

## Calculando Pressão Arterial Diastólica utilizando distribuição Normal com máxima exatidão

MAURÍCIO DORNELES CALDEIRA BALBONI<sup>1</sup>; LUCAS M. TORTELLI<sup>2</sup>; MARILINI LORINI; ALICE FONSECA FINGER<sup>3</sup>; ALINE BRUM LORETO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – mdcbalboni@inf.ufpel.edu.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – {lmtortelli,mlorini}@inf.ufpel.edu.br

<sup>3</sup>Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – alicefinger@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – aline.loreto@inf.ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

No estudo das variáveis aleatórias contínuas sobre o conjunto dos números reais, IR, um dos problemas é o cálculo de probabilidades, visto que é necessário resolver uma integral definida da função densidade que, na maioria das vezes, não possui primitiva explícita ou cuja primitiva não é simples de se obter. A função densidade de probabilidade com distribuição Normal não possui primitiva explícita, neste caso métodos de integração numérica podem ser empregados para calcular integrais e gerar tabelas de probabilidade (SANTOS,2010).

A análise intervalar surgiu com o objetivo de diminuir erros numéricos gerados em procedimentos computacionais. Na matemática intervalar o valor real  $x$  é aproximado por um intervalo  $X$  que possui limites inferior  $\underline{x}$  e limite superior  $\bar{x}$ , de forma que o intervalo contenha  $x$  (RATSCHEK, 1988).

Quando se trabalha com números de ponto flutuante o resultado obtido é apenas uma aproximação de um valor real porque erros são gerados por arredondamentos ou por algoritmos instáveis, levando algumas vezes a resultados incorretos.

O presente trabalho tem como objetivo calcular a Pressão Arterial Diastólica utilizando a distribuição Normal. Para realização dos cálculos com entradas reais utiliza-se o método 1/3 de Simpson e com entradas intervalares é aplicado o Método de Simpson Intervalar definido por CAPRANI et.al (CAPRANI,2002), e será verificado a qualidade do intervalo solução.

### 2. METODOLOGIA

Cálculos numéricos em computadores devem ser realizados por meio das linguagens ou bibliotecas que tenham definidos o tipo intervalo e as operações sobre o tipo, usualmente denominadas de linguagens XSC (*eXtended for Scientific Computation*) (KLATTE, 1993).

Existem diversas bibliotecas computacionais para matemática intervalar, e a escolhida para implementação dos resultados foi a IntPy, mais detalhes sobre os critérios utilizados para a escolha da linguagem é encontrado em BALBONI et.al (BALBONI,2014).

O método de Simpson Intervalar (CAPRANI, 2002) é uma extensão intervalar do método de Simpson real (RUGGIERO,1996). O método na forma intervalar é fundamentado na propriedade aditiva da integral definida e no teorema do valor médio para integrais (FINGER, 2014).

A distribuição Normal é uma das mais importantes distribuições contínuas de probabilidade, pois muitos fenômenos aleatórios comportam-se de maneira similar a essa distribuição. Possui os parâmetros  $\mu$ , e  $\sigma$  referentes a média e variância, respectivamente.

Uma aplicação importante para a probabilidade com distribuição Normal, por exemplo, é o cálculo da probabilidade de uma população estar entre os limites aceitáveis (abaixo de 80 mmHg) da pressão sanguínea diastólica.

A pressão arterial consiste na força por unidade de área (tendo mmHg como unidade de medida) que o próprio sangue, depois de bombeado pelo músculo cardíaco, exerce sobre as paredes dos vasos sanguíneos enquanto percorre cada milímetro do corpo, garantindo assim que todo ele receberá o sangue. É indispensável que todo o organismo seja bombeado pelo sangue, pois sem isto este vai ficar sem circulação, podendo ter algumas zonas do corpo sem reação, ou mesmo dormentes.

Essa pressão é medida em dois tipos, a pressão arterial sistólica e a pressão arterial diastólica devido a pressão arterial sofrer algumas oscilações ao longo do seu caminho por todo o corpo (RASPANTI, 1999).

Na pressão arterial diastólica normalmente o valor é conhecido como a pressão arterial mínima, correspondente ao momento em que o ventrículo esquerdo volta a encher-se para retomar todo o processo da circulação. Essa pressão é considerada alta se estiver a maior parte do tempo acima de 90 mmHg e é considerada normal se estiver a maior parte do tempo abaixo de 80 mmHg (citar pressão).

Para garantir a qualidade do intervalo solução utilizam-se duas medidas de erros, sendo elas:

- Erro Absoluto:  $|x - m(X)| < w(X)/2$  onde  $m(X)$  é o ponto médio do intervalo  $X$  e  $w(X) = |\bar{x} - \underline{x}|$  é o diâmetro do intervalo  $X$ ;

- Erro Relativo:  $\left| \frac{x - m(X)}{x} \right| \leq \frac{w(X)}{2 \min |X|}$  se  $0 \notin X$ , onde  $|X| = \{x \in X\}$ .

Para todas as simulações foi utilizado o mesmo computador com as seguintes configurações: processador Intel® Core™ i7-2600 CPU @ 3.40GHz x 8, L1 Cache 64Kb, L2 Cache 512Kb, L3 Cache 8Mb, Memória RAM de 8GB DDR3 1333MHz, armazenamento HD Sata 755,7 GB modelo ATA Samsung HD502HJ, placa grafica GeForce GTX 560/PCIe/SSE2, sistema operacional Linux Ubuntu 13.10.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por exemplo, deseja-se calcular qual a probabilidade de que uma mulher adulta tenha pressão sanguínea diastólica entre 30 e 60 mmHg, 60 e 90 mmHg e 90 até 120 mmHg, sabendo que a pressão sanguínea de mulheres entre 18 e 74 anos é normalmente distribuída com média 77 mmHg e desvio padrão de 11,6 mmHg. Considerando os intervalos com uma precisão de 0,01 casas decimais e utilizando um sistema de ponto flutuante F(10, 3, -10, 10) (ou com três casas decimais) tem-se os seguintes resultados na Tabela 1.

O valor real foi obtido utilizando o método de Simpson, e o resultado com entradas intervalares, foram obtidos pelo método de Caprani.

Na tabela 1 encontram-se os resultados reais e intervalares para a pressão diastólica.

**Tabela 1. Resultados do Valor Real e Intervalar**

Exemplo	Valor Real	Valor Intervalar
30 mmHg e 60 mmHg	0,071	[0,061 ; 0,081]
60 mmHg e 90 mmHg	0,797	[0,787 ; 0,807]

90 mmHg e 120 mmHg

0,131

[0,121 ; 0,141]

Na tabela 2 encontram-se as medidas de qualidade do intervalo solução, para as medidas de Erro Absoluto e Erro Relativo.

**Tabela 2. Resultados do Erro Absoluto e Erro Relativo**

Exemplo	Erro Absoluto	Erro Relativo
30 mmHg e 60 mmHg	$1,38777878078 \times 10^{-17} < 0,01$	$1,9546180011 \times 10^{-16} \leq 0,16393442623$
60 mmHg e 90 mmHg	$0,0 < 0,01$	$0,0 \leq 0,012706480305$
90 mmHg e 120 mmHg	$0,0 < 0,01$	$0,0 \leq 0,0826446280992$

Com base nas análises de qualidade do intervalo na Tabela 2, verifica-se que a utilização da probabilidade intervalar apresentou uma exatidão maior, minimizando os erros gerados pela probabilidade real, possibilitando a utilização da probabilidade intervalar em diversas aplicações de forma mais confiável.

#### 4. CONCLUSÕES

Verificar a probabilidade de uma população estar entre os limites aceitáveis (abaixo de 80 mmHg) da pressão sanguínea diastólica é fundamental para que os órgãos de saúde adotem estratégias para tratamento e prevenção de problemas cardíacos, entre outros.

Calcular esta probabilidade com exatidão máxima, através da utilização da matemática intervalar, é de suma importância porque os resultados carregam a incerteza.

Com o sistema de ponto flutuante  $F(10, 3, -10, 10)$  (ou com três casas decimais) verifica-se, através das medidas de erros (absoluto e relativo), a qualidade do intervalo solução.

Pretende-se, em um trabalho futuro, desenvolver uma biblioteca de probabilidade e estatística intervalar.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KLATTE, R, KULISCH, U., WIETHOFF, A., LAWOW, C., RAUCH, M. **C-XSC - A C++ Class Library for Extended Scientific Computing**. Springer-Verlag, Heidelberg, 1993.

RATSCHEK, H.; ROKNE, J. **New Computer Methods for Global Optimization**. Ellis Horwood, 1988.

BALBONI, M. D. C.; Tortelli, L. M.; Lorini, M.; Furlan, V. S.; Finger, A. F.; Loreto, A. B, "Critérios para Análise e Escolha de Ambientes Intervalares". Revista Jr de Iniciação Científica em Ciências Exatas e Engenharia, Rio Grande - RS, n.7, 2014.

FINGER, Alice Fonseca. Extensão Intervalar para as variáveis Aleatórias com Distribuições Uniforme, Normal, Gama, Exponencial e Pareto. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência da computação) - Programa de Pós-Graduação em computação, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

CAPRANI KAJ MADSEN OLE , H. B. N. Introduction to interval analysis. IMM -

Informatics and Mathematical Modelling, [S.l.], 2002.

RUGGIERO, M.A.G. Cálculo Numérico, aspectos teóricos e computacionais, 2ed, São Paulo, Pearson Makron Books, 1996.

RASPANTI, O.E Medida Correta da Pressão Arterial(1999), Disponível em: <http://www.eerp.usp.br/ope/manual.htm>.  
Acessado em 10 de fevereiro de 2014.

SANTOS, M. G. Probabilidades Autovalidáveis para as Variáveis Aleatórias Exponencial, Normal e Uniforme. Tese, Doutorado em Matemática Computacional. 2010. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife.