

Situação: O preprint foi submetido para publicação em um periódico

Estimativa de pacientes hospitalizados por COVID-19 em unidade de terapia intensiva no pico da pandemia em Porto Alegre: Estudo com modelo epidemiológico SEIHDR

Mauricio Guidi Saueressig, Cristiano Lima Hackmann, Carlos Eduardo Schonerwald da Silva, Jair Ferreira

DOI: 10.1590/SciELOPreprints.1080

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- O autor submissor declara que todos os autores responsáveis pela elaboração do manuscrito concordam com este depósito.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa estão descritas no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints.
- Os autores declaram que no caso deste manuscrito ter sido submetido previamente a um periódico e estando o mesmo em avaliação receberam consentimento do periódico para realizar o depósito no servidor SciELO Preprints.
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores estão incluídas no manuscrito.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que caso o manuscrito venha a ser postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo estará disponível sob licença [Creative Commons CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
- Caso o manuscrito esteja em processo de revisão e publicação por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.

Data de submissão: 2020-08-08

Data: 2020-08-10

Estimativa de pacientes hospitalizados por COVID-19 em unidade de terapia intensiva no pico da pandemia em Porto Alegre: Estudo com modelo epidemiológico SEIHDR

Estimation of patients hospitalized for COVID-19 in an intensive care unit at the peak of the pandemic in Porto Alegre: Study with epidemiological model SEIHDR

Autores

Maurício Guidi Saueressig; e-mail: msaueressig@hcpa.edu.br; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2228-2956>; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Cristiano Lima Hackmann; e-mail: crishackmann@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9225-5980>; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Carlos Eduardo Schonervald da Silva; e-mail: carlos.schonervald@ufrgs.br; <https://orcid.org/0000-0002-8668-1219>; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Jair Ferreira; e-mail: jferreira@hcpa.edu.br; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8045-2941>; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Resumo

Objetivo: Estimar o número máximo de casos prevalentes de COVID-19, internados em unidades de terapia intensiva, e o momento deste pico, em Porto Alegre. **Métodos:** Empregamos um modelo matemático de equações diferenciais denominado SEIHDR (Suscetível, Exposto, Infectado, Hospitalizado, Morto, Recuperados). Analisamos os casos de hospitalização por COVID-19 em Porto Alegre e RS, desde 9 de março até 25 de julho de 2020 a fim de extrair os parâmetros para construir uma curva epidemiológica do total de casos prevalentes hospitalizados e em unidade de terapia intensiva, assim como estimar a prevalência de pacientes em ventilação mecânica invasiva. Finalmente, ajustamos alguns parâmetros desta curva a partir dos casos reais prevalentes de internados em enfermaria e em unidades de terapia intensiva. **Resultados:** O modelo matemático corrigido para os dados da pandemia até 25 de julho projetou um pico de 1.354 casos prevalentes hospitalizados: 562 pacientes internados na unidade de terapia intensiva com 378 sob ventilação mecânica no dia 12 de setembro de 2020 (37º semana epidemiológica). Ainda, haveria o pico de 62.514 casos prevalentes de infectados com COVID-19 no início do mesmo mês (36º semana epidemiológica). Calculamos para a pandemia um número de reprodução básico de 1,53 e de reprodução efetiva de 1,29 para 25 de julho de 2020. **Conclusão:** Como o número atual de leitos de unidade de terapia intensiva seria insuficiente para atender a esta demanda, sugerimos um aumento no número de leitos críticos a fim de evitar o colapso do sistema de saúde em Porto Alegre.

Palavras chaves

Infecções por Coronavírus

Unidades de Terapia Intensiva -

Hospitalização

Cuidados Críticos

Abstract

Objective: Estimate the maximum number of prevalent cases of COVID-19, admitted to intensive care units, and the time of this peak, in Porto Alegre. **Methods:** A mathematical model of differential equations called SEIHDR (Susceptible, Exposed, Infected, Hospitalized, Dead, Recovered) have been used to analyze the cases of hospitalization for COVID-19 in Porto Alegre and RS, from March 9 to July 25, 2020 in order to extract the parameters to make up an epidemiological curve of the prevalent cases hospitalized in general ward and in intensive care units, as well as how to estimate the prevalence of patients on invasive mechanical ventilation. Finally, we adjusted some parameters of this curve based on the current prevalent cases hospitalized. **Results:** The mathematical model corrected for the pandemic data until July 25 projected a peak of 1,354 prevalent hospitalized cases: 562 patients admitted to the intensive care unit with 378 under mechanical ventilation on September 12, 2020 (37th epidemiological week). In addition, there would be a peak of 62,514 prevalent cases of infected with COVID-19 at the beginning of the same month (36th epidemiological week). We calculated for the pandemic a basic reproduction number of 1.53 and effective reproduction number of 1.29 to July 25, 2020. **Conclusion:** As the current number of beds in the intensive care unit would be insufficient to meet this demand, we suggest an increase in the number of critical beds in order to avoid the collapse of the health system in Porto Alegre.

Keywords:

Coronavirus Infections

Intensive Care Units

Hospitalization

Critical Care

Introdução

O impacto sanitário e econômico da pandemia da COVID-19 é um desafio nunca enfrentado por gestores governamentais. Estudos apontam que pelo menos 17 % a 35 % dos pacientes adultos com COVID-19 precisaram de internação em UTI (unidade de terapia intensiva) pela hipoxemia e insuficiência respiratória, e até 91 % destes receberam ventilação mecânica¹. A consequência é o aumento da demanda de leitos principalmente em UTI com ameaça de colapso do sistema de saúde contribui para o agravamento da situação.

Em relação a Porto Alegre, os meses de junho e julho de 2020 foram marcados pelo aumento no número de pacientes hospitalizados com o novo coronavírus. Como resposta ao aumento deste demanda, ocorreu uma expansão de 41 % (560 para 792) de vagas operacionais de UTI desde abril de 2020. Entretanto, mesmo com a ampliação da capacidade de UTI, 90 % dos leitos estavam ocupados no dia 25 de julho de 2020. Portanto, projeções do número de leitos necessários em uma pandemia podem auxiliar gestores no planejamento do sistema de saúde. Desta forma, o objetivo principal deste estudo foi estimar o número máximo de pacientes com COVID-19 em UTI, na cidade de Porto Alegre, a partir de um modelo matemático.

Métodos

Para isso, extraímos dados dos portais da Secretaria Estadual de Saúde do Rio Grande do Sul (<https://covid.saude.rs.gov.br/>), Prefeitura de Porto Alegre (<https://infografico-covid.procempa.com.br/>) e do Ministério da Saúde (<https://opendatasus.saude.gov.br/dataset/bd-srag-2020>) entre 9 de março

(primeiro caso notificado no RS) até 25 de julho 2020. Também empregamos parâmetros coletados na literatura²⁻⁴, conforme exposto na Tabela 1. O modelo matemático, aqui denominado de SEIHDR, classificou os indivíduos em seis classes: 1) Indivíduos suscetíveis (*S*) à infecção; 2) Indivíduos expostos e infectados (*E*); 3) Indivíduos sintomáticos e contagiosos (*I*); 4) Indivíduos hospitalizados (*H*); 5) Casos de mortes por COVID-19 (*D*); e 6) Indivíduos recuperados ou em isolamento social (*R*). Adaptamos o sistema de equações diferenciais para estimar o número máximo de indivíduos infectados e hospitalizados pela COVID-19 em Porto Alegre, no período de 25 de abril de 2020 à 19 de fevereiro de 2021 (trezentos dias). Recomendamos acessar o código-fonte da simulação no endereço https://github.com/crishackmann/SEIHDR_Pub_Portuguese_Version para maiores detalhes da implementação, assim como ler outros resultados complementares do estudo.

Nosso estudo foi aprovado no comitê de ética e pesquisa local e na CONEP sob os números 2020-0153 e 30716720000005327 (CAAE).

Resultados

A partir do modelo matemático, calculamos o R_0 (número de reprodução básico) em 1,53 e o R_e (número de reprodução efetiva) em 1,29 para o dia 25 de julho de 2020. Estimamos 62.514 casos prevalentes de COVID-19, no pico da pandemia, em 01 de setembro de 2020 (36º semana epidemiológica). Enquanto que, o número máximo de hospitalizados com 1.354 pacientes ocorreria 11 dias após (final da 37º semana).

Conforme a análise do banco de dados Opendatasus, atualizado até o dia 21 de julho de 2020, a proporção de casos internados em UTIs entre os hospitalizados em Porto Alegre por COVID-19 era de 41,5 % (800/1929), enquanto que 27,9 % (528/1892) do total de internados necessitavam de VM (ventilação mecânica invasiva). Considerando esses dois parâmetros, haveria 562 pacientes com SARS-Cov-2, em UTI, conforme demonstramos na Figura 1, e 378 com VM, no dia 12 de setembro de 2020 (pico de hospitalizados), em Porto Alegre.

Discussão

Até o momento, o presente estudo foi o único pelo conhecimento dos autores a analisar a dinâmica da pandemia em Porto Alegre. Outra fonte de projeções para o nosso estado tem sido desenvolvida pela plataforma do IHME (*Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington*)⁵. O IHME indicou um pico de 900 internados em UTI para o RS, no início de setembro de 2020, ou seja, período próximo a projeção do presente estudo. Além disso, como os hospitais de Porto Alegre recebem cerca de 45 % dos internados em UTI do RS por COVID-19, haveria proporcionalmente ao redor de 400 pacientes ocupando estes leitos, conforme o IHME.

Porto Alegre apresentava, no começo da 31ª semana epidemiológica, 788 leitos de UTI operacionais com uma lotação de 86,8 % (684/788), distribuídos em 17 hospitais (SUS e privado). Os pacientes com COVID-19 correspondiam a 44,7 % (306/684) e ocupavam 39 % dos leitos (306/788). Assim, se o número de leitos ocupados por pacientes com outras patologias se mantiver, no máximo em 400,

restariam ao redor de 380 leitos para pacientes com COVID-19, desta maneira, insuficientes pelos resultados do nosso estudo e do IHME.

No entanto, como discutido abaixo, a estimativa matemática tem limitações e se baseia em parâmetros com alguma imprecisão, logo o número de pacientes pode ser maior no pico. Além disso, há normalmente aumento de busca de leitos de UTI (13 % em 2019) por doenças respiratórias no inverno com pico em julho. Desta maneira, apesar do acréscimo de leitos operacionais desde o início da pandemia, seria prudente uma ampliação com mais 200 leitos de UTI para Porto Alegre a fim de não ocorrer risco de um colapso do sistema de saúde.

No entanto, o presente estudo tem limitações. O modelo determinístico SEIHDR assume que a população encontra-se misturada e distribuída em alguns compartimentos. A população é tratada como entidades contínuas e o comportamento do indivíduo não é considerado. Essa classe de modelo também simplifica a forma de contato entre os agentes do modelo, pois não é projetado para capturar detalhes de padrões e redes de conexão individuais, e o contato é assumido como um evento instantâneo. Além disso, a suposição de parâmetros homogêneos em toda a população limita a capacidade desses modelos de avaliar e caracterizar como as doenças se espalham⁶.

Apesar das limitações, nosso estudo indica uma necessidade de investimento, em novos leitos de UTI, como uma das medidas para suportar o avanço da pandemia que é nítido a partir da ascensão dos números oficiais de internados e de óbitos.

Referências

1. Wiersinga WJ, Rhodes A, Cheng AC, Peacock SJ, Prescott HC. Pathophysiology, Transmission, Diagnosis, and Treatment of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Review. JAMA [Internet]. 2020 [acessado em 21 jul. 2020]; Disponível em: <https://doi:10.1001/jama.2020.12839>.
2. Ferguson N, Laydon D, Nedjati-Gilani G, Imai N, Ainslie K, Baguelin M, et al. Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. London: Imperial College COVID-19 Response Team [Internet]. 2020 [acessado em 21 jul. 2020]; Disponível em: <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-NPI-modelling-16-03-2020.pdf>.
3. Bi Q, Wu Y, Mei S, Ye C, Zou X, Zhang Z, et al. Epidemiology and transmission of COVID-19 in 391 cases and 1286 of their close contacts in Shenzhen, China: a retrospective cohort study. Lancet Infect Dis [internet]. 2020 [acessado em 21 jul. 2020]; 20(8): 911-19. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30287-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30287-5).
4. Silveira MF, Barros AJD, Bernardo LH, Pellanda LC, Victora GD, Dellagostin OA, et al. Population-based surveys of antibodies against SARS-CoV-2 in Southern Brazil. Nat Med [internet]. 2020 [acessado em 21 jul. 2020]; 25(suppl 1): 2395-2401. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0992-3>.
5. The Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). University of Washington. COVID-19 Projections. [internet]. Seattle: University of Washington; 2020 [acessado em 21 jul. 2020]. Disponível em: <https://covid19.healthdata.org/brazil/rio-grande-do-sul>.

6. Chen D, Moulin B, Wu J. Analyzing and modeling spatial and temporal dynamics of infectious disease. 1st ed. Wiley; 2014.

Tabela 1. Parâmetros para o modelo SEIHDR.

Parâmetro	Valor	Origem do dado e Método
I (número estimado de infectados no dia 25/04) ^a	1.929	Veja explicações abaixo
β (taxa de transmissão na comunidade)	0,197	Consultar metodologia de calibragem do parâmetro: https://github.com/crishackmann/SEIHDR_Pub_Portuguese_Version
$1/\sigma$ (média em dias do período de incubação)	5,1	Ferguson NM et al. ²
$1/\gamma_h$ (média em dias entre início dos sintomas e hospitalização) ^b	4,86	https://opendatasus.saude.gov.br/dataset
$1/\gamma_r$ (média estimada em dias de transmissão até hospitalização ou afastamento social voluntário)	5,6	Bi Q et al. ³
$1/\gamma_d$ (média estimada em dias entre sintomas até óbito domiciliar)	0	Valor mais provável até o momento no município de Porto Alegre
$1/\eta_d$ (média em dias entre a hospitalização até o óbito) ^c	12,98	https://opendatasus.saude.gov.br/dataset
$1/\eta_r$ (média em dias entre a hospitalização até a alta hospitalar) ^d	10,22	https://opendatasus.saude.gov.br/dataset
Θ (proporção de hospitalizados) ^e	1 %	veja explicações abaixo
Λ (taxa de letalidade entre hospitalizados) ^f	28,3 %	https://opendatasus.saude.gov.br/dataset

^a Calculamos a estimativa de casos prevalentes de infectados COVID-19 a partir do pressuposto de que a proporção de infectados em Porto Alegre (1.483.771, estimativa do IBGE) seria semelhante a proporção média de casos prevalentes de infectados, no RS (0,13%), no dia 25/04/2020, conforme Silveira MF et al.⁴.

^b O valor foi calculado a partir dos dados completos de 1947 pacientes internados em Porto Alegre entre os dias 12/03/2020 e 21/07/2020.

^c Valor calculado a partir dos dados completos de 393 óbitos de pacientes internados em Porto Alegre entre os dias 12/03/2020 e 21/07/2020.

^d O valor foi calculado a partir dos dados completos de 996 pacientes internados em Porto Alegre entre os dias 12/03/2020 e 21/07/2020.

^e Utilizamos dados do RS para calcular o parâmetro. Assim, haveria 14.790 (0,13 % de 11.377.239) casos prevalentes infectados no RS, no dia 25/04/2020, conforme Silveira MF et al.⁴. Desta forma, a estimativa da proporção de internados entre infectados, no RS, estaria em 1 % (145/14.790) no dia 25/04/2020.

^f O valor foi calculado a partir de 394 óbitos/1393 internados por COVID-19 que receberam alta do hospital (desfecho curado ou óbito), em Porto Alegre, entre os dias 12/03/2020 e 21/07/2020. Ainda há 557 casos em acompanhamento sem desfecho, até 21/07/2020, em Porto Alegre.

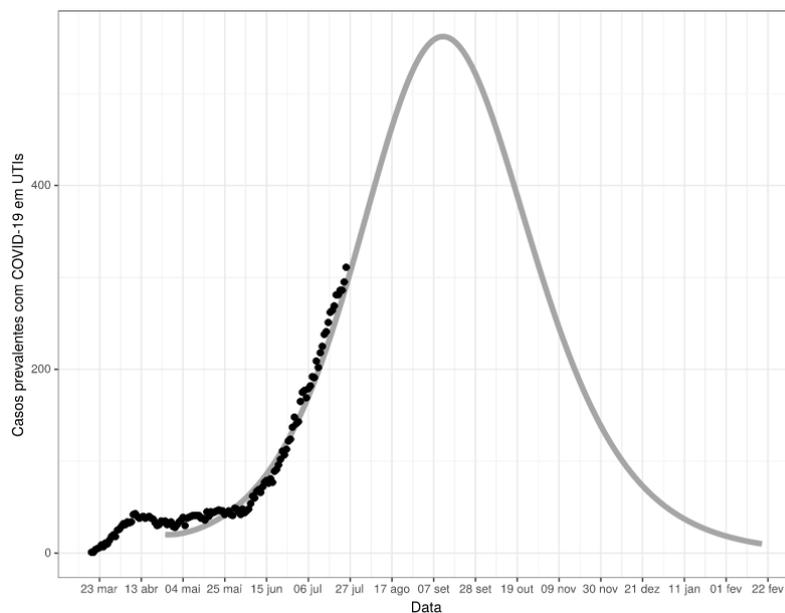


Figura 1. Modelo ajustado para o dia 25 de julho de 2020 da curva epidêmica de casos prevalentes com COVID-19 internados na UTI. A curva mostra a estimativa de casos e os pontos pretos representam o número observado de internados na UTI, no período de 25 de abril 2020 à 25 de julho de 2020, em Porto Alegre.

Declaração de Conflitos de Interesse

Os autores listados abaixo informam que não tem conflitos de interesse a declarar em relação ao assunto desenvolvido neste estudo.

Maurício Guidi Saueressig

Cristiano Lima Hackmann

Carlos Eduardo Schonerwald da Silva

Jair Ferreira

Declaração de Contribuição dos autores - CRedit

Declaro que os autores contribuíram da seguinte forma para a confecção deste estudo:

Maurício Guidi Saueressig: concepção e planejamento do projeto, coleta e interpretação de dados, análise dos resultados e confecção do artigo.

Cristiano Lima Hackmann: concepção e planejamento do projeto, coleta e interpretação de dados, análise dos resultados e confecção do artigo.

Carlos Eduardo Schonerwald da Silva: concepção e planejamento do projeto, coleta e interpretação de dados, análise dos resultados e confecção do artigo.

Jair Ferreira: concepção e planejamento do projeto, coleta e interpretação de dados, análise dos resultados e confecção do artigo.