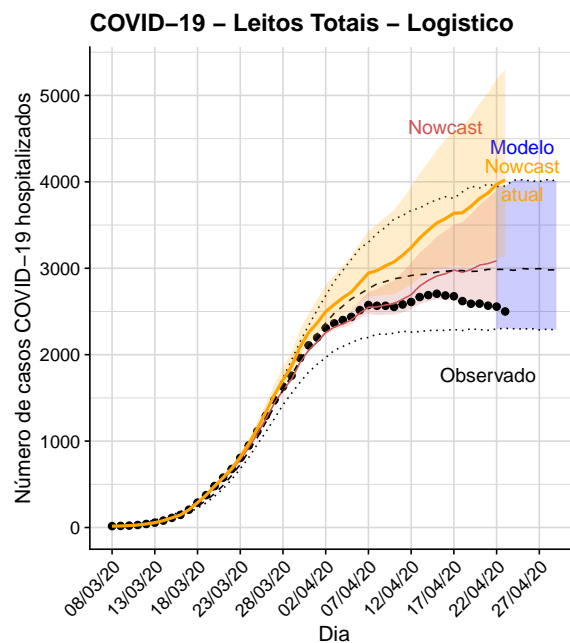
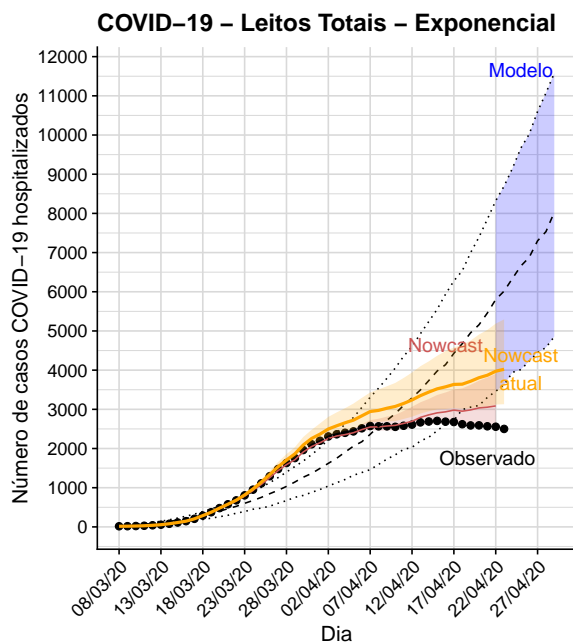


**Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-25  
contra observados atuais**

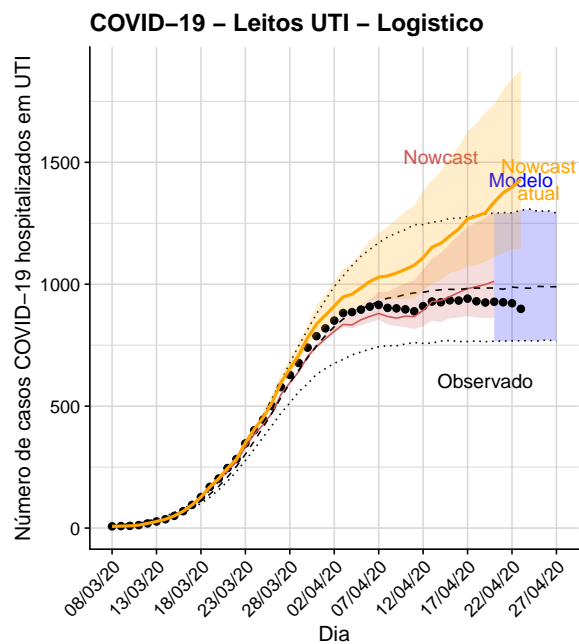
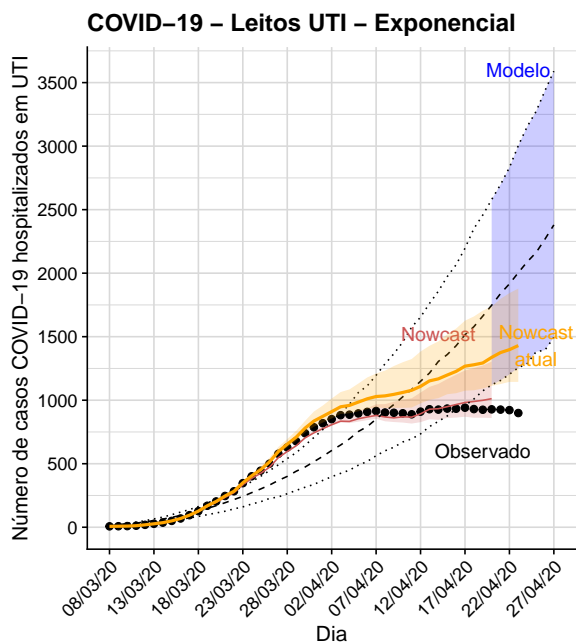
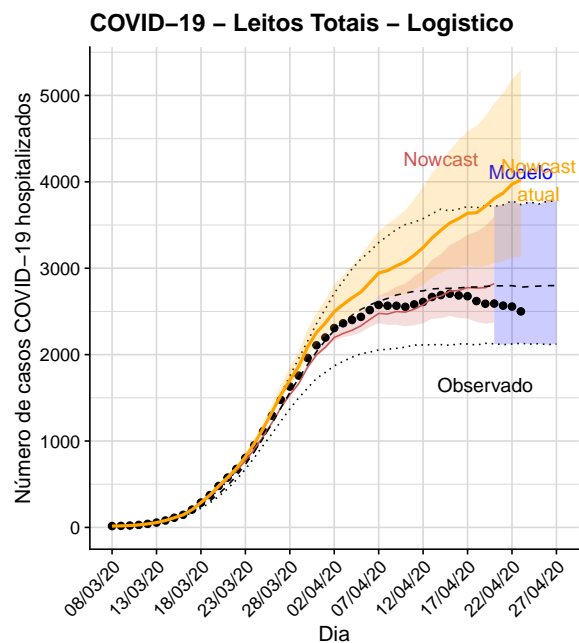
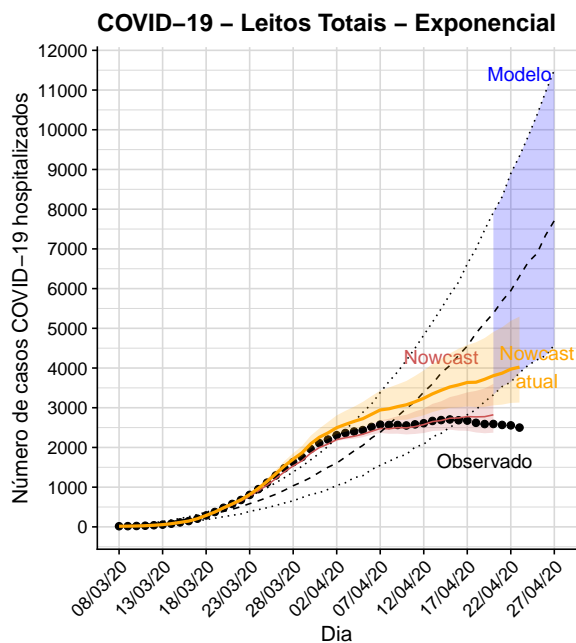




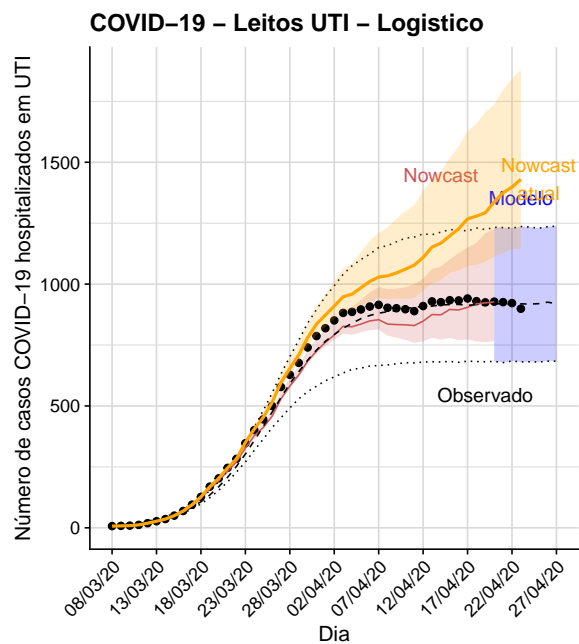
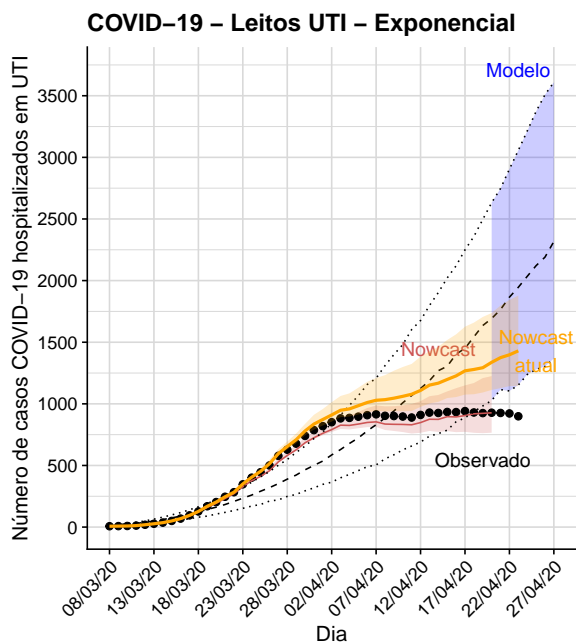
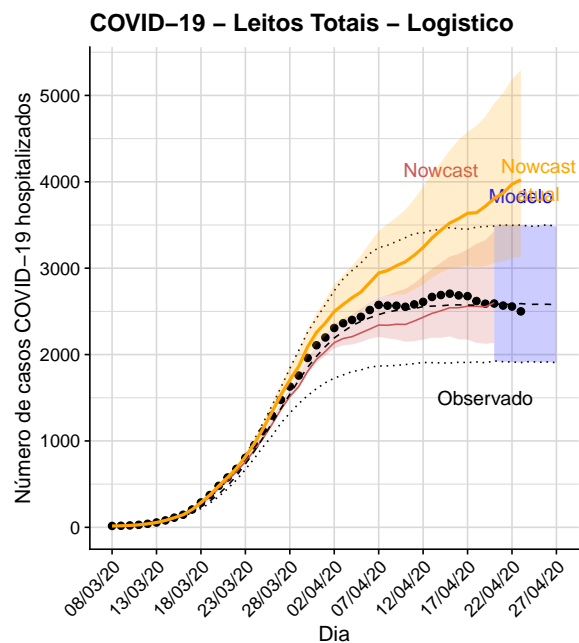
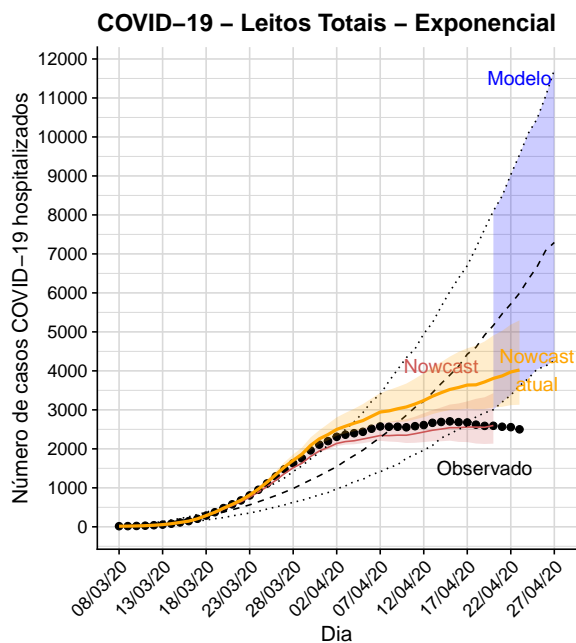
**Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-24  
contra observados atuais**



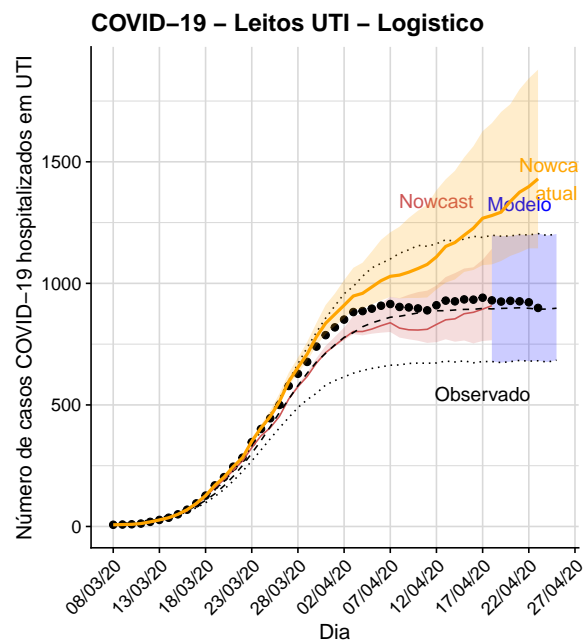
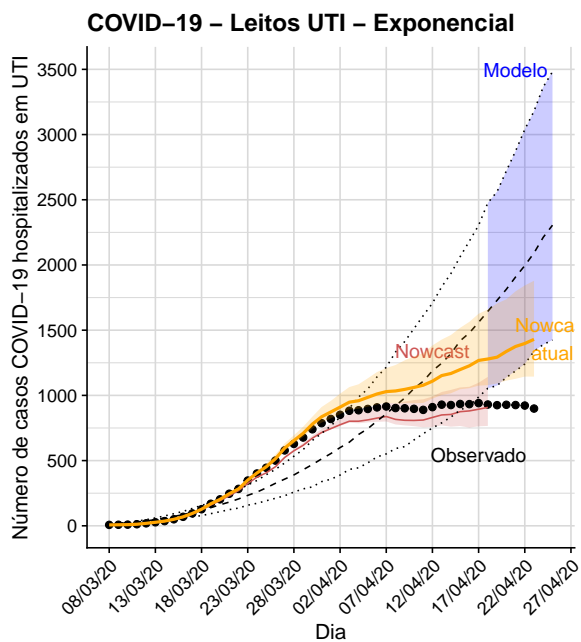
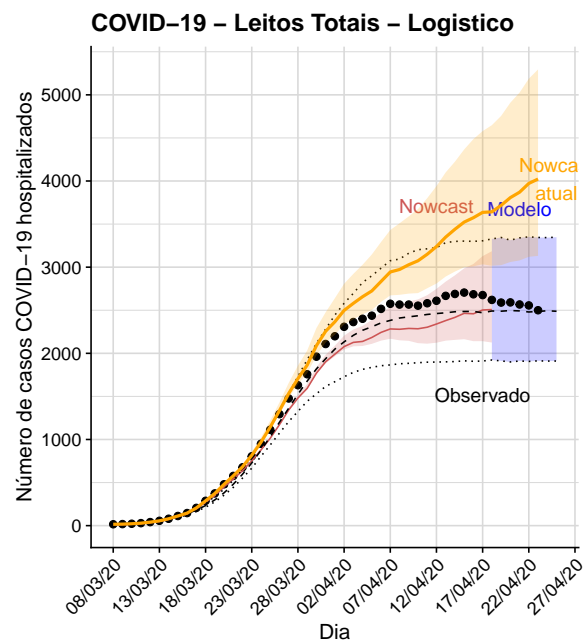
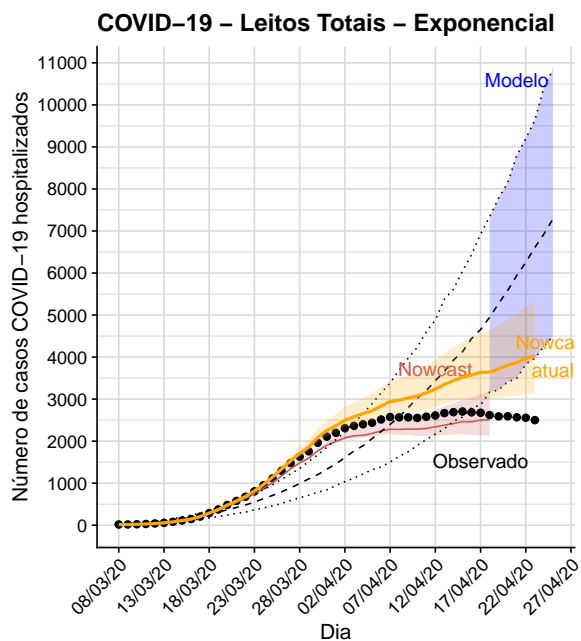
**Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-23  
contra observados atuais**



**Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-22  
contra observados atuais**



**Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-21  
contra observados atuais**



**Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-20  
contra observados atuais**

