



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE  
MESQUITA FILHO” FACULDADE DE MEDICINA**

**Dayanne Conislla Limaylla**

**TEMPERATURA, UMIDADE E INFECÇÕES RELACIONADAS À  
ASSISTÊNCIA À SAÚDE: UM ESTUDO ECOLÓGICO  
PROSPECTIVO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva na Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Assoc. Carlos Magno Castelo Branco Fortaleza

**Botucatu, 2019**

Dayanne Conislla Limaylla

TEMPERATURA, UMIDADE E INFECÇÕES RELACIONADAS À  
ASSISTÊNCIA À SAÚDE: UM ESTUDO ECOLÓGICO  
PROSPECTIVO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva na Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Assoc. Carlos Magno Castelo Branco Fortaleza

Botucatu, 2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Conislla Limaylla, Dayanne.

Temperatura, umidade e infecções relacionadas à assistência à saúde : um estudo ecológico prospectivo. / Dayanne Conislla Limaylla. - Botucatu, 2019

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina de Botucatu

Orientador: Carlos Magno Castelo Branco Fortaleza  
Capes: 40600009

1. Resistência microbiana a medicamentos. 2. Temperatura. 3. Umidade. 4. Infecção hospitalar. 5. Assistência à saúde.

Palavras-chave: Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde; Resistência microbiana; Temperatura; Umidade.

*Dedico este trabalho a minha família, por ser essencial em minha vida.*

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador Dr. Carlos Magno Castelo Branco Fortaleza. Considero um privilégio ter sido sua aluna neste projeto. Por toda a sua paciência e apoio que recebi durante este tempo, que me ajudou bastante a concluir este trabalho. Muito obrigada Professor!

A meus pais Americo Conislla e Georgina Limaylla, por todo o apoio e amor que me deram, nos bons e maus momentos. Sempre. Obrigada, papai e mamãe!

A meus irmãos Jesus, Cindy e especialmente à pequena Adriana. Embora longe senti seu carinho. Agradecimentos para os risos e bons tempos!

A meus amigos e colegas da pós-graduação em Saúde Coletiva. Por terem sido meus primeiros amigos nesta maravilhosa cidade. Obrigada pela sua ajuda!

A Marina de Oliveira Silva, pelo apoio vital na realização deste trabalho, pelo compreensão nos momentos precisos e pela amizade que recebi, a qual levarei sempre em meu coração. Obrigada Marina!

Ao coordenador do programa de pós-graduação em Saúde Coletiva, Prof Dr Adriano Dias, por sua ajuda para começar este projeto de pesquisa. Obrigada por tudo!

A secretária do programa de pós-graduação em Saúde Coletiva, Luciene De Cassia Jeronimo Tobias, e a Supervisora Técnica de Seção de pós-graduação, Janete Aparecida Herculano Nunes Silva, pela sua gentileza e paciência! Muito obrigada!

A CAPES pela bolsa concedida durante a realização do meu mestrado.  
Muito obrigada!

# Sumário

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>11</b>
PALAVRAS-CHAVE.....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>13</b>
KEY-WORDS.....	14
<b>INTRODUCAO</b> .....	<b>16</b>
<b>CONCEITOS GERAIS</b> .....	<b>16</b>
<i>CLIMA E METEOROLOGIA</i> .....	16
<i>FATORES CLIMATICOS: TEMPERATURA E UMIDADE</i> .....	17
<i>PATOGENOS E SAZONALIDADE</i> .....	19
<b>FATORES CLIMATICOS E DOENÇAS TRANSMISSÍVEIS</b> .....	21
<b>FATORES CLIMATICOS E IRAS</b> .....	23
<b>JUSTIFICATIVA DO ESTUDO</b> .....	29
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>31</b>
<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>33</b>
<b>DELINEAMENTO DO ESTUDO</b> .....	<b>33</b>
<b>LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO</b> .....	<b>34</b>
<b>PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DO ESTUDO</b> .....	<b>35</b>
<b>ANÁLISES ESTATÍSTICAS</b> .....	<b>37</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>COMPARAÇÕES DE TEMPERATURA COM ESTAÇÃO METEOROLÓGICA</b> .....	<b>39</b>



<i>TERMOMETROS FIXOS</i> .....	40
<i>TERMOMETROS MOVEIS</i> .....	49
<b>TEMPERATURA NO CENTRO CIRÚRGICO E INFECÇÕES</b> .....	55
<b>METEOROLOGIA E PREVALÊNCIA DE IRAS NAS ENFERMARIAS</b> .....	61
<b>METEOROLOGIA E INCIDÊNCIA DE IRAS NA UTI E ENFERMARIA DE MOLÉSTIAS INFECIOSAS</b> .....	64
<b>METEOROLOGIA E MICRORGANISMOS</b>	
<b>MDR</b> .....	67
<b>CONCLUSÃO</b> .....	73
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	75

Resumo

## RESUMO

Estudos anteriores do nosso grupo reforçaram a evidência recente e inesperada de sazonalidade e determinação meteorológica na incidência das Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS, anteriormente chamadas "Infecções Hospitalares". No entanto, nenhuma pesquisa até o momento associou esses agravos à temperatura e umidade nos diversos setores de um hospital. Com o objetivo de preencher esse hiato no conhecimento sobre epidemiologia das IRAS, realizamos um estudo ecológico baseado na avaliação de temperatura e umidade em áreas assistenciais. Resumidamente, oito termo-higrômetros foram afixados em diferentes unidades do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu, e dois outros foram utilizados de forma móvel para os demais setores de internação desse mesmo hospital. Os resultados obtidos serão comparados com: (a) dados informados por estação meteorológica no município de Botucatu; (b) indicadores de incidência de IRAS; (c) Indicadores de incidência de microrganismos multidroga-resistentes. O estudo teve duração de 12 meses. A análise estatística envolveu modelos multivariados de regressão de Poisson e Regressão Logística. Os resultados demonstraram que, apesar de haver diferença significativa, temperatura e umidade no interior do hospital (mesmo em áreas climatizadas) variam em associação estatisticamente significativa com os parâmetros medidos em

estação meteorológica. Apesar do pouco tempo de observação, foi possível constatar associação entre temperatura e IRAS (inclusive por microrganismos multidroga-resistentes) em Unidade de Terapia Intensiva (UTI), enfermarias de pacientes não críticos e Centro Cirúrgico. Tomados em conjunto, nossos achados validam estudos anteriores do grupo, em que o parâmetro de comparação foi a temperatura externa ao hospital.

#### PALAVRAS-CHAVE

Temperatura, Umidade, Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde, Resistência Microbiana.

## ABSTRACT

Previous studies by our group have reinforced recent and unexpected evidence of seasonality and meteorological determination in the incidence of Healthcare-Associated Infections (HAI's, formerly called "Nosocomial infections.") However, no research to date has associated these conditions with temperature and humidity. In order to fill this gap in the knowledge on HAI epidemiology, we carried out an ecological study based on the evaluation of temperature and humidity in care areas. In summary, eight thermohygrometers were posted in different units of the teaching hospital of Botucatu Medical School ("Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu"). The results obtained would be compared with: (a) data reported by meteorological station in the city of Botucatu, (b) incidence of HAI; (c) incidence of multidrug-resistant microorganisms. The study lasted 12 months. Statistical analysis involved multivariate Poisson regression and logistic regression models. The results showed that, although there is a significant difference, temperature and humidity inside the hospital (even in climatized areas) vary in a statistically significant association with the parameters measured in meteorological station. Despite the short observation period, it was possible to verify the association between temperature and HAI (including multidrug-resistant microorganisms) in the Intensive Care Unit (ICU), wards for non-critically ill patients and Surgical Theater. Taken together, our findings validate

previous studies of the group, in which the parameter of comparison was the temperature outside the hospital.

#### KEY-WORDS

Temperature, Humidity, Healthcare-associated Infections, Antimicrobial Resistance.

# Introdução

# INTRODUÇÃO

## CONCEITOS GERAIS

### **CLIMA E METEOROLOGIA**

No final do século XIX, Julius Hann definiu o clima como “O conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera sobre cada lugar da Terra”. Esse conceito enquadra no conceito clássico de clima. Por outro lado, o conceito de clima de J.O. Ayode, apresentado em 1980, que define o clima como “A síntese do tempo num determinado lugar durante um período de 30 a 35 anos” , liga-se mais àqueles formulados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).(1)

Climatologia estuda o clima e situa-se entre as ciências humanas e as ciências naturais, estando mais relacionada à primeira que à segunda. Foi nos avanços nos estudos em climatologia que conseguiu-se evidenciar a necessidade do tratamento dos fenômenos atmosféricos, já que foi possível observar que esses causam maior impacto nas atividades humanas. A conceituação do Max Sorre apresenta uma maior da Climatologia, a qual “constitui o estudo científico do clima. Ela trata dos padrões de comportamento da atmosfera em suas interações com as



atividades humanas e com a superfície do Planeta durante um longo período de tempo". (1)

A climatologia integra-se como parte da Meteorologia, sendo a Meteorologia a ciência que trata da dimensão física da atmosfera. Aborda um conjunto de fenômenos meteorológicos (descargas elétricas, previsão do tempo entre outros) e trabalha com instrumentos para a mensuração e registro de dados, criando a base para os estudos em Climatologia.(1)

### **FATORES CLIMATICOS: TEMPERATURA E UMIDADE**

Os fatores climáticos são aqueles fenômenos resultantes da interação do sol e a atmosfera da Terra,, com seus componentes da superfície terrestre.(2) Entre os principais fatores climáticos, que influenciam a vida humana, temos a temperatura e umidade. (2)

A expressão temperatura do ar a superfície é usada na meteorologia para se referir a temperatura reinante num ponto da atmosfera, próximo a superfície terrestre. A temperatura apresenta um ciclo diário, passando por um máximo e um mínimo. Em se tratando de períodos maiores a 24 horas (um mês, um ano, etc) usam-se as expressões de "máxima absoluta" e "mínima absoluta", além de obter os valores médios correspondentes "temperaturas máxima media" e "temperatura mínima

media" como é acostumado. A amplitude térmica é resultante da diferença entre as temperaturas medias observadas num período de tempo determinado.(3)

A temperatura do ar pode ser afetada por turbulências (estado de agitação do ar) e apresentar variações inclusive em intervalos pequenos de tempo, mas que não representam um problema para as aplicações sinóticas e climatológicas, porém é importante para as aplicações agrometeorológicas e micrometeorológicas. (3)

A umidade é a quantidade de vapor de água na atmosfera. Tem várias expressões para defini-la. Existe a umidade absoluta, que é definida como "A massa de vapor de água contida em certo volume de ar", a umidade especifica que se define como "Massa de vapor de agua contida numa massa de ar", e a umidade relativa que é uma das medidas mais utilizadas na Meteorologia (4). É definida como "O quociente entre a pressão parcial de vapor e a pressão de saturação" de determinada temperatura que submete ao ar úmido. Normalmente é expresso em percentagem e usa-se a percentagem 100% para expressar que ar está saturado. É de notar que a umidade relativa é dependente da temperatura do ar, sendo que se a temperatura aumenta, a umidade relativa diminui. (3)

## **PATOGENOS E SAZONALIDADE**

Sendo um elemento essencial da Terra, o clima afeta todas as formas de vida e suas manifestações, além de influenciar em certos aspectos do bem-estar que são susceptíveis a ela em suas diferentes manifestações (clima quente, clima frio, pressão climática, etc).(5)

Os patógenos e os humanos, sendo elementos biológicas, também são influenciados pelo clima, direta ou indiretamente. (5) Os patógenos são aqueles microrganismos que causam doenças (6). Os patógenos apresentam padrões cíclicos, e muitos desses padrões dependem dos ciclos climáticos anuais, que afetam à temperatura e à umidade, e que também se alternam entre os hemisférios norte e sul. (7)

A sazonalidade é uma característica de algumas doenças. São padrões cíclicos na sua ocorrência, e são muito comuns em doenças infecciosas. Dependem de ciclos climáticos anuais (7), um exemplo disso seriam os períodos de influenza nos hemisférios, com o hemisfério norte afetado entre os meses de dezembro a março, e no hemisfério sul ocorre o inverso desse padrão, ocorrendo entre maio a outubro. (8)

O período da influenza também depende das zonas térmicas. Nas áreas tropicais há maior ocorrência de influenza na estação chuvosa, enquanto nas zonas temperadas do mundo a ocorrência de casos no inverno é maior. O clima e a meteorologia contribuem para este evento, pois o frio e a baixa umidade do inverno ajudam a sobrevivência dos

vírus, e a aglomeração de pessoas nessa época (tal como também acontece nas estações chuvosas nos trópicos) favorece a transmissão.

(8)

Em várias regiões do mundo, as doenças respiratórias e entéricas mostram flutuações sazonais, e algumas doenças transmitidas por vetores (como dengue e malária) mostram altos padrões de transmissão nos meses de chuva e umidade abundantes. (9). Por outro lado, alterações sazonais, podem levar ao aumento da susceptibilidade do hospedeiro e aumentar a transmissão por contacto de pessoa para pessoa. (10)

É comum, em climas tropicais e temperados, a flutuação sazonal na incidência de doenças infecciosas. (11). Essas flutuações levam a supor uma associação com fatores climáticos. (9),

## FATORES CLIMATICOS E DOENÇAS TRANSMISSÍVEIS

Desde as civilizações antigas tem havido a ideia de associar doenças à vontade das divindades, mas na Grécia antiga começou-se a deixar de lado tais crenças para relacionar doenças a causas naturais (12), sendo Hipócrates um dos pensadores que deu descrições detalhadas dos climas e das doenças que costumavam acompanhá-las em seus livros "Ares, águas e lugares" e "Epidemias" (13,14). Da mesma forma, os romanos e asiáticos também tinham a noção da existência de "meses mórbidos" (9,15) ou de estações em que as doenças gastrointestinais aumentavam (9,16).

É habitual encontrar flutuações sazonais na incidência de doenças infecciosas em climas tropicais e temperados (17). No entanto, os mecanismos responsáveis pela sazonalidade dessas doenças não são bem compreendidos (14, 17, 18).

Existem três componentes essenciais para a maioria das doenças infecciosas (19):

- Um patógeno,
- Um hospedeiro (ou vetor) e
- Um ambiente (ou habitat) de transmissão.

Por ser necessário que existam condições climáticas adequadas para a sobrevivência, distribuição, reprodução e transmissão de patógenos, vetores e até hospedeiros, é possível que mudanças nessas condições ambientais afetem doenças infecciosas por meio desses elementos (19). Portanto, mudanças nas condições climáticas médias podem trazer mudanças nos ciclos ecológicos de doenças infecciosas (9), em referência ao influxo de vetores, a sobrevivência do patógeno ou a deterioração do sistema imunológico do hospedeiro (20). Além disso, pode afetar a saúde das populações através de outras vias inter-relacionadas (21).

## FATORES CLIMATICOS E IRAS

As infecções Hospitalares ou Infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS) são definidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como aquelas que: “Afetam pacientes de um hospital e não estavam presentes ou em incubação no momento da admissão” (22) e afetam a centenas de milhares de pacientes no mundo anualmente (22). Segundo a OMS, as IRAS afetam cerca de 15% de todos os pacientes hospitalizados (23). Em países desenvolvidos, 15% são pacientes internados em unidades de hospitalização regulares e o 50% ou mais nas unidades de tratamento intensivos (UTI) (24). Uma realidade que é exacerbada exponencialmente nos países em desenvolvimento, onde a incidência de IRAS pode ser até 20 vezes maior que aquela relatada para a Europa e Estados Unidos (25, 26).

A informação disponível sobre as IRAS nos países com poucos recursos é limitada (27, 28, 29). No Brasil, um inquérito de amplitude nacional identificou uma prevalência de 15% de taxas de IRAS em 99 hospitais terciários (27). Em outro estudo mais recente, que incluiu hospitais de diversos portes em 10 Estados brasileiros, identificou-se prevalência global de 10,8% (30,31).

Há diversos elementos que influem no desenvolvimento e magnitude da incidência das IRAS. Além dos associados puramente à assistência à saúde, temos também fatores ambientais e os relacionados ao paciente (26):

- Fatores associados à assistência à saúde: incluem o uso de dispositivos invasivos, procedimentos cirúrgicos e o uso de antibióticos.
- Fatores ambientais: incluem sistemas de ar condicionado e a conformação física das instalações (e.g. unidades abertas com leitos juntos).
- Fatores relacionados aos pacientes: incluem a gravidade da doença, o uso de imunossupressores e a permanência hospitalar prolongada.

Esses fatores interagem em qualquer sistema de saúde junto a outro conjunto de fatores que desempenham papéis importantes (26): A falta de recursos humanos qualificações e competências técnicas, infraestrutura inadequada dos serviços de saúde, desconhecimento das medidas de controle, quantidade de profissionais de enfermagem por paciente, e até a mesma eficácia de estratégias para reduzir as IRAS são alguns exemplos (29,30,31).



Não existe dúvida de que as IRAS representam um grave problema de saúde pública e uma grande causa de morbidade e mortalidade no Brasil (32,33) e no mundo (22). Acarretam por volta de 16 milhões de dias extras de permanência hospitalar em um ano na Europa e nos Estados Unidos há incremento de estadia hospitalar que varia entre 4,3 e 15,6 dias para cada caso. As mortes chegam a dezenas de nos países desenvolvidos (22) e constata-se grandes perdas financeiras nos sistemas de saúde (34). Além disso, um estudo europeu demonstrou que seu impacto na saúde supera o efeito conjunto de aids, influenza e meningites, em termos de anos potenciais de vida perdidos ou com incapacidades (35).

Nessa situação, os estudos que tratam as IRAS apontam para diversos determinantes epidemiológicos. De acordo com seu próprio conceito, as IRAS englobam uma série de eventos infecciosos que são decorrentes da assistência à saúde (36). Por essa razão, a maioria dos determinantes têm sido buscados nos processos de trabalho, procedimentos e dispositivos invasivos, uso de antimicrobianos ou a vulnerabilidade dos pacientes (37,38), que possam facilitar o desenvolvimento da infecção. Entre os agentes etiológicos, destacam-se as bactérias (23), que são responsáveis por pelo 90% das infecções (38). Quanto ao tipo bactéria predominante nestas infecções, sobressam os

bacilos Gram-negativos, que representam os isolados nosocomiais mais comuns nos estudos de países em desenvolvimento (29), embora tenha existido variações na predominância ao longo dos anos desde a introdução dos antibióticos (39). Por outro lado, protozoários, fungos, vírus e micobactérias são bem menos frequentes (38).

Porém, estudos recentes apontam para um novo grupo de determinantes, pertencentes aos fatores climáticos (36,40). Existem pesquisas que avaliam particulares épocas do ano e sua influência nas taxas de infecção, encontrando-se aumentos durante os meses de verão principalmente (18,41). Por outro lado, pesquisas que avaliam parâmetros climáticos mais específicos também constataam a relação com as infecções. Em estudo de Eber *et al* (42) concluiu-se que as temperaturas medias mensais e as frequências de ICS causadas por Gram-negativos e *S. aureus* estão associados. Similarmente, Perencevich *et al* detectaram maior incidência em períodos quentes, independentemente da estação do ano (43). As chances de infecção também aumentaram com a temperatura média elevada, tal como relatado por Simmering *et al*, em relação as infecções de trato urinário (ITU) (44) e Anthony *et al* (45) no caso das infecções de sitio cirúrgico (ISC).

Além desses artigos, vários estudos sugerem que os fatores climáticos estão ligados ao desenvolvimento das IRAS. Porém, a maioria desses estudos são realizados em países desenvolvidos, com climas temperados e em hospitais quase totalmente climatizados (36), onde as temperaturas no interior desses ambientes não apresentam variações significativas (46), provavelmente pela influência do desenho do prédio e do ar-condicionado (47,48). Nos países em desenvolvimento, se apresentam condições ambientais menos controladas (49) o que é um fato que cria uma situação bastante desfavorável.

No Brasil, tem sido documentado impacto de fatores meteorológicos e IRAS. Nos estudos realizados no HCFMB, na cidade de Botucatu, se encontrou uma relação entre as altas temperaturas médias mensais e uma maior incidência de bacilos gram-negativos (50). E se demonstrou que o isolamento desses agentes em hemoculturas está associado a maior temperatura nos dias que precedem a coleta do exame (51). Por outro lado, encontrou-se associação significativa entre a temperatura e a incidência de *Acinetobacter baumannii* em um hospital na cidade de Bauru (52) e relação significativa entre a umidade e as taxas de incidência de infecções causadas por *Pseudomonas aeruginosa* em Curitiba-PR (53).

Ainda que se tenha anteriormente identificado a determinação meteorológica no desenvolvimento das IRAS nas pesquisas feitas no serviço do HCFMB (50,51) e em outras pesquisas recentes no Brasil (52,53), e no mundo (41,42, 43, 44, 45), ainda existem limitações no conjunto de estudos. Estas incluem o foco em um só patógeno (42) e a existência de poucos estudos que fazem abordagem à resistência antimicrobiana (50,52), além das diferenças climáticas e estruturais dos locais de estudo entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento. A carga das IRAS é alta nestes últimos e, portanto, são necessárias diferentes abordagens para preencher hiatos no conhecimento.

## JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Grande parte dos estudos sobre sazonalidade e dependência climática de IRAS têm a limitação de usar dados de estações meteorológicas ou de bases nacionais georreferenciadas. Estes não refletem necessariamente as condições ambientais internas dos quartos de um hospital (51). Consideramos que estudar parâmetros ambientais aferidos dentro das instalações hospitalares representa uma abordagem mais próxima as reais condições as quais os pacientes estão expostos.

A necessidade de conhecer a interferência de parâmetros meteorológicos aferidos dentro dos ambientes na incidência das IRAS pode facilitar o direcionamento dos esforços e políticas de controle de infecção. Identificando-se os fatores significantes, pode se criar estratégias para que a prevenção e controle sejam ainda mais efetivas.

Objetivos

## OBJETIVOS

- Estudar associação entre temperatura medida em estação meteorológica e aquela aferida em unidades assistenciais de um hospital de ensino.
- Descrever as diferenças de temperatura e umidade entre setores assistenciais do hospital e também entre quartos comuns e de isolamentos.
- Analisar de forma prospectiva a associação entre temperatura e umidade de diversas unidades hospitalares com a incidência de IRAS.
- Analisar a associação entre temperatura local e incidência de microrganismos multidroga-resistentes, em áreas climatizadas e não climatizadas do hospital.

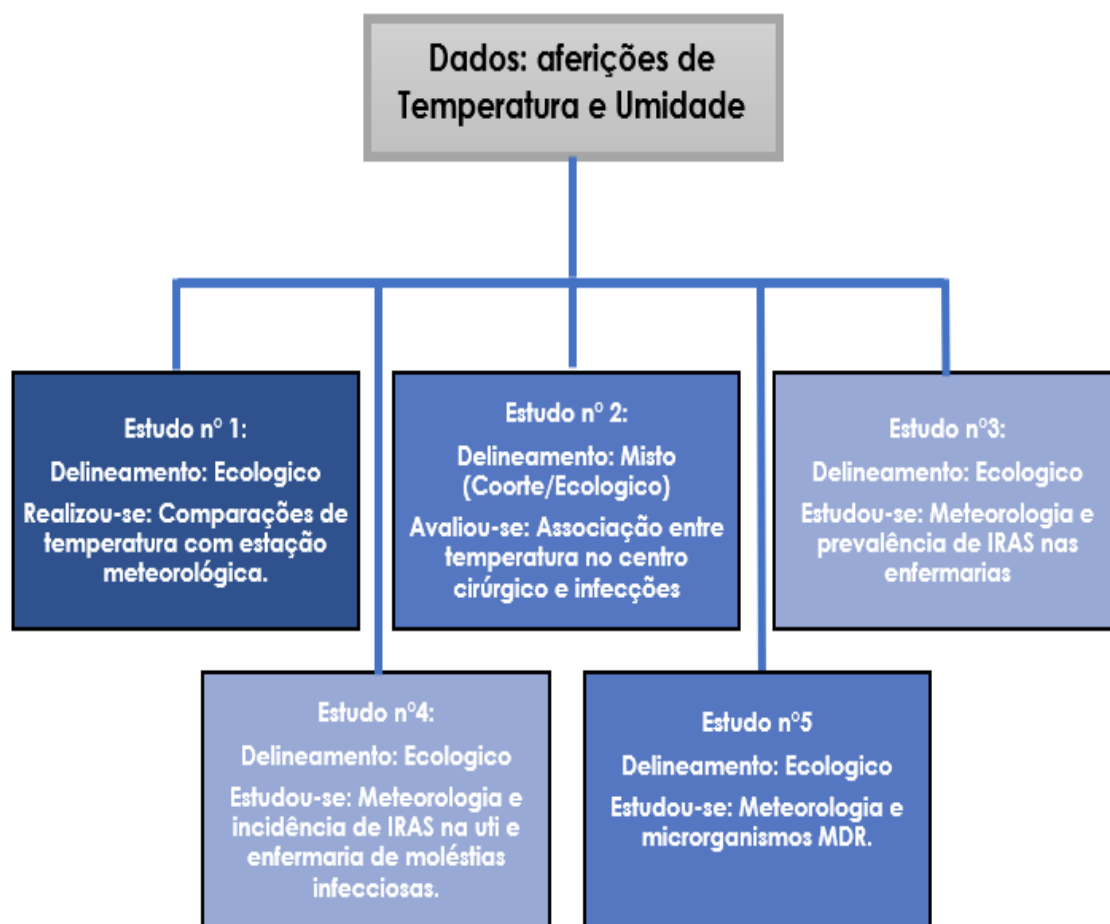
Metodologia



## METODOLOGIA

### DELINEAMENTO DO ESTUDO

Realizou-se, em geral, um estudo ecológico, prospectivo, com uso de variáveis meteorológicas e dados secundários hospitalares. Mais, os dados foram usados para a elaboração de diferentes estudos. **(Figura 1).**



**Figura 1.** Representação esquemática dos diferentes estudos realizados na dissertação.

## LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO

O Estudo foi realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista (HCFMB, **Figura 2**). Trata-se de um hospital de ensino com 461 leitos, 5 Unidades de Terapia Intensiva (incluindo um Berçário de Alto Risco) e diversas enfermarias de especialidades clínicas, cirúrgicas e pediátricas. O HCFMB conta com Comissão de Controle de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde (CCIRAS), que realiza vigilância ativa das IRAS, e com laboratório de microbiologia. É referência de atendimento terciário para uma área com aproximadamente 500.000 habitantes, em torno do município de Botucatu.

O período do estudo compreendeu os meses de julho/2017 a junho/2018.

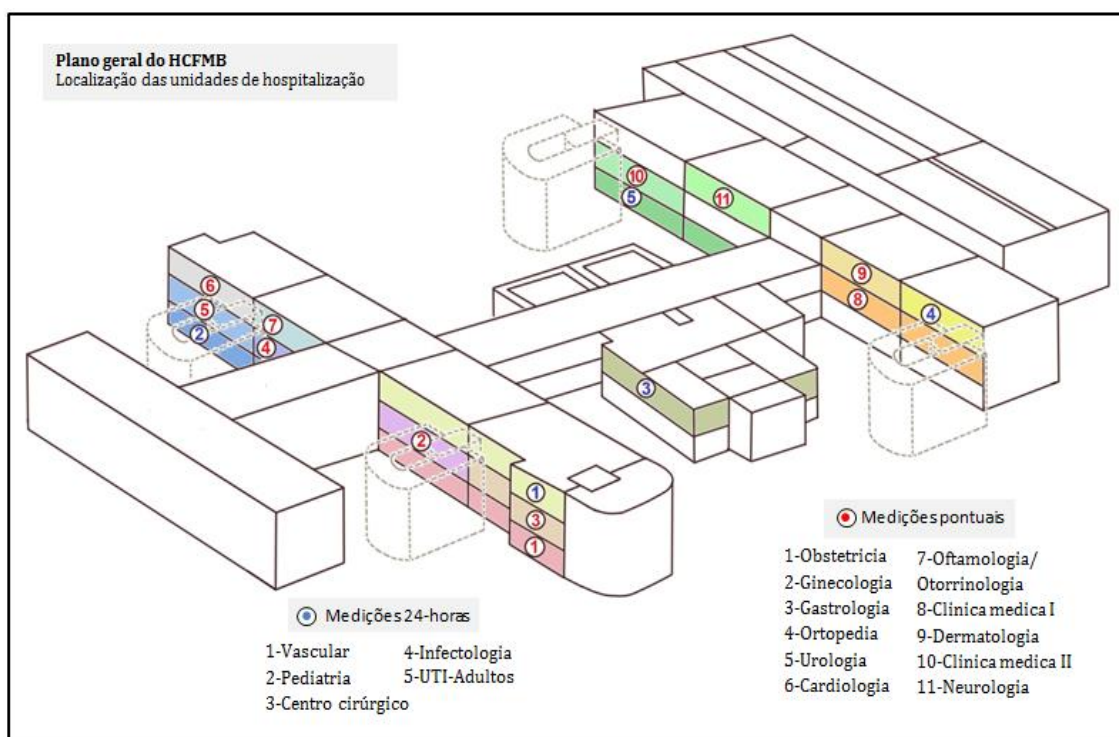


**Figura 2.** Vista aérea do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).

## PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DO ESTUDO

Nosso estudo realizou monitorização de temperatura e umidade com avaliações periódicas por meio de termo-higrômetros MT242 (Minipa, Brasil) no período de Julho/2017 a Junho/2018. Resumidamente, foram deixados fixos oito termo-higrômetros nas unidades mostradas em números azuis na **Figura 3**: três na enfermaria de moléstias infecciosas (um deles em quarto de isolamento para aerossóis, rotulado “M1”, outro em quarto comum onde bate sol e outro onde não bate sol, “M2” e “M3”,

respectivamente), dois no centro cirúrgico e um em cada uma das seguintes: Unidade de Terapia Intensiva de Adultos (UTI-PS), enfermaria de cirurgia vascular e enfermarias de pediatria. Outros setores (em números vermelhos na figura) tiveram a temperatura medida semanalmente de forma pontual às 9h00, 15h00 e 21h00.



**Figura 3.** Planta mostrando localização dos seis termo-higrômetros fixos (em números azuis) e das unidades aferidas com termômetros móveis (em números vermelhos).

No total foram avaliadas 16 unidades hospitalares, sem ar-condicionado a exceção da UTI-Adultos, com localizadas em diferentes pisos e extremos do hospital.

As demais informações foram obtidas das seguintes fontes:

- *Temperatura e umidade registradas para os dias ou momentos avaliados foram aferidas pelo Prof. Dr. Antônio Ribeiro da Cunha, da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, em estação meteorológica local.*
- *Incidência de IRAS por setor do hospital são medidas já realizadas rotineiramente pela CCIRAS, que nos forneceu os dados para nosso estudo.*
- *Dados de movimentação hospitalar foram pesquisados no setor de contas médicas.*

## ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas envolveram: (a) comparações entre temperatura e umidade dos diversos setores, entre si e com dados da estação meteorológica (utilizando testes paramétricos e não paramétricos, além de modelos de Regressão Linear); (b) modelos multivariados de Regressão de Logística e de Poisson que foram aplicados para identificar associações entre variáveis ambientais (temperatura e umidade) e os diversos indicadores abordados na pesquisa. Foram utilizados os softwares SPSS 20 (IBM, Armonk, NY, USA) e STATA 14 (StataCorp, College Station, TX, USA).

# Resultados & Discussão

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### COMPARAÇÕES DE TEMPERATURA COM ESTAÇÃO METEOROLÓGICA

Elevadas temperaturas têm sido associadas a maior incidência de IRAS causadas por gram-negativos (42). Porém, um dos aspectos mais intrigantes é que a sazonalidade de IRAS e patógenos tem sido detectado mesmo em países onde os hospitais tem um controle climático rigoroso e onde, segundo Richet (36) “nenhuma variação de temperatura e umidade deve ocorrer”.

Nosso estudo teve como objetivo investigar esse aspecto da epidemiologia das IRAS. Resumidamente, conhecer como temperatura e umidade ambiente fora dos hospitais influenciam parâmetros dentro de unidades de admissão, climatizadas (com ar-condicionado) ou sem ar-condicionado.

Foram obtidas as temperaturas médias para os termômetros fixos, e comparadas àqueles referentes ao mesmo período fornecidas pela estação meteorológica.

---

**TERMOMETROS FIXOS**

No caso da temperatura, observamos que os termômetros fixos no hospital apresentaram maiores temperaturas e menor variação, se comparados a estação meteorológica, a qual possui menor mediana (**Figura 4**). A UTI apresentou a menor temperatura entre as unidades avaliadas e, como esperado, a variação foi ainda menor nesta unidade climatizada.

De maneira interessante, encontrou-se relevante correlação entre a temperatura da estação meteorológica e a temperatura medida em todas e cada uma das unidades assistenciais, incluso a UTI. (**Tabela 1 e Figura 5**).

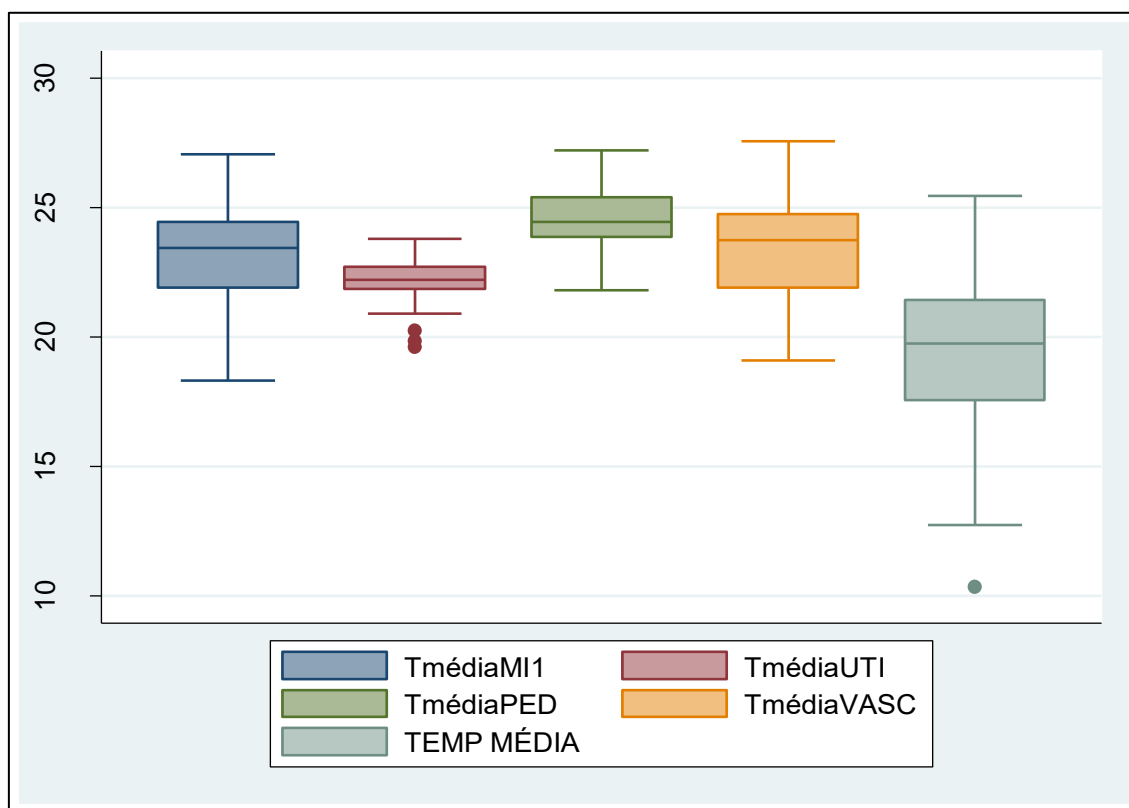
Além disso, não houve diferenças entre os termômetros deixados em quarto de isolamento (MI1) e outros da enfermaria de moléstias infecciosas (MI2 e MI3; **Figura 6**).

O resultado geral para temperatura, ANOVA ( $p < 0,05$ ), pode ser expresso da seguinte forma:

$$T_{\text{ESTAÇÃO METEOROLÓGICA}} < T_{\text{UTI}} < T_{\text{MOL. INFECCIOSAS}} = T_{\text{CIR. VASCULAR}} < T_{\text{PEDIATRIA}}$$



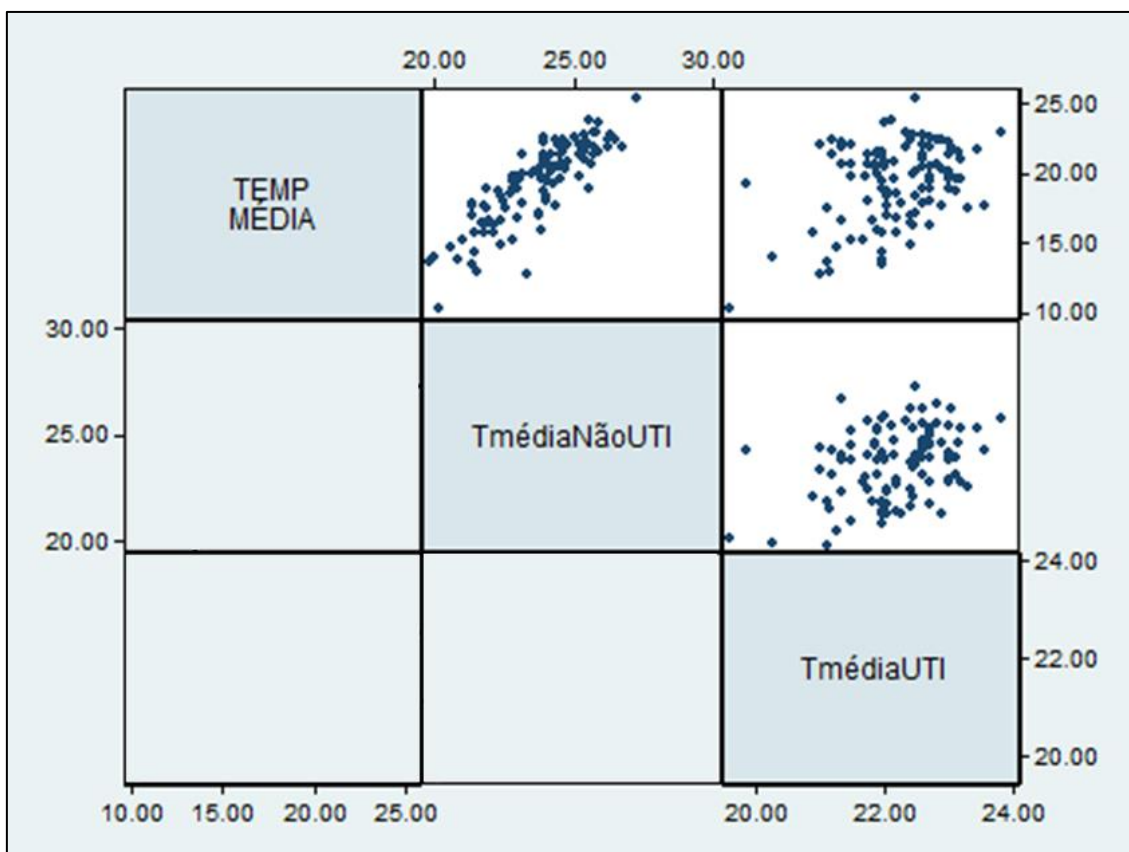




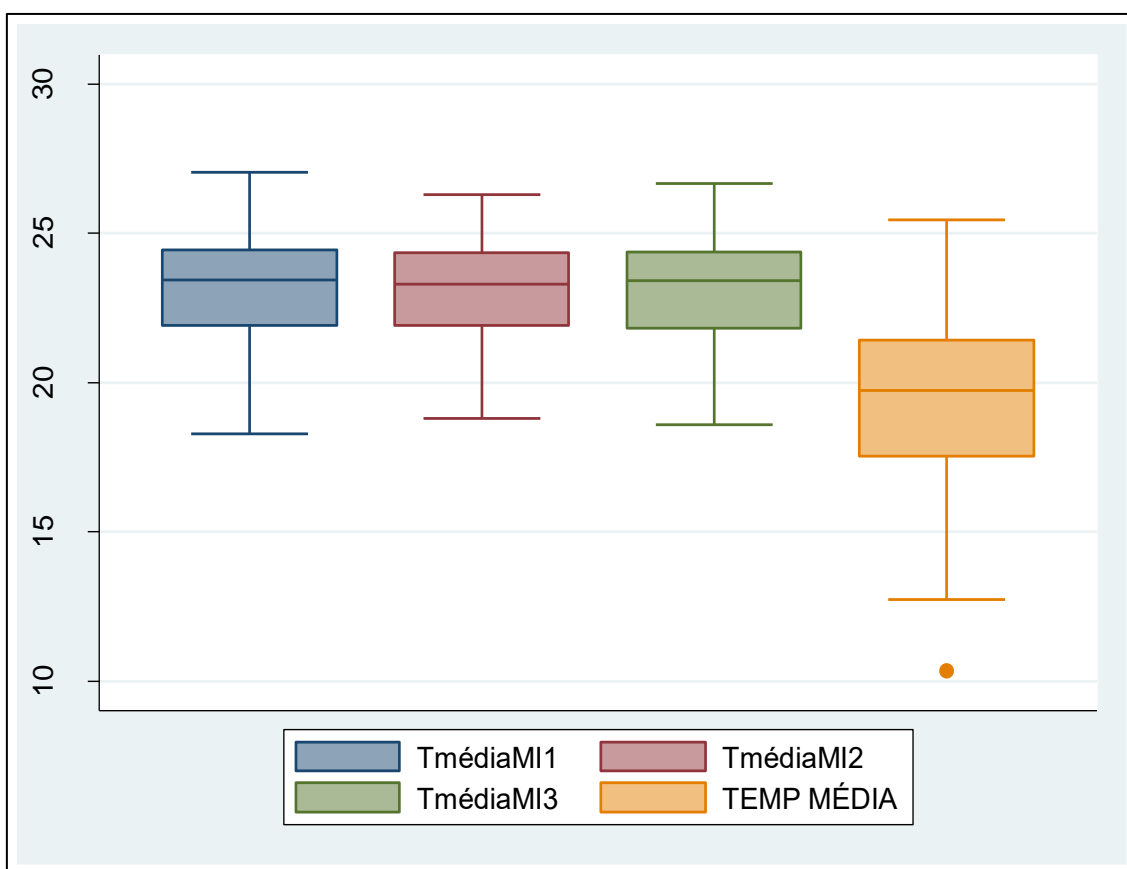
**Figura 4.** Distribuição das temperaturas médias para períodos de 3-4 dias aferidas nas enfermarias (MI1=Moléstias Infecciosas; UTI=Unidade de Terapia Intensiva; PED=Pediatria; Vasc=Cirurgia Vasculuar) e na estação meteorológica (TEMP MÉDIA).

**Tabela 1.** Testes de correlação de Spearman para temperatura em unidades hospitalares e aquela medida em estação meteorológica.

		EM	Não UTI	MI 1	MI 2	MI 3	UTI	Pediatria
<b>Não UTI</b>	Coef. Correlação	0,849	-	-	-	-	-	-
	p-valor	0,000	-	-	-	-	-	-
<b>MI 1</b>	Coef. Correlação	0,848	0,979	-	-	-	-	-
	p-valor	0,000	0,000	-	-	-	-	-
<b>MI 2</b>	Coef. Correlação	0,867	0,961	0,955	-	-	-	-
	p-valor	0,000	0,000	0,000	-	-	-	-
<b>MI 3</b>	Coef. Correlação	0,871	0,980	0,987	0,988	-	-	-
	p-valor	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-	-
<b>UTI</b>	Coef. Correlação	0,270	0,298	0,296	0,329	0,324	-	-
	p-valor	0,005	0,002	0,002	0,001	0,001	-	-
<b>Pediatria</b>	Coef. Correlação	0,734	0,941	0,895	0,889	0,904	0,362	-
	p-valor	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-
<b>Vascular</b>	Coef. Correlação	0,858	0,975	0,944	0,942	0,950	0,242	0,875
	p-valor	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000

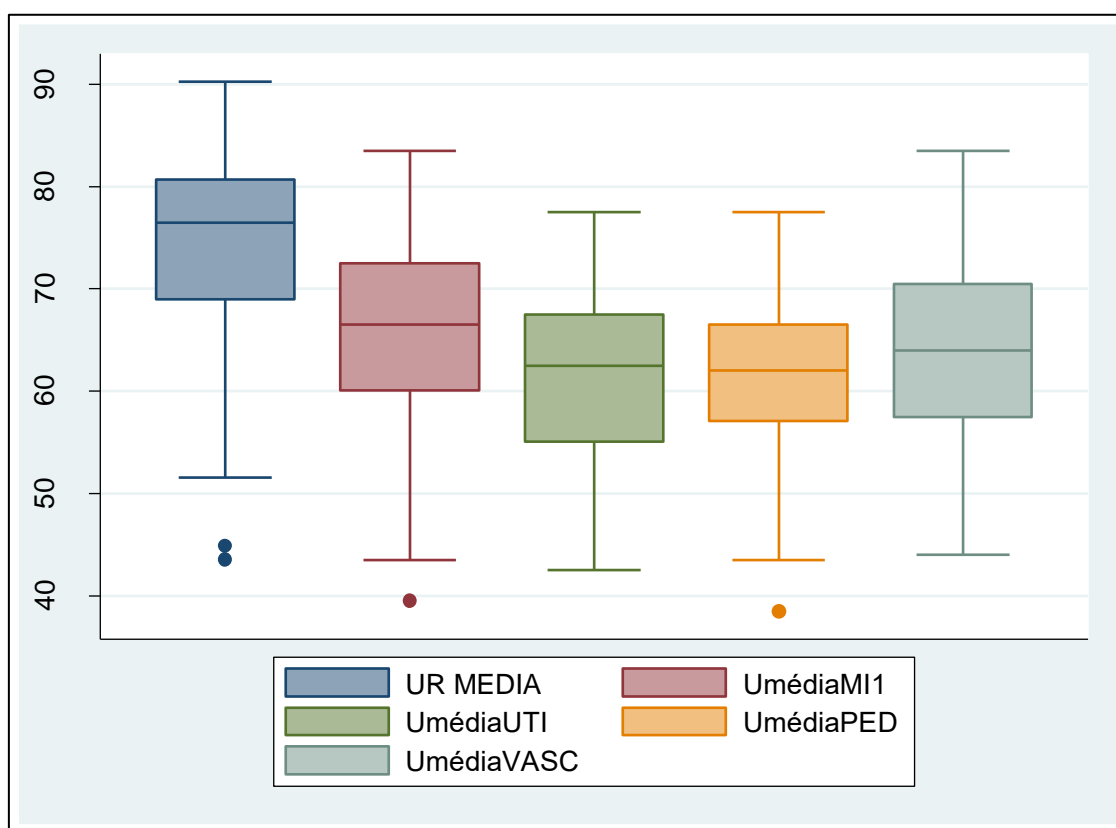


**Figura 5.** Gráfico de dispersão, mostrando correlações com estação meteorológica (TEMP MEDIA), tanto para temperatura média na UTI quanto para a temperatura média nas unidades não UTI (Conjunto das enfermarias restantes, sem ar-condicionado: Moléstias infecciosas, Pediatria e Cirurgia Vascular).



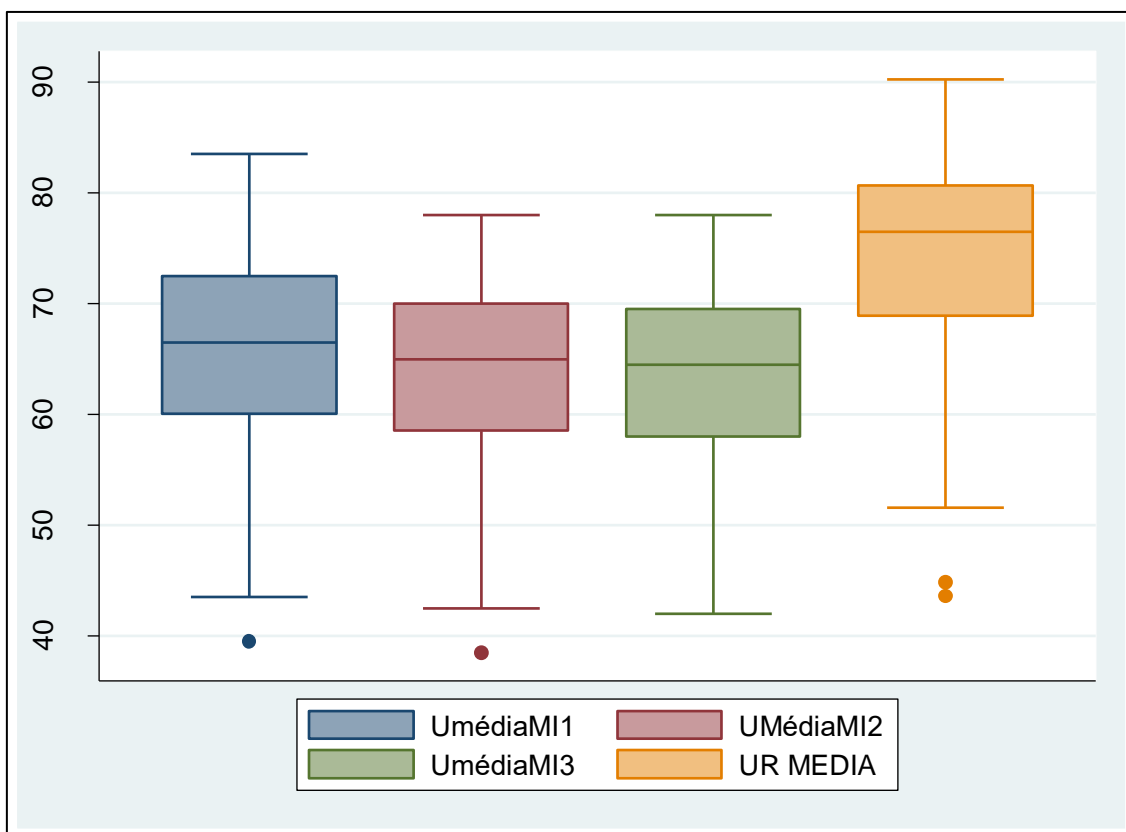
**Figura 6.** Temperatura em quarto de isolamento (MI1) e demais quartos da enfermaria de moléstias infecciosas (MI2 e MI3), em comparação com resultados da estação meteorológica.

Quanto à umidade, verificou-se fenômeno semelhante, porém em sentido inverso, sendo esta mais elevada na estação meteorológica (**Figura 7**).



**Figura 7.** Distribuição das umidades relativas médias para períodos de 3-4 dias aferidas nas enfermarias (MI1=Moléstias Infecciosas; UTI=Unidade de Terapia Intensiva; PED=Pediatria; Vasc=Cirurgia Vascular) e na estação meteorológica (UR MÉDIA).

Neste caso, curiosamente, houve uma maior umidade relativa no quarto de isolamento (MI1; média=65,3%), em comparação com os demais da enfermaria de moléstias infecciosas (MI2 e MI3; média=63,5%), com p-valor de 0,005. (**Figura 8**).



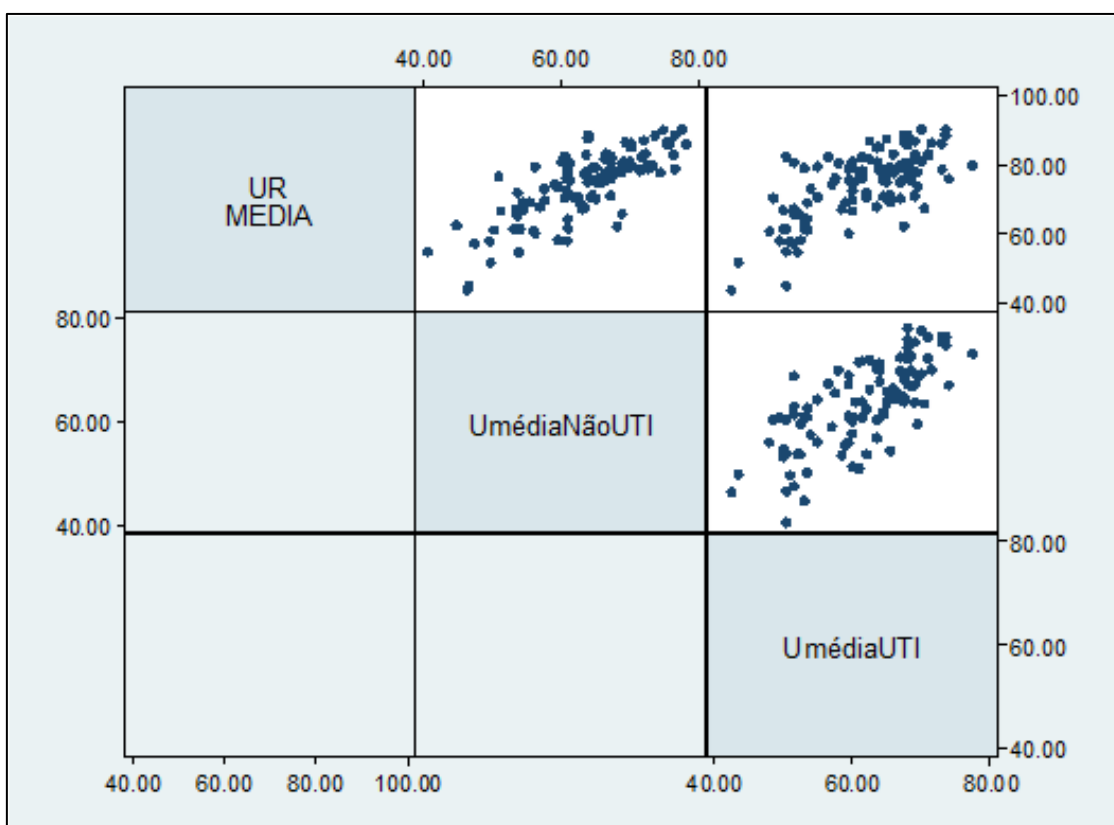
**Figura 8.** Distribuição de valores de umidade relativa média entre quartos de isolamento (MI1) e não isolamentos (MI2 e MI3), comparados aos valores da estação meteorológica (UR MÉDIA).

O resultado de ANOVA ( $p < 0,05$ ) para umidade foi:

**UR<sub>ESTAÇÃO METEOROLÓGICA</sub> > UR<sub>MOL. INFECCIOSAS</sub> > UR<sub>UTI</sub> = UR<sub>CIR. VASCULAR</sub> = UR<sub>PEDIATRIA</sub>**

Mais uma vez, identificamos correlação estatística entre umidade aferida na estação meteorológica e nas unidades assistenciais, incluindo a UTI climatizada (**Tabela 2 e Figura 9**).



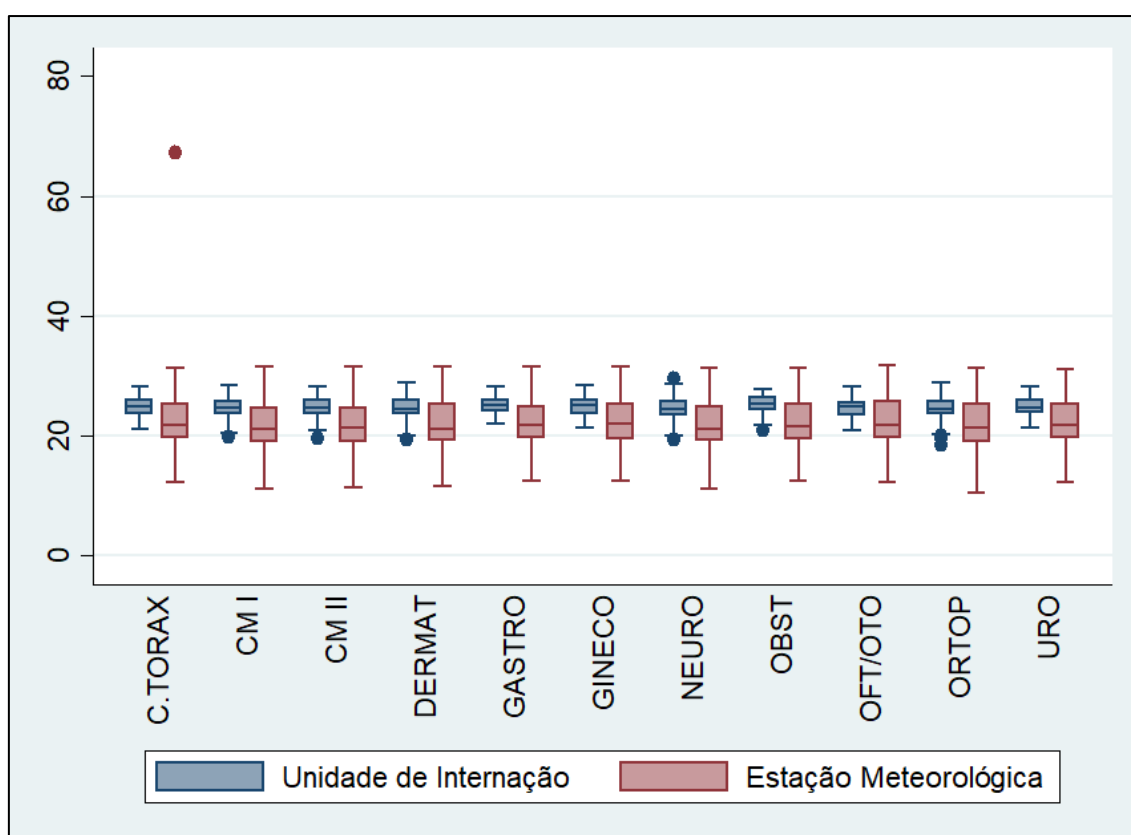


**Figura 9.** Gráfico de dispersão, mostrando correlações com estação meteorológica (UR média), tanto para a média da UTI quanto para a média das unidades não climatizadas (Não UTI).



## TERMOMETROS MOVEIS

Quanto aos termômetros móveis, a temperatura foi consistentemente maior nas enfermarias avaliadas, além disso verificou-se intensa variação de temperatura pontual entre cada uma das unidades e a estação meteorológica (ANOVA,  $p < 0,05$ ; **Figura 10**).

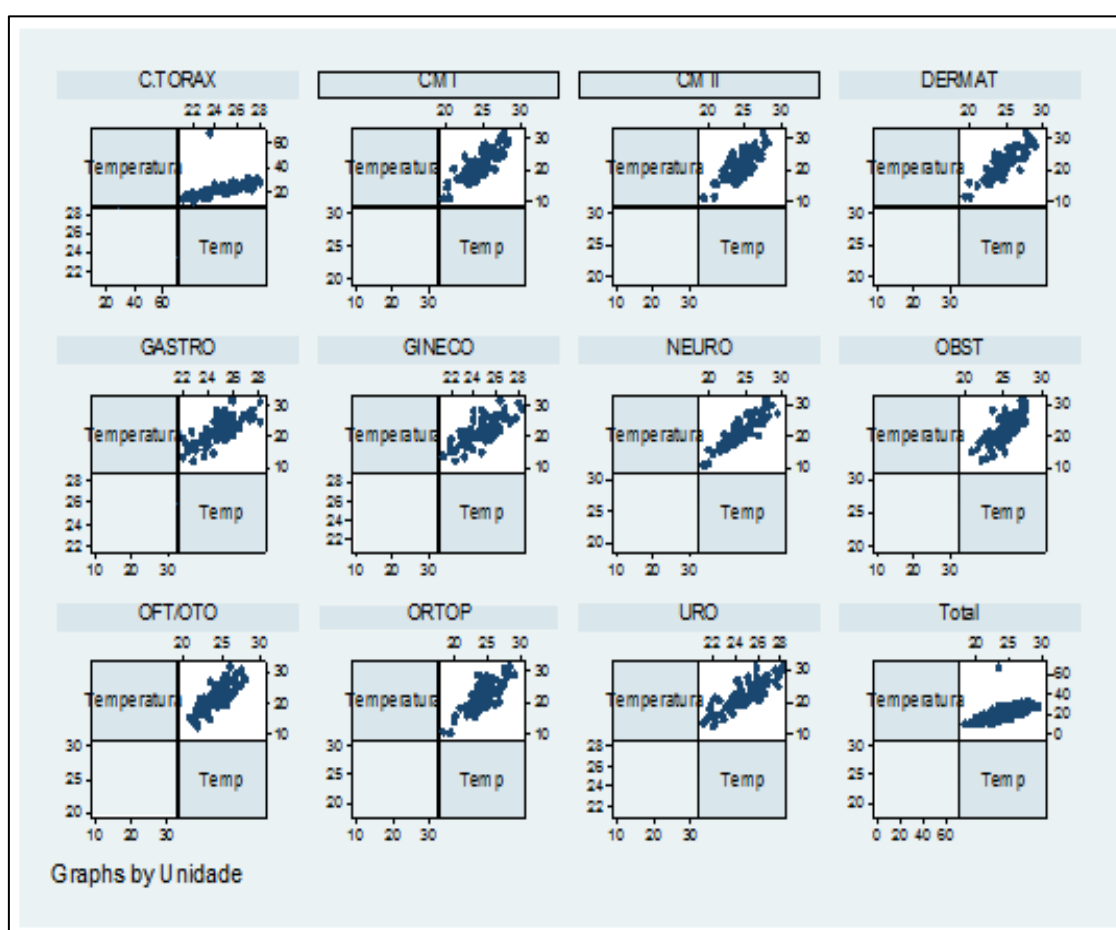


**Figura 10.** Variação de temperatura entre enfermarias avaliadas pontualmente com termômetros móveis.

Mais uma vez, verificou-se importante correlação entre temperatura da estação meteorológica e das unidades de internação (**Tabela 3 e Figura 11**).

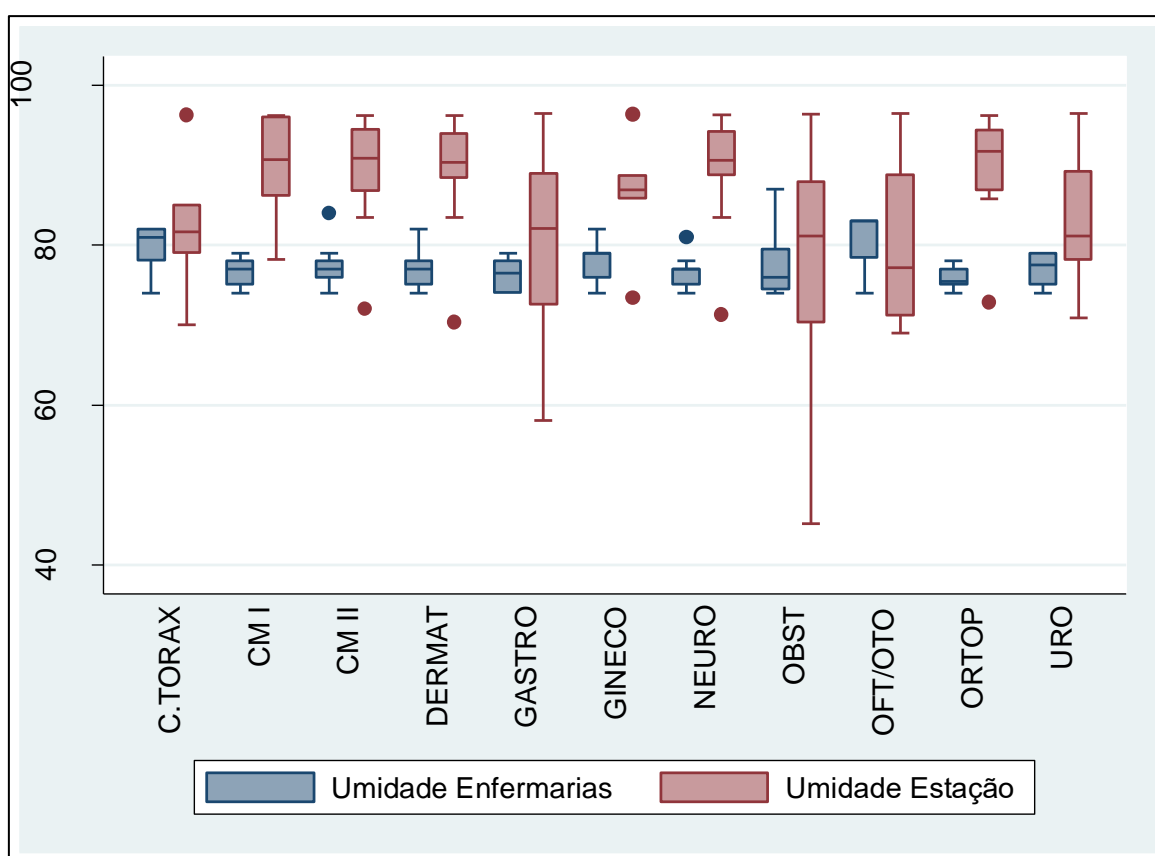
**Tabela 3.** Teste de correlação de Spearman entre temperaturas pontuais médias das enfermarias e resultados da estação meteorológica.

Temperatura	Estação meteorológica	
<b>Enfermarias</b>	Coef. Correlação	0,744
	p	0,000



**Figura 11.** Gráfico de dispersão. Associação entre temperaturas pontuais em enfermarias (temp) e na estação meteorológica (temperatura).

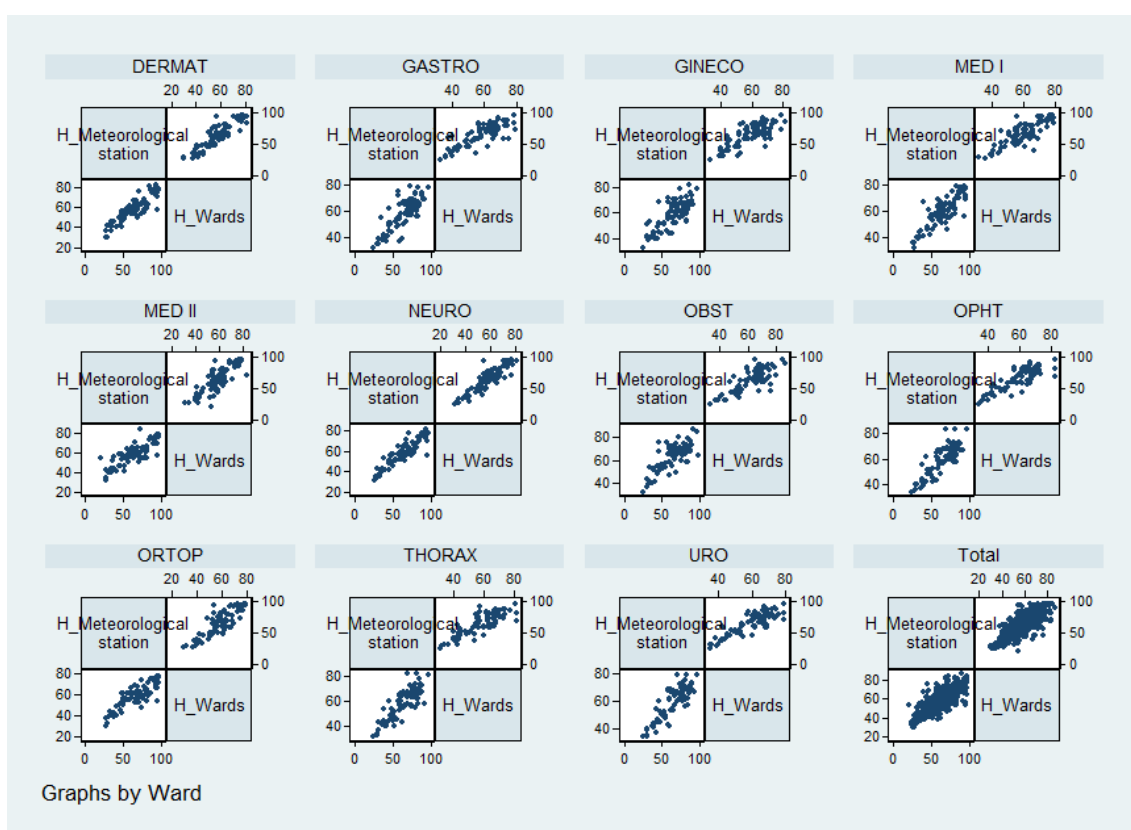
No caso da umidade, esta foi maior na estação meteorológica, assim como a variação (**Figuras 12**). Igualmente, encontrou-se correlação entre a umidade da estação meteorológica e todas e cada uma das unidades de internação (**Tabela 4 e Figura 13**).



**Figura 12.** Variação de umidade entre enfermarias avaliadas pontualmente com termômetros móveis.

**Tabela 4.** Teste de correlação de Spearman entre umidade aferida nas enfermarias e na estação meteorológica.

Umidade	Estação meteorológica	
<b>Enfermarias</b>	Coef. Correlação	0,785
	p	0,000



**Figura 13.** Gráfico de dispersão. Correlação entre umidade aferida nas enfermarias e na estação meteorológica.

Embora o controle da temperatura em unidades de internação fosse uma prioridade para Florence Nightingale no século XIX (54), muito pouco se publicou sobre esse tema recentemente. Na década de 1970, Smith & Rae estudaram o conforto térmico de pacientes (55). Outros artigos abordam principalmente Unidades de Terapia Intensiva Neonatais (56,57), e mais especificamente incubadoras (58,59).

Atualmente a maior parte dos estudos sobre a sazonalidade das IRAS ou sua relação com a temperatura foram desenvolvidos em cenários onde os hospitais são climatizados ou estão localizados em países de clima temperado (36,42).

Há muitos fatores que influenciam as condições ambientais dentro de um hospital. Ocupação de leitos, atividades dos pacientes e os trabalhadores da saúde, iluminação e contato com o ambiente externo podem influenciar parâmetros ambientais nas unidades de admissão, além do ar-condicionado (47). No caso dos hospitais localizados em climas tropicais verifica-se contexto diferente, devido ao fato de que os hospitais nessas áreas são frequentemente mal (ou não) climatizados (50).

O que pudemos observar no nosso estudo foi que houve diferenças significativas entre temperatura e umidade quando comparamos unidades assistenciais do hospital com a estação meteorológica (e mesmo as próprias unidades entre si). No entanto, de modo geral, existe

forte correlação entre os valores aferidos dentro e fora do hospital. Isso ocorre até mesmo em unidades ar-condicionadas, como a UTI.

Em outras palavras, os parâmetros internos estiveram altamente influenciados pelos parâmetros externos. Isso talvez explique a observação de Richet (36) de que a sazonalidade de patógenos Gram-negativos ocorre mesmo em hospitais 100% climatizados. Da mesma forma, pode explicar achados de outro estudo de nosso grupo, segundo os quais extremos de temperatura externa se associam a maior incidência de *A. baumannii* carbapenem-resistentes em UTIs com sistemas de ar-condicionado (52). Portanto, com base nos nossos resultados, pode-se inferir que “picos de verão” tanto de infecções por Gram-negativos (43) quanto infecções de sítio cirúrgico (45) pode ser devidos a parâmetros climáticos (especialmente temperatura) fora dos hospitais, e independentemente do controle ambiental (ar-condicionado) no interior das unidades hospitalares.

O achado de que o clima externo influencia nas condições ambientais dentro dos hospitais é argumento a favor de um maior controle desses parâmetros internos, assim como o fortalecimento das medidas de prevenção de infecções durante o verão ou nos períodos mais quentes.

## TEMPERATURA NO CENTRO CIRÚRGICO E INFEÇÕES

As IRAS - e infecções do sítio cirúrgico (ISC) em particular - são mais frequentes nos países em desenvolvimento, quando comparados com a Europa e os Estados Unidos (30,60). A baixa adesão a medidas de prevenção têm sido culpada (61), mas fatores ambientais também podem estar envolvidos na alta incidência de ISC (62)

Em um estudo realizado de 2011 a 2016, identificamos a associação de temperatura ambiental externa e o risco individual de ISC em um hospital universitário no interior do Brasil (63). Essa associação foi especialmente forte para temperaturas mais altas (ou seja, acima dos percentis 75 ou 90 da média diária). Como estudos anteriores relataram "picos de verão" de ISC nos EUA (64), levantamos a hipótese de que mudanças ecológicas na microbiota dos pacientes poderiam explicar nossos achados.

Este estudo foi um complemento à nossa pesquisa anterior, desta vez coletando temperaturas dentro da sala de cirurgia. Foi realizado no hospital de ensino da Faculdade de Medicina de Botucatu, uma unidade de 450 leitos que oferece atendimento terciário para uma área de 500.000 habitantes. O hospital está localizado em uma área tropical (22°53'21"S, 48°29'40"W) e realiza aproximadamente 7.000 procedimentos cirúrgicos por ano. O Centro Cirúrgico é climatizado.

Foram coletadas as temperaturas médias para os três dias que antecederam cada procedimento cirúrgico, de julho de 2017 a junho de 2018. Todos os pacientes submetidos a cirurgias durante esse período foram inspecionados para ISC durante a admissão e pós-alta por 30 dias. Modelos multivariáveis de regressão logística foram utilizados para avaliar a associação de temperatura e o risco de ISC. Os modelos foram ajustados para especialidade cirúrgica, tempo de internação anterior à cirurgia e dados demográficos dos pacientes. As análises foram realizadas no software SPSS20 (IBM, Armonk, NY, EUA).

Um total de 6.752 pacientes foi submetido a cirurgia no período do estudo. A taxa geral de ISC foi de 8,2%. A temperatura média para procedimentos cirúrgicos que resultou em SSI (23,8°C) foi ligeiramente, mas significativamente maior do que para outros procedimentos (23,6°C;  $p = 0,04$ ). Os resultados da regressão logística são apresentados na **Tabela 5**. Resumidamente, a temperatura foi associada com maior risco de ISC nos modelos ajustados.

Identificamos variação relevante na temperatura do centro cirúrgico durante o período do estudo (**Figura 14**). A média de três dias variou de 19,5°C a 27,3°C (mediana de 23,8°C), enquanto a amplitude térmica diária atingiu 8°C. Essa amplitude pode ser considerada alta para um clima tropical.

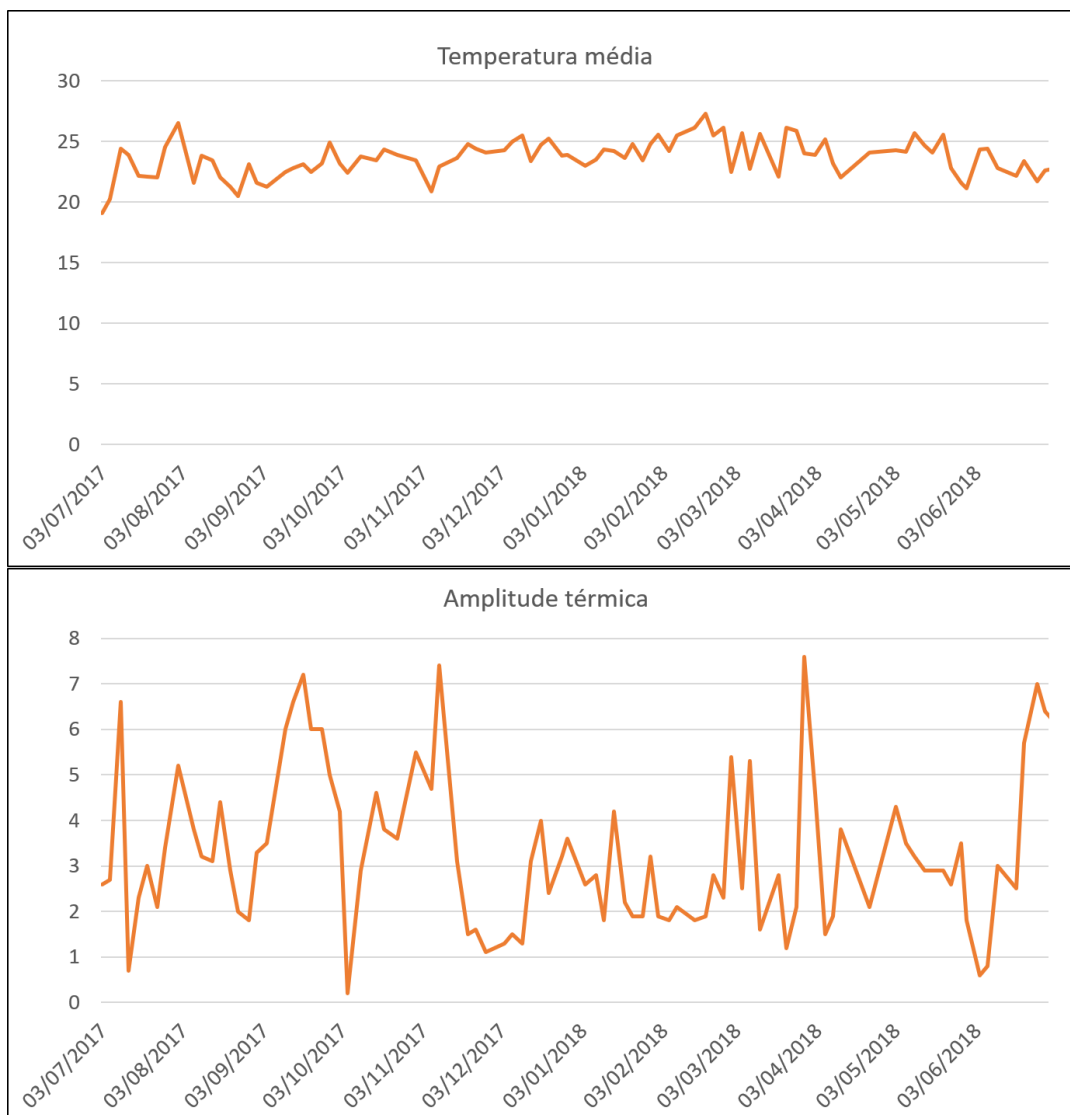


**Tabela 5.** Efeito da média de três dias e outros parâmetros no risco de Infecções do Sítio Cirúrgico – resultados de modelo de Regressão Logística multivariada.

Fator	OR (IC95%C)	p
Temperatura (°C)	<b>1.07 (1.01-1.14)</b>	<b>.04</b>
<b>Tempo desde internação (dias)</b>	1.00 (1.00-1.00)	.85
<b>Sexo masculino</b>	1.04 (0.85-1.27)	.68
Idade (x 10 anos)	<b>1.09 (1.04-1.13)</b>	<b>&lt;.001</b>

Nota. O modelo foi ajustado para especialidades cirúrgicas. Resultados com  $p < 0,05$  são mostrados em negrito.

OR, Odds Ratio; IC, Intervalo de Confiança.



**Figura 14.** Temperatura média (gráfico superior) e amplitude térmica (gráfico inferior) no centro cirúrgico em intervalos de 3 dias.

As diretrizes atuais recomendam que a temperatura da sala de cirurgia não seja muito fria, a fim de evitar a hipotermia do paciente (65,66) Portanto, a evidência de sazonalidade da ISC e associação com altas temperaturas parece paradoxal (63,64). Supõe-se que o calor provoca o desconforto dos cirurgiões e impacta negativamente sobre

seu desempenho (67). Essas descobertas aparentemente conflitantes indicam que mais pesquisas são necessárias para identificar as temperaturas ideais para as salas de operação. Isso representa um desafio especial para os países em desenvolvimento, onde o controle do clima nos hospitais muitas vezes não é viável (62).

Obviamente, as dificuldades no controle de temperatura nas salas de cirurgia não são os únicos impulsionadores da ISC nos países em desenvolvimento. Uma pesquisa nacional no Brasil encontrou déficits relevantes na estrutura geral de controle de infecção, incluindo comitês de controle de infecções, serviços de esterilização e recursos laboratoriais de microbiologia (29). Não surpreendentemente, altas taxas de ISC são identificadas mesmo em hospitais muito pequenos que realizam procedimentos cirúrgicos de baixa complexidade (60).

As ISC afetam milhares de pessoas em países em desenvolvimento a cada ano (28,60). Elas atendem a todos os requisitos para serem consideradas uma ameaça à saúde pública. É verdade que os países de renda baixa a média ainda enfrentam o desafio de fornecer assistência médica e cirúrgica para seus habitantes. Isso não pode implicar que a segurança do paciente deva ser uma prioridade menor na agenda da assistência médica. Medidas voltadas para a obtenção de padrões ambientais adequados para salas de cirurgia, incluindo o controle de

temperatura, podem prevenir a morbidade, a mortalidade e os custos adicionais do tratamento da ISC.

## METEOROLOGIA E PREVALÊNCIA DE IRAS NAS ENFERMARIAS

Devido a variações nos métodos de vigilância de IRAS entre as unidades, estudamos associações entre meteorologia e infecção de forma diferenciada para algumas enfermarias. Neste caso, avaliamos o impacto dos parâmetros ambientais dentro do hospital e a ocorrência de IRAS, mais especificamente nas enfermarias sem ar-condicionado. A temperatura e umidade dentro dos quartos dos pacientes (escolhidos aleatoriamente) em cada unidade foram mensuradas na mesma semana em que foram realizadas as pesquisas de vigilância de prevalência no hospital.

Modelos de Regressão de Poisson, ajustados para unidade hospitalar, foram utilizados para identificar a associação entre os parâmetros medidos e a prevalência total de IRAS ou infecções de sítio específicas.

O valor agregado de prevalência de IRAS totais foi de 4.1%. Não se encontrou associação entre temperatura e umidade e as IRAS totais, porém houve impacto positivo da temperatura sobre ISC e negativo sobre infecções do trato urinário (ITU; **Tabela 6**).

**Tabela 6.** Testes de regressão de Poisson para associação entre parâmetros (temperatura e umidade) locais e IRAS em enfermarias (sem ar-condicionado).

Sítio de Infecção	Prevalência(%)	Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)		
		PR	95%CI	p	PR	95%CI	p
<b>IRAS totais</b>	4,1	0,94	0,86-1,03	0,17	0,99	0,98-1,01	0,66
<b>Pneumonias</b>	1,1	1,00	0,84-1,20	0,98	0,99	0,97-1,02	0,67
<b>ICS</b>	0,4	1,32	0,95-1,85	0,11	1,04	0,99-1,10	0,15
<b>ITU</b>	<b>0,6</b>	<b>0,75</b>	<b>0,58-0,94</b>	<b>0,02</b>	0,99	0,95-1,04	0,73
<b>Pele</b>	0,5	1,03	0,79-1,35	0,82	0,99	0,94-1,03	0,54
<b>ISC</b>	<b>0,4</b>	<b>1,49</b>	<b>1,08-2,04</b>	<b>0,01</b>	1,03	0,97-1,09	0,31
<b>GI</b>	1,1	0,94	0,88-1,02	0,15	0,99	0,98-1,00	0,15

Obs.: IRAS, Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde; ICS, Infecção da Corrente Sanguínea; ITU, Infecção do Trato Urinário; ISC, Infecção do Sítio Cirúrgico; GI, Infecção Gastrointestinal.

Nossos resultados são dignos de nota. Embora as ISC sejam geralmente adquiridas dentro da sala de operações, hipóteses para os picos de verão e associação com temperatura incluem transpiração excessiva e alterações na microbiota da pele previamente ao procedimento cirúrgico (68). Essas alterações podem ocorrer nas

enfermarias, onde os pacientes permanecem antes e depois da cirurgia. Além disso, a temperatura nos quartos pode ser um *proxy* da temperatura no Centro Cirúrgico (embora haja controle de temperatura neste último). Estudos recentes do nosso grupo descobriram que a medida de temperatura fora do hospital (63) e no ambiente operatório impactam no risco de adquirir ISC.

Por outro lado, a associação negativa com a ITU parece contra-intuitiva. Estudos na comunidade descreveram associações de ITU com o verão e alta temperatura ambiental (69,70). No entanto, há dados conflitantes sobre essa questão, no caso de Rosello et al. que encontraram aumentos nas consultas de cuidados primários da UTI no Reino Unido no período de setembro a novembro, período outonal (71). Isso certamente requer mais investigação.

Nosso estudo apresenta algumas limitações, principalmente relacionadas ao curto período (um ano) e pequeno número de unidades hospitalares pesquisadas. Esses aspectos podem dificultar o poder estatístico. Mesmo assim, pudemos identificar a associação da temperatura interna com dois sítios de IRAS. Embora novos estudos (com maior tempo de amostragem e tempo) sejam necessários, concluímos que o papel do clima na epidemiologia dos IRAS não deve ser negligenciado.

## METEOROLOGIA E INCIDÊNCIA DE IRAS NA UTI E ENFERMARIA DE MOLÉSTIAS INFECCIOSAS

Como foi mencionado anteriormente, existe variações nos métodos de vigilância entre enfermarias. Neste caso, a Unidade de Terapia Intensiva (UTI) e a Enfermaria de Moléstias Infecciosas (MI), cuja vigilância é realizada diariamente segundo método preconizado pelo *National Healthcare Safety Network* dos Estados Unidos<sup>1</sup>, foram estudadas separadamente. Utilizamos modelo de Regressão de Poisson para testar associação entre incidência de IRAS e temperatura. Os resultados são mostrados na **Tabela 7**.

---

<sup>1</sup> <https://www.cdc.gov/nhsn/index.html>.



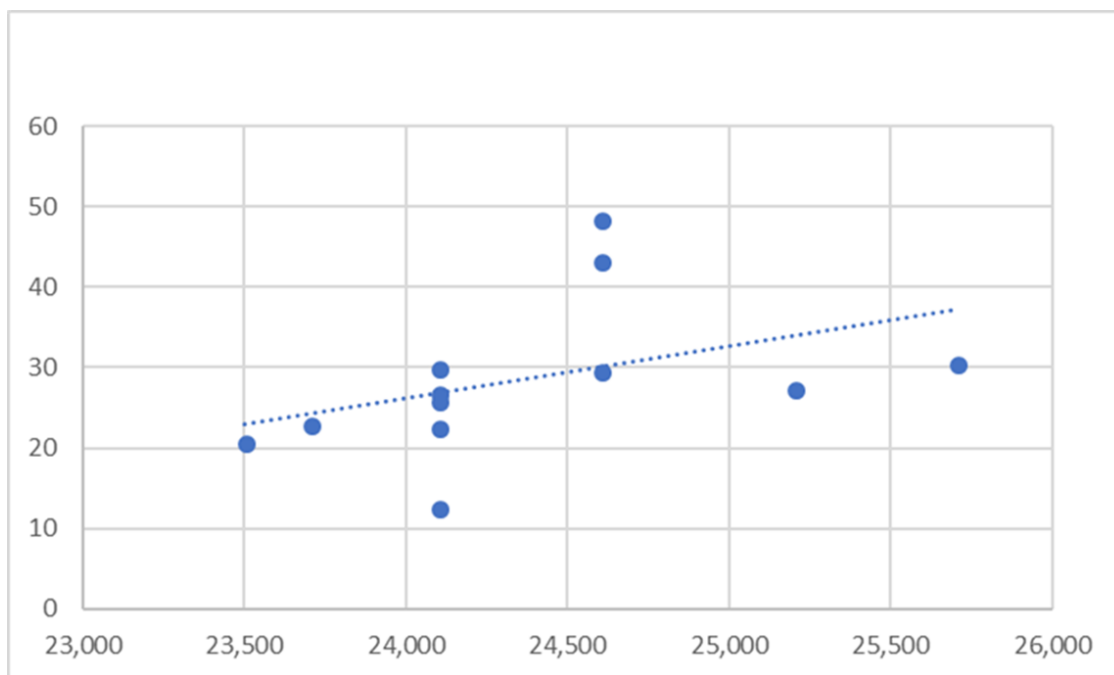
**Tabela 7.** Testes de regressão de Poisson para associação entre parâmetros (temperatura e umidade) locais e IRAS em Unidade de Terapia Intensiva (UTI) e Enfermaria de Moléstias Infecciosas (MI)

Desfechos	RR (IC95%)			
	Temperatura		Umidade	
	UTI	MI	UTI	MI
<b>IRAS totais</b>	<b>1,23 (1,04-1,46)</b>	1,10 (0,77-1,58)	1,05 (0,94-1,11)	1,10 (0,69-3,11)
<b>Pneumonia</b>	1,16 (0,58-2,34)	1,85 (0,00-...)	1,03 (0,97-1,08)	1,15 (0,00-...)
<b>Inf. Corr. Sanguínea</b>	1,29 (0,47-3,27)	1,25 (0,42-3,79)	1,06 (0,88-1,14)	1,25 (0,23-5,17)
<b>Inf. Trato Urinário</b>	1,53 (0,79-2,94)	1,02 (0,43-2,42)	1,03 (0,60-2,10)	1,08 (0,93-1,32)

Obs.: Resultado significativo ( $p < 0,05$ ) é apresentado em negrito. RR, Rate Ratio; IC, Intervalo de Confiança.

Como pudemos observar, somente ocorreu associação entre temperatura e IRAS totais na UTI. Também pudemos observar essa relação no modelo linear (**Figura 15**). É importante ressaltar que as observações foram feitas apenas durante um ano, período que pode não nos ter conferido poder estatístico de identificar todas as associações possíveis. Porém, a associação com IRAS totais corrobora

dados revistos recentemente por Richet (36), e sugerem que o papel desempenhado pelos parâmetros ambientais não deve ser descuidado.



**Figura 15.** Modelo linear de associação entre temperatura (eixo horizontal) e incidência de IRAS totais por 1.000 pacientes-dia (eixo vertical) para UTI.

## METEOROLOGIA E MICRORGANISMOS MDR

Como mencionado anteriormente, foram avaliadas as unidades hospitalares, sem ar-condicionado e com ar-condicionado (UTI). Calcularam-se os parâmetros mensais para a UTI e todas as unidades (neste caso, a medida média de todas as enfermarias) e também se realizou a vigilância da incidência de IRAS causadas por microrganismos multidroga-resistentes (MDR), tanto para Gram-positivos (*Staphylococcus aureus* R-Meticilina e Enterococos R-Vancomicina) quanto para Gram-negativos (Enterobactérias R-Carbapenemicos, *A. baumannii* R-Carbapenemicos e *P. aeruginosa* R-Carbapenemicos).

Calculou-se a incidência agregada de colonização e infecção, em outras palavras, todas as culturas positivas de microrganismos multidroga-resistentes de interesse de pacientes internados por mais de três dias. Associação entre temperatura e umidade e a incidência de microrganismos multidroga-resistentes na UTI e enfermarias não-UTI (sem ar-condicionado) foi testada usando Regressão de Poisson.

Nas unidades não-UTI, verificamos associação negativa de umidade com todos os MMDR, e com o grupo dos Gram-negativos **(Tabela 8)**.

**Tabela 8.** Associação de temperatura e umidade médias mensais com a incidência de organismos resistentes a múltiplos fármacos. Hospital Total, não-UTI.

Patógenos	Incidência*	RR (IC95%)	
		Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
<b>Enfermarias hospitalares (não climatizadas)</b>			
<b>MDR totais</b>	4.50	1.00 (0.94-1.07)	<b>0.99 (0.98-0.99)</b>
<b>Gram-positivos</b>	1.99	0.95 (0.67-1.05)	0.99 (0.98-1.01)
<i>Staphylococcus aureus</i> meticilina-resistentes	0.94	0.93 (0.80-1.07)	0.99 (0.98-1.02)
Enterococos resistentes à vancimicina	1.05	0.97 (0.86-1.11)	0.99 (0.97-1.01)
<b>Gram-negativos</b>	2.50	1.05 (0.96-1.14)	<b>0.98 (0.97-0.99)</b>
Enterobactérias resistentes aos carbapenêmicos	1.03	1.06 (0.93-1.21)	0.98 (0.97-1.00)
<i>Acintobacter baumannii</i> resistente aos carbapenêmicos	1.04	0.99 (0.87-1.13)	0.98 (0.96-1.00)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> resistente aos carbapenêmicos	0.43	1.16 (0.94-1.41)	1.00 (0.98-1.03)

<b>Unidades de Terapia Intensiva (Climatizadas)</b>			
<b>MDR totais</b>	44.65	<b>1.56 (1.14-2.17)</b>	0.97 (0.94-1.01)
<b>Gram-positivos</b>	15.64	<b>2.26 (1.33-3.84)</b>	0.96 (0.91-1.01)
<i>Staphylococcus aureus</i> metilina-resistentes	8.14	2.04 (0.77-4.29)	0.97 (0.90-1.04)
Enterococos resistentes à vancimicina	7.49	<b>2.51 (1.18-5.37)</b>	0.94 (0.83-1.02)
<b>Gram-negativos</b>	29.01	1.27 (0.84-1.91)	0.98 (0.95-1.02)
Enterobactérias resistentes aos carbapenêmicos	10.43	0.73 (0.36-1.48)	0.98 (0.93-1.05)
<i>Acinetobacter baumannii</i> resistente aos carbapenêmicos	13.69	1.45 (0.80-2.62)	0.99 (0.95-1.06)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> resistente aos carbapenêmicos	4.89	<b>2.55 (1.03-6.54)</b>	0.92 (0.84-1.01)

Obs.: Resultados significantes ( $p < 0,05$ ) mostrados em negrito.

No caso da UTI, encontrou-se associação entre temperatura com o grupo de todos os MDR, com cocos Gram-positivos em geral e com os Enterococos R-Vancomicina e *P. aeruginosa* R-Carbapenemicos (**Tabela 8**).

Esses achados são dignos de nota. Apesar do fato que a UTI possui controle ambiental, encontrou-se associação entre temperatura e MDR. Além disso, a UTI apresentou variações de temperatura mínimas (19.6°C-23.8°C) e uma temperatura média diária de 22.2°C. Isso significa que pequenas mudanças dos parâmetros ambientais podem afetar efetivamente a incidência de MDR.

Por outro lado, a ausência de associação com temperatura encontrada nas unidades não UTI resulta paradoxal, pelo fato de que a média registrada e o intervalo de variação foram maiores que parâmetros aferidos na UTI. Apesar de que esses achados não concordam com outros estudos do nosso grupo (50), vale a pena mencionar a menor prevalência de MDR nessas unidades (devido à menor quantidade de pacientes vulneráveis e a não realização de pesquisa ativa através da vigilância das culturas). Isso pode ter influenciado no poder estatístico das análises.

Associações entre temperatura e incidência de microrganismos MDR (especialmente Gram-negativos) tem sido amplamente

demonstradas (36,50,51,52,53,70). Nosso estudo foi realizado em curto período de tempo e em um único hospital. No entanto, podemos concluir que mudanças de temperatura em unidades com controle climático podem influenciar na incidência de microrganismos MDR.

Conclusão



## CONCLUSÃO

- A temperatura e umidade nas unidades hospitalares diferem daquelas medidas em estação meteorológica, e também diferem entre as diversas áreas assistenciais. Porém em todos os casos há uma significativa correlação entre os parâmetros. Essa correlação ocorre mesmo em unidades climatizadas.
- A temperatura no Centro Cirúrgico apresenta grande variação, e esta está associada a maior risco de infecção do sítio cirúrgico (ISC).
- A temperatura aferida em enfermarias associou-se positivamente à prevalência de ISC e negativamente à de Infecções do Trato Urinário. Em UTI, observou-se somente associação entre temperatura e a incidência global de Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS).
- A incidência de microrganismos MDR em UTI foi afetada pelas variações de temperatura, embora estas tenham sido de pequena amplitude.

# Referências

## REFERÊNCIAS

1. Mendoza F, Danni-Oliveira IM. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de textos. 2017.
2. Esteves LM. Meio ambiente & botânica. São Paulo: Editora SENAC. 2017
3. Varejao-Silva MA. Meteorologia e Climatologia. Versão digital 2. Recife. 2006.
4. Ynoue RY, Reboita MS, Ambrizzi T, da Silva AMG. Meteorologia: noções básicas. São Paulo: Oficina de Textos. 2017.
5. Mohammadia N, Kamalib K, Abedinia Y, Ahadnejadd M, Azarie M. Medical Meteorology: The Relationship between Meteorological Parameters (Humidity, Rainfall, Wind, and Temperature) and Brucellosis in Zanjan Province. *J. Hum. Environ. Health Promot.* 2016;1 (3):149-158.
6. Tortora GJ, Case CL, Funke BR. Microbiologia 12a edição. São Paulo: Artmed Editora LTDA. 2017.
7. Christiansen CF, Pedersen L, Sørensen HT, Rothman KJ. Methods to assess seasonal effects in epidemiological studies of infectious diseases—exemplified by application to the occurrence of meningococcal disease. *Clinical Microbiology and Infection.* 2012;18(10):963-9.

8. Medicine I, Health BG, Infections FE, Lederberg J, Davis JR. Emerging Infectious Diseases from the Global to the Local Perspective: Workshop Summary: National Academies Press; 2001.
9. Read C. Climate Change and Human Health: Risks and Responses. BMJ : British Medical Journal. 2004;328(7451):1324-.
10. Leekha S, Diekema DJ, Perencevich EN. Seasonality of staphylococcal infections. Clinical Microbiology and Infection. 2012;18(10):927-33.
11. C Grassly N, Fraser C. Seasonal infectious disease epidemiology 2006. 2541-50 p.
12. Porter D. Health, Civilization, and the State: A History of Public Health from Ancient to Modern Times: Routledge; 1999.
13. Lloyd GER, Chadwick J, Lonie IM, et al. Hippocratic Writings: Penguin Books Limited; 1983.
14. Fisman DN. Seasonality of Infectious Diseases. Ann Rev of Public Health. 2007;28:127-43.
15. Ermatinger JW. The World of Ancient Rome: A Daily Life Encyclopedia [2 volumes]: A Daily Life Encyclopedia: ABC-CLIO; 2015.
16. Relman DA, Hamburg MA, Choffnes ER, Mack A. Global Climate Change and Extreme Weather Events: Understanding the Contributions to Infectious Disease Emergence: Workshop Summary. Relman DA, Hamburg

MA, Choffnes ER, Mack A, editors. Washington, DC: The National Academies Press; 2008.

17. Grassly N, Fraser C. Seasonal infectious disease epidemiology. *Proc Biol Sci.* 2006;273:2541-50.

18. Paul M. Seasonality in infectious diseases: does it exist for all pathogens? *Clin Microbiol Infect.* 2012;18:925-6.

19. Wu X, Lu Y, Zhou S, Chen L, Xu B. Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environ Int.* 2016;86:14-23.

20. Metcalf CJE, Walter KS, Wesolowski A, Buckee CO, Shevliakova E, Tatem AJ, et al. Identifying climate drivers of infectious disease dynamics: recent advances and challenges ahead. *Proc Royal Soc Bio Sci.* 2017;284(1860):20170901.

21. Colston JM, Ahmed T, Mahopo C, Kang G, Kosek M, de Sousa Junior F, et al. Evaluating meteorological data from weather stations, and from satellites and global models for a multi-site epidemiological study. *Environ Res.* 2018;165:91-109.

22. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Report on the burden of endemic health care-associated infection worldwide. Geneva: WHO, 2011.

23. Khan HA, Baig FK, Mehboob R. Nosocomial infections: Epidemiology, prevention, control and surveillance. *As Pac J Trop Biomed.* 2017;7:478-82.
24. Bagheri Nejad S, Allegranzi B, Syed SB, Ellis B, Pittet D. Health-care-associated infection in Africa: a systematic review. *Bull World Health Org.* 2011;89:757-65.
25. Lynch P, Pittet D, Borg MA, Mehtar S. Infection control in countries with limited resources. *J Hosp Infect.* 2007;65:148-50.
26. Pittet D, Donaldson L. Challenging the world: patient safety and health care-associated infection. *International journal for quality in health care: J Int Soc Qual Health Care.* 2006; 18(1):4-8.
27. Padoveze MC, Fortaleza CM. Healthcare-associated infections: challenges to public health in Brazil. *Rev Saúde Pública* 2014; 48(6), 995–1001.
28. Allegranzi B, Pittet D. Healthcare-associated infection in developing countries: simple solutions to meet complex challenges. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2007;28:1323-7.
29. Padoveze MC, Fortaleza CM, Kiffer C, Barth AL, Carneiro IC, Giamberardino HI, et al. Structure for prevention of health care-associated infections in Brazilian hospitals: A countrywide study. *Am J Infect Control.* 2016; 44:74-9.

30. Allegranzi B, Bagheri Nejad S, Combescure C, Graafmans W, Attar H, Donaldson L, et al. Burden of endemic health-care-associated infection in developing countries: systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2011; 377:228-41.
31. Al-Tawfiq JA, Tambyah PA. Healthcare associated infections (HAI) perspectives. *J Infect Public Health* 2014;7:339-44.
32. Fortaleza CM, Padoveze MC, Kiffer CR, Barth AL, Carneiro IC, Giamberardino HI, et al. Multi-state survey of healthcare-associated infections in acute care hospitals in Brazil. *J Hosp Infect*. 2017; 96:139-144.
33. Padoveze MC, Assis DB, Freire MP, Madalosso G, Ferreira SA, Valente MG, et al. Surveillance Programme for Healthcare Associated Infections in the State of São Paulo, Brazil. Implementation and the first three years' results. *J Hosp Infect* 2010; 76:311-5.
34. WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO. Health-care associated infections Fact Sheet. Geneva: WHO, 2018. Available from: [http://www.who.int/gpsc/country\\_work/gpsc\\_ccisc\\_fact\\_sheet\\_en.pdf](http://www.who.int/gpsc/country_work/gpsc_ccisc_fact_sheet_en.pdf).
35. Stewardson AJ, Allignol A, Beyersmann J, Graves N, Schumacher M, Meyer R, et al. The health and economic burden of bloodstream infections caused by antimicrobial-susceptible and non-susceptible Enterobacteriaceae and *Staphylococcus aureus* in European hospitals,

2010 and 2011: a multicentre retrospective cohort study. *Eurosurveill.* 2016; 21; doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.33.30319.

36. Richet H. Seasonality in Gram-negative and healthcare-associated infections. *Clin Microbiol Infect.* 2012;18:934-40.

37. Watson CM, Al-Hasan MN. Bloodstream infections and central line-associated bloodstream infections. *Surg Clin North Am.* 2014; 94:1233-44.

38. Padoveze MC, Melo S, Bishop S, Poveda VB, Fortaleza CMCB. Public policies on healthcare-associated infections: a Brazil and UK case study. *Rev Saude Publica.* 2017;51:119.

39. Tambyah PA. Doing good and doing it well, especially where it is not easy. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2010;31:142-3

40. Stiller A, Salm, F, Bischoff P, Gastmeier P. Relationship between hospital ward design and healthcare-associated infection rates: a systematic review and meta-analysis. *Antimicrob Resist Infect Control.* 2016; 5:51.

41. Freeman JT, Anderson DJ, Sexton DJ. Seasonal peaks in *Escherichia coli* infections: possible explanations and implications. *Clin Microbiol Infect.* 2009;15:951-3.

42. Eber MR, Shardell M, Schweizer ML, Laxminarayan R, Perencevich EN. Seasonal and Temperature-Associated Increases in Gram-Negative



Bacterial Bloodstream Infections among Hospitalized Patients. PLoS ONE. 2011;6:e25298.

43. Perencevich EN, McGregor JC, Shardell M, Furuno JP, Harris AD, Morris JG Jr, et al. Summer Peaks in the Incidences of Gram-Negative Bacterial Infection Among Hospitalized Patients. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008; 29:1124-31.

44. Simmering JE, Cavanaugh JE, Polgreen LA, Polgreen PM. Warmer weather as a risk factor for hospitalizations due to urinary tract infections. *Epidemiol Infect.* 2018; 146: 386–393.

45. Anthony CA, Peterson RA, Polgreen LA, Sewell DK, Polgreen PM. The Seasonal Variability in Surgical Site Infections and the Association With Warmer Weather: A Population-Based Investigation. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2017; 38:809-816.

46. Linder LA, Christian BJ. Characteristics of the Nighttime Hospital Bedside Care Environment (Sound, Light, and Temperature) for Children with Cancer. *Cancer Nurs.* 2011; 34: 176–184.

47. Ramos T, Dedesko S, Siege JA, Gilbert JA, Stephens B. Spatial and Temporal Variations in Indoor Environmental Conditions, Human Occupancy, and Operational Characteristics in a New Hospital Building. *Public Lib Sci.* 2015; 10: e0118207.

48. Thomas KA, Magbalot A, Shinabarger K, Mokhnach L, Anderson M, Diercks K, et al. Seasonal mapping of NICU temperature. *Nation Assoc Neonat Nurs*. 2010;10:S2-6
49. Cronk R, Bartram J. Environmental conditions in health care facilities in low- and middle-income countries: Coverage and inequalities. *Inf J Hyg Environ Health* 2018;221:409-422.
50. Fortaleza CMCB, Caldeira SM, Moreira RG, Akazawa RT, Corrente JE, Souza LR, et al. Tropical Healthcare Epidemiology: Weather Determinants of the Etiology of Bloodstream Infections in a Brazilian Hospital. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014;35:85-8.
51. Caldeira SM, Cunha AR, Akazawa RT, Moreira RG, Souza LR, Fortaleza CMCB. Weather parameters and nosocomial bloodstream infection: a case-referent study. *Rev Saude Publica*. 2015;49:19.
52. Da Silveira M, Da Silva LP, De Oliveira ZP, Fortaleza CM. Weather, climate control, and imipenem-resistance in *Acinetobacter baumannii*: an ecological approach. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2018; 39:1133-5.
53. Ramos GP, Rocha JL, Tuon FF. Seasonal humidity may influence *Pseudomonas aeruginosa* hospital-acquired infection rates. *Int J Infect Dis*. 2013;17: e757-e61.

54. Nightingale F. Notes on nursing. 1898. Obtido em <http://www.fulltextarchive.com/pdfs/Notes-on-Nursing.pdf>
55. Smith RM, Rae A. Thermal comfort of patients in hospital ward areas. *J Hyg (Lond)*. 1977;78:17-26.
56. Seguin J, Hayes J. Thermal equipment usage patterns in neonatal intensive care units: interunit variability and intraunit consistency. *Am J Perinatol*. 1997;14:267-70.
57. Thomas KA, Magbalot A, Shinabarger K, Mokhnach L, Anderson M, Diercks K, Millar A, Thorngate L, Walker W, Dilback N, Berkan M. Seasonal mapping of NICU temperature. *Adv Neonatal Care*. 2010;10(5 Suppl):S2-6.
58. Fidler HL. Incubator humidity: more than just something to sweat about!! *Adv Neonatal Care*. 2011;11:197-9.
59. Orsi KC, Avena MJ, Lurdes de Cacia Pradella-Hallinan M, da Luz Gonçalves Pedreira M, Tsunemi MH, Machado Avelar AF, Pinheiro EM. Effects of Handling and Environment on Preterm Newborns Sleeping in Incubators. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs*. 2017;46:238-247.
60. Armede VCB, Abraão LM, Fortaleza CMCB. Surgical site infections in very small hospitals in inner Brazil: Unveiling a relevant issue for developing countries. *Am J Infect Control*. 2017;45:935-936.

61. Ayub Khan MN, Verstegen DML, Bhatti ABH, Dolmans DHJM, van Mook WNA. Factors hindering the implementation of surgical site infection control guidelines in the operating rooms of low-income countries: a mixed-method study. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2018 (in press) Aug 10. doi: 10.1007/s10096-018-3327-2. [Epub ahead of print].
62. Thomas S, Palmer R, Phillip E, Chipungu G. Reducing bacterial contamination in an Orthopedic Theater ventilated by natural ventilation, in a Developing Country. *J Infect Dev Ctries*. 2016;10:518-22.
63. Fortaleza CMCB, Silva MO, Saad Rodrigues F, Cunha AR. Impact of weather on the risk of surgical site infections in a tropical area. *Am J Infect Control*. 2019;47:92-94.
64. Durkin MJ, Dicks KV, Baker AW, Lewis SS, Moehring RW, Chen LF, et al. Seasonal variation of common surgical site infections: does season matter? *Infect Control Hosp Epidemiol* 2015; 36:1011-6.
65. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global guidelines for the prevention of surgical site infections. Geneva: WHO, 2016.
66. Berríos-Torres SI, Umscheid CA, Bratzler DW, et al. Centers for Disease Control and Prevention Guideline for the Prevention of Surgical Site Infection, 2017. *JAMA Surg*. 2017;152:784-91.

67. Wong SW, Smith R, Crowe P. Optimizing the operating theater environment. *ANZ J Surg.* 2010;80:917-24.
68. Manian FA. Seasonal Variation of Surgical Site Infections: Why Does It Occur, Why Does It Matter? *Infect Control Hosp Epidemiol* 2016;37:121-3.
69. Falagas ME, Peppas G, Matthaiou DK, Karageorgopoulos DE, Karalis N, Theocharis G. Effect of meteorological variables on the incidence of lower urinary tract infections. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 2009; 28: 709–712.
70. Simmering JE, Tang F, Cavanaugh JE, Polgreen LA, Polgreen PM. The Increase in Hospitalizations for Urinary Tract Infections and the Associated Costs in the United States, 1998-2011. *Open Forum Infect Dis.* 2017;4:ofw281.
71. Rosello A, Pouwels KB, Domenech de Cellès M, van Kleef E, Hayward AC, et al. Seasonality of urinary tract infections in the United Kingdom in different age groups: longitudinal analysis of The Health Improvement Network (THIN). *Epidemiol Infect.* 2018;146:37-45.