

A sazonalidade da Covid-19 em 2021 na região metropolitana de Natal (RN), Brasil

The seasonality of Covid-19 in 2021 in the metropolitan region of Natal (RN), Brazil

*Ion Garcia Mascarenha de Andrade;
Hugo César Novais Mota;
Jacyane de Melo Oliveira;
Flávia Belarmino de Medeiros*

RESUMO

Introdução: Com base na existência bem estabelecida de uma sazonalidade para a gripe e para outras doenças respiratórias, o presente artigo analisa a hipótese da existência também de uma sazonalidade para a Covid-19. **Metodologia:** o trabalho se concentra na Região Metropolitana de Natal e no ano de 2021, quando a cobertura vacinal ainda não alcançava grandes contingentes populacionais. Utilizou-se como variável dependente os *Pacientes Internados em Leitos Críticos* que teve como fonte o banco de dados do Sistema de Vigilância Epidemiológica para as Síndromes Respiratórias Agudas Graves (SIVEP – SRAG) do Ministério da Saúde. Tal variável se comporta como um indicador fiável, dada a precisão do diagnóstico, da difusão da doença num dado momento, já que os internamentos graves são uma pequena parte do total de pessoas que adoeceram no período e foram contabilizados pela data de início dos sintomas dos pacientes internados. As variáveis independentes, normais climatológicas, (*Insolação, Pluviosidade Acumulada, Pressão Atmosférica, Temperatura Máxima e Umidade*) foram provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Cada variável climatológica foi associada à variável dependente em busca de significância estatística. As variáveis climatológicas foram combinadas em todas as combinações possíveis de duas a cinco variáveis, multiplicadas entre si e associadas à variável que mediu os *Pacientes Internados em Leitos Críticos* para a identificação de padrões de sinergia entre tais variáveis que pudessem apontar para o incremento do risco sazonal para Covid-19. **Resultados:** Exceto as variáveis *Pressão Atmosférica* e *Temperatura Máxima*, todas as demais variáveis apresentaram associações fortemente significantes com a variação de *Pacientes Internados em Leitos Críticos* ao longo de 2021. Dentre as variáveis criadas pela combinação das demais,

identificou-se um Índice de Risco Sazonal (IRS) por hora aplicável apenas à Região estudada. Tal índice que associou as variáveis *Insolação, Pluviosidade Acumulada, Temperatura Máxima* e *Umidade do Ar* apresentou associação significativa com a variação dos internamentos hospitalares com R múltiplo de 0,865322 e $p=0,000277$. A validade desse índice para outras regiões climáticas será objeto do próximo trabalho dos autores.

Palavras-chave: Covid-19; Epidemiologia; Infecções Virais; Sazonalidade

ABSTRACT

Introduction: Based on the well established existence of a seasonality for influenza and other respiratory diseases, this paper analyses the hypothesis of the existence of a seasonality for Covid-19 as well. **Methodology:** The study focuses on the Metropolitan Region of Natal and on the year 2021, when vaccination coverage has not yet reached large population contingents. It was used as dependent variable the Patients Admitted to Critical Hospitalisation that had as a source the database of the Epidemiological Surveillance System for Severe Acute Respiratory Syndromes (SIVEP – SARS) of the Ministry of Health. Such variable behaves as a reliable indicator, given the accuracy of diagnosis, of the spread of the disease at a given time, since for severe hospitalizations are a small part of the total number of people who became ill in the period and it were counted by the date of onset of symptoms of hospitalized patients. The independent variables, climatological normals, (*Insolation, Accumulated Rainfall, Atmospheric Pressure, Maximum Temperature and Humidity*) came from the National Institute of Meteorology (INMET). Each climatological variable was associated with the dependent variable in search of statistical significance. The climatological variables were combined in all possible combinations from two to five

variables, multiplied among themselves and associated with the variable that measured the Patients Admitted to Critical Hospitalisation to identify patterns of synergy between such variables that could point to increased seasonal risk for Covid-19. **Results:** Except for the variables Atmospheric Pressure and Maximum Temperature, all other variables showed strongly significant associations with the variation of Patients Admitted to Critical Hospitalisation throughout 2021. Among the variables created by the combination of the others, it was identified a Seasonal Risk Index (SRI) for now applicable only to the studied region. Such index, which grouped the variables Insolation, Accumulated Rainfall, Maximum Temperature and Air Humidity, showed a significant association with the variation of critical hospital admissions with multiple R of 0.865322 and $p=0.000277$. The validity of this index for other climatic regions will be the object of the next work of the authors.

Keywords: Covid-19; Epidemiology; Viral Infections; Seasonality.

INTRODUÇÃO

A sazonalidade está bem estabelecida para diversas doenças respiratórias^(1,2). A influenza, por exemplo, tem a sua vacinação difundida às vésperas dos picos sazonais que se repetem, com raras exceções, de forma bastante regular^(3,4). Já a tuberculose, por sua vez, embora reconhecida mundialmente como uma doença da pobreza^(5,6) e por ser regida por uma causalidade multifatorial⁽⁷⁾, parece curvar-se a uma sazonalidade^(8,10), como atestam trabalhos originados em diversos países do mundo. Da mesma forma, as meningites também apresentam um comportamento sazonal⁽¹¹⁾ demonstrando a generalidade da dinâmica sazonal nas doenças respiratórias.

Em relação à Covid-19, permanecem dificuldades para a compreensão completa do fenômeno da sazonalidade na dinâmica da difusão da doença, o que se acrescenta de um dificultador maior para o estabelecimento de previsões climáticas fiáveis na atualidade em virtude, inclusive das mudanças climáticas⁽¹²⁾. Do ponto de vista epidemiológico, a doença foi capaz tanto de ressurgir nos invernos dos hemisférios Norte e Sul, sucedendo a verões de grande calma^(13,14), quanto de prosperar em regiões como a Amazônia Brasileira, equatorial e caracterizada por um clima razoavelmente estável, quente e úmido por todo o ano^(15,16).

Vale salientar, na contramão da hipótese da sazonalidade, que a piora da pandemia, acompanhada de aumento exponencial no número de casos, internamentos e óbitos mostrou estar muito relacionada ao surgimento de novas cepas virais ou ao declínio da imunidade vacinal, o que exigiu doses de reforço que, por sua vez, voltaram a controlá-la^(17,18).

Em virtude dessas disparidades de comportamento da Covid-19 em relação às variáveis climáticas, o estabelecimento de uma dinâmica sazonal clara, como existe para outras doenças respiratórias, parece ser tarefa complexa.

No entanto, se um padrão vier a ser estabelecido de forma clara, eleteria uma importância maior para a compreensão abrangente dos riscos e determinantes que envolvem a transmissão da Covid-19, o que seria importante para projetar estratégias de prevenção e controle mais eficazes.

O presente trabalho analisou a hipótese da existência de uma sazonalidade para a Covid-19 com base em variáveis climáticas primárias e combinadas, considerando a Região Metropolitana de Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, durante o ano pandêmico de 2021, momento em que os níveis de cobertura vacinal da população ainda eram baixos.

METODOLOGIA

A sazonalidade para a Covid-19 foi medida para a Sétima Região de Saúde do estado do Rio Grande do Norte, que engloba os municípios de Natal, Parnamirim, Macaíba, São Gonçalo do Amarante e Extremoz. Trata-se da Região de Saúde mais populosa do estado, contando com 1.386.277 habitantes do total de 3.560.903, segundo as projeções intercensitárias do IBGE para 2021⁽¹⁹⁾.

A variável que mediu os *Pacientes Internados em Leitos Críticos* (por data de início dos sintomas dos pacientes internados) teve como fonte o banco de dados do Sistema de Vigilância Epidemiológica para as Síndromes Respiratórias Agudas Graves (SIVEP – SRAG) do Ministério da Saúde⁽²⁰⁾ para a Sétima Região de Saúde do RN para os meses de janeiro a dezembro do ano de 2021, conforme coleta realizada em 25 de agosto de 2022. A variável *Pacientes Internados em Leitos Críticos* foi escolhida como variável dependente para a aferição da sazonalidade para a Covid-19 pelo fato de se tratar

da variável mais precisa do ponto de vista do diagnóstico de certeza para Covid-19, (comparativamente aos internamentos clínicos não críticos e aos casos novos) como também pelo fato de termos podido obter o quantitativo desses pacientes internados pela data do início dos seus sintomas, o que nos ofereceu uma excelente sobreposição cronológica com as variáveis climatológicas para o próprio mês de ocorrência de cada caso.

O ano de 2021 foi selecionado pelo fato de ser o primeiro ano completo da pandemia para o Brasil e para a região estudada e em que a cobertura vacinal ainda se situava em níveis muito baixos, comparativamente a 2022, razão pela qual a sazonalidade pôde ser mais bem analisada, com pouca interferência do fator imunização que, como sabemos, tem grande eficácia na redução sobretudo do número de casos graves.

As variáveis climatológicas utilizadas foram (a) a *Pluviosidade Acumulada*, (b) a *Temperatura Máxima*, (c) a *Umidade Relativa*, (d) a *Pressão Atmosférica*, (e)

a *Evaporação* e (f) a *Insolação*, na forma das Normais Climatológicas para os anos de 1991 a 2020, provenientes do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a estação climatológica de Natal(21). Tais variáveis “Normais” foram preferidas por serem estáveis e por refletirem uma média climatológica aplicável a cada uma das variáveis utilizadas, representando melhor o uso regional do que teriam sido os resultados do ano de 2021 especificamente para o município de Natal, vez que a análise da variação dos Pacientes Internados em Leitos Críticos teve base regional e não municipal (Figura 1).

Todas as variáveis climatológicas (Figura 1) foram combinadas em grupos de duas a seis variáveis, cada combinação teve as suas variáveis multiplicadas entre si. Cada uma dessas variáveis novas criadas nesse processo de combinação foi comparada com a variável *Pacientes Internados em Leitos Críticos* para identificação de possível significância estatística e de sinergias climatológicas frente aos internamentos.

| Variável | Unidade | Definição | Valores mensais |
|----------------------------|---------|--|-------------------------------------|
| Pluviosidade acumulada (p) | mm | Volume de chuva acumulado no mês na região estudada. | $X_{ij} = \sum_j X_{ijj}$ |
| Temperatura Máxima (Tmax) | oC | Média mensal das temperaturas máximas diárias na região estudada. | $X_{ij} = \frac{\sum_k X_{ijk}}{N}$ |
| Umidade Relativa (UR) | % UR | Porcentagem de vapor d'água no ar na região pesquisada. | $X_{ij} = \frac{\sum_k X_{ijk}}{N}$ |
| Pressão Atmosférica (PA) | hPa | Pressão exercida pela atmosfera na região estudada. | $X_{ij} = \frac{\sum_k X_{ijk}}{N}$ |
| Evaporação (e) | mm/mês | Quantidade de água superficial que passa para o estado de vapor por ação do calor do sol na região estudada. | $X_{ij} = \sum_k X_{ijk}$ |
| Insolação (i) | horas | Número de horas em que a luz solar chega à superfície sem interferência de nuvens na região estudada. | $X_{ij} = \sum_k X_{ijk}$ |
| Internamentos críticos | No abs | Número de Pacientes Internados em Leitos Críticos, considerando a data de início dos sintomas. | $X_{ij} = \sum_k X_{ijk}$ |

Figura 1 - Variáveis analisadas na correlação da sazonalidade climática da covid-19 (X: variável; i: mês; j: ano; k: dia; N: número de dias com observações).

Fonte: INMET(22).

Essas combinações de variáveis climáticas foram constituídas no formato de índices definidos como o produto das variáveis nas combinações de duas variáveis, três variáveis, quatro variáveis e cinco variáveis. Utilizou-se um coeficiente de 1/100.000, para uso em uma grande escalar mais fácil de ser trabalhada. Assim, a equação geral dos índices foi:

$$IGC = \frac{\prod_{i=m}^n x_i}{100.000}$$

Onde IGC é o índice Geral climatológico construído, no produtório Π , x é a variável climática (p , T_{max} , UR, PA, e , i), n é o limite superior do conjunto de variáveis climáticas, i é a posição da variável climática no conjunto e m o limite inferior.

A sobreposição cronológica entre as variáveis climatológicas e a que mediu o número de pacientes internados em leitos críticos categorizada pelo início dos sintomas nos permitiu realizar a análise estatística por meio da Regressão Linear ($y_i = \alpha + \beta X_i + \epsilon_i$) entre cada variável climatológica ou índice climatológico e a variável *Pacientes Internados em Leitos Críticos*^(23,24).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis climatológicas foram consideradas para avaliação da hipótese da existência de uma sazonalidade para a Covid-19, porém, o índice climatológico que se mostrou mais significativo na mensuração de um risco quando associado à variável de *Pacientes Internados em Leitos Críticos* foi o que combinou as variáveis *Evaporação (e)*, *Insolação (i)*, *Pluviosidade Acumulada (p)* e *Temperatura Máxima (T_{max})*, ($R=0,865322$ e $p=0,000277$, Tabela 1) sendo assim, a equação desse Índice de Risco Sazonal identificado foi:

$$IRS = \frac{e \times i \times p \times T_{max}}{100.000}$$

Tal índice tornou obrigatória a definição de uma unidade de medida que denominamos de Unidade de Risco Sazonal ou URS. A Figura 2 representa a dispersão obtida pela associação entre esse IRS e a variável *Pacientes Internados em leitos Críticos*.

O conjunto dos dados apresentou significância estatística e consistência com a lógica biológica em duas linhas: (a) a do tempo (mais longo ou mais curto) de permanência das gotículas de saliva no ar ambiente, fator que teve impacto aferível no trabalho, aumentando ou diminuindo o seu potencial infectante^(25,26) (Tabela 1) e (b) a da aglomeração de pessoas cuja frequência é maior em nossa região nas estações chuvosas, fato também identificado na Índia^(27,28).

As variáveis climatológicas que se associaram de forma direta e estatisticamente significativa à variável que mediu o número de *Pacientes Internados em Leitos Críticos* foram precisamente aquelas que atuaram fisicamente no sentido de prorrogar tempo de permanência das gotículas de saliva no ambiente: a *Umidade do Ar* e a *Precipitação Acumulada* como atestam os seus Intervalos de Confiança (IC) situados no quadrante positivo (Tabela 1). O R múltiplo que mede a associação entre essas variáveis e a que mediu os internamentos mostrou associação forte entre elas acompanhado de forte significância estatística com os resultados, respectivamente, de $R=0,660203$ e $R=0,752698$ e de $p=0,019463$; $p=0,004726$ (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficiente de Associação (R) entre as variáveis climatológicas selecionadas e os *Pacientes Internados em Leitos Críticos* por Covid-19 (por data do início dos sintomas) para o ano de 2021 na sétima Região de Saúde do Rio Grande do Norte, Brasil.

| Variáveis climatológicas selecionadas e Pacientes Internados por Covid-19 | | | |
|---|----------|------------------|------------|
| | R | IC 95% | p |
| Evaporação | 0,664136 | -13,36; -1,54 | p=0,018501 |
| Insolação | 0,73944 | -16,20; -3,54 | p=0,005988 |
| Precipitação Acumulada | 0,752698 | 1,10; 4,63 | p=0,004726 |
| Pressão Atmosférica | 0,42691 | -301,93; 59,66 | p=0,166329 |
| Temperatura Máxima | 0,303288 | -183,23; 485,16 | p=0,337914 |
| Umidade do Ar | 0,660203 | 24,37; 221,30 | p=0,019463 |
| IRS | 0,865322 | 2,76e-6; 6,57e-6 | p=0,000277 |

As duas variáveis são complementares quanto à mensuração da umidade no ar ambiente e, embora sejam variáveis diferentes, e tratadas diferentemente pelo Instituto Nacional de Meteorologia, as suas significâncias de certa forma se sobrepõem, ainda que possa haver situações de aumento da *Umidade do Ar*, sem presença de chuvas. Tais situações, de aumento da umidade, sem chuvas, no entanto, não se acompanham de aglomerações, diferentemente do que ocorre em presença de chuvas, situação em que as pessoas buscam proteção em locais cobertos. Tal associação entre a pluviosidade e o aumento do contágio das doenças respiratórias, aliás, não somente vem sendo apontado em diversos artigos científicos como se constitui por sua base empírica num conhecimento do senso comum⁽²⁾.

Essa lógica de contágio facilitado pela aglomeração^(29,30,31) produzida pela Covid-19 parece justificar o fato de que a *Pluviosidade Acumulada* tenha apresentado maior significância estatística na sua associação com a variável que mediu os internamentos em leitos críticos do que a *Umidade do Ar*. Isso provavelmente se justifica pelo fato de que a pluviosidade, (a) além da sinergia com a *Umidade do Ar* produzindo uma presumível maior permanência das gotículas de saliva no ar ambiente, (b) também se associa à aglomeração de pessoas em locais cobertos, fato comportamental que escapa à variável *Umidade do Ar* o que, possivelmente, a tornou menos significativa frente aos internamentos por Covid-19.

A associação direta entre as variáveis *Pluviosidade Acumulada* e *Umidade do Ar* com a variável *Pacientes Internados em Leitos Críticos* com predominância da

primeira é compatível com a lógica biológica e com a dinâmica do contágio, dá consistência aos achados e atesta a boa qualidade da associação encontrada. Ela se regeu matematicamente pela dinâmica de que quanto mais chuvas ou quanto maior a *umidade do ar*, maior o número de pacientes internados.

As variáveis *Insolação* e *Evaporação*, entretanto, embora tenham estabelecido igualmente uma forte associação com a variável *Pacientes Internados em Leitos Críticos*, o fizeram numa relação inversa, como atestam os seus intervalos de confiança (IC) situados no quadrante negativo (Tabela 1). Isso significa que quanto maior foi a *Evaporação* e a *Insolação*, menor foi o número de *Pacientes Internados em Leitos Críticos*. Se tomarmos a mais rápida desidratação das microgotas como fator operante para a redução do contágio e por conseguinte do número de internamentos, veremos que essas duas variáveis só poderiam estabelecer associações inversas com o movimento hospitalar produzido pela Covid-19, o que ocorreu (Tabela 1).

Vale salientar que nesse par de variáveis (*Insolação* e *Evaporação*) a que parece estabelecer melhor conexão com a ocorrência ou não de aglomerações é a *Insolação*. No Rio Grande do Norte, diferentemente de outras regiões do Brasil onde as estações do ano são mais marcadas, a única variável climática a produzir necessidade de abrigo e aglomerações são as chuvas, pois as temperaturas costumam ser, ao longo de todo o ano, superiores aos 20 graus centígrados⁽³²⁾. A insolação representa, portanto, na região estudada, uma desnecessidade de abrigo. Nesse caso, sua maior significância ($p=0,005988$,

Tabela 1) comparativamente à variável Evaporação ($p=0,018501$, Tabela 1) quando associada à variável *Pacientes Internados em Leitos Críticos* parece compreensível, porque, tal como vimos para a *Pluviosidade Acumulada*, ela também flagra o outro componente do contágio: a aglomeração, só que, nesse caso, como uma desnecessidade. Novamente tais resultados são consistentes entre si e as variáveis estabelecem significância inversas conforme seria esperável pela lógica biológica atestando, mais uma vez, a boa qualidade das associações estabelecidas.

A variável Temperatura Máxima não estabeleceu associação significativa com a variável *Pacientes Internados em Leitos Críticos*. Isso talvez se deva à estabilidade de temperaturas típica da Sétima Região de Saúde do RN⁽³²⁾. Da mesma forma, a Pressão Atmosférica não estabeleceu associação significativa com a variável que mediu os internamentos em leitos críticos.

Como mencionado anteriormente, o Índice de Risco Sazonal (IRS) utilizado foi obtido pela combinação de quatro variáveis climáticas (*Evaporação*, *Insolação*, *Pluviosidade Acumulada* e *Temperatura Máxima*), pois se configura como a composição menos numerosa de variáveis e mais significativa quando associada à variável *Pacientes Internados em Leitos Críticos*. O acréscimo das demais variáveis não incluídas na fórmula do índice (*Pressão Atmosférica* e *Umidade do Ar*), em conjunto ou isoladamente, não somente não alterou substancialmente a significância da associação como a diminuiu, embora em níveis mínimos.

Isso significa que, do ponto de vista da permanência das gotículas no ar ambiente, a *Pluviosidade Acumulada* foi suficiente e não se beneficiou da presença da variável *Umidade do Ar* na fórmula. Por outro lado, no que toca à presumível desidratação da gotícula num ar ambiente mais seco, a variável *Insolação* atuou sinergicamente à *Evaporação* melhorando, na fórmula, a significância da associação.

A variável *Temperatura Máxima* contribuiu, apesar de isoladamente não ter tido significância na associação com a variável *Pacientes Internados em Leitos Críticos* ($R=0,303288$ e $p=0,337914$, Tabela 1) para tornar o IRS mais significativo. Tal resultado pode parecer ser contraditório, entretanto, dificilmente estaria

acontecendo por acaso. Acreditamos que, como a associação das variáveis climatológicas na produção do clima é complexa, é possível, em associação às demais variáveis, que a variável *Temperatura Máxima* tenha atuado de forma a completar “lacunas” atenuando ou acentuando os resultados das demais variáveis presentes na fórmula do índice e que tiveram influência estatisticamente significativa na produção dos internamentos em leitos críticos.

Por estar fora do seu escopo, o presente artigo não se debruçou sobre a influência de fatores como os níveis de cobertura vacinal, o uso de máscaras e de outras medidas protetivas contra a Covid-19, que se tornaram obrigatórias em alguns momentos de 2021, como também não pretendeu analisar os eventos que geraram aglomeração como as festas coletivas e os feriados prolongados. Devemos considerar o fato de que tais variáveis tiveram influência na magnitude de variação da curva de internamentos em leitos críticos ao longo do ano estudado. Tal redução de magnitude é, aliás, muito expressiva se tomarmos, por exemplo, a cobertura vacinal como exemplo exitoso de redução de casos e óbitos por Covid-19. Entretanto, a sazonalidade atua como um fator de risco físico exterior a tais medidas preventivas individuais ou coletivas, mantendo, portanto, o poder de atenuar ou acentuar o risco de contágio, conforme a combinação de variáveis que acreditamos ter identificado no IRS.

Finalmente definimos um valor piso situado em torno de 1.200 Unidades de Risco Sazonal a partir do qual constatamos o crescimento sustentado dos internamentos em leitos críticos e abaixo do qual os internamentos decresceram (Figura 2).

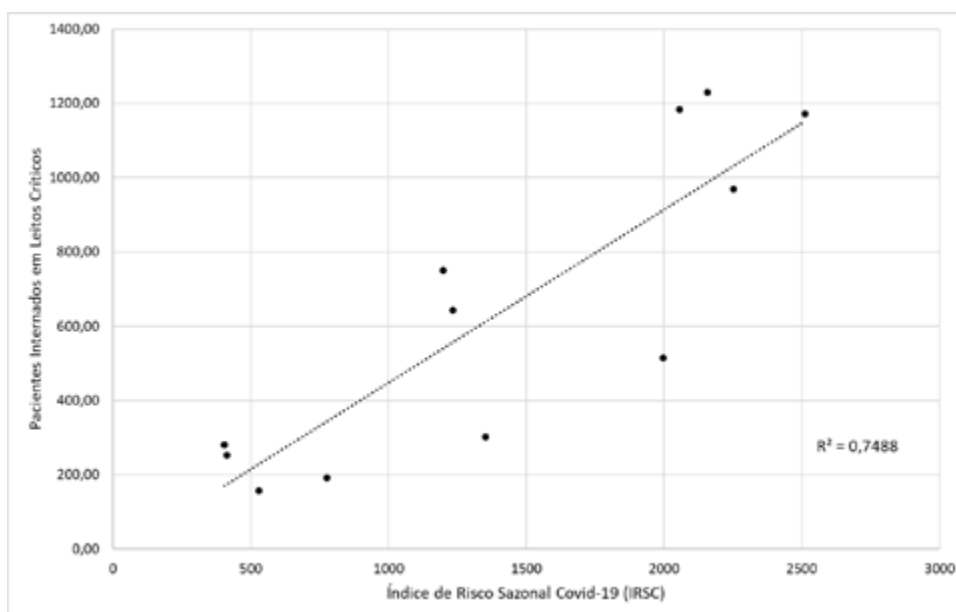


Figura 2 - Dispersão dos Pacientes Críticos Internados por Covid-19 pelo Índice de Risco Sazonal (IRS).

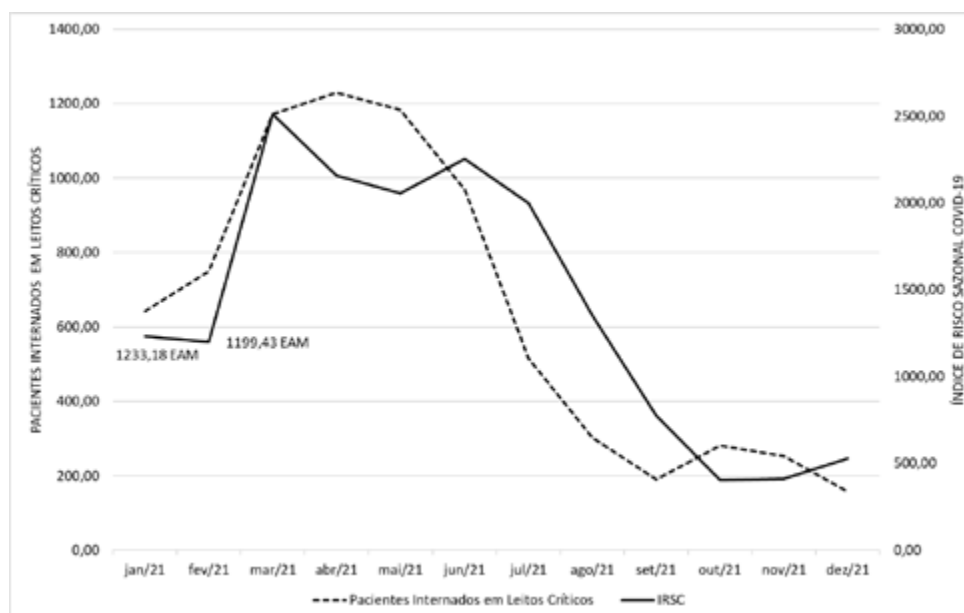


Figura 3 - Número de pacientes internados em leitos críticos e Índice de Risco Sazonal no período de janeiro a dezembro de 2021.

Os resultados apresentados no presente artigo dizem respeito ao ano de 2021 e a uma região de saúde específica do Rio Grande do Norte, Brasil, a Sétima Região de Saúde, e não podem ainda ser generalizados. O Índice de Risco Sazonal formulado no presente artigo não pode por hora ser considerado universal, pois carece ainda de ser testado noutros contextos climatológicos diferentes daquele em que foi gerado e é propósito dos autores testá-lo em tais outros contextos para aferir a sua validade.

Caso se verifique a reprodutibilidade da validade do IRS para outras regiões climatológicas, teremos um indicador escalar que possibilitará estabelecer riscos de contágio para a Covid-19, o que pode se constituir como uma ferramenta para o monitoramento dessa doença e eventualmente de outras doenças respiratórias, permitindo à Saúde Pública disparar, antecipadamente, as medidas preventivas e protetivas conhecidas, o que será o objeto do próximo artigo dos autores.



CONCLUSÕES

O Índice de Risco Sazonal proposto se associou a 86,5% dos internamentos em leitos críticos na região estudada, no ano de 2021, $R=0,865322$ e $p=0,000277$ (Tabela 1).

As variáveis climatológicas que se mostraram significantes quando associadas à que mediu os *Pacientes Internados em Leitos Críticos* se distribuíram de forma convergente com a lógica biológica, estabelecendo uma associação direta nos casos em que a umidade foi favorecida, (*Umidade do Ar* e *Pluviosidade Acumulada*) e inversa quando mediram a *Evaporação* e a *Insolação*. Como sabemos, a Covid-19 se transmite através de microgotas de saliva dispersas no ar ambiente²²⁻²⁸ e a sua maior ou menor longevidade no ar aumenta ou diminui a sua capacidade de contágio. A umidade se comporta, portanto, dando à microgota condições ambientais de sustentabilidade e a evaporação se comporta retirando umidade do meio ambiente, produzindo presumível desidratação da microgota e sua menor permanência no ar respirável. As quatro variáveis estudadas capazes de medir esse processo (*Pluviosidade Acumulada*, *Umidade do Ar*, *Insolação* e *Evaporação*) estabeleceram associações diretas ou inversas, em linha com a lógica do contágio.

As variáveis que foram capazes de medir, além da disponibilidade das microgotas no ar, como visto no parágrafo anterior, também o risco de aglomeração, (a *Pluviosidade Acumulada* favorecendo as aglomerações em ambientes cobertos e ou fechados e a *Insolação* tornando-a desnecessária) estabeleceram maior significância quando associadas à variável *Pacientes Internados em Leitos Críticos* o que ocorreu de forma direta para a *Pluviosidade Acumulada* e inversa para a *Insolação*.

Novos estudos são necessários para a validação definitiva do IRS o que será objeto de trabalho da Base de Pesquisa em Epidemiologia e Saúde Coletiva da Escola de Saúde Pública do RN.



REFERÊNCIAS

1. Dowell SF. Seasonal Variation in Host Susceptibility and Cycles of Certain Infectious Diseases. *Emerging Infectious Diseases*. 2001 [citado 11 out 2022]; 7(3):369-374. Disponível em: <https://doi.org/10.3201/eid0703.017301>.
2. Fisman DN. Seasonality of Infectious Diseases. *Annu. Rev. Public Health* 2007 [citado 23 set 2022]; 28:127-143. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.28.021406.144128>.
3. Lowen AC, Steel J. Roles of Humidity and Temperature in Shaping Influenza Seasonality. *American Society for Microbiology: Journal of Virology*. 2014 [citado 23 set 2022]; 88(14):7692-7695. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/JVI.03544-13>.
4. Lofgren E, Fefferman NH, Naumov YN, Gorski J, Naumova EN. Influenza Seasonality: Underlying Causes and Modeling Theories. *American Society for Microbiology: Journal of Virology*. 2007 [citado 5 out 2022]; 81(11): 5429-5436. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/JVI.01680-06>.
5. Guimarães RM, Lobo AP, Siqueira EA, Borges TFF, Melo SCC. Tuberculose, HIV e pobreza: tendência temporal no Brasil, Américas e mundo. *J. bras. pneumol.* 2012 [citado 5 out 2022]; 38(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132012000400014>.
6. Castejon VS, Melo MS, Mendes TS, Oliveira MGB. Impact of poverty on Drug Resistant Tuberculosis: A review. *RSD [Internet]*. 2022 [citado 5 out 2022]; 11(7):e32011729978. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/29978>.
7. Pereira PN, Carvalho ALC, Brun AF, Avansi Jr A. Análise multifatorial da problemática envolvendo a tuberculose pulmonar através de relato de caso. *Rev. APS*. 2018 [citado 11 out 2022]; 21(4): 814-815. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/aps/article/view/29456>.
8. Khaliq A, Batool AS, Chaudhry MN. Seasonality and trend analysis of tuberculosis in Lahore, Pakistan from 2006 to 2013. *Journal of Epidemiology and Global Health*. 2015 [citado 11 out 2022]; 5(4): 397-403. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jegh.2015.07.007>.
9. Fares A. Seasonality of Tuberculosis. *J Glob Infect Dis*. 2011 [citado 10 out 2022]; 3(1): 46-55. Disponível em: <https://doi.org/10.4103%2F0974-777X.77296>.
10. Willis MD, Winston CA, Heilig CM, Cain KP, Walter ND, Mac Kenzie WR. Seasonality of Tuberculosis in the United States, 1993-2008. *Clinical Infectious Diseases*. 2012 [citado 7 out 2022]; 54(11): 1553-560. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/cid/cis235>.





11. Paireau J, Chenc A, Broutin H, Grenfell B, Basta NE. Seasonal dynamics of bacterial meningitis: a time-series analysis. *The Lancet Global Health*. 2016 [citado 7 out 2022];4(6): e370-e377. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30064-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30064-X).
12. Kronfeld-Schor N, Stevenson TJ, Nickbakhsh S, Schernhammer ES, Dopico XC, Dayan T et al. Drivers of Infectious Disease Seasonality: Potential Implications for COVID-19. *Journal of Biological Rhythms*. 2021 [citado 11 out 2022]; 36(1): 35-54. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0748730420987322>.
13. Chen S, Prettner K, Kuhn M, Geldsetzer P, Wang C, Bärnighausen T et al. Climate and the spread of COVID-19. *Sci Rep*. 2021 [citado 11 out 2022]; 11, 9042. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87692-z>.
14. Murray CJL, Piot P. The Potential Future of the COVID-19 Pandemic: Will SARS-CoV-2 Become a Recurrent Seasonal Infection? *JAMA*. 2021 [citado 11 out 2022];325(13): 1249-1250. Disponível em: <https://doi.org/10.1001/jama.2021.2828>.
15. Fundação Oswaldo Cruz – Instituto Leônidas e Maria Daene. Reflexões sobre o comportamento da epidemia da covid-19 segundo as regiões de saúde do estado do Amazonas. Observatório FIOCRUZ Covid-19: Nota Técnica 4. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/45840/2/nota-tecnica-4-final.pdf>.
16. FISCH G, MARENGO JA, NOBRE CA. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amaz*. 1998 [citado 11 out 2022]; 28(2): 101-126. Disponível na Internet: <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282126>.
17. Caldwell JM, Le X, McIntosh L, Meehan MT, Ogunlade S, Ragonnet R et al. Vaccines and variants: Modelling insights into emerging issues in COVID-19 epidemiology. *Paediatric Respiratory Reviews*. 2021 [citado 11 out 2022]; 39: 32-39. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2021.07.002>.
18. Below D, Mairanowski F. The impact of vaccination on the spread patterns of the COVID epidemic. medRxiv preprint. 2021 [citado 11 out 2022]. Disponível em: <https://doi.org/10.1101/2021.04.29.21256322>.
19. MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil), DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SUS – DATASUS. Informações de Saúde, Demográficas e Sócio Econômicas: banco de dados. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/cnv/popsvsbr.def>.
20. MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil), DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SUS – DATASUS. OPENDATASUS estatísticas: banco de dados para Síndrome Respiratória Aguda Grave. Disponível em: <https://opendatasus.saude.gov.br/dataset?tags=SRAG>.





21. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (Brasil), Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Normais Climatológicas: banco de dados. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>.
22. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (Brasil), Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020. 2022 [citado 11 set 2022]. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf>.
23. Xin Y. Linear Regression Analysis: Theory and Computing, World Scientific. 2009; 1-2.
24. Rencher AC. Multivariate regression. In: Rencher AC, Christensen WF, edição. Methods of Multivariate Analysis. Wiley Series in Probability and Statistics. 3th ed. Massachusetts: John Wiley & Sons; 2012: 19-13.
25. Al Qahtani F, Al Qahtani MF, Al Qahtani AF, Bhat N. Microdroplets are more infectious of COVID-19 spread in a closed door. Journal of Family Medicine and Primary Care. 2020 [citado 9 out 2022]; 9(7): 3776-3777. Disponível em: https://doi.org/10.4103/jfmipc.jfmipc_526_20.
26. Yu F, Marchal T, Sperry T, Hang Y. Influence of wind and relative humidity on the social distancing effectiveness to prevent COVID-19 airborne transmission: A numerical study. Journal of Aerosol Science. 2020 [citado 9 out 2022]; 147: 105585. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2020.105585>.
27. Vinoj V, Gopinath N, Landu K, Behera B, Mishra B. The COVID-19 spread in India and its dependence on temperature and relative humidity. Preprints. 2020 [citado 10 out 2022]. Disponível em: <https://doi.org/10.20944/preprints202007.0082.v1>.
28. Patni K, Jindal MK. A positive perspective during COVID-19 related to groundwater crisis. Groundwater for Sustainable Development. 2020 [citado 11 out 2022]; 11: 100420. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100420>.
29. Rowe BR, Canosa A, Drouffe JM, Mitchell JBA. Simple quantitative assessment of the outdoor versus indoor airborne transmission of viruses and COVID-19. Environmental Research. 2021 [citado 11 out 2022]; 198: 111189. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111189>.
30. Rowan NJ, Moral RA. Disposable face masks and reusable face coverings as non-pharmaceutical interventions (NPIs) to prevent transmission of SARS-CoV-2 variants that cause coronavirus disease (COVID-19): Role of new sustainable NPI design innovations and predictive mathematical modelling. Science of The Total Environment. 2021 [citado 10 out 2022]; 772: 145530. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145530>.





31. Basu S, Kabi P, Chaudhuri S, Saha A. Insights on drying and precipitation dynamics of respiratory droplets from the perspective of COVID-19. *Physics of Fluids*. 2020 [citado 11 out 2022]; 32(12): 123317. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/5.0037360>.
32. Diniz MTM; Pereira VHC. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. *Boletim Goiano de Geografia*. 2015 [citado 20 out 2022]; 35(3): 488-506. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3371/337142817008.pdf>.

