UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

ANDRESSA KUTSCHENKO

**Associação entre tempestades geomagnéticas e internações por
infarto agudo do miocárdio**

Ribeirão Preto

2012

ANDRESSA KUTSCHENKO

**Associação entre tempestades geomagnéticas e internações por
infarto agudo do miocárdio**

Dissertação apresentada a Faculdade de
Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de
São Paulo para obtenção do Título de Mestre.

Área de Concentração: Saúde na
Comunidade

Orientador: Prof. Dr. Edson Zangiacomi
Martinez

Ribeirão Preto

2012

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica

Kutschenko, Andressa

Associação entre tempestades geomagnéticas e infarto agudo do miocárdio.

111 p.:il.; 30cm.

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Saúde na Comunidade.

Orientador: Edson Zangiacomi Martinez

1. Internações por infarto. 2. Tempestades geomagnéticas. 3. Modelo de regressão de Poisson.

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANDRESSA KUTSCHENKO

Associação entre tempestades geomagnéticas e interações por infarto agudo do miocárdio.

Dissertação apresentada a Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São para obtenção do Título de Mestre.

Área de Concentração: Saúde na Comunidade

Orientador: Prof. Dr. Edson Zangiacomi Martinez

Aprovado em: __/__/____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, que sempre me ensinaram que o estudo é fundamental para o crescimento do ser humano e me incentivam a nunca parar de estudar.

***“Percebe e entende que os melhores amigos são aqueles que estão em casa
esperando por ti”.***
Anjos de Resgate

AGRADECIMENTOS

Em primeiríssimo lugar, agradeço a Deus por sua imensa bondade em me conceder sabedoria e equilíbrio.

Agradeço aos meus pais por me ensinarem a importância dos estudos, me apoiarem e não me deixarem desistir dos meus sonhos.

Agradeço de todo o meu coração ao professor Edson Zangiacomi Martinez, por acreditar no meu potencial de pesquisadora e me aceitar como sua orientanda e por todo o conhecimento adquirido ao longo desses quase 5 anos de convívio, desde o Centro de Métodos Quantitativos (CEMEQ).

Agradeço ao professor Juan Stuardo Yazlle Rocha, mentor do projeto, por acreditar em mim no desenvolvimento desse estudo.

Agradeço a todas amigas conquistadas ao longo desse percurso e aos colegas de mestrado e de CEMEQ que fizeram diferença na minha vida ribeirão-pretana, através dos momentos inesquecíveis de estudos e lazer. Nada mais justo do que fazer agradecimentos especiais a Simara Barboza, Marília Duarte Valim e Jaqueline Pereira Dias, minhas irmãs de república! Quanta felicidade e quantas histórias de república! À Fabricia Mabelle Silva, meu pareamento! Agradeço também a Lara Fonseca e Daiane Leite da Roza, minhas queridas!

Agradeço a todos os professores e funcionários do Departamento de Medicina Social que me ajudaram.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado.

Agradeço e à Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Assistência do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FAEPA) pelos auxílios financeiros.

E agradeço a todos que acreditaram nesse projeto e me ajudaram.

"Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes."

Marthin Luther King

RESUMO

KUTSCHENKO, A. **Associação entre tempestades geomagnéticas e internações por infarto agudo do miocárdio**. 111f. 2012. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

Os diversos fenômenos solares mostram que a sua atividade não é constante, sendo as manchas solares observadas em sua fotosfera um indicador de atividade do Sol. Os números dessas manchas seguem um ciclo de 11 anos que alterna entre máximos e mínimos; quanto maior o número de manchas, maior o número de erupções no Sol. A literatura médica vem mostrando algumas evidências de que a atividade solar possui alguma relação com a predisposição das pessoas a algumas doenças. As tempestades geomagnéticas são associadas a doenças cardiovasculares, mudanças na pressão arterial sistólica, gravidade da crise de enxaqueca, distúrbios psiquiátricos. As condições da atividade geomagnética são classificadas segundo Batista (2003) em uma escala de "Calma", "Transição", "Ativo", "Tempestade fraca", "Tempestade intensa" ou "Tempestade muito intensa". No presente projeto de pesquisa, objetiva-se investigar a associação entre atividade geomagnética e internações diárias por infarto nos hospitais de Ribeirão Preto e região, no período de 1998 a 2007. A hipótese em estudo é que em dias de condições de atividade geomagnética muito perturbada, o número médio de internações por doenças isquêmicas do coração é maior. Para a análise dos dados foi utilizado o modelo de regressão de Poisson com função logarítmica com o auxílio do software SAS 9.2, utilizando o procedimento PROC GENMOD. Observa-se que há evidências de associação entre tempestades geomagnéticas e internações por IAM.

Palavras-chave: Internações por infarto, tempestades geomagnéticas, modelo de regressão de Poisson.

ABSTRACT

KUTSCHENKO, A. **Association between geomagnetic activity and daily hospitalization by acute myocardial infarction**. 111p. 2012. Dissertation (Master). Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

Numerous solar phenomena demonstrate that their activities are not continual, and sunspots noticed in their photosphere are considered an indicator by Sun's activity. Numbers linked with these sunspots follow an eleven-year cycle, which alternates between high and low, it means, the greater the number of sunspots, the greater the number of Sun eruptions. Medical Literature has produced evidences that solar activity has some association with people predisposing to some diseases. Geomagnetic storms are related with cardiovascular disease, changes in systolic blood pressure, severity and psychiatric disorders. According to Batista (2003), geomagnetic activity conditions are categorized on a scale of 'Quiet', 'Transition', 'Acting', 'Weak Storm', 'Intense Storm' or 'Very Intense Storm'. This study intends to investigate the association between geomagnetic activity and daily hospitalization by acute myocardial infarction (AMI) in Ribeirão Preto and its region from 1998 to 2007. The hypothesis being studied is that: day which has unquiet geomagnetic condition, the average number of hospitalizations originated by ischemic heart disease is higher. In order to get on with data analysis, it was used Poisson's regression model, with logarithmic function through SAS 9.2, using PROC GENMOD procedure. In consequence, it is observed that there are evidences between geomagnetic storms and hospitalizations by AMI.

Keywords: Hospitalization by acute myocardial infarction, geomagnetic storms, Poisson's regression model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do interior solar e atmosfera. Interior solar: (1) núcleo, (2) zona radiativa e (3) zona convectiva. Atmosfera solar: (4) fotosfera, (5) cromosfera e (6) coroa. (Baseado em <i>National Aeronautics and Space Administration, NASA</i>).	29
Figura 2 - Distribuições dos observatórios AE.	36
Figura 3 - Distribuições dos observatórios Dst.	36
Figura 4 - Distribuições dos observatórios Kp.	38
Figura 5 – Percentual dos dias dos anos entre 1998 e 2007 por nível de atividade geomagnética.	60
Figura 6 - Gráfico de séries temporais.	61
Figura 7 - Correlograma.	62
Figura 8 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 1 ajustado.	64
Figura 9 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 2 ajustado.	66
Figura 10 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 3 ajustado.	69
Figura 11 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 4 ajustado.	71
Figura 12 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 5 ajustado.	75
Figura 13 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 6 ajustado.	77
Figura 14 - Média e IC*(95%) das internações diárias por IAM por nível de atividade geomagnética estimados pelo Modelo 4.	79
Figura 15 - Razões entre as taxas das internações diárias por IAM entre os níveis de atividade geomagnética estimados pelo Modelo 4 com os respectivos intervalos de confiança. (C) calma, (T) transição, (A) ativo, (TF) tempestade fraca, (TI) tempestade intensa, (TMI) tempestade muito intensa.	81
Figura 16 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 1 defasagem.	102
Figura 17 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 2 defasagens.	103
Figura 18 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 3 defasagens.	104
Figura 19 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 4 defasagens.	105

Figura 20 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 5 defasagens.....	106
Figura 21 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 6 defasagens.....	107
Figura 22 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 7 defasagens.....	108
Figura 23 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 7.	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da atividade geomagnética em função do índice Dst.	37
Tabela 2 - Relação entre os índices Kp e Ap.....	38
Tabela 3 - Classificação da atividade geomagnética em função dos índices Kp e Ap.	39
Tabela 4 - Variáveis independentes do estudo.....	48
Tabela 5 - Frequência e percentual das variáveis em estudo relacionadas à caracterização de pacientes internados por sexo e faixa etária.	58
Tabela 6 - Frequência e percentual dos dias dos anos entre 1998 e 2003 por nível de atividade geomagnética.	59
Tabela 7 - Frequência e percentual dos dias dos anos entre 2004 e 2007 por nível de atividade geomagnética.	60
Tabela 8 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 1 de regressão de Poisson.	63
Tabela 9 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 2 de regressão de Poisson.	65
Tabela 10 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 3 de regressão de Poisson. ...	68
Tabela 11 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 4 de regressão de Poisson.	70
Tabela 12 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 5 de regressão de Poisson. ...	73
Tabela 13 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 6 de regressão de Poisson.	76
Tabela 14 – Critérios de informação AIC e BIC calculados para os modelos ajustados.	78
Tabela 15 - Média e IC*(95%) das internações diárias por IAM por nível de atividade geomagnética estimados pelo Modelo 4.....	78
Tabela 16 - Razões entre as taxas das internações diárias por IAM entre os níveis de atividade geomagnética estimados pelo Modelo 4 com os respectivos intervalos de confiança.	80
Tabela 17 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 7 de regressão de Poisson. ..	109
Tabela 18 - Média e IC*(95%) das internações diárias por IAM por nível de atividade geomagnética estimados pelo Modelo 7.....	110
Tabela 19 - Razões entre as taxas das internações diárias por IAM entre os níveis de atividade geomagnética estimados pelo Modelo 7 com os respectivos intervalos de confiança.	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AE	Auroral Electrojet
AIC	Akaike's Information Criterion
BIC	Bayesian Information Criterion
CCPH	Corpo de Bombeiros do Paraná
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CID	Classificação Internacional de Doenças
CME	Coronal Mass Ejections
CPDH	Centro de Processamento de Dados Hospitalares
CME	Coronal Mass Ejections
DATASUS	Departamento de Informática do SUS
DP	Desvio padrão
Dst	Disturbance Storm-Time
ECV	Eventos Cardio-Vasculares
EP	Erro padrão
FMRP	Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
GEE	Generalized Estimating Esquations
GFZ	GeoForschungsZentrum
GOES	Goddard Space Flight Center
IAM	Infarto Agudo do Miocárdio
IC	Intervalo de confiança
INGV	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Kp	Planetarische Kennziffer
NASA	National Aeronautics and Space Administration
nT	NanoTesla
OMS	Organização Mundial da Saúde
PC	Press-Chamber
RHESSI	Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscope Imager
SE	Serviço de Emergência
SIDC	Solar Influences Data Center
SIIG	Service International des Indices Geomagnetiques

SOHO	Solar and Heliospheric Observatory
SUS	Sistema Único de Saúde
TRACE	Transition Region and Coronal Explorer
USP	Universidade de São Paulo
WDC	World Data Center

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. JUSTIFICATIVA.....	23
3. OBJETIVOS.....	25
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
4.1. O SOL	27
4.1.1. O fascínio do homem pelo Sol.....	27
4.1.2. Definição e características.....	29
4.1.2.1. Manchas solares	31
4.1.2.2. Vento solar	31
4.1.2.3. Explosões solares	32
4.1.2.4. Ejeções de massa coronal solares.....	32
4.1.3. Atividade solar e seu ciclo	33
4.1.4. Tempestades Geomagnéticas.....	33
4.1.5. Índices geomagnéticos	34
4.1.5.1. Índice AE.....	35
4.1.5.2. Índice Dst	35
4.1.5.3. Índices Kp e Ap	37
4.2. INFARTO AGUDO DO MIOCÁRDIO	39
4.2.1. Patologia e sintomas	40
4.2.2. Fatores desencadeantes e de risco para IAM	40
4.2.3. Tratamento e procura por serviço de emergência	41
4.3. CLASSIFICAÇÃO DE DOENÇAS	43
5. CASUÍSTICA E MÉTODOS	45
5.1. CASUÍSTICA.....	45
5.1.1. Delineamento do Estudo	45
5.1.2. Locus do Estudo.....	45
5.1.3. População de Estudo.....	45
5.1.3.1. Critérios de inclusão.....	46
5.1.4. Obtenção dos Dados.....	46
5.1.4.1. Dados de internações hospitalares	46
5.1.4.2. Dados de atividade geomagnética	46
5.1.5. Período de Referência.....	47
5.1.6. Variáveis do Estudo.....	47
5.1.7. Processamento dos Dados.....	47
5.1.8. Aspectos Éticos	49

5.2. MÉTODOS	49
5.2.1. <i>Modelo Estatístico</i>	49
5.2.2. <i>Adequação do Modelo</i>	53
6. RESULTADOS	57
6.1. CARACTERIZAÇÃO DOS CASOS DE INTERNAÇÕES POR IAM.....	57
6.2. CARACTERIZAÇÃO DO PERÍODO EM ESTUDO EM RELAÇÃO À ATIVIDADE GEOMAGNÉTICA.....	59
6.3. ANÁLISE DOS DADOS: MODELOS DE REGRESSÃO DE POISSON	61
6.3.1. <i>Modelo 1</i>	62
6.3.2. <i>Modelo 2</i>	64
6.3.3. <i>Modelo 3</i>	66
6.3.4. <i>Modelo 4</i>	70
6.3.5. <i>Modelo 5</i>	71
6.3.6. <i>Modelo 6</i>	75
6.3.7. <i>Comparações entre os modelos ajustados</i>	77
7. DISCUSSÃO	83
8. CONCLUSÃO.....	87
REFERÊNCIAS	89
ANEXO A - APROVAÇÃO PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	99
ANEXO B - DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS PARA OBTENÇÃO DO MODELO 2	101
ANEXO C – MODELO COM DEFASAGEM.....	109

INTRODUÇÃO

1

A biometeorologia humana é a ciência que tem por objetivo estudar a influência do meio ambiente sobre o homem (HOPPE, 1997). Um ramo mais específico da ciência, a heliobiologia, estuda o impacto das mudanças da atividade solar sobre organismos vivos (FIRST MIDDLE EAST AND AFRICA IAU, 2008).

A literatura médica vem mostrando algumas evidências de que a atividade solar possui alguma relação com a predisposição das pessoas a algumas doenças (DAVIS; LOWELL, 2004 e 2006). Babayev et al. (2007), na *First Middle East and Africa IAU* (2008), descreveram resultados de diversos estudos originais obtidos do Azerbaijão em conjunto com cientistas da Bulgária, Rússia, Israel e Grécia, na área da heliobiologia, em que as tempestades geomagnéticas ampliariam o fundo emocional negativo de um indivíduo, podendo afetar seu cérebro, aumentando assim o risco de algum acidente. Não apenas os níveis extremamente elevados, o que caracteriza uma tempestade geomagnética, mas também níveis muitos baixos de atividade geomagnética poderiam influenciar a saúde humana, e em especial e de forma significativa o número de eventos cardiovasculares (ECV) agudos, como morte cardíaca súbita e infarto agudo do miocárdio (IAM).

Sendo a tempestade geomagnética uma rápida perturbação em todo o campo magnético da Terra, com duração média de algumas horas (BHATNAGAR; LIVINGSTON, 2005), Stoilova e Zdravev (2000) evidenciaram em de um estudo experimental que as variações significativas do campo magnético podem alterar o funcionamento normal do sistema nervoso central, sistema nervoso vegetativo, sistema cardiovascular e desempenho cognitivo. Para isso, eles investigaram e compararam a atividade cerebral, sono noturno e pressão arterial de sete homens saudáveis dentro e fora de um ambiente magnético criado em condições laboratoriais nomeado *Press-Chamber* (PC). O campo geomagnético causou mudanças nos parâmetros fisiológicos humanos, aumento da pressão arterial, e sono mais agitado e superficial.

Outro estudo experimental proposto por Gmitrov e Gmitrova (2004), envolvendo 143 coelhos, teve por objetivo verificar o impacto dos campos magnéticos sobre o sistema cardiovascular. Foi evidenciado que os distúrbios geomagnéticos provocam um aumento médio no número de batimentos cardíacos e também da pressão arterial.

Demais estudos heliobiológicos, porém observacionais, relacionam tempestades geomagnéticas e IAM. Estes são descritos por Mendoza e Diaz-Sandoval (2000 e 2004), Villoresi et al. (1998), Taboada et al. (2004) e Dimitrova et al. (2009).

No estudo de Mendoza e Diaz-Sandoval (2000), foram consideradas 2.290 ocorrências diárias de IAM registradas pelo Instituto Nacional de Cardiologia na Cidade do México, México, entre 1992 e 1996. Em um estudo posterior (MENDOZA; DIAZ-SANDOVAL, 2004), estes autores investigaram 129.917 registros de óbitos por IAM entre 1996 e 1999 no México.

Villoresi et al. (1998) estudaram 15.543 ocorrências e 3.065 casos de óbitos por IAM nos 14 maiores hospitais de São Petersburgo, Rússia, nos anos de 1989 e 1990. Eles observaram que a taxa de incidência de IAM diminuiu expressivamente em sábados, domingos e feriados.

Taboada et al. (2004) avaliaram dados de hospitalizações por IAM entre os anos de 1.992 e 1.999 de 5 hospitais da cidade de Havana, Cuba.

Dimitrova et al. (2009) analisaram 1.192 ocorrências diárias e 175 casos de óbitos por IAM disponibilizadas por um hospital de Sofia, Bulgária, durante o período de 1995 a 2004.

Em todos estes estudos, as análises mostraram um aumento significativo da taxa de hospitalizações e/ou óbitos por IAM durante grandes perturbações geomagnéticas.

Porém, enquanto a maioria dos estudos mostra uma relação proporcional às interações e/ou mortalidade de doenças e atividade geomagnética, Stoupel et al. (2006) mostraram que as taxas de mortes cardíacas súbitas aumentam em dias de atividade geomagnética de maior calma. Foram avaliados dados diários e mensais de 788 pacientes que tiveram morte cardíaca nas unidades de emergência da cidade de Baku, Azerbaijão, entre os anos de 2003 e 2005.

As tempestades geomagnéticas são associadas também a mudanças na pressão arterial sistólica (DIMITROVA et al., 2004a e DIMITROVA et al., 2004b), gravidade da crise de enxaqueca (KURITZKY et al, 1987), distúrbios psiquiátricos (FRIEDMAN et al., 1963 e 1965, e KAY, 1994), crises epiléticas e tonturas (STOUPPEL et al., 1991), aumento da incidência de suicídios em mulheres (BERK et al., 2006).

Babayev et al. (2007), conduziram um estudo experimental com o objetivo de investigar a influência das tempestades geomagnéticas na atividade cerebral de 27 mulheres saudáveis em Baku, Azerbaijão. Em dias de condições geomagnéticas fracas, moderadas e fortes, estas mulheres foram submetidas a diversos testes psicológicos, que evidenciaram que as atividades cerebrais estão relacionadas a perturbações geomagnéticas. Estas afetam principalmente as esferas emocional e vegetativa dos seres humanos, porém não foram notadas alterações na personalidade humana.

Por outro lado, Feinleib et al (1975) estudaram taxas de mortalidade por todas as causas, por doença coronariana, e por acidente vascular cerebral nos Estados Unidos, e suas relações com a atividade solar medida pelo índice geomagnético Ap, entre 1964 e 1966 e entre 1964 e 1971. Estes autores não encontraram associações entre a atividade solar e a mortalidade por doenças cardiovasculares.

Infelizmente, uma grande limitação desse estudo se justifica pelo fato da maior parte da literatura científica relacionada ao tema encontrar-se na língua russa. A escassez de artigos em língua inglesa inviabiliza uma revisão bibliográfica mais ampla e limita o conhecimento sobre o tema (VALVERDE, 2012).

As condições da atividade geomagnética podem ser classificadas segundo Batista (2003 apud MATSUOKA et al., 2008) em uma escala de “Calma”, “Transição”, “Ativo”, “Tempestade fraca”, “Tempestade intensa” ou “Tempestade muito intensa”.

O presente trabalho tem por hipótese de que nos dias de condições de atividade geomagnética muito perturbada, o número médio de internações por IAM é maior.

Assim, é investigada, por modelos estatísticos de Poisson, a associação entre tempestades geomagnéticas e o número de internações por IAM na cidade de Ribeirão Preto e região, SP, no período de 1998 a 2007.

JUSTIFICATIVA

2

Mostrar evidências de relações entre tempestades geomagnéticas, desde que elas possam ser previstas, e internações por IAM, podem trazer informações importantes para que sejam tomadas medidas de planejamento, como por exemplo, um aumento da equipe médica em dias de condições de atividade geomagnética muito perturbada.

OBJETIVOS

3

O objetivo principal é investigar, por modelos estatísticos de Poisson, a associação entre tempestades geomagnéticas e o número de internações por IAM na cidade de Ribeirão Preto e região, SP, no período de 1998 a 2007.

Como objetivos específicos, definem-se:

- ✓ Descrever as hospitalizações e mortalidade dos indivíduos em estudo.
- ✓ Verificar se a tempestade geomagnética é um fator desencadeante para internação por IAM.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 4

4.1. O Sol

4.1.1. O fascínio do homem pelo Sol

A vida nômade dos povos primitivos os colocava em dependência dos fenômenos celestes, como o nascer e o pôr do Sol, as fases da Lua e os equinócios e solstícios que assinalam o início e o término das estações do ano. Esses fenômenos marcavam os tempos das plantações e das colheitas, e proporcionavam ao homem a tendência de divinizar os astros. O Sol, provedor de luz, calor e, portanto, vida, era naturalmente identificado no céu como um deus criador, supremo, responsável por uma ordem e equilíbrio nas atividades humanas (Piazza, 1996). Por surgir e desaparecer todos os dias, trazia um sentido de nascimento, morte e ressurreição, a renovação da natureza, o ciclo da vida. Como exemplo de rito, nota-se que no solstício do inverno, os antigos incas celebravam a Inti-Raymi, a festa do Sol, em Cuzco (Piazza, 1996). Enquanto Inti era o deus o Sol, Pachamama era a “Mãe Terra” (Módolo, 2006-7). Acreditava-se que quando Inti fecundava, Pachamama germinava.

A astronomia tinha, portanto, um papel fundamental no cotidiano nas culturas primitivas, com forte influência sobre a mitologia e a religião. Segundo Piazza (1996), o Sol tinha um lugar de grande destaque em toda a mitologia dos antigos egípcios. Dentre vários nomes, o mais conhecido era Rá, representado pelo disco solar na escrita por hieróglifos. Amon-Rá, o deus de Tebas, representava o Sol em seu pleno fulgor. Horus, o deus dos céus caracterizado por um falcão, tinha como olho direito o Sol (o olho esquerdo era a Lua), que representava a vigilância divina. Tonatiuh era o deus Sol entre os astecas (Taube, 1993). Na antiga Mesopotâmia, Sin (a Lua) e Shamash (o Sol) eram deuses associados aos fenômenos astrais (Piazza, 1996). Shamash era um juiz temível, que em seu transcurso diário via tudo e tomava nota de todas as coisas. Ao entardecer, voltava ao domínio dos mortos,

atrás das montanhas, e retornava no dia seguinte. Para os antigos indo-europeus, Surya era o deus do Sol (Piazza, 1996), que girava ao redor da terra em um carro guiado por sete cavalos. Amaterasu era a grande deusa do Sol entre os japoneses (Gaarder, 2006). A religião deste povo era o Shintô (Shin, deuses, e tô, caminho, daí o nome xintoísmo), que se caracterizava pelo culto da natureza, da deusa do sol, dos antepassados e dos mortos. As preces matinais eram dirigidas a Amaterasu, que tinha o monte Fuji como santuário (Piazza, 1996). Amaterasu seria a ancestral da família imperial japonesa, o que deu ao país a designação de “Império do Sol”.

Na mitologia grega, Hélios personificava o Sol, que cruzava os céus com uma carruagem puxada por quatro cavalos. Acredita-se que o Colosso de Rodes, uma das sete maravilhas do mundo antigo, era uma representação do deus Hélios (Maryon, 1956). Entre os romanos, o equivalente de Hélios era o deus Apolo, ou, no governo do Imperador Aureliano (que governou de 270 a 275), o *Sol Invictus*, que tomou a posição principal no panteão dos deuses romanos. Constantino, que governou Roma entre 306 e 337, instaurou uma religião solar de tendência monoteísta, que cultuava o Sol, tendo o *Sol Invictus* como um deus supremo (Carlan, 2009). O dia 25 de dezembro era o dia de culto do deus *Sol Invictus*, sendo esta data próxima ao solstício de inverno no hemisfério norte. Uma vez convertido ao cristianismo, Constantino assinou em 313 o Édito de Milão, que deu ao povo a liberdade de religião e favoreceu a substituição dos ritos pagãos pelos símbolos cristãos. Assim, acredita-se que a data do Natal cristão tenha sido fixada em 25 de dezembro em substituição ao culto do *Sol Invictus* (Krom, 2005; Carlan, 2009).

Com o passar do tempo e com o advento da heliofísica (Schrijver e Siscoe, 2010) e das sucessivas descobertas astronômicas, o Sol deixou de ser divinizado, embora prevaleça nos cultos de algumas religiões neopagãs.

Figura 1 - Estrutura do interior solar e atmosfera. Interior solar: (1) núcleo, (2) zona radiativa e (3) zona convectiva. Atmosfera solar: (4) fotosfera, (5) cromosfera e (6) coroa. (Baseado em *National Aeronautics and Space Administration, NASA*).

4.1.2. Definição e características

O Sol, com idade aproximada de 4,6 bilhões de anos (LANG, 2006a), 696 mil quilômetros de raio (diâmetro linear de 109 vezes o diâmetro da Terra), volume de 1.300.000 vezes o volume da Terra e massa da ordem de 333.000 massas terrestres, corresponde a 99,9% da massa do Sistema Solar (ALARSA e FARIA, 1982). A matéria solar é constituída principalmente pelos gases hidrogênio (em torno de 75%), hélio (23%) e de elementos mais pesados, como oxigênio, carbono e nitrogênio (2%) (ALARSA e FARIA, 1982).

O Sol possui seis principais regiões, conforme a Figura 1 (KEPLER e SARAIVA, 2003). O núcleo é a região mais interna, densa e com maiores temperatura e pressão do Sol. Devido a essas altíssimas temperatura, em torno de 20 milhões de graus Celsius, e pressão, é no núcleo que se produz energia, através

de reações termonucleares que transformam o hidrogênio em hélio (ALARSA; FARIA, 1982). A zona radiativa, que fica sobrejacente ao núcleo, é responsável pelo transporte da energia gerada no núcleo por irradiação para as regiões exteriores na forma de raios gama e raios-x, assim como a zona convectiva transporta a energia para a fotosfera através de correntes de convecção (NASA, 1999).

A fotosfera é a camada visível a olho nu do Sol, a partir da qual se origina a luz visível, e fria, com temperatura de 5500°C (ALARSA; FARIA, 1982). A fotosfera tem um aspecto granulado devido a granulação fotosférica, que é um fenômeno produzido quando colunas convectivas de gás quente que se formam na zona convectiva sobem à superfície e voltam a descer. A parte superior dessas colunas de gás formam os grânulos, que têm uma vida média de 10 minutos, o que explica a constante mudança da superfície do Sol (KEPLER; SARAIVA, 2003 e LANG, 2006b).

Os grânulos cobrem todo o Sol com exceção das manchas solares, que são regiões mais frias, escuras, de intensa atividade magnética e estão relacionadas a atividade solar (LANG, 2006a).

Já a cromosfera, de cor avermelhada, normalmente invisível devido a sua radiação ser muito mais fraca em relação à fotosfera, pode ser observada durante os eclipses devido ao fato do disco da fotosfera ficar coberta pela Lua. A temperatura nessa região pode chegar a 50.000°C . Na cromosfera podem ser vistas as proeminências, que são labaredas enormes e brilhantes de gás que se elevam até 10.000 km acima da borda da cromosfera, podendo ser observadas na superfície. Essas proeminências duram poucos minutos e quando se rompem dão origem a ejeções de massa coronal (CME, do inglês "*Coronal Mass Ejections*"). As CME são fortemente relacionadas a fenômenos geomagnéticos, como a variabilidade do clima espacial e as tempestades geomagnéticas (LANG, 2006a).

A coroa é a região mais externa e rarefeita da atmosfera do Sol, podendo ser brevemente visível a olho nu durante os eclipses totais do Sol, por no máximo 7,5 minutos (LANG, 2006a). A temperatura é extremamente alta, podendo chegar a um milhão de graus Celsius (ALARSA; FARIA, 1982). Ela se expande no espaço

formando o vento solar, preenchendo todo interior do Sistema Solar e chegando até a atingir eventualmente a Terra (LANG, 2006a).

Nessa região se encontram também as regiões ativas, que são locais com temperatura e densidade elevadas e campos magnéticos intensos. As regiões ativas podem durar de algumas horas a alguns meses e são locais onde ocorrem fenômenos como explosões solares, que duram de alguns minutos a horas. O número de regiões ativas varia com o ciclo solar de 11 anos (LANG, 2006a).

4.1.2.1. Manchas solares

As manchas solares são formações frias, pois emitem menos energia do que a fotosfera em geral devido aos seus campos magnéticos intensos e são mais escuras por possuírem uma temperatura menor do que as regiões da fotosfera vizinha (LANG, 2006a). Podem surgir isoladas ou em grupos com tamanhos bastante diversificados, geralmente maiores que a Terra (ALARSA; FARIA, 1982) e com duração de algumas horas até vários meses (BHATNAGAR; LIVINGSTON, 2005). As manchas são constituídas pela “umbra”, parte central mais escura com temperatura em torno de 2500 a 4500° C, e a “penumbra”, parte exterior mais clara e com estrutura radial em torno da umbra (KEPLER; SARAIVA, 2003). Os números de manchas solares acompanham um ciclo de mais ou menos 11 anos, variando entre mínimos e máximos (KEPLER; SARAIVA, 2003).

4.1.2.2. Vento solar

O vento solar é um fluxo contínuo de partículas energéticas que se arrasta da coroa para fora do Sol em todas as direções do espaço interplanetário em velocidade supersônica, (LANG, 2006a) variando de 300 a 1.000 km/s (BHATNAGAR; LIVINGSTON, 2005).

O vento solar que atinge a Terra é capturado pelo campo magnético da Terra, formando o cinturão de Van Allen, na magnetosfera terrestre. Este cinturão só permite que as partículas carregadas entrem na atmosfera da Terra pelos polos, causando as auroras, fenômenos luminosos causados por prótons e elétrons (HANSLMEIER, 2004). As auroras podem ser boreais, quando surgem próximas ao polo norte, ou austrais, quando aparecem próximas ao polo sul, podendo apresentar diversas formas e coloração (BHATNAGAR; LIVINGSTON, 2005).

4.1.2.3. Explosões solares

Explosão solar é a liberação repentina e violenta da matéria e da energia do Sol com duração de alguns minutos até várias horas. A frequência e a intensidade das explosões aumentam nos períodos de máxima atividade do ciclo, ocorrendo nas regiões ativas do Sol, onde há uma rápida mudança na direção do campo magnético local (LANG, 2006a e HANSLMEIER, 2004).

As explosões solares podem aparecer de diversas formas, tamanhos e escalas temporais, sendo classificados de acordo com a intensidade de suas emissões, chegando eventualmente a atingir o planeta Terra e produzir efeitos de eco em todo o sistema solar (BHATNAGAR; LIVINGSTON, 2005). Esses efeitos incluem o bloqueamento de rádios de navegação e sistemas de comunicação, apresentando riscos significativos para os astronautas, satélites e estações espaciais perto da Terra (LANG, 2006b).

4.1.2.4. Ejeções de massa coronal solares

As ejeções de massa coronal solares (*coronal mass ejections*, ou CME) são bolhas de gás quente (plasma) de bilhões de toneladas, aquecidas pelos campos magnéticos do Sol que se enrolam devido ao movimento turbulento de convecção e se expandem para o espaço exterior em velocidades de até 2000 km / s (HANSLMEIER, 2004).

As CMEs podem atingir a Terra, após uma média de 2 dias de viagem. Quando uma quantia tão grande de massa coronal atinge a Terra, vários efeitos geomagnéticos e terrestres podem ocorrer, como as tempestades geomagnéticas, auroras, danos às redes elétricas e aos satélites (BHATNAGAR; LIVINGSTON, 2005). Não é conhecida ainda a origem e nem a causa desses fenômenos, mas observações espaciais têm mostrado que as CMEs ocorrem em diversas formas e tamanhos, chegando até mesmo centenas de vezes o tamanho do Sol (BHATNAGAR; LIVINGSTON, 2005).

4.1.3. Atividade solar e seu ciclo

A atividade solar varia com um período de aproximadamente 11 anos, período no qual o número de manchas solares cresce e atinge um máximo, decrescendo em seguida ¹. O início de um novo ciclo solar é caracterizado pelo reaparecimento de manchas em maiores latitudes. (LANG, 2006a).

Não apenas o número de manchas solares está relacionado à atividade solar, mas também a frequência média de ocorrência das CMEs e a velocidade do vento solar, sendo que quanto maior a velocidade do vento solar, mais violentos são os distúrbios solares (HANSLMEIER, 2004). No mínimo do ciclo solar pode ser observado em torno de 1,4 eventos de CME's por semana, enquanto que nos períodos de máxima atividade do ciclo ocorrem em média 3,5 eventos diariamente. (BHATNAGAR; LIVINGSTON, 2005).

4.1.4. Tempestades Geomagnéticas

Tempestade geomagnética é uma rápida perturbação em todo o campo magnético da Terra, com duração média de algumas horas, e é associada a

¹ Em 1997, astrofísicos brasileiros (Porto de Mello e da Silva, 1997) descreveram a estrela 18 Scorpii (HD 146233, HR 6060) como o astro conhecido mais parecido com o Sol (esta condição é hoje atribuída a HIP 56948, da constelação do Dragão, ver Meléndez et al, 2012). Como comparação, o ciclo magnético da 18 Scorpii é da ordem de sete anos (Hall et al., 2007).

distúrbios do vento solar, tais como CME e altas velocidades de fluxos do vento solar (BHATNAGAR; LIVINGSTON, 2005 e HANSLMEIER, 2004). As tempestades geomagnéticas variam em conjunto com o ciclo de manchas solares de 11 anos (LANG, 2006b).

As tempestades geomagnéticas são invisíveis, silenciosas e imperceptíveis ao olho humano ou ouvido. Porém podem resultar em efeitos devastadores, como intensa atividade auroral e interrupção de comunicações de rádio (LANG, 2006b; BOTELER et al., 1998).

A NASA, em parceria com outras entidades nacionais e internacionais, realiza missões espaciais para o estudo da conexão Sol-Terra. Missões como a *Solar and Heliospheric Observatory* (SOHO), *Transition Region and Coronal Explorer* (TRACE), *Goddard Space Flight Center* (GOES) e *Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager* (RHESSI) monitoram a atividade do Sol. Outros satélites, como WIND e ACE estudam como explosões solares viajam do Sol a Terra, e FAST, IMAGE e POLAR estudam os efeitos que essa atividade tem sobre a Terra e seus habitantes (NASA, 2009).

4.1.5. Índices geomagnéticos

Os índices geomagnéticos quantificam as perturbações do campo magnético e fornecem informações sobre as atividades geomagnéticas (WORLD DATA CENTER FOR GEOMAGNETIC, WDC for Geomagnetism, 2011).

De acordo com Fedrizzi ² (2003 apud MATSUOKA; CAMARGO; BATISTA, 2008), dentre os mais usados para determinar a intensidade e a duração das tempestades geomagnéticas estão o *Auroral Electrojet* (AE), *Disturbance Storm-Time* (Dst), *Planeterische Kennziffer* (Kp) e Ap.

² Fedrizzi, M. Estudo do efeito das tempestades magnéticas sobre a ionosfera utilizando dados o GPS. 2003. José dos Campos. 223p. Tese de Doutorado em Geofísica Espacial, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

4.1.5.1. Índice AE

O índice Auroral Electrojet (AE) reflete as correntes elétricas fluindo na ionosfera de alta latitude, onde as auroras aparecem. É muito utilizado em pesquisas na área de geomagnetismo, Aeronomia, e física solar-terrestre.

Os dados são obtidos a partir de 12 estações, como mostra a Figura 2, sendo que atualmente são disponibilizados os dados provisórios de 8 estações a partir de 1 de janeiro de 1996. Os dados são estimados pelo *WDC for Geomagnetism* da Universidade de Kyoto, no Japão e podem ser acessados pelo site http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae_provisional/index.html (WDC for Geomagnetism, 2011).

4.1.5.2. Índice Dst

O índice geomagnético *Disturbance Storm-Time* (Dst) mede o nível de tempestade magnética em todo o mundo pela unidade nanoTesla (nT). Este índice é obtido de hora em hora a partir de quatro observatórios magnéticos localizados na região equatorial, ou seja, de baixa latitude. A localização dos observatórios de Honolulu, SanJuan, Hermanus e Kakioka é mostrada na Figura 3 (INGV, 2011).

A atividade geomagnética pode ser classificada de acordo com Fedrizzi (2003 apud MATSUOKA; CAMARGO; BATISTA, 2008) em uma escala ordinal de “Frac”, “Moderada”, “Intensa” e “Muito intensa”, de acordo com a Tabela 1 (WDC for Geomagnetism, 2011).

O índice Dst é elaborado pelo *WDC for Geomagnetism* da Universidade de Kyoto, no Japão e está disponível a partir de 1957 até o presente, no seguinte endereço: <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstae/index.html>.

Figura 2 - Distribuições dos observatórios AE.

Fonte: *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)*.

Figura 3 - Distribuições dos observatórios Dst.

Fonte: INGV.

Tabela 1 - Classificação da atividade geomagnética em função do índice Dst.

Atividade geomagnética	Valor do índice Dst (nT)
Fraca	-30 a -50
Moderada	-50 a -100
Intensa	-100 a -250
Muito intensa	< -250
Fonte: Fedrizzi (2003).	

4.1.5.3. Índices Kp e Ap

O índice *Planetary Kennziffer* (Kp), também chamado índice de Bartels ou índice planetário, foi elaborado para mensurar o nível de perturbação geomagnética (INGV, 2011).

Este índice é obtido a partir do índice K, que apresenta um número inteiro na faixa de 0 a 9, mensurado a cada 3 horas. Os valores Kp variam de 0 a 9, sendo expressos em terços de uma unidade, e são obtidos através da média aritmética dos índices K mensurados a cada 3 horas em 13 diferentes observatórios geomagnéticos ao redor do globo. Estes observatórios totalizam 11 estações localizadas em uma latitude entre 44° e 60° no hemisfério norte e duas no hemisfério sul da Terra, como mostra a Figura 4 (SERVICE INTERNACIONAL DES INDICES GEOMAGNETIQUES, SIIG, 2011).

Além de Bartels introduzir o índice Kp em 1949, ele propôs também o índice Ap como sendo o correspondente linear de Kp (WDC for Geomagnetism, 2011). De acordo com Marsuka, Camargo e Batista (2008),

[...] para estudos de longo período é conveniente definir um único índice médio por dia. Em função da natureza logarítmica dos índices Kp, é mais difícil trabalhar com médias dos mesmos. Por isso, foram criados índices lineares, como o índice Ap, composto de oito valores diários.

Figura 4 - Distribuições dos observatórios Kp.

Fonte: INGV.

Tabela 2 - Relação entre os índices Kp e Ap.

Kp	0	0+	1-	1	1+	2-	2	2+	3-	3	3+	4-	4	4+
	0	0,3	0,7	1	1,3	1,7	2	2,3	2,7	3	3,3	3,7	4	4,3
Ap	0	2	3	4	5	6	7	9	12	15	18	22	27	32

Kp	5-	5	5+	6-	6	6+	7-	7	7+	8-	8	8+	9-	9
	4,7	5	5,3	5,7	6	6,3	6,7	7	7,3	7,7	8	8,3	8,7	9
Ap	39	48	56	67	80	94	111	132	154	179	207	236	300	400

Fonte: WDC for Geomagnetism, 2011.

A conversão do índice Kp para Ap é feita com auxílio da Tabela 2. O índice Ap é a média dos oito valores diários de Ap.

Tabela 3 - Classificação da atividade geomagnética em função dos índices Kp e Ap.

Atividade Geomagnética	Índice	
	Kp	Ap
Calma	0 – 2	<8
Transição	3	8 - 15
Ativo	4	16 - 29
Tempestade Fraca	5	30 - 49
Tempestade Intensa	6	50 - 99
Tempestade muito intensa	7 – 9	100 - 400

Fonte: Batista (2003).

Desde janeiro de 1997, a derivação e distribuição dos índices Kp e Ap foram movidos para o *GeoForschungsZentrum* (GFZ) de Potsdam, Alemanha. Desde então o trabalho era feito pelo *Institut für Geophysik* da Universidade de Gottingen, Alemanha. Os dados estão disponíveis desde 1932 pelo site do WDC for Geomagnetism³.

4.2. INFARTO AGUDO DO MIOCÁRDIO

As doenças cardiovasculares ocupam a primeira causa geral de mortalidade nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, representando aproximadamente 30% das causas de óbitos no Brasil. Em 2009, mais de 76 mil brasileiros foram a óbito em decorrência do IAM, representando 7% de todas as causas de óbitos (BRASIL, 2009).

³ <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/kp/index.html> (WDC for Geomagnetism, 2011).

4.2.1. Patologia e sintomas

O infarto do miocárdio, segundo consenso publicado no ano 2000 pelo comitê de especialistas do *The Joint European Society of Cardiology/American College of Cardiology*⁴, pode ser definido de acordo com diferentes perspectivas associadas a características clínicas, eletrocardiográficas, bioquímicas e patológicas (ALPERT et al., 2000). Em um contexto de patologia, é definido pela condição em que células do miocárdio morrem devido a uma isquemia prolongada (falta de suprimento sanguíneo, e consequentemente, de oxigênio, para o tecido). Neste mesmo consenso, define-se que no termo “infarto do miocárdio” deve ser inserido a palavra “agudo” no contexto da patologia.

Os sintomas da isquemia incluem um desconforto no peito, região epigástrica, braço ou pulso, estando o indivíduo em repouso ou em atividade (ALPERT et al., 2000). O desconforto associado ao IAM usualmente dura ao menos 20 minutos, podendo em alguns casos ter uma duração menor. Pode desenvolver-se no peito, e então irradiar-se para o braço, pulso, costas ou ombros. Este desconforto pode estar associado com dispneia, sudorese, náuseas, vômitos ou tontura (ALPERT et al., 2000). Em aproximadamente um terço dos pacientes, especificamente jovens (25 a 40 anos), idosos (mais de 75 anos) ou diabéticos, o IAM é indolor (GOLDMAN; BRAUNWALD, 2000, CASAGRANDE, 2002 e BRASIL, 2003).

4.2.2. Fatores desencadeantes e de risco para IAM

Aproximadamente metade dos IAM são desencadeados por estresse emocional grave, atividade física moderada ou intensa ou doença grave. A ocorrência do IAM inicia-se na maioria das vezes de manhã, logo após o despertar (GOLDMAN; BRAUNWALD, 2000).

⁴ Este documento enfatizou o papel de biomarcadores sorológicos com maior sensibilidade e especificidade para a necrose do miocárdio. O critério anterior, da Organização Mundial de Saúde, é baseado em sintomas, aumento de enzimas e alterações eletrocardiográficas (WHO, 1979). Os impactos e as posteriores críticas ao documento publicado pelo *The Joint European Society of Cardiology/American College of Cardiology* são encontrados, por exemplo, em Trevelyan et al. (2004) e Di Pasquale et al. (2004).

De acordo com Piegas et al. (2009), são fatores de risco para evento cardiovascular agudo: o tabagismo, hipertensão arterial, diabetes, dislipidemia, obesidade e sedentarismo. O uso de drogas como a cocaína pode provocar IAM por espasmo do vaso (CREGLER E MARK, 1985; HAINES E SEXTER, 1987).

4.2.3. Tratamento e procura por serviço de emergência

O IAM é a causa mais frequente de morte súbita, sendo que aproximadamente metade dos óbitos relacionados à doença ocorre nas primeiras horas após o seu início (GOLDMAN; BRAUNWALD, 2000) e a maior parte fora do ambiente hospitalar (TIMERMAN; FEITOSA, 2003).

Sendo assim, é extremamente importante reduzir ao máximo o período entre o início dos sintomas e o tratamento, denominado período pré-hospitalar (PIEGAS et al., 2009). Para uma maior eficácia no tratamento, deve-se procurar reduzir a demora: por parte do paciente em procurar assistência médica, avaliação pré-hospitalar e transporte, avaliação e início do tratamento no hospital (GOLDMAN; BRAUNWALD, 2000).

Em um estudo feito por Franco et al. (2008) com 112 pacientes em um hospital especializado de cardiologia no período de março a agosto de 2006, no Rio Grande do Sul, observou-se que o tempo decorrido entre o início dos sintomas até a chegada ao serviço de emergência cardiológica foi em média 3h59min (Desvio-Padrão, DP, 2h55min), sendo que 88,39% pacientes da amostra procuraram por um serviço de atendimento médico 1 hora após o começo dos sintomas. Dentre os motivos manifestados pelos pacientes pela demora em procurar um serviço de emergência (SE) especializado, foram mencionados a automedicação como a primeira atitude tomada ao início da dor, espera para que o desconforto torácico e os sintomas desaparecessem sem o uso de medicações e solicitação de ajuda aos familiares, amigos e/ou vizinhos. Apenas um terço dos pacientes (32,1%) teve a iniciativa de procurar um SE, devido ao reconhecimento dos sintomas relacionados a eventos cardíacos. Quase um quarto (23,2%) dos pacientes procurou um

atendimento emergencial apenas com o aumento intensificado da dor retroesternal e 18,8% quando não obtiveram alívio da dor após o uso, em casa, de medicações como nitrato sublingual.

Um estudo realizado por Mansur et al. (1983) já tinha evidenciado que a demora na procura por um serviço especializado está relacionada à falta de reconhecimento dos sinais e dos sintomas do IAM, pela negação em aceitá-lo e pelo atendimento prévio não especializado.

Por esses estudos, pode-se observar que dos anos 80 para a atualidade não houve muitas mudanças em relação à conscientização da população em relação ao conhecimento prévio da doença e que o fator determinante para a procura por um serviço de emergência é o reconhecimento dos sinais e dos sintomas como sendo de um evento cardíaco.

O estudo de Franco et al. (2008) mostrou ainda que as condições de transporte influenciaram na demora para a procura de hospitalização. Os pacientes que utilizaram o automóvel como meio de transporte chegaram ao SE cardiológica, dado o início dos sintomas, com tempo médio de 2h56 (DP 2h22min) enquanto que por meio da ambulância o tempo médio foi de 5h31min (DP 3h06min).

Os resultados corroboram com o estudo proposto por Franken et al. (1985), que atribui o retardo pela chegada em um SE especializado pela procura dos pacientes por atendimentos ambulatoriais ou intermediários como, por exemplo, unidades básicas de saúde. Acredita-se que os serviços intermediários ainda não estão preparados para o rápido reconhecimento e instituição da terapêutica no caso de IAM, o que requer a transferência de pacientes para grandes centros, contribuindo para o aumento do tempo até o tratamento.

Em relação à procedência dos pacientes, sugere-se que pacientes procedentes da região metropolitana ou cidades menores levam mais tempo até o tratamento dos pacientes da capital ou cidades populosas, possivelmente devido à disponibilidade de ambulâncias para o transporte, preparo da equipe de atendimento

pré-hospitalar para o atendimento de eventos cardiológicos, falta de leitos pelo SUS nos hospitais da região.

Em 2009, a Sociedade Brasileira de Cardiologia publicou a IV Diretriz sobre Tratamento do Infarto Agudo do Miocárdio (Piegas et al., 2009). É importante que durante a hospitalização, o paciente receba orientações e explicações sobre sua doença: a natureza da coronariopatia, fatores de risco, importância da dieta e da prática de exercícios físicos, reabilitação, trabalho, e outros fatores, pelo médico responsável, enfermeiros ou por outros profissionais de saúde (GOLDMAN; BRAUNWALD, 2000).

4.3. CLASSIFICAÇÃO DE DOENÇAS

A Classificação Internacional de Doenças (CID) foi criada a fim de padronizar e catalogar as doenças e problemas relacionados à saúde, tendo como referência a Nomenclatura Internacional de Doenças, estabelecida pela Organização Mundial de Saúde (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS), 2010). A CID 10 é a décima revisão da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde, sendo estruturada através de 22 capítulos gerais de doenças e de um esquema de código alfanumérico das subcategorias das doenças. O capítulo IX apresenta as doenças do aparelho circulatório, classificadas em 100 categorias de I00 a I99. Na CID 10 o agrupamento I21 – I23 corresponde ao IAM, sendo:

[...] I21 Infarto agudo do miocárdio

I21.0 Infarto agudo transmural da parede anterior do miocárdio

I21.1 Infarto agudo transmural da parede inferior do miocárdio

I21.2 Infarto agudo transmural do miocárdio de outras localizações

I21.3 Infarto agudo transmural do miocárdio, de localização não especificada

I21.4 Infarto agudo subendocárdico do miocárdio

I21.9 Infarto agudo do miocárdio não especificado

I22 Infarto do miocárdio recorrente

- I22.0 Infarto do miocárdio recorrente da parede anterior
- I22.1 Infarto do miocárdio recorrente da parede inferior
- I22.8 Infarto do miocárdio recorrente de outras localizações
- I22.9 Infarto do miocárdio recorrente de localização não especificada

I23 Algumas complicações atuais subseqüentes ao infarto agudo do miocárdio

- I23.0 Hemopericárdio como complicação atual subseqüente ao infarto agudo do miocárdio
- I23.1 Comunicação interatrial como complicação atual subseqüente ao infarto agudo do miocárdio
- I23.2 Comunicação interventricular como complicação atual subseqüente ao infarto agudo do miocárdio
- I23.3 Ruptura da parede do coração sem ocorrência de hemopericárdio como complicação atual subseqüente ao infarto agudo do miocárdio
- I23.4 Ruptura de cordoalhas tendíneas como complicação atual subseqüente ao infarto agudo do miocárdio
- I23.5 Ruptura de músculos papilares como complicação atual subseqüente ao infarto agudo do miocárdio
- I23.6 Trombose de átrio, aurícula e ventrículo como complicação atual subseqüente ao infarto agudo do miocárdio
- I23.8 Outras complicações atuais subseqüentes ao infarto agudo do miocárdio

CASUÍSTICA E MÉTODOS 5

5.1. CASUÍSTICA

5.1.1. Delineamento do Estudo

Trata-se de um estudo observacional e longitudinal.

5.1.2. Locus do Estudo

Participam do estudo dados referentes aos 35 hospitais de Ribeirão Preto e região, estado de São Paulo, região sudeste do Brasil, obtidos do Centro de Processamento de Dados Hospitalares (CPDH) do Departamento de Medicina Social da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) da Universidade de São Paulo (USP). A região de Ribeirão Preto considerada no estudo corresponde aos municípios de Altinópolis, Barrinha, Batatais, Brodósqui (Brodowski), Cajuru, Cássia dos Coqueiros, Cravinhos, Dumont, Guariba, Guataporã, Jaboticabal, Jardinópolis, Luis Antônio, Monte Alto, Pitangueiras, Pontal, Pradópolis, Santa Cruz da Esperança, Santa Rosa do Viterbo, Santo Antônio da Alegria, São Simão, Serra Azul, Serrana e Sertãozinho.

5.1.3. População de Estudo

Foram considerados todos os pacientes com idade maior ou igual a 18 anos internados por IAM - agrupamento I21 a I23 do capítulo IX do CID 10 (OMS, 2010) nos hospitais de Ribeirão Preto e região durante o período de 1998 a 2007.

5.1.3.1. Critérios de inclusão

- ✓ Ter sido paciente internado por IAM - agrupamento I21 a I23 do capítulo IX do CID 10 - nos hospitais de Ribeirão Preto e região durante o período de 1998 a 2006;
- ✓ Ter idade maior ou igual a 18 anos na internação.

5.1.4. Obtenção dos Dados

5.1.4.1. Dados de internações hospitalares

Os dados de internações hospitalares foram obtidos do CPDH do Departamento de Medicina Social da FMRP da USP. O CPDH processa informações de 35 hospitais da região da DIR XVIII (25 municípios citados em “Locus de Estudo”) com uma equipe treinada em Codificação Internacional de Doenças (CID) e que oferecem dados e informações sobre morbidade e mortalidade desta região. O banco de dados original foi filtrado de acordo com o capítulo da CID 10 relativo ao IAM classificados nos itens I21, I22 e I23.

5.1.4.2. Dados de atividade geomagnética

Para as análises, foi considerado o índice geomagnético Ap por este ser melhor representado em estudos de longo período, como explicado anteriormente, considerando a classificação proposta por segundo Batista (2003 apud MATSUOKA; CAMARGO; BATISTA, 2008), de acordo com a Tabela 3. Os índices foram obtidos sem custos pelo site do *WDC for Geomagnetism*: <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/kp/index.html> (WDC for Geomagnetism, 2011).

5.1.5. Período de Referência

O período de estudo, 1998 a 2007, foi definido em razão da disponibilidade de informações do CPDH. Os dados mais recentes no momento da solicitação dos dados, em dezembro de dezembro de 2012, eram de 2007. Porém, até o ano de 1997 o CPDH usava a CID 9, impossibilitando a conversão para a CID 10. Apesar da estrutura das CIDs 9 e 10 serem equivalentes, há diferenças de eixos de classificação bastante significativas em muitos casos (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde, DATASUS, 2011).

5.1.6. Variáveis do Estudo

As variáveis em estudo foram classificadas como:

- ✓ **Dependente:** número diário de internações por IAM;
- ✓ **Independentes:** sexo, faixa etária, plano de saúde, condição de saída, diagnóstico principal, local de residência, hospital, nível de atividade geomagnética, data da internação.
- ✓ **Confusão:** ano, mês, dia da semana.

A variável dependente é classificada como quantitativa discreta e as demais variáveis são consideradas qualitativas. Estas podem ser nominais ou ordinais, conforme mostra a Tabela 4. A Tabela também mostra as categorizações das variáveis independentes utilizadas neste estudo.

5.1.7. Processamento dos Dados

Os dados foram codificados utilizando-se o software Microsoft Excel 2010 e exportados para o pacote estatístico SAS 9.2 onde se processaram as descrições das variáveis e os modelos de regressão de Poisson. Para realização dos gráficos foi utilizado o pacote estatístico R 2.14.2.

Tabela 4 - Variáveis independentes do estudo.

Variável	Classificação	Categorização
Sexo	Qualitativa nominal	Masculino Feminino
Faixa etária	Qualitativa ordinal	18 a 39 anos 40 a 59 anos ≥ 60 anos
Plano de Saúde	Qualitativa nominal	SUS Não-SUS
Condição de saída	Qualitativa nominal	Alta Óbito
Diagnóstico principal	Qualitativa nominal	I21 I22 I23
Residentes	Qualitativa nominal	Ribeirão Preto Região de Ribeirão Preto Outros municípios
Hospital	Qualitativa nominal	Ribeirão Preto Região
Atividade Geomagnética	Qualitativa ordinal	Calma Transição Ativo Temp. fraca Temp. intensa Temp. muito intensa

5.1.8. Aspectos Éticos

O presente projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP), processo nº 14418/2010, e aprovado em 11 de abril de 2011 (Anexo A). Como esta pesquisa não envolveu nenhum tipo de intervenção em seres humanos foi solicitado dispensa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

5.2. MÉTODOS

5.2.1. Modelo Estatístico

Seja Y uma variável aleatória com média μ , cuja distribuição pertence à família exponencial, ou seja, sua função densidade de probabilidade (ou função de probabilidade) tem a forma generalizada

$$f_Y(y; \theta, \varphi) = \exp \left[\frac{y\theta - b(\theta)}{a(\varphi)} + c(y, \varphi) \right],$$

sendo $a(\bullet)$, $b(\bullet)$ e $c(\bullet)$ funções e θ e φ parâmetros (McCULLAGH e NELDER, 1989).

Seja $l(\theta, \varphi; y) = \ln f_Y(y; \theta, \varphi)$. A média de Y é obtida de

$$E \left[\frac{\partial l(\theta, \varphi; Y)}{\partial \theta} \right] = 0,$$

ou seja,

$$E \left[\frac{\partial l(\theta, \varphi; Y)}{\partial \theta} \right] = E \left[\frac{Y - b'(\theta)}{a(\varphi)} \right] = \frac{1}{a(\varphi)} E[Y - b'(\theta)] = 0,$$

o que leva a $E(Y) = \mu = b'(\theta)$. A variância de Y é obtida de

$$E \left[\frac{\partial^2 l(\theta, \varphi; Y)}{\partial \theta^2} \right] + E^2 \left[\frac{\partial l(\theta, \varphi; Y)}{\partial \theta} \right] = 0.$$

Assim,

$$E \left[\frac{-b''(\theta)}{a(\varphi)} \right] + \frac{1}{a^2(\varphi)} E^2[Y - \mu] = \frac{-b''(\theta)}{a(\varphi)} + \frac{Var(Y)}{a^2(\varphi)} = 0,$$

em que se pode observar que

$$Var(Y) = b''(\theta)a(\varphi).$$

Como um caso especial, temos $a(\varphi) = \varphi = 1$, $b(\theta) = \exp(\theta)$, $c(y, \varphi = 1) = -\ln y!$ e $\theta = \ln \lambda$, o que leva a

$$f_Y(y; \theta, \varphi = 1) = \exp \left[\frac{y \ln \lambda - \exp(\ln \lambda)}{1} - \ln y! \right] = \frac{\lambda^y e^{-\lambda}}{y!},$$

considerando valores inteiros e positivos para y . Neste caso, diz-se que Y segue uma distribuição de Poisson com parâmetro $\lambda > 0$.

Notar que a média de Y é

$$E(Y) = b'(\theta) = \exp(\theta) = \lambda$$

e a variância de Y é

$$Var(Y) = \lambda$$

(ver, por exemplo, CASELLA e BERGER, 2002).

Considerando $\mathbf{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)'$ um vetor de observações de uma amostra aleatória de tamanho n , a função de verossimilhança para λ é

$$L(\lambda|\mathbf{y}) = L(\lambda|y_1, y_2, \dots, y_n) = \prod_{i=1}^n \frac{e^{-\lambda} \lambda^{y_i}}{y_i!} = e^{-n\lambda} \lambda^{\sum_{i=1}^n y_i} \prod_{i=1}^n \frac{1}{y_i!}$$

e seu logaritmo é

$$\ln L(\lambda|y) = -n\lambda + \sum_{i=1}^n y_i(\ln \lambda) + \ln \prod_{i=1}^n \frac{1}{y_i!}.$$

Assim, um estimador $\hat{\lambda}$ de máxima verossimilhança para λ é dado pelo valor deste parâmetro que maximiza $\ln L(\lambda|y)$. Derivando $\ln L(\lambda|y)$ em relação a λ e igualando o resultado a zero, tem-se

$$-n + \sum_{i=1}^n y_i = 0,$$

o que leva a

$$\hat{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} = \bar{Y}.$$

Neste estudo, consideram-se $y_1, y_2, \dots, y_n$ os números diários observados de interações por IAM, dentro do período considerado, e λ o número médio de interações diárias por IAM.

Um modelo de regressão de Poisson que considera um vetor X de variáveis independentes $X_1, X_2, \dots, X_k$, considera

$$P(Y_i = y_i | \lambda, X) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^{y_i}}{y_i!} I_{\{0,1,2,\dots\}}(y_i),$$

em que

$$\ln(\lambda_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1_i} + \beta_2 X_{2_i} + \dots + \beta_k X_{k_i} + \varepsilon_i,$$

e ε_i ($i = 1, \dots, k$) são erros aleatórios independentes identicamente distribuídos, com distribuição normal $N(0, \sigma^2)$. Assim, caracteriza-se um modelo de Poisson com função de ligação (canônica) logarítmica.

Uma característica do modelo de Poisson é que a média de Y é igual à sua variância. Em algumas situações, a variância observada nos dados é maior que a média (e consequentemente, maior que a variância nominal λ), portanto, a variabilidade estimada no modelo será menor que a variância observada. Esse efeito é chamado de superdispersão (*overdispersion*). Uma alternativa é a introdução de um parâmetro ϕ de dispersão tal que

$$Var(Y_i) = \phi \lambda_i$$

Quando $\phi = 1$, o modelo se resume ao modelo de Poisson usual, apresentado acima. Quando $\phi > 1$, identificamos uma superdispersão. Isto não implica em uma nova distribuição de probabilidade, mas a introdução de um termo de correção para a estimação dos parâmetros do modelo, de forma que a matriz de variância e covariância estimada para os parâmetros é corrigida por ϕ . Mais informações em Cox (1983) e Gardner *et al.* (1995).

Cada modelo proposto permitirá estimar, para cada classificação de atividade geomagnética, o respectivo valor do parâmetro λ , que é interpretado como o número médio de interações por IAM. E ainda, o modelo permite comparações entre estes números médios por testes de hipóteses.

Critérios de informação, como o AIC (*Akaike's information criterion*) ou o BIC (*Bayesian information criterion*), serão úteis na discriminação entre diferentes modelos. Ao compararmos modelos ajustados para um único banco de dados, menores valores destes critérios indicam melhor ajuste. Dado o grande tamanho do banco de dados, o BIC deverá ser privilegiado, por "penalizar" a informação da verossimilhança pelo tamanho amostral.

As estimativas de máxima verossimilhança serão obtidas com o auxílio do software SAS 9.2, utilizando o procedimento PROC GENMOD (SAS, 2009). Os modelos que levam em consideração “sexo” e/ou “faixa etária” deverão utilizar um modelo com estrutura GEE (*Generalized Estimating Equations*, ver LIANG; ZEGER, 1986).

5.2.2. Adequação do Modelo

Após o ajuste do modelo, deve-se verificar a adequação deste antes de utilizá-lo, sendo para este estudo será feita através de representações gráficas dos resíduos. Para que o modelo de Poisson tenha um “bom ajuste”, é preciso que seus resíduos de Anscombe se distribuam aleatoriamente em torno de zero com variância aproximadamente constante e sejam não-correlacionados (EHLERS, 2009 e McCULLAGH e NELDER, 1989).

Dessa forma, são gerados e analisados nove gráficos para cada modelo, sendo os quatro primeiros para verificar a autocorrelação entre as observações, e os demais para verificar se o modelo teve um bom ajuste usando os valores preditos, erro de Poisson, resíduos de Anscombe e Deviance. Os gráficos são descritos a seguir.

(a) Série temporal dos resíduos padronizados

Este gráfico, junto com os próximos três (b, c, d) têm por objetivo verificar a hipótese autocorrelação entre as observações, e consequentemente, se o modelo obteve um bom ajuste. Um modelo bem ajustado é constituído por uma sequência de resíduos padronizados independentes e identicamente distribuídos (idd) com média zero e variância um. Ver mais em Shumway e Stoffer (2006).

(b) Teste de Ljung-Box

O teste de Ljung-Box testa a hipótese nula de que não há autocorrelação entre pelo menos duas observações, versus a hipótese alternativa de que há autocorrelação para pelo menos duas observações (Ver em EHLERS, 2009).

(c) FAC e (d) FACP

A função de autocorrelação (FAC) objetiva mostrar a forma de dependência temporal do processo, embora não mensure a magnitude dessa dependência por estar sujeita à unidade de medida das observações. Essa mensuração é obtida através da função de autocorrelação parcial (FACP). Ver mais em Morettin (2011).

A FAC, denotada por ρ_τ , é a autocorrelação de defasagem τ ou autocorrelação de *lag* τ , e é dada por:

$$\rho_\tau = \frac{\text{cov}(X_t, X_{t-\tau})}{\sqrt{\text{var}(X_t)}\sqrt{\text{var}(X_{t-\tau})}} = \frac{\text{cov}(X_{t-\tau})}{\text{var}(X_t)} = \frac{\gamma_t}{\gamma_0},$$

para um τ inteiro. Tem-se que:

- (i) Quando $\tau = 0$, a FAC é definida por $\rho_0 = 1$;
- (ii) $\rho_\tau = \rho_{-\tau}$;
- (iii) $|\gamma_t| \leq 1$ para qualquer τ inteiro.

Considerando as observações $X_1, X_2, \dots, X_n$, tem-se que a média da série estimada calculada a partir de:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}.$$

Já a autocorrelação ρ_τ , para um τ inteiro é estimada por:

$$\rho_\tau = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n (X_t - \bar{X})(X_{t-\tau} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}, 0 \leq \tau < n - 1.$$

(e) Observado x Predito

O gráfico de plotagem observados x preditos objetiva visualizar se os dados obtiveram um bom ajuste observando se o valor observado se aproxima do valor predito.

(f) Histograma dos Resíduos de Anscombe e (g) Normal Q-Q Plot dos Resíduos de Anscombe

Os resíduos de Anscombe de Deviance são utilizados é como medida de discrepância de um modelo linear generalizado. Embora estes possuam diferentes formas para distribuições não-normais, suas estimativas são similares.

O resíduo de Anscombe, ou resíduo de Poisson, apresenta simetria para distribuições não normais, tendo propriedades similares à teoria dos resíduos para a distribuição Normal. Considerando a distribuição de Poisson, e definindo $y = c\mu$, então os resíduos de Anscombe, denotados por r_A , são obtidos da fórmula:

$$r_A = \frac{3}{2} \mu^{1/2} (c^{2/3} - 1).$$

Já os resíduos Deviance são gerados por:

$$r_D = (c - 1) \mu^{1/2} [2(c \log c - c + 1)]^{1/2}.$$

As funções $\frac{3}{2} (c^{2/3} - 1)$ e $[2(c \log c - c + 1)]^{1/2}$ são numericamente muito similares para a amplitude de valores de c , tendo diferença em torno de 6% entre r_A e r_D quando $c = 0$, e geralmente diferenças muito menores com outros valores para c .

Sendo assim, verificar um comportamento de distribuição normal dos resíduos de Anscombe através do histograma e do Normal Q-Q Plot são indicativos de um modelo de Pearson bem ajustado (MCCULLAGH E NELDER, 1989).

(h) Resíduo Deviance x Preditos e (i) Resíduos Deviance x Erro Poisson

Segundo McCullagh E Nelder (1989) para conjuntos de dados extensos é importante examinar os resíduos plotados com alguma função dos valores ajustados, como por exemplo plotar resíduos deviance com os preditos e com os preditos transformados com a escala de informação constante da distribuição do erro. Para o caso da distribuição de Poisson, considera-se $2\sqrt{\hat{\mu}}$ e espera-se que essa escala de informação constante resulte em uma inclinação de -1 em $r = 0$ com uma leve curvatura. Curvaturas podem surgir dentre várias causas, inclusive escolha errada da função de ligação, escolha errada de uma ou mais covariáveis ou omissão de um termo de quadrático de alguma covariável.

Para a discriminação entre diferentes modelos, serão utilizados critérios de informação, como o AIC (*Akaike's information criterion*) ou o BIC (*Bayesian information criterion*). Dado o grande tamanho do banco de dados, o BIC deverá ser privilegiado, por "penalizar" a informação da verossimilhança pelo tamanho amostral.

RESULTADOS

6

6.1. CARACTERIZAÇÃO DOS CASOS DE INTERNAÇÕES POR IAM

No período de 1998 a 2007 foram registrados 8.212 casos de hospitalizações com diagnóstico principal de IAM nos 35 hospitais de Ribeirão Preto e região, sendo 5.379 pacientes do sexo masculino (65,5%), 4.664 (56,8%) com idade maior ou igual a 60 anos, 3.729 (45,4%) internados entre os anos de 2004 e 2007, 4.315 (52,6%) usuários do Sistema Único de Saúde (SUS), 3.715 (45,2%) residentes da região de Ribeirão Preto e 6.439 (78,4%) atendidos pelos hospitais de Ribeirão Preto.

A Tabela 5 mostra a descrição de diversas variáveis em estudo relacionadas aos pacientes internados por sexo e faixa etária. Destaca-se o alto índice de mortalidade entre os idosos (idade ≥ 60 anos), principalmente no sexo feminino - em torno de um quarto das mulheres idosas vão a óbito após uma hospitalização por IAM. Considerando os pacientes no geral, sem considerar a faixa etária, tem-se que 19,8% das mulheres vão a óbito, enquanto que para o sexo masculino, essa proporção é de 11,9%.

Em um recente estudo proposto por Canto et al. (2012), baseado em quase 1,2 milhões de prontuários de pacientes hospitalizados nos Estados Unidos entre 1994 e 2006, foi evidenciado que para quase metade das mulheres o IAM provoca um desconforto de baixa a média intensidade, enquanto que para os homens os sintomas mais comuns são dor aguda no peito e suor frio intenso. Supõe-se, então, que devido ao fato dos sinais da doença para o sexo feminino serem camuflados, médicos e pacientes podem subestimar ou confundir o problema, adiando seu diagnóstico e, por consequência, o seu tratamento.

Tabela 5 - Frequência e percentual das variáveis em estudo relacionadas à caracterização de pacientes internados por sexo e faixa etária.

Variáveis	Sexo												Total	
	Masculino						Feminino							
	Faixa etária (anos)						Faixa etária (anos)							
	18 a 39		40 a 59		≥ 60		18 a 39		40 a 59		≥ 60			
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Período														
1998 - 2000	87	32,5	590	24,8	699	25,6	28	37,8	167	20,2	485	25,1	2.056	25,04
2001 - 2003	71	26,5	687	28,9	824	30,2	23	31,1	263	31,8	559	29,0	2.427	29,55
2004 - 2007	110	41,0	1.101	46,3	1.210	44,3	23	31,1	398	48,1	887	45,9	3.729	45,41
Plano de Saúde														
SUS	140	52,2	1.275	53,6	1.340	49,0	45	60,8	494	59,7	1.021	52,9	4.315	52,55
Não-SUS	128	47,8	1.103	46,4	1.393	51,0	29	39,2	334	40,3	910	47,1	3.897	47,45
Condição de saída														
Alta	260	97,0	2.239	94,2	2.242	82,0	73	98,7	754	91,1	1.445	74,8	7.013	85,40
Óbito	8	3,0	139	5,9	491	18,0	1	1,4	74	8,9	486	25,2	1.199	14,60
Diagnóstico principal														
I21	266	99,3	2.346	98,7	2.704	98,9	73	98,7	821	99,2	1.913	99,1	8.123	98,92
I22	1	0,4	20	0,8	12	0,4	0	0,0	4	0,5	6	0,3	43	0,52
I23	1	0,4	12	0,5	17	0,6	1	1,4	3	0,4	12	0,6	46	0,56
Residentes														
Ribeirão Preto	124	46,3	1.035	43,5	1.192	43,6	35	47,3	351	42,4	901	46,7	3.638	44,30
Região de RP	122	45,5	1.070	45,0	1.217	44,5	33	44,6	414	50,0	859	44,5	3.715	45,24
Outros municípios	22	8,2	273	11,5	324	11,9	6	8,1	63	7,6	171	8,9	859	10,46
Hospital														
Ribeirão Preto	200	74,6	1.909	80,3	2.176	79,6	59	79,7	624	75,4	1.471	76,2	6.439	78,41
Região	68	25,4	469	19,7	557	20,4	15	20,3	204	24,6	460	23,8	1.773	21,59
Total	268	100	2.378	100	2.733	100	74	100	828	100	1.931	100	8.212	100

6.2. CARACTERIZAÇÃO DO PERÍODO EM ESTUDO EM RELAÇÃO À ATIVIDADE GEOMAGNÉTICA

Foram consideradas nos estudo as hospitalizações por IAM compreendidas entre os dias 1/01/1998 a 28/12/2007. As Tabelas 6 e 7 mostram as frequências e percentuais dos dias dos anos em estudo por nível de atividade geomagnética, sendo possível observar que os anos 2000 e 2003 apresentaram os maiores índices de tempestades geomagnéticas, correspondendo a 10,66% e 20,62% dos dias de cada ano, respectivamente. Já os anos de 2006 e 2007 compreendem os períodos de mínima atividade solar, sendo que em torno de 62% dos dias tiveram sua atividade geomagnética classificada como calma e apenas 11 (3,01%) e 3 (0,83%) dias de cada ano, respectivamente, tiveram tempestade geomagnética fraca ou intensa. A Figura 5 contribui com uma melhor visualização dessa descrição.

Tabela 6 - Frequência e percentual dos dias dos anos entre 1998 e 2003 por nível de atividade geomagnética.

Atividade geomagnética	Ano											
	1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Calma	175	47,95	155	42,47	134	36,61	173	47,4	138	37,81	59	16,16
Transição	123	33,7	110	30,14	128	34,97	114	31,23	137	37,53	102	27,95
Ativo	43	11,78	75	20,55	65	17,76	51	13,97	65	17,81	128	35,07
Tempestade	24	6,58	25	6,85	39	10,66	27	7,4	25	6,85	76	20,82
Fraca	13	3,56	21	5,75	23	6,28	14	3,84	14	3,84	60	16,44
Intensa	8	2,19	4	1,1	13	3,55	10	2,74	11	3,01	10	2,74
Muito intensa	3	0,82	0	0	3	0,82	3	0,82	0	0	6	1,64
Total	365	100	365	100	366	100	365	100	365	100	365	100

Tabela 7 - Frequência e percentual dos dias dos anos entre 2004 e 2007 por nível de atividade geomagnética.

Atividade geomagnética	Ano									
	2004		2005		2006		2007		Total	
	<i>n</i>	%	<i>N</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Calma	151	41,26	162	44,38	229	62,74	226	62,43	1602	43,9
Transição	123	33,61	107	29,32	87	23,84	92	25,41	1123	30,78
Ativo	71	19,4	61	16,71	38	10,41	41	11,33	638	17,48
Tempestade	21	5,74	35	9,59	11	3,01	3	0,83	286	7,84
Fraca	13	3,55	20	5,48	9	2,47	3	0,83	190	5,21
Intensa	3	0,82	13	3,56	2	0,55	0	0	74	2,03
Muito intensa	5	1,37	2	0,55	0	0	0	0	22	0,6
Total	366	100	365	100	365	100	362	100	3649	100

Figura 5 – Percentual dos dias dos anos entre 1998 e 2007 por nível de atividade geomagnética.

As tempestades geomagnéticas muito intensas são consideradas as mais graves e que chamam a atenção da mídia, pois atingem fortemente a Terra provocando maiores efeitos principalmente aos satélites do planeta, a rede elétrica e a saúde humana. Dentro do período do estudo considerado, em apenas 22 dias

houve registros de atividade geomagnética muito intensa, sendo seis casos em 2003, período de máxima atividade solar:

04/05/1998	27/08/1998	25/09/1998	15/07/2000	12/08/2000	05/10/2000
31/03/2001	06/11/2001	24/11/2001	29/05/2003	18/08/2003	29/10/2003
30/10/2003	31/10/2003	20/11/2003	25/07/2004	27/07/2004	08/11/2004
09/11/2004	10/11/2004	24/08/2005	11/09/2005		

6.3. ANÁLISE DOS DADOS: MODELOS DE REGRESSÃO DE POISSON

Inicialmente, foram feitos os gráficos de séries temporais das hospitalizações por IAM junto com o correlograma, como podem ser vistos pelas Figuras 6 e 7. A Figura 6 indica uma leve tendência de crescimento nas hospitalizações ao longo dos anos.

Figura 6 - Gráfico de séries temporais.

Figura 7 - Correlograma.

Nota-se pela Figura 7 que a maioria dos coeficientes está fora dos limites de confiança (95%), indicando que a série temporal é não aleatória, ou seja, os valores defasados são correlacionados, indicando um efeito sazonal de tamanho “sete”, ou seja, semanal. Vários estudos evidenciam que há um aumento importante de hospitalizações por IAM às segundas-feiras, reduzindo bruscamente aos sábados e domingos (ROCHA; SILVA, 2000).

6.3.1. Modelo 1

O primeiro modelo de regressão de Poisson ajustado tem como variável independente apenas “nível de atividade geomagnética”. Sendo assim, consideram-se as variáveis indicadoras para os modelos propostos:

$X_1 = 1, X_2 = 0, X_3 = 0, X_4 = 0$ e $X_5 = 0$ se ativ. geomagnética calma

$X_1 = 0, X_2 = 1, X_3 = 0, X_4 = 0$ e $X_5 = 0$ se ativ. geomagnética em transição

$X_1 = 0, X_2 = 0, X_3 = 1, X_4 = 0$ e $X_5 = 0$ se ativ. geomagnética ativa

$X_1 = 0, X_2 = 0, X_3 = 0, X_4 = 1$ e $X_5 = 0$ se ativ. geomagnética tempestade fraca

$X_1 = 0, X_2 = 0, X_3 = 0, X_4 = 0$ e $X_5 = 1$ se ativ. geomagnética tempestade intensa
 $X_1 = 0, X_2 = 0, X_3 = 0, X_4 = 0$ e $X_5 = 0$ se ativ. geomagnética tempestade muito intensa.

Por consequência o modelo estatístico usa a função de ligação $\ln(\lambda_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_5 X_{5i} + \varepsilon_i$, obtendo assim as estimativas dos parâmetros, como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 1 de regressão de Poisson.

Parâmetro		Estimativa	EP*	IC (95%)		p-valor
Intercepto	β_0	1,08	0,14	0,81	1,35	<0,001
	β_1	-0,28	0,14	-0,56	-0,01	0,041
Nível de	β_2	-0,30	0,14	-0,57	-0,02	0,035
atividade	β_3	-0,24	0,14	-0,52	0,03	0,083
geomagnética	β_4	-0,19	0,15	-0,48	0,10	0,191
	β_5	-0,22	0,16	-0,53	0,10	0,179

*EP: erro-padrão

Para diagnósticos dos resíduos do modelo, foram propostos os gráficos apresentados na Figura 8. O teste de Ljung-Box rejeita a hipótese de que não há autocorrelação entre pelo menos duas observações e os correlogramas também evidenciam autocorrelações entre os resíduos. A maioria dos coeficientes está fora dos limites de confiança (95%) indicando correlação entre as observações, invalidando o pressuposto de que estes são independentemente distribuídos.

Pelo gráfico “Observado x Predito”, observa-se que os valores preditos foram subestimados. Pelo histograma e qq-plot dos resíduos de Anscombe pode-se notar que os dados não tiveram um bom-ajuste, pois não mostram um comportamento de distribuição normal e os gráficos “Resíduos Deviance x Preditos” e “Resíduos Deviance x Erro de Poisson” aparentam resultar em uma inclinação de -1 em $r = 0$ com uma leve curvatura, indicando um bom ajuste dos dados.

Ao longo desse diagnóstico, evidencia-se que o modelo não teve um bom ajuste.

Figura 8 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 1 ajustado.

6.3.2. Modelo 2

Uma ferramenta específica para remover um componente de tendência consiste em diferenciar a série até que ela se torne estacionária, ou seja, sem apresentar qualquer tipo de tendência. Foram feitas tentativas de inclusão de variáveis de defasagem – até 7 – sendo que com 7 defasagens o modelo obteve o “melhor” diagnóstico dos resíduos. Estas análises estão anexadas no Anexo B.

Dessa forma, o segundo modelo de regressão ajustado complementa o Modelo 1, utilizando defasagem 7, sendo que as variáveis indicadoras correspondem as mesmas Modelo 1, e acumulam:

X_6 para defasagem 1;

X_7 para defasagem 2,

....,

X_{12} para defasagem 7.

Considerando a função de ligação do modelo estatístico $\ln(\lambda_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_{12} X_{12i} + \varepsilon_i$, são obtidas as estimativas dos parâmetros, de acordo com a Tabela 9.

Tabela 9 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 2 de regressão de Poisson.

Parâmetro		Estimativa	EP	IC (95%)		p-valor
Intercepto	β_0	0,81	0,14	0,53	1,09	<0,001
	β_1	-0,31	0,14	-0,58	-0,04	0,026
	β_2	-0,31	0,14	-0,59	-0,04	0,024
	β_3	-0,27	0,14	-0,54	0,01	0,057
	β_4	-0,20	0,15	-0,48	0,09	0,176
Defasagens	β_5	-0,22	0,16	-0,53	0,10	0,178
	β_6	0,03	0,01	0,02	0,04	<0,001
	β_7	0,02	0,01	0,01	0,04	0,003
	β_8	0,02	0,01	0,00	0,03	0,018
	β_9	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,254
	β_{10}	0,01	0,01	0,00	0,03	0,067
	β_{11}	0,01	0,01	0,00	0,03	0,158
	β_{12}	0,02	0,01	0,01	0,04	0,002

A Figura 9 mostra os gráficos de diagnósticos dos resíduos, sendo possível observar uma leve melhora no comportamento dos resíduos de Anscombe em relação ao Modelo 1 – os resíduos apresentam um comportamento mais próximo a

distribuição Normal). Para este modelo, o teste Ljung-Box não rejeita a hipótese de que não há autocorrelação entre pelo menos duas observações, porém os correlogramas sugerem autocorrelações entre os resíduos, impossibilitando a validação do modelo.

Figura 9 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 2 ajustado.

6.3.3. Modelo 3

Como o Modelo 2 não pôde ser validado, foi considerada a possibilidade de adicionar a variável “ano” ao Modelo 2, pressupondo ser esta uma possível variável de confusão. Assim, o terceiro modelo de regressão ajustado complementa o Modelo 2, sendo somado às variáveis indicadoras:

$X_{13} = 1, X_{14} = 0, X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 0, X_{20} = 0, X_{21} = 0$ e $X_{21} = 0$
se 1998;

$X_{13} = 0, X_{14} = 1, X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 0, X_{20} = 0, X_{21} = 0$ e $X_{21} = 0$
se 1999;

$X_{13} = 0, X_{14} = 0, X_{15} = 1, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 0, X_{20} = 0, X_{21} = 0$ e $X_{21} = 0$
se 2000;

$X_{13} = 0, X_{14} = 0, X_{15} = 0, X_{16} = 1, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 0, X_{20} = 0, X_{21} = 0$ e $X_{21} = 0$
se 2001;

$X_{13} = 0, X_{14} = 0, X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 1, X_{18} = 0, X_{19} = 0, X_{20} = 0, X_{21} = 0$ e $X_{21} = 0$
se 2002;

$X_{13} = 0, X_{14} = 0, X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 1, X_{19} = 0, X_{20} = 0, X_{21} = 0$ e $X_{21} = 0$
se 2003;

$X_{13} = 0, X_{14} = 0, X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 1, X_{20} = 0, X_{21} = 0$ e $X_{21} = 0$
se 2004;

$X_{13} = 0, X_{14} = 0, X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 0, X_{20} = 1, X_{21} = 0$ e $X_{21} = 0$
se 2005;

$X_{13} = 0, X_{14} = 0, X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 0, X_{20} = 0, X_{21} = 0$ e $X_{21} = 1$
se 2006;

$X_{13} = 0, X_{14} = 0, X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 0, X_{20} = 0, X_{21} = 0$ e $X_{21} = 0$
se 2007.

Dada à função de ligação do modelo estatístico $\ln(\lambda_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_{21} X_{21i} + \varepsilon_i$, são obtidas as estimativas dos parâmetros, apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 3 de regressão de Poisson.

Parâmetro		Estimativa	EP	IC (95%)		p-valor
Intercepto	β_0	1,13	0,15	0,83	1,42	<0,001
Nível de atividade geomagnética	β_1	-0,33	0,14	-0,60	-0,06	0,018
	β_2	-0,31	0,14	-0,58	-0,04	0,023
	β_3	-0,26	0,14	-0,54	0,01	0,058
	β_4	-0,19	0,15	-0,47	0,10	0,193
	β_5	-0,21	0,16	-0,52	0,11	0,195
Defasagens	β_6	0,02	0,01	0,00	0,03	0,009
	β_7	0,01	0,01	0,00	0,03	0,085
	β_8	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,235
	β_9	0,00	0,01	-0,02	0,02	0,989
	β_{10}	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,520
	β_{11}	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,841
	β_{12}	0,01	0,01	0,00	0,03	0,068
Ano	β_{13}	-0,31	0,06	-0,42	-0,19	<0,001
	β_{14}	-0,33	0,06	-0,44	-0,22	<0,001
	β_{15}	-0,32	0,06	-0,43	-0,20	<0,001
	β_{16}	-0,21	0,05	-0,32	-0,11	<0,001
	β_{17}	-0,16	0,05	-0,27	-0,06	0,002
	β_{18}	-0,17	0,05	-0,27	-0,06	0,002
	β_{19}	-0,07	0,05	-0,17	0,03	0,162
	β_{20}	-0,04	0,05	-0,13	0,06	0,474
	β_{21}	-0,07	0,05	-0,17	0,03	0,196

O diagnóstico dos resíduos, como pode ser notado na Figura 10, mostra uma grande melhora no ajuste do modelo, tornando possível a sua validação. O teste Ljung-Box não rejeita a hipótese de que não há autocorrelação entre pelo menos duas observações e os correlogramas indicam uma baixa evidência de autocorrelação entre os resíduos. Já os resíduos de Anscombe se aproximam da distribuição Normal e os gráficos “Resíduos Deviance x Preditos” e “Resíduos Deviance x Erro de Poisson” aparentam resultar em uma inclinação de -1 em $r = 0$

com uma leve curvatura, indicando um bom ajuste dos dados. Dessa maneira, torna-se possível a validação desse modelo.

Figura 10 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 3 ajustado.

A fim de encontrar um modelo que se ajuste melhor ao Modelo 3, serão criados mais alguns modelos, sendo adicionadas as também possíveis variáveis de confusão “dia” e “mês”, respectivamente, ao Modelo 3. Observa-se que os parâmetros β_{13} , β_{14} e β_{15} apresentam estimativas parecidas entre si, assim como os parâmetros β_{16} , β_{17} e β_{18} e também β_{19} , β_{20} e β_{21} e β_{22} , β_{23} e β_{24} . Dessa maneira, para as próximas análises os parâmetros com estimativas semelhantes entre si serão unidas, dando origem a três períodos:

1. 1998 a 2000;
2. 2001 a 2003;
3. 2004 a 2007.

6.3.4. Modelo 4

O Modelo 4 proposto é similar ao modelo anterior, porém mais enxuto, agrupando os anos que tiveram parâmetros similares em três períodos, como explicado no item anterior. Portanto, o quarto modelo de regressão ajustado complementa o Modelo 2, sendo somado às variáveis indicadoras:

$X_{13} = 1$, $X_{14} = 0$ se 1998, 1999 ou 2000;

$X_{13} = 0$, $X_{14} = 1$ se 2001, 2002 ou 2003;

$X_{13} = 0$, $X_{14} = 0$ se 2004, 2005, 2006 ou 2007.

Dada à função de ligação do modelo estatístico $\ln(\lambda_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_{21} X_{21i} + \varepsilon_i$, são obtidas as estimativas dos parâmetros, apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 4 de regressão de Poisson.

Parâmetro		Estimativa	EP	IC (95%)		p-valor
Intercepto	β_0	1,07	0,14	0,79	1,35	<0,001
	β_1	-0,32	0,14	-0,59	-0,05	0,019
Nível de atividade geomagnética	β_2	-0,31	0,14	-0,58	-0,04	0,025
	β_3	-0,26	0,14	-0,53	0,01	0,062
	β_4	-0,18	0,15	-0,47	0,10	0,207
	β_5	-0,20	0,16	-0,51	0,11	0,206
	β_6	0,02	0,01	0,01	0,04	0,007
Defasagens	β_7	0,01	0,01	0,00	0,03	0,073
	β_8	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,210
	β_9	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,960
	β_{10}	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,478
	β_{11}	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,791
	β_{12}	0,01	0,01	0,00	0,03	0,058
Período (ano)	β_{13}	-0,27	0,03	-0,34	-0,21	<0,001
	β_{14}	-0,14	0,03	-0,19	-0,08	<0,001

O diagnóstico dos resíduos, apresentado na Figura 11, aparenta ser semelhante ao Modelo 3, porém com menos parâmetros, tornando o modelo mais parcimonioso.

Figura 11 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 4 ajustado.

6.3.5. Modelo 5

O Modelo 5, como descrito anteriormente no item 6.3.3, é um complemento do Modelo 4, com o acúmulo das variáveis indicadoras:

$X_{15} = 1, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 0$ e $X_{20} = 0$ se domingo;

$X_{15} = 0, X_{16} = 1, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 0$ e $X_{20} = 0$ se segunda-feira;

$X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 1, X_{18} = 0, X_{19} = 0$ e $X_{20} = 0$ se terça-feira;

$X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 1, X_{19} = 0$ e $X_{20} = 0$ se quarta-feira;

$X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 1$ e $X_{20} = 0$ se quinta-feira;

$X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 0$ e $X_{20} = 1$ se sexta-feira;

$X_{15} = 0, X_{16} = 0, X_{17} = 0, X_{18} = 0, X_{19} = 0$ e $X_{20} = 0$ se sábado.

$X_{21} = 1, X_{22} = 0, X_{23} = 0, X_{24} = 0, X_{25} = 0, X_{26} = 0, X_{27} = 0, X_{28} = 0, X_{29} = 0, X_{30} = 0$ e $X_{31} = 0$ se janeiro;

$X_{21} = 0, X_{22} = 1, X_{23} = 0, X_{24} = 0, X_{25} = 0, X_{26} = 0, X_{27} = 0, X_{28} = 0, X_{29} = 0, X_{30} = 0$ e $X_{31} = 0$ se fevereiro;

$X_{21} = 0, X_{22} = 0, X_{23} = 1, X_{24} = 0, X_{25} = 0, X_{26} = 0, X_{27} = 0, X_{28} = 0, X_{29} = 0, X_{30} = 0$ e $X_{31} = 0$ se março;

$X_{21} = 0, X_{22} = 0, X_{23} = 0, X_{24} = 1, X_{25} = 0, X_{26} = 0, X_{27} = 0, X_{28} = 0, X_{29} = 0, X_{30} = 0$ e $X_{31} = 0$ se abril;

$X_{21} = 0, X_{22} = 0, X_{23} = 0, X_{24} = 0, X_{25} = 1, X_{26} = 0, X_{27} = 0, X_{28} = 0, X_{29} = 0, X_{30} = 0$ e $X_{31} = 0$ se maio;

$X_{21} = 0, X_{22} = 0, X_{23} = 0, X_{24} = 0, X_{25} = 0, X_{26} = 1, X_{27} = 0, X_{28} = 0, X_{29} = 0, X_{30} = 0$ e $X_{31} = 0$ se junho;

$X_{21} = 0, X_{22} = 0, X_{23} = 0, X_{24} = 0, X_{25} = 0, X_{26} = 0, X_{27} = 1, X_{28} = 0, X_{29} = 0, X_{30} = 0$ e $X_{31} = 0$ se julho;

$X_{21} = 0, X_{22} = 0, X_{23} = 0, X_{24} = 0, X_{25} = 0, X_{26} = 0, X_{27} = 0, X_{28} = 1, X_{29} = 0, X_{30} = 0$ e $X_{31} = 0$ se agosto;

$X_{21} = 0, X_{22} = 0, X_{23} = 0, X_{24} = 0, X_{25} = 0, X_{26} = 0, X_{27} = 0, X_{28} = 0, X_{29} = 1, X_{30} = 0$ e $X_{31} = 0$ se setembro;

$X_{21} = 0, X_{22} = 0, X_{23} = 0, X_{24} = 0, X_{25} = 0, X_{26} = 0, X_{27} = 0, X_{28} = 0, X_{29} = 0, X_{30} = 1$ e $X_{31} = 0$ se outubro;

$X_{21} = 0, X_{22} = 0, X_{23} = 0, X_{24} = 0, X_{25} = 0, X_{26} = 0, X_{27} = 0, X_{28} = 0, X_{29} = 0, X_{30} = 0$ e $X_{31} = 1$ se novembro;

$X_{21} = 0, X_{22} = 0, X_{23} = 0, X_{24} = 0, X_{25} = 0, X_{26} = 0, X_{27} = 0, X_{28} = 0, X_{29} = 0, X_{30} = 0$ e $X_{31} = 0$ se dezembro;

Dada a função de ligação do modelo estatístico $\ln(\lambda_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_{21} X_{31i} + \varepsilon_i$, são obtidas as estimativas dos parâmetros, apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 5 de regressão de Poisson.

Parâmetro		Estimativa	EP	IC(95%)		p-valor
Intercepto	β_0	0,96	0,15	0,67	1,26	<0,001
Nível de atividade geomagnética	β_1	-0,30	0,14	-0,57	-0,04	0,026
	β_2	-0,29	0,14	-0,56	-0,03	0,032
	β_3	-0,23	0,14	-0,50	0,04	0,093
	β_4	-0,17	0,14	-0,45	0,11	0,239
	β_5	-0,18	0,16	-0,49	0,13	0,260
Defasagens	β_6	0,02	0,01	0,00	0,03	0,014
	β_7	0,01	0,01	0,00	0,03	0,068
	β_8	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,242
	β_9	0,00	0,01	-0,02	0,02	0,986
	β_{10}	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,445
	β_{11}	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,895
	β_{12}	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,777
Períodos	β_{13}	-0,28	0,03	-0,35	-0,22	<0,001
	β_{14}	-0,14	0,03	-0,20	-0,09	<0,001
Dia da semana	β_{15}	-0,05	0,05	-0,14	0,05	0,347
	β_{16}	0,30	0,05	0,21	0,39	<0,001
	β_{17}	0,15	0,05	0,06	0,24	0,001
	β_{18}	0,16	0,05	0,07	0,26	<0,001
	β_{19}	0,12	0,05	0,03	0,21	0,012
	β_{20}	0,13	0,05	0,04	0,22	0,005
Mês	β_{21}	-0,08	0,06	-0,20	0,04	0,176
	β_{22}	-0,05	0,06	-0,16	0,07	0,457
	β_{23}	0,02	0,06	-0,10	0,13	0,790
	β_{24}	-0,06	0,06	-0,18	0,06	0,300
	β_{25}	0,03	0,06	-0,08	0,15	0,585
	β_{26}	0,04	0,06	-0,07	0,16	0,475
	β_{27}	0,11	0,06	0,00	0,23	0,047
	β_{28}	0,04	0,06	-0,08	0,15	0,508
	β_{29}	-0,01	0,06	-0,12	0,11	0,895
	β_{30}	0,03	0,06	-0,08	0,15	0,572
	β_{31}	-0,06	0,06	-0,17	0,06	0,358

Notam-se estimativas similares entre os parâmetros de β_{17} a β_{20} , que correspondem aos dias terça, quarta, quinta e sexta-feira. O parâmetro β_{16} , atribuído à segunda-feira, apresentou uma estimativa superior às

demais e o parâmetro β_{15} , especificado por domingo, apresentou valor próximo à zero, podendo ser unido com sua referência, ou seja, sábado. Sendo assim, sugere-se agrupar os parâmetros com estimativas similares referentes a “dia da semana” agrupadas, originando três períodos:

1. Sábado e domingo
2. Segunda-feira
3. Terça, quarta, quinta e sexta-feira.

Para a variável de confundimento “mês”, observa-se que apenas o parâmetro β_{27} , atribuído ao mês de julho, é significativo e com estimativa superior aos demais parâmetros. Este mês é considerado o período com maior ocorrência de temperaturas mais baixas e, como é evidenciado na literatura que variáveis climáticas, principalmente a temperatura baixa, são fatores desencadeantes para a ocorrência de IAM, sugere-se agrupar os meses considerando o mês de julho em uma categoria e os demais em uma única categoria, ou seja:

1. Janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho, agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro;
2. Julho.

O diagnóstico dos resíduos, como pode ser notado na Figura 12, mostra um bom ajuste do modelo, com descrição dos gráficos semelhante ao modelo anterior, tornando também possível a sua validação.

Figura 12 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 5 ajustado.

6.3.6. Modelo 6

Em busca de um modelo que se ajuste melhor aos dados e que seja parcimonioso, considera-se para esse modelo as mesmas variáveis do modelo anterior, porém com as classificações das variáveis “dia da semana” e “mês” agrupadas conforme descrições no modelo anterior.

Sendo assim, o Modelo 6 é um complemento do Modelo 4, com o acúmulo das variáveis indicadoras:

$X_{15} = 1, X_{16} = 0$ se sábado ou domingo;

$X_{15} = 0, X_{16} = 0$ se segunda-feira;

$X_{15} = 0, X_{16} = 0$ se terça ou quarta ou quinta ou sexta-feira;

$X_{17} = 1$ se julho;

$X_{17} = 0$ se demais meses.

Dada à função de ligação do modelo estatístico $\ln(\lambda_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_{21} X_{17i} + \varepsilon_i$, são obtidas as estimativas dos parâmetros, apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 6 de regressão de Poisson.

Parâmetro		Estimativa	EP	IC(95%)		p-valor
Intercepto	β_0	0,94	0,15	0,66	1,23	<0,001
Nível de atividade geomagnética	β_1	-0,31	0,14	-0,58	-0,05	0,021
	β_2	-0,31	0,14	-0,57	-0,04	0,024
	β_3	-0,25	0,14	-0,52	0,02	0,066
	β_4	-0,18	0,14	-0,46	0,10	0,218
	β_5	-0,20	0,16	-0,51	0,11	0,210
Defasagens	β_6	0,02	0,01	0,01	0,04	0,005
	β_7	0,02	0,01	0,00	0,03	0,032
	β_8	0,01	0,01	0,00	0,03	0,148
	β_9	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,790
	β_{10}	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,303
	β_{11}	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,716
	β_{12}	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,588
Períodos	β_{13}	-0,27	0,03	-0,34	-0,21	<0,001
	β_{14}	-0,14	0,03	-0,19	-0,08	<0,001
Dia da semana	β_{15}	-0,05	0,05	-0,14	0,05	0,352
	β_{16}	0,30	0,05	0,21	0,39	<0,001
	β_{17}	0,15	0,05	0,06	0,24	0,001
	β_{18}	0,16	0,05	0,07	0,26	<0,001
	β_{19}	0,12	0,05	0,03	0,21	0,012
	β_{20}	0,13	0,05	0,04	0,22	0,005

O diagnóstico dos resíduos, apresentado na Figura 13, aparenta ser semelhante ao Modelo 5, porém com menos parâmetros, tornando o modelo mais parcimonioso.

Figura 13 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 6 ajustado.

6.3.7. Comparações entre os modelos ajustados

Como citado anteriormente, critérios de informação serão úteis na discriminação entre os diferentes modelos. Sendo assim, foram calculados os critérios AIC e BIC para os modelos ajustados, como mostra a Tabela 14.

Apesar dos Modelos 1 e 2 apresentarem os menores valores AIC e BIC, respectivamente, eles não obtiveram um bom ajuste, portanto o melhor modelo ajustado e validado dentre todos é o Modelo 3.

Dessa forma, sendo o Modelo 3 eleito como o melhor modelo ajustado, apresentam-se as médias estimadas, com os respectivos intervalos de confiança, das hospitalizações diárias por IAM por nível de atividade geomagnética, como mostra a Tabela 15 e a Figura 14. Observa-se um aumento da média amostral conforme aumenta o nível de atividade geomagnética.

Tabela 14 – Critérios de informação AIC e BIC calculados para os modelos ajustados.

Modelo	Critérios de Informação	
	AIC	BIC
1	10.698,04	10.735,30
2	10.784,45	10.865,05
3	10.921,27	11.057,67
4	11.066,00	11.239,61
5	10.948,82	11.153,43

Tabela 15 - Média e IC*(95%) das internações diárias por IAM por nível de atividade geomagnética estimados pelo Modelo 4.

Atividade geomagnética	Média	IC(95%)	
Calma	2,17	2,09	2,25
Transição	2,20	2,10	2,29
Ativo	2,31	2,18	2,44
Temp. fraca	2,49	2,25	2,75
Temp. intensa	2,44	2,08	2,88
Temp. muito intensa	3,01	2,30	3,93

*IC = Intervalo de confiança

Na Tabela 16 apresentam-se as razões de taxas das hospitalizações diárias por IAM entre os níveis de atividade geomagnética. Pode-se observar que nos dias de tempestade geomagnética muito intensa, a taxa de internações por IAM é 1,39 e

1,37 vez, ou então, 39% e 37% maior, daquela observada nos dias de atividade solar calma e de transição, respectivamente. Nota-se também que em dias de tempestade geomagnética fraca, a taxa de hospitalizações por IAM é 15% e 13% maior daquela observada nos dias de atividade solar calma e de transição, respectivamente.

Figura 14 - Média e IC*(95%) das internações diárias por IAM por nível de atividade geomagnética estimados pelo Modelo 4.

Tabela 16 - Razões entre as taxas das interações diárias por IAM entre os níveis de atividade geomagnética estimados pelo Modelo 4 com os respectivos intervalos de confiança.

Razões entre as taxas	Estimativa	IC(95%)		p-valor
Transição / Calma	1,01	0,96	1,07	0,657
Ativo / Calma	1,06	0,99	1,14	0,076
Temp. fraca / Calma	1,15	1,03	1,28	0,014*
Temp. intensa / Calma	1,13	0,95	1,33	0,160
Temp. muito intensa / Calma	1,39	1,06	1,82	0,018*
Ativo / Transição	1,05	0,98	1,13	0,176
Temp. fraca / Transição	1,13	1,01	1,26	0,028*
Temp. intensa / Transição	1,11	0,94	1,32	0,212
Temp. muito intensa / Transição	1,37	1,04	1,79	0,023*
Temp. fraca / Ativo	1,08	0,96	1,21	0,201
Temp. intensa / Ativo	1,06	0,89	1,26	0,510
Temp. muito intensa / Ativo	1,30	0,99	1,71	0,058
Temp. intensa / Temp. fraca	0,98	0,81	1,19	0,859
Temp. muito intensa / Temp. fraca	1,21	0,91	1,61	0,193
Temp. muito intensa / Temp. intensa	1,23	0,90	1,68	0,195

Figura 15 - Razões entre as taxas das interações diárias por IAM entre os níveis de atividade geomagnética estimados pelo Modelo 4 com os respectivos intervalos de confiança. (C) calma, (T) transição, (A) ativo, (TF) tempestade fraca, (TI) tempestade intensa, (TMI) tempestade muito intensa.

DISCUSSÃO

7

Nenhum estudo isolado é suficiente para demonstrar uma inferência causal. Austin Bradford Hill (1897-1991), epidemiologista e estatístico inglês, foi pioneiro, juntamente com Richard Doll, em evidenciar a associação entre o tabagismo e o câncer de pulmão, com base em estudos de caso-controle e coorte (ARMITAGE, 1991).

Apesar desse feito, Hill é conhecido por estabelecer um conjunto de critérios que confirmam uma associação causal, chamados “Critérios de Hill”. Dessa maneira, uma relação causal deve atender aos nove critérios de causalidade de Hill, definidos por: força da associação, consistência, especificidade, temporalidade, gradiente biológico, plausibilidade biológica, coerência, evidência experimental e analogia (KUNDI, 2006 e HILL, 1965).

A força da associação objetiva mostrar que quanto mais forte uma associação, maior será a possibilidade de se tratar de uma relação causal. Segundo os resultados obtidos do Modelo 4, apresentam-se na Tabela 16 as razões de taxas das hospitalizações diárias por IAM entre os níveis de atividade geomagnética. Foi observado que nos dias de tempestade geomagnética muito intensa, a taxa de internações por IAM é 1,39 e 1,37 vez, ou então, 39% e 37% maior, daquela observada nos dias de atividade solar calma e de transição, respectivamente. Foi apontado também que em dias de tempestade geomagnética fraca, a taxa de hospitalizações por IAM é 15% e 13% maior daquela observada nos dias de atividade solar calma e de transição, respectivamente.

A consistência tem como princípio que se o mesmo resultado é obtido em diferentes circunstâncias, a hipótese causal seria fortalecida. Na literatura ainda há poucos estudos envolvendo o tema proposto, inclusive não há registros de algum deles relacionado no Brasil ou com dados do Brasil. Como citados no Capítulo 1, os estudos biometeorológicos encontrados na literatura que associam tempestades

geomagnéticas e IAM são descritos por Mendoza e Sandoval (2000), Villaresi; Ptitsyna; Tiasto; Iucci (1998), Taboada; Figueiredo; Figueiredo (2004) e Dimitrova, Stoilova, Georgieva, Taseva, Jordanova, Maslarov (2009). Estes estudos consideram ocorrências diárias de IAM das cidades Cidade do México (México), entre 1992 e 1996, São Petersburgo (Rússia), entre 1989 e 1990, Havana (Cuba), entre 1992 e 1999 e Sofia (Bulgária), entre 1995 e 2004. Em todos os estudos, as análises mostraram um aumento significativo da taxa de IAM durante grandes perturbações geomagnéticas.

A especificidade é um critério não aplicável a alguns autores, pois esta implica que uma exposição específica leva a causa, ou seja, uma causa leva a um só efeito e o efeito tem apenas uma causa. É sabido, num contexto geral, que um conjunto de exposições pode dar origem a diversas doenças. No presente estudo, seria como evidenciar que apenas as tempestades geomagnéticas causam o IAM, porém a literatura aponta várias causas para a doença, como tabagismo, hipertensão arterial, diabetes melito, dislipidemia, obesidade e sedentarismo, como discutido no item 4.2.2.

A temporalidade afirma que a causa deve sempre preceder o efeito. No presente estudo, foram consideradas as frequências diárias de internações por IAM e o índice médio diário Ap, que como detalhado no item 4.1.5.3, é resultado da média de 8 valores diários, medidos de 3 em 3 horas de 11 estações diferentes, sendo todas as informações de um mesmo dia. Para evidenciar melhor esse critério, foi feita uma análise a partir do Modelo 4, porém considerando uma defasagem de um dia para as frequências diárias de internações por IAM. Dessa forma, foi considerado que o efeito antecede a causa (Anexo C). Essa análise se baseia na ideia de que, caso seja observada uma associação entre as internações e as tempestades geomagnéticas, o critério de temporalidade seria rejeitado, já que a causa não estaria precedendo o efeito. A análise não mostrou associação entre as variáveis, atendendo o critério de temporalidade.

O gradiente biológico é basicamente o efeito dose-resposta. De acordo com os resultados obtidos do Modelo 4, observa-se pela Tabela 15 que as internações por IAM aumentam de acordo com a intensidade da atividade geomagnética. Nos

dias de atividade geomagnética calma, transição, ativo e tempestades fraca, intensa e muito intensa, a média de interações diárias por IAM é 2,17; 2,20; 2,31; 2,19; 2,44 e 3,01, respectivamente.

A evidência experimental é obtida através de estudos experimentais. No presente estudo, a possível causa a ser estudada é um efeito meteorológico, porém Stoilova e Zdravev (2000) criaram um ambiente magnético criado em condições laboratoriais evidenciado que as variações significativas do campo magnético podem alterar o funcionamento normal do sistema nervoso central, sistema nervoso vegetativo, sistema cardiovascular e desempenho cognitivo. Gmitrov e Gmitrova (2004) corroboraram através de um estudo experimental com coelhos que os distúrbios geomagnéticos provocam um aumento médio no número de batimentos cardíacos e também da pressão arterial. E Babayev et al. (2007), conduziram um estudo experimental com mulheres saudáveis e mostraram relação das atividades cerebrais com perturbações geomagnéticas.

A plausibilidade biológica afirma que a associação deve ser concordante com o nível atual de conhecimento do processo patológico. Já a coerência define que os achados no estudo não devam conflitar com o conhecimento sobre a história natural da doença. Estudos experimentais auxiliam a confirmar esses critérios, como já descritos no parágrafo anterior.

A analogia pretende mostrar se existem efeitos de exposições com outra doença. Como citados no Capítulo 1, as tempestades geomagnéticas são associadas também a mudanças na pressão arterial sistólica (DIMITROVA; STOILOVA; YANEV; CHALAKOV, 2004a e DIMITROVA; STOILOVA; CHALAKOV, 2004b), gravidade da crise de enxaqueca (KURITZKY et al, 1987), distúrbios psiquiátricos (FRIEDMAN et al, 1963 e 1965 e KAY, 1994), crises epiléticas e tonturas (STOUPPEL; MARTFEL; ROTENBERG, 1991), aumento da incidência de suicídios em mulheres (BERK; DODD; HENRY, 2006).

CONCLUSÃO

8

O presente estudo mostrou evidências de associação entre tempestades geomagnéticas e internações por infarto agudo do miocárdio. Porém, devido a limitações apresentadas na seção anterior, sugere-se que novos estudos devam ser conduzidos.

REFERÊNCIAS

ALARSA, F.; FARIA R. P. **Fundamentos de Astronomia**. 1a ed. São Paulo: Papirus Editora, 1982.

ALPERT JS, THYGESEN K, ANTMAN E, BASSAND JP. Myocardial infarction redefined--a consensus document of The Joint European Society of Cardiology/American College of Cardiology Committee for the redefinition of myocardial infarction. **J Am Coll Cardiol**. 2000 Sep;36(3):959-69.

ARMITAGE, P. Obituary: Sir Austin Bradford Hill 1897-1991. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, 154, 482-484, 1991.

BABAYEV, E.S.; ALLAHVERDIYEVA, A.A.; MUSTAFA, F.R.; SHUSTAREV, P.N. An Influence of Changes of Heliogeophysical Conditions on Biological Systems: Some Results of Studies Conducted in the Azerbaijan National Academy of Sciences. **Sun and Geosphere**. 2(1): 48-52, 2007.

BERK, M.; DODD, S.; HENRY M. Do ambient electromagnetic fields affect behaviour? A demonstration of the relationship between geomagnetic storm activity and suicide. **Bioelectromagnetics**. 27(2), p. 151-5, 2006.

BHATNAGAR, A.; LIVINGSTON, W. **Fundamentals of Solar Astronomy**. Singapore: World Scientific Publishing, 2005. v. 6. 455 p.

BOTELER, D.H.; PIRJOLA, R.J.; NEVANLINNA, H. The effects of geomagnetic disturbances on electrical systems at the Earth's surface. **Advances in Space Research**, Volume 22, Issue 1, 1998, Pages 17–27

BRASIL, Ministério da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. FIOCRUZ. Vice Presidência de Serviços de Referência e Ambiente. Núcleo de Biossegurança. NUBio. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Informática. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM). Acesso em 20 de fevereiro de 2012. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/obt10uf.def>. Brasília, 2009.

CANTO, JG; ROGERS, WJ; GOLDBERG, RJ; PETERSON, ED; WENGER NK; VACCARINO, V et al. Association of age and sex with myocardial infarction symptom presentation and in-hospital mortality. **JAMA**, 307(8), p. 813-822, 2012.

CARLAN, CU. Constantino e as transformações do Império Romano no século IV. *Revista de História da Arte e Arqueologia*, n.11, p. 27-35, 2009.

CASAGRANDE, E.L. Angina pectoris e infarto agudo do miocárdio. Simpósio sobre diagnóstico de dor torácica. *Revista AMRIGS*, Porto Alegre, 46 (1,2): 9-12, jan.-jun. 2002.

CASELLA, G.; BERGER, R. L. **Statistical inference**. 2nd ed. Thomson Learning, 2000.

CREGLER LL, MARK H. Relation of acute myocardial infarction to cocaine abuse. **Am J Cardiol**. 1985;56(12):794.

COX D.R. Some Remarks on Overdispersion. **Biometrika**, 70, 269-274, 1983.

DAVIS G.; LOWELL W. Chaotic solar cycles modulate the incidence and severity of mental illness. **Medical Hypotheses**, 62 (2), p. 207-214, 2004.

DAVIS G.; LOWELL W. Solar cycles and their relationship to human disease and adaptability. **Medical Hypotheses**, 67 (3), p. 447-461, 2006.

DIMITROVA, S.; STOILOVA, I.; YANEV, T.; CHOLAKOV I. Effect of Local and Global Geomagnetic Activity in Human Cardiovascular Homeostasis. **Archives of Environmental Health**. 59 (2), p. 84-90, 2004a.

DIMITROVA S.; STOILOVA I.; CHOLAKOV I. Influence of local geomagnetic storms on arterial blood pressure. **Bioelectromagnetics**. 25 (6), p. 408-414, 2004b.

DIMITROVA, S; STOILOVA, I.; GEORGIEVA, K; TASEVA, T; JORDANOVA, M; MASLAROV, D. Solar and Geomagnetic Activity and Acute Myocardial Infarction Morbidity and Mortality. Fundamental Space Research, 2009. Anais eletrônicos. Rússia, 2009. Disponível em :<www.stil.bas.bg/FSR2009/pap161.pdf>. Acesso em 10 jan. 2012.

DI PASQUALE G, LOMBARDI A, CASELLA G. The redefinition of acute myocardial infarction. **Ital Heart J**. 2004 Jun;5 Suppl 6:9S-18S.

EHLERS, R. S. Análise de séries temporais. 5 ed. 2009. Disponível em: <<http://www.icmc.usp.br/~ehlers/stemp/stemp.pdf>>. Acesso em 06 mar 2012.

EVANGELISTA, P. A.; BARRETO, S. M.; GUERRA, H. L. Central de regulação de leitos do SUS em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: avaliação de seu papel pelo estudo das internações por doenças isquêmicas do coração. **Cad. Saúde Pública**, 24 (4), p. 767-776, 2008.

FRANCO, B; RABELO, E.R.; GOLDEMEYER, S, SOUZA, E.N. Pacientes com Infarto Agudo do Miocárdio e os fatores que interferem na procura por serviço de emergência: Implicações para a educação em saúde. **Rev Latino-am Enfermagem**, 16(3), 2008.

FRANKEN RA, SOUZA AB, HUNGRIA VT, GOLIN V. Infarto do Miocárdio. A chegada do paciente ao hospital. **Arq Bras Cardiol**, 44(5), P.323-325, 1985.

FISRT MIDDLE EAST AND AFRICA, REGIONAL IAU MEETING. Solar and Geomagnetic Activities and Related Effects on the Human physiological and Cardio-Health State: Some Results of Azerbaijani and Collaborative Studies. **Anais eletrônicos**. Cairo, Egito, 2008. Disponível em: <<http://www.mearim.cu.edu.eg/new/Babayev.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

FRIEDMAN, H; BECKER, R.O.; BACHMAN, C.H. Geomagnetic parameters and Psychiatric Hospital Admissions, **Nature**, v. 200, p. 626- 628, 1963.

FRIEDMAN, H; BECKER, R.O.; BACHMAN, C.H. Psychiatric behavior and geophysical parameters. **Nature**, v. 205, p. 1050-1055, 1965.

GAARDER, J.; HELLERN, V.; NOTAKER, H. O Livro das Religiões. Editora Companhia das Letras, 2006.

GARDNER, W,; MULVEY, E.P.; SHAW E.C. Regression Analyses of Counts and Rates: Poisson, Overdispersed Poisson, and Negative Binomial Models, **Psychological Bulletin**, 118, 392-404, 1995.

GMITROV, J. AND GMITROVA, A. Geomagnetic Field Effect on Cardiovascular Regulation, **Bioelectromagnetics**, 25, p. 92-101, 2004.

HANSLMEIER, A. **The Sun and Space Weather**. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic Publishers, 2004. v. 277. 250 p.

GOLDMAN, L.; BRAUNWALD, E. **Cardiologia na clínica geral**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

HAINES JD JR, SEXTER S. Acute myocardial infarction associated with cocaine abuse. **South Med J**. 1987;80(10):1326-7.

HALL JC, HENRY GW, LOCKWOOD GW. The Sun-like activity of the solar twin 18 Scorpii. **The Astronomical Journal**, 133:2206-2208, 2007.

HILL, A.B. The environment and disease: association or causation. *Proc. R. soc. Medicine*, 58, 295-300, 1965.

HOPPE, P.; 1997. Aspects of human biometeorology in past, present and future. **Int. J. Biometeorol.** v.40, p.19-23, 1997.

KAY, R. W. Geomagnetic storms: association with incidence of depression as measured by hospital admission. **BJPsych**, v. 164, p. 403-409, 1994.

KEPLER, S.O.; SARAIVA, M.F.O. **Astronomia e Astrofísica**. 2a. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004. v. 1. 760 p. Disponível na forma de hipertexto em astro.if.ufrgs.br/

KROM, M.J. A ilustração do mundo. *Episteme*, 20: 249-258, 2005.

KUNDI, M. Causality and the interpretation of epidemiologic evidence. *Environ Health Perspect.* 114:969–974, 2006.

KURITZKY, A. et al. Geomagnetic activity and the severity of the migraine attack. **Headache**, v. 27, p. 87-89, 1987.

LANG, K. R. **A Companion to Astronomy and Astrophysics**. 1st. ed. Medford: Springer, 2006a. 383 p.

LANG, K. R. **Sun, Earth and Sky**. 2nd. ed. Medford: Springer, 2006b. 284 p.

LIANG, K.-Y; ZEGGER, S. L. Longitudinal data analysis using generalized linear models, **Biometrika**, 73, 13-22, 1986.

MANSUR AJ, CURATI JAE.; ALMEIDA AO, GENARI A Filho, BARRETO ACP, RAMIRES JAF, et al. Infarto Agudo do Miocárdio. Comparação entre os fatores que influem no tempo decorrido entre o início da dor e a hospitalização em São Paulo e Jundiaí. **Arq Bras Cardiol**, 41(3):181-84, 1983.

MARYON, H. The Colossus of Rhodes. **The Journal of Hellenic Studies**. Vol. 76, (1956), pp. 68-86, 1956.

MATSUOKA, M. T.; CAMARGO, P. O.; BATISTA, I. S. Posicionamento por GPS na Região Brasileira Durante a Intensa Tempestade Geomagnética de 29 de Outubro de 2003. **Pesquisas em Geociências**, 35 (1), 2008.

McCULLAGH, P.; NELDER, J.A. Generalized Linear Models. 2nd edition. London: Chapman & Hall, 1989.

MELÉNDEZ, J.; BERGEMANN, M.; COHEN, J.G.; ENDL, M.; KARAKAS, A.I.; RAMÍREZ, I.; COCHRAN, W.D.; YONG, D.; MACQUEEN, P.J.; KOBAYASHI, C.; ASPLUND, M. The remarkable solar twin HIP 56948: a prime target in the quest for other Earths. **Astronomy & Astrophysics**, 543: A29, 2012.

MENDOZA, B.; DÍAZ-SANDOVAL, R. Relationship between solar activity and myocardial infarction in Mexico City, **Geofísica Internacional**, v. 39, p. 53–56, 2000.

MENDOZA, B.; DÍAZ-SANDOVAL, R. Effects of Solar Activity on Myocardial Infarction Deaths in Low Geomagnetic Latitude Regions. **Natural Hazards**, 32: 25–36, 2004.

MÓDOLO, P. Os incas: língua, cultura e música. Etnicidade e apropriações cultural-religiosas. Revista USP, São Paulo, n.72, p. 143-156, 2006-2007.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Leslie Mullen.

Seasons of the Sun: Predicting What the Sun Will Do Next. Science @ NASA, 22 de julho de 1999. Disponível em: <http://science1.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/1999/ast22jul99_1>. Acesso em: 1 Jun 2011.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. David H. Hathaway. **Solar Cycle Prediction.** Solar Physics @ Nasa, 1 de junho de 2011. Disponível em: <<http://solarscience.msfc.nasa.gov/predict.shtml>>. Acesso em: 1 Jun 2011.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Bryan Mendez, Laura Peticolas e Karin Hauck. **Solar Flares and Coronal Mass Ejections.** Nasa

Education, 10 Abr 2009. Disponível em:
http://www.nasa.gov/audience/foreducators/9-12/features/F_Dangers_of_Solar_Flares_and_CME.html>. Acesso em: 1 Jun 2011.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Classificação estatística internacional de doenças e problemas relacionados à saúde: 10ª revisão**. São Paulo: Centro Colaborador da OMS para a Classificação de Doenças em Português/Edusp; 2010. v. 1.

PIAZZA, W.O. Religiões da humanidade. 3ª edição. Edições Loyola, 1996.

PIEGAS LS, FEITOSA G, MATTOS LA, NICOLAU JC, ROSSI Neto JM, TIMERMAN A, et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. IV Diretriz da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Tratamento do Infarto agudo do Miocárdio com Supradesnível do Segmento ST. **Arq Bras Cardiol**, 93(6 supl.2): e179 - e264, 2009.

PORTO DE MELLO GF, DA SILVA L. HR 6060: The Closest Ever Solar Twin? The **Astrophysical Journal Letters**, 482(1): L89, 1997.

ROCHA, JY; SILVA, GCM. Hospitalizações por infarto agudo do miocárdio, estudo retrospectivo. **Rev Saúde Publ.**, 34(20), p. 157-162, 2000.

SAS Institute Inc. 2009. **SAS OnlineDoc® 9.2**. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SCHRIJVER CJ, SISCOE GL. Heliophysics: evolving solar activity and the climates of space and Earth. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

STOILOVA, I; ZDRAVEV, T. Influence of the geomagnetic activity on the human functional systems. **Journal of the Balkan Geophysical Society**, 3 (4), p. 73-76, 2000.

STOUPPEL, E.; BABAYEV, E.S.; MUSTAFA, F.R.; ABRAMSON, E.; ISRAELEVICH, P.; SULKES, J. Clinical Cosmobiology - Sudden Cardiac Death and Daily / Monthly

Geomagnetic, Cosmic Ray and Solar Activity - the Baku Study (2003-2005). **Sun and Geosphere**. 1(2): p. 13-16, 2006.

STOUPPEL, E.; MARTFEL, J.; ROTENBERG, Z. Admissions of patients with epileptic seizures (E) and dizziness (D) related to geomagnetic and solar activity levels: differences in female and male patients. **Med. Hypothesis**. 36(4), p. 384-388, 1991.

TABOADA, R.E.R.; FIGUEIREDO, P.S.; FIGUEIREDO, S.S. Geomagnetic activity related to acute myocardial infarctions: Relationship in a reduced population and time interval. **Geofísica Internacional**. 4 (2), p. 265-269, 2004.

TAUBE, K. Aztec and Maya myths. Texas University Press, 1993.

TIMERMAN, A., FEITOSA, G.A. Síndromes coronárias agudas. Rio de Janeiro: Atheneu; 2003.

TREVELYAN J, NEEDHAM EW, SMITH SC, MATTU RK. Impact of the recommendations for the redefinition of myocardial infarction on diagnosis and prognosis in an unselected United Kingdom cohort with suspected cardiac chest pain. **Am J Cardiol**. 2004 Apr 1;93(7):817-21.

VALVERDE, O. Evidências mostram que as tempestades geomagnéticas podem estar adoecendo você. *Jornal Ciência*. Disponível em: <<http://www.jornalciencia.com/universo/diversos/1572-evidencias-mostram-que-as-tempestades-geomagneticas-podem-estar-adoecendo-voce>>. Acesso em: 03/05/2012. 2012.

VILLORESI, G.; PTITSYNA, N. G.; IUCCI, N.; TYASTO, M. I. Myocardial Infarction and Geomagnetic Disturbances: Analysis of Morbidity and Mortality Data, **Biofizika**, 43(4), p.623-631, 1998.

WHO (Report of the joint International Society and Federation of Cardiology/World Health Organisation Task Force on standardization of clinical nomenclature) (1979)

Nomenclature and criteria for diagnosis of ischaemic heart disease. **Circulation**, 59, 607–609.

ANEXO A - Aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA
DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

www.hcrp.usp.br

Ribeirão Preto, 12 de abril de 2011

Ofício nº 1331/2011
CEP/MGV

Prezada Senhora,

O trabalho intitulado **“ASSOCIAÇÃO ENTRE TEMPESTADES GEOMAGNÉTICAS E INTERNAÇÕES POR INFARTO EM RIBEIRÃO PRETO: PERÍODO DE 1996 A 2006”** foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, em sua 321ª Reunião Ordinária realizada em 11/04/2011 e enquadrado na categoria: **APROVADO**, de acordo com o Processo HCRP nº 14418/2010.

Este Comitê segue integralmente a Conferência Internacional de Harmonização de Boas Práticas Clínicas (IGH-GCP), bem como a Resolução nº 196/96 CNS/MS.

Lembramos que devem ser apresentados a este CEP, o Relatório Parcial e o Relatório Final da pesquisa.

Atenciosamente.

DRª MARCIA GUIMARÃES VILLANOVA
Coordenadora do Comitê de Ética em
Pesquisa do HCRP e da FMRP-USP

Ilustríssima Senhora
ANDRESSA KUTSCHENKO
Depto. de Medicina Social

ANEXO B - Diagnóstico dos resíduos para obtenção do Modelo 2

Para a obtenção do Modelo 2, foram feitas tentativas de inclusão de variáveis de defasagem, de 1 até 7, sendo o critério de escolha o “melhor” diagnóstico dos resíduos.

Dessa maneira, são apresentados os gráficos de diagnósticos dos resíduos pelas Figuras 14 a 20. Fazendo uma comparação entre os 7 modelos propostos, verifica-se que o modelo que apresenta 7 defasagens apresentou os resultados mais aceitáveis.

Figura 16 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 1 defasagem.

Figura 17 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 2 defasagens.

Figura 18 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 3 defasagens.

Figura 19 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 4 defasagens.

Figura 20 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 5 defasagens.

Figura 21 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 6 defasagens.

Figura 22 - Gráficos diagnósticos para o modelo com as variáveis independentes: nível de atividade geomagnética e 7 defasagens.

ANEXO C – Modelo com defasagem

Tabela 17 - Estimativas dos parâmetros do Modelo 7 de regressão de Poisson.

Parâmetro		Estimativa	EP	IC (95%)		p-valor
Intercepto	β_0	0,84	0,16	0,53	1,15	<0,001
Nível de atividade geomagnética	β_1	-0,07	0,15	-0,36	0,23	0,659
	β_2	-0,07	0,15	-0,37	0,23	0,645
	β_3	-0,07	0,15	-0,37	0,23	0,634
	β_4	-0,01	0,16	-0,32	0,31	0,970
	β_5	-0,04	0,17	-0,38	0,30	0,809
Defasagens	β_6	0,02	0,01	0,01	0,04	0,009
	β_7	0,01	0,01	0,00	0,03	0,072
	β_8	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,255
	β_9	0,00	0,01	-0,02	0,02	0,993
	β_{10}	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,478
	β_{11}	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,784
	β_{12}	0,01	0,01	0,00	0,03	0,053
Período (ano)	β_{13}	-0,27	0,03	-0,33	-0,20	<0,001
	β_{14}	-0,12	0,03	-0,18	-0,07	<0,001

Figura 23 - Gráficos diagnósticos para o Modelo 7.

Tabela 18 - Média e IC*(95%) das interações diárias por IAM por nível de atividade geomagnética estimados pelo Modelo 7.

Atividade geomagnética	Média	IC(95%)	
Calma	2,20	2,12	2,28
Transição	2,19	2,10	2,29
Ativo	2,18	2,06	2,31
Temp. fraca	2,33	2,11	2,59
Temp. intensa	2,25	1,91	2,66
Temp. muito intensa	2,35	1,75	3,15

*IC = Intervalo de confiança

Tabela 19 - Razões entre as taxas das interações diárias por IAM entre os níveis de atividade geomagnética estimados pelo Modelo 7 com os respectivos intervalos de confiança.

Razões entre as taxas	Estimativa	IC(95%)		p-valor
Transição / Calma	0,00	-0,05	0,06	0,908
Ativo / Calma	0,01	-0,06	0,07	0,860
Temp. fraca / Calma	-0,06	-0,17	0,05	0,275
Temp. intensa / Calma	-0,03	-0,20	0,15	0,774
Temp. muito intensa / Calma	-0,07	-0,36	0,23	0,659
Ativo / Transição	0,00	-0,07	0,07	0,939
Temp. fraca / Transição	-0,06	-0,18	0,05	0,258
Temp. intensa / Transição	-0,03	-0,20	0,14	0,747
Temp. muito intensa / Transição	-0,07	-0,37	0,23	0,645
Temp. fraca / Ativo	-0,07	-0,18	0,05	0,263
Temp. intensa / Ativo	-0,03	-0,21	0,15	0,729
Temp. muito intensa / Ativo	-0,07	-0,37	0,23	0,634
Temp. intensa / Temp. fraca	0,04	-0,16	0,23	0,719
Temp. muito intensa / Temp. fraca	-0,01	-0,32	0,31	0,970
Temp. muito intensa / Temp. intensa	-0,04	-0,38	0,30	0,809