Sistema para visualização interativa da incidência e propagação espaço-temporal de doenças infecciosas

System to interactive visualization of spatiotemporal incidence and spread of infectious diseases

Eduardo Colombo de Brito
Faculdades Integradas de Taquara (FACCAT)
Taquara, RS, Brasil
eduardobcolombo@gmail.com

Naira Kaieski
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSUL)
nairakaieski@ifsul.edu.br

RESUMO

A visualização computacional emprega uma série de algoritmos e técnicas de apresentação de informações que permitem abstrair, de um conjunto complexo de dados, conhecimento significativo. O avanço de doenças infecciosas geram a necessidade de compreender a dinâmica de ocorrência e propagação destas patologias para nortear ações públicas de prevenção e combate mais eficazes. O artigo apresenta a proposta de uma visualização espaço-temporal da incidência e propagação de múltiplas doenças infecciosas baseada em um mapa geográfico. Como prova de conceito foram utilizados registros sobre a incidência de Dengue, Zika e Chikungunya no estado do Rio Grande do Sul no período de 2006 a 2016.

Palavras-Chave

Visualização de informações, Doenças infecciosas, Correlação espaço-temporal.

ABSTRACT

The computational visualization employs a lot of algorithms and information presentation techniques that allow to abstract significant knowledge from a complex dataset. The spread of infectious diseases generates the need to understand the dynamics of occurrence and propagation of these pathologies to be able to guide more effective public actions of prevention and combat. The paper presents the proposal of a spatiotemporal visualization of the incidence and spread of multiple infectious diseases based on a geographic map. As proof of concept were used records about the incidence of Dengue, Zika and Chikungunya in the State of Rio Grande do Sul from 2006 to 2016.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018 June 4th – 8th, 2018, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil

Copyright SBC 2018.

CCS Concepts

•**Human-centered computing** → **Visual analytics; Geographic visualization;** •**Information systems** → *Decision support systems;*

Keywords

Information visualization, Infectious diseases, Spatio-temporal correlation.

1. INTRODUÇÃO

O mundo e especialmente o Brasil tem vivenciado com apreensão a rápida disseminação de doenças infecciosas como Dengue, Zika e Chikungunya [12] e mais recentemente a febre amarela. Neste contexto, a comunidade de pesquisadores tem dedicado esforços em inúmeras frentes a fim de combater e prevenir a ocorrência e propagação dessas doenças seja com pesquisas no desenvolvimento de novos fármacos ou na busca de informações que permitam um melhor entendimento da dinâmica de incidência e transmissão destas patologias. Já as esferas governamentais, responsáveis pela saúde pública, buscam ações mais efetivas e eficazes de prevenção e combate a estas doenças [9].

As técnicas de visualização de informações empregam o sentido visual humano a fim de desvendar o conhecimento oculto em dados brutos através de representações visuais, assim reduzindo o esforço cognitivo necessário para compreensão das informações analisadas. Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão baseada em técnicas de visualização computacional que proporciona o monitoramento espaço-temporal da incidência e propagação de múltiplas doenças infecciosas em uma região ao longo do tempo.

A principal contribuição da visualização desenvolvida é a possibilidade de apresentação de diversas doenças ao mesmo tempo sobre um mapa geográfico, permitindo um estudo das relações de coocorrência espaço-temporal das patologias analisadas. São de especial interesse para prova de conceito da visualização desenvolvida as enfermidades que possuem o mesmo vetor de transmissão como Dengue, Zika e Chikungunya. Contudo a utilização da visualização é extensível a qualquer doença para a qual se tenha registros georreferenciados. Esta estratégia de apresentação de dados quanto à incidência espaço-temporal de várias enfermidades ao mesmo tempo ainda não foi explorada, conforme aponta a pesquisa

não exaustiva efetuada na literatura especializada.

Para prova de conceito da visualização foram empregados registros sobre a incidência de Dengue, Zika e Chikungunya no estado do Rio Grande do Sul (RS) no período de 2006 a 2016. A escolha por estas doenças foi baseada no alto índice de ocorrência das mesmas nos últimos anos no Brasil e pelo fato destas patologias compartilharem um mesmo vetor de transmissão, o mosquito Aedes [5]. Como fonte de dados foram utilizado registros disponibilizados pelo Ministério da Saúde (MS) do Brasil, obtidos através de uma consulta realizada no portal e-SIC [1] (Sistema Eletrônico de Serviço de Informação ao Cidadão).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Dengue, Zika e Chikungunya

As doenças infecciosas são alvo de constante atenção das entidades responsáveis pela saúde pública devido às graves consequências que podem ser geradas pela sua proliferação. Uma infecção é a invasão de um hospedeiro suscetível, por patógenos ou microorganismos que ao se multiplicam alteram a função do tecido normal resultando em uma doença [13]. Recentemente o Brasil tem enfrentado um preocupante crescimento da incidência de Dengue, Zika e Chikungunya.

Vale destacar que a Dengue é apontada como a mais importante infecção viral transmitida por mosquito aos seres humanos, sendo considerada endêmica em pelo menos 100 países [6].

Já a Zika é considerada uma doença emergente, porém preocupante devido a descoberta de que algumas anomalias congênitas (como microcefalia) podem estar ligadas à infecção por este vírus [2]. Um relatório recente publicado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) aponta que 69 países relataram evidências de transmissão do vírus da Zika por mosquitos a partir de 2015 [14].

Não menos grave, a Chikungunya pode causar uma doença clínica com sintomas e consequências semelhantes a Dengue, dificultando seu diagnóstico especialmente quando ocorre cocirculação de outros arbovírus. Apenas entre janeiro e setembro de 2016 o Brasil registrou 225.624 novos casos de Chikungunya, segundo dados enviados pelo MS através do portal e-SIC.

O risco de ocorrências de surtos, epidemias e pandemias denotam a urgência em pesquisas e ferramentas computacionais que possibilitem gerar informações que auxiliem na compreensão da incidência e da propagação espaço-temporal destas doenças a fim de direcionar ações de prevenção e combate mais efetivas.

2.2 Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN)

O governo brasileiro, através de políticas de saúde pública estabelecidas pelo MS, definiu a lista nacional de notificação compulsória de doenças, agravos e eventos de saúde pública nos serviços de saúde públicos e privados em todo o território nacional [1], sendo facultado a estados e municípios incluir outros problemas de saúde relevantes para a sua região. Estes dados são armazenados e processados pelo SINAN fornecendo informações para análise do perfil da morbidade, identificação da realidade epidemiológica de determinada área geográfica e contribuindo para a tomada de decisões em diferentes níveis da administração pública.

Para registro das ocorrências, as unidades de saúde devem fornecer uma série de informações estabelecidas pelo MS sobre o paciente, histórico dos sintomas, fonte de infecção e os mecanismos de transmissão da doença. Os dados coletados pelo SINAN são disponibilizados para consulta sem a identificação pessoal dos enfermos. Contudo, os registros disponibilizados através da internet (sistema de Informações de Saúde - TABNET) estavam desatualizados e foi necessário efetuar uma solicitação dos dados sobre a incidência de Dengue, Zika e Chikungunya junto ao portal e-SIC. Como resposta foi enviada uma planilha eletrônica com o número de casos suspeitos organizados por semana epidemiológica e município de residência do paciente para o período de 2006 a 2016 (totalizando 3.769.884 registros considerando o cálculo: município X semana epidemiológica X ano).

2.3 Sistema de Informação Geográfica

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema de informação que controla não apenas eventos, mas também onde estes acontecem ou existem [10]. Pode ser definido também como um sistema informático utilizado para capturar, armazenar, consultar, analisar e exibir dados geoespaciais. O saber "onde" algo acontece pode ser fundamental, principalmente considerando incidentes de saúde pública. Com este objetivo a referência geográfica facilita a compreensão do dado analisado de forma quase que instantânea se comparado com a análise de números em uma planilha.

No contexto deste projeto o mapa geográfico é a base da visualização, proporcionando informações quanto aos limites dos municípios e assim permitindo o entendimento da incidência e propagação espacial das doenças.

2.4 Visualização analítica de informações

A visualização e visualização analítica de informações, por serem áreas de estudo muito semelhantes, têm por objetivo auxiliar na construção de alternativas visuais para mostrar informações a partir de dados em aplicações do mundo real [11]. A visualização originou da computação gráfica, enquanto a visualização analítica se concentra no raciocínio analítico facilitado por interfaces visuais interativas.

O elemento central deste artigo é justamente a visualização analítica de dados referentes à incidência de doenças infecciosas, tendo como objetivo explorar a apresentação simultânea dos registros de múltiplas enfermidades em um mesmo mapa geográfico. Considerando que tais dados são séries temporais, a exibição com a passagem do tempo é um elemento adicional relevante, visto que permite vislumbrar não apenas o estado atual, mas também a dinâmica de propagação das doenças. Outros fatores como os climáticos ou ações de prevenção e combate também podem ter seus efeitos analisados com a base temporal da visualização georreferenciada proposta.

Agregando-se todos os elementos da visualização, os gestores de saúde pública e especialistas em epidemiologia podem explorar as relações e correlações entre a incidência das enfermidades de interesse. Ao se considerar que certas patologias possuem um mesmo vetor de transmissão, as possibilidades de estudo se tornam ainda mais relevantes, visto que a infecção e coinfecção do vetor por determinado vírus pode influenciar no tempo de vida deste ou em seus hábitos.

A visualização desenvolvida apresenta a incidência das do-

[1] https://esic.cgu.gov.br

enças selecionadas na forma de círculos sobre o mapa geográfico. Cada patologia possui uma cor diferente e o tamanho do círculo apresentado é proporcional a concentração de casos no município.

3. TRABALHOS RELACIONADOS

Existem alguns sistemas Web e aplicativos que apresentam uma visualização geográfica de doenças infecciosas que possuem algumas semelhanças com a apresentada neste artigo. Dentre estas iniciativas destaca-se o HealthMap [7] que apresenta sobre um mapa geográfico marcadores na forma de círculos indicando a localização de surtos de doenças infecciosas. Como fonte de dados são utilizados registros não oficiais oriundos de *Web crawlers* que vasculham a internet para encontrar notícias e a colaboração dos usuários. O HealthMap permite a visualização simultânea de diferentes surtos, mas sem a possibilidade de passagem contínua do tempo (como em uma animação).

Outra alternativa é o site Flu Near You [4] que apresenta informações apenas sobre a incidência de gripe nos Estados Unidos. Os dados apresentados são oriundos da participação dos usuários e do Centro para Controle e Prevenção de Doenças (*Centers for Disease Control and Prevention* - CDC). Os registros inseridos pelos usuários são restritos aos últimos 7 dias e apresentados individualmente sobre um mapa sem a possibilidade de análise temporal.

No Brasil destaca-se o visualizador da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) [8] que é desenvolvido pelo governo federal. Este sistema, que emprega a estratégia de visualização através de mapas, em termos de doenças infecciosas possibilita visualizar apenas o número de óbitos por dengue no território nacional. Existe ainda o aplicativo Guardiões da Saúde [3] cuja fonte de dados são informações que os usuários registram ao acessar o aplicativo. O sistema faz uma combinação entre sintomas semelhantes enviados por uma quantidade mínima de pessoas e aponta quais municípios apresentam mais ocorrências afins.

Considerando as aplicações citadas, os diferenciais do projeto desenvolvido são a utilização exclusiva de dados advindos de uma fonte oficial do governo brasileiro, a possibilidade de visualização simultânea de diferentes enfermidades e a apresentação das séries temporais de dados através de uma animação com os marcadores sendo alterados no mapa com a passagem das semanas epidemiológicas.

4. METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto passou pela análise do formato dos dados disponibilizados pelo SINAN e consequentemente pela elaboração de uma forma de integração da visualização com a fonte de dados. Neste momento o governo brasileiro ainda não disponibiliza uma interface de programação de aplicativos (*Application Programming Interface* - API) que permita a consulta em tempo real dos dados do SINAN. Desta forma, foi necessário desenvolver uma rotina de importação dos dados da planilha eletrônica recebida via e-SIC para um banco de dados relacional MySQL. No total foram importados 3.652 registros (considerando uma entrada para cada município x semana epidemiológica x ano x doença). O arquivo de dados do governo não dispõe de registros georreferenciados, mas para cada município traz o código de identificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Com esta informação é possível identificar o estado de cada município e assim obter as respectivas coordenadas geográficas (latitude e longitude) através de uma consulta a API do Google Maps.

A visualização desenvolvida é disponibilizada através de uma interface *Web* onde a codificação do *backend* utiliza o *framework* Laravel com a linguagem de programação PHP (*Hypertext Preprocessor*). Utilizaram-se os princípios de *design* orientado a objetos SOLID (*Single-responsibility, Open-closed, Liskov substitution, Interface segregation, Dependency Inversion*), por possibilitar baixo acoplamento e alta coesão, permitindo assim um código mais limpo e organizado, facilitando a manutenibilidade.

A interface de usuário deste projeto é basicamente um SIG com camadas sobrepostas que representam a incidência das doenças selecionadas. Assim, optou-se por utilizar a estratégia de página única de aplicação (*Single Page Application* - SPA), onde apenas uma página é carregada, sem a necessidade de recarregar ou trocar a cada alteração no filtro de doenças ou período a ser exibido. Para apresentar as informações no SIG utilizou-se a API do Google Maps. Desta forma, foi possível mostrar a localização da incidência das enfermidades utilizando um mapa com marcadores em formato de círculo, sendo que cada círculo representa a incidência em um determinado município.

Dependendo da visualização desejada pelo usuário, a quantidade de registros a serem recuperadas da base de dados pode ser bastante expressiva, e assim afetar o desempenho da animação com a passagem do tempo. Tal fato pode ser observado principalmente se o usuário alterar o período de exibição dos dados. Mesmo com a implementação de uma API para consultar os registros da base de dados relacional foi utilizado o recurso da área de memória do próprio navegador, chamada *local storage*. Dessa forma, existe um algoritmo para gerenciar estas consultas e armazenamento. Quando um filtro da visualização é acionado, a aplicação verifica se os dados solicitados já estão no *local storage*. Se estiverem, estes dados são carregados na tela. Senão, é executada uma chamada para a API, passando os parâmetros necessários e populando o *local storage* com os dados retornados. Estes registros são expirados junto com a sessão do navegador, desta forma, quando o usuário retornar à página, receberá informações atualizadas.

5. RESULTADOS

Como resultado do projeto apresenta-se na Figura 1 a tela inicial da visualização com o mapa geográfico de referência, as opções de filtro de dados com as doenças disponíveis na base de dados e as semanas epidemiológicas.

Nesta tela o usuário pode selecionar uma ou mais enfermidades que deseja analisar e então deve clicar no botão "*Filter*" para ativar os filtros e obter os dados. Em seguida o utente deve clicar no botão "*Play*" para que os registros sobre a incidência das patologias sejam exibidos através de círculos sobre o mapa. A apresentação dos dados se inicia pela primeira semana epidemiológica disponível, mas o usuário pode utilizar o controle da animação para selecionar uma semana em especial.

A Figura 2 apresenta outra tela da visualização onde são exibidos dados sobre a incidência de Dengue, Zika e Chikungunya no estado do Rio Grande do Sul na semana epidemiológica 7, que no ano de 2016 corresponde ao mês de fevereiro. O tamanho do círculo é proporcional à concentração dos casos suspeitos notificados de cada uma das doenças

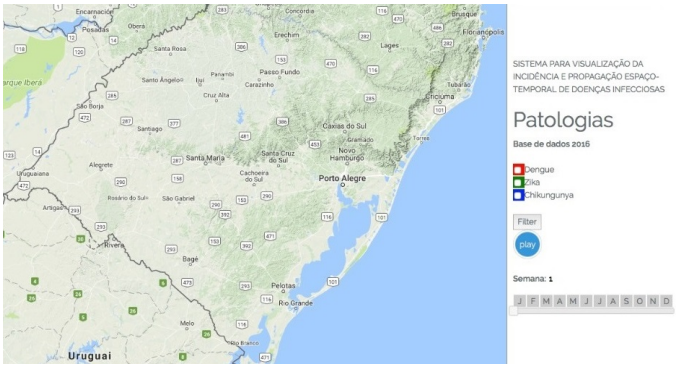

Figura 1: Tela inicial da visualização

selecionadas para o período em cada município. Cada enfermidade possui uma cor diferente para o círculo e este é centralizado na posição geográfica retornada pela consulta a API do Google com o endereço do município. Na medida em que o tempo passa através das semanas epidemiológicas a exibição da concentração do número de casos é ajustada na tela com o redimensionamento dos círculos [2].

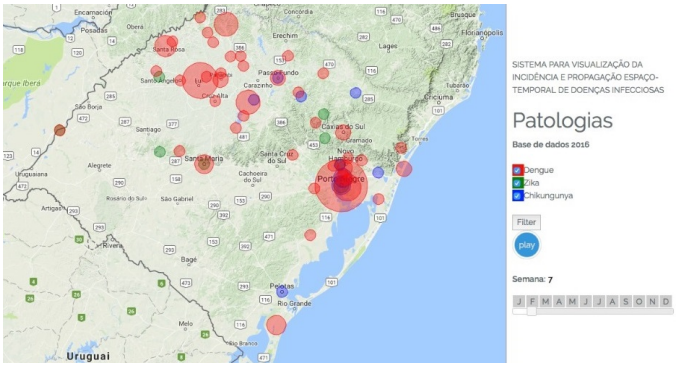

Figura 2: Tela com a visualização da incidência de doenças

6. CONCLUSÃO

Explorar as técnicas de visualização analítica de informações em contextos de saúde pública é uma alternativa promissora, principalmente quando considerada a possibilidade de processamento de um grande conjunto de dados. A dinâmica da incidência e propagação de doenças infecciosas têm sido alvo de vários estudos e políticas de saúde pública como a lista nacional de notificação compulsória de doenças e agravos que busca reunir registros sobre determinados acontecimentos relacionados com a saúde pública. Tal iniciativa demonstra esforços em produzir dados, contudo ainda resta um desafio quanto à disponibilização de acesso a tais dados de forma automatizada.

A principal contribuição e diferencial da visualização apresentada neste artigo é a possibilidade de uma análise espaço-temporal de múltiplas doenças infecciosas em uma região geográfica. Considerando que graves enfermidades como Dengue, Zika e Chikungunya possuem um vetor comum de transmissão, a visualização proposta se torna ainda mais promissora sob o ponto de vista comportamental destas patologias ao longo do tempo.

Neste artigo, o sistema de visualização desenvolvido foi testado com um conjunto de dados restrito a doenças infecciosas. Contudo, havendo disponibilidade de registros, o mesmo pode ser reutilizado com qualquer outro conjunto de enfermidades, sendo elas infecciosas ou crônicas. Embora tenha sido citado o potencial de utilização da visualização desenvolvida pelos gestores de saúde pública, a população em geral também pode se beneficiar das informações apresentadas. A disponibilidade de dados em tempo real poderia orientar as ações dos cidadãos, evitando o acesso dos mesmos a regiões com grande incidência de determinada doença ou que historicamente apresenta surtos de enfermidades em determinadas épocas.

[2] O vídeo https://youtu.be/LVvS6P7WLGs ilustra o funcionamento do sistema.

7. REFERÊNCIAS

[1] Brasil. Portaria no 204, de 17 de fevereiro de 2016. http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2016/prt0204_17_02_2016.html.

[2] D. de Barros Miranda-Filho, C. M. T. Martelli, R. A. de Alencar Ximenes, T. V. B. Araújo, M. A. W. Rocha, R. C. F. Ramos, R. Dhalia, R. F. de Oliveira França, E. T. de Azevedo Marques Júnior, and L. C. Rodrigues. Initial description of the presumed congenital zika syndrome. *American Journal of Public Health*, 106(4):598–600, 2016.

[3] Epitrack. Guardiões da saúde. https://guardioesdasaude.org.

[4] Flu Near You. https://flunearyou.org.

[5] A. Gulland. Who urges countries in dengue belt to look out for zika. http://www.bmj.com/content/bmj/352/bmj.i595.full.pdf.

[6] N. Gyawali, R. S. Bradbury, and A. W. Taylor-Robinson. The epidemiology of dengue infection: Harnessing past experience and current knowledge to support implementation of future control strategies. *Journal of Vector Borne Disease*, 53(7):293–304, December 2016.

[7] HealthMap. http://www.healthmap.org.

[8] INDE. http://www.visualizador.inde.gov.br.

[9] P. Lang. Zika, chikungunya e dengue: entenda as diferenças. https://agencia.fiocruz.br/zika-chikungunya-e-dengue-entenda-diferencas.

[10] P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire, and D. W. Rhind. *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica*. Bookman, Porto Alegre, 2013.

[11] A. Lu, D. Ebert, J. Gao, S. Zhang, and A. Joshi. Guest editorial: Special issue on visualization and visual analytics. *Tsinghua Science and Technology*, 18(4):109–110, 2013.

[12] J. Patterson, M. Sammon, and M. Garg. Dengue, zika and chikungunya: Emerging arboviruses in the new world. *Western Journal of Emergency Medicine*, 17(6):671–679, September 2016.

[13] P. A. Potter, A. G. Perry, P. A. Stockert, and A. M. Hall. *Fundamentos de Enfermagem*. Elsevier, Rio de Janeiro, 2013.

[14] WHO. Situation report - zika virus, microcephaly, guillain-barré syndrome. Technical report, World Health Organization, January 2017.