

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

16-04-2020_22h39min59s

Sumário executivo

- Este relatório usa notificações de casos de SRAG Hospitalizados na base **SIVEP-Gripe** do dia 16 de abril de 2020.
- Nesta base de dados, observamos 1792 casos hospitalizados de **COVID-19**. Destes, 675 estão hospitalizados em UTI. Corrigindo para o atraso de notificação, estimamos que o número de hospitalizados está entre 1949 e 2933, e número de casos em UTI está entre 730 e 1067.
- No cenário pessimista, utilizando um crescimento **Exponencial**, a projeção para dia 22 de abril do total de casos hospitalizados é de entre 4296 e 10719, e de casos em UTI é de entre 1424 e 3474.
- No cenário otimista, utilizando um crescimento **Logístico**, a projeção para dia 22 de abril do total de casos hospitalizados é de entre 1770 e 3187, e de casos em UTI é de entre 646 e 1187.

Projeções de número total de casos de COVID-19 hospitalizados

Tabela 1: Projeção do número de casos hospitalizados de COVID-19 para os próximos 6 dias no cenário pessimista.

Data	Previsto	Limite Inferior	Limite Superior
2020-04-17	5231	3259	7781
2020-04-18	5528	3382	8433
2020-04-19	5864	3609	8961
2020-04-20	6296	3813	9529
2020-04-21	6654	4088	10089
2020-04-22	7149	4296	10719

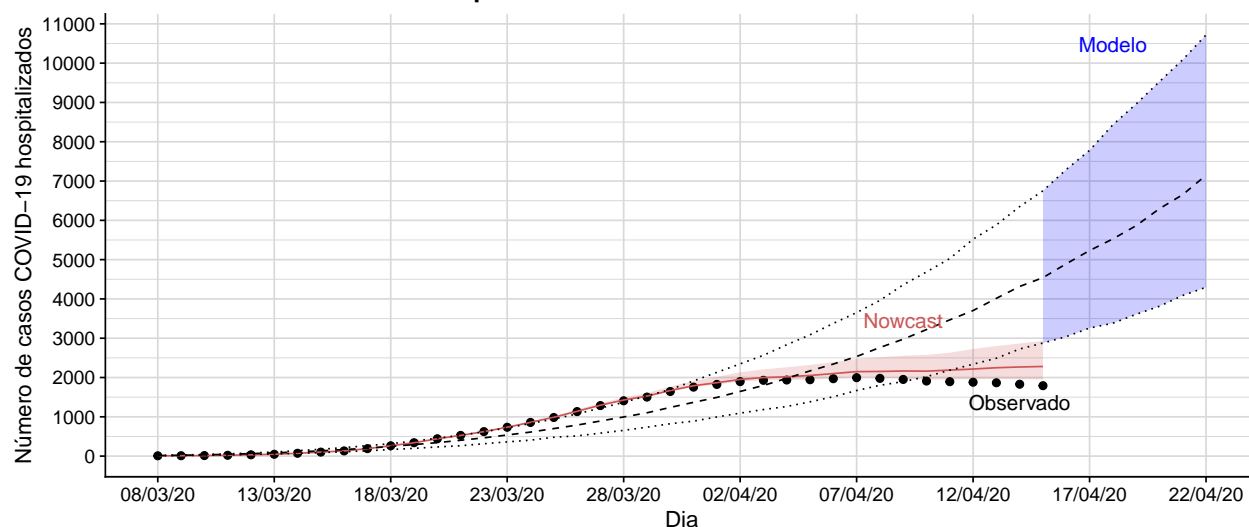
Tabela 2: Projeção do número de casos hospitalizados de COVID-19 pra os próximos 6 dias no cenário otimista.

Data	Previsto	Limite Inferior	Limite Superior
2020-04-17	2268	1761	3171
2020-04-18	2268	1762	3170
2020-04-19	2259	1754	3191
2020-04-20	2272	1762	3180
2020-04-21	2272	1767	3186
2020-04-22	2270	1770	3187

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

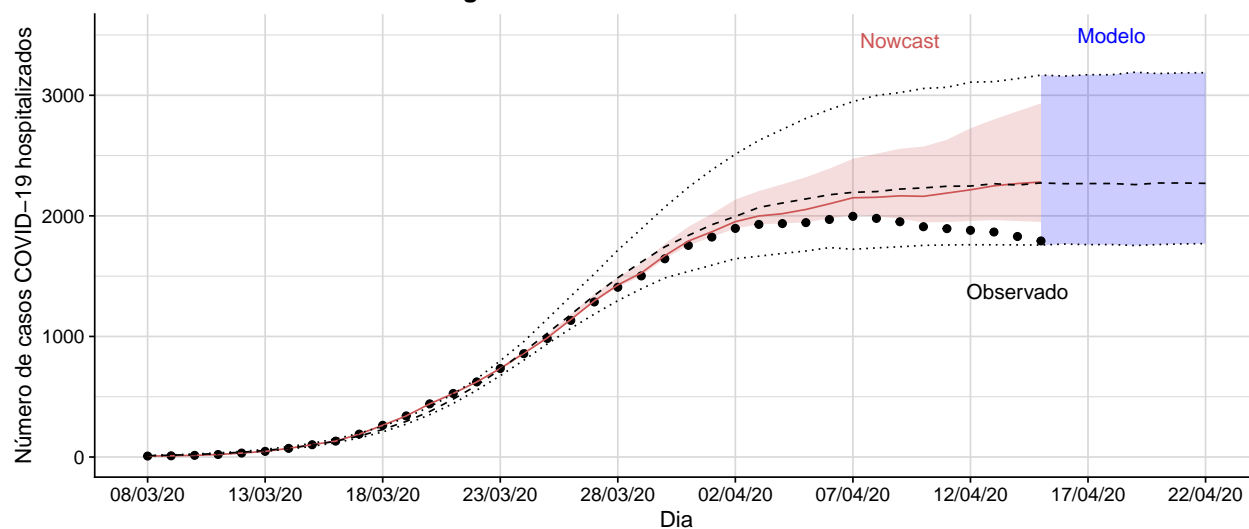


Figura 1: Estimativas de crescimento (A) exponencial e (B) logístico para os próximos 6 dias para número de internações por COVID-19.

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 6 dias no cenário pessimista.

Data	Previsto	Limite Inferior	Limite Superior
2020-04-17	1747	1107	2606
2020-04-18	1824	1153	2728
2020-04-19	1961	1240	2894
2020-04-20	2076	1289	3090
2020-04-21	2173	1341	3302
2020-04-22	2291	1424	3474

Tabela 4: Projeção do número de casos hospitalizados de COVID-19 em leitos de UTI pra os próximos 6 dias no cenário otimista.

Data	Previsto	Limite Inferior	Limite Superior
2020-04-17	856	646	1180
2020-04-18	857	648	1191
2020-04-19	859	643	1188
2020-04-20	860	646	1188
2020-04-21	860	645	1184
2020-04-22	858	646	1187

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%.

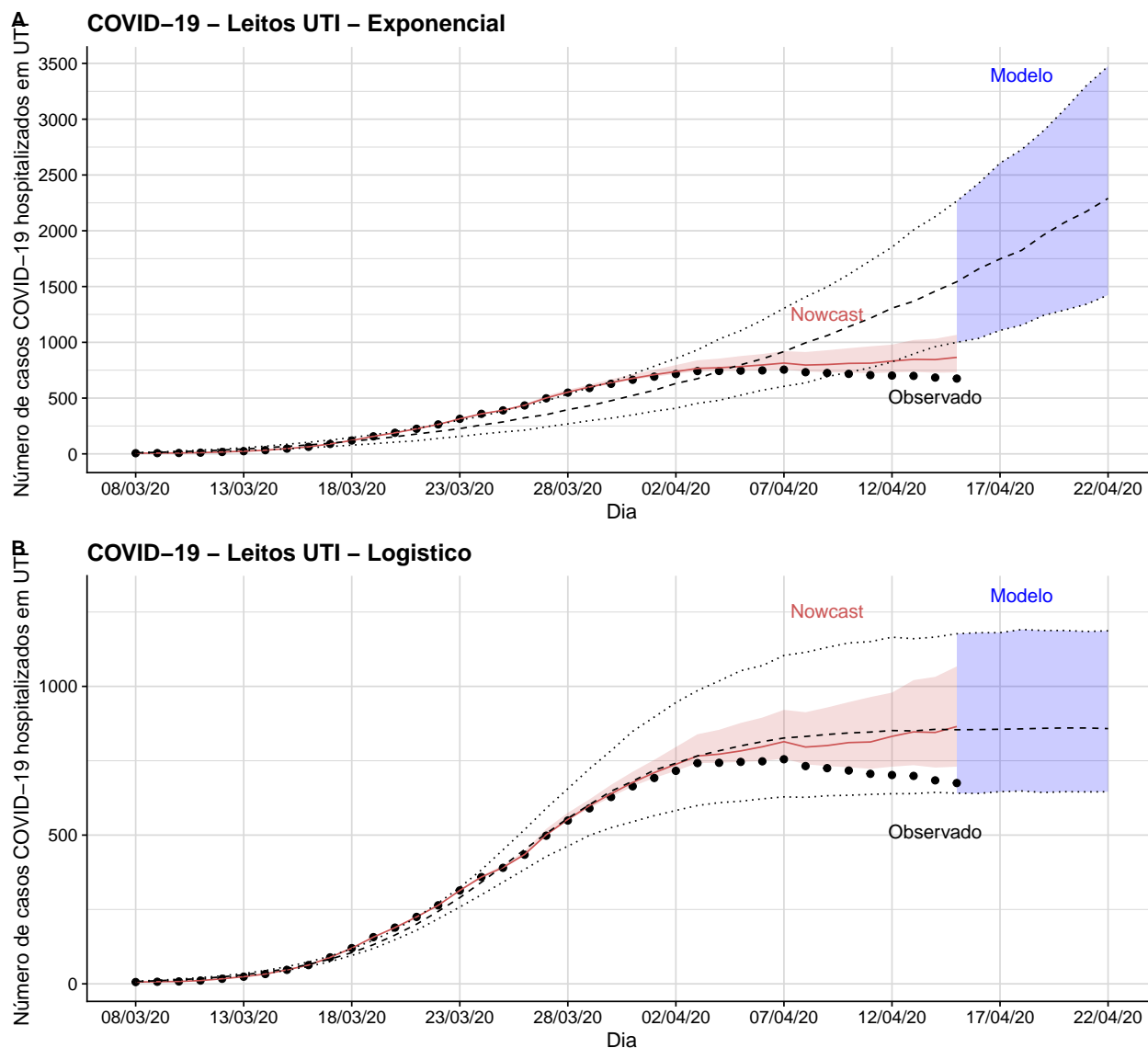


Figura 2: Estimativas de crescimento (A) exponencial e (B) logístico para os próximos 6 dias para número de internações em UTI por COVID-19.

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.

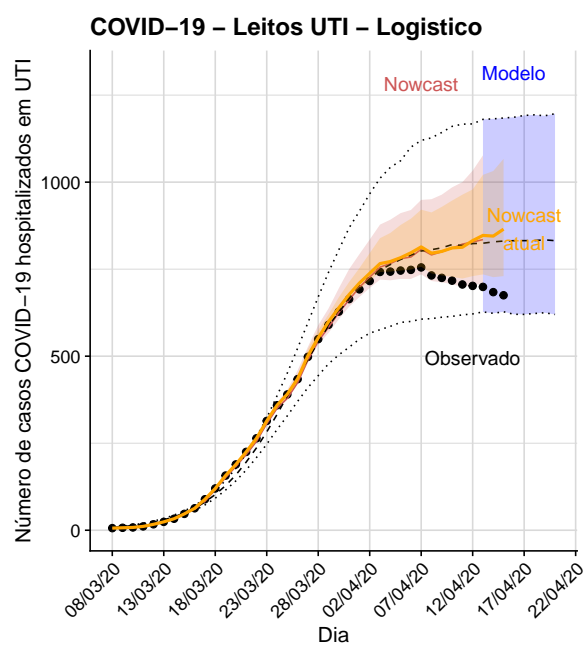
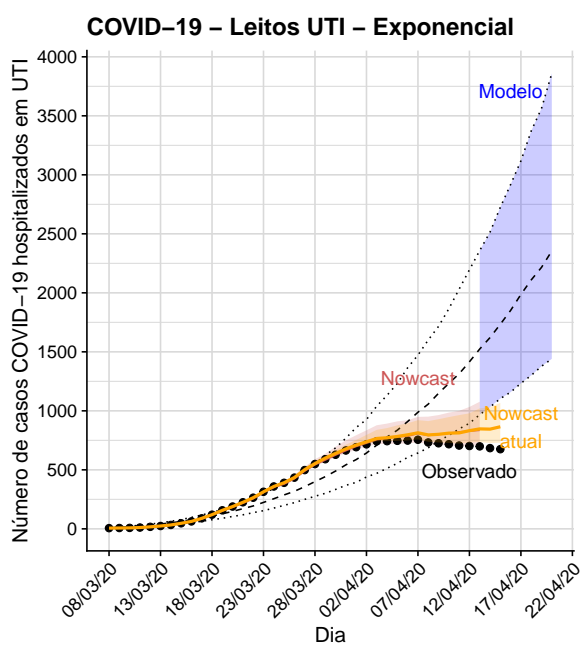
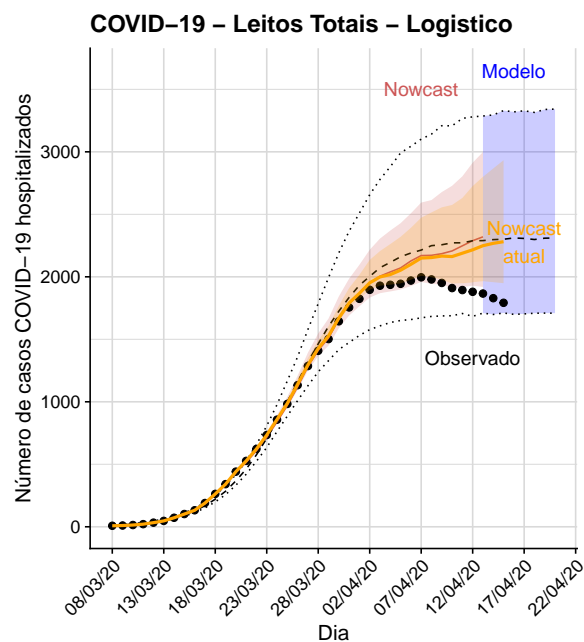
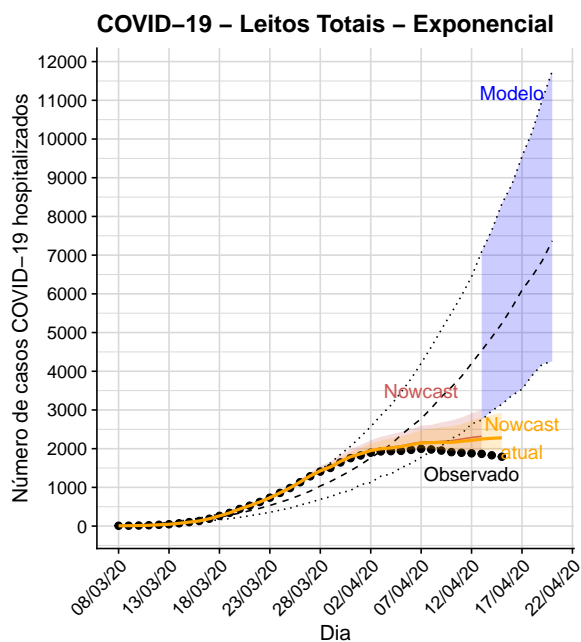
Criamos um sítio com códigos de fonte aberta que nos permite acompanhar o estado atual da epidemia de Covid-19 no Brasil, incluindo análises estatísticas e previsões. Modelos estatísticos e matemáticos para previsões da epidemia estão em preparação

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

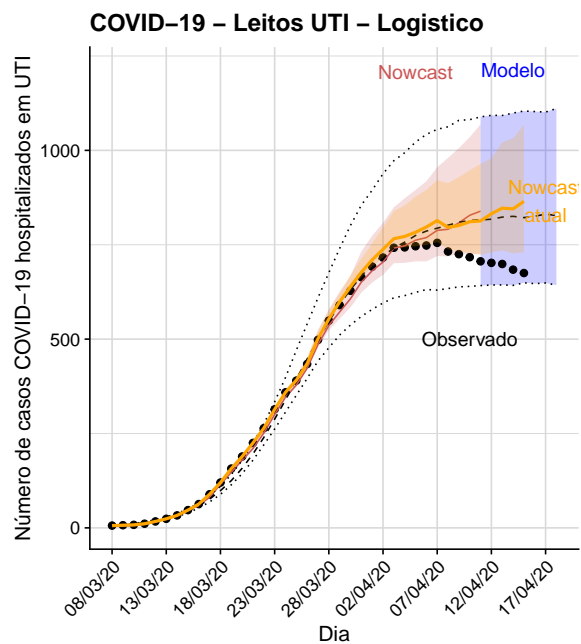
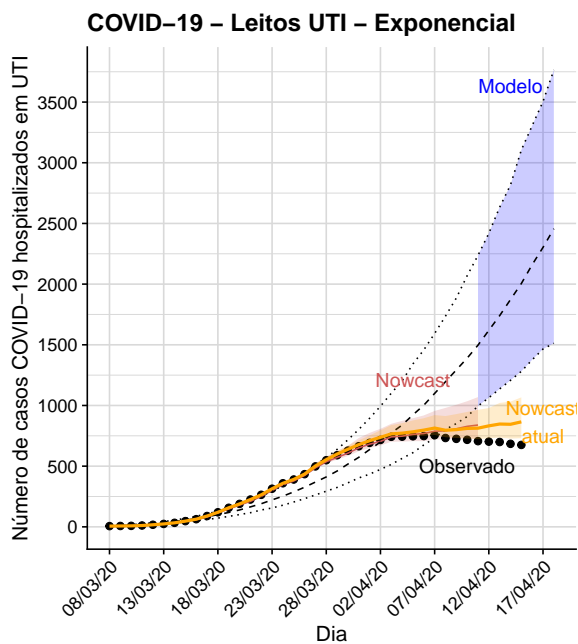
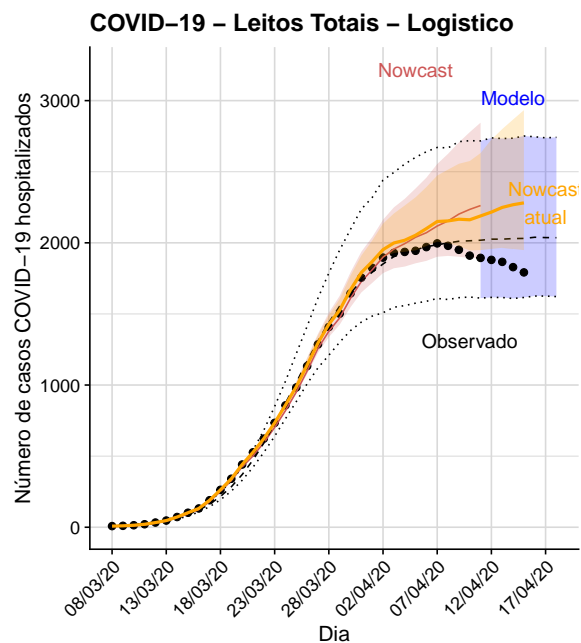
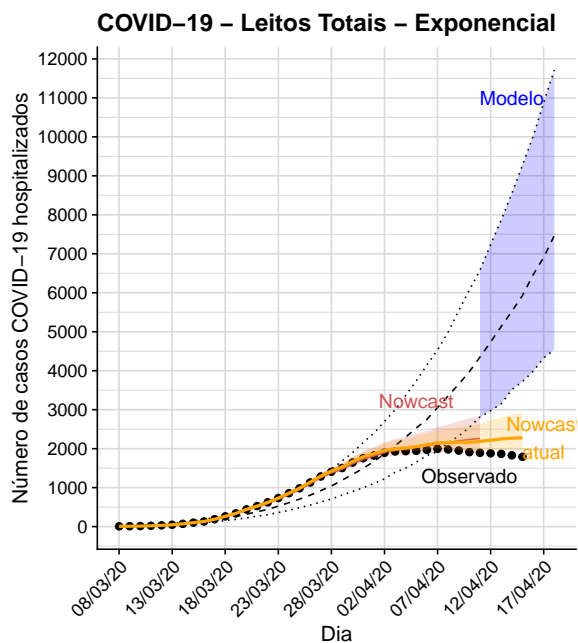
Contato: obscovid19br@gmail.com

Comparação com previsões anteriores

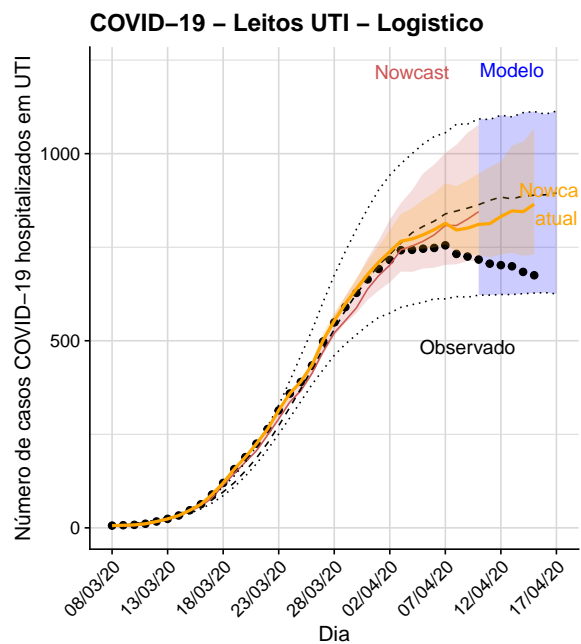
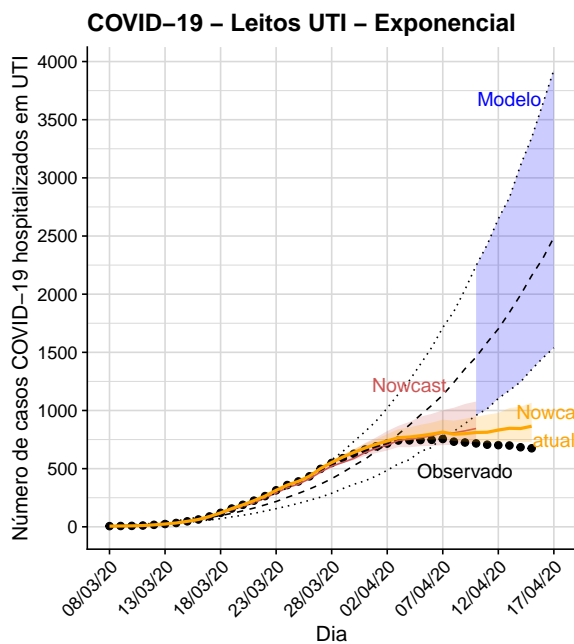
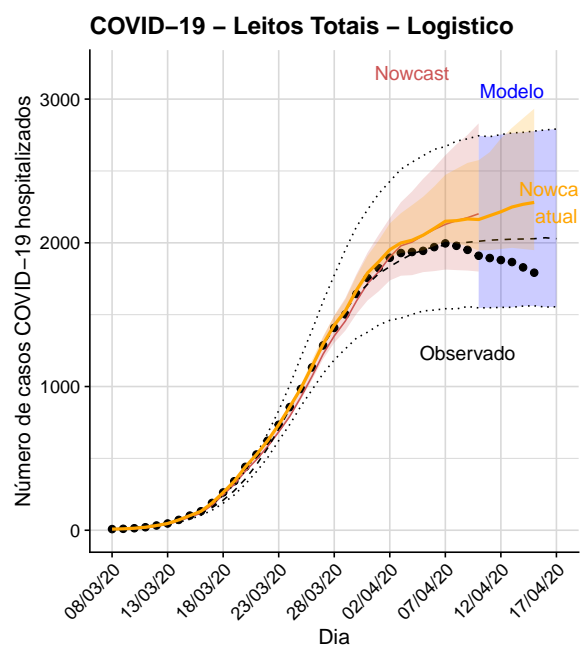
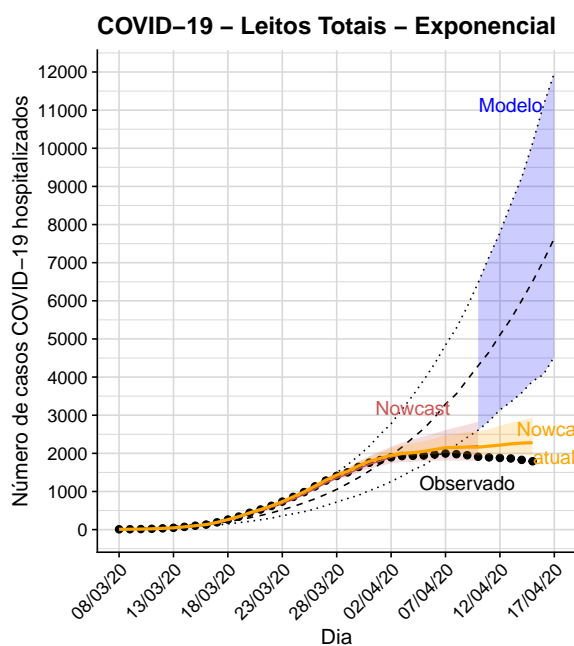
Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-15
contra observados atuais



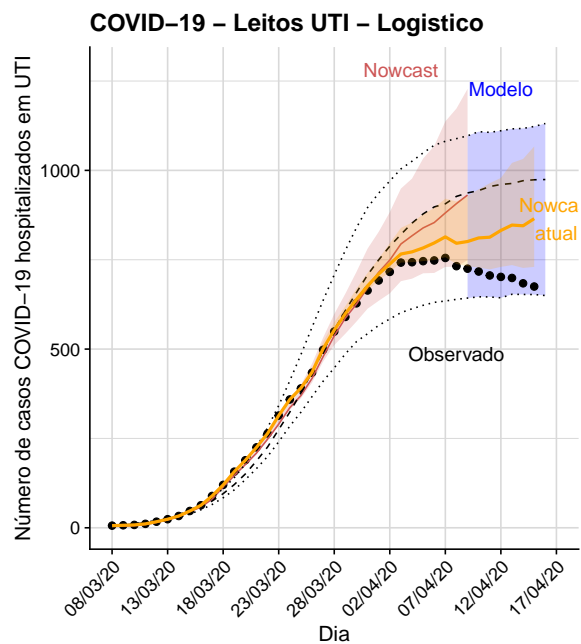
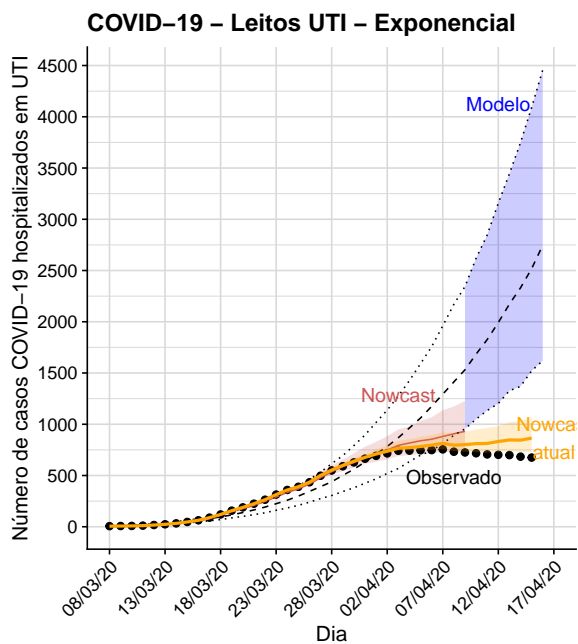
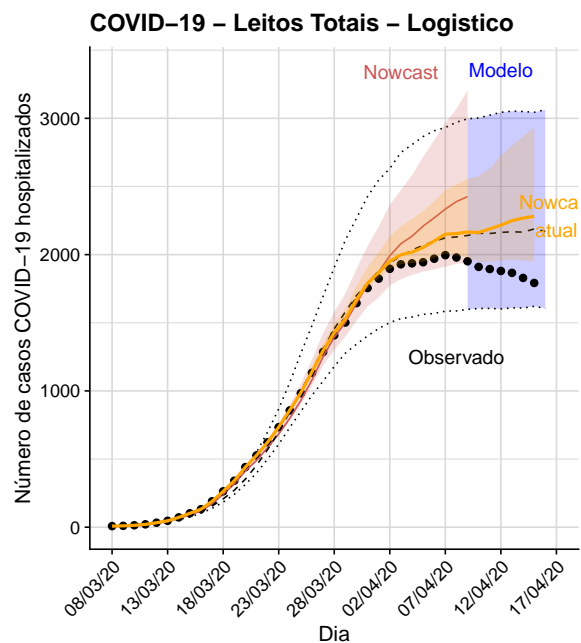
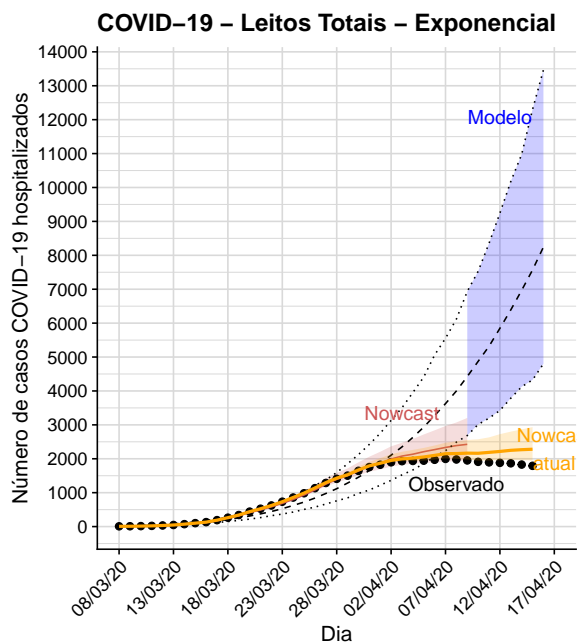
**Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-14
contra observados atuais**



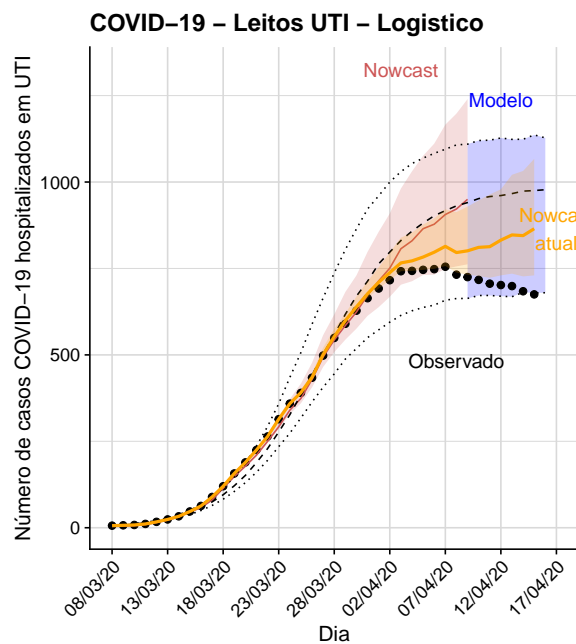
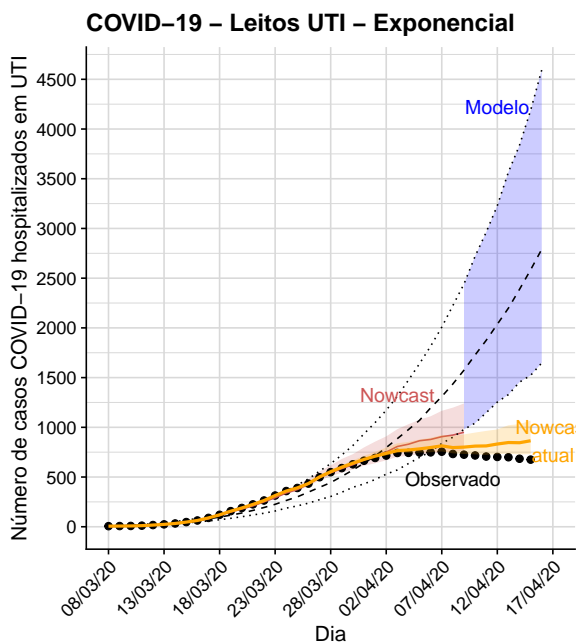
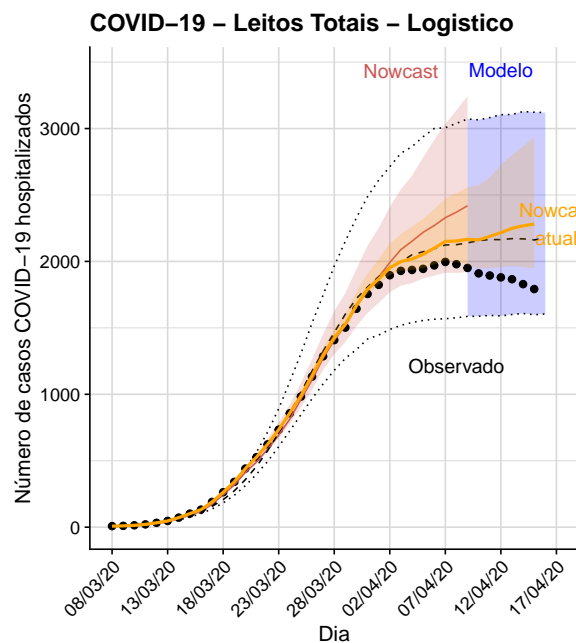
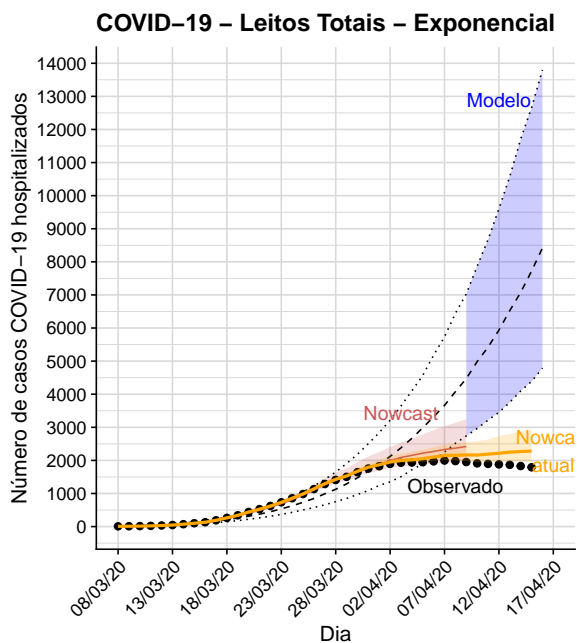
**Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-13
contra observados atuais**



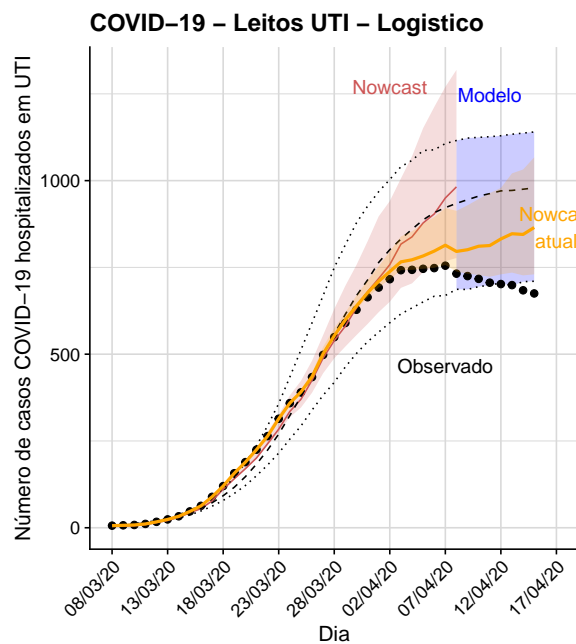
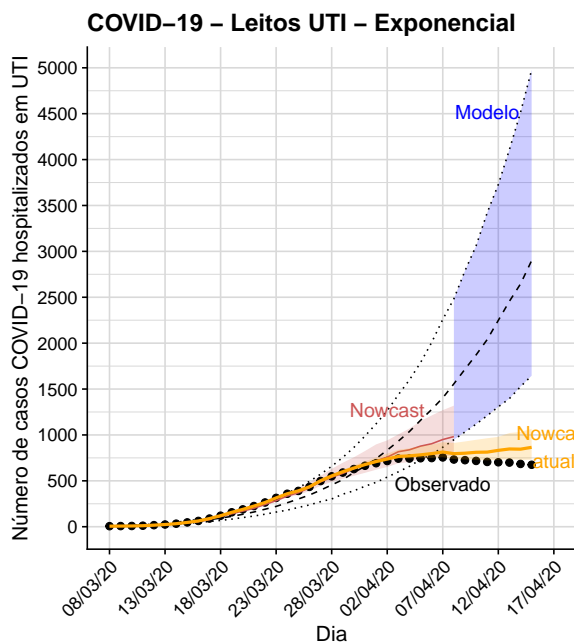
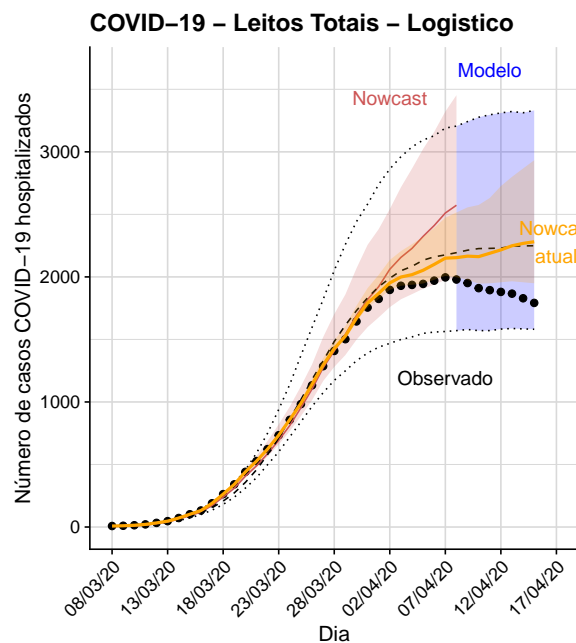
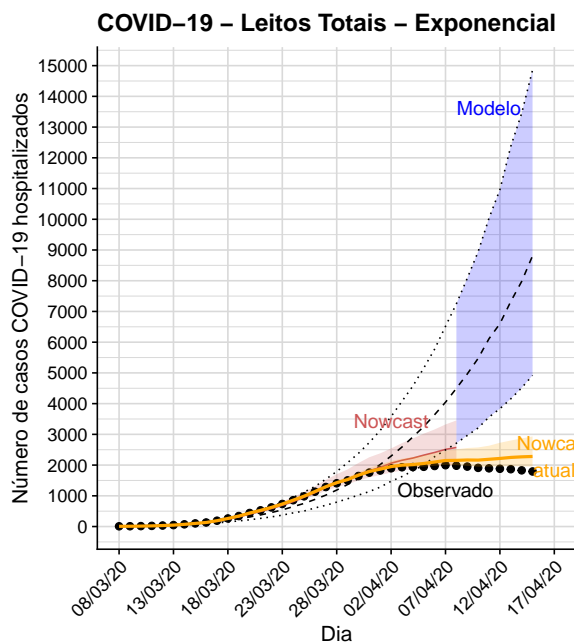
**Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-12
contra observados atuais**



**Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-11
contra observados atuais**



**Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-10
contra observados atuais**



**Validação das previsões usando a base do dia 2020-04-09
contra observados atuais**

