



O USO DA MODELAGEM MATEMÁTICA NA ANÁLISE DO NÚMERO DE MORTES POR DOENÇAS CARDIOVASCULARES NO BRASIL

Marina Cunha Ferreira
Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP
marina.pvai.mf@gmail.com

Leandro de Paula Ribeiro Pereira
Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP
leandrorpereira27@gmail.com

Ingrid Rodrigues Pimentel
Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP
ingridr_pimentel@hotmail.com

Bárbara Nivalda Palharini Alvim Sousa
Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP
barbara.palharini@uenp.edu.br

Resumo: Este artigo relata o desenvolvimento de uma atividade de modelagem matemática na disciplina de Equações Diferencial Ordinária (EDO), de um curso de Licenciatura em Matemática. O objetivo do trabalho é analisar as causas das mortes por doenças cardiovasculares no Brasil por meio de conceitos matemáticos. Por meio de uma coleta dos dados no site da Sociedade Brasileira de Cardiologia foi possível desenvolver um modelo matemático levando em conta a população brasileira e o número de mortes por doença cardiovasculares. O uso de equações diferenciais ordinárias de primeira ordem possibilitou a análise do crescimento do número de doenças em razão da população e colaborou com a formação acadêmica dos alunos, bem como com a possibilidade de articulação dos conteúdos do Ensino Superior com os conteúdos matemáticos da Educação Básica, como funções exponenciais.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Equações Diferencial Ordinária. Doença Cardiovasculares.

INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta um relato de experiência de uma atividade de modelagem matemática desenvolvida por três alunos na disciplina de Equações Diferenciais Ordinárias de um curso de Licenciatura Plena em Matemática no ano de 2018.

Assumimos o entendimento da modelagem matemática de Almeida, Silva e Vertuan (2012) que consideram que a modelagem matemática pode possibilitar que questões do dia a dia dos sujeitos e da realidade de quem as investiga possam ser resolvidas por meio da

Matemática. Estes autores consideram, ainda, que uma atividade de modelagem matemática pode ser desenvolvida de acordo com o tema de interesse dos modeladores, como neste artigo.

Os autores Almeida, Silva e Vertuan (2012) também destacam que a interação é algo essencial em sala, e por meio da atividade de modelagem ocorre a colaboração e cooperação entre os alunos e assim possibilita a construção de conhecimento.

Uma atividade de modelagem matemática, segundo Almeida, Silva e Vertuan (2012, p.15), “inicia-se em uma situação problemática a sua origem e tem como característica essencial a possibilidade de abarcar a cotidianidade ou a relação com aspectos externos à Matemática”. Deste modo, uma atividade de modelagem tem-se uma situação inicial e uma situação final, e neste caminhar os alunos passam pelas fases das atividades de modelagem se dão por: *Interação, Matematização, Resolução, Interpretação de resultados e Validação*. De acordo com os autores: Almeida, Silva e Vertuan (2012, p. 15-16) são:

Inteiração: [...] essa etapa representa o primeiro contato com essa situação-problema que se pretende estudar com a finalidade de conhecer as características e especificidades da situação. A inteiração conduz a formulação do problema e a definição de metas para sua resolução. [...].

Matematização: [...] é caracterizada por matematização, considerando esses processos de transição de linguagens, de visualização e de uso de símbolos para realizar descrições matemáticas. Essas descrições são realizadas a partir de formulação de hipóteses, seleção de variáveis e simplificações em relação às informações e ao problema definido na fase de inteiração [...].

Resolução: Esta fase consiste na construção de um modelo matemático com a finalidade de descrever a situação, permitir a análise dos aspectos relevantes da situação, responder as perguntas formuladas sobre o problema a ser investigado na situação e até mesmo, em alguns casos, viabilizar a realização de previsões para o problema em estudo.

Interpretação de Resultados e Validação: A interpretação dos resultados indicados pelo modelo implica a análise de uma resposta para o problema. A análise da resposta constitui um processo avaliativo realizado pelos envolvidos na atividade e implica uma validação da representação matemática associada ao problema, considerando tanto os procedimentos matemáticos quanto à adequação da representação para a situação [...]. (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012, p.15-16).

O tema escolhido para o grupo para o desenvolvimento da atividade está associado ao número de pessoas que morrem por causa de doenças cardiovasculares, em particular, no contexto da população brasileira. De modo geral, a cada ano o número de mortes de pessoas por doenças do coração e vasos sanguíneos tem resultado em números alarmantes para o nosso país, e por isso acredita-se que é necessário que novos hábitos de vida sejam estabelecidos para que essa taxa de mortalidade possa ser reduzida.

Crianças, jovens e adultos de qualquer faixa etária podem ser atingidas por doenças pertencentes a esse grupo, e cada uma delas apresenta sintomas e condições diferentes na hora de seu desenvolvimento, dessa forma é importante que haja um acompanhamento ao médico para que seja possível sempre estar analisando como se encontra a saúde (BRASIL, 2011).

Desta forma com a finalidade de relatar o primeiro contato com uma atividade desenvolvida na disciplina de Equações Diferencial Ordinárias, definimos o seguinte tema que diz respeito as mortes causadas por doenças cardiovasculares no Brasil, neste contexto apresentamos nosso aporte teórico e entendimento sobre o tema desenvolvido, nossa interação com a atividade, nosso processo de matematização, e nosso tratamento dos dados e a validação da atividade desenvolvida, considerando as fases de Almeida, Silva e Vertuan (2012).

Por fim, detalhamos reflexões do grupo acerca do desenvolvimento da atividade, bem como da articulação com os conceitos de Equações Diferenciais Ordinárias usados na disciplina.

INTEIRAÇÃO COM O TEMA ESCOLHIDO: A PESQUISA TEÓRICA

As doenças cardiovasculares são as principais causas de morte no mundo. No ano de 2015, segundo a Organização Mundial de Saúde¹ (OMS), o número de mortes chegou a praticamente 31% do total de falecimentos que ocorreram em 2015. Essas doenças pertencem a um grupo muito amplo e que para que ocorram existem diversos fatores:

As doenças cardiovasculares são um conjunto de problemas que atingem o coração e os vasos sanguíneos, provocando doenças e graves complicações à saúde da pessoa, como infarto, insuficiência cardíaca, arritmias, AVC ou outros tipos de alterações na circulação de sangue (LIMA, 2018, p.1)

O grupo dessas doenças é composto por doenças como: Doença coronariana², como mostra HOWLETT (2018) que causa o estriamento parcial ou completamente do bombeamento de sangue ao músculo cardíaco; doença cerebrovascular, afeta as regiões dos cérebros devido à quantidade de sangue diminuída ou parcial que chega nele; de acordo com NAVES (2018) doença arterial periférica, que ocorre devido ao endurecimento das artérias, ou estreitamento delas, proporcionado dificuldade para que o sangue seja transportado aos membros inferiores.

Algumas outras doenças deste grupo são: doença cardíaca reumática, causada por uma inflamação desencadeada por meio de uma bactéria, muito comum em adolescentes e crianças; cardiopatia congênita, uma malformação na estrutura do coração e que é apresentada desde o nascimento; trombose venosa profunda e embolia pulmonar podem ocorrer devido à formação de coágulos nas pernas que pode deslocar do coração, ou para o pulmão (LIMA, 2018).

¹ A Organização Mundial de Saúde é uma agência especializada em saúde, fundada em 7 de abril de 1948. A sua sede é em Genebra, na Suíça.

² Coronária: Cada uma das artérias que irrigam o coração. (As coronárias levam ao músculo cardíaco o sangue necessário a seu funcionamento. Seu rompimento parcial ou total pode terminar em enfarte do miocárdio e ocasionar dores de angina do peito.)

De acordo com a OMS³, os países com renda baixa e média são os mais atingidos, devido ao sistema de saúde que não consegue abranger a todos, ou a falta de procura por tratamentos. É possível perceber essas doenças por meio dos diversos sintomas que elas apresentam, o principal fator está associado à dor no peito intensa, falta de ar e inchaço em algumas partes do corpo. Muitos fatores aumentam o risco de ser acometido por uma doença cardiovascular, dessa forma é preciso estar sempre atento aos hábitos que são realizados no nosso dia a dia.

Os principais fatores ambientais modificáveis das DCV são os hábitos alimentares inadequados, o sedentarismo e a obesidade, associados às mudanças no estilo de vida como a cessação do tabagismo e o controle estresse psicoemocional (RIBEIRO et al, 2012, p. 8).

As condições que as pessoas têm vivido hoje são preocupantes, pois devido à falta de tempo muitos acabam optando por uma alimentação rápida que é baseada em comidas que possuem maior teor de sal e gordura entre outras coisas, o que conseqüentemente as leva a um aumento de peso, a prática de exercícios tem se tornado menos comum e o nível de estresse das pessoas tem aumentado consideravelmente. Além dos fatores modificáveis que podem causar essas doenças, existe também aqueles que não são possíveis modificar, como: idade, sexo e genética e que por isso é necessário um acompanhamento com o cardiologista em um período de tempo menor.

Segundo Gomes (2011) para evitar sustos, a melhor conduta é a prevenção, consultas regulares ao médico são essenciais para medir pressão arterial, controle de peso, orientação nutricional, além de avaliação física.

Para a Organização Mundial de Saúde existem alguns fatores que podem ser levados em consideração para que haja um decaimento no número de pessoas que são atingidas pelas doenças cardiovasculares, dentre elas: políticas abrangentes para controle do tabaco; impostos para reduzir a ingestão de alimentos ricos em gorduras, açúcares e sal; construção de vias para caminhada e ciclismo, com o objetivo de aumentar a prática de atividades físicas; estratégias para reduzir o uso nocivo do álcool; fornecimento de refeições saudáveis para crianças no ambiente escolar.

Devido ao grande número de pessoas atingidas é necessário que a população se mobilize e busca uma condição de vida mais saudável para que assim esse número de mortes seja

³BRASIL. OPAS; OMS. **Doenças cardiovasculares.** 2017. Disponível em:<https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5253:doencas-cardiovasculares&Itemid=839>. Acesso em: 30 Jun. 2018.

reduzido, para analisar o fenômeno dados foram coletados acerca do número de mortes, neste momento ocorreu a primeira fase da atividade de modelagem matemática de acordo com Almeida, Silva e Vertuan (2012) a interação.

DA COLETA DE DADOS À FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Para a coleta de dados foi feita uma pesquisa no site da Sociedade Brasileira de Cardiologia, que disponibilizam os números das mortes por doenças cardiovasculares de cada ano. Deste modo para nossas pesquisas optamos por analisar um período de onze anos (Tabela 1).

Tabela 1 – Número de mortes por doenças cardiovasculares por ano.

Ano	Morte por doença cardiovascular
2004	285543
2005	283927
2006	302817
2007	308466
2008	317797
2009	320074
2010	326371
2011	335213
2012	333295
2013	339672
2014	340284

Fonte: Sociedade Brasileira de Cardiologia (2018).

Desta forma formulamos uma situação-problema para investigação.

Situação-Problema: As doenças Cardiovasculares são as principais causas de morte no mundo o que conduz à necessidade de políticas públicas quanto à saúde populacional, neste contexto estamos interessados em *determinar a taxa de crescimento do número de mortes por doença cardiovasculares na última década a partir de um modelo matemático.*

Na sequência trazemos nossa resolução da atividade e a obtenção do modelo matemático de descreve nosso problema de pesquisa, assim como nossas analise.

A FASE DE RESOLUÇÃO: O USO DE PROCEDIMENTOS MATEMÁTICOS PARA A DEDUÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO E RESPOSTA ÀS SITUAÇÕES

Para análise da situação estudada foi necessário a formulação de uma hipótese e definição de variáveis. Neste momento que ocorre a segunda fase da atividade de modelagem matemática segundo Almeida, Silva e Vertuan (2012) a matematização.

Hipótese: considerando que o número de mortes cresce na medida em que a população aumenta é possível dizer que o crescimento de mortes por doenças cardiovasculares cresce geometricamente.

Definição das variáveis:

Variável independente (t): Tempo em anos.

Variável dependente (P): Quantidade de mortes por período de tempo.

Tabela 2 – Número de mortes por doenças cardiovasculares em relação as variáveis auxiliares.

Variável Auxiliar para o tempo	Morte por doença cardiovascular
0	285543
1	283927
2	302817
3	308466
4	317797
5	320074
6	326371
7	335213
8	333295
9	339672
10	340284

Fonte: os autores

A partir da relação de mortes por doenças cardiovasculares em função dos anos plotamos nossos dados da tabela 2 no *software* Excel para analisar o comportamento dos dados (Figura 1).

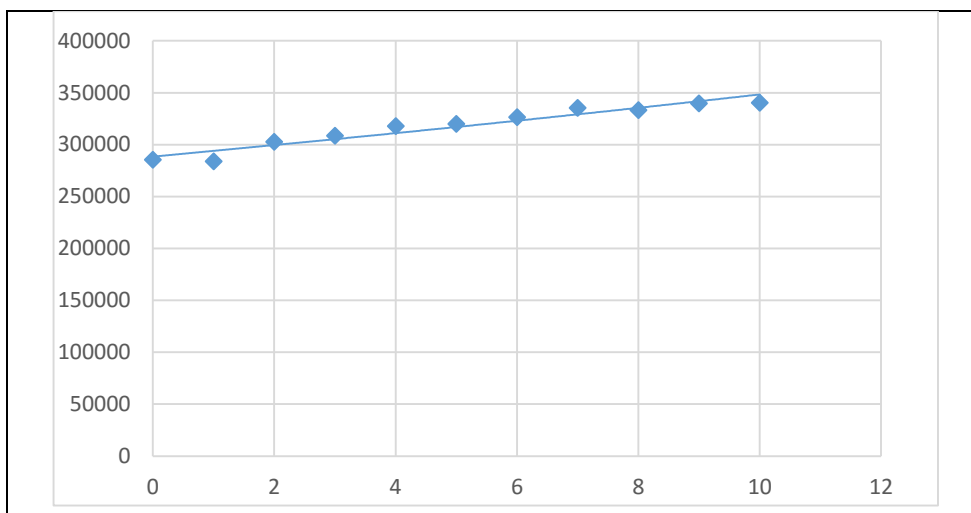


Figura 1 – Dispersão de dados com Linha de Tendência Exponencial
Fonte: os autores

Para ajustar o modelo exponencial por meio do conteúdo de Equações Diferenciais Ordinárias, utilizamos o modelo de crescimento populacional de Malthus (Quadro 1).

Quanto maior for a população presente, maior ela será no futuro. Logo, o modelo para o crescimento populacional é dado pela equação diferencial

$$\frac{dP}{dt} = kP$$

Com k , uma constante de proporcionalidade. Como esperamos que a população cresça devemos ter $\frac{dP}{dt} > 0$, assim $k > 0$.

Quadro 1 – Modelo de crescimento populacional.
Fonte: Zill e Cullen (2001, p. 28).

Desta forma teremos que

$$\frac{dP}{dt} = kP$$

Aplicando integral dos dois lados teremos que

$$\int \frac{dP}{dt} = \int kP$$

$$\ln P = k \cdot t + C$$

$$P = e^{k \cdot t + C}$$

$$P = e^{k \cdot t} \cdot e^C$$

Sabemos que $e^C = A$

$$P(t) = A \cdot e^{k \cdot t}$$

Logo $P(0) = A$, então A é nosso A a população inicial.

A solução de nossa equação diferencial ordinária linear é $P(t) = A \cdot e^{k \cdot t}$.

Para resolver nosso problema, utilizamos a solução da EDO, que é uma função exponencial nesse caso, substituindo os pontos conhecidos, utilizamos o primeiro ponto que é de 2004, mas Para achar a variável auxiliar faz-se uma conta de subtração, que é o ano que se quer subtraído do ano inicial. Exemplo: 2014-2004 = 10, assim para o ano de 2014 minha variável auxiliar é 10. Deste modo: para 2004 temos 2004-2004=0, logo t=0.

$$P(t) = A \cdot e^{k \cdot t}$$

$$285543 = A \cdot e^{k \cdot 0}$$

$$285543 = A \cdot 1$$

Conseguimos chegar em um valor para A.

$$A = 285543$$

Substituindo A na função temos $P(t) = 285543 \cdot e^{k \cdot t}$

Agora utilizaremos o ano de 2014 para achar o valor de k.

Substituindo na função: $P(t) = 285543 \cdot e^{k \cdot t}$ Temos que:

$$P(10) = 285543 \cdot e^{k \cdot 10}$$

$$340284 = 285543 \cdot e^{k \cdot 10}$$

$$\frac{340284}{285543} = e^{k \cdot 10}$$

$$1,191708429 = e^{k \cdot 10}$$

Aplicando o propriedade do Logaritmo.

$$\ln 1,191708429 = \ln e^{k \cdot 10}$$

$$0,175387932 = k \cdot 10$$

$$\frac{0,175387932}{10} = k$$

$$k = 0,017538793$$

Portanto a função exponencial que relaciona a quantidade de mortes por ano, causadas pela doença cardiovascular é dada por:

$$P(t) = 285543 \cdot e^{0,017538793 \cdot t}$$

Desta forma é possível realizar a terceira fase da atividade de modelagem matemática de acordo com Almeida, Silva e Vertuan (2012) que é a resolução.

A validação do modelo matemático pode ser vista por meio da Tabela 3.

Tabela 3 – Validação do modelo matemático.

Variável auxiliar	Morte por doença cardiovascular	Validação

0	285543	285543
1	283927	290595,2553
2	302817	295736,9027
3	308466	300969,524
4	317797	306294,7283
5	320074	311714,1543
6	326371	317229,4689
7	335213	322842,3688
8	333295	328554,5805
9	339672	334369,861
10	340284	340283,999

Fonte: os autores

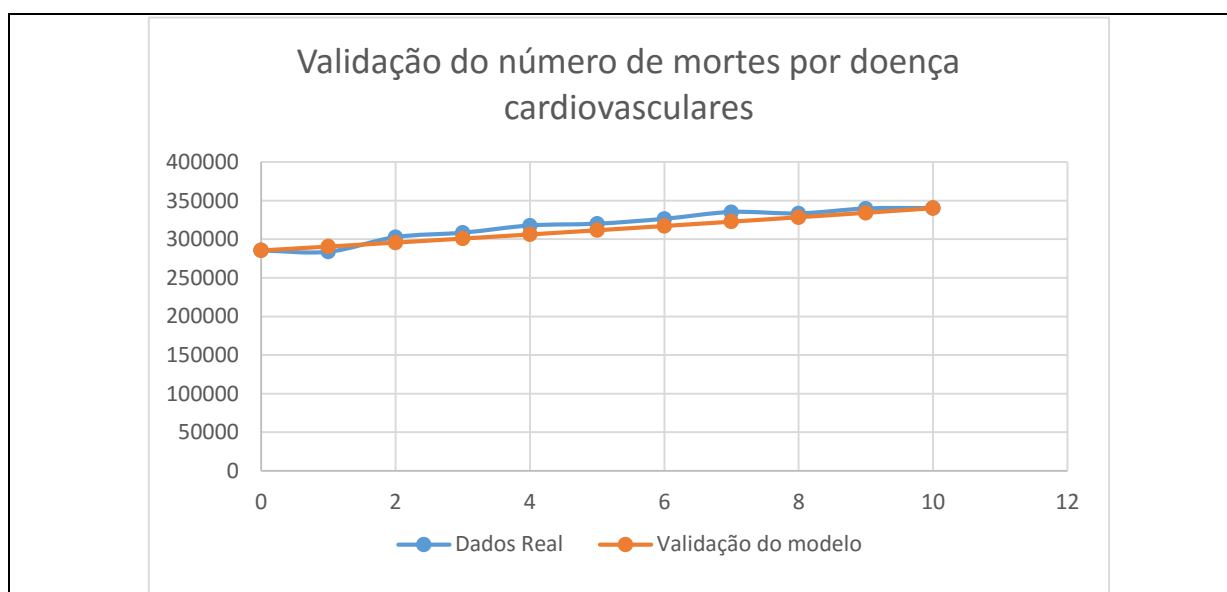


Figura 2 – Validação do modelo em relação as dados reais

Fonte: os autores

Levando em consideração a população brasileira de 2004 e 2010, se em 2004 morreram 285543 pessoas por doenças cardiovasculares e temos os números de habitantes nesse ano, então podemos fazer uma razão onde teremos a quantidade de mortes por pessoa podendo comparar 2004 com 2014.

$$\frac{285.543}{182911.487} = 0,0015611 \text{ mortes por pessoa}$$

Para 2014 – 340.284 mortes.

$$\frac{340.284}{202768.562} = 0,0016782$$

Podemos observar que houve um aumento entre 2004 e 2014 de aproximadamente 0,0001171 mortes por pessoa em relação a população. Deste modo ocorreu a quarta fase da atividade de modelagem matemática, segundo Almeida, Silva e Vertuan (2012) a interpretação dos resultados e validação.

Por meio da atividade foi possível analisar a situação das mortes por doenças cardiovasculares, por meio do conceito de Equações Diferencial Ordinárias, pelo modelo de Malthus, na disciplina do curso de licenciatura em matemática, desta forma conseguimos responder nossas questões iniciais, por meio das fases da atividade de modelagem matemática, expressas por Almeida, Silva e Vertuan (2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a presente pesquisa podemos notar que esse tipo de doença tem se tornado cada vez mais presente em nosso dia a dia, e que tem afetado uma boa parcela da população, com os dados adquiridos observamos que a tendência é aumentar, proporcionalmente em relação ao crescimento populacional.

Para que ocorra uma quedas nos números de morte cabe a nós conscientizarmos, e fazermos nossa parte, começando por nós, indo de encontro com o pensamento de Gomes (2011) indo ao médico regularmente, conferindo pressão arterial, controlando nosso peso indo ao nutricionista e praticando atividades físicas.

As dificuldades encontradas no desenvolvimento da atividade foi em primeiro momento a coleta de dados, conseguir dados que fossem validos.

Os conteúdos de Equações Diferenciais Ordinárias se colocaram como uma das dificuldades no desenvolvimento do artigo, no entanto foi possível usar a atividade de modelagem matemática como um meio para a aprendizagem do conceito de equação diferencial ordinária de primeira ordem, em particular no que tange à aplicação do Modelo de crescimento populacional. Uma articulação com funções exponenciais pode gerar outro modo de resolver a situação-problema delineada na atividade de modelagem matemática, o que conduziria a uma possibilidade de trabalho com a atividade de modelagem matemática para familiarização de alunos do Ensino Médio, por exemplo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem matemática na Educação Básica**. São Paulo: Contexto, 2012.

BRASIL. OPAS; OMS. **Doenças cardiovasculares**. 2017. Disponível em:<https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5253:doencas-cardiovasculares&Itemid=839>. Acesso em: 30 Jun. 2018.

NAVES, B. L. **DOENÇAS arterial periférica** – Sintomas, tratamento e causas. Disponível em:<<https://www.minhavidacom.br/saude/temas/doenca-arterial-periferica>>. Acesso em 30 Jun. 2018.

HOWLETT, J. G.; et al. **Considerações gerais sobre a doença arterial coronariana (DAC)**. Disponível em:<<https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/dist%C3%BArbios-docora%C3%A7%C3%A3o-e-dos-vasos-sangu%C3%ADneos/doen%C3%A7a-arterial-coronariana/considera%C3%A7%C3%B5es-gerais-sobre-a-doen%C3%A7a-arterial-coronariana-dac>>. Acesso em: 29 Jun. 2018.

LIMA, A. L. **O que são doenças cardiovasculares e principais tipos**. Disponível em:<<https://www.tuasaude.com/doencas-cardiovasculares/>>. Acesso em: 29 Jun. 2018.

GOMES, R. C. **Doenças cardiovasculares causam quase 30% das mortes do país**. 2011. Disponível em:<<http://www.brasil.gov.br/editoria/saude/2011/09/doencas-cardiovasculares-causam-quase-30-das-mortes-no-pais>>. Acesso em 28 Jun. 2018.

RIBEIRO, A. G.; COTTA, R. M. M.; RIBEIRO, S. M. R. A promoção da saúde e a prevenção integrada dos fatores de risco para doenças cardiovasculares. **Ciência & Saúde Coletiva**, [online], v. 17, n. 1, p. 7-17, 2012.

SOCIEDADE, Brasileira de Cardiologia. **Morte por doenças cardiovasculares no Brasil**. Disponível em:<<http://www.cardiometro.com.br/antiores.asp>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

ZILL, D. G.; CULLEN, M.R. **Equações diferenciais vol. 1**. 3 ed. São Paulo – SP: Person Makron Books, 2001.