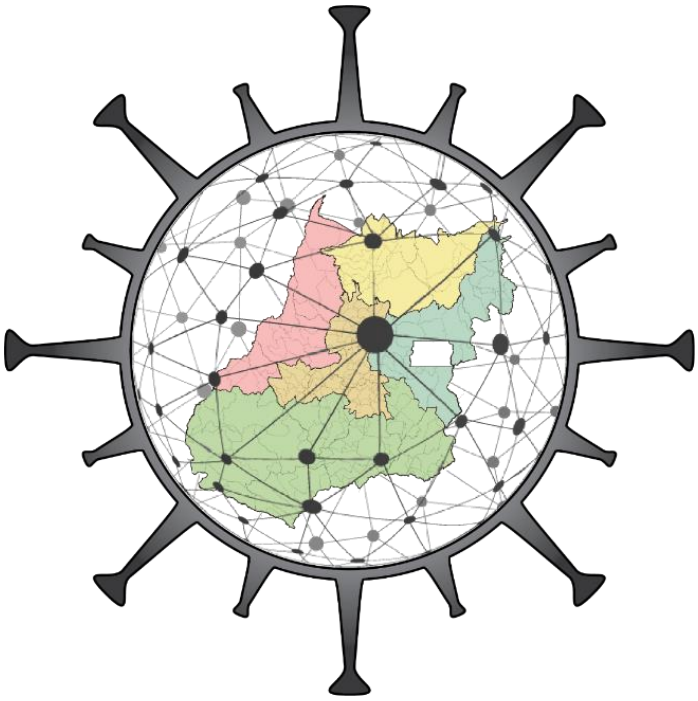
Nota Técnica 6

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA FLEXIBILIZAÇÃO E DA RETOMADA DO TURISMO NA EXPANSÃO DA COVID-19: OS CASOS DE CALDAS NOVAS E PIRENÓPOLIS



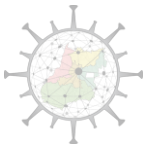
Modelagem da expansão espaço-temporal da COVID-19 em Goiás

Prof. Dr. José Alexandre Felizola Diniz Filho

Prof. Dr. Thiago F. Rangel

Profa. Dra. Cristiana M. Toscano

Goiânia – GO
17 de junho de 2020



EQUIPE

Prof. Dr. José Alexandre F. Diniz-Filho

Professor Titular-Livre
Departamento de Ecologia, ICB, Universidade Federal de Goiás
Pesquisador CNPq 1A
Academia Brasileira de Ciências
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ecologia, Evolução e Biodiversidade
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução
Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular
Biólogo, mestre e doutor em Zoologia

Prof. Dr. Thiago F. Rangel

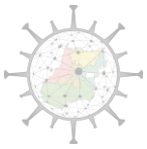
Professor Titular-Livre
Departamento de Ecologia, ICB, Universidade Federal de Goiás
Pesquisador CNPq 1D
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ecologia, Evolução e Biodiversidade
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução
Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular
Biólogo, mestre e doutor em Ecologia e Evolução

Profa. Dra. Cristiana M. Toscano

Professora Associada
Chefe do Departamento de Saúde Coletiva, IPTSP, Universidade Federal de Goiás
Pesquisadora CNPq 2
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Avaliação de Tecnologia em Saúde
Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical e Saúde Pública
Médica, mestre em Doenças Infecciosas e Parasitárias, doutora em Epidemiologia

AGRADECIMENTOS

As simulações desse estudo foram realizadas na *Cluster* do Laboratório de Ecologia Teórica & Síntese do Departamento de Ecologia, ICB, UFG, financiada por diversos projetos do CNPq e da CAPES e atualmente mantida pelo INCT em Ecologia, Evolução e Conservação da Biodiversidade (EECBio). O INCT EECBio é apoiado pelo CNPq e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG).



APRESENTAÇÃO

Partindo de uma demanda do Comitê de Operações de Emergência (COE) do Estado de Goiás, apresentam-se a seguir os principais resultados da aplicação de um modelo epidemiológico para avaliar a situação de expansão da COVID-19 no caso de flexibilização de atividades turísticas no Estado de Goiás a partir de junho/julho de 2020, com foco nos municípios de Caldas Novas e Pirenópolis, considerando um horizonte temporal de até 15 de agosto de 2020 para Caldas Novas e até 30 de setembro para Pirenópolis. Esses dois municípios concentram uma grande parte das atividades turísticas no Estado e possuem características diferentes, tanto em termos de estrutura populacional e situação epidemiológica no contexto da COVID19, quanto em termos de tipo e volume de turismo.

Foi utilizado para as análises apresentadas a seguir o modelo ABM-COVID-GO II, escrito na plataforma *R*, calibrado com o modelo ABM-COVID-GO III em termos de previsões de óbitos e eventos de hospitalização (ver www.covid.bio.br). O modelo foi adaptado para incorporar um influxo variável de novos indivíduos chegando à cidade (turistas), incluindo suscetíveis e infectados-transmitindo, em proporções variáveis. Os resultados são projetados considerando cenários alternativos envolvendo manutenção da situação atual de quarentena e flexibilização das medidas de distanciamento social a fim de viabilizar as atividades turísticas.

RESUMO EXECUTIVO

- Em Caldas Novas, estima-se que se os atuais níveis de distanciamento social forem mantidos haveria, até meados de agosto, uma demanda de até 40 leitos-dia clínicos em enfermaria e 8 leitos-dia em UTI. Neste cenário, são estimados 18 óbitos por COVID-19 no período (IC95% entre 13 e 28);
- Sob um cenário de flexibilização sem influxo adicional de turistas em Caldas Novas, estima-se um pico de demanda hospitalar no final de julho equivalente a 100 leitos-dia em enfermaria e 26 leitos-dia em UTI. Neste cenário, são estimados 56 óbitos por COVID-19 no período (IC95% entre 43 e 70).

- Considerando a retomada do turismo neste cenário de flexibilização, estima-se um total de 64 óbitos por COVID-19 (IC95% entre 49 e 82). Além disso, estima-se que cerca de 8.250 turistas poderiam ser infectados durante sua estada em Caldas Novas no período, caso 2% destes cheguem à cidade infectados e transmitindo;
- Em Pirenópolis estima-se que, se os atuais níveis de distanciamento social forem mantidos, haveria até o final de setembro uma demanda de até 10 leitos-dia clínicos e 1 ou dois leitos-dia em UTI. Neste cenário, são estimados 4 óbitos por COVID-19 no período (IC95% entre 0 e 10 óbitos);
- Em Pirenópolis, sob um cenário de flexibilização sem a abertura para o turismo, estima-se um pico de demanda hospitalar equivalente a 30 leitos-dia em enfermaria, 7 leitos-dia em UTI, além de 24 óbitos até final de setembro (IC95% entre 15 e 37 óbitos). Adicionando-se a retomada do turismo neste cenário de flexibilização, estima-se um total de 31 óbitos por COVID-19 (IC95% entre 21 e 38). Além disso, cerca de 1.200 turistas poderiam ser infectados durante sua estada em Pirenópolis no período, caso 2% destes turistas chegarem à cidade infectados e transmitindo;
- Em conclusão, os resultados das simulações apresentados a seguir mostram que o foco de quaisquer medidas de contenção na disseminação da COVID19 a partir da liberação de atividades turísticas e consequente flexibilização das medidas de distanciamento social nos municípios deve estar focada principalmente na proteção aos turistas e não apenas na proteção da população residente. Entretanto, considerando a situação epidemiológica do avanço da COVID-19 no Estado de Goiás como um todo, reitera-se a necessidade de se manter as medidas de distanciamento social a fim de minimizar o impacto da pandemia nos serviços de saúde e morbi-mortalidade da população.

MÉTODOS

O modelo assume que o número reprodutivo básico (*R0*), que representa o número médio de infecções gerado por cada indivíduo infectado para o Estado de Goiás apresentava um valor inicial de em torno de 2,4 no início de março de 2020, decaindo para valores de 1,1 em 15 dias após a implementação das medidas de distanciamento social em meados de março, e gradualmente aumentando até 1,5 no início de junho (conforme documentado e descrito nas Notas Técnicas publicadas pelo grupo anteriormente, ver www.covid.bio.br). Continua-se assumindo, portanto, que a transmissibilidade da doença está relacionada diretamente com o indicador de isolamento social estimado por telefonia celular (*Inloco*), embora os valores projetados para a construção dos cenários se refiram aqui diretamente ao número reprodutivo efetivo (*Re*), isto é, o número médio de transmissões efetivamente ocorridas.

Para Caldas Novas, o modelo foi calibrado (período de "*burn-in*") de modo a gerar, em média, 2-3 óbitos no final de maio, considerando os dados disponíveis pela Secretaria de Saúde em meados de junho. Para Pirenópolis, entretanto, não há possibilidade de realizar a calibração por causa do número pequeno de casos (6 em 17/06/2020) e nenhum óbito. Para fins de projeção, as simulações consideraram um número inicial de 10 indivíduos infectados na população no início de julho.

A partir da calibração, foram realizadas projeções para 2 cenários distintos: 1) o primeiro cenário (verde) mantém os níveis de isolamento sociais atuais (correspondendo a um *Re* médio de 1,5); 2) o segundo cenário (vermelho) considera a flexibilização das medidas de distanciamento social, com um aumento no valor de *Re* para 2,0 em 15 dias(Figura 1), se mantendo assim até o final do período da projetação (15 de agosto de 2020 para Caldas Novas e final de setembro para Pirenópolis).

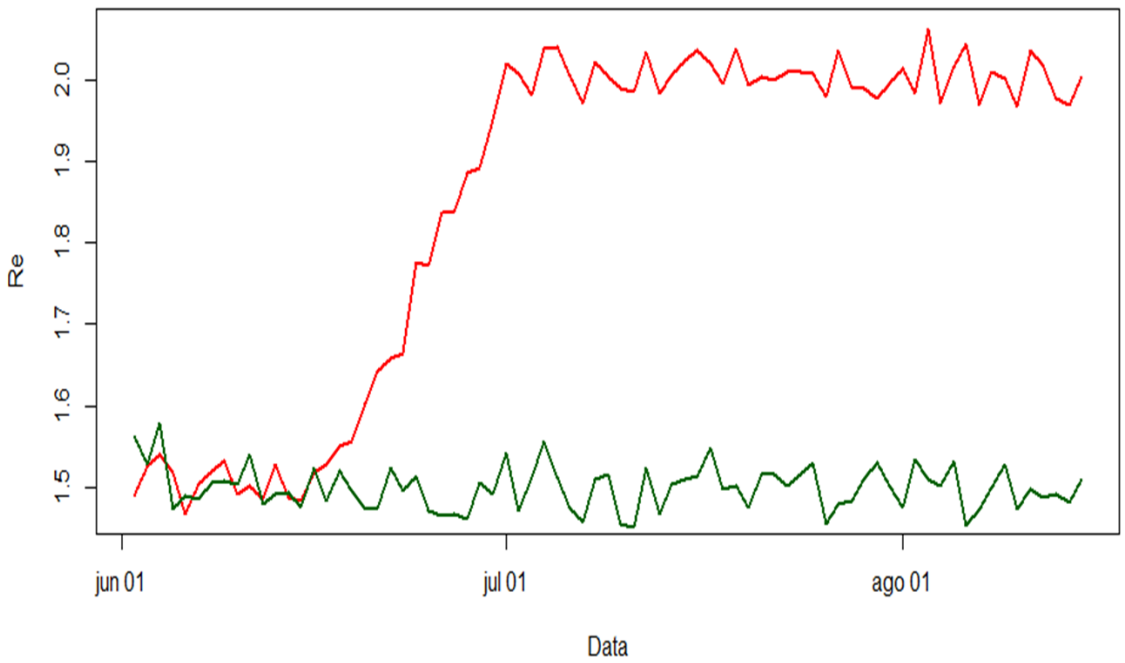


Fig. 1. Cenários-base para o número reprodutivo efetivo (Re) da COVID-19, considerando a manutenção das medidas de distanciamento e o nível atual de isolamento no município (cenário verde), e uma flexibilização dessas medidas com gradual retorno das atividades de turismo (cenário vermelho). Para Caldas Novas, as projeções foram realizadas até meados de agosto, conforme a figura, e em Pirenópolis esses mesmos cenários foram projetados até final de setembro.

Considerando-se, entretanto, que o cenário vermelho ocorre em função da abertura das atividades a fim de viabilizar o turismo na região, adicionou-se também ao cenário vermelho o influxo de turistas chegando aos municípios. Para Caldas Novas, as projeções de acordo com os cenários da Figura 1 foram realizadas até meados de agosto e, para Pirenópolis, até final de setembro, considerando as informações repassadas pelas duas prefeituras no que se refere ao fluxo esperado de turistas.

Em Caldas Novas, é previsto que o aumento no número de turistas ocorra em 4 fases, a partir de meados de junho, considerando informações fornecidas pela Prefeitura de Caldas Novas sobre número estimado e local de origem dos turistas ao longo do tempo, conforme Tabela 1 abaixo. Definiu-se, para o modelo, um tempo médio de permanência de 2,4 dias e assumimos que até meados de agosto até 20% dos turistas já poderiam estar imunes em função de infecção prévia pelo SARS-CoV-2 (um valor

esperado considerando-se a progressão da epidemia em Goiás e no Brasil), seguindo um modelo logístico de declínio no número de suscetíveis.

Tabela 1. Informações sobre o número de turistas esperados pela Prefeitura de Caldas Novas, ao longo do tempo, durante o período entre 15 de junho e 15 de agosto, 2020.

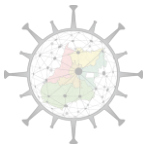
PROJEÇÃO DE QUANTIDADE DE TURISTAS DURANTE A RETOMADA

	FASE 1	FASE 2 (A)	FASE 2 (B)	FASE 3
PERÍODO	15 A 30/06	01 A 15/07	16 A 31/07	01 a 15/08
LEITOS DISPONÍVEIS x 15 DIAS	32.750	336.763	336.763	964.290
% OCUPAÇÃO	30%	35%	45%	40%
LEITOS COMERCIALIZADOS NO PERÍODO	9.825	117.867	151.544	385.716
PERMANÊNCIA MÉDIA	2,4 dias	2,4 dias	2,4 dias	2,4 dias
TOTAL DE TURISTAS NA QUINZENA	**4.094**	**49.111**	**63.143**	**160.715**
TOTAL DE TURISTAS POR DIA (CICLOS DE 2,4 DIAS)	**655**	**7.858**	**10.103**	**25.714**

Fonte: Prefeitura de Caldas Novas, GO, dados fornecidos em 8 de junho 2020.

Para Pirenópolis, o aumento previsto ocorrerá em 3 fases a partir do início de julho, recebendo um total de 22.437, 52.142 e 81.846 turistas nos meses de julho, agosto e setembro de 2020, respectivamente, que permanecem em média 1,85 dias no município (informações fornecidas pela Prefeitura de Pirenópolis). Assumiu-se, para o modelo, uma distribuição uniforme da chegada desses turistas em cada mês, com um erro estocástico de 5% em torno dos valores diários. Assumiu-se também que até o final de setembro até 20% dos turistas estariam imunes em função de infecção prévia pelo SARS-CoV-2 (um valor esperado considerando-se a progressão da epidemia em Goiás e no Brasil), seguindo um modelo logístico de declínio no número de suscetíveis.

Para os dois municípios, assumiu-se também que alguns turistas poderiam estar infectados e no período de transmissibilidade durante a sua estadia em Caldas Novas ou Pirenópolis (em função de serem assintomáticos ou transmitindo no período pré-sintomático uma vez que, em média, 2,5 dias antes dos sintomas já há transmissão viral). Foram geradas então simulações considerando a frequência de turistas que estariam ou não infectados e transmitindo durante sua estadia (0%, 1% ou 2%). Assumindo um *R0* do SARS-CoV-2 de 2,74, conforme a literatura acadêmica internacional (ver Nota Técnica



5, em www.covid.bio.br), um período de transmissibilidade (9 dias) e a curta permanência na cidade (2,4 dias ou 1,85 dias), foi estimado que em média um turista infectado transmitiria para aproximadamente 0,7 outros turistas ou residentes em Caldas Novas durante sua estadia, e para aproximadamente 0,6 outros turistas em Pirenópolis. Essas estimativas de transmissibilidade local são, portanto, conservadoras, no sentido de que os turistas "dividem" as suas transmissões de forma aleatória ao longo do tempo e que as transmissões realizadas durante a estada nos municípios de Caldas Novas e Pirenópolis não são adicionais à média de transmissões esperadas por cada indivíduo.

O modelo considera que os turistas chegando a cada município são incorporados ao *pool* de indivíduos suscetíveis em um dado momento do tempo e as transmissões que ocorrem tanto pelos residentes em cada município quanto eventualmente pelos turistas (i.e., no cenário no qual uma proporção diferente de zero desses turistas está infectado e transmitindo) são distribuídas proporcionalmente aos suscetíveis nas duas categorias (turistas e suscetíveis). Assume-se, portanto, um contato aleatório entre essas categorias e igual probabilidade de transmissão entre elas, direta ou indiretamente.

RESULTADOS

Projeções para Caldas Novas

A análise da expansão da COVID-19 no município de Caldas Novas mostra que a **manutenção dos índices atuais de isolamento** correspondendo a valores de *Re* em torno de 1,5 (bastante aquém do índice de isolamento desejado de 50%) resultaria até meados de agosto em um número estimado de 18 óbitos (intervalo de confiança - IC 95% 13 – 28) por COVID-19. Além disso, projeta-se para meados de agosto uma demanda de até 40 leitos-dia para leitos convencionais e 8 leitos-dia de UTI (considerando o número de pacientes hospitalizados por COVID-19 e o tempo médio de permanência hospitalar destes pacientes).

Um **cenário de flexibilização sem a abertura para o turismo** no município de Caldas Novas resultaria em um aumento do *Re* (assumimos um aumento rápido para *Re* = 2,0), implicando em mais transmissibilidade da infecção e maior número de pacientes hospitalizados e óbitos por COVID-19. Neste cenário (vermelho), seriam esperados cerca de 56 óbitos até meados de agosto (IC95% entre 43 e 70), já sendo possível observar no final de julho um pico na demanda de leitos hospitalares de até 100 leitos-dia para leitos convencionais e 26 leitos-dia de UTI (Figura 2).

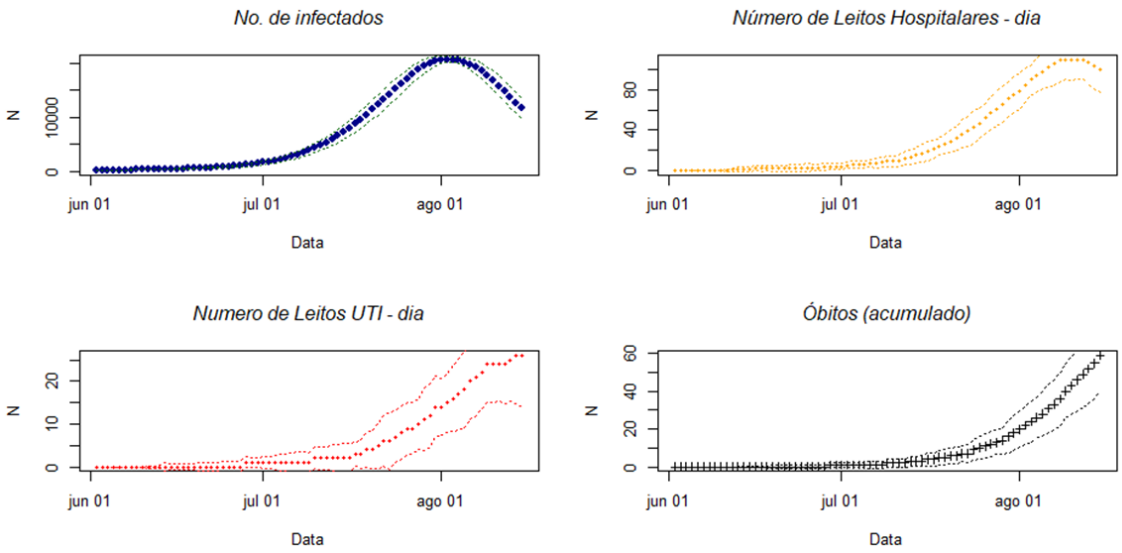


Fig. 2. Número de indivíduos infectados, número de leitos hospitalares-dia, número de leitos UTI-dia e número acumulado de óbitos por COVID-19 projetados para Caldas Novas no cenário de flexibilização (vermelho). O influxo de turistas não afeta significativamente essas curvas.

Considerando um cenário de **flexibilização com a retomada do turismo** no município, conforme as estimativas fornecidas pela Prefeitura de Caldas Novas para o influxo de turistas escalonado entre julho e agosto, os valores de óbitos por COVID-19 no munícipio de Caldas Novas poderiam aumentar em cerca de 12%, chegando a até 64 óbitos acumulados no período (IC95% entre 49 e 82), assumindo que 2% dos turistas estivessem infectados e transmitindo o vírus durante a visita e estadia em Caldas Novas. Uma síntese das curvas de óbitos acumulados até final de agosto mostra a diferença entre esses cenários e o efeito adicional relativamente pequeno da chegada gradual dos turistas sobre a mortalidade já ocorrendo no município (Figura 3)

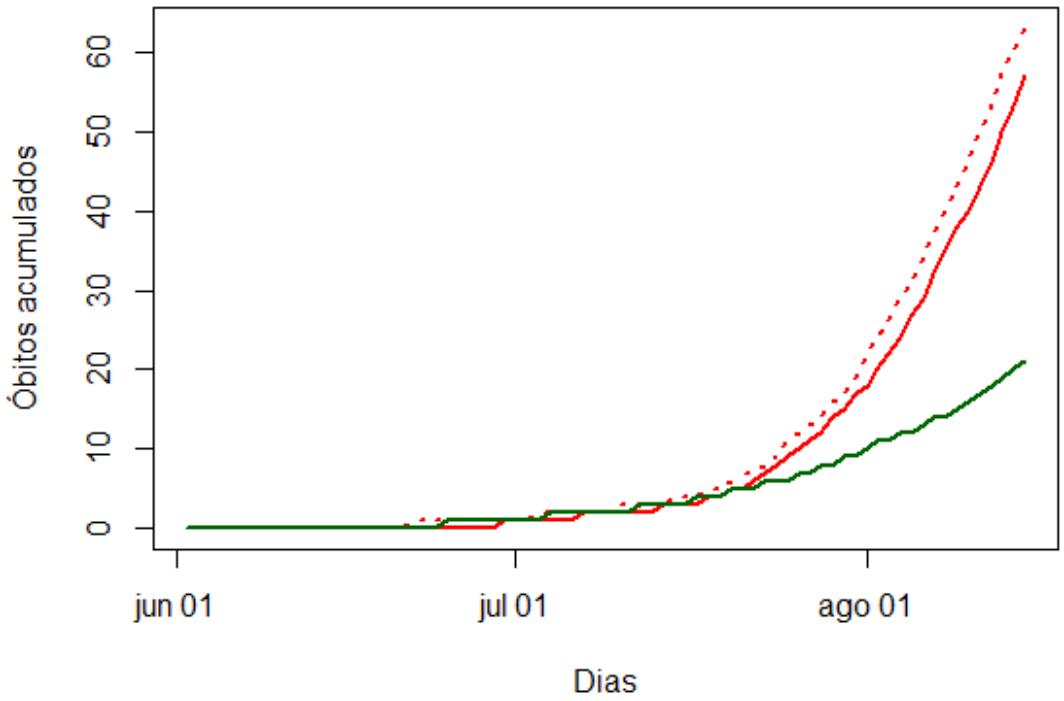


Fig. 3. Número acumulado de óbitos na população de Caldas Novas no cenário de manutenção do isolamento atual (linha verde), flexibilização (linha vermelha) e flexibilização acompanhada da chegada gradual de turistas (linha vermelhe pontilhada) com 2% de proporção de turistas infectados-transmitindo.

No entanto, em função do aumento do número de infecções por SARS-CoV-2 entre a população residente de Caldas Novas, estima-se que cerca de 7619 turistas suscetíveis (IC95% entre 7485 e 7786) seriam infectados durante estada em Caldas Novas (Figura 4). Esse número corresponde a aproximadamente a 2,8% do total de turistas esperados no período entre 15/06 e 15/08. O número de turistas infectados pode chegar a cerca de 8.249 (IC95% entre 8060 e 8495) caso 2% dos turistas visitando Caldas Novas estejam infectados e transmitindo durante a visita. Conforme observado na figura abaixo, após um pico de infecções diárias ocorridas no final de julho, observa-se uma redução na incidência de novas infecções adquiridas por turistas durante sua visita a Caldas Novas em função da redução do número de turistas suscetíveis e da quantidade já menor de indivíduos transmissores em Caldas Novas (conforme estimado e apresentado na Figura 2 acima).

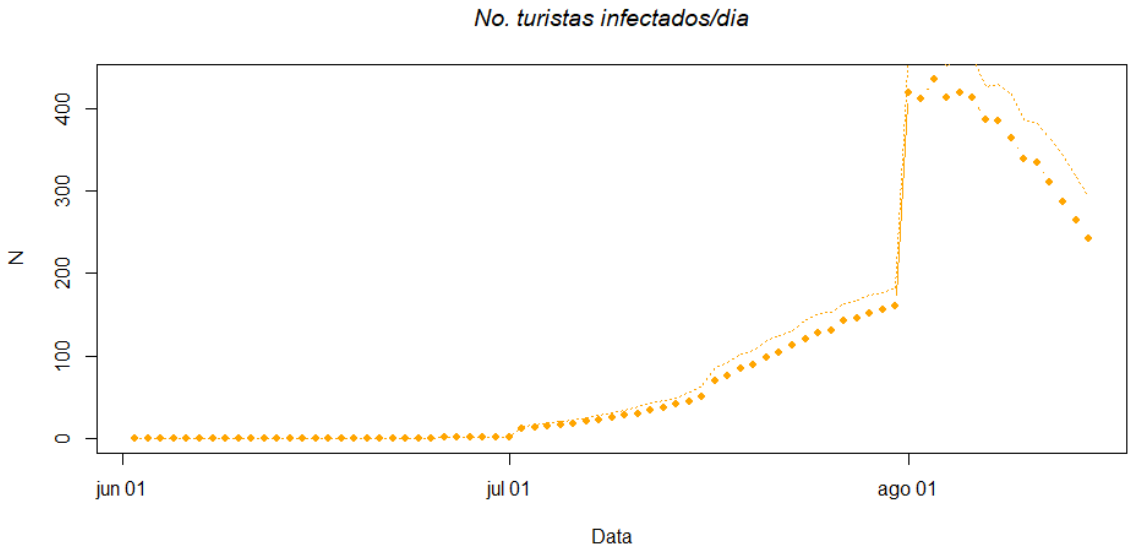


Fig. 4. Número de turistas infectados por dia entre os turistas de Caldas Novas, considerando o cenário de flexibilização com retomada do turismo, considerando que nenhum turista estaria infectado e transmitindo durante sua estadia.

Projeções para Pirenópolis

A análise da expansão da COVID-19 no município de Pirenópolis mostra que com a **manutenção dos índices atuais de isolamento observados no município**, correspondendo a valores de *Re* em torno de 1,5 (bastante aquém do índice de isolamento desejado de 50%), estima-se a ocorrência mediana de 4 óbitos (intervalo de confiança - IC 95% 0 – 10) por COVID-19 até final de setembro. Estima-se também que no final de setembro haveria uma demanda de até 10 leitos-dia para leitos convencionais, e 1 ou 2 leitos-dia de UTI (considerando o número de pacientes hospitalizados por COVID-19 e o tempo médio de permanência hospitalar destes pacientes).

Um cenário de **flexibilização das medidas de distanciamento social no município de Pirenópolis sem a retomada das atividades de turismo** neste momento iria resultar em um aumento do *Re* (assumimos um aumento rápido para *Re* = 2,0), implicando em mais transmissibilidade da infecção e maior número de pacientes

hospitalizados e óbitos por COVID-19. Neste cenário (vermelho), seriam esperados cerca de 24 óbitos até final de setembro (IC95% entre 15 e 37), já sendo possível observar no início de setembro um pico na demanda de leitos hospitalares de até 30 leitos-dia para leitos convencionais e 7 leitos-dia de UTI (Figura 5).

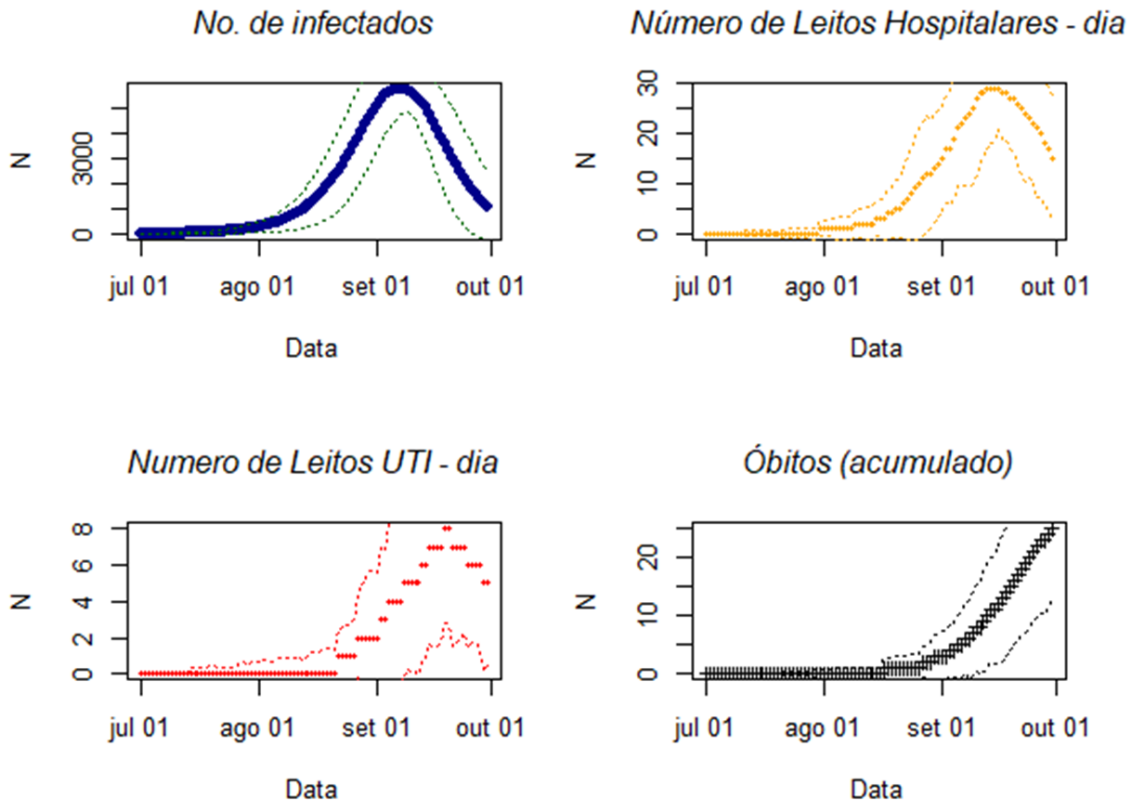


Fig. 5. Número de indivíduos infectados, número de leitos hospitalares-dia, número de leitos UTI-dia e número acumulado de óbitos por COVID-19 projetados para Pirenópolis no cenário de flexibilização (vermelho). O influxo de turistas não afeta significativamente a forma dessas curvas, embora haja um aumento no número médio esperado de óbitos.

Considerando o cenário de **flexibilização das medidas de distanciamento social e a retomada do turismo no município**, com um influxo de turistas escalonado entre julho e setembro, a estimativa do número óbitos por COVID-19 em Pirenópolis pode chegar em a 31 (IC95% entre 21 e 38), assumindo que cerca de 2% dos turistas estariam infectados e durante o período de transmissibilidade. Além disso, a curva de crescimento no número de óbitos com o efeito adicional do influxo de turistas ocorre

de forma mais acelerada do que em Caldas Novas, em função da progressão mais lenta da epidemia na cidade (Figura 6).

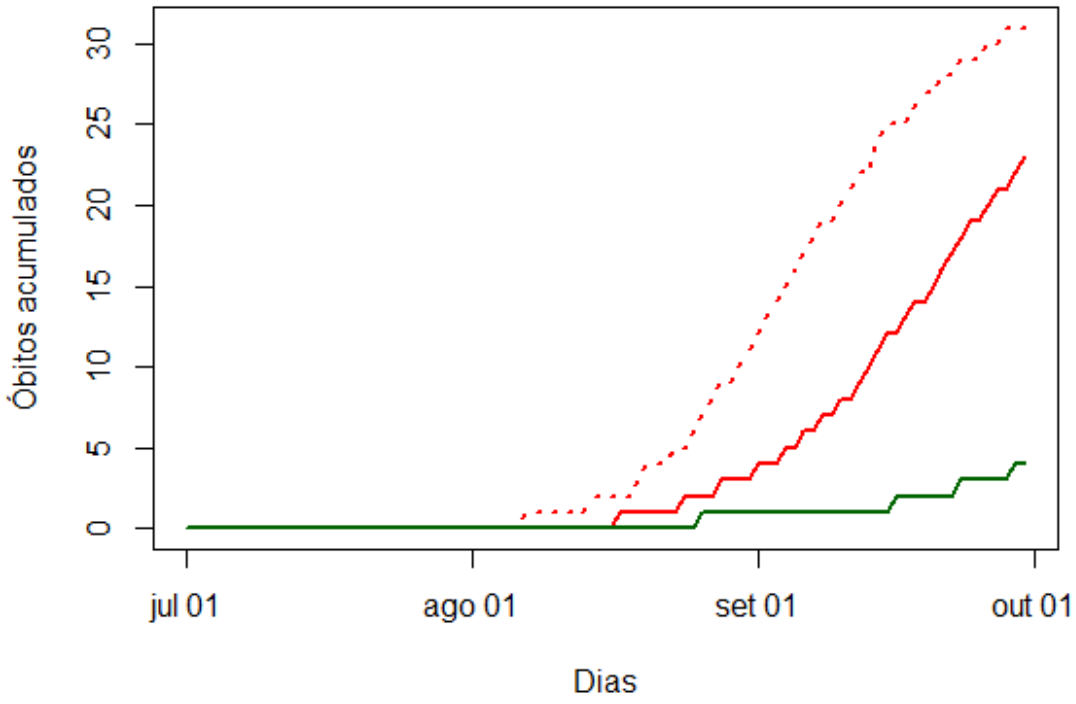


Fig. 6. Número acumulado de óbitos na população de Pirenópolis no cenário de manutenção do isolamento atual (linha verde), flexibilização (linha vermelha) e flexibilização acompanhada da chegada gradual de turistas (linha vermelhe pontilhada) com 2% de proporção de turistas infectados-transmitindo.

Por outro lado, em função do aumento do número de infecções por SARS-CoV-2 entre a população residente de Pirenópolis e entre os turistas, estima-se que cerca de 1.179 turistas (IC95% entre 1.120 e 1.215) seriam infectados durante a estada em Pirenópolis neste mesmo período (Fig. 4), mesmo quando nenhum dos turistas estaria originalmente infectado e transmitindo. Isso representa cerca de 0,7% do total de turistas esperados na temporada (e cerca de 0,85% dos turistas suscetíveis). Esses valores são semelhantes mesmo que a proporção de turistas infectados e transmitindo chegue a 2%, pois essa transmissão tende a aumentar significativamente o número de eventos entre os residentes de Pirenópolis, conforme Figura 6. Como pode ser

observado na Figura 7 abaixo, após um pico de infecções diárias ocorridas no final de agosto/início de setembro, observa-se uma redução na incidência de novas infecções adquiridas por turistas durante sua visita a Pirenópolis em função da redução do número de turistas suscetíveis e da quantidade de indivíduos transmissores no próprio município (conforme estimado e apresentado na Figura 5 acima).

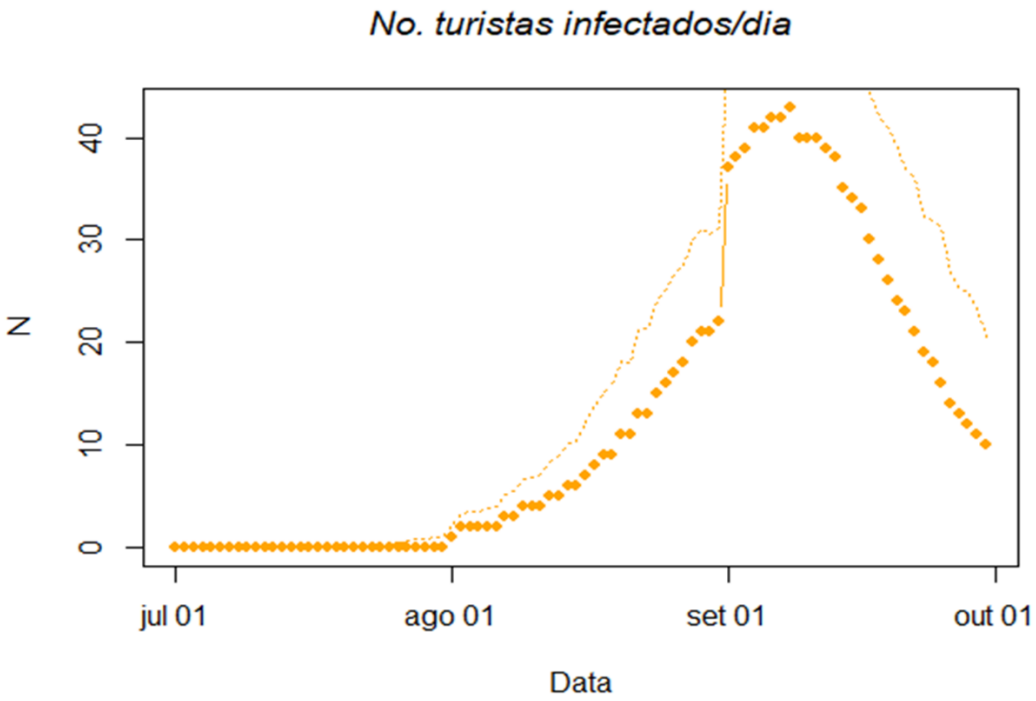
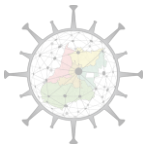


Fig. 7. Número de turistas infectados por dia entre os turistas de Pirenópolis, considerando o cenário de flexibilização com retomada do turismo e que nenhum turista estaria infectado e transmitindo durante sua estadia.

CONCLUSÕES

As análises mostram que a flexibilização das medidas de isolamento social em Caldas Novas pode aumentar significativamente as médias estimadas para o número de óbitos por COVID-19 (de 18 para 56) e para a necessidade de leitos clínicos (de 40 para 100 leitos-dia) e de UTI (de 8 para 26 leitos-dia). Em função da dinâmica da epidemia no município, o influxo escalonado de turistas não afetaria significativamente esses valores

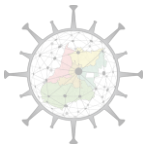


entre os residentes na cidade, com um aumento não muito maior do que 12% em termos de óbitos, mesmo no cenário simulado com maior infecção e transmissão por turistas.

Em Pirenópolis, o efeito da flexibilização é semelhante, embora de menor magnitude em função da menor população da cidade e do estágio inicial da epidemia de COVID19 na região. A flexibilização das medidas de isolamento social em Pirenópolis pode aumentar significativamente o número de óbitos por COVID-19 (de 4 óbitos para 24 óbitos) e a necessidade de leitos clínicos (de 10 para 30 leitos-dia) e de UTI (de 1-2 para 7 leitos-dia), mas considerando um prazo de tempo maior, até final de setembro. Entretanto, fica mais claro que o influxo escalonado de turistas afetaria significativamente a curva de aumento de mortalidade entre os residentes na cidade em termos de hospitalização, bem maior proporcionalmente do que o observado para Caldas Novas.

Entretanto, nos dois casos o resultado mais importante é que o aumento no número de suscetíveis e a aglomeração pelo aumento da densidade populacional nas cidades geraria uma série de novas infecções entre os turistas, mesmo na situação em que nenhum destes estivesse infectado quando de sua chegada à Caldas Novas ou Pirenópolis (assumindo portanto que nenhum assintomático e transmitindo chegaria às cidades e/ou que a vigilância seja extremamente eficiente na detecção de casos oligosintomáticos).

O impacto desses indivíduos infectados adicionais nos municípios de origem depende da situação epidemiológica local, em termos de estágio da epidemia e do número de suscetíveis, bem como das ações implementadas em termos de vigilância sanitária. De modo geral, o efeito da chegada de novos indivíduos infectados em municípios que estão em uma fase inicial de crescimento da epidemia pode criar uma aceleração na velocidade de sua expansão. Por outro lado, a chegada de novos infectados em uma população que está em uma fase de declínio, mas que ainda possua um número considerável de suscetíveis (como se espera da COVID-19 na maior parte dos municípios de Goiás em agosto), pode dar origem a uma nova onda de crescimento da pandemia.



Assim, considerando os resultados das simulações apresentadas aqui, fica claro que o foco de quaisquer medidas de contenção na disseminação da COVID19 a partir da liberação de atividades turísticas e consequente flexibilização das medidas de distanciamento social nos municípios deve estar focada principalmente na proteção aos turistas e não (apenas) na proteção da população residente. Reiteramos, entretanto, que a recomendação geral, considerando a situação epidemiológica do avanço da COVID-19 no Estado como um todo nesse momento, é que se mantenha as medidas de distanciamento social a fim de minimizar o impacto da pandemia nos serviços de saúde e morbi-mortalidade da população.