



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA MORTALIDADE POR INFARTO AGUDO DO MIOCÁRDIO NA MICRORREGIÃO DE JUIZ DE FORA-MINAS GERAIS

Letícia de Castro Martins Ferreira ^(a), Cássia de Castro Martins Ferreira ^(b), Mário Círio Nogueira ^(c), Ricardo Vela de Britto Pereira ^(d), William Cossich Marcial de Farias ^(e), Marília Sá Carvalho ^(f), Maria Teresa Bustamante Teixeira ^(c)

^(a) Doutoranda Programa de Pós graduação em Saúde Coletiva - Faculdade Medicina, Universidade Federal de Juiz de Fora, Email: leticiacmferreira@gmail.com

^(b) Departamento Geociências/Faculdade Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Email: cassia.castro@ufjf.edu.br

^(c) Departamento Saúde Coletiva/Faculdade Medicina, Universidade Federal de Juiz de Fora, Email: mario.cirio.nogueira@gmail.com

^(d) Centro de apoio administrativo- Força Aérea Brasileira, Email: ricardoestatistico@yahoo.com.br

^(e) Departamento de Física e Astronomia – Universidade de Bologna, Email: william.cossich2@unibo.it

^(f) Fundação Oswaldo Cruz – Programa de Computação Científica, Email: mariliasaca@gmail.com

Eixo: A Climatologia no contexto dos estudos da paisagem e socioambientais.

Resumo

Variações na temperatura podem ocasionar descompensação de doenças e óbitos por infarto agudo do miocárdio (IAM). Pouco se sabe sobre essa relação na microrregião de Juiz de Fora - Minas Gerais (MG). Desta forma, este trabalho objetivou investigar o efeito da temperatura ambiente na mortalidade por IAM nesta região. Analisaram-se os registros diários de óbitos por IAM e dados temperatura média diária entre 1996 e 2013 utilizando modelo DLNM (*Distributed lag non-linear model*). Esta análise mostrou que o risco atribuível às temperaturas do ar extremamente baixas foi de 1,4% (IC95%: 0,2%; 2,4%) e que 91 óbitos foram atribuídos a elas (IC95%: 15; 156). A temperatura 22.7°C foi de risco mínimo para morte por IAM enquanto que a temperatura do ar de risco máximo no frio foi 11.4°C e para o calor foi 28.1°C. Conclui-se que temperaturas do ar extremamente frias apresentam maior risco para óbitos por IAM na região estudada.

Palavras chave: temperatura, mortalidade, infarto agudo do miocárdio, séries temporais



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

1. Introdução

As mudanças climáticas globais e suas repercussões na saúde humana vem sendo amplamente estudadas (MOURA, 2013; WHO, 2015). A temperatura do ar é um dos elementos climáticos mais utilizados como indicador para estudos dos efeitos da mudança climática devido à fácil obtenção e análise dos dados (LEE et al., 2018). As variações na temperatura do ar contribuem para o aumento na mortalidade por doenças cardiovasculares por mecanismos fisiopatológicos e por propiciar a descompensação de doenças crônicas já existentes levando ao óbito (WATTS et al., 2017). Dentre as doenças cardiovasculares o infarto agudo do miocárdio (IAM) é a principal causa de morte no Brasil e no sudeste brasileiro onde se situa a microrregião de Juiz de Fora (MARINHO et al., 2018).

A relação entre clima e doenças é influenciada por diversos fatores como a capacidade de adaptação, as condições socioeconômicas, susceptibilidade individual e o acesso a serviços de saúde, podendo ampliar as desigualdades e vulnerabilidades na saúde (GUO et al., 2013; LEE et al., 2018)

Alguns estudos desenvolvidos em outras regiões analisaram a influência da temperatura do ar na mortalidade por IAM e encontraram aumento da mortalidade tanto para altas quanto para baixas temperaturas (JIA et al., 2014; SHIUE; PERKINS; BEARMAN, 2016; YANG et al., 2017). Entretanto estes estudos não abordaram o risco atribuível e as temperaturas do ar de maior risco e menor risco de ocorrer o óbito. Estas medidas são importantes em saúde pública pois instrumentalizam gestores e trabalhadores em saúde além das pessoas portadoras fatores de risco e de doenças cardiovasculares com alto risco de morrer por IAM para prevenção e medidas eficazes de controle.

Tendo em vista a magnitude do problema desenvolvemos esta pesquisa com o objetivo de investigar o efeito da temperatura do ar na mortalidade por IAM na microrregião de Juiz de Fora - MG.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

2. Materiais e Métodos

Este é um estudo de séries temporais diárias de mortalidade por IAM e de temperatura média do ar. Selecionamos a microrregião de Juiz de Fora localizada no sudeste do estado de Minas Gerais. Essa área engloba 33 municípios e uma população total de 730.249 pessoas, área 8.914 km², densidade 81,9 hab./km² e altitude 643 metros. Está situada Zona da Mata mineira e possui número de óbitos expressivo (DATASUS, 2018; IBGE, 2019). O período de análise foi de janeiro de 1996 a dezembro de 2013.

O clima da região é classificado como tropical de altitude (tipo *Cwa* segundo Köppen), mesotérmico ou temperado quente, com seca no inverno e verão quente e úmido (MARTINS et al., 2018). É uma importante região econômica do estado tendo como principais setores econômicos: os serviços, o comércio e a indústria. O setor saúde conta com rede de assistência primária, secundária e terciária o que facilita o acesso a serviços de saúde (DATASUS, 2018; IBGE, 2019).

2.1. Dados

Os dados diários de óbitos por IAM (código I21, CID 10) da microrregião de Juiz de Fora-MG e as estimativas de população foram obtidos do DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde acessíveis na internet (DATASUS, 2018).

A pesquisa foi dispensada de aprovação por comitê de ética em pesquisa conforme resolução do CONEP No.510 de 7/4/2016

Os dados de temperatura foram conseguidos da página na Internet da Reanálise ERA-Interim, desenvolvido pelo ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast) (DEE et al., 2011). Apesar dos dados fornecidos pelas estações climatológicas serem o padrão ouro para análise, eles não estavam disponíveis em toda microrregião estudada e nem por todo o período analisado. A reanálise do ERA-Interim sintetiza as informações climatológicas de navios,



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

aviões, radiossondas e satélites, distribuídas irregularmente no espaço e no tempo, que são então integradas em modelo de previsão (QUADRO et al., 2012). As estimativas apresentam resolução horizontal em grade uniforme, espaçadas a aproximadamente 13 Km. Para a microrregião de Juiz de Fora, foi calculado a média diária dos valores dos pontos da grade ali localizados.

2.2. Análise Estatística

Para estudar a associação entre óbitos por IAM e temperatura média do ar e permitir estimar efeitos não lineares e defasados no tempo (lag), que ocorrem com frequência relacionados a variáveis ambientais como a temperatura, as predições de risco foram feitas usando modelos não-lineares de atraso distribuído (DLNM). Estes modelos permitem capturar, de forma flexível, as dependências complexas não-lineares e defasadas das relações exposição-resposta através de duas funções que modelam as relações exposição-resposta e lag-resposta, respectivamente (GASPARRINI; ARMSTRONG; KENWARD, 2010). Selecionamos uma natural-spline com cinco graus de liberdade para a função de exposição-resposta e uma função polinomial com um intercepto e quatro graus de liberdade para a função lag-resposta, com a finalidade de permitir maior flexibilidade ao modelo. Os modelos incluíram estimativas até o lag 14, para permitir estimar efeitos defasados até duas semanas.

Estimamos os riscos relativos acumulados (RR) de óbito por IAM em determinados percentis (P) de distribuição da temperatura em relação à temperatura ótima. Os percentis foram escolhidos para representar o frio extremo (P2,5), frio moderado (P10), calor moderado (P90) e calor extremo (P97,5).

Estimamos as frações e números atribuíveis às temperaturas não ótimas, acumulados até o lag 14 (GASPARRINI; LEONE, 2014). Calculamos os seguintes componentes:

- (a) risco atribuível (RA) ao frio extremo (entre a menor temperatura e o percentil 2,5);
- (b) RA ao frio moderado (entre os percentis 2,5 e 10);



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

(c) RA ao calor moderado (entre os percentis 90 e 97,5);

(d) RA ao calor extremo (entre o percentil 97,5 e a maior temperatura).

A temperatura de referência usada (temperatura ótima) foi uma estimativa da temperatura de risco mínimo de mortalidade para cada região no lag 14 (TOBÍAS; ARMSTRONG; GASPARRINI, 2017).

A média diária dos dados de temperatura são os mais frequentemente utilizados nos estudos sobre clima e saúde (SUN et al., 2018).

As análises foram realizadas no aplicativo R versão 3.4.0, utilizando principalmente a biblioteca dlnm (GASPARRINI, 2011)(R Development Core Team 2008).

3. Resultados e discussões:

A figura 1 exibe o gráfico de RR acumulado até o lag 14, com intervalo de confiança de 95%, para microrregião de Juiz de Fora, com linhas verticais representando a temperatura de risco mínimo (linha cheia) e as temperaturas de risco máximo no frio e no calor (linhas tracejadas). Observa-se nesta figura um aumento do risco para temperaturas do ar mais baixas. As temperaturas do ar mais altas não apresentam risco.

A tabela I mostra os valores do RR de óbito para IAM nas diversas temperaturas médias do ar categorizadas em percentis com intervalo de confiança de 95% na microrregião de Juiz de Fora / MG, no período de 1996-2013. Verifica-se que somente nas temperaturas abaixo do percentil 2,5 há aumento do RR estatisticamente significativo. Ou seja, abaixo da temperatura 15,2° C há aumento do risco de morrer por IAM. Nota-se que o valor de temperatura de risco máximo está em 11,4°C. Com isso se constata que o risco de morrer por IAM na microrregião de Juiz de Fora aumenta em temperaturas de frio extremo.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Somando-se a isto a análise dos dados também mostrou que o risco atribuível (RA) à temperatura abaixo do percentil 2,5, ou seja, frio extremo, foi de 1,4% (IC95%: 0,2%; 2,4%) e 91 óbitos foram atribuídos à temperatura abaixo do percentil 2.5 (IC95%: 15; 156).

Os resultados achados nesta pesquisa estão em consonância com a literatura internacional que evidencia a maior mortalidade nos períodos mais frios. Um processo plausível que determina a influência de temperaturas baixas na elevação do risco de morrer por infarto agudo do miocárdio (IAM) seria a redução do fluxo sanguíneo ao coração por vasoconstrição das artérias e por trombogênese. A vasoconstrição é determinada por estímulo de receptores de frio localizados na pele, que impulsionam o sistema nervoso simpático a soltar catecolaminas no sangue, estas por sua vez causam vasoconstrição, aumento da frequência cardíaca e da pressão arterial (ALPÉROVITCH et al., 2009). Isto leva o coração a consumir mais oxigênio e como este está diminuído pela redução do aporte sanguíneo ao coração pode ocasionar a isquemia miocárdica e o infarto. A trombogênese relacionada-se a elevação das concentrações plasmáticas de fatores da coagulação e de atividade inflamatória como fibrinogênio, proteína C-reativa e número de plaquetas, levando a coagulação e formação de trombos nas artérias coronarianas. Somando-se a isso, o volume plasmático diminuído e o aumento da viscosidade do sangue durante a exposição ao frio também tendem a causar a trombose. Conseqüentemente, fatores de risco para doenças cardiovasculares que se conhecem são acentuados durante períodos mais frios, podendo levar ao infarto agudo do miocárdio (MCMURRAY; PFEFFER, 2005).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Juiz de Fora

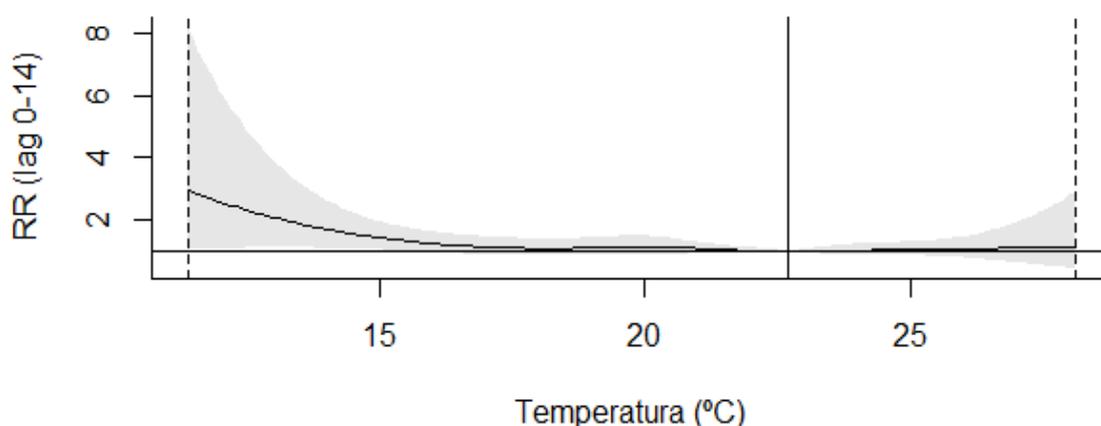


Figura 1: Gráfico de Risco Relativo acumulado até o lag 14, com intervalo de confiança de 95%, para microrregião de Juiz de Fora, com linhas verticais representando a temperatura de risco mínimo (linha cheia) e as temperaturas de risco máximo no frio e no calor (linhas tracejadas).

Tabela I: Risco relativo (RR) de óbito por infarto agudo do miocárdio para as temperaturas do ar médias na microrregião de Juiz de Fora / MG, 1996-2013.

	Temperatura (graus Celcius)	RR
Valor mínimo	11,4	2.95 (1.07-8.16)
Percentil 1	14,3	1.61 (1.08-2.40)
Percentil 2.5	15,2	1.38 (1.02-1.87)
Percentil 10	17,1	1.12 (0.87-1.45)
Percentil 25	18,8	1.09 (0.85-1.41)
Mediana	21,1	1.08 (0.92-1.26)
Média	20,9	1.09 (0.91-1.31)
Percentil 75	23,2	1.00 (0.92-1.10)
Percentil 90	24,6	1.03 (0.84-1.27)
Percentil 97.5	25,8	1.06 (0.81-1.40)
Percentil 99	26,4	1.08 (0.73-1.61)
Valor máximo	28,1	1.13 (0.44-2.91)



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

4. Considerações Finais

Esta pesquisa evidenciou que temperaturas extremamente frias, abaixo de 15,2°C, estão associadas a maior risco de óbitos por IAM na microrregião de Juiz de Fora - MG. O risco atribuível à baixas temperaturas foi de 1,4% e 91 óbitos poderiam ter sido evitáveis caso medidas de prevenção tivessem sido realizadas. O conhecimento destas medidas permite a organização de sistemas de alerta que orientem a população vulnerável dos riscos do frio extremo e também a gestores e servidores da saúde para ação na prevenção, cura e reabilitação deste agravo à saúde.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Juiz de Fora pela Bolsa Próquali fornecida à doutoranda.

Referências Bibliográficas

ALPÉROVITCH, A. et al. Relationship between blood pressure and outdoor temperature in a large sample of elderly individuals: the Three-City study. **Archives of internal medicine**, v. 169, n. 1, p. 75–80, 2009.

DATASUS. Sistema de Informação sobre Mortalidade. 2018. Disponível em: <<https://http://datasus.saude.gov.br/>>. Acesso em: 11 fev. 2019

DEE, D. P. et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 137, n. 656, p. 553–597, abr. 2011.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GASPARRINI, A. Distributed lag linear and non-linear models in R: the package dlnm. **Journal of statistical software**, v. 43, n. 8, p. 1, 2011.

GASPARRINI, A.; ARMSTRONG, B.; KENWARD, M. G. Distributed lag non-linear models. **Statistics in Medicine**, v. 29, n. 21, p. 2224–2234, 20 set. 2010.

GASPARRINI, A.; LEONE, M. Attributable risk from distributed lag models. **BMC Medical Research Methodology**, v. 14, n. 1, dez. 2014.

GUO, Y. et al. Extremely cold and hot temperatures increase the risk of ischaemic heart disease mortality: epidemiological evidence from China. **Heart**, v. 99, n. 3, p. 195–213, 2013.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/juiz-de-fora/panorama>>. Acesso em: 11 fev. 2019.

JIA, E.-Z. et al. Meteorological Parameters and the Onset of Chest Pain in Subjects with Acute ST-Elevation Myocardial Infarction: an Eight-Year, Single-Center Study in China. **Cellular Physiology and Biochemistry**, v. 34, n. 5, p. 1589–1596, 2014.

LEE, W. et al. Mortality burden of diurnal temperature range and its temporal changes: A multi-country study. **Environment International**, v. 110, p. 123–130, jan. 2018.

MARINHO, F. et al. Burden of disease in Brazil, 1990–2016: a systematic subnational analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. **The Lancet**, jul. 2018.

MARTINS, F. B. et al. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN E DE THORNTHWAITE PARA MINAS GERAIS: CENÁRIO ATUAL E PROJEÇÕES FUTURAS. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 0, 8 nov. 2018.

MCMURRAY, J. J.; PFEFFER, M. A. steady increase, age-adjusted rates of admission for heart failure seem to have reached a plateau, or even decreased. **Lancet**, v. 365, p. 1877–89, 2005.

MOURA, M. D. O. **ANOMALIAS DAS TEMPERATURAS EXTREMAS DO AR EM FORTALEZA: CORRELAÇÕES COM A MORBIDADE HOSPITALAR POR DOENÇAS CARDIOVASCULARES**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2013.

QUADRO, M. F. L. DE et al. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 152–162, 2012.

SHIUE, I.; PERKINS, D. R.; BEARMAN, N. Hospital admissions of hypertension, angina, myocardial infarction and ischemic heart disease peaked at physiologically equivalent



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

temperature 0 °C in Germany in 2009–2011. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 1, p. 298–306, 1 jan. 2016.

SUN, Z. et al. Effects of ambient temperature on myocardial infarction: A systematic review and meta-analysis. **Environmental Pollution**, v. 241, p. 1106–1114, out. 2018.

TOBÍAS, A.; ARMSTRONG, B.; GASPARRINI, A. Brief Report: Investigating Uncertainty in the Minimum Mortality Temperature. **Epidemiology**, v. 28, n. 1, p. 72–76, jan. 2017.

WATTS, N. et al. The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. **The Lancet**, out. 2017.

WHO. **CLIMATE AND HEALTH COUNTRY PROFILES - 2015 A GLOBAL OVERVIEW**. Genebra: [s.n.].

YANG, J. et al. Seasonal variations of temperature-related mortality burden from cardiovascular disease and myocardial infarction in China. **Environ Pollut**, v. 224, p. 400–406, 02PY - 2017 2017.