

## Nota Técnica 1 – Grupo de Modelagem Epidemiológica da evolução da epidemia do COVID-19 em Juiz de Fora

Fernando A.B. Colugnati<sup>1,2</sup>, Marcel de Toledo Vieira<sup>3,4</sup>, Mário Círio Nogueira<sup>1,5</sup>

1. Faculdade de Medicina – UFJF
2. PPg Saúde – UFJF
3. Depto. de Estatística/ ICE – UFJF
4. PPg Economia – UFJF
5. Mestrado Profissional em Saúde da Família - UFJF

### 1. Motivação

Esta nota técnica é o primeiro produto do grupo responsável pelas análises de dados e modelagem da epidemia da COVID-19 em Juiz de Fora, formado pelos professores supracitados como autores deste documento. Este grupo é parte de uma iniciativa de parceria entre a UFJF e a Prefeitura de Juiz de Fora (PJF), que contempla diversas ações nas mais variadas áreas de conhecimento.

Este grupo tem como objetivo sistematizar dados de diversas fontes oficiais sobre dados da pandemia no país, nos estados e especificamente no município de Juiz de Fora. Por meio deste convênio, o acesso aos dados fornecidos diretamente pela Vigilância Epidemiológica e pela PJF são fundamentais para um entendimento da situação, sua modelagem e a construção de diferentes cenários possíveis desta epidemia na cidade.

O objetivo maior é auxiliar nos planos de contingenciamento dos leitos, profissionais e equipamentos de saúde no decorrer do crescimento da infecção na cidade.

Esta nota apresenta um panorama da situação no país, seguido de uma descrição de Juiz de Fora e sua comparação com outras curvas, e posteriormente apresenta os modelos de simulação e cenários gerados. Finalmente, algumas considerações sobre os resultados encontrados.

## 2. Epidemia no Brasil

A evolução dos casos confirmados e dos óbitos causados pelo novo coronavírus (Covid-19) pode ser acompanhada em gráficos na plataforma virtual “JF Salvando Todos” (<https://pedromesquita.shinyapps.io/jf-salvando-todos/#>). Esta ferramenta vem sendo desenvolvida por alunos e professores do Departamento de Estatística do Instituto de Ciências Exatas (ICE/UFJF), sob a coordenação do segundo autor da presente nota técnica, contando também com a colaboração de outros pesquisadores. O principal objetivo da plataforma é permitir o acesso às informações de forma clara e rápida para tomadores de decisão de políticas públicas na área da Saúde e também para a população em geral. Os gráficos apresentados ilustram o avanço da Covid-19 no Brasil e nas Unidades da Federação a partir de dados epidemiológicos divulgados pelo Ministério da Saúde (e secretarias estaduais). No caso de Minas Gerais, os dados podem ser visualizados conforme as mesorregiões e os municípios.

O primeiro caso da Covid-19 foi confirmado no Brasil no dia 26 de fevereiro após um homem 61 anos de São Paulo, que havia retornado de uma viagem à Itália, ter testado positivo para a SARS-CoV-2. O número de casos no Brasil manteve-se estável até o início do mês de março quando começou a aumentar mais rapidamente, totalizando 97 casos já em 13 de março. Como observado em outros países, o crescimento do número de casos no Brasil vem tendo um comportamento que poderia ser representado por uma curva exponencial. Já em 21 de março haviam 1128 casos confirmados e em 31 de março, ou seja, em um intervalo de 10 dias o número total de casos aumentou para 5717. No decorrer do atual mês de Abril houve uma nítida aceleração do número de casos oficialmente confirmados pelo Ministério da Saúde, chegando a 23430 casos acumulados até o dia 13 de abril.



Figura 1- Casos confirmados de COVID-19 acumulados no Brasil de 26/2/2020 até 13/4/2020. **Fonte:** Plataforma 'JF Salvando Todos' a partir de dados do Ministério da Saúde.

O primeiro óbito por Covid-10 no Brasil foi registrado no dia 17 de março e já no dia 28 de março haviam sido registrados 114 óbitos. O padrão de crescimento do número de óbitos também pode ser representado por uma curva exponencial, totalizando 553 no dia 6 de abril e chegando rapidamente a 1328 óbitos no dia 13 de abril.

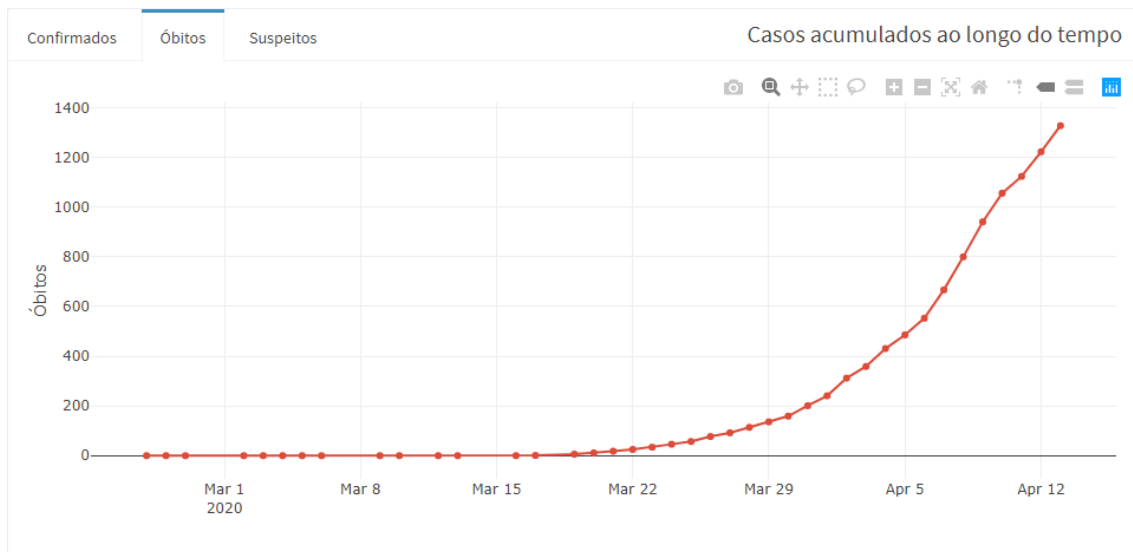


Figura 2- Óbitos de COVID-19 acumulados no Brasil de 26/2/2020 até 12/4/2020. **Fonte:** Plataforma 'JF Salvando Todos' a partir de dados do Ministério da Saúde.

A maioria dos casos confirmados e óbitos no Brasil estão localizados na região Sudeste (57,1% e 62,7%, respectivamente), seguida da região Nordeste (20,1% e 21,6%, respectivamente).

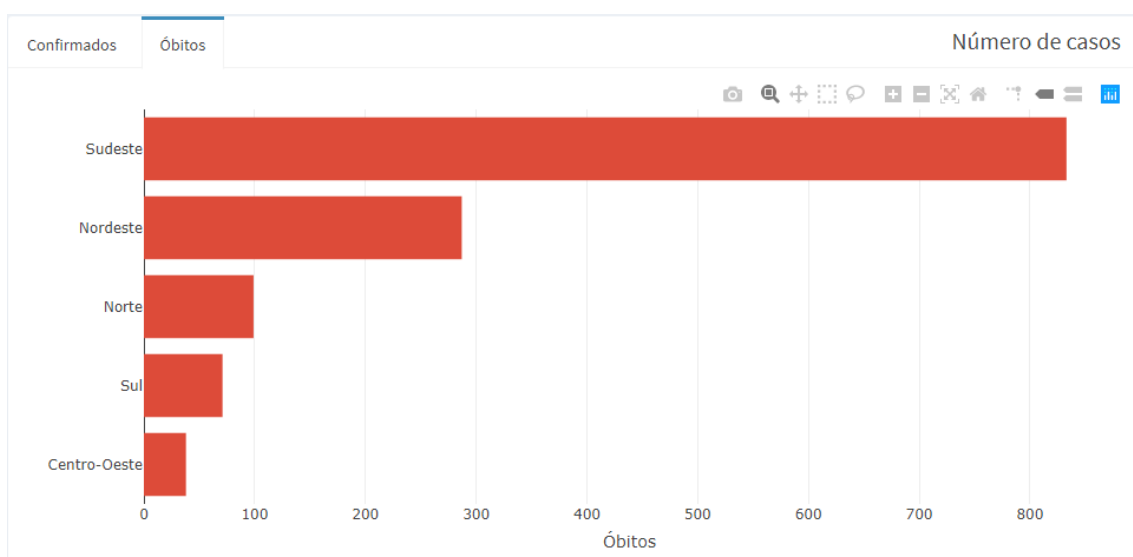


Figura 3- Distribuição dos óbitos de COVID-19 acumulados no Brasil de 26/2/2020 até 13/4/2020 por região. **Fonte:** Plataforma 'JF Salvando Todos' a partir de dados do Ministério da Saúde.

O número de casos novos confirmados diariamente, em geral, vem aumentando deste o início da epidemia, tendo alcançado 2210 novos casos registrados apenas no dia 8 de abril. Comportamento semelhante vem sendo observado com o número de novos óbitos registrados, tendo sido observados 141 apenas no dia 9 de abril.



Figura 4- Casos confirmados de COVID-19 diários no Brasil de 26/2/2020 até 13/4/2020. **Fonte:** Plataforma 'JF Salvando Todos' a partir de dados do Ministério da Saúde.

A análise da distribuição dos óbitos por faixa etária confirma que a maioria dos pacientes, que vieram a falecer, tinha mais de 60 anos de idade (75,3%) e eram do sexo masculino (58,8%). Cabe ressaltar, por outro lado, que quase 25% dos óbitos foram registrados entre pacientes com idades menores que 60 anos, sendo que 5,7% tinham menos de 40 anos de idade.

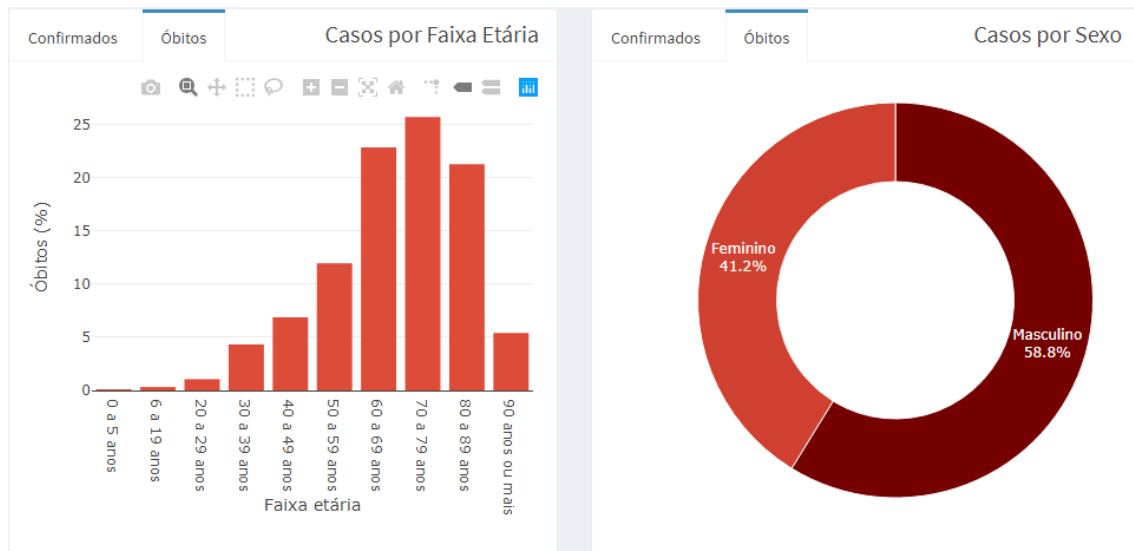


Figura 5- Óbitos confirmados de COVID-19 acumulados no Brasil de 26/2/2020 até 13/4/2020 por faixa etária e sexo. **Fonte:** Plataforma 'JF Salvando Todos' a partir de dados do Ministério da Saúde.

A taxa de crescimento do número de casos e óbitos acumulados vem oscilando desde o início da epidemia, sendo de 9% e 9%, respectivamente, entre os dias 12 e 13 de abril. O tempo estimado para a duplicação do número de casos e óbitos acumulados também tem oscilado consideravelmente e era de 9 e 7 dias, respectivamente, considerando os dados registrados pelo Ministério da Saúde entre os dias 9 e 13 de abril.

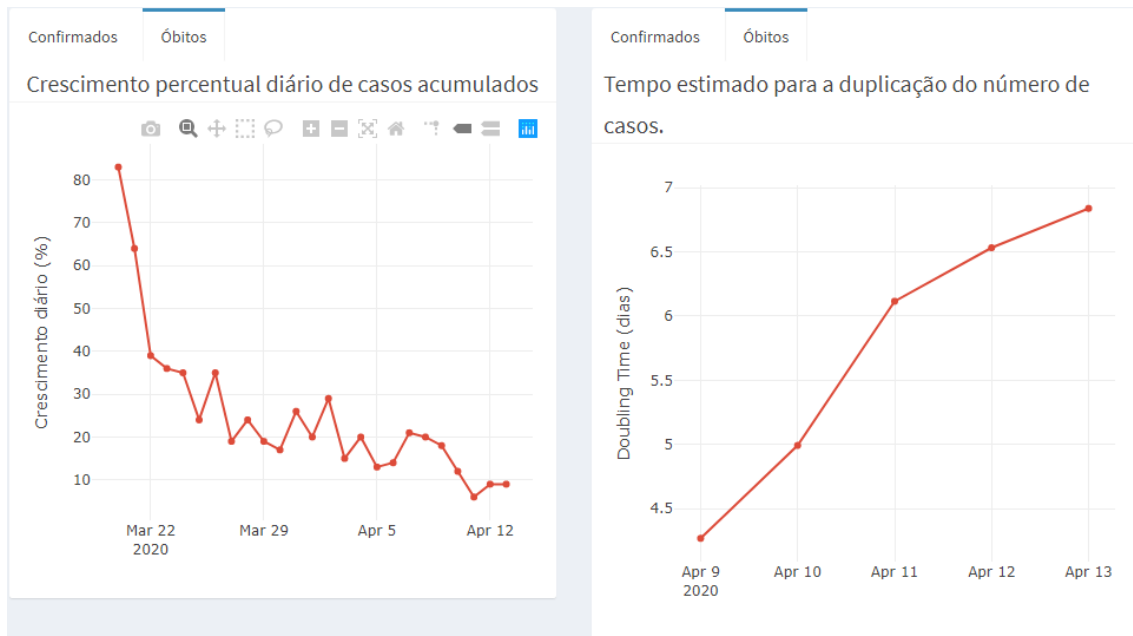


Figura 6- Crescimento diário dos óbitos e tempo de duplicação do número de óbitos no Brasil de 26/2/2020 até 12/4/2020 por faixa etária e sexo. **Fonte:** Plataforma 'JF Salvando Todos' a partir de dados do Ministério da Saúde.

Cabe ressaltar que todas as análises apresentadas na presente seção foram feitas a partir de números oficiais divulgados pelo Ministério da Saúde. Sendo assim, não se considerou as possíveis subnotificações de novos casos e também de óbitos.

### 3. Juiz de Fora: histórico dos casos e infraestrutura de serviços de saúde

A série histórica de casos confirmados por COVID-19 em Juiz de Fora é apresentada de forma comparativa com as séries para Minas Gerais, região Sudeste e Brasil, desde o primeiro caso até o dia 13/04/2020. Utilizando as estimativas de população do IBGE para o ano 2019, foram estimadas taxas de incidência por 1 milhão de habitantes. Nos gráficos os casos e as taxas estão na escala logarítmica, o que facilita visualizar o crescimento proporcional em todo o período da série, em que a amplitude dos dados tem grande variação.

Os dados do Brasil, região Sudeste e Minas Gerais foram obtidos da página do Painel Coronavírus do Ministério da Saúde (<https://covid.saude.gov.br/>), baixados às 9h do dia 14/04/2020. Desta página pode ser baixado um arquivo em formato csv com casos e óbitos confirmados por dia e por estado. Os dados de Juiz de Fora foram obtidos dos Informes Epidemiológicos Coronavírus da Secretaria de Saúde do Município (<https://www.pjf.mg.gov.br/jfcontracoronavirus/boletim.php>), que apresentam também os casos e óbitos suspeitos, além dos confirmados, e são atualizados diariamente.

É importante ressaltar que tanto no nível local quanto no nacional o número de casos suspeitos aguardando resultados dos exames confirmatórios é muito maior que o de casos confirmados, e por isso as estimativas que são feitas com base nos casos confirmados devem ser avaliadas com cautela.

Os gráficos têm duas apresentações distintas, porém complementares: (a) com a data ou (b) com o número de dias desde o primeiro caso no eixo x. Com a primeira opção podemos ver o momento em que estamos em termos de calendário, com a projeção para os próximos dias. A segunda opção permite uma comparação melhor entre as curvas de crescimento no mesmo momento epidêmico, pois o estado de Minas Gerais teve seu primeiro caso confirmado 1 semana antes de Juiz de Fora, e a região Sudeste, mais especificamente o estado de São Paulo, cerca de 10 dias antes de Minas Gerais.

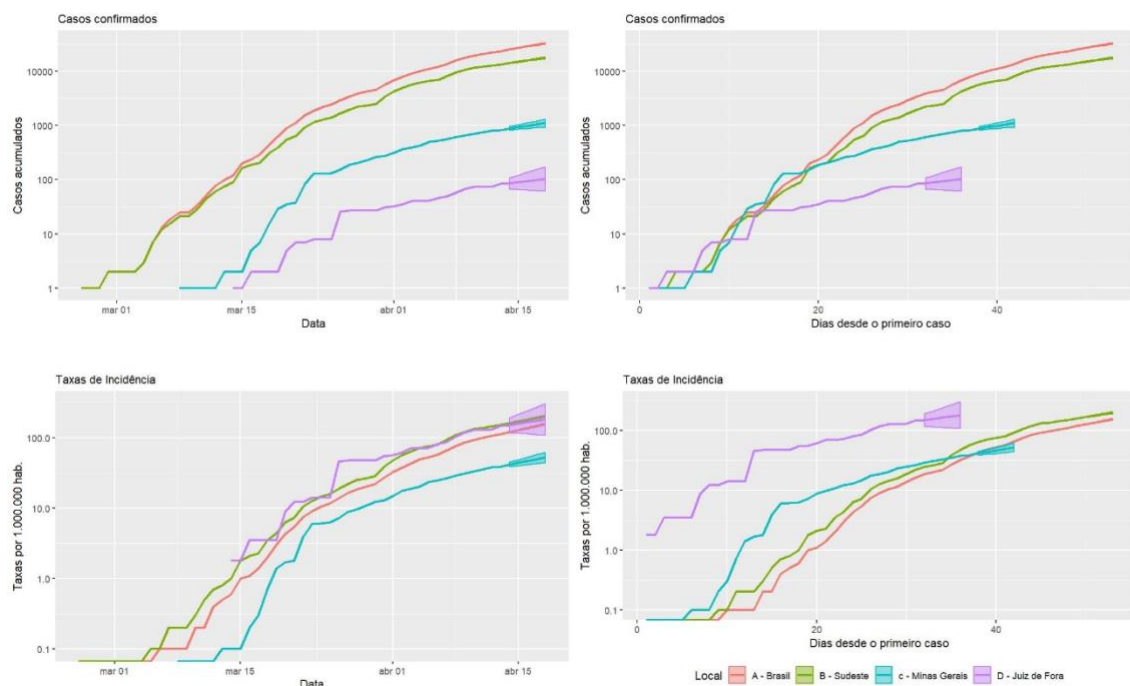


Por fim foram estimados também os números reprodutivos efetivos ( $R_e$ ) para estas regiões, que indicam o número de casos secundários produzidos em uma população na qual nem todos são suscetíveis. Para estimar o  $R_e$  foram utilizados os códigos de programação em R do Observatório Covid-19 BR (<https://covid19br.github.io/index.html>), que é uma rede de colaboração entre pesquisadores de diversas instituições para análises estatísticas e previsões da pandemia de COVID-19. O método usado para estimar  $R_e$  foi baseado em Wallinga e Teunis (2004) e implementada no pacote EpiEstim do programa R (Cori, 2020). Para a medida de intervalo serial, foi utilizada uma distribuição log-normal truncada com média 4,8 (IC 95%: 3,8 – 6,1) e desvio padrão 2,3 (IC 95%: 1,6 – 3,5), seguindo o estudo de Nishiura et al. (2020).

## Resultados

Pode-se observar na Figura 7 e na Tabela 1 que as curvas de crescimento dos casos confirmados do Brasil e da região Sudeste são muito próximas e semelhantes, pois a maioria dos casos confirmados foram oriundos desta região, e já ultrapassavam os 10.000 casos no início de abril. As curvas de Minas Gerais e de Juiz de Fora tiveram um crescimento semelhante ao do Brasil nos primeiros dias da epidemia mas a partir do final da segunda semana após o primeiro caso ocorreu uma redução na velocidade de crescimento, com as curvas de Juiz de Fora e Minas Gerais apresentando menores inclinações que as da região Sudeste e do Brasil. É de se destacar também que Juiz de Fora apresentou uma taxa de incidência superior à das demais regiões, embora com um crescimento mais lento.

A Figura 8 apresenta as estimativas do  $R_e$  para o período, feitas a partir do momento na série histórica de cada local com pelo menos 15 casos. Percebe-se uma redução do  $R_e$  a partir da última semana de março, embora ainda apresentem valores acima de 1, o que indica continuidade do crescimento dos casos, embora a uma velocidade menor. Ressaltamos aqui novamente que estas estimativas foram baseadas apenas nos casos já confirmados, que representam uma fração dos casos notificados que ainda aguardam resultados dos exames laboratoriais.



Fontes: Secretaria de Saúde da Prefeitura de Juiz de Fora e Ministério da Saúde

Figura 7- Casos confirmados e taxas de incidência acumulada (por 1.000.000 hab.) de COVID-19 desde o primeiro caso no Brasil até o dia 13/04 e casos estimados para os 5 dias seguintes.

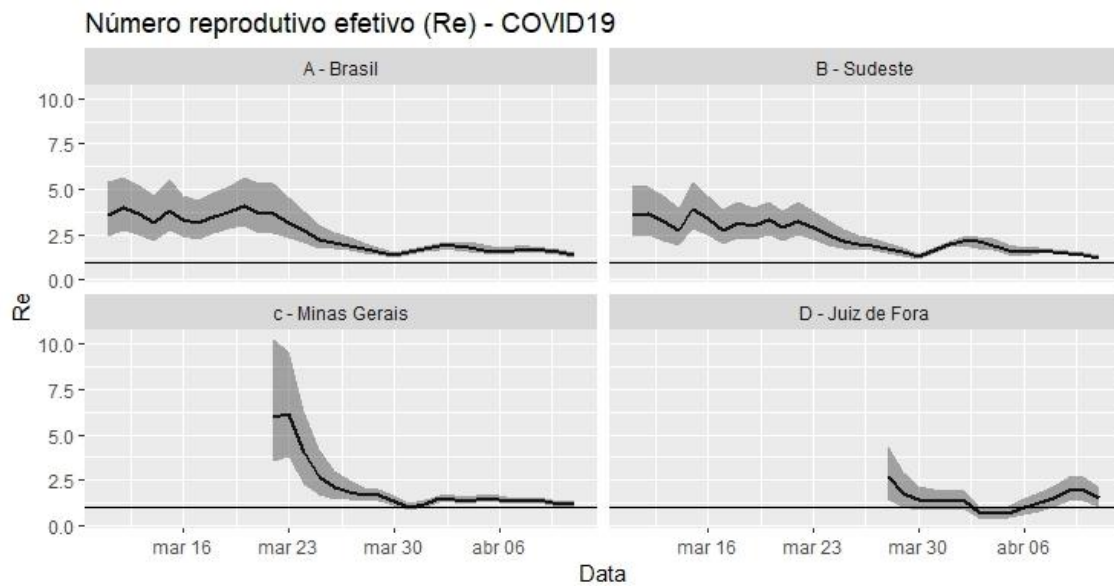


Figura 8- Número reprodutivo efetivo (Re) para a epidemia de COVID-19 no Brasil, região sudeste, Minas Gerais e Juiz de Fora.

Tabela 1 - Casos confirmados e taxas de incidência de COVID-19 de 26 de fevereiro a 13 de abril, e estimativas para 14 a 18 de abril.

Data	Casos				Taxas de Incidência (1mi hab.)			
	Brasil	Sudeste	Minas Gerais	Juiz de Fora	Brasil	Sudeste	Minas Gerais	Juiz de Fora
26/02/2020	1	1	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
02/03/2020	2	2	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
08/03/2020	25	21	1	0	0.1	0.2	0.0	0.0
14/03/2020	121	90	2	1	0.6	1.0	0.1	1.8
23/03/2020	1891	1135	128	8	9.0	12.8	6.0	14.1
30/03/2020	4579	2507	261	27	21.8	28.4	12.3	47.5
06/04/2020	12056	7046	525	46	57.4	79.7	24.8	80.9
13/04/2020	23430	13371	815	84	111.5	151.3	38.5	147.7
18/04/2020*	32813	17715	1111	103	156.1	200.5	52.5	181.1
LI IC95%*	31816	17012	943	61	151.4	192.5	44.6	107.9
LS IC95%*	33841	18447	1307	173	161.0	208.7	61.8	304.1

\* Valores estimados por modelagem com IC95%.

Tabela 2 - Número reprodutivo efetivo (Re) da epidemia de COVID-19 em 13/04/2020.

LOCAL	Re	IC95%
Brasil	1,2	1,1-1,3
Região Sudeste	1,1	1,1-1,2
Minas Gerais	1,0	0,9-1,1
Juiz de Fora	1,5	1,1-2,1

#### 4. Modelagem da epidemia a partir dos casos suspeitos

Esta modelagem tem como objetivo principal gerar cenários que auxiliem o poder público e unidades de saúde a se prepararem para a epidemia da Covid-19 em Juiz de Fora, parte da pandemia já anunciada pela OMS.

Uma boa modelagem gera cenários mais fidedignos na medida em que as informações sobre infectados, internações e óbitos decorrentes, estejam disponíveis em tempo hábil e com a devida fidedignidade ao quadro real da epidemia. Tal fidedignidade depende, além de um sistema de vigilância atuante, de testagem ao menos nos suspeitos para Covid-19 a partir de um quadro sintomatológico. É sabida a dificuldade de se realizar testes nestes indivíduos no país, que prioriza hoje aqueles em estado grave ou crítico e as equipes de saúde. Há falta de material para realização dos testes, recursos humanos e infraestrutura laboratorial.

Desta forma, a curva de casos, que seria a base fundamental para inferência de parâmetros que alimentam os modelos de simulação, não reflete a dinâmica da epidemia, senão o fluxo de testagens, o que torna a utilização da mesma bastante preocupante, dados os vieses que são gerados, levando a uma subestimação do cenário real.

Uma vez que o município possui departamentos de Vigilância Epidemiológica e Vigilância Sanitária, as notificações compulsórias de casos suspeitos que chegam nas diferentes unidades de saúde do município devem refletir a taxa de crescimento de maneira mais próxima da real situação. Certamente a proporção de reais infectados não é 100%, mas assumindo-se que a taxa de infectados é razoavelmente constante ao longo do tempo, a taxa de crescimento desta curva não se alteraria, o que serve de base para se alimentar os modelos de simulação. Estes modelos inclusive, como será visto adiante, permitem que inclua esta incerteza quanto ao real número de infectados.

Além disso, a PJF disponibiliza um painel de monitoramento de ocupação dos leitos de enfermaria e UTI nos hospitais das redes pública e privada do município, o que auxiliou muito nos ajustes das estimativas de ocupação dos mesmos, e ainda servirá para mudanças de curso.

Deve-se entender que:

Os modelos geram cenários prováveis. Além da falta dos dados, há uma série de fatores que não são viáveis ou possíveis de se observar ou mensurar e controlar;

Epidemias com este tipo de vírus possuem propriedades exponenciais. Em termos práticos isso significa que pequenas mudanças em contagens de casos, datas de ocorrências, ou qualquer outra perturbação, podem gerar cenários completamente diferentes mesmo para médio prazo (algo como 15 dias);

O cenário real é dinâmico, e assim devem ser as simulações. Os resultados aqui apresentados devem ser revistos periodicamente, ao menos uma vez por semana, ou sempre que ocorra algum fato relevante em termos de informações sobre intervenções populacionais, gargalos nos serviços ou eventos correlatos;

Existe uma grande opção de modelos a serem empregados, e comparações com os resultados apresentados são desejáveis, assim como críticas e sugestões sobre importantes suposições que devem ser feitas.

#### [O modelo matemático utilizado](#)

Optou-se pela utilização do modelo de compartimentos do tipo SEIR, que modela Suscetíveis, Expostos, Infectados e Recuperados.

O conceito de suscetível prescinde da possibilidade de contato com o vírus, e no caso deste devemos considerar a população inteira. Expostos são os indivíduos já infectados, mas que ainda não têm capacidade de infectar outras pessoas e são assintomáticos.

No modelo adotado (fig. 9), os infectados são divididos em quatro categorias:

- **Assintomáticos ( $I_0$ ):** Infectados, sem sintomas, mas que já podem infectar outros;
- **Leve ( $I_1$ ):** Tem sintomas leves, que não requerem cuidados especializados, devem ser mantidos em casa. Em alguns países, mesmo estes indivíduos eram internados com intenção de isolamento;
- **Graves ( $I_2$ ):** Sintomas mais graves, pneumonia levando à dispneia, frequência respiratória  $< 30/\text{min}$ , saturação  $< 93\%$ , razão da fração e/ou pulmões infiltrados em mais de 50% entre 24h e 48h. Em geral requerem auxílio de oxigênio suplementar, internados em leitos de enfermaria;
- **Críticos ( $I_3$ ):** Indivíduos com incapacidade respiratória extrema, choque séptico e/ou falência múltipla de órgãos. Requerem tratamento intensivo, leito de UTI, e ventilação mecânica.
- **Recuperados:** Aqueles que saíram vivos da infecção
- **Óbitos:** mortos, decorrentes da infecção.

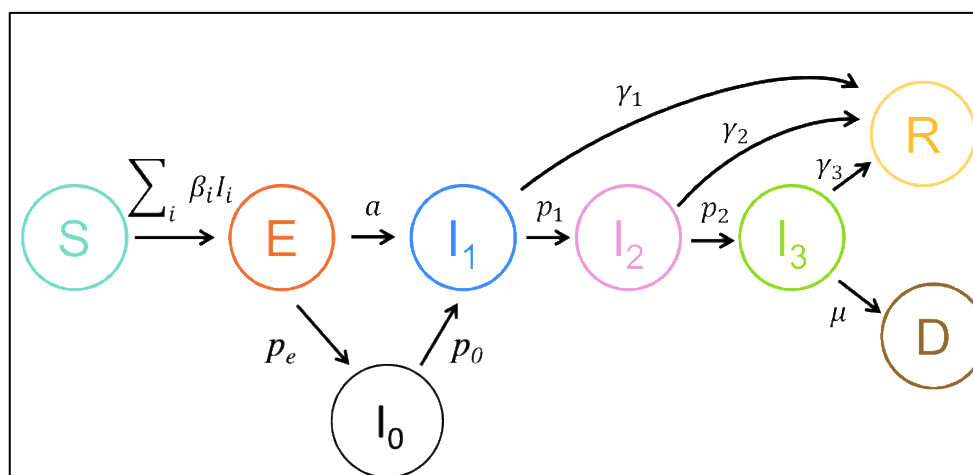


Figura 9 – Modelo SEIR utilizado nas simulações de cenário. Fonte: adaptado de <https://alhill.shinyapps.io/COVID19seir/>

As probabilidades com que a população passa de um compartimento para outro são dadas pelos parâmetros mostrados na figura 9, sobre as setas. Estes parâmetros são a parte mais complicada na modelagem, pois devem ser estimadas a partir de observações reais, seja de nosso quadro, seja de quadros de outras localidades que experienciaram a pandemia mais cedo, que portanto servem de base ao menos para se entender a dinâmica das transmissões.

No caso de Juiz de Fora, estamos estimando o parâmetro  $\alpha$  (Figura 9), que possui relação funcional com o crescimento da curva, a partir da curva de suspeitos, como já justificado.

## Simulações

Para as simulações, foram utilizados os códigos implementados pela Dra. Allison Hill, da Universidade de Harvard em conjunto com outros pesquisadores (<https://alhill.shinyapps.io/COVID19seir/>), que disponibilizou o código, em software R, com uso livre via GitHub ([https://github.com/alsnhll/SEIR\\_COVID19](https://github.com/alsnhll/SEIR_COVID19)).

Este modelo é determinístico, ou seja, não contempla incertezas sobre os parâmetros. Desta forma, modificamos os parâmetros incluindo nestes distribuições de probabilidade, de forma que se rodarmos o modelo 1000 vezes, estes parâmetros apresentam valores diferentes em cada vez, propiciando incluir incerteza nos cenários e possibilitando a geração dos diferentes cenários.

Além disso, foram simulados diferentes cenários de intervenção, a partir dos modelos gerados pelo relatório 12 do *Imperial College* (Walker et al. 2020), documento bastante comentado no país, e que traz projeções de como diferentes tipo de intervenção impactariam nos números da pandemia no Brasil. Nestes cenários, também foram utilizadas distribuições de probabilidade nos parâmetros de redução das taxas de



infecção. Estes cenários serão diferenciados apenas pela redução na taxa de transmissão, sem assumir explicitamente qual tipo de intervenção foi utilizado. Sendo:

1. Cenário 1: Redução entre 35% e 45% na taxa de transmissão
2. Cenário 2: Redução entre 65% e 75% na taxa de transmissão
3. Cenário 3: Redução entre 85% e 90% na taxa de transmissão

O Anexo 1 apresenta as distribuições de probabilidade utilizadas para cada parâmetro. Assumiu-se, neste primeiro momento, distribuições do tipo Uniforme, ou seja, todos os valores no intervalo têm a mesma probabilidade de ocorrer. A utilização deste tipo de distribuição se justifica por ainda não termos informações suficientes para se assumir qualquer outro formato. O anexo ainda apresenta os valores adotados para todos outros parâmetros utilizados nas simulações. Estes parâmetros foram utilizados baseando-se em referências da literatura, referenciadas em <https://alhill.shinyapps.io/COVID19seir/> na aba “Sources”, bem como outros detalhes técnicos do modelo matemático .

## Resultados

As simulações foram iniciadas em 31 de março, quando pouco se sabia sobre o avanço do vírus no município, e ainda não haviam informações disponíveis sobre as ocupações de leitos. No dia 7 de abril foi realizada uma nova simulação, que foi posteriormente corrigida, adequando o percentual de infectados graves para em média 7%, procurando refletir as informações sobre ocupações de leito. Os dados apresentados a seguir são referentes ao modelo ajustado em 14 de abril, após novas mudanças de algumas relações funcionais nos parâmetros. São apresentadas no corpo da nota apenas o cenário do curso natural da epidemia e o cenário que melhor se ajustou aos dados que temos no momento.

As primeiras curvas de suspeitos de Juiz de Fora apresentavam uma taxa de crescimento de aproximadamente 20% ao dia ( $r=0.18$ ), equivalendo a uma duplicação do número de casos a cada 3,8 dias, coincidente com a curva de casos do Brasil no mesmo período no país. No dia 19 de março, foi lançado o decreto da PJJ, recomendando o isolamento social, cancelando eventos de qualquer espécie, fechando escolas, faculdades, universidades e todo comércio entendido como não essencial.

A figura 10 apresenta um provável impacto deste decreto na curva de crescimento de suspeitos. Nota-se cerca de após 12 dias desde o decreto, os pontos observados “descolam” da curva inicial estimada por um modelo exponencial simples. A atribuição causal ao decreto não é certa, mas há grande probabilidade, uma vez que nenhuma outra intervenção foi feita, seja social ou de imunização.

Desta forma, as simulações que consideram cenários de intervenção são mais que justificadas. A figura 11 apresenta os possíveis achatamentos das curvas, de acordo com os cenários de intervenção. Estas curvas auxiliam a entendermos os possíveis picos da epidemia no município.

A tabela 4 apresenta dos dados gerados pelo modelo para uma intervenção que teria afetado a taxa de transmissão entre 65% e 75%. Os números de Graves e Críticos (prováveis ocupantes de leitos) estão de acordo com o observado na série histórica da ocupação de leitos, bem como os óbitos. Neste último caso, Juiz de Fora tem 2 casos de óbito confirmados e 5 em investigação (segundo o Boletim da Vigilância Epidemiológica).

As previsões são apresentadas até o dia 25 de junho. Segundo este modelo, o **pico** da epidemia ocorreria entre os dias **18 e 21 de agosto**. A capacidade atual de leitos de Juiz de Fora, com 183 leitos de **UTI** e 1349 leitos de **enfermaria**, seria totalmente ocupada por pacientes Covid a partir de **13 de junho e 12 de julho** respectivamente.

Neste quadro, ainda, pode-se inferir que foram evitadas até 14 de Abril, cerca de 2281 infecções, 133 internações em leitos de enfermaria e 20 em UTI.

Segundo os modelos, o único cenário que não afogaria o sistema de saúde seria o Cenário 3, com uma redução em torno de 88% nas taxas de transmissão do vírus. No relatório do Imperial College, isso equivaleria à chamada Supressão Precoce, quando medidas de testagem em massa e isolamento de infectados, bem como o a quarentena rígida, também chamada *lockdown*.

Não há como garantir a fidedignidade destas estimativas no momento, de forma que as mesmas não devem gerar pânico. Em termos de planejamento, os cenários mais próximos são os que permitem tomadas de decisão para planos de contingenciamento. Daí a necessidade de sempre termos dados fidedignos e atualizados para que as modelagens reflitam sempre a realidade do município.

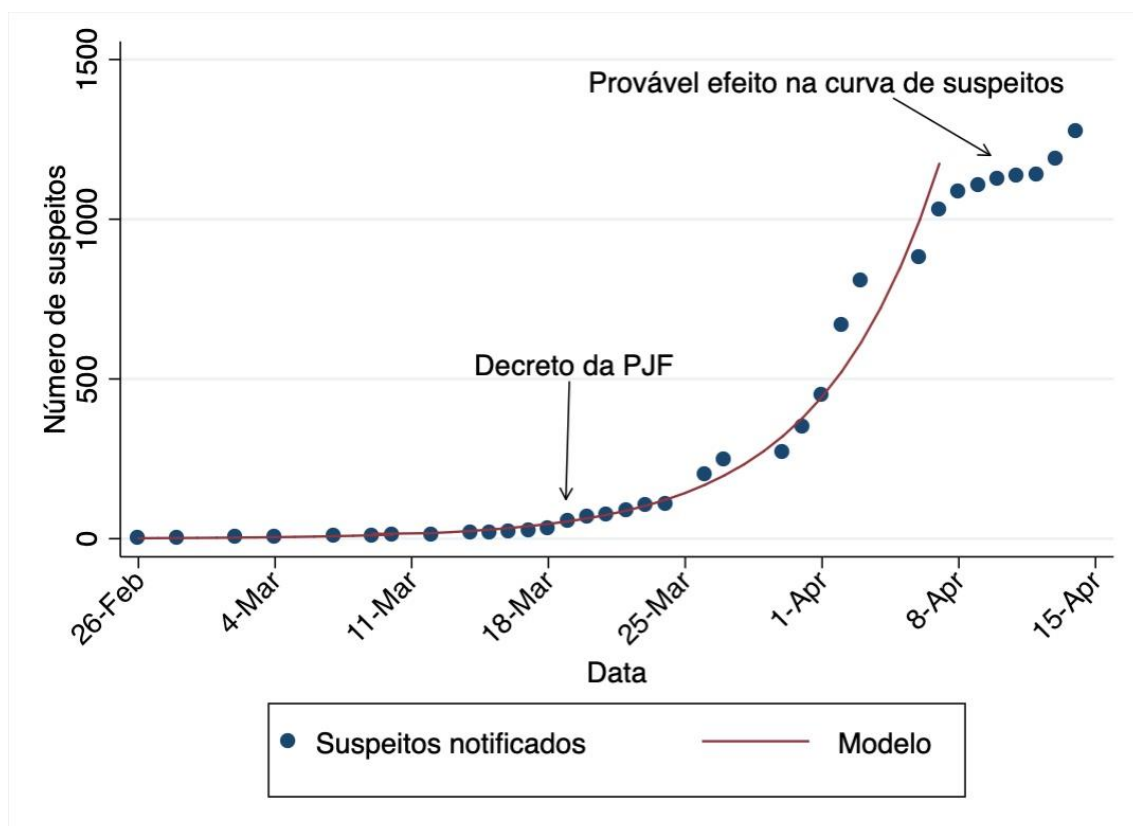


Figura 10- Provável efeito do decreto da PJJ na curva de crescimento de casos suspeitos.

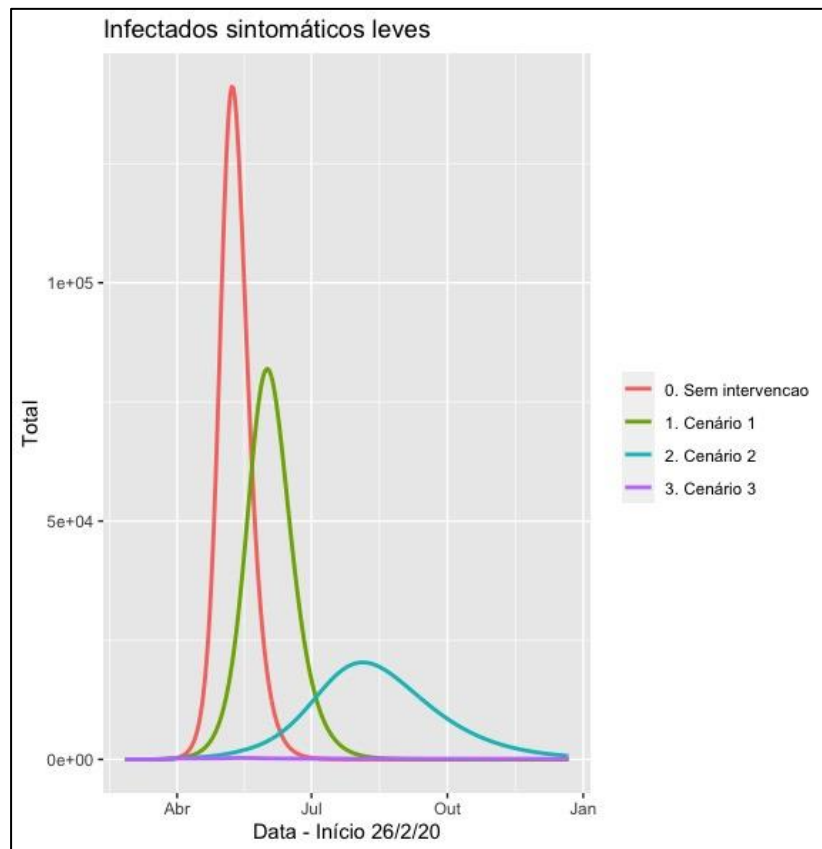


Figura 11- Impacto das estratégias de supressão hipotéticas, segundo estudo do *Imperial College*.

Tabela 4- Estimativas de infectados segundo modelo de simulação. As cores em verde destacam quão confiáveis podem ser estes cenários. Quanto mais escuro, menos confiável.

Cenários		Infectados	Inf.Graves	Inf.Criticos	Óbitos
27/Março	<i>Limite Superior</i>	123	2	0	0
	<i>Cenário Esperado</i>	125	5	1	0
	<i>Limite Inferior</i>	127	8	2	0
14/Abril	<i>Limite Superior</i>	353	14	3	1
	<i>Cenário Esperado</i>	431	31	10	4
	<i>Limite Inferior</i>	510	50	17	7
26/Abril	<i>Limite Superior</i>	513	24	6	4
	<i>Cenário Esperado</i>	764	57	20	13
	<i>Limite Inferior</i>	1017	97	36	23
11/Maio	<i>Limite Superior</i>	819	42	11	10
	<i>Cenário Esperado</i>	1599	126	43	36
	<i>Limite Inferior</i>	2383	223	82	65
26/Maio	<i>Limite Superior</i>	1288	68	19	23
	<i>Cenário Esperado</i>	3050	245	86	81
	<i>Limite Inferior</i>	5510	515	193	165
25/Junho	<i>Limite Superior</i>	3125	181	48	70
	<i>Cenário Esperado</i>	10205	799	304	346
	<i>Limite Inferior</i>	21247	2073	861	842

## Das limitações dos modelos

Esta nota técnica é a primeira de uma série que devem ser publicadas, dando acompanhamento às previsões de cenários. Algumas limitações das análises apresentadas aqui são importantes de se destacar:

- Apesar de termos acesso ao painel da PFJ sobre ocupação de leitos, ainda não foi possível se obter a série histórica de ocupação, dados que o painel é alimentado por diversas planilhas. Está em fase de execução a automação da montagem destas séries;
- Por este motivo, a escolha do melhor cenário está sendo feita de forma comparativa, manualmente, o que pode levar a decisões arbitrárias, principalmente com o avanço no tempo. Com as séries históricas em mãos, é possível a implementação de medidas estatísticas de melhor ajuste de modelo, como Soma de Mínimos Quadrados, dentre outras. Também permitiria a geração de gráficos comparativos dos dados observados com o modelo, o que é um importante instrumento didático para o entendimento das projeções;
- Ainda há um grande problema no tempo até o recebimento dos resultados dos testes. Os dados de casos acumulados expressam o informado para o dia, trazendo testes realizados em amostras coletadas em dias diferentes. Uma série histórica que contabilizasse os casos no dia da solicitação do teste, poderia trazer um quadro mais fidedigno da dinâmica. Juiz de Fora chegará aos 100 casos ainda até o final da semana do dia 12 de abril. A partir deste ponto, modelos serão gerados a partir desta data, considerando 100 infectados. Isso pode levar a uma melhor acurácia dos modelos;
- Como já ressaltado, estes modelos matemáticos seguem curvas dadas por equações que supostamente refletem a dinâmica da infecção. Os cenários de mais longo prazo podem não refletir a realidade. Questões de dinâmica populacional, de contatos, deslocamentos, etc... são muito variáveis entre

populações, e estes modelos consideram uma população homogeneamente suscetível, o que não é a realidade.

## 5. Considerações

Esta nota técnica não é um documento definitivo das atividades deste grupo que continuará atuando na projeção de cenários, que podem variar bastante em relação aos aqui apresentados, como já salientado.

Há alguma evidência, segundo a curva inicial de crescimento de casos suspeitos, de que o decreto da PJJ de 19 de março diminuiu o ritmo da epidemia, mas esta velocidade menor também podem trazer outros fatores que podem estar influenciando este fenômeno e que não são possíveis de serem considerados neste tipo de modelagem.

As atualizações das projeções devem ser feitas semanalmente, e alterações metodológicas que possam ter sido adotadas, serão reportadas junto com estes dados.

Este é um trabalho institucional, a princípio sem objetivo acadêmico ou científico, mas usando no entanto dos métodos para subsidiar o poder público em tomadas de decisão quanto ao plano de contingenciamento. Procurou-se, na medida do possível, manter uma linguagem acessível ao público ou a não especialistas, e por vezes algumas formalizações podem ser dadas como faltantes a um especialista de áreas afim. Trabalhos de divulgação científica originados deste trabalho serão publicados em periódicos específico e com o rigor e formalismo pertinentes.

## 6. Referências

Ane Cori. EpiEstim: Estimate Time Varying Reproduction Numbers from Epidemic Curves, 2019. R package version 2.2-1. <https://CRAN.R-project.org/package=EpiEstim>

Wallinga J and Teunis P. Different Epidemic Curves for Severe Acute Respiratory Syndrome Reveal Similar Impacts of Control Measures, *American Journal of Epidemiology*, Volume 160, Issue 6, 15 September 2004, Pages 509–516, <https://doi.org/10.1093/aje/kwh255>

Nishiura H, Linton NM, Akhmetzhanov AR, Serial interval of novelcoronavirus (COVID-19) infections. *International Journal of Infectious Diseases*, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.02.060>

Patrick GT Walker, Charles Whittaker, Oliver Watson et al. The Global Impact of COVID-19 and Strategies for Mitigation and Suppression. WHO Collaborating Centre for Infectious Disease Modelling, MRC Centre for Global Infectious Disease Analysis, Abdul Latif Jameel Institute for Disease and Emergency Analytics, Imperial College London (2020). Available at: <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-Global-Impact-26-03-2020.pdf> (accessed on 29 March 2020)



## Anexo 1 – Parâmetros utilizados na simulação

Período de incubação para sintomáticos: 5 dias

Duração de infecções leves: 6 dias

% de infectados que ficarão graves: entre 5% e 15% (probabilístico)

% de infectados que ficarão críticos: entre 1% e 6% (probabilístico)

Probabilidade de óbito dentre os críticos: 40% (2% de letalidade)

Tempo médio de hospitalização em enfermaria: 6 dias

Tempo médio de hospitalização em UTI: 8 dias

Fração de assintomáticos: 85%

Tempo médio de incubação assintomática: 6 dias

Taxa de transmissão infec. Leve: 0,4 hab-dia

Taxa de transmissão infec. graves: 0,1 hab-dia

Taxa de transmissão infec. Leve: 0,1 hab-dia

Taxa de transmissão de assintomáticos: 0,6 hab-dia

População: 600.000

Início das intervenções: dia 30/Março

Fração de graves: ~Uniforme(2%, 10%)

Fração de críticos: ~Uniforme(1%, 6%)

### Intervenções

Cenário 1: Redução na taxa de infecção de assintomáticos

~Uniforme(35%, 45%)

Cenário 2: Redução na taxa de infecção de assintomáticos

~Uniforme(65%, 75%)

Cenário 3: Redução na taxa de infecção de assintomáticos

~Uniforme(85%, 90%)

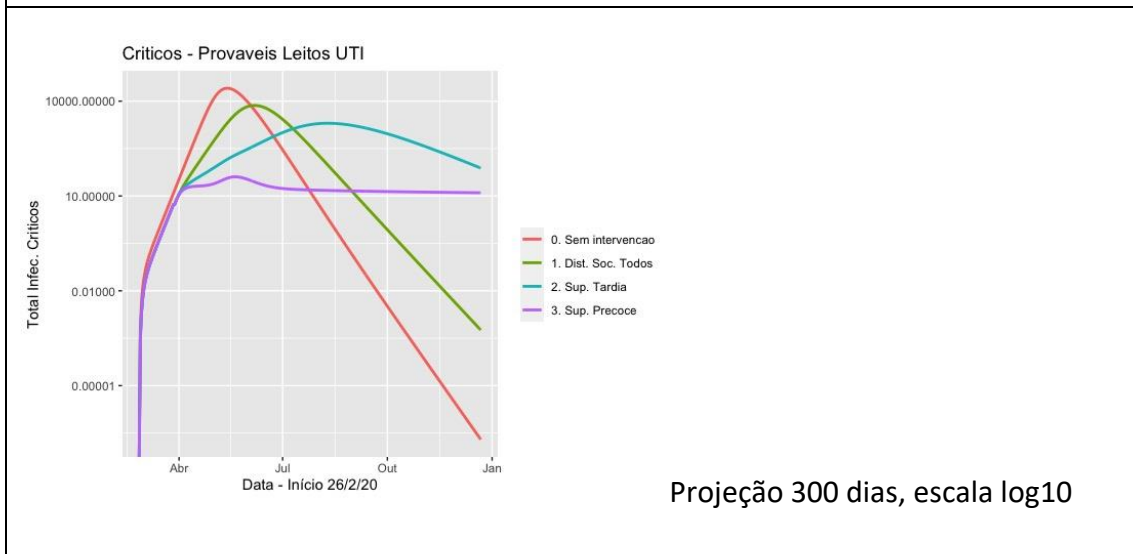
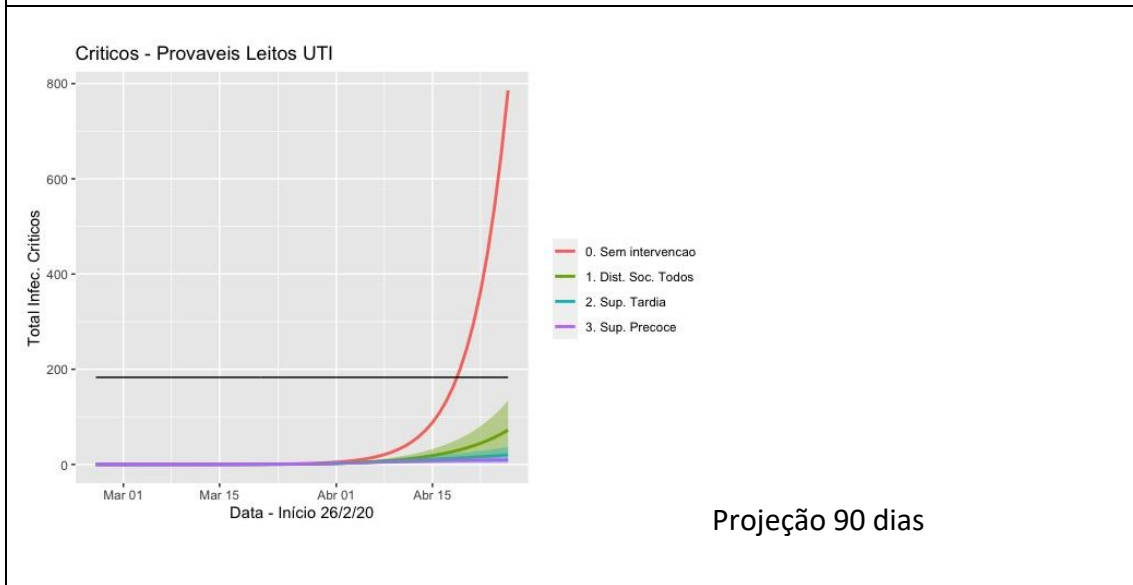
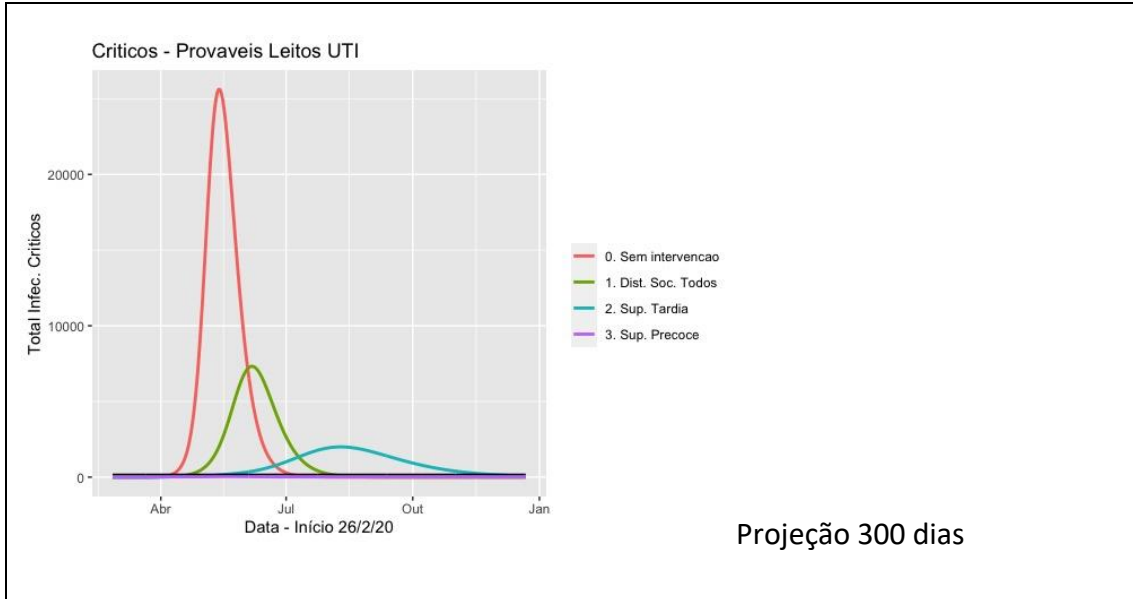
As reduções nas taxas de Sintomáticos correspondem a 80% da taxa de assintomáticos.



## Anexo 2 – Demais gráficos com projeções

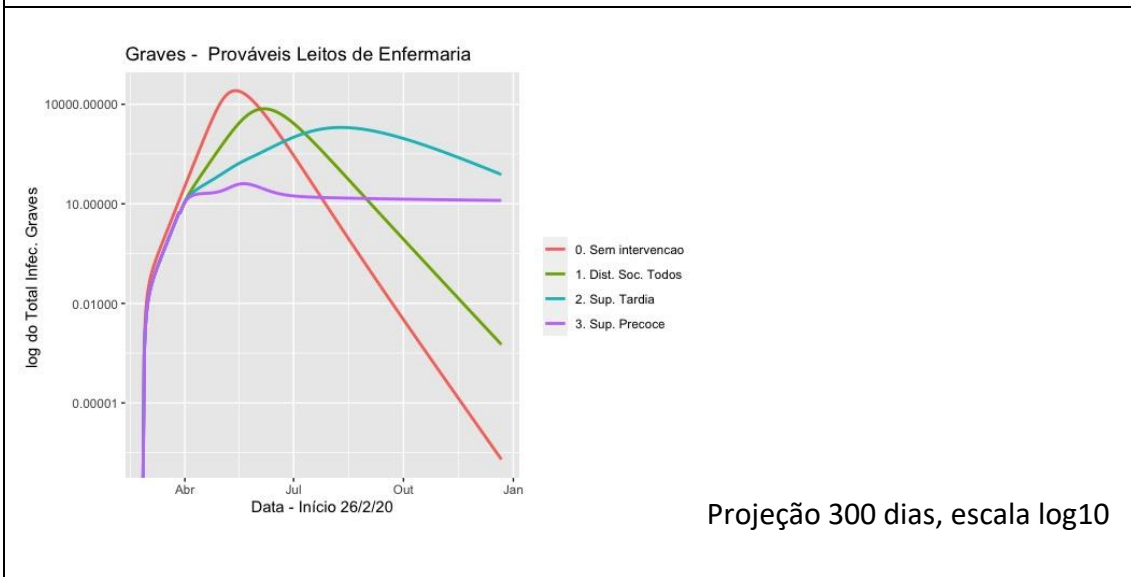
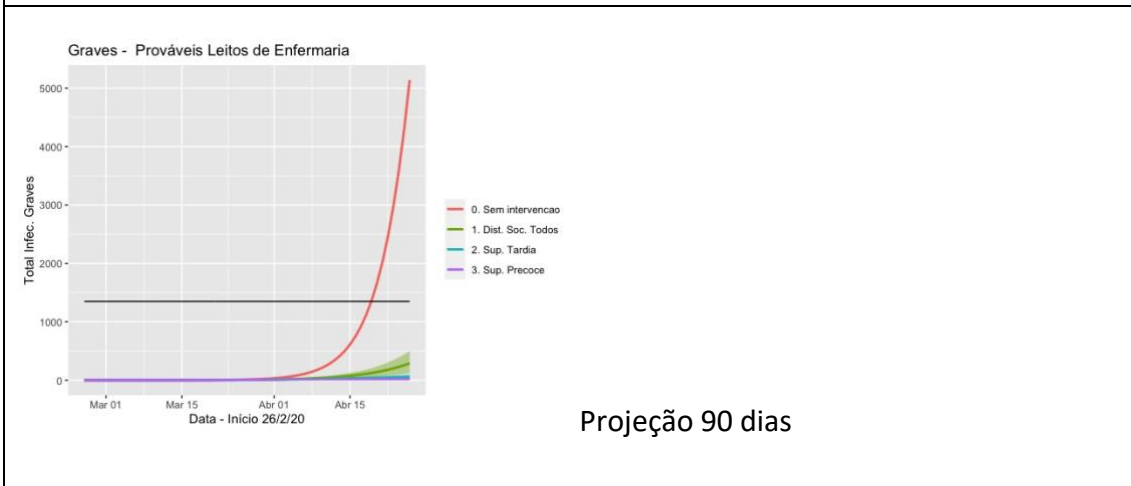
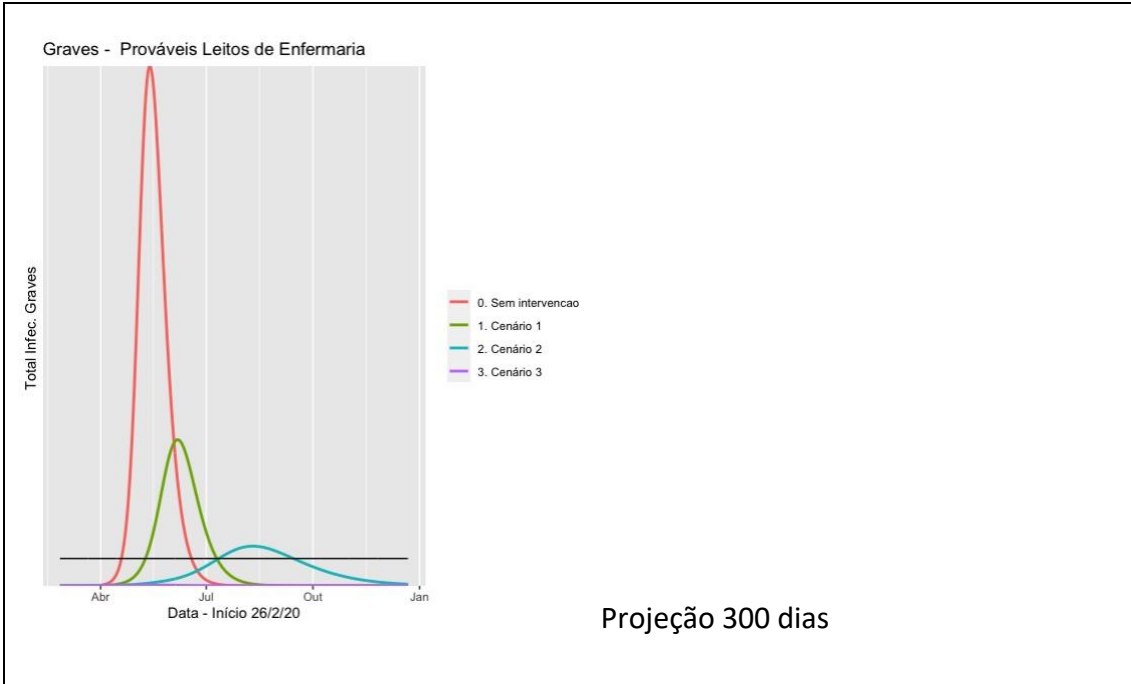


UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE JUIZ DE FORA





UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE JUIZ DE FORA





UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE JUIZ DE FORA