



Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto  
Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde

**Margarete Ártico Baptista**

**Gráficos de Recorrência e de Poincaré na  
Análise da Quantidade de Internações por  
Diferentes Grupos Nosológicos, Ocorridas  
ao Longo de uma Década, em um Hospital  
de Ensino**

**São José do Rio Preto  
2011**

**Margarete Ártico Baptista**

**Gráficos de Recorrência e de Poincaré na  
Análise da Quantidade de Internações por  
Diferentes Grupos Nosológicos, Ocorridas ao  
Longo de uma Década, em um Hospital de  
Ensino**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto para obtenção do Título de Doutor no Curso de Pós-graduação em Ciências da Saúde, Eixo Temático: Medicina e Ciências Correlatas.

Orientador: Prof. Dr. Moacir Fernandes de Godoy

São José do Rio Preto  
2011

Baptista, Margarete Ártico

Gráficos de Recorrência e de Poincaré na análise da quantidade de internações por diferentes grupos nosológicos, ocorridas ao longo de uma década, em um hospital de ensino / Margarete Ártico Baptista

São José do Rio Preto, 2011

80 p.;

Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto – FAMERP

Eixo Temático: Medicina e Ciências Correlatas

Orientador: Prof. Dr. Moacir Fernandes de Godoy

1. Gráfico de recorrência; 2. Análise quantitativa da recorrência; 3. Gráfico de Poincaré; 4. Séries temporais; 5. Internações hospitalares.

**Margarete Ártico Baptista**

**Gráficos de Recorrência e de Poincaré na  
Análise da Quantidade de Internações por  
Diferentes Grupos Nosológicos, Ocorridas ao  
Longo de uma Década, em um Hospital de  
Ensino**

**Banca Examinadora**

**Tese para Obtenção do Grau de Doutor**

**Presidente e Orientador: Prof. Dr. Moacir Fernandes de Godoy**

**2º Examinador: Prof. Dr. Prof. Dr. Marcolino Domingo Braile**

**3º Examinador: Prof. Dr. PAULO ROGÉRIO CORRÊA**

**4º Examinador: Prof. Dr. LEANDRO ALVES NEVES**

**5º Examinador: Prof. Dr. LUIZ CARLOS MARQUES VANDERLEI**

**Suplentes: Prof. Dr. Silvia Helena Figueiredo Vendramini**

**Prof. Dr. Elbert Einstein Nehrer Macau**

**São José do Rio Preto, \_07\_/\_10\_/2011**

## SUMÁRIO

Dedicatória.....	i
Agradecimento Especial .....	ii
Agradecimentos .....	iii
Epígrafe .....	vii
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tabelas e Quadros .....	xi
Resumo.....	xiii
Abstract.....	xv
<b>1. Introdução .....</b>	<b>01</b>
1.1. Gráfico de Recorrência(GR, Recurrence Plot, RP) .....	07
1.2. Medidas de Quantificação da Recorrência.....	11
1.3. Softwares para Análise dos Gráficos de Recorrência .....	19
1.4. Mapas de Poincaré, Gráficos de Poincaré (Plot de Poincaré).....	22
1.5. Complexidade das Doenças e as Internações Hospitalares .....	26
1.5.1. Doenças Inflamatórias .....	26
1.5.2. Doenças Infecciosas.....	27
1.5.3. Doenças Neoplásicas .....	29
1.5.4. Doenças Cardiovasculares .....	31
<b>2. Material e Método .....</b>	<b>34</b>
2.1. Coletas dos Dados .....	38
2.2. Análise Estatística .....	38

2.3. Visual Recurrence Analysis.....	38
2.4. Plots de Poincaré .....	44
<b>3. Resultados .....</b>	<b>45</b>
3.1. Interações .....	46
3.2. Gráficos de Recorrência e suas Quantificações e os Plots de Poincaré .....	50
<b>4. Discussão.....</b>	<b>61</b>
<b>5. Conclusões .....</b>	<b>68</b>
<b>6. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>70</b>

**Ao meu marido e amigo**

*"Você, é algo assim  
É tudo pra mim  
É como eu sonhava, baby"*

**Você(Tim Maia )**

**Ao meu filho, tão amado**

*"Pra você eu guardei  
Um amor infinito  
Pra você procurei  
O lugar mais bonito  
Pra você eu sonhei  
O meu sonho de paz".*

**Pra Você (Silvio César)**

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Moacir Fernandes de Godoy**

Que sempre me acolheu, com todo carinho,  
dedicação e compreensão.

**Muito obrigada.**

*Que a estrada se abra à sua frente,  
Que o vento sopra levemente às suas costas  
Que o sol brilhe morno e suave em sua face,  
Que a chuva caia de mansinho em seus campos...  
E, até que nos encontremos de novo,  
Que Deus lhe guarde na palma de Suas Mãos.*

**Prece Irlandesa**

## Agradecimentos

---

- ✓ A **Deus** e a **Nossa Senhora das Graças** por terem me abençoado e iluminado nos momentos mais importantes dessa jornada.
- ✓ Aos meus pais, **Maria Therezinha** e **Dercídio** (*in memoriam*), exemplos de caráter, honestidade e retidão, que me educaram com muito amor e sempre me ensinaram o verdadeiro caminho. Graças ao exemplo de perseverança, mais uma etapa está cumprida.
- ✓ Aos meus sogros, **Izualdina** e **João** (*in memoriam*), pelo apoio e incentivo que sempre me deram para que este trabalho tivesse êxito.
- ✓ À Tia **Elza** (*in memoriam*) e ao primo **Roberto**, que permaneceram ao meu lado, ajudando no meu desempenho espiritual e físico.
- ✓ Ao meu irmão **Marcelo** e minha cunhada **Renata**, que fortalecem a nossa família com palavras de amor e confiança.
- ✓ Minha cunhada **Maria Aparecida**, meu cunhado **Carlos**, que sempre me apoiaram na minha profissão.
- ✓ Aos meus sobrinhos, Engenheiro Elétrico **Frederico de Carvalho Ártico** e a minha sobrinha Engenheira da Computação e Mestre em Ciências da Computação **Adriana Roberto Ártico**, pelas orientações e sugestões no uso dos programas de computação utilizados na tese .

- ✓ A minha sobrinha, **Beatriz de Carvalho Ártico** Arquiteta e Urbanista e mestranda pela Universidade Federal de São Carlos, Engenharia Urbana, pela arte dos gráficos de Poincaré por meio do Autocad.
- ✓ Aos meus sobrinhos, **Ana Eliza, Ricardo, Rodrigo, Ruy e Hugo**, que me ajudaram a encontrar na juventude, respostas tão simples e relevantes.
- ✓ E a você **Bruninho**, que sua vinda em nossa família traga a esperança da continuidade da vida e da família. Que Deus te ilumine e te proteja sempre na sua jornada na Terra.
- ✓ E aos nossos queridos agregados (esposas e noivos), **Neto, Peo, Eloise** e **Francine** que trazem a esperança de uma nova família.
- ✓ Ao Diretor Adjunto da Pós-graduação, **Prof. Dr. Domingo Marcolino Braile**.
- ✓ À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior** – Ministério da Educação (CAPES)- Projeto Pró-Ensino, por apoiar esse estudo
- ✓ À **Profa. Dra. Maria de Fátima Farinha Martins Furlam**, Coordenadora Geral do Curso de Graduação em Enfermagem da Famerp, pelo incentivo à pesquisa.
- ✓ Às companheiras de departamento de Saúde Coletiva e Orientação Profissional, **Cláudia Eli, Denise, Gislaine, Maria de Lourdes, Marilene**,

**Silvia, Sônia, Rose, Vânia e Zaida**, que atenderam prontamente a todos os meus pedidos de estímulos, de amor e carinho em todas as fases da minha pesquisa.

- ✓ Às **professoras do curso de Graduação em Enfermagem da Famerp**, pela amizade.
- ✓ Aos **meus alunos**, meu incentivo à procura do saber.
- ✓ Ao **grupo de pesquisa da Famerp**, Núcleo Transdisciplinar para Estudo do Caos e da Complexidade-NUTECC, filiado ao Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ que apoiou no desenvolvimento deste estudo.
- ✓ A **Tânia Maria Ribeiro Forcato**, Encarregada de Serviço do Faturamento do SUS da Funfarme, pelas informações e orientações que ajudaram na discussão da tese.
- ✓ Ao **Flavio Rogério Bardella**, analista de sistema da equipe de desenvolvimento da Funfarme, que sempre esteve disponível quando solicitado.
- ✓ Aos secretários do Curso de Graduação em Enfermagem da Famerp **Luiza, Lourdes, Suzana, Daniela e Cleide**; às auxiliares de enfermagem, Ivete, Maria Aparecida e Cleuza, pela atenção e apoio quando solicitados.

- ✓ Aos secretários da Pós-Graduação, **Fabiana Cristina de Godoy, Rosimere C.S. Desiderio, José Antônio Silistino, Guilherme Martins Dias, Luís Oliveira Ferreira**, pela colaboração e esclarecimentos de todas as minhas dúvidas.

*“A verdadeira viagem de descoberta consiste não em procurar novos horizontes, mas em ter novos olhos”.*

**Marcel Proust**

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1.</b>	Representa um modelo de construção do Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio1.....	08
<b>Figura 2.</b>	Representam as Linhas Diagonais no Gráfico de Recorrência no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1.....	09
<b>Figura 3.</b>	Representam as Linhas Verticais no Gráfico de Recorrência no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1.....	10
<b>Figura 4.</b>	Representa o cálculo do Determinismo no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio1.....	13
<b>Figura 5.</b>	Representa o cálculo do Comprimento Médio (Lmean) e Máximo (Lmax) das Linhas Diagonais (extensão mínima =2) do modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio e extensão mínima =2.....	14
<b>Figura 6.</b>	Representa o cálculo da Entropia (EnShannon) do modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio.....	16
<b>Figura 7.</b>	Representa o cálculo da Laminaridade no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1 e extensão mínima de linhas verticais =2.....	17
<b>Figura 8.</b>	Representa o cálculo da TT no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio e extensão mínimas de linhas verticais =2.....	19
<b>Figura 9.</b>	Mostra um modelo do Gráfico de Poincaré.....	23

- Figura 10.** Representa o Gráfico de Recorrência (VRA) com todas as distâncias (raios) representados por diferentes cores simultaneamente..... 39
- Figura 11.** Gráficos de Recorrência das Séries Temporais Aleatória, Caótica Periódica e Linear obtidos por formulação matemática 41
- Figura 12.** Gráficos de Recorrência das Séries Temporais de casos clínicos de Jovem Adulto, Criança, Recém-Nascido Prematuro e Morte Cerebral, dados obtidos pelo Nutecc..... 42
- Figura 13.** Gráficos de Recorrência das Quantidades de Internações das Doenças do Apêndice, Doenças Bacterianas, Doenças Neoplásicas e Síndrome Coronária, no período de uma década..... 51
- Figura 14.** Representação Gráfica do posicionamento da quantidade de internações das diferentes modalidades estudadas com bases nos resultados do Gráfico de Recorrência realizado pelo VRA. 53
- Figura 15.** Representa o Tacograma, o Gráfico de Recorrência e a Análise Quantitativa das Internações das Doenças do Apêndice..... 55
- Figura 16.** Representa o Tacograma, o Gráfico de Recorrência e a Análise Quantitativa das Internações das Doenças Bacterianas..... 56
- Figura 17.** Representa o Tacograma, o Gráfico de Recorrência e a Análise Quantitativa das Internações das Doenças Neoplásicas..... 57
- Figura 18.** Representa o Tacograma, o Gráfico de Recorrência e a Análise Quantitativa das Internações por Síndrome Coronária. 58

**Figura 19.** Representa os Gráficos de Poincaré das internações das Doenças do Apêndice, Doenças Bacterianas, Doenças Neoplásicas e Síndrome Coronária no período de uma década 59

---

**Lista de Tabelas e Quadros**


---

<b>Tabela 1.</b>	Análise Quantitativa da Recorrência das Séries Temporais: Aleatória, Caótica, Periódica e Linear obtidas por formulação Matemática.....	42
<b>Tabela 2.</b>	Representa a Análise Quantitativa da Recorrência de casos clínicos Jovem, Criança, de Recém Nascido Prematuro, e Morte Cerebral.....	43
<b>Tabela 3.</b>	Distribuição das internações, ocorridas no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007, no Hospital de Base da FUNFARME de São José do Rio Preto, SP, das doenças: Doenças do Apêndice, Doenças Bacterianas, Doenças Neoplásicas e Síndrome Coronária.....	47
<b>Tabela 4.</b>	Doenças Neoplásicas do Aparelho Digestivo e o número das internações no período de 1998 a 2007, realizadas no Hospital de Base, da FUNFARME de São José Do Rio Preto, SP.....	48
<b>Tabela 5.</b>	Descrição e quantidade das internações consideradas Síndrome Coronária de acordo com o CID 10 no período de 10 anos.....	50
<b>Tabela 6.</b>	Análise Quantitativa da Recorrência das quantidades de internações ao longo de uma década realizada pelo VRA.....	52
<b>Tabela 7.</b>	Representação da Análise Quantitativa da Recorrência do posicionamento da quantidade de internações das diferentes modalidades estudadas com bases nos resultados dos Gráficos de Recorrência realizada pelo VRA.....	54
<b>Tabela 8.</b>	Classificação do grupo nosológicos, por meio do Plot de Poincaré.....	60

<b>Quadro 1.</b> Distribuição de acordo com a CID10 da categoria A30-49, outras Doenças Bacterianas.....	36
<b>Quadro 2.</b> Agrupamentos de doenças da CID10 da Síndrome Coronária, utilizada nesse estudo.....	37

**Introdução:** Nos últimos trinta anos, o crescimento dos gastos com a atenção médica resultou numa expansão dos estudos voltados para novas propostas metodológicas sobre avaliação dos serviços de saúde. Com a utilização da informática, vários estudos têm sido desenvolvidos para análise de sistemas complexos e não lineares, destacando-se, entre esses métodos, os gráficos de recorrência, descritos pela primeira vez por Erickman *et al.* (1987). **Objetivos:** Analisar o comportamento temporal da quantidade semanal de internações por alguns grupos nosológicos (Doenças do Apêndice, Doenças Bacterianas, Doenças Neoplásicas e por Síndrome Coronária Aguda) ocorridas ao longo de uma década, por meio de Gráficos de Recorrência e Gráficos de Poincaré e verificar se são sistemas que apresentam comportamentos periódicos, aleatórios ou caóticos. **Material e Método:** Foi avaliado o banco de dados contendo todas as internações no Hospital de Base da Fundação Faculdade Regional de Medicina de São José do Rio Preto, no período de 01 de janeiro de 1998 a 31 de dezembro de 2007. Como referência para classificação dessas internações, utilizou-se a Décima Revisão da Classificação Internacional de Doenças e de Problemas Relacionados à Saúde (CID 10). Foi utilizado o programa Microsoft Office Excel 2003 para a tabulação dos dados. As internações foram ordenadas em dia, mês, ano e tabuladas, seguindo o critério uniforme de identificação das semanas epidemiológicas. Os gráficos de recorrência e respectiva análise quantitativa foram construídos com o auxílio do software Visual Recurrence Analysis (VRA), disponível gratuitamente na Internet. Para realizar a comparação de padrões de

comportamentos foram construídos modelos matemáticos de séries temporais aleatória, caótica, periódica e linear. E também foi realizada comparação entre Gráficos de Recorrência e Análise Quantitativa da Recorrência com casos clínicos de grupos específicos (jovem adulto, criança, Recém-nascido prematuro e morte cerebral). **Resultados:** Evidenciou-se que a quantidade de internações semanal por doenças do apêndice tiveram uma tendência ao longo dos anos de comportamento aleatório. Nas internações por doenças bacterianas houve comportamento caótico e as internações por doenças neoplásicas apresentaram um comportamento caótico tendendo a linear. As internações por Síndrome Coronária Aguda apresentaram predominantemente comportamento linear, **Conclusões:** Os aspectos visuais dos Gráficos de Recorrência e de Poincaré exibiram padrões diferentes na comparação entre quantidades de internações de determinados grupos nosológicos ao longo de uma década. A análise quantitativa da recorrência que auxiliou na classificação do comportamento das quantidades de internações e pode constituir-se em ferramenta útil de avaliação e tomada de decisão em administração hospitalar.

**Palavras-Chave:** 1. Gráfico de Recorrência; 2. Análise Quantitativa da Recorrência; 3. Gráficos de Poincaré; 4. Internações Hospitalares.

**Introduction:** In the last 30 years, the increasing health care expenditures resulted in an outburst of studies aimed at new proposals on the methodological evaluation of health services. With the aid of computing, several studies have been developed with the purpose of analyzing nonlinear and complex systems. The most outstanding among those methods was the Recurrence Plot, first described by Erickman et al. (1987). **Objectives:** To analyze the temporal behavior of the weekly amount of admissions by some nosologic groups (Appendix Diseases, Bacterial Diseases, Neoplastic Disease, and Acute Coronary Syndrome), which has occurred over a decade, through Recurrence Plots and Poincaré Recurrence Plots, as well as checking whether the systems are presenting a periodic, chaotic, or random behavior pattern. **Material and Methods:** The database containing all hospitalizations recorded at the Hospital de Base Regional Medical School Foundation (FUNFARME) of Sao Jose do Rio Preto, a teaching hospital, from January 1, 1998 to December 31, 2007 was peered into a microscope. As a reference to classify all these admissions, the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10th Revision (ICD-10) was used. The Microsoft Office Excel 2003® was the software used to arrange the data into columns. The admissions were systematically set to the right array, such as day, month, and year. They were arranged into columns according to the uniform criteria of identification of the epidemiological weeks. The recurrence graphs and the respective quantitative analyses of recurrence were developed with the aid of the Visual Recurrence Analysis (VRA) software, which is freely available on the Internet. To perform

the comparison among the behavior patterns, mathematical models of time series for random behavior pattern, series time for chaotic behavior pattern, series times for periodic behavior pattern, and series time for linear behavior pattern were constructed. And it has also been performed a comparison between the Recurrence Plots and the Quantitative Analysis of Recurrence with clinical cases of specific groups (young, adult, child, premature newborn, and brain death). **Results:** It has become clear that the number of weekly admissions for diseases of the appendix has had a tendency over the years from a random behavior pattern. In hospitalizations due to bacterial diseases, there was a chaotic behavior pattern and the neoplastic diseases showed a chaotic behavior pattern tending to a linear behavior pattern. Hospitalizations because of Acute Coronary Syndrome presented a predominantly linear behavior pattern. **Conclusions:** The visual aspects of Recurrence Plot and Poincaré Recurrence plot exhibited different patterns when comparing quantities of admissions of certain nosologic groups over a decade. The quantitative analysis of recurrence that was useful in classifying the behavior pattern of the quantities of admissions is likely to constitute a useful tool of evaluation and decision making regarding hospital administration.

**Key-words:** 1. Recurrence Plot; 2. Quantitative Analysis of Recurrence; 3. Poincaré Plot; 4. Series Times; 5. Hospitalizations.

## 1. INTRODUÇÃO

---

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Gouvêa *et al.*<sup>(1)</sup>, nos últimos trinta anos, o crescimento dos gastos com a atenção médica resultou numa expansão dos estudos voltados para novas propostas metodológicas sobre avaliação dos serviços de saúde e, em particular, sobre a qualidade e os custos dessa atenção. Os autores ainda acrescentam que os avanços na área de informática permitiram que fossem armazenados maiores volumes de registros, postos em disponibilidade de forma mais ágil para diferentes usuários.

Convém observar que, para descrever e analisar as tendências recentes na assistência hospitalar, vários estudos utilizam os procedimentos estatísticos de análise de séries temporais,<sup>(1-3)</sup> também denominadas séries históricas. Segundo Latorre *et al.*,<sup>(4)</sup> série temporal é uma sequência de dados obtidos em intervalos regulares de tempo ou cada acontecimento de um determinado evento durante um período específico.

Diggle *et al.*<sup>(5)</sup> apontam que o conjunto de observações ordenadas no tempo pode ser constituído de variáveis discretas, como o número de atendimentos diários em um Pronto Atendimento, número de internações hospitalares, número de notificações, ou contínuas, como o registro dos intervalos de tempo entre os batimentos cardíacos no eletrocardiograma ou o registro de temperaturas ao longo de um dia.

É preciso considerar que, em algumas situações, o objetivo é fazer previsões de valores futuros, enquanto, em outras, as estruturas da série, ou sua relação com outras séries podem ser o interesse principal. Portanto, os

principais objetivos de se estudar uma série temporal são: descrição, explicação, predição e controle de processos.

Pires *et al.*<sup>(6)</sup> alertam para o fato de que dados de séries temporais surgem em vários campos do conhecimento, como economia (preços diários de ações, taxa mensal de desemprego, produção industrial), Medicina (Eletroencefalograma, eletrocardiograma, curva térmica, diurese, etc.), Meteorologia (Precipitação pluviométrica, temperatura diária) e Epidemiologia (número mensal de novos casos de meningite, letalidade e internações hospitalares, entre outros).

Latorre *et al.*,<sup>(4)</sup> afirmam que a análise de uma série temporal não deve ser feita aleatoriamente, mas sim que, primeiramente, é necessário modelar o fenômeno estudado e, com base nele, descrever o comportamento da série, fazer estimativas e, por último, avaliar quais os fatores que influenciaram no comportamento da série buscando definir a relação, causa e efeito. Para tanto, existe um conjunto de técnicas estatísticas disponíveis que dependem do modelo.

Kale *et al.*,<sup>(7)</sup> de 1995 a 1998, realizaram, no Rio de Janeiro, um estudo com o objetivo de analisar o padrão temporal dos óbitos e internações, associado à diarreia em crianças menores de cinco anos de idade, para subsidiar ações específicas de prevenção e controle dessa doença. Verificou-se, que nos meses de maio e junho, houve um excesso de internações e óbitos, e os resultados sugeriram a predominância da etiologia viral das diarreias moderadas e graves.

Leong *et al.*,<sup>(8)</sup> em Ontário, realizaram uma análise de série temporal das internações de pacientes idosos com cataratas no período de 01 de abril de 1991 a 31 de março de 2002. Durante o estudo, observou-se um declínio das internações de idosos com catarata resultante da realização de facoemulsificação em pacientes ambulatoriais, mas houve um aumento considerável de cirurgia de facoemulsificação na primavera e no outono.

Latorre *et al.*<sup>(4)</sup> afirmam que uma série temporal pode ser composta de três elementos: tendência(T), sazonalidade ( $S_t$ ), e a variação aleatória denominada ruído branco ( $A_t$ ). Como não existe uma definição precisa de tendência (T), esse termo é usado pelos autores em diferentes formas. Latorre *et al.*,<sup>(4)</sup> Pires *et al.*<sup>(6)</sup> e Morettim *et al.*<sup>(9)</sup> dizem que tendência (T) seria definida como uma mudança a longo prazo no nível médio da série, mas, segundo os mesmos, a dificuldade é definir longo prazo.

Quanto à sazonalidade, Latorre *et al.*<sup>(4)</sup> afirmam que é um componente da série temporal, difícil de ser estimado, visto que é necessário compartilhar a questão conceitual do fenômeno em estudo com a questão estatística. O fenômeno sazonal define-se como aquele que ocorre regularmente em períodos fixos de tempo.

Para se descobrir a sazonalidade na série, é importante realizar uma análise espectral. Com esse tipo de análise, pode-se identificar um comportamento sazonal, mesmo dentro de uma variabilidade aleatória.<sup>(5)</sup>

No estudo desenvolvido por Mattos *et al.*<sup>(10)</sup> investigou-se a tendência temporal de letalidade atribuída ao infarto agudo do miocárdio (IAM) e a possibilidade de mudança de conduta interferir diretamente nessa letalidade.

Avaliaram 1055 pacientes não selecionados, internados em unidade coronariana de 1994-2003. Foram analisadas variáveis relacionadas ao perfil clínico e terapêutico. A análise estatística utilizou o amortecimento exponencial de séries temporais e outras técnicas como a regressão linear logística. A letalidade média foi de 10,8%, sendo 12% em 1994 e 7% em 2002 ( $p < 0,001$ ). Não houve variação significativa do perfil de risco dos pacientes. Eram 67,4% homens com a idade média de 60 anos. Houve um aumento de cateterismo cardíaco (14% para 51%) e angioplastia primária (2% para 7%). Ao longo dos anos, houve aumento do uso de aspirina e beta bloqueadores nas primeiras 24 horas. Portanto, houve uma queda da letalidade, e a mudança de conduta no tratamento do IAM ao longo dos anos, foi responsável pela redução da letalidade nessa série temporal.

Com o objetivo de analisar o padrão de hospitalização de asma com relação a idade e sexo, foi realizado um estudo retrospectivo na cidade de Ontário no período de 12 anos. Acreditava-se que uma variedade de estímulos ambientais, tais como vírus e poluição de ar, influenciavam na morbidade da asma. Os resultados mostraram que o número de internações aumentou no verão e outono, havendo uma diminuição de internações em longo prazo. Essa descoberta trouxe implicações importantes para o desenvolvimento da estratégia efetiva do controle e da prevenção da asma.<sup>(11)</sup>

Godoy <sup>(12)</sup>, em estudo piloto de 20 casos, demonstrou associação entre Caos e Saúde e, em consequência, entre aleatoriedade ou linearidade e Doença ou Morte, por meio da variabilidade da frequência cardíaca, empregando técnicas do domínio do caos. Essas técnicas mostraram-se

superiores às usadas habitualmente, que se limitam aos domínios do tempo e da frequência. Para testar o comportamento caótico nessa série de casos clínicos, foi utilizada a variabilidade do intervalo batimento-batimento (RR) dos batimentos cardíacos (Variabilidade da Frequência Cardíaca / *Heart Rate Variability-HRV*).

Godoy<sup>(12)</sup> afirma que as séries temporais da frequência cardíaca, em indivíduos saudáveis, têm comportamento fractal (“fractal-like”) porque demonstram autossimilaridade em uma ampla faixa de escalas temporais. Sabe-se que a propriedade de fractal é característica dos comportamentos não-lineares caóticos, tendo-se aí um elo entre normalidade ou saúde e Caos.

Sistemas dinâmicos não-lineares são sistemas descritos por grandezas que evoluem no tempo de forma não-periódica, irregular, portanto, têm muita baixa previsibilidade. Os modelos matemáticos que procuram representar seu comportamento apresentam características que têm renovadamente surpreendido os pesquisadores ao longo das últimas décadas.<sup>(13)</sup>

Para Godoy,<sup>(12)</sup> os sistemas complexos seriam aqueles regidos por comportamento não linear. A interação de sistemas complexos criaria o ambiente da complexidade, cujo comportamento seria explicado pela Teoria do Caos. Aponta também que mudança e tempo são dois aspectos fundamentais do Caos.

### 1.1. Gráfico de Recorrência (GR, Recurrence Plot, RP)

Segundo Marwan *et al.*,<sup>(14)</sup> Recorrência é uma propriedade fundamental de muitos sistemas dinâmicos, portanto, de vários processos na natureza.

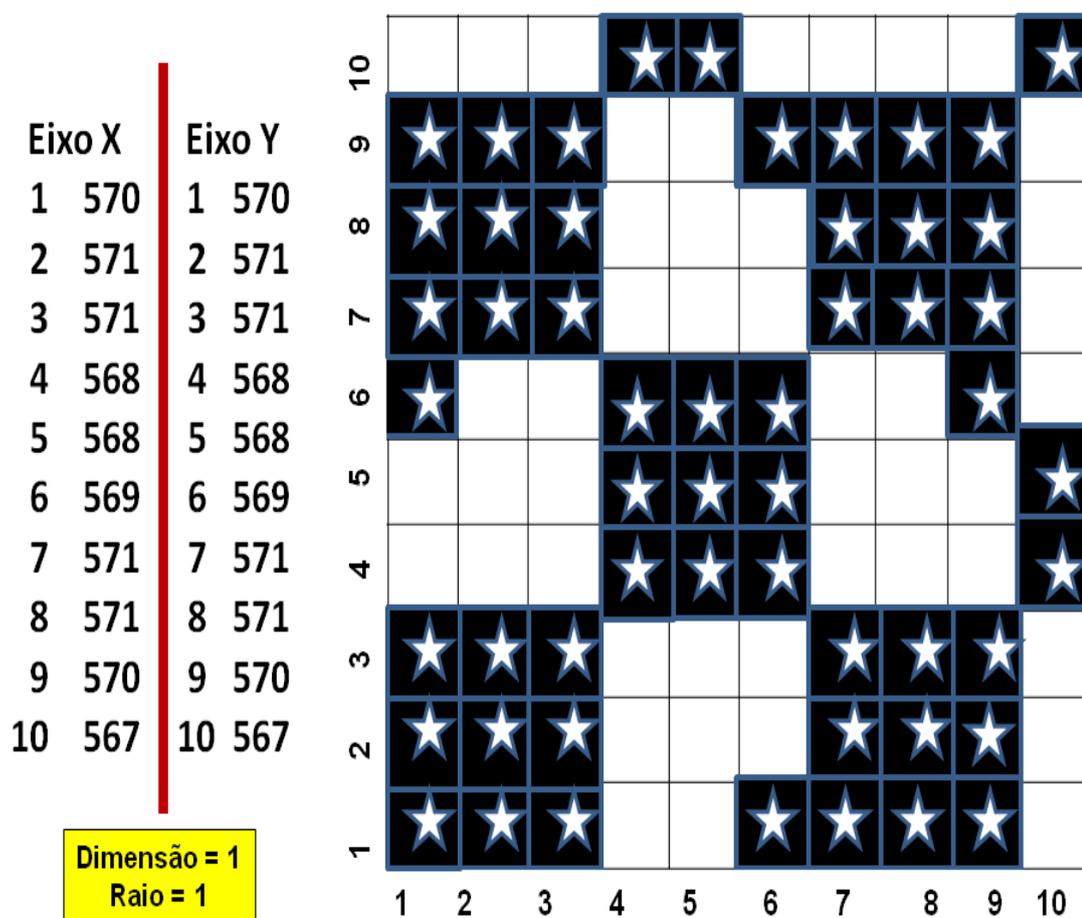
Erickman *et al.*<sup>(15)</sup> descreveram a recorrência num espaço de fase que denominaram como gráficos de recorrência (Recurrence Plot, RPs).

De acordo com Souza *et al.*<sup>(16)</sup> e Câmara,<sup>(17)</sup> o espaço de fase é definido como um espaço abstrato no qual se representa o comportamento de um sistema e cujas dimensões são as variáveis do mesmo sistema, ou seja, um ponto no espaço de fase define um estado potencial do sistema. Os pontos que sucessivamente especificam o estado desse sistema dependem da sua função iterativa e das condições iniciais.

Para a construção dos Gráficos de Recorrência, necessita-se de uma série temporal que seja gerada por um experimento ou por simulações numéricas realizadas em um computador. Os Gráficos de Recorrência são métodos altamente eficazes e amplamente aceitos como ferramentas para investigação de séries temporais, sendo restritos para séries de uma única dimensão ou trajetória no período de tempo.<sup>(14,18-21)</sup>

A. Sua construção é bastante simples sendo baseada em um quadrado no qual tanto o eixo x quanto o eixo y contêm os elementos da serie temporal sequencialmente dispostos do primeiro ao ultimo. A partir de então, de acordo com os valores pré estabelecidos, dimensão de intervalos de medidas (dimensão) e distancias (raio), verifica-se se há ou não recorrência de valores.

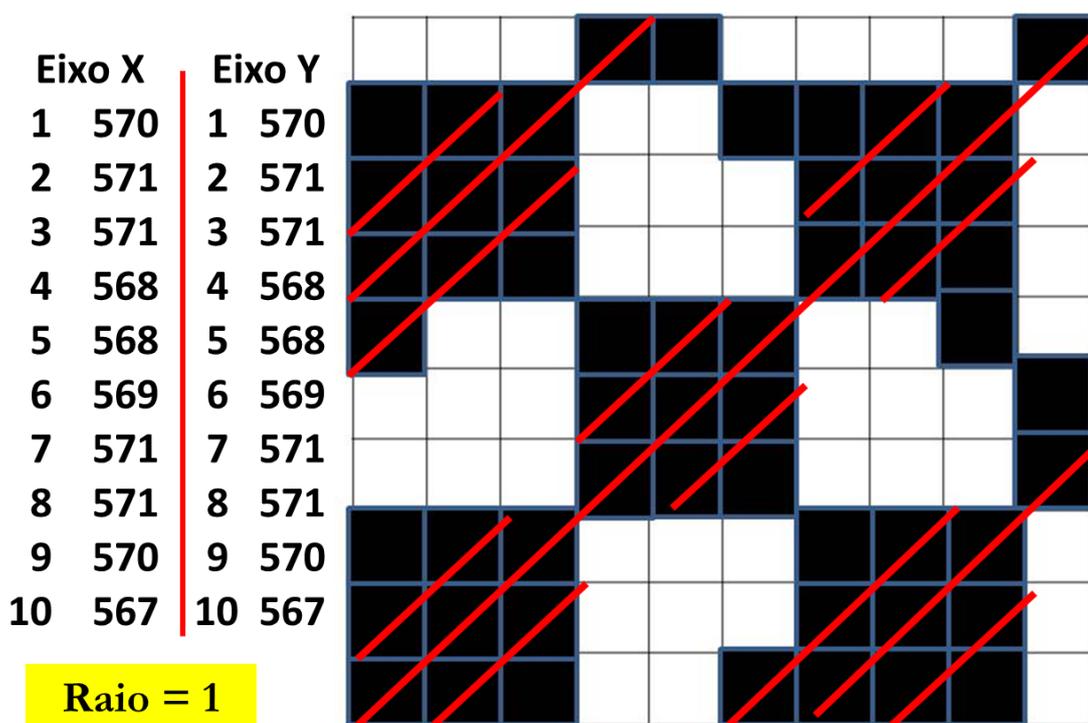
A figura abaixo representa a construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1. Observa-se que o valor da primeira célula no eixo x(570) é recorrente ao primeiro valor do eixo y(570); O valor da primeira célula no eixo x(570) é recorrente ao segundo valor do eixo y(571); e assim sucessivamente.



**Figura 1.** Representa um modelo de construção do Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1.

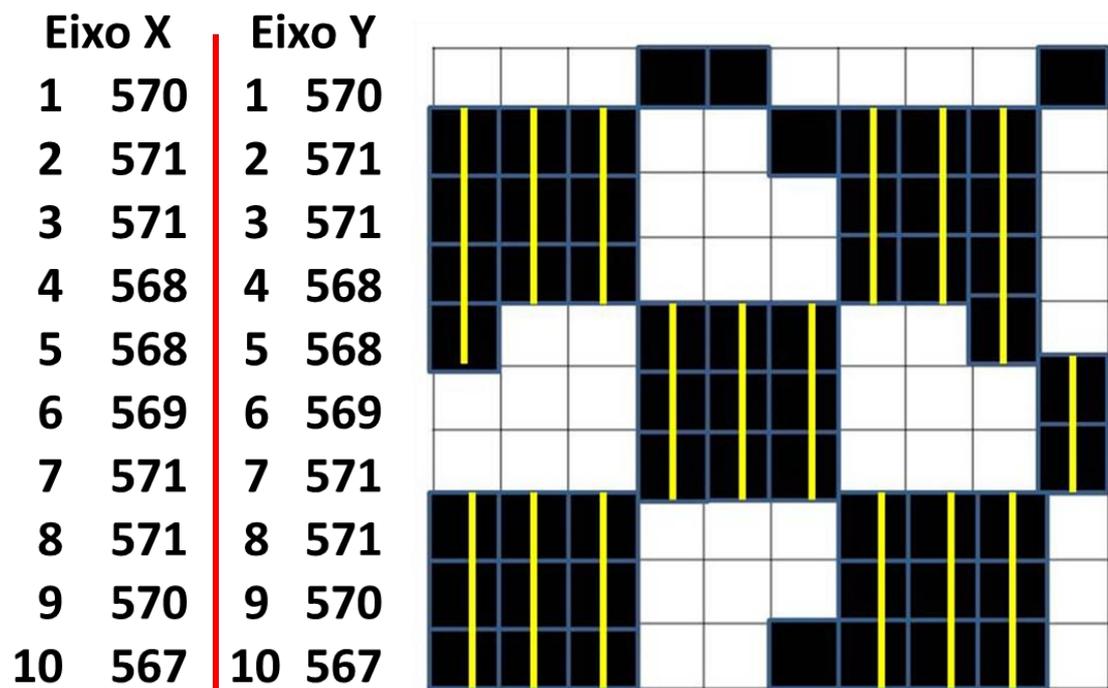
- B. A observação visual do Gráfico de Recorrência mostra estruturas de pequena escala (textura), pontos únicos, linhas diagonais, linhas horizontais e verticais.<sup>(21)</sup>
- C. Linhas diagonais paralelas à linha diagonal principal ou de identificação mostram as evoluções dos estados similares em tempos diferentes.<sup>(22,23)</sup>

A figura abaixo demonstra a formação das linhas diagonais no Gráfico de Recorrência.



**Figura 2.** Representam as linhas diagonais no Gráfico de Recorrência no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1.

- D. As linhas verticais e horizontais indicam os estados que não mudam ou mudam lentamente ao longo do tempo.<sup>(21)</sup> o gráfico abaixo demonstra formação das linhas verticais



**Raio = 1**

**Figura 3.** Representam as linhas verticais no Gráfico de Recorrência no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1.

A interpretação visual dos Gráficos de Recorrência exige experiência, entretanto ela pode ser auxiliada pela análise quantitativa da recorrência no espaço de fase.

## 1.2. Medidas de Quantificação da Recorrência

A Taxa de Recorrência (Recurrence Rate, RR), a primeira medida proposta, corresponde à probabilidade de um estado ocorrer em um espaço de fase. O numerador representa as recorrências que o sistema apresenta e o denominador às recorrências possíveis de acontecer em uma dimensão e um raio determinado. É representada pela expressão matemática:<sup>(22)</sup>

$$RR = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N R_{i,j}$$

Marwan, N.; Kurths, J., 2002

No modelo apresentado aconteceram 54 recorrências em 100 possíveis →  $RR = 54 / 100 = 0,54 = 54\%$

Se os valores da Taxa de Recorrência são altos, são específicos de estados com alta probabilidade de ocorrência; valores baixos indicam menor probabilidade de ocorrência.<sup>(24,25)</sup>

Os pontos de recorrência no espaço de fase produziram a formação de linhas diagonais e verticais.

As linhas diagonais se referem às variáveis quantitativas denominada determinismo (DET%), comprimento médio da linha diagonal (LineMean), comprimento máximo das linhas diagonais (lineMax) e entropia (ENTR). As linhas verticais se relacionam com a Laminaridade (LAM).<sup>(19,20,24,26)</sup>

a. O determinismo é a razão entre o número de pontos pertencentes a diagonais e o número total de pontos recorrentes. Estabelece-se a priori o que será considerado linhas diagonais (de 2 pontos recorrentes a  $n$ ). O  $P(l)$  significa o número de diagonais de comprimento  $l$  no Gráfico de Recorrência e  $l_{\min}$  é o menor tamanho para uma linha ser considerada uma diagonal. O numerador representa o número de pontos que formam as linhas diagonais de tamanho pré estabelecida para aquele sistema e o denominador os números de pontos possíveis que formaram as linhas diagonais no sistema.

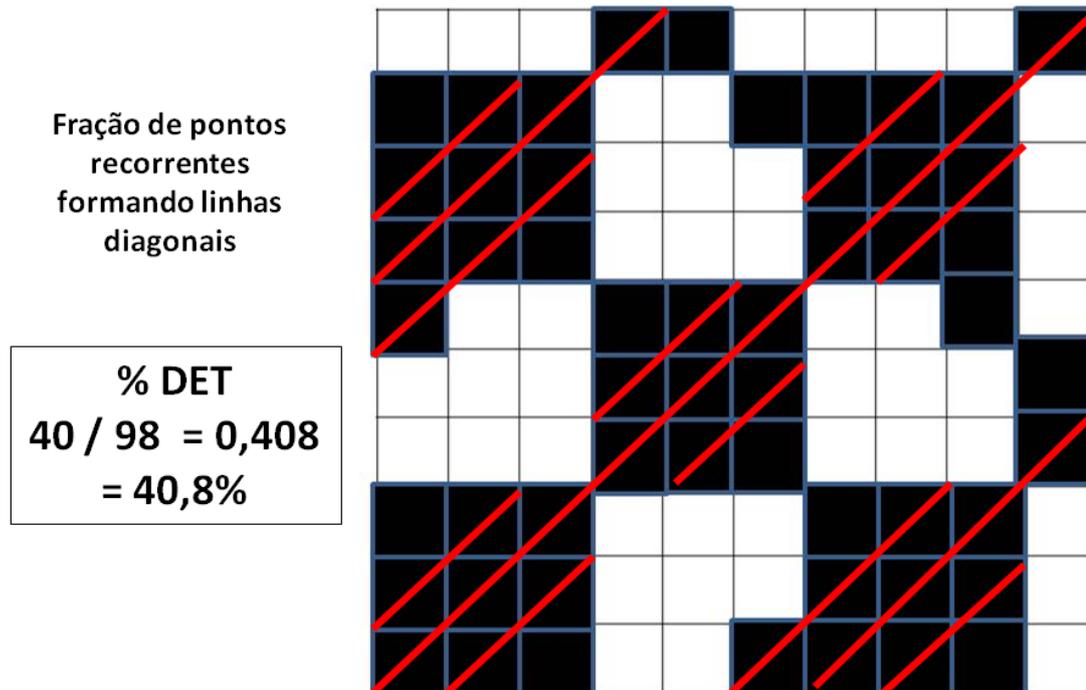
O processo com comportamento estocástico não apresenta linhas diagonais ou apresenta linhas diagonais curtas, enquanto o processo determinista apresenta linhas diagonais longas e menos pontos de recorrência isolados e simples. Essa análise refere-se à previsibilidade de um sistema; quanto maior a DET%, mais previsível é o sistema.<sup>(18,20,22)</sup>

O Determinismo é representado pela função matemática:

$$DET = \frac{\sum_{l=l_{\min}}^N l P(l)}{\sum_{i,j}^N R_{i,j}}$$

Marwan, N.; Kurths, J., 2002

A figura abaixo representa o cálculo do %DET no exemplo citado acima. Aconteceram 40 pontos recorrentes que formam as diagonais em 98 pontos possíveis  $\rightarrow$  %Det=40/98=0,408=40,8%.



**Figura 4.** Representa o cálculo do determinismo no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1.

- b. Comprimentos médio (Lmean) e máximo (Lmax) das linhas diagonais (extensão mínima 2).

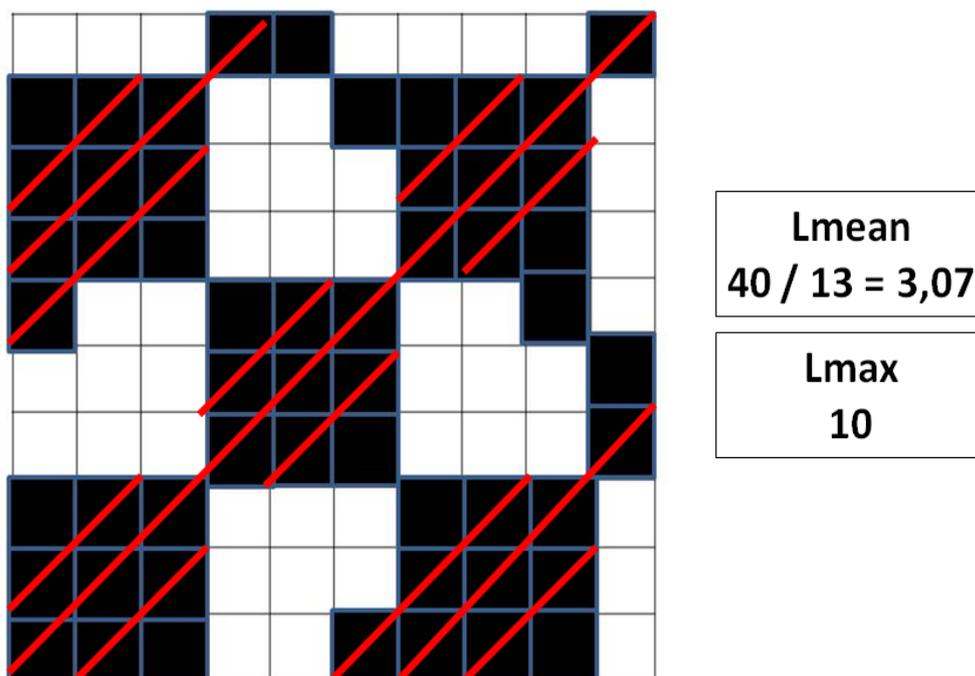
É o número de pontos pertencentes às linhas diagonais dividido pelo número de linhas diagonais nos Gráficos de Recorrência. A interpretação da medida do comprimento médio da linha diagonal fornece o tempo médio em que dois segmentos da trajetória permanecem evoluindo de forma similar em um estado do sistema.<sup>(16)</sup> Ele pode ser definido como o tempo médio de previsibilidade do sistema:

Lmean é representado pela função matemática.<sup>(22)</sup>

$$L = \frac{\sum_{l=l_{\min}}^N l P(l)}{\sum_{l=l_{\min}}^N P(l)}$$

Marwan, N.; Kurths, J., 2002

A figura abaixo representa o cálculo do Lmean e Lmax do modelo apresentado aconteceram → 40 pontos recorrentes que formaram 13 linhas diagonais = %Lmean40/13=3,07. A Lmax é a linha diagonal máxima no caso apresentado: Lmax = 10



**Figura 5.** Representa o cálculo do comprimento médio (Lmean) e máximo (Lmax) das linhas diagonais (extensão mínima = 2) do modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1 e extensão mínima = 2.

- c. Para verificar a entropia no Gráfico de Recorrência utiliza-se entropia de Shannon, é uma medida que mostra a complexidade de um sistema.<sup>(18)</sup> A função matemática refere-se a probabilidade de encontrar uma linha diagonal( $l$ ) dividido pela número possível de diagonal do mesmo tamanho naquele sistema multiplicado, pelo  $\log p(l)$ . Esse cálculo é feito para todas as diagonais encontradas no sistema e após a soma total das mesmas Esse cálculo é realizado com a expressão matemática:

$$ENTR = - \sum_{l=l_{\min}}^N p(l) \ln p(l)$$

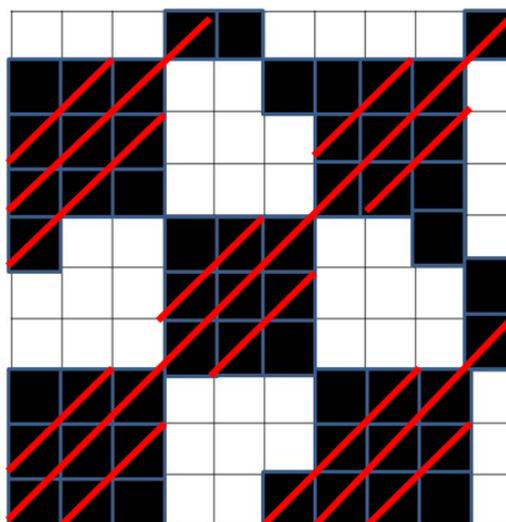
Marwan, N.; Kurths, J., 2002

A figura abaixo representa o cálculo da entropia no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1.

## Entropia (EnShannon)

$$\begin{aligned}
 &8 \text{ diagonais extensão } 2 \rightarrow \\
 &\quad p = 8/29 = 0,276 \quad \ln(p) = -1,287 \\
 &\quad p \cdot \ln(p) = -0,355 \\
 &2 \text{ diagonais extensão } 3 \rightarrow \\
 &\quad p = 2/19 = 0,105 \quad \ln(p) = -2,254 \\
 &\quad p \cdot \ln(p) = -0,237 \\
 &2 \text{ diagonais extensão } 4 \rightarrow \\
 &\quad p = 2/14 = 0,143 \quad \ln(p) = -1,945 \\
 &\quad p \cdot \ln(p) = -0,278 \\
 &1 \text{ diagonal extensão } 10 \rightarrow \\
 &\quad p = 1/1 = 1,000 \quad \ln(p) = 0 \\
 &\quad p \cdot \ln(p) = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Entropia} \\
 &= -(-0,355 - 0,237 - 0,278 - 0) \\
 &= 0,870 \text{ bits}
 \end{aligned}$$



**Figura 6.** Representa o cálculo da Entropia (EnShannon) do modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1.

- d. Em 2002, Marwan *et al.*, propuseram medidas baseadas nas linhas verticais. Como os Gráficos de Recorrência são simétricos, as estruturas verticais são equivalentes às horizontais.<sup>(22)</sup>

A Laminaridade (LAM) é a razão entre o número de pontos pertencentes a linhas verticais e o número total de pontos recorrentes. Estabeleceu-se a priori que será considerada linha vertical (de 2 pontos a  $n$ ). O numerador representa o número de pontos que formam as linhas verticais de tamanho pré estabelecida para aquele sistema e o denominador os números de pontos possíveis que formaram as linhas verticais no sistema.

Ela fornece a porcentagem de estruturas verticais no gráfico de recorrência e representa a ocorrência de estados recorrentes que não mudam

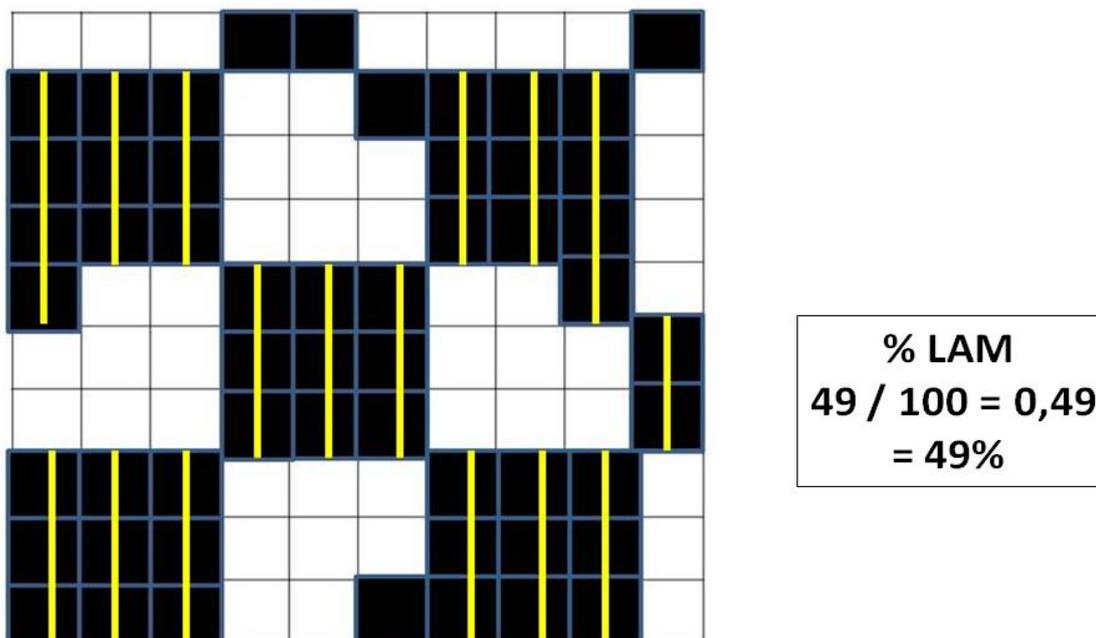
no tempo, ou mudam de um modo inesperado. A medida da LAM diminui se houver mais pontos singulares do que estruturas verticais. <sup>(16, 20,21,26)</sup>

É representada pela fórmula:

$$LAM = \frac{\sum_{v=v_{min}}^N vP(v)}{\sum_{v=1}^N vP(v)}$$

Marwan, N.; Kurths, J., 2005

A Figura abaixo representa o cálculo da Laminaridade no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1.



**Figura 7.** Representa o cálculo da Laminaridade no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1 e extensão mínima de linhas verticais = 2.

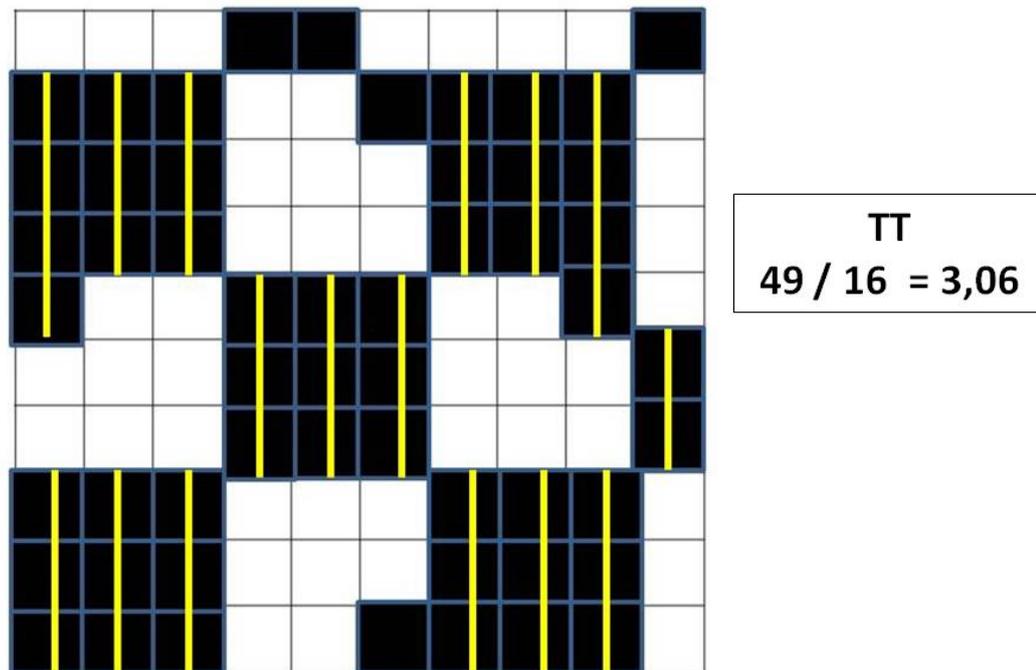
No modelo apresentado aconteceram 49 pontos recorrentes que formam as verticais em 100 pontos possíveis —  $\%LAM=49/100=0,49=49\%$ .

e. O comprimento médio das linhas verticais é outra medida proposta por Marwan *et al.* Os autores definiram como tempo de aprisionamento (TT), pois mede o tempo médio que um estado permanece em um estado laminar, um estado que não muda no tempo. É representada pela fórmula

$$TT = \frac{\sum_{v=v_{min}}^N v P^{\epsilon}(v)}{\sum_{v=v_{min}}^N P^{\epsilon}(l)} \quad (22)$$

O numerador representa a número de ponto que formam as linhas verticais do sistema e o numerador a quantidade de linhas verticais.

A figura abaixo representa o cálculo do TT no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1 e extensão mínima de linhas verticais = 2.



**Figura 8.** Representa o cálculo da TT no modelo de construção de um Gráfico de Recorrência com dimensão 1 e raio 1 e extensão mínima de linhas verticais = 2.

No modelo apresentado aconteceram 49 pontos recorrentes que formam as linhas verticais em 16 linhas verticais  $\rightarrow TT=49/16=3,06$ .

### 1.3. Softwares para Análise dos Gráficos de Recorrência

Para a análise dos Gráficos de Recorrência, foram desenvolvidos vários softwares. Alguns são disponíveis para uso grátis (“free download”).

Marwan *et al.* desenvolveram o software CRP Toolbox que permite a Análise Quantitativa da Recorrência e incluíram a análise das novas medidas, LAM, TT.<sup>(27)</sup>

Charles Webber Jr. *et al.*, elaboraram o software RECURRENCE QUANTIFICATION ANALYSIS (RQA) 9.1. Os autores confirmam que o software é ideal para análise de dados dos sistemas fisiológicos, o que está descrito nos trabalhos realizados pela equipe do Dr. Zbilut.<sup>(28)</sup>

Rainer Hegger, Holger Kantze Thomas Schreiber desenvolveram o Tisean. É um conjunto de executáveis para DOS; possui mais ferramentas do que outros softwares, porém sua utilização é mais complicada.<sup>(29)</sup>

Outro software disponível é o Visual Recurrence Analysis (VRA), criado por Eugene Kononov para análise de séries temporais financeiras mas que pode ser aplicado em outros tipos de série temporal.<sup>(30)</sup>

Pelo exposto, percebe-se o quanto essas ferramentas vieram colaborar para que vários estudos fossem realizados nas áreas de exatas, humanas e da saúde.

Antoniou *et al.*,<sup>(31)</sup> ao estudarem a sua aplicabilidade na área financeira, analisaram vários Gráficos de Recorrência nos índices da bolsa de valores, em diferentes frequências, à procura de indícios determinísticos e não lineares. Concluíram que os gráficos de recorrência podem ser utilizados, por serem rápidos, precisos e eficientes.

Com o objetivo de analisar a frequência e quantidade de terremotos em uma determinada região, utilizando os Gráficos de Recorrência, Chelidze *et al.*<sup>(32)</sup> estudaram a frequência de terremotos na Ásia Central no período de 1983 a 1990. Relatam que encontraram uma dinâmica sísmica regular comparada com períodos anteriores e posteriores. Esses resultados indicam a possibilidade de um controle dinâmico e complexo do processo sísmico.

Os sistemas fisiológicos são caracterizados como sistemas complexos dinâmicos que estão constantemente sujeitos a mudanças. Complicadas interações ocorrem em uma variedade de níveis hierárquicos e envolvem uma série de variáveis. Webber *et al.*,<sup>(18, 24)</sup> que realizaram vários estudos utilizando os Gráficos de Recorrência para analisar os sistemas orgânicos, afirmam que a metodologia é plenamente aplicável a qualquer sistema rítmico, sejam eles mecânicos, elétricos, neurais, hormonais ou químicos.

Liu *et al.*,<sup>(19)</sup> realizaram um estudo com métodos de dinâmica não-linear como uma proposta para classificação dos dados dos intervalos RR. Métodos de dinâmica não-linear foram acoplados às redes neurais artificiais como uma proposta para diagnosticar diferentes grupos de pacientes. Os métodos utilizados foram os Gráficos de Recorrência e Análise Quantitativa de Recorrência. Os Grupos estudados totalizaram 520 casos, sendo classificados em Recém Nascidos Normais, Recém Nascidos Prematuros, Crianças Normais, Crianças Obesas, Jovens Normais, Coronarianos Operados e Doenças Coronárias. Os dados desenvolvidos com o sistema Matlab, permitiram diferenciar os grupos, mesmo apresentando algumas características tipológicas semelhantes, porém a Análise Quantitativa da Recorrência indica que os grupos formados por Recém Nascidos Normais, Recém Nascidos Prematuros, alcançaram os valores de determinismo alto, apresentando um número maior de diagonais.

Segundo Altizer *et al.*,<sup>(33)</sup> Alexander *et al.*,<sup>(34)</sup> Trottier *et al.*,<sup>(35)</sup> as dinâmicas das doenças infecciosas e não infecciosas estão sendo alvo de estudos de

vários pesquisadores, e alguns modelos matemáticos estão sendo utilizados para entender esses fenômenos.

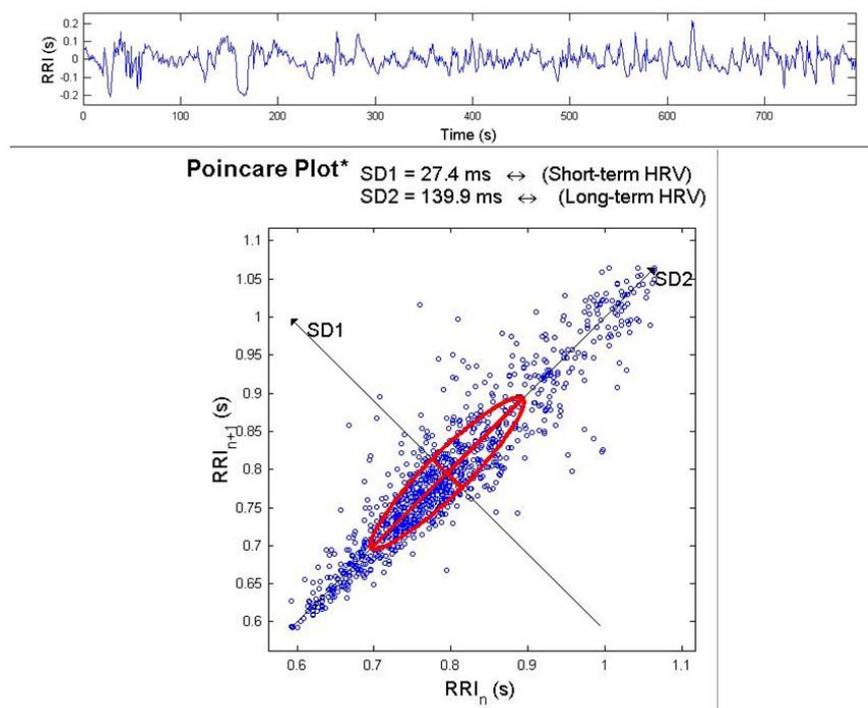
É importante ressaltar que as doenças cardiovasculares estão aumentando em ritmo acelerado no mundo, sem distinção de região ou classe social. A Dra. Brundtland<sup>(36)</sup> afirmou, na Assembleia Mundial de Saúde, que até 2020 as maiores incidências recairão sobre as doenças cardíacas, acidente vascular cerebral, depressão e câncer. Mencionou também que comportamentos e padrões de consumo não saudáveis resultam de forma predominante no surgimento das doenças cardiovasculares com o aumento anual das internações hospitalares.

#### **1.4. Mapas de Poincaré, Gráficos de Poincaré (Plot de Poincaré)**

O Plot de Poincaré, uma importante ferramenta para investigação teórica de sistemas dinâmicos, é utilizado em diversos campos como a física e a astronomia, geofísica, meteorologia, biologia matemática e ciências médicas.<sup>(37)</sup>

O mapa de Poincaré é um método geométrico para análise de uma série temporal dentro de um plano cartesiano no qual um valor da série no eixo x do espaço de fase é relacionado com o valor posterior da série no eixo y definindo um ponto.<sup>(38,39)</sup>

A figura abaixo mostra um modelo do Gráfico Poincaré.



**Figura 9.** Mostra um modelo do Gráfico de Poincaré.

A análise desse gráfico pode ser feita de forma qualitativa e quantitativa por meio da figura formada pelo seu atrator.

Tulpoo *et al.*,<sup>(40)</sup> utilizaram o Gráfico de Poincaré para avaliar a variabilidade frequência cardíaca durante o exercício físico relacionado com a idade e o condicionamento físico.

Descreveram a figura característica de um “cometa”, na qual o aumento na dispersão batimento a batimento é indicativo de um estado normal e figuras com características de um “torpedo” foram consideradas como devidas a pequena dispersão global (SD1) e sem aumento da dispersão dos intervalos de RR a longo prazo indicando baixa variabilidade (SD2).<sup>(40)</sup>

A análise quantitativa é realizada por meio do ajuste da elipse da figura formada pelo atrator do qual se obtêm três índices: SD1, SD2 e a razão SD1/SD2.

O SD1 significa o desvio padrão da variabilidade instantânea, ou seja, dispersão dos pontos perpendiculares à linha diagonal de identidade. O SD2 representa o desvio padrão da variabilidade em longo prazo dos intervalos contínuos representados pela dispersão dos pontos ao longo da linha de identidade. A relação de ambos mostra a razão entre variação curta e longa dos intervalos.<sup>(40)</sup>

Carvalho *et al.*<sup>(41)</sup> realizaram um estudo para investigar a modulação autonômica de portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) por meio de índices geométricos de variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Foram analisados dados de 34 voluntários, divididos em dois grupos de acordo com os valores espirométricos. Para análise dos índices de VFC a frequência cardíaca foi captada batimento a batimento com os voluntários em decúbito dorsal por 30 minutos. Analisaram-se os índices: triangular (RRtri), interpolação triangular dos intervalos RR (TINN) e Plot de Poincaré (SD1, SD2 e relação SD1/SD2). Foi realizada também análise visual da figura formada no Plot de Poincaré. Os indivíduos com DPOC apresentaram na análise visual do Plot de Poincaré menor dispersão dos intervalos RR, tanto batimento a batimento como em longo prazo. Concluíram que os portadores de DPOC apresentaram diminuição dos índices geométricos da VFC, indicando que eles apresentam redução da variabilidade da frequência cardíaca.

Vanderlei *et al.*<sup>(42)</sup> realizaram um estudo com o objetivo de investigar a modulação autonômica de crianças obesas e eutróficas por meio de índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) obtidos por métodos geométricos. Analizaram dados de 133 crianças, com idade entre 8 e 13 anos, divididas em dois grupos: obeso (n = 61) e eutrófico (n = 72), segundo o índice de massa corporal para sexo e idade. Para a análise [\(mais\)](#) da VFC, a frequência cardíaca foi captada batimento-a-batimento. Os intervalos RR obtidos foram convertidos em figuras geométricas e, a partir delas, foram calculados o índice triangular (RRtri), interpolação triangular dos intervalos RR (TINN), os índices SD1, SD2 e relação SD1/SD2, obtidos do Plot de Poincaré. Análise visual do plot foi também realizada. Em crianças obesas, foram observadas reduções dos índices RRtri (0,0730 vs 0,1084 [mediana]. A relação SD1/SD2 não apresentou diferenças significantes (0,3781 ± 0,12 vs 0,3467 ± 0,08). A análise visual do plot, em crianças obesas, mostrou menor dispersão dos intervalos RR tanto batimento-a-batimento, como a longo prazo, indicando menor VFC.

Para a realização dos Gráficos de Poincaré e os cálculos de SD1 e SD2 utilizam-se vários softwares, entre eles, o Kubios HRV<sup>(43)</sup> e o AutoCAD<sup>(44)</sup>

## 1.5. Complexidade das Doenças e as Internações Hospitalares

### 1.5.1. Doenças Inflamatórias

A inflamação ou processo inflamatório resulta de uma resposta dos organismos vivos homeotérmicos a uma agressão sofrida. As respostas são, geralmente, caracterizadas por dor, rubor, calor e edema no sítio da infecção.

Das doenças inflamatórias abdominais, destacam-se as doenças do apêndice. O apêndice é um pequeno órgão linfático parecido com o dedo de uma luva, localizado no ceco, a primeira porção do intestino grosso.

Na maioria dos casos, a apendicite ocorre por obstrução da luz dessa pequena saliência do ceco pela retenção de materiais diversos com restos fecais.

A Apendicite não tem uma causa definida, mas alguns autores relatam que ela pode estar relacionada com o estilo de vida e a alimentação. O risco de um indivíduo ter uma apendicite é de 7% no decorrer de sua vida.<sup>(45)</sup> Os sinais e sintomas apresentados pelos pacientes, frequentemente, aparecem em torno de 48 horas, levando o indivíduo a procurar os serviços de saúde e, como consequência ser submetido à remoção cirúrgica. É a principal cirurgia não eletiva realizada, e o diagnóstico precoce é primordial na prevenção de suas complicações, sobretudo, as decorrentes da perfuração do órgão.<sup>(46)</sup>

A apendicite ocorre em todas as faixas etárias, sendo mais comum em crianças em idade escolar e em adolescentes. A maioria dos autores relata que ela é 3 a 4 vezes mais frequente no sexo masculino. Raça e variação sazonal

não têm qualquer influência, mas algumas famílias apresentam maior incidência.<sup>(47,48)</sup>

### **1.5.2. Doenças Infecciosas**

As doenças infecciosas apresentam problemas importantes de morbidades e de internações hospitalares. Barretos et al.,<sup>(49)</sup> enfatizam a necessidade de ações multissetoriais para a prevenção e controle das doenças e do sofrimento humano, para dar a cada indivíduo a garantia de atingir a sua plenitude física e mental.

Sabe-se que o indivíduo é suscetível a infecção por muitos agentes patogênicos, os quais, primeiro devem entrar em contato com o hospedeiro, para estabelecer um foco de infecção, causando a doença.

Os microorganismos diferem muito em seu estilo de vida, nas suas estruturas e nos métodos patogênicos, exigindo resposta diferente por parte das defesas do hospedeiro, que constituem o sistema imunológico.

As infecções são definidas como penetração, multiplicação e desenvolvimento de um germe ou parasito em um determinado hospedeiro, e a doença infecciosa, como as manifestações dos danos causados pelo agente infeccioso.<sup>(50,51)</sup>

Quando um agente infeccioso aproxima-se de um hospedeiro, pode não se desenvolver por não encontrar as condições ideais ou se desenvolver de forma incompleta e, por fim, desenvolver de forma completa, causando danos ou não ao hospedeiro.<sup>(50)</sup>

Para uma infecção ocorrer é necessária uma sequência de eventos. Primeiramente, o contato do agente com o indivíduo, a penetração, o desenvolvimento, a multiplicação e por fim, a eliminação desse agente, para a manutenção da espécie em hospedeiro suscetível. Geralmente, o contato é direto (pele, mucosa, transfusão sanguínea, etc.).

Por outro lado, existem vários fatores interagindo com o hospedeiro, como herança genética, anatomia e fisiologia do organismo humano e seu estilo de vida. Quando concebido, o indivíduo recebe um padrão genético cuja expressão futura será moldada em grau variável em função das exposições e experiência a que estará sujeito.<sup>(51)</sup>

E por fim esses hospedeiros estarão em interação com o meio ambiente, ou seja, em ambientes físicos, biológicos e sociais. Os ambientes físicos podem facilitar ou dificultar a vida do homem e determinar a constituição da flora e fauna típica de cada local, podendo afetar os meios biológicos representados pelos agentes, vetores e reservatórios da doença. Portanto, uma alteração desses ambientes como terremotos, inundações e secas ocasionam alterações sobre a saúde do homem.

Outro fator importante é o ambiente social, caracterizado por ações políticas, econômicas e culturais. A parte humana do ambiente é formada pelas relações que se estabelecem entre as interações das pessoas.

Um dos exemplos dessa interação com o meio ambiente é a doença infecciosa crônica Hanseníase, causada pelo *M. Leprae*, cuja predileção pela pele e nervos periféricos lhe confere características peculiares, tornando o seu diagnóstico simples na maioria dos casos. Segundo Araújo *et al.*,<sup>(52)</sup>

desenvolve-se com mais frequência nos países mais pobres, e nestes, nos estratos da população menos favorecida. Não se sabe ao certo o peso de variáveis como moradia, estado nutricional, infecções concomitantes (HIV e malária), e infecções prévias por outras micobactérias. O papel de fatores genéticos tem sido avaliado há muito tempo.

Outra doença bacteriana importante é a meningite cujo único hospedeiro é o homem, que em qualquer idade pode ser afetado. Convém dizer que, em algum momento da vida, cerca de 5 a 15% das pessoas têm essas bactérias na garganta ou nariz, porém não ficam doentes. A transmissão pode ocorrer pela saliva, por meio do beijo, do compartilhamento de alimentos, de bebidas ou de cigarros, assim como por contato com pessoas infectadas que estejam tossindo ou espirrando.

A importância dessa infecção bacteriana é caracterizada pela gravidade do quadro clínico, rápida evolução e pela possibilidade de causar surtos ou epidemias.<sup>(53)</sup>

### **1.5.3. Doenças Neoplásicas**

O aumento do número de pessoas com câncer tem motivado cada vez mais investimento em pesquisa nas áreas médica, biológica, epidemiológica, social. São estudos sobre a distribuição dos tipos de câncer e as possíveis causas de risco, identificando padrões diferenciados entre países e em cada país. Essa compreensão, entretanto, não é suficiente para que se entenda o motivo pelo qual certos indivíduos adoecem ou tenham risco maior de adoecer

do que outros. Hoje se reconhece que o aparecimento do câncer está diretamente vinculado a uma multiplicidade de causas.

A prevalência da neoplasia aumenta com a idade e estima-se que, aos 85 anos, ela aproxima-se de 2.500 casos por 100.000 pessoas. A incidência pode aumentar com a presença de alguns agentes carcinogênicos, como o tabaco, compostos químicos, radiações. Também os fatores ambientais têm um papel importante, visto que em alguns países, há incidência maior de alguns cânceres, como o de cólon, nos países ocidentais; gástrico, no Japão, e câncer de nasofaringe na China.<sup>(54,55)</sup>

Com relação ao sexo, a prevalência de câncer nos países desenvolvidos, entre homens e mulheres é muito similar. Já nos países em desenvolvimento, a prevalência nas mulheres é 25% maior. Entretanto o predomínio em homens é o de câncer com pior sobrevida, tais como fígado, esôfago e estômago.<sup>(56)</sup>

Boing *et al.*,<sup>(57)</sup> confirmam que entre 2002 e 2004 ocorreram 405.415 óbitos por neoplasias no Brasil, dos quais as maiores taxas foram identificadas nas regiões Sul e Sudeste. Entre os homens, o câncer de traquéia, brônquios e pulmões foi o que apresentou maior mortalidade e, entre as mulheres, foi o câncer de mama. Esse agravo e o câncer de colo uterino foram os que mais demandaram internações. Dentre as internações, as que acusaram o maior custo médio e total foram as por leucemia.

Apesar de o câncer ser uma das doenças mais temidas no mundo, é necessário que se compreenda a história natural do mesmo para facilitar a compreensão da sua biologia, prevenção e tratamento. Vale lembrar que se

deve aos avanços nas técnicas cirúrgicas, à quimioterapia e à radioterapia, o aumento da sobrevivência dos indivíduos portadores desse mal.

Cada câncer e cada paciente com câncer exibem um histórico cronológico de eventos significativos que são desencadeados por um processo chamado iniciação, que resulta em alterações significativas e irreversíveis numa célula hospedeira, que leva ao desenvolvimento da doença.

O crescimento dos números de células é o componente mais importante do desenvolvimento do ser humano. Um ser humano adulto compõe-se, em média, de um quatrilhão de células, derivadas de um só óvulo fertilizado e, na maturidade, esse número permanece constante. A manutenção da constância celular é um processo dinâmico,<sup>(54)</sup> e o número de células produzidas num animal adulto ou no ser humano é igual ao número de células que morrem, o que é importante para o entendimento do crescimento anormal de células normais.<sup>(58, 59)</sup>

#### **1.5.4. Doenças Cardiovasculares**

De acordo com Godoy,<sup>(12)</sup> as doenças são causadas pela interação de uma série de fatores de risco, com efeitos variáveis nos quadros clínicos e evolutivos.

As doenças cardiovasculares apresentam um impacto significativo no orçamento do Ministério da Saúde, principalmente na atenção da alta complexidade. Elas aparecem em primeiro lugar entre as causas de morte no Brasil e representam quase um terço dos óbitos totais, sendo que 65% do total

de mortes estão na faixa etária de 30 a 69 anos de idade, atingindo, assim a população adulta em plena fase produtiva.<sup>(60)</sup>

A crescente demanda por recursos desencadeou a elaboração da Política Nacional de Atenção Cardiovascular de Alta Complexidade pela Secretaria de Atenção à Saúde do Ministério da Saúde. No ano de 2002, ocorreram 1.216.394 internações decorrentes de doenças do aparelho circulatório, representando 10,3% do total das internações no Sistema Único de Saúde (SUS). Em relação ao valor financeiro, a parcela das internações em cardiologia clínica e cirúrgica correspondeu a 17% do total, superando todos os outros grupos de especialidades isoladamente.

O sistema cardiovascular ou circulatório constitui uma vasta rede de vários tipos e calibres, que põe em comunicação todas as partes do corpo e nessa microcirculação ocorrem as trocas metabólicas. Para que haja eficiência desse mecanismo aparentemente tão simples, existe um complexo sistema de interação que faz o organismo funcionar como um todo.<sup>(61)</sup>

Entretanto, segundo Godoy,<sup>(12)</sup> essa interação pode ser agravada por alguns fatores de risco considerados como complicadores nas Doenças Coronárias citando-se a idade e sexo, por exemplo, com maior prevalência em homens idosos. Ainda, conforme o autor, os fatores genéticos e socioeconômicos, o fumo, obesidade, sedentarismo, diabetes, stress e depressão colaboram para o agravamento dessa síndrome. O comportamento etiológico e fisiológico da doença arterial coronária é compatível com o de um sistema.

Pode-se supor que as interações de vários fatores de risco são diferentes em várias doenças, tornando-as sistemas complexos, não lineares, dinâmicos, determinísticos e com sensível dependência das condições iniciais, devendo subordinar-se à da Teoria do Caos.

Em função disso, os objetivos do presente trabalho podem ser assim discriminados:

Analisar as quantidades e distribuição das interações por Doenças do Apêndice, Doenças Bacterianas, Doenças Neoplásicas e Síndrome Coronária, e as ocorridas ao longo de uma década, com o auxílio do Gráfico de Recorrência e do Gráfico de Poincaré verificando se são sistemas que apresentam comportamentos Aleatório, Caóticos, Periódicos e Linear, daí tirando se conclusões para possíveis correlações e tomada de decisão.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

---

## **2. MATERIAL E MÉTODO**

Foi avaliado o banco de dados contendo todas as internações do Hospital de Base da Fundação Faculdade Regional de Medicina de São José do Rio Preto, no período de 01 de janeiro de 1998 a 31 de dezembro de 2007, motivadas por Doença do Apêndice, Doenças Bacterianas, Síndrome Coronária e Neoplasia Maligna.

Como referência para a classificação dessas internações, utilizou-se a Décima Revisão da Classificação Internacional de Doenças e de Problemas Relacionados à Saúde (CID 10).<sup>(62)</sup>

Na CID 10,<sup>(62)</sup> classificam-se como Doenças do Apêndice a categoria K35-K38. Esse agrupamento refere-se às doenças apendicite aguda (K35), outras formas de apendicite (K36), apendicite sem outras especificações (37) e outras doenças do apêndice (K38).

Para a análise das internações de doenças bacterianas, foi utilizado o agrupamento outras Doenças Bacterianas (A30-A49). O quadro 1 mostra as doenças classificadas nessa categoria.

**Quadro 1.** Distribuição de acordo com a CID10 da categoria A30-49, outras Doenças Bacterianas.

<b>A30- 49</b>	<b>Outras doenças bacterianas</b>
<b>A30</b>	<b>Hanseníase [doença de Hansen] [lepra]</b>
<b>A31</b>	<b>Infecções devidas a outras micobactérias</b>
<b>A32</b>	<b>Listeriose [listeríase]</b>
<b>A33</b>	<b>Tétano do recém-nascido [neonatal]</b>
<b>A34</b>	<b>Tétano obstétrico</b>
<b>A35</b>	<b>Outros tipos de tétano</b>
<b>A36</b>	<b>Difteria</b>
<b>A37</b>	<b>Coqueluche</b>
<b>A38</b>	<b>Escarlatina</b>
<b>A39</b>	<b>Infecção meningocócica</b>
<b>A40</b>	<b>Septicemia estreptocócica</b>
<b>A41</b>	<b>Outras septicemias</b>
<b>A42</b>	<b>Actinomicose</b>
<b>A43</b>	<b>Nocardiose</b>
<b>A44</b>	<b>Bartonelose</b>
<b>A46</b>	<b>Erisipela</b>
<b>A48</b>	<b>Outras doenças bacterianas não classificadas em outra parte</b>
<b>A49</b>	<b>Infecção bacteriana de local não específica</b>

Para análise das internações de Neoplasia foram consideradas as categorias: Neoplasias [tumores] Malignas (os) dos Órgãos Digestivos (C15 a C26), Neoplasias [tumores] Malignas (os) do Aparelho Respiratório e dos

Órgãos Intratorácicos C30-C39 e Neoplasias [tumores] Malignas (os) dos Olhos, do Encéfalo e de outras partes do Sistema Nervoso Central C69-C72.

O quadro abaixo mostra os itens do agrupamento da CID 10<sup>(62)</sup> relacionados à Síndrome Coronária, que foi utilizada nesse estudo.

**Quadro 2.** Agrupamentos de doenças da CID10 da Síndrome Coronária, utilizada nesse estudo.

<b>I20. 0</b>	<b>Angina instável</b>
<b>I20. 9</b>	<b>Angina pectoris, não especificada.</b>
<b>I21. 0</b>	<b>Infarto agudo transmural da parede anterior do miocárdio</b>
<b>I21. 1</b>	<b>Infarto agudo transmural da parede inferior do miocárdio</b>
<b>I21. 2</b>	<b>Infarto agudo transmural do miocárdio de outras localizações</b>
<b>I21. 3</b>	<b>Infarto agudo transmural do miocárdio, de localização não especificada.</b>
<b>I21. 4</b>	<b>Infarto agudo subendocárdico do miocárdio</b>
<b>I21. 9</b>	<b>Infarto agudo do miocárdio não especificado</b>
<b>I24. 8</b>	<b>Outras formas de doença isquêmica aguda do coração</b>
<b>I24. 9</b>	<b>Doença isquêmica aguda do coração não especificada</b>

Foi utilizado o programa Microsoft Office Excel 2003 para a tabulação dos dados. As internações foram ordenadas em dia, mês, ano e tabuladas, seguindo o critério uniforme de identificação das semanas epidemiológicas.

Foram construídas séries temporais das quantidades de internação por semana epidemiológica para cada um dos grupos nosológicos estudados

As semanas epidemiológicas são critérios internacionais na **apresentação da distribuição temporal dos casos** utilizados como efeitos de registro, tabulação e apresentação estatística quer técnicos, quer administrativo para as doenças de notificação compulsória e agravos. A semana têm início no domingo e termina no sábado.<sup>(63)</sup>

A primeira semana do ano é aquela que contiver o maior número de dias de janeiro, e a última a que contiver o maior número de dias de dezembro. Portanto, um ano geralmente tem 52 semanas epidemiológicas. De 1998 a 2007, apenas o ano de 2003 apresentou 53 semanas epidemiológicas.<sup>(63)</sup>

### **2.1. Coletas dos Dados**

Os dados foram fornecidos pelo Departamento de Tecnologia da Informática (DTI) para análise das séries temporais e aplicação dos Gráficos de Recorrência.

### **2.2. Análise Estatística**

Foi aplicada a estatística descritiva e utilizou-se o instrumento Gráfico de Recorrência e Plot de Poincaré para análise das séries temporais.

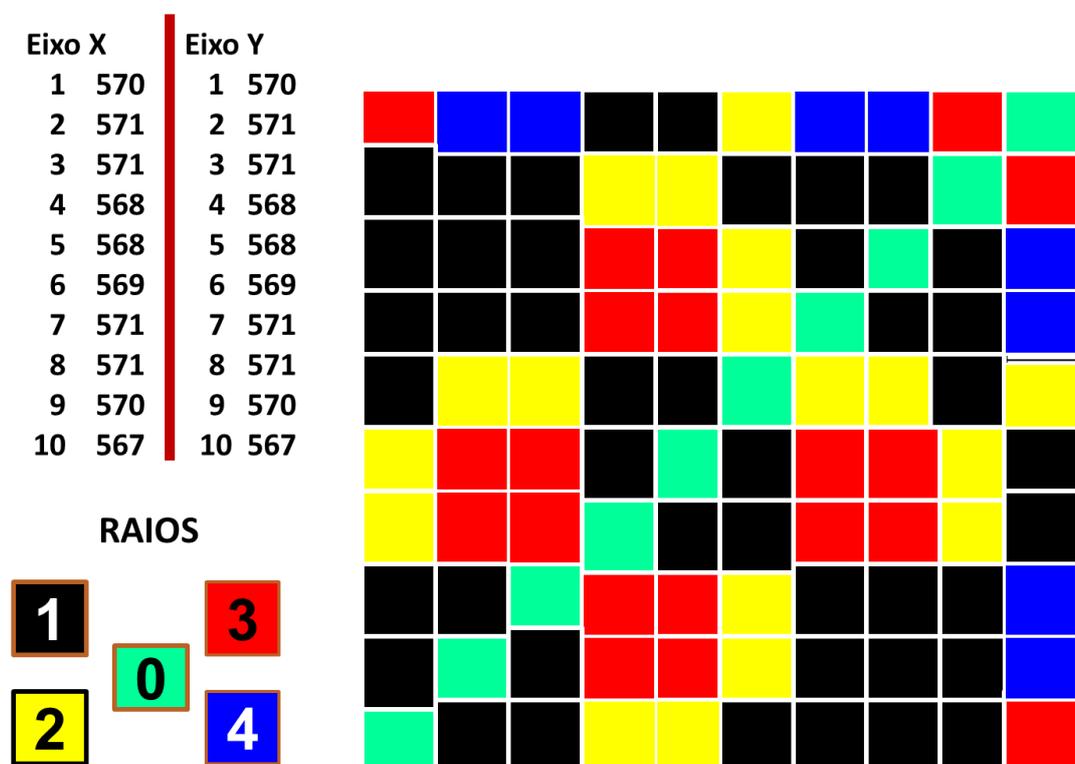
### **2.3. Visual Recurrence Analysis**

Os Gráficos de Recorrência foram construídos com o auxílio do software, VRA 4.9 disponível gratuitamente na internet (<http://visual-recurrence->

[analysis.software.informer.com](http://analysis.software.informer.com)) desenvolvido por Eugene Kononov, e esse software tem como finalidade auxiliar os pesquisadores na análise qualitativa e Quantitativa dos Gráficos de Recorrência.<sup>(30)</sup>

A observação visual os pontos representam a recorrência e as cores nas distancia entre eles.

A figura abaixo representa um Gráfico de Recorrência (VRA) com todas as distâncias (raios) representadas por diferentes cores simultaneamente.



**Figura 10.** Representa o Gráfico de Recorrência (VRA) com todas as distancias (raios) representados por diferentes cores simultaneamente.

A tipologia de uma visão global permite analisar os estados no espaço de fase em toda série temporal, podendo-se ainda, realizar a análise por períodos.

Neste estudo foi realizada análise do comportamento das quantidades de interações das doenças, utilizando como parâmetros: Dimensão de imersão (embedding dimension,  $M$ ) =10 e Tempo de retardo (Time Delay) =1, raio = 70 e Linha = 2 e o esquema de cores foi o Volcano.

As séries temporais foram construídas com 521 valores equivalendo a cerca de 52 semanas por ano para um total de 10 anos.

Para realizar a comparação de padrões de comportamentos foram construídos modelos matemáticos das Séries Temporais Aleatória, Caótica, Periódica e Linear. Essas séries temporais foram analisadas por meio do software VRA nos aspectos visuais e quantitativa.

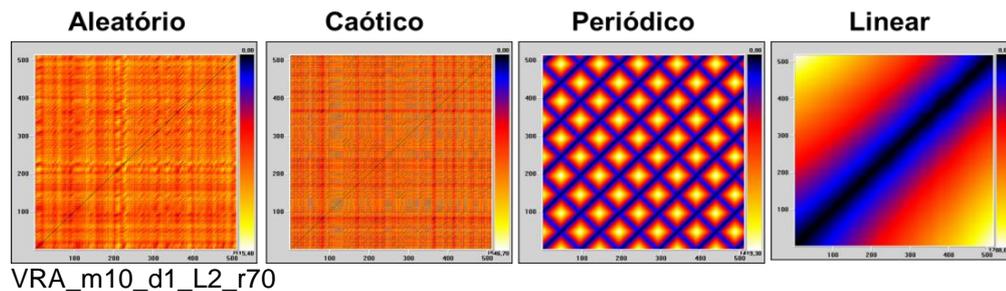
A Série Aleatória foi construída no Excel com a fórmula = Aleatória ()\*100 excluindo-se as casas decimais obtendo-se com isso valores aleatório entre 0 e 100.

A Série Temporal Caótica foi construída por meio da equação logística:  $x_{t+1} = x_t(1-x_t)r$  onde  $x_t=0,2$  e  $r=3,7$ , que sabidamente corresponde a estado caótico. Aqui os valores também foram multiplicados por 100, excluindo-se as casas decimais.

A Serie Periódica foi construída repetindo os números de 0 a 50 formando um total de 521 números.

A Série Linear foi construída por meio de uma serie temporal formada com números primos de 2 a 3.800 em um total de 521 números.

A figura 11 mostra os Gráficos de Recorrência realizados com as Séries Temporais Aleatória, Caótica e Periódica obtidos por formulação matemática.



**Figura 11.** Gráficos de Recorrência das Séries Temporais Aleatória, Caótica, Periódica e Linear obtidos por formulação matemática.

A Análise Quantitativa da Recorrência foi realizada sem divisão da série temporal e com a utilização dos parâmetros: início da série na primeira semana e o termino 521ª semanas. Para análise da distância foram utilizadas as medidas de Distância Euclidiana, Linha =2 e o Raio =70.

Foram calculadas as Taxas de Recorrência (RR), Determinismo (DET), Linha Diagonal Máxima (MAXLINE), Entropia (ENTR), Laminariedade (LAM) e Comprimento Médio das Linhas Verticais ou Tempo de Aprisionamento (Trapping Time, TT).

Com esses parâmetros foi realizada a Análise Quantitativa da Recorrência das Séries Temporais Aleatória, Caótica, Periódica e Linear obtidas por formulação matemática conforme citado acima.

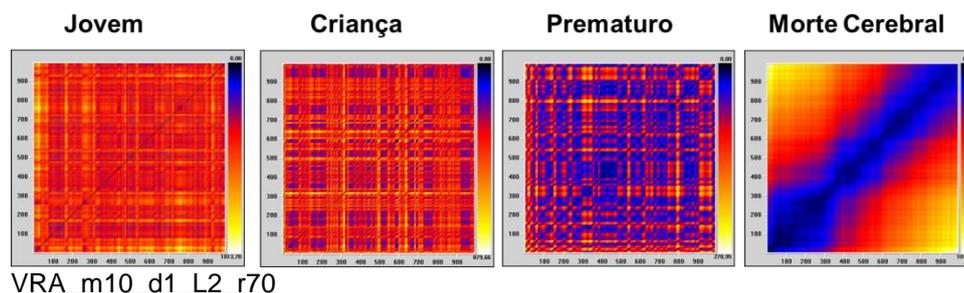
A Tabela 1 representa Análise Quantitativa da Recorrência das Séries Temporais: Aleatória, Caótica, Periódica e Linear obtidas por formulação matemática.

**Tabela 1.** Análise Quantitativa da Recorrência das Séries Temporais: Aleatória, Caótica, Periódica e Linear obtidas por formulação matemática.

	RR%	DET%	Lam%	TT	Entropia	MaxLine
<b>Aleatório</b>	6,2	87,1	20,2	2,327	2,879	25
<b>Caótico</b>	20,1	96,4	0,8	3,297	4,118	82
<b>Periódico</b>	40,6	99,9	99,9	23,431	2,601	511
<b>Linear</b>	41,4	99,9	99,9	107,1	7,312	516

VRA\_m10\_d1\_L2\_r70

Foram construídos também, Gráficos de Recorrência de séries temporais de casos clínicos para a comparação de padrões de comportamentos: Adulto Jovem (Série Temporal Caótica), Criança, Recém Nascido Prematuro (Série Temporal tendendo á Linearidade) e Morte Cerebral (Série Temporal Linear). Esses gráficos estão demonstrados na figura. As series foram obtidas no banco de dados do Núcleo Transdisciplinar para Estudo do Caos e da Complexidade-NUTECC.



**Figura 12.** Gráficos de Recorrência das Séries Temporais de casos clínicos de Jovem Adulto, Criança, Recém Nascido Prematuro e Morte Cerebral, dados obtidos pelo Nutecc.

A tabela abaixo representa a Análise Quantitativa da Recorrência dos modelos clínicos realizadas com os mesmos parâmetros dos modelos matemáticos: Taxas de Recorrência (RR), Determinismo (DET), Linha Diagonal Máxima (MAXLINE), Entropia (ENTR), Laminariedade (LAM) e Comprimento Médio das Linhas Verticais ou Tempo de Aprisionamento (Trapping Time, TT).

**Tabela 2.** Representa a Análise Quantitativa da Recorrência de casos clínicos Jovem, Criança, Recém Nascido Prematuro, e Morte Cerebral.

	<b>RR%</b>	<b>DET%</b>	<b>Lam%</b>	<b>TT</b>	<b>Entropia</b>	<b>MaxLine</b>
<b>Jovem</b>	12,7	94,3	31,9	2,088	3,766	48
<b>Criança</b>	18,6	95,6	90,1	5,193	3,884	76
<b>Prematuro</b>	34,7	99,5	99,5	15,347	5,112	978
<b>Morte cerebral</b>	40,9	99,7	99,8	62,746	4,796	990

VRA\_m10\_d1\_L2\_r70

As séries temporais das quantidades de internações também foram analisadas em 9 períodos. O início da série ocorreu na 1ª semana e o término na 52ª semana, com intervalo de 52 semanas para os próximos períodos. Também foram construídos com as distancias Euclidiana, Linha =2 e o Raio =70.

## 2.4. Plots de Poincaré

Foi desenvolvida uma analogia da variabilidade frequência cardíaca que utiliza o Plot de Poincaré com a variabilidade das quantidades de internações ao longo de uma década.

Com base na análise visual dos Gráficos de Poincaré foi feita a classificação como aleatória, caótica, periódica e linear, ou, baseando-se nos valores de SD1, SD2 e SD1/SD2:

SD1/SD2= próximo 1=Aleatório

SD1/SD2=intermediário (0-1) =Caótico

SD1/SD2=zero(0)= Linear

### 3. RESULTADOS

---

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Internações**

Ao longo de uma década (1998 a 2007) ocorreu um total de 327.088 internações categorizadas pelo CID 10<sup>(62)</sup>. Para a realização desse estudo foram utilizadas 29.179(9%) internações, sendo que a Síndrome Coronária representa 42%(12.274). Das demais, as Doenças Neoplásicas representam 26%(7.586), Doenças Bacterianas, 18,86%(5.505) e Doenças do Apêndice, 13,06%(3.814).

A tabela 3 representa essas internações por ano e de acordo como grupo nosológico.

**Tabela 3.** Distribuição das internações, ocorridas no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007, no Hospital de Base da FUNFARME de São José do Rio Preto, SP, das doenças: Doenças do Apêndice, Doenças Bacterianas, Doenças Neoplásicas e Síndrome Coronária.

Anos	<i>Números de Internações das Doenças:</i>			
	Apêndice	Bacterianas	Neoplásicas	Síndrome Coronária
<b>1998</b>	414	372	708	595
<b>1999</b>	341	629	445	744
<b>2000</b>	342	616	412	616
<b>2001</b>	410	571	492	1167
<b>2002</b>	391	468	544	1259
<b>2003</b>	369	707	993	1389
<b>2004</b>	347	696	1040	1509
<b>2005</b>	375	650	1030	1817
<b>2006</b>	381	650	921	1672
<b>2007</b>	444	146	1001	1511
<b>Total</b>	3814	5505	7586	12279

Das Doenças Bacterianas, destacam-se as internações com diagnóstico de septicemia (A40.0-A41.9), que representaram 30,24%(1.665), e as internações por micobactérias, que foram de 20%(1.102). As demais Doenças Bacterianas permaneceram entre 1 a 10% das internações.

Referente às Neoplasias, os Órgãos Digestivos representaram 69,35%(5.261) das internações. As demais Neoplasias Malignas (os) do Aparelho Respiratório e dos Órgãos Intratorácicos, assim como dos Olhos, do

Encéfalo e de outras partes do Sistema Nervoso Central representaram respectivamente 17,08%(1.296), 16,06%(1.279) das internações.

Das internações referentes às Neoplasias dos Órgãos Digestivos, a Doença Cólon Não Específica (NE), representou 20,59%(670), e as outras doenças, classificadas nesse código, permaneceram entre 1 a 10% do total dessas internações. A tabela abaixo mostra 10 dessas doenças, e os números de internações entre esses dois limites.

**Tabela 4.** Doenças Neoplásicas do Aparelho Digestivo e o número das internações no período de 1998 a 2007, realizadas no Hospital de Base, da FUNFARME de São José Do Rio Preto, SP.

<b>Descrição da doença</b>	<b>Internações</b>	<b>%</b>
Cólon NE	670	20,59
Estômago NE	398	12,23
Neoplasia maligna do reto	363	9,19
Esôfago NE	299	9,19
Neoplasia maligna do fígado NE	298	9,16
Estômago NE	290	8,91
Lesão invasiva do estomago	288	8,85
Esôfago NE	243	7,47
Cólon NE	233	7,16
Neoplasia maligna do fígado NE	172	5,29
<b>Total</b>	<b>3254</b>	<b>100,00</b>

Em relação às Neoplasias malignas do Aparelho Respiratório e dos Órgãos Intratorácicos, das 1.296 internações, 81,8%(1060) foram classificadas como Brônquios ou Pulmões, não especificado (C34.9).

Das Neoplasias Malignas dos Olhos, do Encéfalo e de outras partes do Sistema Nervoso Central (SNC), noventa e cinco por cento (1227) estão relacionadas ao Encéfalo e outras partes do SNC (C71).

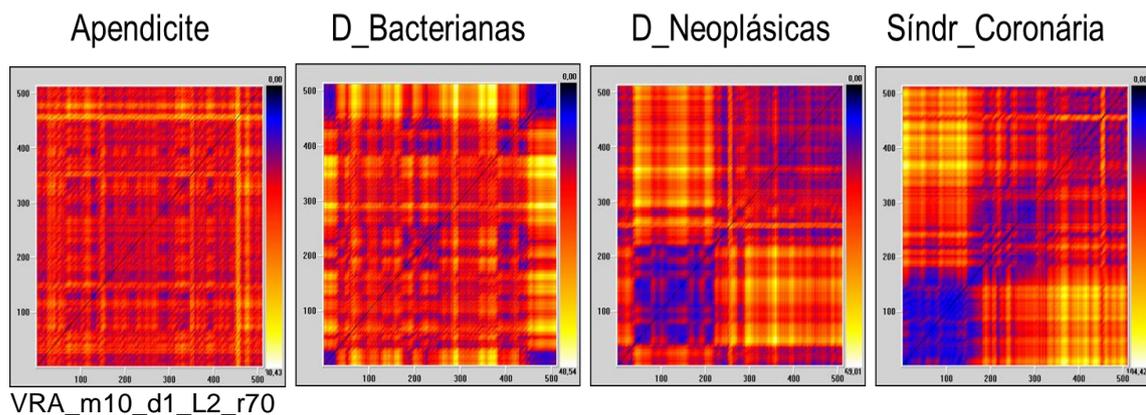
Das internações consideradas Síndrome Coronária, a Angina Instável representou 45,77%(5.620). A tabela abaixo mostra a distribuição das internações consideradas Síndrome Coronária.

**Tabela 5.** Descrição e quantidade das internações consideradas Síndrome Coronária de acordo com o CID 10 no período de 10 anos.

<b>Descrição da Doença</b>	<b>Internações</b>	<b>%</b>
Angina Instável	5620	45,77
Angina Pectoris Ne	3932	32,02
Infarto Agudo do Miocárdio Não especificado	2096	17,07
Outra Forma Doença Isquêmica Aguda do Coração	319	2,60
Infarto Agudo Transmural Parede Ant. Miocárdio.	163	1,33
Infarto Agudo Transmural Parede Inf. Miocárdio	69	0,56
Infarto Agudo Transmural Miocárdio Outra Localização	33	0,27
Infarto Agudo Transmural Miocárdio Loc. Não Especificado	21	0,17
Infarto Agudo Subendocárdico	18	0,15
Doença Isquêmica Aguda do Coração Não Especificado	8	0,07
<b>Total</b>	<b>12279</b>	<b>100,00</b>

### **3.2. Gráficos de Recorrência e suas Quantificações e os Plots de Poincaré**

A figura 13 representa os Gráficos de Recorrência das quantidades de internações Doenças do Apêndice, Doenças Bacterianas, Doenças Neoplásica se Síndrome Coronária.



**Figura 13.** Gráficos de Recorrência das Quantidades de Interações das Doenças do Apêndice, Doenças Bacterianas, Doenças Neoplásicas e Síndrome Coronária, no período de uma década.

Ao realizar comparação dos Gráficos de Recorrência construídos com as séries temporais das quantidades de interações dos diferentes estados dos grupos nosológicos com os Gráficos de Recorrência das séries temporais de modelos matemáticos (Aleatório, Caótico, Periódico e Linear) de modelos clínicos (Jovem Adulto, Criança, Recém-Nascido Prematuro e Morte Cerebral) verificou-se que há certa semelhança entre:

- a. Doenças do Apêndice com modelos matemáticos Caótico e Aleatório e modelo clínico Adulto Jovem e Criança
- b. Doenças Bacterianas com modelos matemáticos Caótico e Aleatório e modelos clínicos Adulto Jovem e Criança.
- c. Doenças Neoplásicas com modelo matemático Linear e modelos clínicos Morte Cerebral e Prematuro.
- d. Síndrome Coronária com modelos matemáticos Linear e Periódico e clínicos Morte Cerebral e Prematuro.

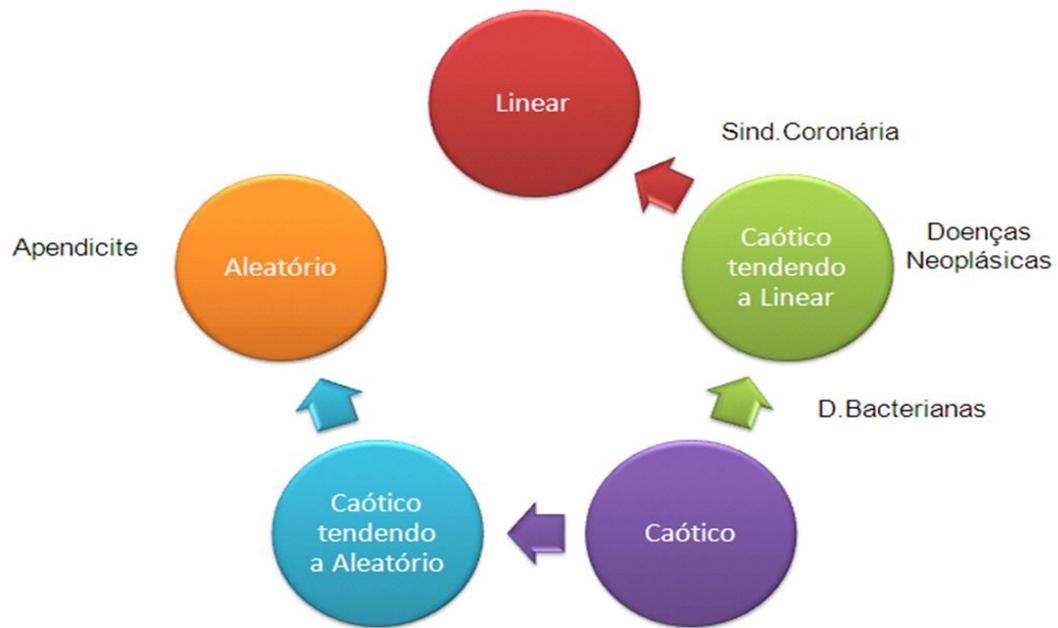
A tabela 6 mostra Análise Quantitativa da Recorrência realizada pelo software VR4. 9 das quantidades de interações, ocorridas ao longo de uma década, com os seguintes parâmetros: serie temporal 1-521; Dimensão de imersão:10; Delay:1; Raio: 70; Linha: 2.

**Tabela 6.** Analise Quantitativa da Recorrência das quantidades de interações ao longo de uma década realizada pelo VRA.

	<b>RR%</b>	<b>DET%</b>	<b>Lam%</b>	<b>TT</b>	<b>Entropia</b>	<b>MaxLine</b>
<b>Apendicite</b>	10,9	90,4	47,9	2,963	3,252	31
<b>d_bacterianas</b>	19,7	95,7	80,9	5,699	4,106	84
<b>d_neoplásicas</b>	25,3	97,0	85,5	6,366	4,475	180
<b>sind_coronária</b>	28,4	98,0	92,4	8,833	4,578	265

VRA\_m10\_d1\_L2\_r70

Associando-se os aspectos Quantitativos dos Gráficos de Recorrência com os aspectos visuais foi possível construir a figura e a tabela abaixo que representa o posicionamento da quantidade de interações das diferentes modalidades estudadas com bases nos resultados no Gráfico de Recorrência realizado pelo VRA.

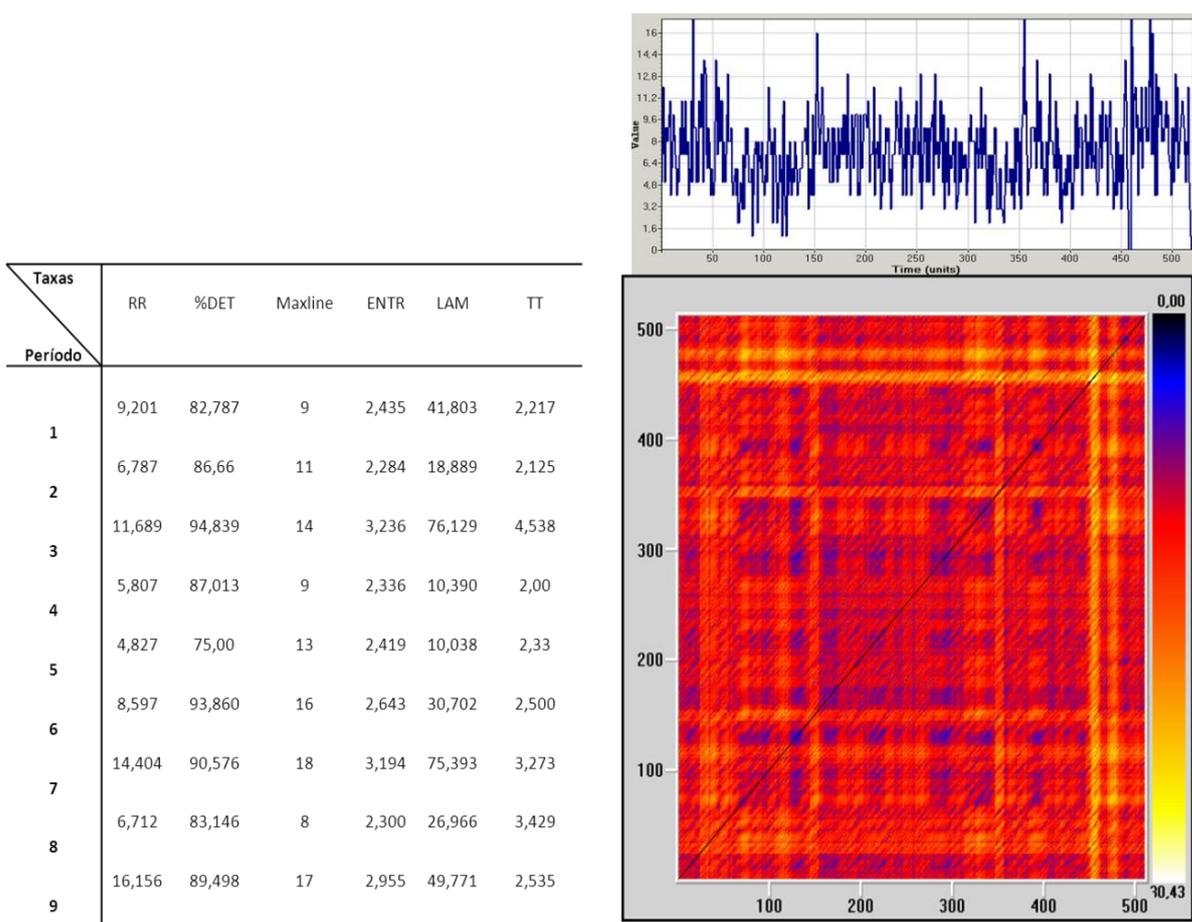


**Figura 14.** Representação gráfica do posicionamento da quantidade de interações das diferentes modalidades estudadas com bases nos resultados do Gráfico de Recorrência realizado pelo VRA.

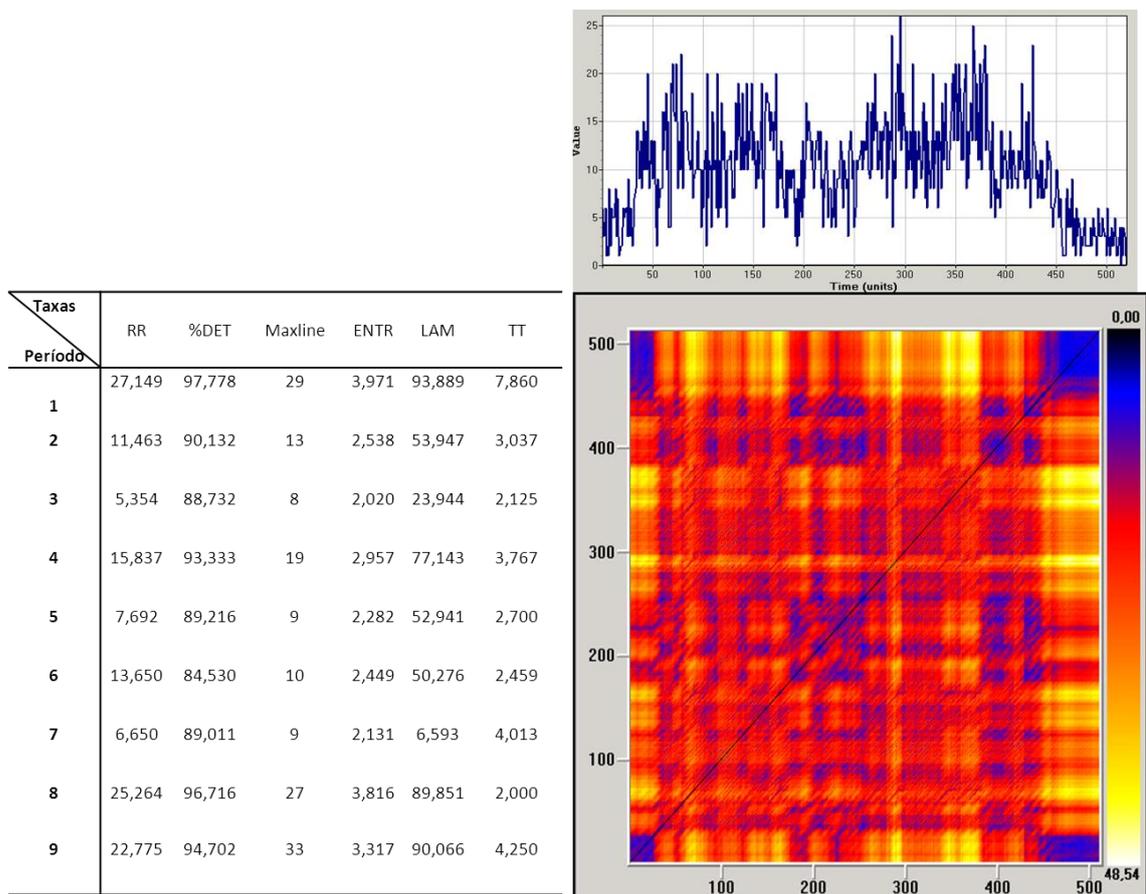
**Tabela 7.** Representação da Análise Quantitativa da Recorrência do posicionamento da quantidade de internações das diferentes modalidades estudadas com bases nos resultados no Gráfico de Recorrência realizado pelo VRA.

	<b>RR%</b>	<b>DT%</b>	<b>LAM%</b>	<b>TT%</b>	<b>Entr</b>	<b>MaxLine</b>
Aleatório	6,2	87,1	20,2	2,327	2,879	25
Apendicite	10,9	90,4	47,9	2,963	3,252	31
Jovem	12,7	94,3	31,9	2,088	3,766	48
Criança	18,6	95,6	90,1	5,193	3,884	76
Bacteriana	19,7	95,7	80,9	5,699	4,106	84
Caótico	20,1	96,4	0,8	3,297	4,118	82
Neoplásico	25,3	97,0	85,5	6,366	4,475	180
Sind.Coron.	28,4	98,0	92,4	8,833	4,578	265
Prematuro	34,7	99,5	99,5	15,347	5,112	978
Periódico	40,6	99,9	99,9	23,431	2,601	511
Morte Cereb.	40,9	99,7	99,8	62,746	4,796	990
Linear	41,4	99,9	99,9	107,144	7,312	516

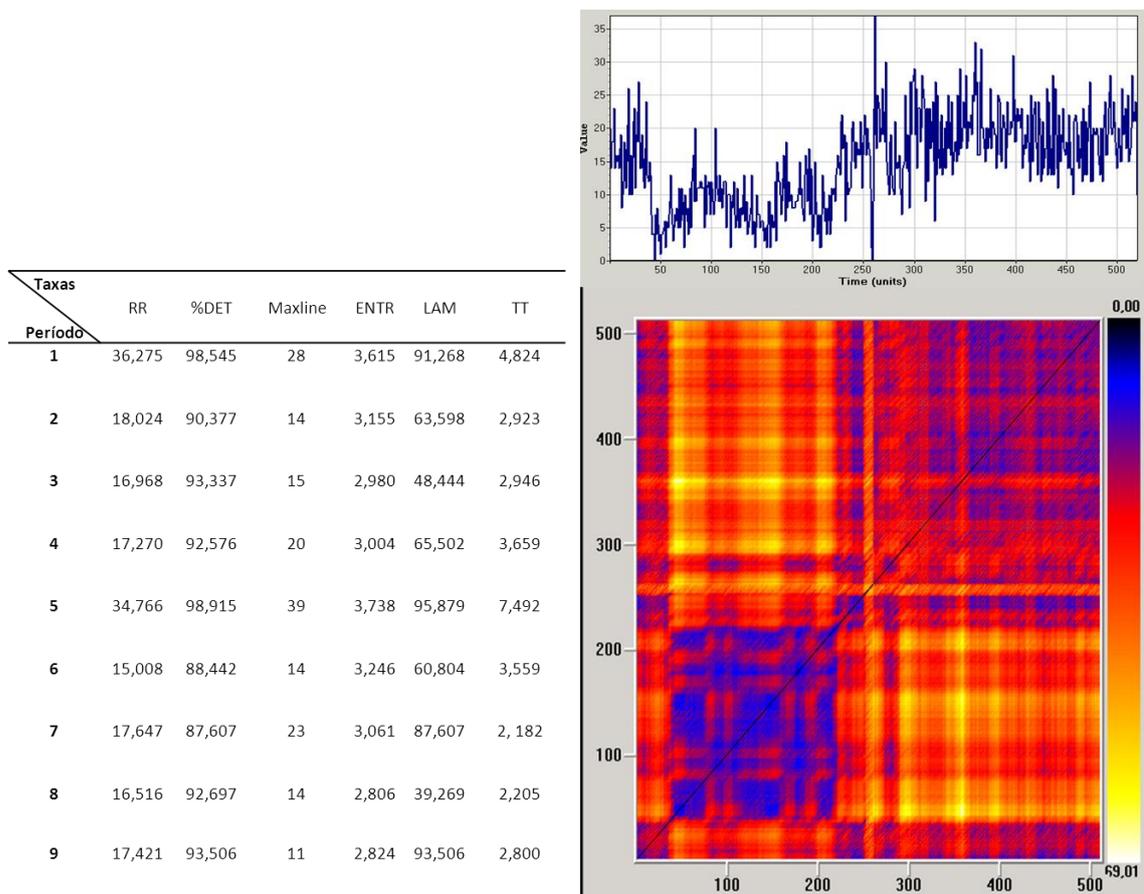
Detalhando o comportamento em cada um dos grupos nosológicos observa-se nas figuras abaixo o tacograma, Gráficos de Recorrência, e a Análise Quantitativa dos Grupos Nosológicos .



**Figura 15.** Representa o Tacograma, o Gráfico de Recorrência, e a Análise Quantitativa da Recorrência da quantidade de interações das Doenças do Apêndice.

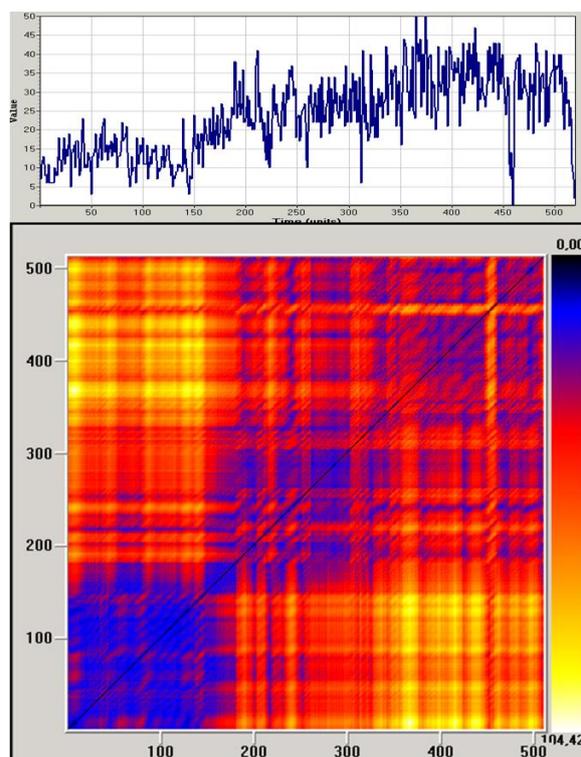


**Figura 16.** Representa o Tacograma, o Gráfico de Recorrência, e a Análise Quantitativa da Recorrência da quantidade de interações das Doenças Bacterianas.



**Figura 17.** Representa o Tacograma, o Gráfico de Recorrência, e a Análise Quantitativa da Recorrência da quantidade de interações das Doenças Neoplásicas.

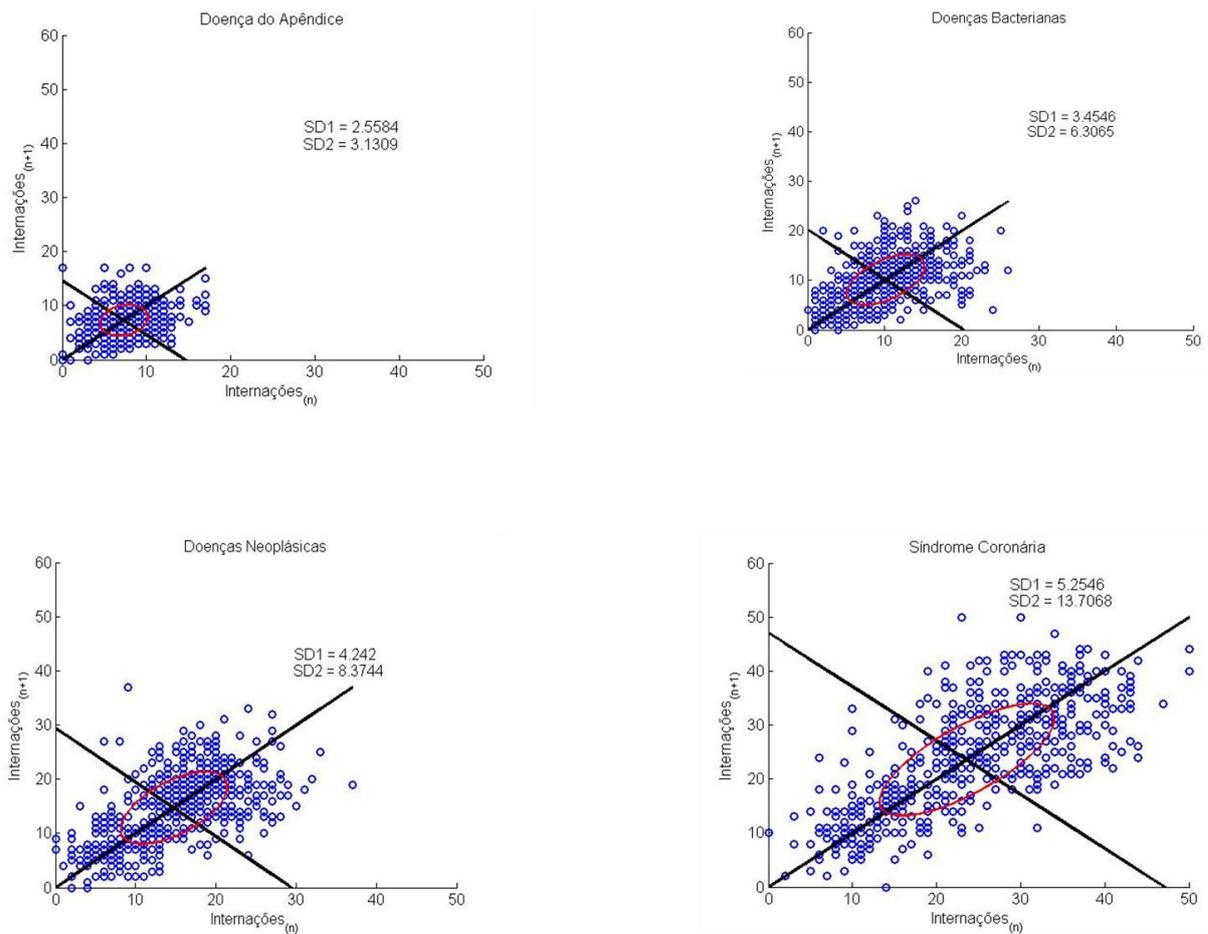
Taxas						
Período	RR	%DET	Maxline	ENTR	LAM	TT
1	7,994	85,849	13	2,524	50,943	3,857
2	9,050	93,274	8	2,383	37,500	2,813
3	16,817	93,337	25	3,408	93,274	4,279
4	12,745	97,959	13	2,927	78,367	2,909
5	15,535	88,166	29	2,694	70,414	2,902
6	15,008	95,146	20	3,003	18,447	2,375
7	7,994	87,796	11	2,822	41,509	2,200
8	7,692	88,792	21	2,502	28,431	2,636
9	31,976	94,104	26	3,197	83,255	3,796



**Figura 18.** Representa o Tacograma, o Gráfico de Recorrência, e a Análise Quantitativa da Recorrência da quantidade de interações por Síndrome Coronária.

Os Gráficos de Poincaré, construído na mesma escala mostram que o padrão de comportamentos dos grupos é diferente.

A figura 19 representa os Gráficos de Poincaré das quantidades de interações ao longo de uma década. Observa-se que as interações se comportam também de formas diferentes.



**Figura 19.** Representa os Gráficos de Poincaré das Internações das Doenças do Apêndice, Doenças Bacterianas, Doenças Neoplásicas e Síndrome Coronária no período de uma década.

A tabela 8 representa a classificação do grupo nosológicos por meio do plot de Poincaré

**Tabela 8.** Classificação do grupo nosológicos por meio do Plot Poincaré.

<b>Internações</b>	<b>SD1</b>	<b>SD2</b>	<b>SD1/SD2</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>
<b>DOENÇAS DO APÊNDICE</b>	2,5584	3,1309	0,8171	Aleatório
<b>DOENÇAS BACTERIANAS</b>	3,4546	6,3065	0,5478	Caótico
<b>DOENÇAS NEOPLÁSICAS</b>	4,2420	8,3744	0,5065	Caótico/ linear
<b>SÍNDROME CORONÁRIA</b>	5,2546	13,7068	0,3834	Linear

## 4. DISCUSSÃO

---

#### 4. DISCUSSÃO

Os Gráficos de Recorrência possibilitam conclusões importantes sobre a evolução temporal das trajetórias dos sistemas, uma vez que os padrões típicos da plotagem de recorrência estão relacionados aos comportamentos específicos dos sistemas.

No presente estudo, evidenciaram-se as duas análises, tanto a tipológica quanto a quantitativa, da recorrência. Marwam *et al.*,<sup>(22)</sup> Pereira *et al.*,<sup>(26)</sup> afirmam que as tipologias são apenas observações visuais qualitativas, pois limitam as análises em grandes escalas. Souza<sup>(16)</sup> menciona em sua tese que, em razão da dificuldade de visualizar riquezas na dinâmica do sistema apenas com o Gráfico de Recorrência, criaram-se quantificadores que contabilizam as estruturas presentes nos Gráficos de Recorrência (linhas diagonais e linhas verticais). E Liu *et al.*,<sup>(19)</sup> afirmam que a análise quantitativa melhora a compreensão sobre a interpretação das informações dos diagnósticos de recorrência nos dados analisados, ou seja, pode-se prever o comportamento e a complexidade de um sistema.

Aparício *et al.*,<sup>(64)</sup> referem em seu estudo que a Análise Quantitativa da Recorrência é uma técnica de grande interesse, na medida em que permite fazer uso das vantagens dos RP e obter informações mais objetivas do que derivadas de uma análise puramente visual.

Fabretti *et al.*,<sup>(65)</sup> realizaram um estudo para análise do índice de mercado financeiro, em duas bolsas de valores, DAX e NASDAQ. E verificaram que os valores podem se modificar ao longo do tempo ou próximos de transições,

quando se divide a série temporal em períodos. Informam que os Gráficos de Recorrência desse estudo apresentaram bandas pretas ou cinzas. Argumentaram que eventos raros aconteceram e, ao mesmo tempo, as taxas de determinismo e as taxas de Entropia estavam elevadas. Em geral, os baixos valores dessas variáveis podem ser associados à estocasticidade, enquanto valores elevados estão associados a um comportamento determinístico. Concluíram que os Gráficos de Recorrência e a Análise Quantitativa da Recorrência são instrumentos importantes para esse estudo de períodos de instabilidade na área financeira.

No presente estudo, as quantidades interações foram analisadas por meio das observações visuais e da Análise Quantitativa da Recorrência. Esta análise demonstrou que a quantidade de interações são séries temporais que mudam ao longo do tempo, mesmo que isso aconteça lentamente. Seria também verificar a diferença na quantidade de interações semana a semana. Os Gráficos de Poincaré colaboraram para visualizar o aumento das interações ao longo dos anos.

Aparício *et al.*,<sup>(64)</sup> confirmam que os Gráficos de Recorrência são capazes de detectar um padrão de recorrência dos sistemas determinísticos (sejam eles caóticos ou não). Sistemas caóticos Não-determinísticos exibem estruturas simples e regulares, enquanto os Gráficos de Recorrência de sistemas caóticos também mostram certas regularidades, mas com mais características complexas e densas. Por outro lado, os Gráficos de Recorrência obtidos a partir de sistemas puramente aleatórios não mostram padrões distinguíveis, aparecendo como uma nuvem de pontos sem nenhuma estrutura aparente.

Facchini, *et al.*<sup>(23)</sup> utilizaram os Gráficos de Recorrência para analisar o oxigênio dissolvido na Lagoa de Orbetello na Itália. A série temporal foi composta de observações diárias das oscilações do oxigênio dissolvido, no período de 66 dias, com um total de 1657 pontos de oscilações. Os Gráficos de Recorrência apresentaram linhas diagonais, verticais e horizontais, e manchas laminares. Na Inspeção visual, foram observados dois períodos de transições e na análise da taxa do DET%, valores altos na zona periódica, e baixa no período laminar. Conseguiram identificar a transição do período caótico e laminar. Mesmo que não fosse possível dar uma indicação clara da natureza caótica do sistema, as taxas mostraram alguns parâmetros para isso.

Verificou-se, portanto, neste estudo que as quantidades de internações apresentaram padrões de recorrência diferentes.

Os modelos matemáticos e clínicos colaboraram para a classificação das internações das doenças tanto nos aspectos visuais como na Análise Quantitativa da Recorrência.

Com isso, verificou-se que as internações por Doenças do Apêndice têm uma tendência à se comportarem como Série Temporal Aleatória.

O Gráfico de Recorrência das internações Bacterianas mostra uma semelhança com o Gráfico de Recorrência das internações por Doenças do Apêndice, porém a Análise Quantitativa mostra que essas internações têm uma Tendência a Séries Temporais Caóticas.

Vários estudos<sup>(66-68)</sup> relatam que os indivíduos com Doenças Bacterianas são internados para confirmação de diagnóstico, ou algumas complicações decorrentes das mesmas. Bittencourt *et al.*,<sup>(69)</sup> realizaram um estudo com o

objetivo de avaliar o nível de acesso aos serviços de saúde de uma população de pacientes internados por Tuberculose (TB) em dois hospitais no município de São Paulo, comparando-os com pacientes com TB submetidos somente a tratamento ambulatorial. Fizeram um levantamento de dados sociodemográficos e clínico-epidemiológicos entre janeiro e dezembro de 2007, utilizando-se de um questionário estruturado, verificaram que os principais motivos de internação foram elucidação diagnóstica (48,19%), insuficiência respiratória (11,45%), hemoptise (10,24%), AIDS (4,82%), caquexia (3,61%) e outros (21,69%).

Existem vários fatores que interferem no aparecimento de Doenças Bacterianas, alguns mais relevantes que outros. Portanto, essas internações mostram uma sensível dependência das condições iniciais, já que pequenas mudanças podem alterar os resultados.<sup>(70)</sup>

Como as internações por doenças bacterianas, as motivadas por Doenças Neoplásicas mostram também uma tendência à se comportarem como Série Temporal Caótica, porém no final da década observam-se aspectos com Tendência a Linearidade.

Sobre as internações de pacientes com Neoplasias, atualmente estudos<sup>(71,72)</sup> mostram que estão relacionadas com os avanços tecnológicos, com complicações ocorridas após o tratamento quimioterápico e com procedimentos cirúrgicos. Portanto, verifica-se que há uma sensível dependência das condições iniciais.

Um dos exemplos é a Neoplasia de Cólon cuja incidência vem aumentando em todo mundo e, quando se faz o diagnóstico, o paciente

encontra-se em uma fase avançada da patologia. Atualmente, os pacientes são internados para realização de exames, tratamento cirúrgico e eventos adversos aos medicamentos.

Outros eventos, como abertura de um centro especializado em atendimento a paciente portador de câncer com atendimento clínico e cirúrgico, desde 2002 no hospital escola, e mudanças de conduta, tanto para diagnóstico como para tratamento, podem ter contribuído para esse aumento no número de internações semana a semana. O Tacograma dessas internações mostrou o aumento no número de internação, e o Gráfico e a Análise da Recorrência mostraram que a variabilidade das internações nesses períodos foi baixa.

E por fim as quantidades internações por Síndrome Coronária mostram um aumento gradativo das internações durante a década, porém a variabilidade das internações dentro dos períodos, passado com passado e futuro com futuro, permaneceu baixa. E o aspecto visual mostra um gráfico com série temporal com Tendência a Linearidade.

Uma das justificativas desse aumento seria o financiamento do SUS para a realização de 30.666 Angioplastias Coronarianas com implante de stente 19.909 cirurgias de Revascularização do Miocárdio, totalizando aproximadamente R\$ 281 milhões de gastos para todo território nacional.<sup>(73)</sup>

Os dados apresentados pelo faturamento do Hospital Escola indicam que houve um aumento da Angioplastia Coronária a partir de 2001 (299 angioplastia) e em 2006 (835angioplastia).

De acordo com as diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Angioplastia Transluminal Coronária, “Os pacientes que realizarem esse procedimento devem permanecer internados até 48 horas”.<sup>(74)</sup>

Em 2006, outro fato importante, foi o cadastramento do Hospital Escola, como centro de Referência em Alta Complexidade Cardiovascular, enfocando o atendimento a toda região.<sup>(75)</sup>

Esses fatos colaboraram para o aumento gradativo do número de internações no decorrer da década.

A Análise Quantitativa da Recorrência confirmou a Tendência Linear da Série Temporal dessa internação, mostrando valores altos das Taxas de Determinismo e Entropia, no decorrer da década.

Portanto, as quantidades de internações por Síndrome Coronária são mais previsíveis que as outras.

Com a aplicação do Gráfico de Recorrência e Análise Quantitativa, foi possível, no presente estudo, identificar o comportamento das quantidades de internações das doenças ao longo de uma década.

## 5. CONCLUSÕES

---

## **5. CONCLUSÕES**

O Gráfico de Recorrência e a Análise Quantitativa identificaram o comportamento das internações hospitalares. Os modelos matemáticos e clínicos colaboraram para essa identificação de comportamento

As quantidades de internações por Doenças do Apêndice apresentam um comportamento Aleatória, a quantidade de internações por Doenças Bacterianas foram classificadas como Sistema Caótico.

As quantidades de internações por Doenças Neoplásicas foram classificadas como Sistemas com Tendência Caótica e Linear, e as internações por Síndrome Coronária, com Tendência a Linearidade.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gouvêa CSD, Travassos C, Fernandes C. Produção de serviços e qualidade da assistência hospitalar no Estado do Rio de Janeiro, Brasil – 1992 a 1995. *Rev Saúde Pública* 1997; 31(6):601-17.
2. Antunes JLF. “Crescei e multiplicai-vos”: desenvolvimento social, coeficientes de natalidade e transição demográfica no Município de São Paulo, Brasil, séries temporais para 1901-94. *Rev Bras Epidemiol* 1998; 1(1):61-78.
3. Souza MFM, Alencar AP, Malta DC, Moura L, Mansur AP. Análise de séries temporais da mortalidade por doenças isquêmicas do coração e cerebrovasculares, nas cinco regiões do Brasil, no período de 1981 a 2001. *Arq Bras Cardiol* 2006; 87(6):735-40.
4. Latorre MRDO, Cardoso MRA. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. *Rev Bras Epidemiol* 2001; 4(3):145-52.
5. Diggle PJ. *Times series: a biostatistical introduction*. Oxford: Oxford University; 1992.
6. Pires AP. *Notas de Series Temporais*, 2001. Disponível em: <http://www.math.ist.utl.pt/~apacheco/PE/PE.htm>. Acessado em: 10/05/2008.
7. Kale PL, Fernandes C, Nobre FF. Padrão temporal das internações e óbitos por diarreia em crianças, 1995 a 1998, Rio de Janeiro. *Rev Saúde Pública* 2004; 38(1):30-7.

8. Leong AM, Crighton EJ, Moineddin R, Mamdanin M, Upshur RE. Time series analysis of age related cataract hospitalizations and phacoemulsification. *BMC Ophthalmol* 2006; 6:2.
9. Morettin PA, Toloí CMC. *Previsão de séries temporais*. São Paulo: Atual; 1985.
10. Mattos MA, Toledo DG, Mattos CE, Tura BR, Gadelha DNB, Siqueira Filho AG. Tendência temporal de letalidade hospitalar por infarto agudo do miocárdio, 1994-2003. *Arq Bras Cardiol* 2005; 4(5):416-21.
11. Crighton EJ, Mamdani MM, Upshur RE. A population based time series analysis of asthma hospitalisations in Ontario, Canada: 1988 to 2000. *Health Services Research BMC* 2001; (1):1-7.
12. Godoy MF. *Teoria do caos aplicada à medicina*. [Livre Docência]. São José do Rio Preto: Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto - FAMERP; 2003.
13. Puig DF. *Música e sistemas dinâmicos não-lineares: uma abordagem composicional*. [Dissertação]. Rio de Janeiro: Escola de Música, Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2005.
14. Marwan N, Kurths J, Sapanin P. Generalised recurrence plot analysis for spatial data. *Phys Lett A* 2007; 360(4/5):545-51.
15. Eckmann JP, Kamphorst SO, Ruelle D. Recurrence plots of dynamical systems. *Europhys Lett* 1987; 4(91):973-7.
16. Souza EG. *Caracterização de sistemas dinâmicos através de gráficos de recorrência*. [Dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2008.

17. Câmara FP. Glossário da dinâmica não linear. Disponível em: [http://www.abpbrasil.org.br/departamentos/coordenadores/coordenador/noticias/imagens/glossario\\_de\\_dinamica\\_ao\\_linear.pdf](http://www.abpbrasil.org.br/departamentos/coordenadores/coordenador/noticias/imagens/glossario_de_dinamica_ao_linear.pdf). Acessado em: 06/02/2009.
18. Webber CC, Zibilut JP. Recurrence Quantification Analysis of Nonlinear Dynamical Systems Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioral sciences, 2005 (pp. 27-94). Disponível em: <http://www.nsf.gov/sbe/bcs/pac/nmbs/nmbs.jsp>. Acessado em: abril/2008.
19. Liu YLA, Macau JJ, Barroso JDS, Silva ZOA, Guimarães Filho IL, Caldas RLA, *et al.* Uso de rede neural percéptron multi-camadas na classificação de patologias cardíacas. *Tema Tend Mat Apl Comput* 2008; 9(2):255-64.
20. Marwan N. Encounters with neighbours, current developments of concepts based on recurrence plots and their applications. [Dissertação]. Denmark: Institut fur Physik und Astronomie; 2003.
21. Marwan N, Kurths J. Line structures in recurrence plots. *Phys Lett A* 2005; 336(4/5):349-57.
22. Marwan N, Kurths J. Nonlinear analysis of bivariate data with cross recurrence plots. *PhysLett A* 2002; 302(5/6):299-307.
23. Facchini A, Mocenni C, Marwan N, Vicino A, Tiezzi E. Nonlinear time series analysis of dissolved in the Orbetello Lagoon (Italy). *Ecol Model* 2007; 203(3/4):339-48.
24. Gao J, Cai H. On the structures and quantification of recurrence plots. *Phys Lett A* 2000; 270(1/2):75-87.

25. Webber Jr CL, Zbilut JP. Dynamical assessment of physiological systems and states using recurrence plot strategies. *J Appl Physiol* 1994; 76(2):965-73.
26. Pereira GA. Análise do índice da BOVESPA pelos métodos gráficos de recorrência [dissertação]. Ponta Grossa (PR): Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2008.
27. Cross Recurrence Plot toolbox 5.15 (R28.6). Disponível em: <http://www.agnld.uni-potsdam.de/~marwan/toolbox>. Acessado em: 21/06/2010.
28. Webber Jr CL. Recurrence quantification analysis (RQA). Software 9.1 [programa de computador]; [aproximadamente 4 p.]. Disponível em: <http://homepages.luc.edu/~cwebber/>. Acessado em: 09/01/2009.
29. Hegger R, Kantz H, Schreiber T. TISEAN 3.01. Disponível em: <http://www.mpipks-dresden.mpg.de/~tisean/>. Acessado em: 05/05/2010.
30. Visual Recurrence Analysis 4.9. [programa de computador]. Disponível em: <http://nonlinear.110mb.com/vra/>. Acessado em: 09/01/2009.
31. Antoniou A, Vorlow CE. Recurrence plots and financial time series analysis. *Neural Netw World*. 2000; 10(1/2):131-45.
32. Chelidze T, Matcharashvili T. Electromagnetic control of earthquake dynamics? *Comput Geosci* 2003; 29(5):587-93.
33. Altizier S, Dobson A, Hosseini P, Hudson P, Pascual M, Rohani P. Seasonality and the dynamics of infectious diseases. *Ecol Lett*. 2006; 9(4):467-84.

34. Alexander ME, Moghadas SM. Periodicity in an epidemic model – with a generalized non-linear incidence. *Math Biosci* 2004; 189(1):75-96.
35. Trottier H, Philippe P. Deterministic modeling of infectious diseases: theory and methods. *Internet J Infect Dis* 2001; 1(1). Disponível em: [http://www.ispub.com/journal/the\\_internet\\_journal\\_of\\_infectious\\_diseases/volume\\_1\\_number\\_2\\_29/article/deterministic\\_modeling\\_of\\_infectious\\_diseases\\_theory\\_and\\_methods/page/2.html#h1-0](http://www.ispub.com/journal/the_internet_journal_of_infectious_diseases/volume_1_number_2_29/article/deterministic_modeling_of_infectious_diseases_theory_and_methods/page/2.html#h1-0). Acessado em: 05/02/2009.
36. Brundtland GH. As doenças cardiovasculares estão em ascensão. ATLAS Corações Brasil. Disponível em: [http://www.saude.sp.gov.br/CEF92C24-26B6-43DE-82EF-334F30A89147/FinalDownload/DownloadId-365CEC03E21F66F3366AEE75F357CC55/CEF92C24-26B6-43DE-82EF-34F30A89147/resources/profissional/aceso\\_rapido/gtae/saude\\_pessoa\\_idosa/atlas\\_190\\_.pdf](http://www.saude.sp.gov.br/CEF92C24-26B6-43DE-82EF-334F30A89147/FinalDownload/DownloadId-365CEC03E21F66F3366AEE75F357CC55/CEF92C24-26B6-43DE-82EF-34F30A89147/resources/profissional/aceso_rapido/gtae/saude_pessoa_idosa/atlas_190_.pdf). Acessado em: 10/01/2009.
37. Piskorski J, Guzik P. Filtering Poincaré plots. *Comput Methods Sc Technol* 2005; 11(1):39-48.
38. Vanderlei LCM, *et al.* Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2009; 24(2): 205-217.
39. Godoy MF, Takakura IT, Correa PR. Relevância da análise do comportamento dinâmico não linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. *Arq Ciênc Saúde* 2005; 12(4):167-71.

40. Tulppo MP, Timo HM, Tapio S, Raija TL, Heikki VH. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol* 1998; 274(43): H424–H429.
41. Carvalho TD. Análise de índices lineares e não lineares de variabilidade da frequência cardíaca de portadores de doença obstrutiva crônica. [Dissertação]. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista; 2009.
42. Vanderlei LCM, Pastre CM, Freitas Júnior IF, Godoy MF. *Arq Bras Cardiol* 2010; 95(1):35-40.
43. Biosignal Analysis and Medical Imaging Group. Kubios HRV Analysis Software. Disponível em: <http://kubios.uku.fi/>. Acessado em: 03/05/2010.
44. Autodesk. Software Computer Aided Design. Disponível em: <http://usa.autodesk.com/Audocadhttp>. Acessado em: 03/10/2010.
45. Silva SM, Almeida SB, Lima OAT, Guimarães GMN, Silva ACC, Soares AF. Fatores de risco para as complicações após apendicectomias em adultos. *Rev Bras Coloproct* 2007; 27(1):31-6.
46. Shelton T, McKinlay R, Schwartz RW. Acute appendicitis: current diagnosis and treatment. *Curr Surg* 2003; 60(5):502-5.
47. Gallerani M, Boari B, Anania G, Cavallesco G, Manfredini R. Seasonal variation in onset of acute appendicitis. *Clin Ter* 2006; 157(2):123-7.
48. Almeida MWR, João AT, Oliveira FS, Mattos HC, Silva AR, Silva MCGB. Age influence in hospital stay length and acute apendicitis evolution grade. *Rev Col Bras Cir* 2006; 33(5):294-7.

49. Barreto ML, Carmo EH. Patterns of death and disease in the Brazilian population: renewed challenges for the National Health System (SUS). *Ciênc Saúde Col* 2007; 12(Sup):1779-90.
50. Coura JR. Infecção e doença infecciosa. In: Coura JR, editor. *Dinâmicas das doenças infecciosas e parasitárias*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005. p. 3-6.
51. Pereira MG. Saúde e doença. In: Pereira MG, editor. *Epidemiologia: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2006. p. 30-48.
52. Araújo MG. Hanseníase no Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop* 2003; 36(3):373-82.
53. Equipe Técnica da Divisão de Doenças de Transmissão Respiratória/CVE/CCD/SES-SP. O que você precisa saber sobre meningite. Disponível em: [ftp://ftp.cve.saude.sp.gov.br/doc\\_tec/RESP/MENI\\_SOBRE.pdf](ftp://ftp.cve.saude.sp.gov.br/doc_tec/RESP/MENI_SOBRE.pdf). Acessado em: 06/10/2009.
54. Glenn L, Robins HI. A história natural e a biologia do câncer. In: Pollock RE, editor. *Manual de oncologia clínica*. 8ª ed. São Paulo: Fundação Oncocentro de São Paulo; 2006. p. 1-17.
55. Anand P, Kunnumakkara AB, Sundaram C, Harikumar KB, Tharakan ST, Lai OS, *et al*. Cancer is a preventable disease that requires major lifestyle changes. *Pharm Res* 2008; 25(9):2097-116.
56. Pisani P, Bray F, Parkin DM. Estimates of the world-wide prevalence of cancer for 25 sites in the adult population. *Int J Cancer* 2002; 97(1):72-81

57. Boing AF, Vargas SAL, Boing AC. A carga das neoplasias no Brasil: mortalidade e morbidade hospitalar entre 2002-2004. *Rev Assoc Med Bras* 2007; 53(4):317-22.
58. Garófolo A, Avesani CM, Camargo KG, Barros ME, Silva SRJ, Carrazedo JAA, *et al.* Dieta e câncer: um enfoque epidemiológico. *Rev Nutr* 2004; 17(4):491-505.
59. Guerra MR, Moura Gallo CV, Mendonça GAS. Risco de câncer no Brasil: tendências e estudos epidemiológicos mais recentes. *Rev Bras Cancerol* 2005; 51(3):227-34.
60. Godoy MF, Lucena JM, Miquelin AR, Paiva FF, Oliveira DLQ, Augustin Jr JL, *et al.* Mortalidade por doenças cardiovasculares e níveis socioeconômicos na população de São José do Rio Preto, Estado de São Paulo, Brasil. *Arq Bras Cardiol* 2007; 88(2):200-6.
61. Porto CC, Rassi S. Coração: noções de anatomia e fisiologia. In: Porto CC, editor. *Semiologia médica*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001. p. 421-30.
62. Décima Revisão da Classificação Internacional de Doenças e de Problemas Relacionados à saúde (CID10). Disponível em: [www.datasus.gov.br/cid10/v2008/cid10htm](http://www.datasus.gov.br/cid10/v2008/cid10htm). Acessado em: 08/02/2008.
63. Centro de Vigilância Epidemiológica. Portaria CVE Nº 1/2009, de Jan. 6, 2009. Semana epidemiológica de 1997 a 2002. Disponível em: [http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/NIVE/se\\_2009.htm](http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/NIVE/se_2009.htm). Acessado em: 08/09/2009.

- 
64. Aparicio T, Pozo EF, Saura D. Detecting determinism using recurrence quantification analysis: three test procedures. *J Economic Behavior Org* 2008; 65:768-87.
  65. Fabretti A, Ausloos M. Recurrence plot and recurrence quantification analysis techniques for detecting a critical regime. Examples from financial market indices; *Int J Mod Phys C* 2005; 16(5):671-706.
  66. Figueredo RM, Leite C. As praticas de precauções/isolamento a partir do diagnóstico de internação em unidade de moléstias infecciosas. *Rev Eletr Enf* [online]. 2006. Disponível em: <http://www.revenf.bvs.br/pdf/ree/v8n3/v8n3a06.pdf>. Acessado em: 03/05/2010.
  67. Perrechi MCT, Ribeiro SA. Tuberculosis treatment: integration between hospitals and public health care clinics in the city of São Paulo, Brazil. *J Bras Pneumol* [online]. 2009;35(11):1100-6.
  68. Mafra AA. Impacto das doenças infecciosas nas internações em hospital público da região metropolitana de Belo Horizonte, MG, Brasil. [Dissertação]. Belo Horizonte: Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais; 2007.
  69. Bittencourt SA, Camacho LAB, Leal MC. O sistema de informação hospitalar e sua aplicação na saúde coletiva. *Cad Saúde Públ* 2006; 22(1):19-30.
  70. Lorenz EN. Essence-Chaos. Disponível em: [http://www.amazon.com/Essence-Chaos-Jessie-john-Lecture/dp/029597514#reader\\_029575148](http://www.amazon.com/Essence-Chaos-Jessie-john-Lecture/dp/029597514#reader_029575148). Acessado em: 15/01/2010.
  71. Recco DC, Luiz CB, Pinto MH. O cuidado prestado ao paciente portador de doença oncológica: na visão de um grupo de enfermeiras de um hospital de

grande porte do interior do estado de São Paulo. *Arq Ciênc Saúde* 2005; 12(2):85-90.

72. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Instituto Nacional de Câncer. Coordenação de Prevenção e Vigilância de Câncer. Estimativas 2008: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2007.
73. Vianna AD, Bosi FM. Impacto econômico do tratamento da cardiopatia isquêmica crônica no Brasil: o desafio da incorporação de novas tecnologias cardiovasculares. *Arq Bras Cardiol* 2005; 85(1):1-2.
74. Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre angioplastia transluminal coronária. *Arq Bras Cardiol* 1995; 64(5):491-500.
75. Portaria SAS Nº. 721. (Set 28, 2006). Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2006/PT-721.htm>.  
Acessado em: 08/09/2009.