UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA/UFV

MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL

SILIANA FAGUNDES

UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA UTILIZANDO MODELOS EPIDEMICOS

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

F143a
2016

Fagundes, Siliana, 1986-
Uma alternativa para ensino de matemática utilizando modelos epidêmicos / Siliana Fagundes. – Florestal, MG, 2016.
vii, 36f. ; 29 cm.

Orientador: Mehran Sabeti.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.35-36.

1. Matemática - Estudo e ensino. 2. Modelos matemáticos. 3. Abordagem interdisciplinar do conhecimento na educação. 4. Dengue. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Matemática. Programa de Pós-graduação em Matemática. II. Título.

CDD 22. ed. 510.7

SILIANA FAGUNDES

UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA UTILIZANDO MODELOS EPIDÊMICOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

SILIANA FAGUNDES

UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA UTILIZANDO MODELOS EPIDÊMICOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de Fevereiro de 2016.

Prof. Dra. Danielle Franco Nicolau Lara

Prof. Dra. Gilcélia Regiâne de Souza

Mehran Sabeti
(Orientador)

“Sentido” quer dizer caminho não percorrido, mas que se deseja percorrer, portanto, significa projeto, sonho, utopia. Aprender e ensinar com sentido é aprender e ensinar com um sonho na mente.

(Gadotti,2003)

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que iluminou o meu caminho durante essa caminhada e por permitir a realização desse sonho.

A todos os professores que me acompanharam durante o curso, em especial ao Professor Mehran Sabeti, por toda dedicação e empenho na realização desse trabalho.

À minha família, por sua capacidade de acreditar e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi o que deram em alguns momentos a esperança para seguir. Pai, sua presença e disponibilidade significou a certeza que não estou sozinha nessa caminhada.

Ao meu esposo, Vanderson, que de forma especial e carinhosa me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades.

Enfim, aos meus amigos, em especial a Viviane, Carlos, Israel e Leonídia, pelo companheirismo, por terem me ajudado em tudo, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhas.

SUMÁRIO

RESUMO

FAGUNDES, Siliana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2016. **Uma alternativa para o ensino de matemática utilizando modelos epidêmicos**. Orientador: Mehran Sabeti.

Nesta dissertação elaboramos uma proposta de atividade educacional que envolve o ensino de expressões e equações algébricas através de um modelo epidêmico. O trabalho apresenta a contextualização na matemática e a modelagem matemática como ferramentas para o processo ensino/aprendizagem. Neste contexto, apresentamos uma atividade que pode criar condições para uma aprendizagem motivadora que leve a superar o distanciamento entre os conteúdos estudados e a experiência do aluno, estabelecendo relações entre os tópicos estudados e trazendo referências de natureza social. Concluímos citando, alguns conteúdos do ensino médio em que se pode trabalhar com o tema dengue.

ABSTRACT

FAGUNDES, Siliana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2016. **An alternative to the teaching of mathematics using epidemic models**. Advisor: Mehran Sabeti.

In this dissertation we elaborated a proposal for educational activity that involves teaching algebraic equations and expressions through an epidemic model. The work presents the background in mathematics and the mathematical modeling as tools for teaching/learning process. In this context, we present an activity that can create conditions for a motivating learning to take to overcome the gap between the contents and the student experience, establishing relations between the topics studied and bringing social references. We conclude by quoting some content of high school where you can work with the theme of dengue.

INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea está sujeita a rápidas transformações, isso ocorre, principalmente, devido à velocidade da informação promovida pelo avanço tecnológico. Com isso, em um mundo globalizado, as mudanças na forma de pensar podem afetar diretamente a escola. O computador, peça chave da aceleração da informação, apresenta uma estrutura finita e o estudo das estruturas finitas esta a cargo da Matemática Discreta.

Este trabalho tem como principal finalidade mostrar a viabilidade do ensino de tópicos da Matemática Discreta na Educação Básica usando como ferramenta de ensino aprendizagem a Modelagem Matemática. Para isso, além de abordarmos as tendências da Modelagem Matemática no ensino e enfatizarmos a importância da Matemática Discreta, apresentamos um estudo de caso onde uma situação problema é modelada através dos sistemas de equações das diferenças em epidemiologia.

Epidemia é a alteração de uma ou mais características em um número significativo de indivíduos de uma população. Normalmente essas características estão relacionadas à saúde. Consideram-se indivíduos como entidades únicas, por exemplo, os seres humanos, animais e até mesmo máquinas ou computadores. A interação entre os indivíduos e o meio constitui-se em um sistema epidemiológico. A classificação dos indivíduos em estados é a abordagem mais utilizada para estudar os sistemas epidemiológicos. Kermack e McKendrick elaboraram o modelo SIR, que classifica os indivíduos em três estados: suscetíveis, infectados e recuperados. Onde analisaram por meio de sistema de equações diferenciais. Porem neste trabalho discretizamos o modelo em relação ao tempo e analisamos as existência e quantidade das soluções nos sistemas das diferenças.

Este trabalho leva em consideração que modelos discretos podem ser introduzidos nos primeiros anos do ensino médio como motivadores didáticos a partir do momento que são utilizados de maneira apropriada com um menor número de pré-requisitos matemáticos.

De acordo com esse entendimento, o próprio trabalho pode servir de subsidio para professores na abordagem de problemas de modelagem de disciplinas. Apesar de simples, os modelos apresentados buscam contribuir para descrição e análise da epidemia de doença endêmica na uma região limitada.

Para isso dividimos o trabalho em capítulos distribuídos como segue:

No capítulo 1 apresentamos a aplicação e contextualização na matemática, bem como os conceitos da modelagem matemática como estratégia no processo ensino/aprendizagem.

Em seguida, no segundo capítulo, abordamos o conceito de epidemia e fazemos um breve histórico sobre a evolução da dengue, chikungunya e o zica vírus.

Já no capítulo 3, descrevemos os modelos epidemiológicos sem dinâmica vital, citando também doenças que se enquadram em cada modelo.

O capítulo 4 é dedicado a descrição de cada modelo com dinâmica vital, citando o sistema de equações de cada modelo.

E finalmente no capítulo 5, propomos uma atividade sobre expressões e equações algébricas através do modelo epidêmico SI.

CAPÍTULO 1
APLICAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO NA MATEMÁTICA

Segundo LIMA (2004) [16],

> "o ensino de Matemática se apoia em três componentes básicas: Conceituação, Manipulação e Aplicação."

A primeira componente compreende o trabalho usualmente feito pelo professor nas "aulas teóricas", em que as definições e proposições são apresentadas, as fórmulas são (possivelmente) deduzidas, e são estabelecidas as relações dos conceitos com outros já conhecidos pelos alunos. A segunda componente é usualmente realizada através dos chamados "exercícios de fixação", em que o aluno tem a oportunidade de aplicar os conceitos e, principalmente, as fórmulas ensinadas, em uma sequência de situações progressivamente mais complicadas. A terceira componente responsável por realizar a chamada "contextualização", consiste na solução de problemas com enunciados que se referem a situações concretas, com o objetivo de mostrar as interações da Matemática com os diversos domínios do conhecimento.

1.1. RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Segundo PCN's [7],

> "a contextualização é um dos princípios estruturadores do Ensino Médio. Conforme o parecer que acompanha a resolução que estabelece as diretrizes do Ensino Médio, a contextualização evoca áreas, âmbitos e dimensões presentes na vida pessoal, social e cultural (do aluno) e mobiliza competências cognitivas já adquiridas para tratar de novas questões."

Portanto, a estratégia proposta neste trabalho, será a abordagem de um problema voltado para situação real.

Segundo Biembengut [3], há um consenso no que diz respeito ao ensino de matemática de que é preciso voltar-se para a promoção do conhecimento matemático e da habilidade em utilizá-lo. O que significa ir além das simples resoluções de questões matemáticas, muitas vezes sem significado para o aluno. Extrapolar as questões matemáticas pode levá-lo a adquirir uma melhor compreensão tanto da teoria matemática quanto da natureza do problema a ser modelado.

Dessa forma, um caminho para desenvolver esse tipo de trabalho em sala seria a modelagem matemática, para despertar o interesse no aluno pelo conteúdo e fazer com esse aluno tenha a oportunidade de estudar situações-problema, desenvolvendo seu interesse e aguçando o seu senso crítico.

1.2. MODELAGEM MATEMÁTICA

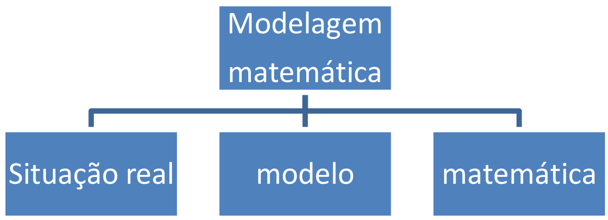
Uma perspectiva apresentada para se trabalhar em Educação Matemática é a modelagem, ainda pouco conhecida e utilizada por professores da Educação Básica.

Segundo Muzzi (2004)[17], citando Banassanezi (2002)[2],

> "modelagem matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real".

Para Araújo (2002)[1], a modelagem se transforma quando é utilizada em ambientes de aprendizagem, sendo seu principal objetivo convidar o aluno a explorar matematicamente situações não-matemáticas, obtendo assim sua formação matemática.

Esquema do processo da modelagem matemática



Biembengut, Maria Sallet. Modelagem Matemática no Ensino. 3ª Ed. –São Paulo: Contexto,2003.

A interação entre a matemática e a realidade, permite representar uma situação "real" com o modelo matemático, envolvendo uma série de procedimentos.

Segundo Biembengut (2003)[3], esses procedimentos podem ser agrupados em três etapas, subdivididas em seis subetapas, a saber:

a) Interação
- Reconhecimento da situação-problema;
- Familiarização com o assunto a ser modelado → referencial teórico.

b) Matematização
- Formulação do problema → hipótese;
- Resolução do problema em termos do modelo.

c) Modelo matemático
- Interpretação da solução;
- Validação do modelo → avaliação.

Se o modelo não atender às necessidades que o geram, o processo deve ser retornado na segunda etapa – matematização – mudando-se ou ajustando-se as hipóteses.

1.3. MODELAGEM MATEMÁTICA COMO MÉTODO DE ENSINO DE MATEMÁTICA

A modelagem matemática no ensino pode ser um caminho para despertar no aluno o interesse por tópicos matemáticos que ele ainda desconhece, ao mesmo tempo que aprende a arte de modelar, matematicamente.

A modelagem matemática norteia-se por desenvolver o conteúdo programático a partir de um *tema* ou modelo matemático e orientar o aluno na realização de seu próprio modelo-modelagem. Pode-se valer desse método de ensino-aprendizagem de Matemática em qualquer nível escolar, das séries iniciais a um curso de pós-graduação.

Os objetivos da Modelagem Matemática são:

- Aproximar uma outra área do conhecimento de matemática;
- Enfatizar a importância da Matemática para a formação do aluno;

- Despertar o interesse pela Matemática ante a aplicabilidade;
- Melhorar a apreensão dos conceitos matemáticos;
- Desenvolver a habilidade para resolver problemas; e
- Estimular a criatividade.

Para Biembengut (2003)[3], pôr em prática esse método, é necessário que se siga os cinco passos:

> **1) Diagnóstico**
> O diagnóstico é um levantamento sobre os alunos: a realidade sócio-econômica, o tempo disponível para realização de trabalho extra-classe e o conhecimento matemático que possuem.
> **2) Escolha de um tema ou modelo matemático**
> Para desenvolver o conteúdo programático utiliza-se de um *tema* (a ser transformado em modelo matemático) único, a cada tópico matemático do programa ou conteúdo de um período letivo (bimestre, trimestre).
> **3) Desenvolvimento do conteúdo programático**
> No desenvolvimento do conteúdo programático o professor segue as mesmas etapas e subetapas do processo de modelagem, isto é:
> - Interação – reconhecimento da situação-problema e familiarização;
> - Matematização – formulação e resolução do problema;
> - Modelo matemático – interpretação e validação.
>
> Acrescenta-se ao processo, na etapa de matematização, o desenvolvimento do conteúdo matemático necessário para a formulação e resolução e a apresentação de exemplos e exercícios análogos para aprimorar a apreensão do conceito pelo aluno.
> **4) Orientação de modelagem**
> Para que se possa orientar e acompanhar os alunos no desenvolvimento do trabalho de modelagem, é necessário um planejamento sobre a inteiração com o assunto, bem como a forma de encaminhamento do mesmo.
> **5) Avaliação do processo**
> O professor deve adotar uma teoria de avaliação que leve em conta dois aspectos principais:
> ✓ Avaliação como o fator de redirecionamento do trabalho do professor;
> ✓ Avaliação para verificar o grau de aprendizado do aluno.

CAPÍTULO 2

EPIDEMIA

Epidemia é a propagação de uma doença infecciosa, que surge rapidamente em determinada localidade ou em grandes regiões e ataca ao mesmo tempo um grande número de pessoas.

Os vírus, bactérias ou outros microrganismos são os responsáveis por provocar as epidemias. Eles se propagam através do ar, da saliva, da água, do sangue ou por meio de animais denominados hospedeiros.

A epidemia é um surto de agravação de uma doença endêmica, ou seja, de uma doença que existe com frequência, em determinado lugar e que rapidamente ataca um grande número de pessoas, virando uma epidemia.

À medida que uma determinada doença se espalha por grande parte de um continente ou mesmo por diversas partes do mundo, ela passa a ser considerada uma pandemia.

2.1. EPIDEMIA NO BRASIL

Quando falamos de epidemias na história do Brasil, a primeira a ser lembrada é a febre amarela. Transmitida pela picada do mosquito *Aedes aegypti,* a febre amarela chegou ao Brasil no século XVII em navios que vinham da África. Os primeiros casos datam de 1685, no Recife, e de 1692, na cidade de Salvador. Durante o século XVIII, não foram relatados casos dessa doença no Brasil. Ela retornou apenas entre 1849 e 1850, na forma de uma grande epidemia, que atingiu quase todo o país. Uma das cidades mais atacadas foi o Rio de Janeiro.

Esse surto epidêmico obrigou o Império a tomar providências que podem ser consideradas de saúde pública. O governo, por meio de um decreto, tentou limpar as cidades purificando o ar. Mas, mesmo assim, a febre amarela continuou a atacar.

O número de vítimas aumentou assustadoramente sendo que, entre 1880 e 1889, foram registrados 9.376 casos.

Até essa época, as teorias sobre a doença eram inúmeras. No Brasil, acreditava-se que o clima, o solo e os ares poderiam ser propícios ao seu surgimento.

A solução para a febre amarela surgiu apenas no final do século XIX, para combater a doença e o mosquito, a cidade do Rio de Janeiro (como já mencionado uma das cidades mais atacadas) foi divida em distritos e foram organizadas as chamadas “brigadas mata–mosquitos”.

As “brigadas” tinham o poder de invadir e isolar qualquer residência suspeita de abrigar focos do mosquito.

. Os doentes eram isolados, e a cidade ficou sob a constante vigilância das autoridades policiais e sanitárias.

A imposição de normas de higiene e a vigilância sobre a cidade e os hábitos da população caracterizam a prática campanhista autoritária.

2.2. BREVE HISTÓRICO

2.2.1. DENGUE NO MUNDO E NO BRASIL

A dengue é uma doença viral transmitida pelo mosquito Aedes aegypti.
O *Aedes aegypti* tem se caracterizado como um inseto de comportamento estritamente urbano, sendo raro encontrar amostras de seus ovos ou larvas em reservatórios de água nas matas. Devido à presença do vetor no ciclo de transmissão da doença, qualquer epidemia de dengue está diretamente relacionada à concentração da densidade do mosquito, ou seja, quanto mais insetos, maior a probabilidade delas ocorrerem. Por isso, é importante conhecer os hábitos do mosquito, a fim de combatê-lo como forma de prevenção da doença.

Figura 2.1. Aedes aegypti em sua fase adulta. Fonte: Site da Dengue [6].

O vírus da dengue apresenta quatro sorotipos, em geral, denominados DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4. Esses também são classificados como arbovírus, ou seja, são normalmente transmitidos por mosquitos.

Os registros sobre as primeiras epidemias de dengue ocorreram em 1779-1780 na Ásia, na África e na América do Norte.

Após a segunda Guerra Mundial, por volta de 1953, passaram a ocorrer surtos de uma febre hemorrágica severa, que futuramente seria identificada como dengue hemorrágica.

Ao longo dos três últimos séculos tem-se registrado a ocorrência da dengue em várias partes do mundo.

No Brasil, os vírus da dengue são transmitidos pela fêmea do mosquito *Aedes aegypti* (quando também infectada pelos vírus) e podem causar tanto a manifestação clássica da doença quanto a forma considerada hemorrágica.

Na região das Américas, a doença tem se disseminado com surtos cíclicos ocorrendo a cada 3/5 anos.

Já no Brasil, a transmissão vem ocorrendo de forma continuada desde 1986, intercalando-se com a ocorrência de epidemias, geralmente associadas com a introdução de novos sorotipos em áreas anteriormente indenes ou alteração do sorotipo predominante. Segundo o Ministério da Saúde o maior surto no Brasil ocorreu em 2013, com aproximadamente 2 milhões de casos notificados. Atualmente, circulam no país os quatro sorotipos da doença.

A dengue é um dos principais problemas de saúde pública no Brasil. Para prevenir e controlar esta doença, principalmente nas médias e grandes cidades aonde vem sendo registrada a maioria de casos de dengue, o Ministério da Saúde, em parceria com as secretarias estaduais e municipais de saúde, está executando o Programa Nacional de Controle da Dengue, que envolve diferentes etapas e ações.

É importante lembrar que, para se reproduzir, o mosquito Aedes aegypti se utiliza de todo tipo de recipientes que as pessoas costumam usar nas atividades do dia a dia – garrafas e embalagens descartáveis, latas, pneus, entre outros. Estes recipientes costumam se juntar a céu aberto, nos quintais das casas, em terrenos baldios e mesmo lixões.

Por essa razão, é preciso que as ações para o controle da dengue exijam não só a participação ativa de diferentes setores da administração pública, mas também a participação efetiva de cada morador na eliminação de criadouros já existentes, ou de possíveis locais para reprodução do mosquito.

E sendo a escola concebida como um espaço privilegiado de construção do saber e de disseminação da informação justifica-se a importância da elaboração e implementação de atividades interdisciplinares envolvendo os alunos sobre essa epidemia.

2.2.2. CHIKUNGUNYA

A Febre Chikungunya é uma doença transmitida pelos mosquitos *Aedes aegypti e Aedes albopictus.* No Brasil, a circulação do vírus foi identificada pela primeira vez em 2014. Chikungunya significa "aqueles que se dobram" em *swahili*, um dos idiomas da Tanzânia. Refere-se à aparência curvada dos pacientes que foram atendidos na primeira epidemia documentada, na Tanzânia, localizada no leste da África, entre 1952 e 1953.

Os principais sintomas são febre alta de início rápido, dores intensas nas articulações dos pés e mãos, além de dedos, tornozelos e pulsos. Pode ocorrer ainda dor de cabeça, dores nos músculos e manchas vermelhas na pele. Não é possível ter chikungunya mais de uma vez. Depois de infectada, a pessoa fica imune pelo resto da vida. Os sintomas iniciam entre dois e doze dias após a picada do mosquito. O mosquito adquire o vírus CHIKV ao picar uma pessoa infectada, durante o período em que o vírus está presente no organismo infectado. Cerca de 30% dos casos não apresentam sintomas.

Não existe vacina ou tratamento específico para Chikungunya. Os sintomas são tratados com medicação para a febre (paracetamol) e as dores articulares (antiinflamatórios). Não é recomendado usar o ácido acetil salicílico (AAS) devido ao risco de hemorragia. Recomenda-se repouso absoluto ao paciente, que deve beber líquidos em abundância.

Assim como a dengue, é fundamental que as pessoas reforcem as medidas de eliminação dos criadouros de mosquitos nas suas casas e na vizinhança. Quando há notificação de caso suspeito, as Secretarias Municipais de Saúde devem adotar ações de eliminação de focos do mosquito nas áreas próximas à residência e ao local de atendimento dos pacientes.

2.2.3. VÍRUS ZICA

O Zica é um vírus transmitido pelo Aedes aegypti e identificado pela primeira vez no Brasil em abril de 2015. O vírus Zica recebeu a mesma denominação do local de origem de sua identificação em 1947, após detecção em macacos sentinelas para monitoramento da febre amarela, na floresta Zica, em Uganda.

Cerca de 80% das pessoas infectadas pelo vírus Zica, não desenvolvem manifestações clínicas.

Os principais sintomas são dor de cabeça, febre baixa, dores leves nas articulações, manchas vermelhas na pele, coceira e vermelhidão nos olhos. Outros sintomas menos frequentes são inchaço no corpo, dor de garganta, tosse e vômitos.

No geral, a evolução da doença é benigna e os sintomas desaparecem espontaneamente após 3 a 7 dias. No entanto, a dor nas articulações pode persistir por aproximadamente um mês. Formas graves e atípicas são raras, mas quando ocorrem podem, excepcionalmente, evoluir para óbito, como identificado no mês de novembro de 2015, pela primeira vez na história.

O principal modo de transmissão descrito do vírus é pela picada do *Aedes aegypti*. Outras possíveis formas de transmissão do vírus Zica precisam ser avaliadas com mais profundidade, com base em estudos científicos. Não há evidências de transmissão do vírus Zica por meio do leite materno, assim como por urina, saliva e sêmen. Conforme estudos aplicados na Polinésia Francesa, não foi identificada a replicação do vírus em amostras do leite, assim como a doença não pode ser classificada como sexualmente transmissível. Também não há descrição de transmissão por saliva.

Não existe tratamento específico para a infecção pelo vírus Zica. Também não há vacina contra o vírus. O tratamento recomendado para os casos sintomáticos é baseado no uso de acetaminofeno (paracetamol) ou dipirona para o controle da febre e manejo da dor. Não se recomenda o uso de ácido acetilsalicílico (AAS) e outros anti-inflamatórios, em função do risco aumentado de complicações hemorrágicas descritas nas infecções por outros flavivírus. Os casos suspeitos devem ser tratados como dengue, devido à sua maior frequência e gravidade conhecida.

2.2.4. VÍRUS ZICA X MICROCEFALIA

Microcefalia é uma malformação congênita, em que o cérebro não se desenvolve de maneira adequada. Neste caso, os bebês nascem com perímetro cefálico (PC) menor que o normal, ou seja, igual ou inferior a 32 cm. Essa malformação congênita pode ser efeito de uma série de fatores de diferentes origens, como substâncias químicas e agentes biológicos (infecciosos), como bactérias, vírus e radiação.

O Ministério da Saúde confirmou a relação entre o vírus Zica e a microcefalia. O Instituto Evandro Chagas, órgão do ministério em Belém (PA), encaminhou o resultado de exames realizados em um bebê, nascida no Ceará, com microcefalia e outras malformações congênitas. Em amostras de sangue e tecidos, foi identificada a presença do vírus Zica.

As investigações sobre o tema, entretanto, continuam em andamento para esclarecer questões como a transmissão desse agente, a sua atuação no organismo humano, a infecção do feto e período de maior vulnerabilidade para a gestante. Em análise inicial, o risco está associado aos primeiros três meses de gravidez. O achado reforça o chamado para uma mobilização nacional para conter o mosquito transmissor, o *Aedes aegypti*, responsável pela disseminação doença.

Após o nascimento do recém-nascido, o primeiro exame físico é rotina nos berçários e deve ser feito em até 24 horas do nascimento. Este período é um dos principais momentos para se realizar busca ativa de possíveis anomalias congênitas. Também é possível diagnosticar a microcefalia no pré-natal. Entretanto, somente o médico que está acompanhando a grávida poderá indicar o método de imagem mais adequado.

Ao nascimento, os bebês com suspeita de microcefalia serão submetidos a exame físico e medição do perímetro cefálico. São considerados microcefálicos os bebês a termo com perímetro cefálico menor de 32 centímetros. Eles serão submetidos a exames neurológicos e de imagem, sendo a Ultrassonografia Transfontanela a primeira opção indicada, e, a tomografia, quando a moleira estiver fechada. Entre os prematuros, são considerados microcefálicos os nascidos com perímetro cefálico menor que dois desvios padrões.

Não há tratamento específico para a microcefalia. Existem ações de suporte que podem auxiliar no desenvolvimento do bebê e da criança, e este acompanhamento é preconizado pelo Sistema Único da Saúde (SUS). Para orientar o atendimento desde o pré-natal até o desenvolvimento da criança com microcefalia, o Ministério da Saúde desenvolveu o *Protocolo de Atenção à Saúde e Resposta à Ocorrência de Microcefalia Relacionada à Infecção pelo Vírus Zica*. O documento prevê a mobilização de gestores, especialistas e profissionais de saúde para promover a identificação precoce e os cuidados especializados da gestante e do bebê.

O Protocolo define também as diretrizes para a estimulação precoce dos nascidos com microcefalia. Todas as crianças com esta malformação congênita confirmada deverão ser inseridas no Programa de Estimulação Precoce, desde o nascimento até os três anos de idade, período em que o cérebro se desenvolve mais rapidamente.

Cerca de 90% das microcefalias estão associadas com retardo mental, exceto nas de origem familiar, que podem ter o desenvolvimento cognitivo normal. O tipo e o nível de gravidade da sequela vão variar caso a caso. Tratamentos realizados desde os primeiros anos melhoram o desenvolvimento e a qualidade de vida.

O Ministério da Saúde e os estados investigam 3.670 casos suspeitos de microcefalia em todo o país. Isso representa 76,7% dos casos notificados. O último informe epidemiológico aponta, também, que 404 casos já tiveram confirmação de microcefalia e/ou outras alterações do sistema nervoso central, sendo que 17 com relação ao vírus Zica. Outros 709 casos notificados já foram descartados. Ao todo, 4.783 casos suspeitos de microcefalia foram registrados até 30 de janeiro. De acordo o informe, os 404 casos confirmados, desde o início das investigações no dia 22 de outubro do ano passado – foram registrados em 156 municípios de nove estados brasileiros: Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul.

Regiões e Unidades Federadas	**Casos de Microcefalia e/ou malformações, sugestivos de infecção congênita**			**Total acumulado de casos notificados de 2015 a 2016**
	Em investigação	**Confirmados**	**Descartados**	
Brasil	**3.670**	**404**	**709**	**4.783**
Alagoas	104	15	66	185
Bahia	508	99	46	653
Ceará	234	7	10	251
Maranhão	132	0	16	148
Paraíba	460	37	253	750

Pernambuco	1.159	153	135	1.447
Piauí	66	27	10	103
Rio Grande do Norte	154	63	15	232
Sergipe	178	0	0	178
Região Nordeste	**2.995**	**401**	**551**	**3.947**
Espírito santo	52	0	0	52
Minas Gerais	21	0	37	58
Rio de Janeiro	196	2	10	208
São Paulo	101	0	25	126
Região Sudeste	**370**	**2**	**72**	**444**
Acre	20	0	0	20
Amapá	Sem registro	Sem registro	Sem registro	Sem registro
Amazonas	Sem registro	Sem registro	Sem registro	Sem registro
Pará	6	0	0	6
Rondônia	1	0	0	1
Roraima	7	0	0	7
Tocantins	84	0	17	101
Região Norte	**118**	**0**	**17**	**135**
Distrito Federal	3	0	12	15
Goiás	69	0	0	69
Mato grosso	111	0	46	157
Mato Grosso do Sul	3	0	1	4
Região Centro-Oeste	**186**	**0**	**59**	**245**
Paraná	1	0	9	10
Santa Catarina	0	0	1	1
Rio Grande do Sul	0	1	0	1
Região Sul	**1**	**1**	**10**	**12**

Fonte: *Ministério da Saúde - Distribuição dos casos notificados de microcefalia por UF, até 30 de janeiro de 2016.

2.3. EPIDEMIOLOGIA MATEMÁTICA

Durante toda história relatos realizados comprovam que sempre existiu uma preocupação em se descobrir as causas de uma epidemia e o que deveria ser feito para controlar a sua propagação.

A epidemiologia consiste em estudar os diferentes fatores que intervêm na difusão e propagação de doenças, sua frequência, seu modo de distribuição, sua evolução e a colocação dos meios necessários a sua prevenção.

A importância de se estudar epidemiologia está diretamente ligada ao fato de se tentar prever o comportamento de uma epidemia e, antecipadamente, adotar sistemas de prevenção para que ela não se alastre e tome proporções fora do controle.

Sendo assim, a epidemiologia matemática descreve quantitativamente o fenômeno, fornece informações epidemiológicas e dados estatísticos sobre os parâmetros envolvidos. Estes parâmetros são obtidos a partir das equações do modelo matemático adotado.

O modelo associado ao processo epidêmico refere-se a uma população T dividida em compartimentos (classes) disjuntas. Temos três compartimentos que refletem o estado em que os indivíduos se encontram no desenvolvimento da doença:

- Suscetíveis: pessoas que não possuem imunidade contra o agente infeccioso, assim sendo expostas podem sem infectadas com facilidade.
- Infecciosas: pessoas que estão infectadas e podem transmitir a infecção para indivíduos suscetíveis.
- Recuperados: pessoas que são imunes à infecção e, consequentemente não afetam de nenhuma forma a dinâmica de transmissão da doença.

Vamos utilizar $S, I\ e\ R,$ para determinar o número de indivíduos de cada um dos três compartimentos.

A quantidade de indivíduos de cada compartimento na população total, variam com o tempo e serão determinadas por:

$$S(t) = S_t, I(t) = I_t \ e \ R(t) = R_t.$$

Assim a quantidade de indivíduos da população total no instante t é dado por:

$$T(t) = S_t + I_t + R_t, \square t \geq 0.$$

CAPÍTULO 3

DESCRIÇÃO DOS MODELOS EPIDEMIOLÓGICOS

3.1. MODELO SI – SUSCETÍVEL E INFECTADO

O modelo SI é utilizado quando as doenças em questão não permitem a cura do indivíduo. Nesses casos os indivíduos infectados não voltam a ser suscetíveis, não se recuperam da infecção e tão pouco adquirem imunidade, pois permanecem infectados ao longo de sua vida. Um caso típico de doença que pode ser representado por esse modelo é a AIDS, causada por agente viral.

O esquema compartimental abaixo representa o modelo SI (sem dinâmica vital):

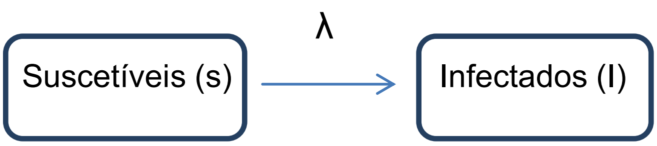


Figura 3.1. Esquema com compartimentos de uma epidemia (Modelo SI)

Onde :

λ é a taxa de transmissão dos indivíduos suscetíveis para infectados (taxa de infecção) que é proporcional com o número de contato.

3.2. MODELO SIS – (SUSCETÍVEL – INFECTADO- SUSCETÍVEL)

O modelo SIS é utilizado quando o indivíduo passa um período de tempo infectado e, logo após tornam-se novamente suscetível, já que a doença não confere imunidade. Um dos casos de doença que podem ser representado por esse modelo é a dengue, causada por agente protozoário.

O esquema compartimental abaixo representa o modelo SIS (sem dinâmica vital):

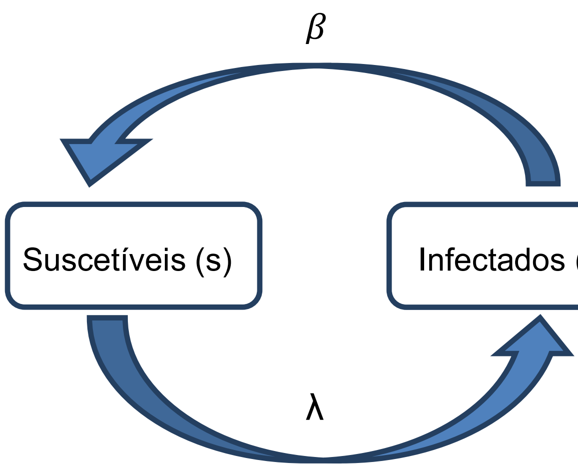


Figura 3.2; Esquema com compartimentos de uma epidemia (Modelo SIS)

Onde:

λ é a taxa de transmissão dos indivíduos suscetíveis para infectados (taxa de infecção).

β é a taxa de recuperação ou remoção dos indivíduos infectados (sem imunidade).

3.3. MODELO SIR (SUSCETÍVEL-INFECTADO-RECUPERADO)

O modelo SIR possui além das classes, suscetível e infectado, a classe dos indivíduos recuperados, ou seja, aqueles que adquirem imunidade à doença. Dessa forma, os indivíduos que são infectados ou se recuperam ou morrem. As doenças que podem ser representadas por esse modelo são doenças causadas por agente viral que ocorrem com maior frequência na infância, como Rubéola, Sarampo e Caxumba.

O esquema compartimental abaixo representa o modelo SIR (sem dinâmica vital):

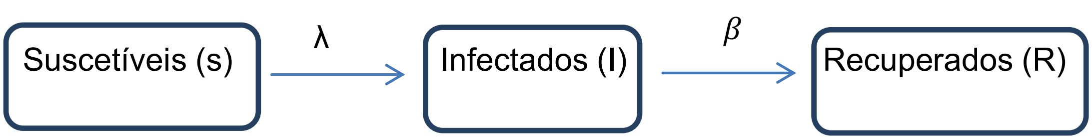


Figura 3.3. Esquema com compartimentos de uma epidemia (Modelo SIR)

Onde:

λ é a taxa de transmissão dos indivíduos suscetíveis para infectados (taxa de infecção).

β é a taxa de recuperação ou remoção dos indivíduos infectados.

CAPÍTULO 4

DESCRIÇÃO DOS MODELOS EPIDEMOLÓGICOS COM DINÂMICA VITAL

4.1. O MODELO SI

Como já mencionado no capítulo anterior, o modelo SI é utilizado quando a o indivíduo permanece infectado para o resto de sua vida.

Consideremos as seguintes hipóteses:

$i)$Todos os indivíduos nascem suscetíveis.

$ii)$ Tamanho da população constante (taxa de natalidade igual a taxa de mortalidade).

$iii)$ Não existe a recuperação na classe de infectados, ou seja, não existe a passagem de infectados para suscetíveis.

$iv)$ A interação entre os dois componentes é homogênea.

$v)$ A doença se espalha em um ambiente fechado (sem emigração e imigração).

O esquema compartimental abaixo representa o modelo SI (com dinâmica vital):

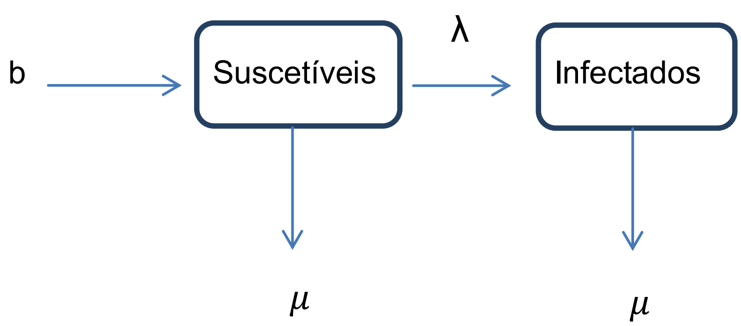


Figura 4.1: Esquema com compartimentos de uma epidemia (Modelo SI) com dinâmica vital

Com coeficientes $\mu, \lambda \geq 0$ e onde:

μ: Taxa de natalidade e mortalidade

λ: Taxa de transmissão (proporcional ao contato entre os indivíduos).

Assim, de acordo com as hipóteses acima temos o seguinte modelo epidêmico tempo-discreto da seguinte forma:

$$\begin{cases} s_{n+1} = s_n + \mu T_n - \frac{\lambda S_n I_n}{T_n} - \mu S_n \\ I_{n+1} = I_n + \frac{\lambda S_n I_n}{T_n} - \mu I_n \end{cases}$$

onde:

T_n: Total da população no tempo n

S_n: Número de suscetíveis no tempo n

I_n: Número de infectados no tempo n

Sabendo que no sistema a taxa de natalidade é igual a taxa de mortalidade (μ), e somando as duas equações do mesmo, temos

$$T_{n+1} = S_{n+1} + I_{n+1}$$

$$T_{n+1} = S_n + \mu(T_n - S_n - I_n) + I_n$$

$$T_{n+1} = S_n + \mu T_n - \mu(S_n + I_n) + I_n$$

Como $T_n = S_n + I_n$, temos

$$T_{n+1} = S_n + \mu T_n - \mu T_n + I_n$$

$$T_{n+1} = S_n + I_n$$

$$T_{n+1} = T_n$$

Logo, a população total será constante denotada por T.

$$T_{n+1} = T_n = T \text{ , } \forall n.$$

4.2. O MODELO SIS

Neste caso, um indivíduo que passa da classe de suscetível para infectado, posteriormente pode voltar à classe de suscetível após a recuperação.

O esquema compartimental abaixo representa o modelo SI (com dinâmica vital):

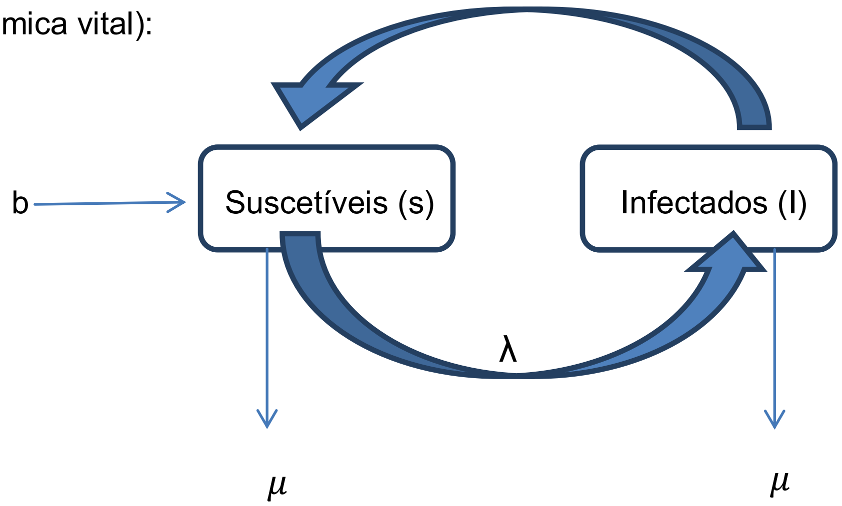


Figura 4.2: Esquema com compartimentos de uma epidemia (modelo SIS) com dinâmica vital

Neste modelo iremos considerar as mesmas hipóteses do modelo SI. Assim, o modelo discreto que descreve o sistema SIS com dinâmica vital é dado por:

$$\begin{cases} s_{n+1} = s_n + \mu T_n - \dfrac{\lambda S_n I_n}{T_n} - \mu S_n + \beta I_n \\ I_{n+1} = I_n + \dfrac{\lambda S_n I_n}{T_n} - \mu I_n - \beta I_n \end{cases}$$

onde λ, μ e β são constantes positivas menores que 1, e :

T_n: Total da população no tempo n

S_n: Número de suscetíveis no tempo n

I_n: Número de infectados no tempo n

λ: Taxa de transmissão

μ: Taxa de natalidade e mortalidade

β: Taxa de recuperação

4.3. O MODELO SIR SIMPLES

O modelo SIR simples com dinâmica vital é utilizado quando o indivíduo recuperado pela doença se torna imune à mesma. Consideraremos as mesmas hipóteses utilizadas pelos outros modelos, com a diferença de que os indivíduos recuperados ganham imunidade permanente.

O esquema compartimental abaixo representa o modelo SI (com dinâmica vital):

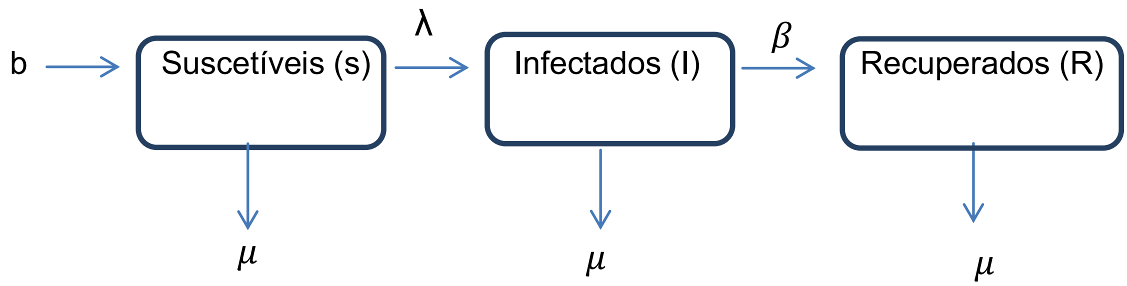


Figura 4.3. Esquema com compartimentos de uma epidemia (modelo SIR) com dinâmica vital

Assim, de acordo com as hipóteses consideradas estabelecemos o sistema para o modelo SIR:

$$\begin{cases} s_{n+1} = s_n + \mu T_n - \lambda S_n f(I_n) - \mu S_n \\ I_{n+1} = I_n + \lambda S_n f(I_n) - \mu I_n - \beta I_n \\ R_{n+1} = R_n + \beta I_n - \mu R_n \end{cases}$$

Com coeficientes: $\lambda, f(I_n), \mu,\ \beta \geq 0\ e\ f(0) = 0$, onde:

R_n: Número de recuperados no tempo n

S_n: Número de suscetíveis no tempo n

I_n: Número de infectados no tempo n

λ: Taxa de transmissão

μ: Taxa de natalidade e mortalidade

β: Taxa de recuperação

$f(I_n)$: Termo de interação para uma epidemia, f continua tal que $0 \leq f(I_n) \leq 1$ e $f(0) = 0$

CAPÍTULO 5

EXPRESSÕES E EQUAÇÕES ALGÉBRICAS

5.1. DEFINIÇÃO DE EQUAÇÃO ALGÉBRICA

Denominamos equação algébrica ou equação polinomial de uma incógnita e grau n ≥ 1, toda equação redutível à forma inteira, em que n é um número natural e os outros são números quaisquer:

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \cdots + a_1 x + a_0 = 0$$

com $a_n \neq 0$, sendo $a_n, a_{n-1}, \cdots, a_1, a_0$ e x números complexos, $n \in N^*$ e sendo n o grau da equação.

Exemplos:

1) $3x^4 - 2x^3 + x + 1 = 0$ é uma equação do 4º grau.
2) $3x^2 - 2 = 0$ é uma equação de 2º grau.

O conjunto solução ou conjunto verdade de uma equação algébrica é o conjunto S cujos elementos são as raízes complexas da equação.

5.2. RAIZ DE UMA EQUAÇÃO ALGÉBRICA

Um número α é raiz da equação algébrica $P(x) = 0$ se, e somente se $P(\alpha) = 0$, ou seja, $P(x)$ é divisível por $(x - \alpha)$.

Resolver uma equação algébrica é determinar todas as suas raízes.

Exemplos:

1) Os números, 0, 1 e $\frac{3}{2}$ são raízes da equação $P(x) = 2x^3 - 5x^2 + 3x = 0$, pois, $P(0) = P(1) = P\left(\frac{3}{2}\right) = 0$.

2) O conjunto solução da equação $x^3 + x^2 - x - 1 = 3x^2 - 3$ é $S = \{ -1, 2, 1\}$.

5.3. SISTEMA DE EQUAÇÕES ALGÉBRICAS

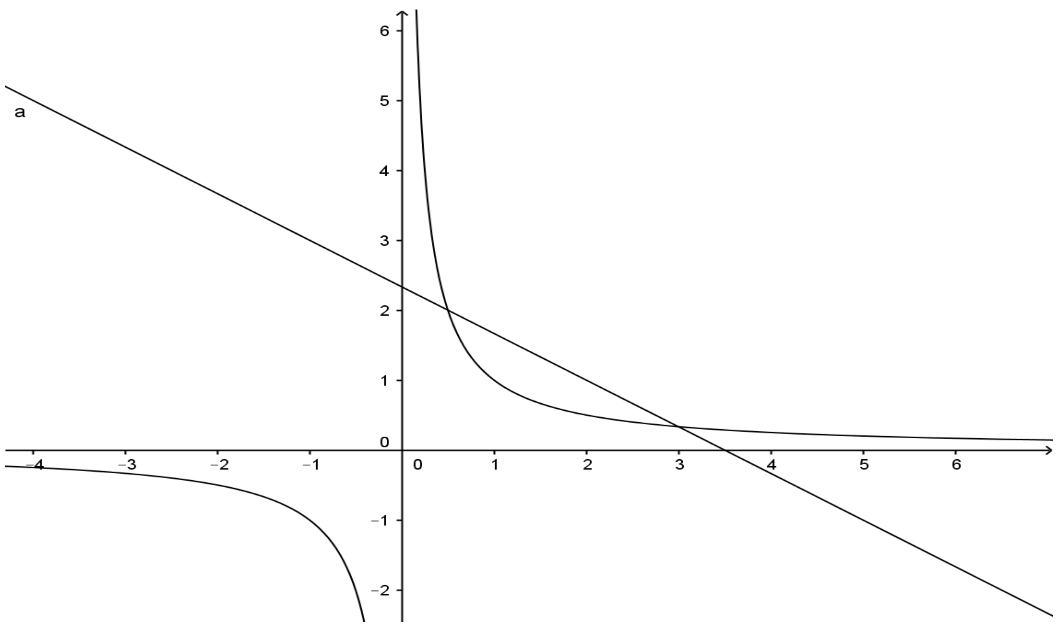
Um sistema de equações algébricas são conjuntos de duas ou mais equações algébricas. Em tais equações, admite-se qualquer operação matemática.

Diferentemente de um sistema de equações lineares (formado por *linhas* - retas), nas equações algébricas os gráficos têm inúmeras formas. Estes apresentam essencialmente curvas, e podem ter várias soluções. O número de soluções de um sistema de equações algébricas é dado pelo número de intersecções que existem num gráfico.

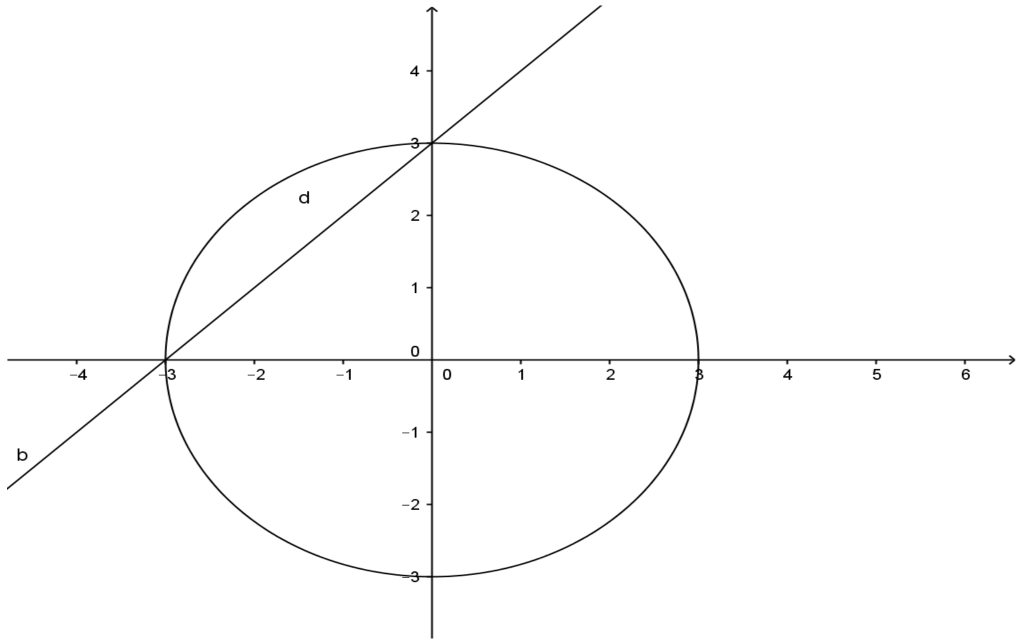
Exemplos:

Obs.: Os gráficos abaixo foram feitos no programa GeoGebra.

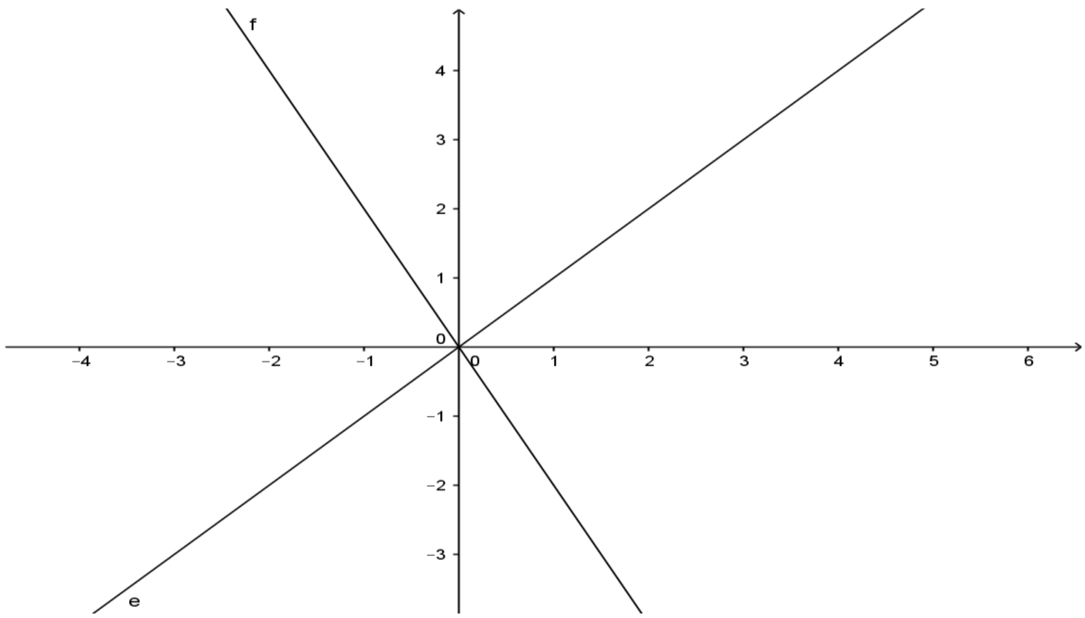
a) $\begin{cases} 2x + 3y = 7 \\ x \cdot y = 1 \end{cases}$



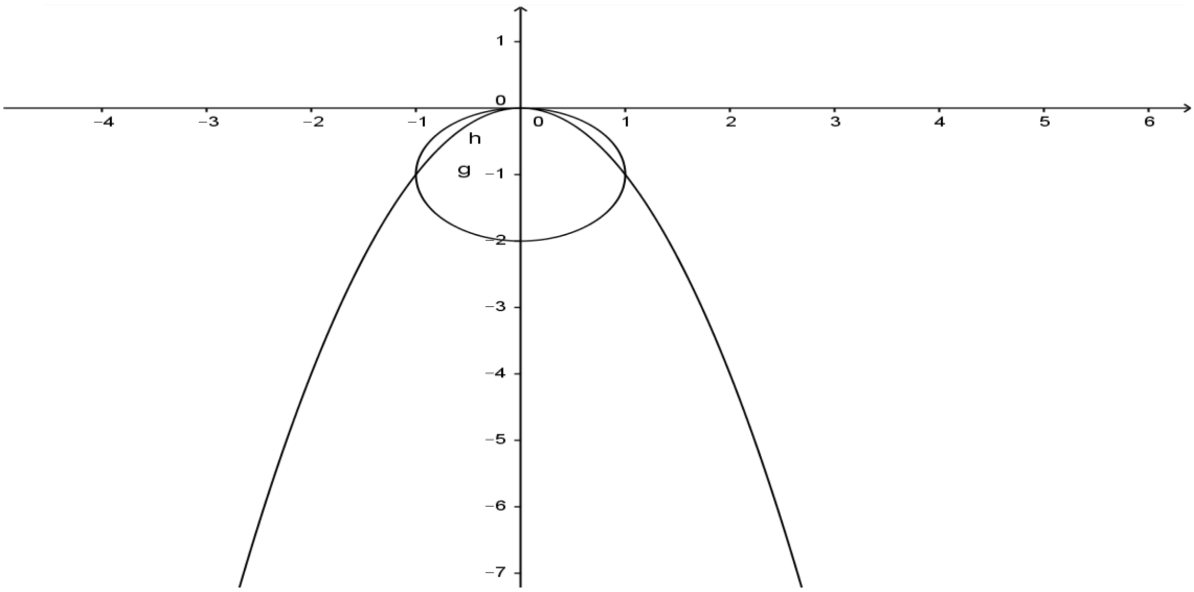
b) $\begin{cases} x^2 + y^2 = 9 \\ x - y = -3 \end{cases}$



c) $\begin{cases} x - y = 0 \\ 2x + y = 0 \end{cases}$



d) $\begin{cases} x^2 + y = 0 \\ x^2 + y^2 + 2y = 0 \end{cases}$



A solução de um sistema com duas equações são as coordenadas das intersecções nos gráficos. Portanto, a solução de x e y em um sistema qualquer é o par ordenado (x, y) que satisfaz as duas equações. Para um sistema com três variáveis, pode-se considerar um terceiro plano *z* para o gráfico.

Para determinar tais coordenadas, podemos utilizar o método da substituição.

Por exemplo, no sistema:

$\begin{cases} x + y = 5 \\ x \cdot y = 6 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 5 - y \\ x \cdot y = 6 \end{cases}$

Substituindo $x = 5 - y$, na segunda equação temos:

$\begin{cases} x = 5 - y \\ (5 - y)y = 6 \end{cases}$

Desenvolvendo a segunda equação temos:

$$y^2 - 5y + 6 = 0$$

Para descobrirmos o valor de y, neste caso, utilizaremos fórmula de Bhaskara:

$$\frac{5 \pm \sqrt{(5)^2 - 4 \ \cdot (+1) \cdot 6}}{2 \cdot 1} = \frac{5 \pm 1}{2} \rightarrow y' = 2 \ e \ y" \ = \ 3$$

Substituindo os valores encontrados para y na primeira equação $(x = 5 - y)$:

Para $y = 2$, temos

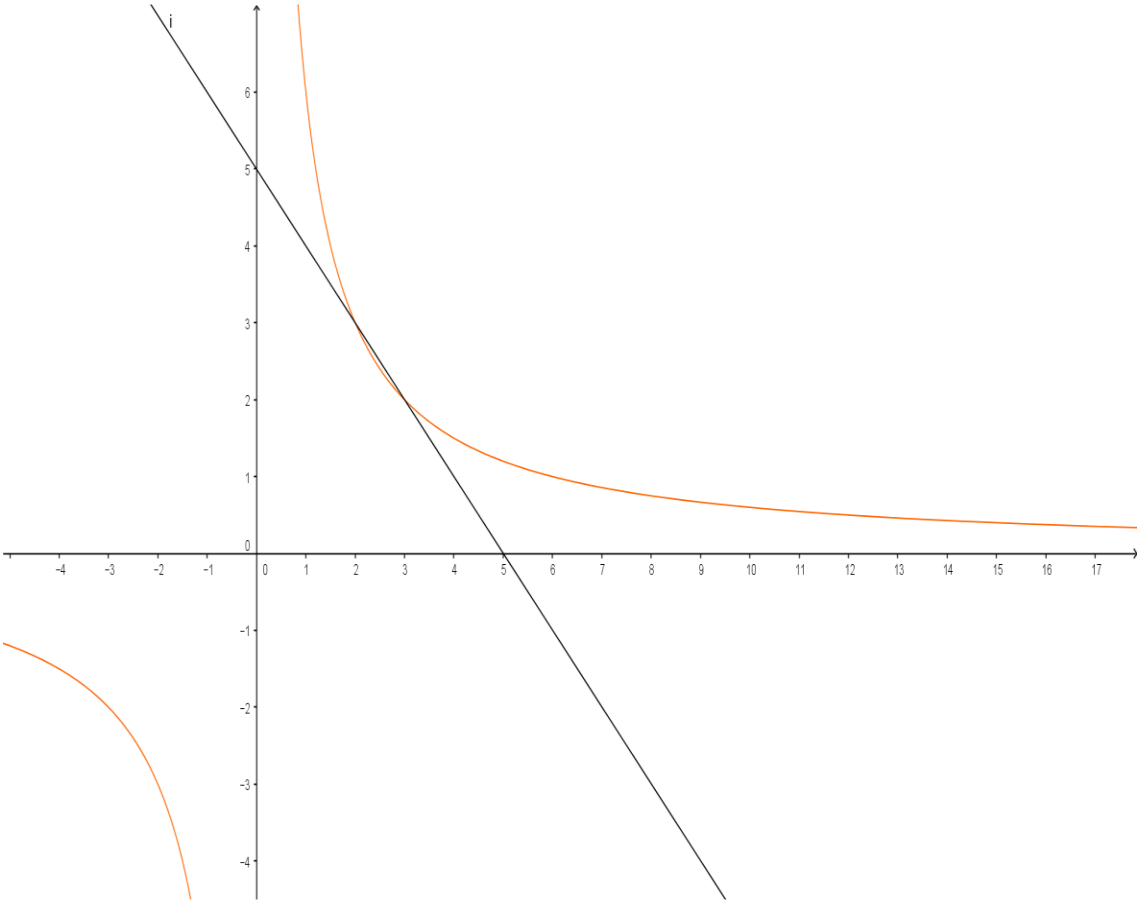
$x = 5 - 2 \rightarrow x = 3$

Para $y = 3$, temos

$x = 5 - 3 \rightarrow x = 2$

Assim, temos duas soluções para este sistema: (2, 3) e (3,2).

Vejamos que a solução se confirma graficamente:



Um sistema com **n** equações pode possuir até **n** variáveis para que se possa determinar o valor de cada incógnita. Nestes casos, as intersecções devem ocorrer entre todas as equações envolvidas.

Exemplo:

$$\begin{cases} x + y = 0 \\ x^2 - y = 0 \\ x^2 + (y-1)^2 = 1 \end{cases}$$

Primeiramente, observamos que a segunda e a terceira equações possuem o termo x^2 em comum, logo para termos uma equação com apenas uma variável podemos fazer a diferença entre as mesmas.

$$x^2 - y - [x^2 + (y-1)^2] = 0 - 1$$

$$x^2 - y - x^2 - y^2 + 2y - 1 = -1$$

$$-y - y^2 + 2y - 1 = -1$$

$$y^2 - y = 0$$

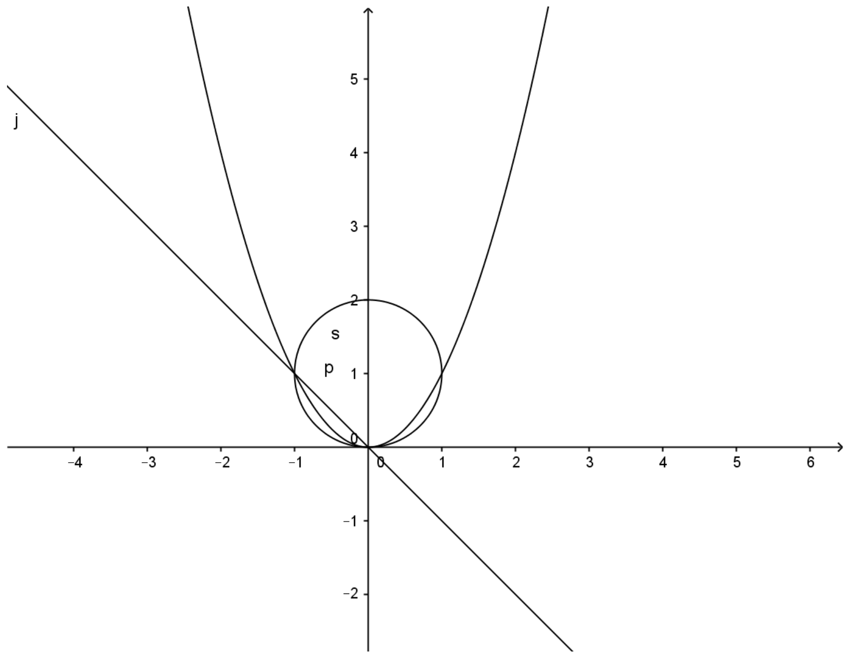
$$y(y-1) = 0 \rightarrow y' = 0 \; e \; y'' = 1.$$

Substituindo os valores de y na primeira equação ($x + y = 0$), temos

Para $y = 0 \rightarrow x = 0$, e para $y = 1 \rightarrow x = -1$.

Assim, a solução do sistema são os pares ordenados (0,0) e (-1, 1).

Vejamos que a solução se confirma graficamente:



5.4. UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA ATRAVÉS DE UM MODELO EPIDÊMICO SI

A atitude de tentar solucionar problemas propostos no “mundo real” tem sido uma fonte inesgotável de inspiração e de renovação do processo ensino/aprendizagem.

A interdisciplinaridade consiste em utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema ou compreender um determinado fenômeno, contribuindo assim para o desenvolvimento de habilidades que envolvem tanto representação (usando, por exemplo, a linguagem simbólica, equações, diagramas ou gráficos) quanto a compreensão e investigação (ao formular questões, selecionar e interpretar informações e resultados).

Neste contexto, propomos uma alternativa de ensino da matemática através do modelo epidêmico SI para alunos do 1º ano do ensino médio, onde através da atividade o aluno poderá reforçar seus conhecimentos que previamente foram adquiridos.

5.5. POPULAÇÃO INFECTADA PELA DENGUE EM 2016

Supondo o ano de 2014, com dados já registrados pelo Ministério da saúde dos anos anteriores, determinaremos o número de infectados pela dengue em 2016, utilizando o modelo SI.

Sendo assim, substituiremos $n = 2014$ em (4.1), segue que

$$\begin{cases} s_{2015} = s_{2014} + \mu T_{2014} - \frac{\lambda S_{2014} I_{2014}}{T_{2014}} - \mu S_{2014} \\ I_{2015} = I_{2014} + \frac{\lambda S_{2014} I_{2014}}{T_{2014}} - \mu I_{2014} \end{cases} \quad (5.1)$$

Segundo IBGE a população brasileira hoje é composta de aproximadamente 205.000.000 de habitantes, e mais, a taxa de natalidade para os anos de 2014 e 2015 foram bem próximas, em torno de 15 para 1000 habitantes, assim adotaremos população constante, $T_{2014} = 205 \cdot 10^6$ e $\mu = 0{,}015$.

Dados do Ministério da Saúde mostram que aproximadamente 600.000 pessoas foram infectadas em 2014 pelo mosquito da dengue no Brasil, então temos, $I_{2014} = 0{,}6 \cdot 10^6$.

Assim temos:

$$s_{2014} = T_{2014} - I_{2014}$$

$$s_{2014} = 205 \cdot 10^6 - 0{,}6 \cdot 10^6$$

$$s_{2014} = 204{,}94 \cdot 10^6 \qquad (5.2)$$

Para a taxa de transmissão (λ):

$$\lambda = \frac{I_{2014}}{T_{2014}} = \frac{0{,}6 \cdot 10^6}{205 \cdot 10^6} \cong 0{,}003$$

Substituindo os dados encontrados em (5.1), temos

$$s_{2015} = s_{2014} + \mu T_{2014} - \frac{\lambda S_{2014} I_{2014}}{T_{2014}} - \mu S_{2014}$$

$$s_{2015} = 204{,}94 \cdot 10^6 + 0{,}015 \cdot 205 \cdot 10^6 - \frac{0{,}003 \cdot 204{,}94 \cdot 10^6 \cdot 0{,}6 \cdot 10^6}{205 \cdot 10^6} - 0{,}015 \cdot 204{,}94 \cdot 10^6$$

$$\vdots$$

$$s_{2015} = 198.793.200 \cong 199 \cdot 10^6 \qquad (5.3)$$

$$I_{2015} = I_{2014} + \frac{\lambda S_{2014} I_{2014}}{T_{2014}} - \mu I_{2014}$$

$$I_{2015} = 0{,}6 \cdot 10^6 + \frac{0{,}003 \cdot 204{,}94 \cdot 10^6 \cdot 0{,}6 \cdot 10^6}{205 \cdot 10^6} - 0{,}015 \cdot 0{,}6 \cdot 10^6$$

$$\vdots$$

$$I_{2015} = 592.800 \cong 0{,}6 \cdot 10^6 \qquad (5.4)$$

Agora, que já temos o número de suscetíveis e infectados de 2015, podemos determinar o número de suscetíveis e infectados para o ano de 2016.

Sendo assim, para $n = 2015$, segue que

$$\begin{cases} s_{2016} = s_{2015} + \mu T_{2015} - \dfrac{\lambda S_{2015} I_{2015}}{T_{2015}} - \mu S_{2015} \\ I_{2016} = I_{2015} + \dfrac{\lambda S_{2015} I_{2015}}{T_{2015}} - \mu I_{2015} \end{cases} \tag{5.5}$$

Vamos manter constantes os valores de μ e λ. Assim, temos

$$s_{2016} = s_{2015} + \mu T_{2015} - \frac{\lambda S_{2015} I_{2015}}{T_{2015}} - \mu S_{2015}$$

$$s_{2016} = 199 \cdot 10^6 + 0{,}015 \cdot 205 \cdot 10^6 - \frac{0{,}003 \cdot 199 \cdot 10^6 \cdot 0{,}6 \cdot 10^6}{205 \cdot 10^6} - 0{,}015 \cdot 199 \cdot 10^6$$

$$\vdots$$

$$s_{2016} = 192.943.300$$

$$I_{2016} = I_{2015} + \frac{\lambda S_{2015} I_{2015}}{T_{2015}} - \mu I_{2015}$$

$$I_{2016} = 0{,}6 \cdot 10^6 + \frac{0{,}003 \cdot 199 \cdot 10^6 \cdot 0{,}6 \cdot 10^6}{205 \cdot 10^6} - 0{,}015 \cdot 0{,}6 \cdot 10^6$$

$$\vdots$$

$$I_{2016} = 592.747$$

Logo, pelo modelo acima desenvolvido temos um número de 192.943.000 pessoas suscetíveis à doença em 2016, e 592.747 pessoas infectadas para o mesmo ano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho, expomos a possibilidade de se trabalhar em sala de aula um modelo epidêmico, que pode se tornar um auxílio no ensino de expressões, equações algébricas e sistema linear. A ideia foi oferecer ao aluno, a aproximação entre a matemática e a epidemia que cresce a cada dia no nosso país. Observamos que o modelo utilizado foge um pouco da realidade de indivíduos que se enquadram nas classes de suscetíveis e infectados para 2015/2016, e, além disso, o método não nos dá garantia de resultados positivos em nosso trabalho, mas, todavia o tratamento contextualizado do conhecimento é um dos recursos que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo.

É importante ressaltar que outra proposta seria trabalhar o tema dengue em outros conteúdos matemáticos do ensino médio, como Estatística e Probabilidade.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

[1] ARAÚJO, J. L.; **Face a face com a Modelagem Matemática.** In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 25., 2002, Caxambu.

[2] BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. São Paulo: Contexto,. 2002.

[3] BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem Matemática no Ensino**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2003.

[4] BOYER, Carl B. **História da matemática.** 2. ed. São Paulo: E. Blücher, 1999.

[5] BRASIL. Instituto Brasileiro de geografia e estatística. **Projeção da População Brasileira 2015.** Disponível em <http://www.ibge.gov.br/apps/pop:ulacao/projecao/ Acesso: 10 janeiro 2016.

[6] BRASIL. Instituto Brasileiro de geografia e estatística. **Taxa de Natalidade e Mortalidade de 2014.** Disponível em: <http:// http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=CD109. Acesso: 10 janeiro 2016

[7] BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio** – Brasília: Ministério da Educação, 2005. Acesso: 10 janeiro 2016.

[8] BRASIL. Ministério da Saúde. **Dengue e epidemiologia.** Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/boletim dengue maio2008. Acesso: 10 janeiro 2016.

[9] BRASIL. Ministério da Saúde. **Informe Epidemiológico da Dengue 2014.** Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/boletim dengue 2014. Acesso: 02 janeiro 2016.

[10] BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Controle da dengue.** Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/boletim dengue maio2008. Acesso: 10 janeiro 2016.

[11] BRASIL. Instituto Brasileiro de geografia e estatística. **Projeção da População Brasileira 2015.** Disponível em <http://www.ibge.gov.br/apps/pop:ulacao/projecao/ Acesso: 10 janeiro 2016.

[12] BRASIL. Instituto Brasileiro de geografia e estatística. **Taxa de Natalidade e Mortalidade de 2014.** Disponível em: <http:// http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=CD109. Acesso: 10 janeiro 2016.

[13] EVES, Howard Whitley. **Introdução à história da matemática.** 3. ed. Campinas: UNCAMP, 2002.

[14] FREITAS, Luciana Maria Tenuta de. **Fazendo Matemática na sala de aula: reflexão e prática**. Belo Horizonte: Editora Universidade, 2001. 64p.
[15] GADOTTI, Moacir. Boniteza de um sonho: Ensinar e aprender. São Paulo GRUBHAS 2003

[16] Lima, Elon Lages. **Matemática e Ensino**. Ed. Gradiva, 2004. 144p

[17] MUZZI, M. Etnomatemática, modelagem e matemática crítica: novos caminhos. Revista Presença Pedagógica, março/abril, 2004.

[18] PONTE, João Pedro da (2002). **Investigar a nossa própria prática**. In GTI (org), *Refletir e investigar a prática profissional* (pp. 5-28). Lisboa: APM.

[19] SABETI, Mheran. **Modelo Epidêmico Discreto SIR com estrutura etária e aplicação vacinação em pulse e continua**. Recife:2011.

[20] VELASCO, Valentin Lopes. **Equações funcionais Contínuas**. 1. Ed.Lisboa: Editora Litexa, 1999.

.

.