

**FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
INSTITUTO AGGEU MAGALHÃES  
DOUTORADO EM SAÚDE PÚBLICA**

Onicio Batista Leal Neto

**DETECÇÃO DIGITAL DE DOENÇAS: ESTRATÉGIAS DE VIGILÂNCIA  
PARTICIPATIVA E MINERAÇÃO DE DADOS EM SAÚDE NO BRASIL**

**RECIFE**

**2018**

Onicio Batista Leal Neto

**DETECÇÃO DIGITAL DE DOENÇAS: ESTRATÉGIAS DE VIGILÂNCIA  
PARTICIPATIVA E MINERAÇÃO DE DADOS EM SAÚDE NO BRASIL**

Tese apresentada ao curso de Doutorado  
em Saúde Pública do Instituto Aggeu  
Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz para  
obtenção do título de doutor em Ciências.

**Drº. Wayner Vieira de Souza**

**Drª. Eduarda Ângela Pessoa Cesse**

**Drº. Oswaldo Gonçalves Cruz**

Recife  
2018

**Catálogo na fonte: Biblioteca do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães**

---

L435d

Leal Neto, Onício Batista.

Detecção digital de doenças: estratégias de vigilância participativa e mineração de dados em saúde no Brasil / Onício Batista Leal Neto. - Recife: [s.n.], 2018.

91p. : il., tab., graf. ; 30 cm

Tese (doutorado em saúde pública) - Instituto Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, 2018.

Orientadores: Wayner Vieira de Souza, Eduarda Ângela Pessoa Cesse, Oswaldo Gonçalves Cruz.

1. Vigilância Epidemiológica. 2. Epidemiologia. 3. Difusão de inovações. I. Souza, Wayner Vieira de. II. Cesse, Eduarda Ângela Pessoa. III. Cruz, Oswaldo Gonçalves. IV. Título.

---

CDU 614

Onicio Batista Leal Neto

**DETECÇÃO DIGITAL DE DOENÇAS: ESTRATÉGIAS DE VIGILÂNCIA  
PARTICIPATIVA E MINERAÇÃO DE DADOS EM SAÚDE NO BRASIL**

Tese apresentada ao curso de Doutorado  
em Saúde Pública do Instituto Aggeu  
Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz para  
obtenção do título de doutor em Ciências.

Aprovado em \_\_/\_\_/\_\_

**Banca Examinadora**

---

Dr. Wayner Vieira de Souza (Orientador)  
Instituto Aggeu Magalhães/FIOCRUZ

---

Dra. Maria de Fátima Pessoa Militão de Albuquerque  
Instituto Aggeu Magalhães/FIOCRUZ

---

Dra. Amanda Priscila de Santana Cabral  
Universidade Federal de Pernambuco – CAV-UFPE

---

Dra. Maria Amália Arruda Camara  
Universidade de Pernambuco – UPE

---

Dr. Fernando Jose Ribeiro Sales  
Núcleo de Telessaúde (NUTES), Serviço de Saúde Digital. HC/UFPE  
Departamento de Engenharia Biomédica, CTG. UFPE

*À Mariana e Luiza, os amores da minha vida, companheiras, amigas e verdadeiro porto seguro me levando para bem longe quando, não apenas o estresse desta tese, mas também, os estresses que a vida me fez passar ocorreram.*

*Tudo é para elas e por elas.*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família por se encher de orgulho ao falar que temos um cientista dentro de casa. Mesmo não tendo ideia do que eu faço.

Ao meu amigo e mentor Jones Albuquerque que me ensinou a plantar e agora está me ajudando a colher. E quando possível, não deixou ninguém me atrapalhar.

Aos meus orientadores Wayner, Duda e Oswaldo. Foram verdadeiros pais adotivos acadêmicos e amigos, extremamente compreensivos e empáticos com minhas situações. Os melhores orientadores que eu poderia ter. Muito grato.

À Constança Barbosa que me ensinou como se tornar um epidemiologista. Clássico, porém, consciente e comprometido com o meu propósito. Gratidão.

Ao meu time lindo da Epitrack, companheiros de jornada, agonia e principalmente agentes ativos na transformação da saúde. Especificamente os que estão comigo neste momento: Joana, Jones e Alberto.

*Change your octave, be resilient and have a purpose.*

*A real one, bltch.*

LEAL-NETO, Onicio Batista. **Detecção Digital de Doenças: Estratégias de vigilância participativa e mineração de dados em saúde no Brasil**. 2018. (Doutorado em Saúde Pública) – Instituto Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2018.

## RESUMO

Com a evolução dos meios digitais, áreas como a saúde pública estão agregando novas plataformas para atuação complementar aos sistemas tradicionais de vigilância epidemiológica. A vigilância participativa e detecção digital de doenças tem se constituído em instrumentos inovadores para a construção de cenários epidemiológicos com a participação do cidadão, se antecipando às fontes tradicionais de informação. Estratégias como estas favorecem a detecção oportuna de sinais de alerta para a ocorrência de surtos e epidemias no território. O objetivo foi analisar as plataformas de Vigilância Participativa e Detecção Digital de Doenças no Brasil. Trata-se de um estudo misto com duas dimensões: (1) descritiva – para o estudo das plataformas de vigilância participativa; e (2) ecológico transversal a ser realizado utilizando dados secundários provenientes das plataformas de vigilância participativa. Os principais resultados desta pesquisa foram a validação de plataformas de vigilância participativa como fontes complementares à vigilância epidemiológica feita no país como observado em eventos de massa como a Copa do Mundo de 2014 e os jogos Olímpicos de 2016. A plataforma Saúde na Copa teve um total de 4.706 usuários ativos, totalizando 47.879 postagens sobre a situação de saúde. A partir disso foram identificados 425 usuários com síndrome respiratória, 111 com síndrome exantemática e 214 com síndrome diarreica. Para a plataforma Guardiões da Saúde foram 7.892 usuários totalizando 12.873 postagens sobre situação de saúde. Destas foram identificados 226 usuários com síndrome diarreica, 102 usuários com síndrome respiratória e 231 com síndrome exantemática. A partir de sinais sindrômicos, o subsídio de informação para a tomada de decisão por parte dos formuladores de políticas e gestores de saúde se faz mais dinâmico e assertivo, utilizando esse tipo de fonte como uma via antecipada da compreensão do cenário epidemiológico. Palavras-chave: Vigilância Epidemiológica. Epidemiologia. Difusão de inovações.



LEAL-NETO, Onicio Batista. **Digital Disease Detection: Participatory surveillance strategies and data mining in Brazil**. 2018. (PhD in Public Health) – Aggeu Magalhães Institute, Oswaldo Cruz Foundation. Recife, 2018.

## ABSTRACT

With the evolution of digital media, areas such as public health are adding new platforms to complement the traditional systems of epidemiological surveillance. Participatory surveillance and digital disease detection have become innovative tools for the construction of epidemiological landscapes with the participation of citizens, anticipating traditional sources of information. Strategies such as these favor the timely detection of warning signs for outbreaks and epidemics in the territory. The objective was to analyze the platforms of Participatory Surveillance and Digital Disease Detection to act in a complementary way to the Information System of Notification Diseases (SINAN) in Brazil. This is a mixed study with two dimensions: (1) descriptive - for the study of participatory surveillance platforms; and (2) cross-sectional ecology to be carried out using secondary data from participatory surveillance platforms available in the GitHub public digital repository. The main results of this research were the validation of participatory surveillance platforms as complementary sources to the epidemiological surveillance done in the country as observed in mass events such as the 2014 World Cup and the 2016 Olympic Games. a total of 4,706 active users, totaling 47,879 posts on the health situation. From this, 425 users with respiratory syndrome, 111 with rash syndrome and 214 with diarrheal syndrome were identified. For the platform Guardians of Health were 7,892 users totaling 12,873 posts about health situation. Of these, 226 users with diarrheal syndrome, 102 users with respiratory syndrome and 231 with exanthematic syndrome were identified. Based on syndromic signs, the information subsidy for decision-making by policy makers and health managers becomes more dynamic and assertive, using this type of source as an early route to understanding the epidemiological scenario.

Key words: Health control. Epidemiology. Epidemics.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO E ESTADO DA ARTE</b>	<b>10</b>
1.1	<b>Sistemas de informação em Saúde no Brasil</b>	10
1.2	<b>Epidemiologia e vigilância epidemiológica</b>	14
1.2.1	Variações espaço-temporais de fenômenos epidemiológicos	16
1.3	<b>Vigilância Participativa</b>	18
1.4	<b>Detecção Digital de Doenças</b>	21
1.4.1	Mineração de Dados em redes sociais	21
1.4.2	Múltiplas fontes para aprimoramento dos sistemas de vigilância epidemiológica	22
<b>2</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>24</b>
2.1	<b>Desenho do estudo</b>	24
2.2	<b>Local do estudo</b>	24
2.3	<b>População de estudo</b>	24
2.4	<b>Período do estudo</b>	24
2.5	<b>Série de dados</b>	24
2.5.1	Operacionalização das variáveis	17
2.5.1.1	Saúde na Copa	17
2.5.1.2	Guardiões da Saúde	18
2.6	<b>Síntese dos aspectos metodológicos da coletânea de artigos</b>	18
2.6.1	Síntese dos aspectos metodológicos do artigo “Digital Disease Detection and participatory surveillance: overview and perspectives for Brazil”	27
2.6.2	Síntese dos aspectos metodológicos do artigo “Saúde na Copa: The World’s First Application of Participatory Surveillance for a Mass Gathering at FIFA World Cup 2014, Brazil.”	27
2.6.3	Síntese dos aspectos metodológicos do artigo “Inovações disruptivas e as transformações da saúde pública na era digital”	28
2.6.4	Síntese dos aspectos metodológicos do artigo “Perspectivas otimistas para a saúde do futuro”	28

2.6.5 Síntese dos aspectos metodológicos do artigo “Participatory surveillance based on crowdsourcing during Olympic games Rio 2016: The case of Guardians of Health”	29
<b>3 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS</b>	<b>30</b>
<b>4 ARTIGOS</b>	<b>31</b>
4.1 <b>Artigo 1: Digital Disease Detection and participatory surveillance: overview and perspectives for Brazil</b>	31
4.2 <b>Artigo 2: Saúde na Copa: The World’s First Application of Participatory Surveillance for a Mass Gathering at FIFA World Cup 2014, Brazil</b>	37
4.3 <b>Artigo 3: Inovações disruptivas e as transformações da saúde pública na era digital</b>	48
4.4 <b>Artigo 4: Perspectivas otimistas para a saúde do futuro</b>	53
4.5 <b>Artigo 5: Participatory surveillance based on crowdsourcing during Olympic games Rio 2016: the case of Guardians of Health</b>	56
<b>5 DISCUSSÃO</b>	<b>85</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO E ESTADO DA ARTE

### 1.1 Sistemas de Informação em Saúde no Brasil

Os Sistemas de Informação em Saúde (SIS) tem apresentado mudanças tecnológicas de forma rápida, aprimorando os elementos existentes baseados no armazenamento, tratamento e disseminação da informação. Vários estratos de instituições públicas e privadas, acadêmicas ou executivas apresentam dois momentos contraditórios no ponto de vista tecnológico: a adoção das tecnologias (comparadas aos antigos processos), e a necessidade de modernização das mesmas, devido aos estados de obsolescência (CORREIA, 2014). Entretanto é necessário um resgate histórico para entender como iniciou a necessidade da informatização dos dados produzidos em um país com dimensões continentais.

Uma vez que os sistemas de informações, de maneira geral, têm o objetivo de subsidiar a tomada de decisão baseado em um conhecimento fundamentado, desde os anos 1940 já existiam setores do governo que lidavam com este tipo de demanda, a exemplo do Serviço Federal de Bioestatística (BRASIL, 1994; PAIM et al., 1993). Naquela ocasião, havia publicações sistemáticas (conhecidas como Anuário Bioestatístico) de dados de mortalidade por causa, nos anos de 1929 e 1932, tendo este papel atribuído posteriormente ao Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 1996). Na década de 1970, quando a Lei Federal nº6.015 regulamentou o registro civil no país e atribuiu ao IBGE a responsabilidade por estas estatísticas, a utilização dos sistemas de informação para contabilizar dados em saúde começou a manifestar maior importância no contexto da organização de dados públicos (BRASIL, 2009). Ainda nos anos 1970, a primeira Reunião Nacional sobre Sistemas de Informação em Saúde foi realizada, sendo um marco para o início da criação oficial dos sistemas de informação em saúde de abrangência nacional, vislumbrando o conhecimento da dimensão epidemiológica, demográfica e de produção, neste contexto. Como um dos marcos importantes, a criação do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica e a instituição da lista de doenças transmissíveis de notificação compulsória tiveram seu estabelecimento neste fórum (TEIXEIRA, 1998).

Devido às demandas de existir um sistema de informação em saúde, no início dos anos 1970 foi fundado o Núcleo de Informática do Ministério da Saúde, setor que

ficou responsável pelo suporte e implantação do processo de informatização das ações deste ministério. Tendo como primeiro sistema criado utilizando arcabouços de coleta de dados pré-codificada e ancorando-se em orientações da Organização Mundial de Saúde, o Sistema de Informação de Mortalidade (SIM) trouxe avanços positivos para a produção de informação naquele momento. (BALDIJÃO, 1992).

Neste período, o avanço da informática trazia para as estruturas governamentais as estações tecnológicas conhecidas como *mainframes* para o processamento dos dados então coletados. Porém, realizando de maneira centralizada, uma vez que o custo e a disponibilidade deste tipo de estrutura computacional ainda não estavam tangíveis para os serviços nos estados e capitais (BALDIJÃO, 1992). Ainda sobre a centralização da análise dos dados coletados, esta formatação proporcionava um maior controle na disseminação das informações (BRASIL, 2009).

No período da redemocratização do país, já com estruturas como o Departamento de Informática do SUS (DATASUS) implementados, as esferas locais/municipais de gestão da saúde iniciaram um processo de implantação da microinformática, favorecidos pela facilidade no acesso da tecnologia (ALMEIDA-FILHO, 2011). Este evento proporcionou a descentralização da produção, disseminação e análise de informação em saúde (ALMEIDA-FILHO, 2011).

Anos mais tarde o desenvolvimento do Sistema de Informação de Nascidos Vivos (SINASC) e consolidação do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) formaram a tríade dos primeiros e mais capilarizados sistemas de informação em saúde no território nacional, tendo as camadas de informação baseadas em eventos vitais e notificação da ocorrência de doenças (BRASIL, 2009).

Avançando no contexto, a criação de outros elementos de gestão propiciou a melhor organização e condução daquele conjunto de sistemas implementados, tendo como marco a criação do Centro Nacional de Epidemiologia (Cenepi) (BRASIL, 1993). Ainda durante os anos 1990, houve a necessidade da facilitação do acesso aos bancos de dados utilizados até então. Por isso o DATASUS desenvolveu uma estrutura computacional de tabulação de dados (para seleção e cruzamento de variáveis), conhecido como Tabwin, e que até hoje é utilizado na maioria dos estados e municípios brasileiros. Com a disseminação da rede mundial de computadores, a Internet, uma melhor estruturação das ferramentas de consolidação e análise das informações foi evidenciada, ampliando o acesso e deixando mais sólido a prática de

instrumentos computacionais na rotina das esferas de gestão, planejamento e vigilância em saúde por todo o território nacional (BRASIL, 2009).

Em 1996, a Rede Interagencial de Informações para Saúde (RIPSA) foi criada, tendo como principal objetivo a abertura de um fórum para discussão e padronização dos indicadores de saúde, tendo um misto de olhares técnicos baseados em representantes da comunidade científica e dos gestores dos principais sistemas de informação em saúde.

No decorrer do desenvolvimento técnico-político do tema informação em saúde, ainda existiram aparatos institucionais que fortaleceram a implantação destas estruturas nos três níveis de gestão dos sistemas de informação, como a criação da Programação Pactuada Integrada de Epidemiologia e Controle de Doenças (PPI-ECD). E dentre seus objetivos estava a definição das atribuições destes sistemas, além dos mecanismos de financiamento (BRASIL, 1999).

Diante do contexto de sistemas de informação em saúde e aprofundando no componente que tem a responsabilidade para o registro de doenças, a descrição histórica e conceitual do SINAN merece um particular detalhamento. Este sistema tinha em sua ideia inicial dois módulos, sendo o primeiro de notificação de doenças (Ficha Individual de Notificação) e outro de investigação (Ficha de Investigação) destas, ambos com identificador único de registro. O primeiro era responsável pela coleta das informações básicas para identificação e localização do caso, além da doença de suspeição e registro do grau de severidade no paciente. O segundo contemplava as informações pertinentes à investigação epidemiológica de cada caso, incluindo dados clínicos e um maior detalhamento para dimensionamento do contexto de ocorrência. Um fluxo particular fazia o direcionamento de cada tipo de dado considerando o nível da estrutura que os analisariam, onde o primeiro módulo deveria ter a remessa imediata e o segundo, o envio apenas após a investigação do caso. Esta dinâmica favoreceria a agilidade na consolidação dos dados de notificação, atualizando as informações de maneira incremental a partir do que foi coletado nos processos de investigação, incluindo o descarte dos casos não-confirmados. Entretanto características de algumas doenças e práticas consolidadas no funcionamento dos programas de controle não permitiram o avanço desta lógica, deixando então condicional o avanço do processo de notificação epidemiológica apenas depois da investigação do caso. Isso trouxe ao SINAN falta de agilidade,

considerando o que era desejado, criando limitações na oportunidade de detecção de casos em períodos epidêmicos (BRASIL, 2009).

Desde sua implantação, o SINAN apresenta vários desafios, entre eles a regularidade da atualização dos dados coletados, tendo como sua regulamentação (Portaria MS/GM nº1.882, de 18 de dezembro de 1997) um marco para a obrigatoriedade da alimentação regular da base de dados por parte dos municípios, estados e Distrito Federal, sob gestão nacional do Ministério da Saúde (BRASIL, 2009).

Após uma década da implantação do SINAN, e com a extinção do Cenepi, em 2003 houve a criação da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS) que, vinculada ao Ministério da Saúde, incorporou em sua rotina tanto os processos históricos e atribuições do Cenepi, quanto o conjunto de novas concepções que orientaram o conceito de vigilância em saúde. Também continuando com a responsabilidade de gestão da tríade dos sistemas mencionados anteriormente: SIM, Sinan e Sinasc. Não obstante, é inevitável destacar outros sistemas que até hoje tem relevância na coleta de dados e produção de informações relevantes para a prática da saúde coletiva em sua vertente da assistência à saúde. O Sistema de Informações da Atenção Básica é um dos principais instrumentos para planejamento das ações na atenção primária, embora ainda existam grandes desafios na completude e rotina de preenchimento desta plataforma (NOGUEIRA et al., 2014). O Sistema de Informações Hospitalares (SIH) também é outra ferramenta estratégica para a compreensão de informações sobre a morbidade hospitalar no Brasil, muitas vezes servindo como mais uma camada de dados para cruzamento e inferências sobre situações epidemiológicas (TEIXEIRA et al., 2011). Apesar de trazer em seu escopo informações relevantes como dados do indivíduo, procedência, local de internação, diagnóstico, tempo de internação e evolução da doença, este sistema também apresenta diversos gargalos e lacunas do uso de informação, não sendo útil para algumas estimativas epidemiológicas (NAKAMURA-PEREIRA et al., 2013). O Sistema de Informações Ambulatoriais também se constitui como mais uma base de dados que compõem informações sobre procedimentos básicos na atenção primária, mas também que enfrenta os mesmos obstáculos que os anteriormente citados: qualidade de informação comprometida pela adesão ou uso do preenchimento sistemático das entradas de dados (CHAVES et al., 2007). Mais recentemente o e-SUS foi constituído em substituição ao Sistema de Informações de Atenção Básica. Desta forma a

abordagem de prontuário eletrônico do cidadão e a coleta de dados simplificada passou a ser uma realidade na base da dinâmica de assistência à saúde (Brasil, 2017).

Todo esse contexto anterior remete-se ao desafio de criar uma interface de comunicação integrada, descaracterizando o sistema cartorial de registro e trazendo a necessidade da consideração de sistemas ágeis que permitam desencadear ações imediatas e realizar análises em tempo oportuno (BRASIL, 2009). O desenvolvimento de SIS necessita a produção de informação multi-nível, com saídas para suporte ao planejamento, controle e execução, desde a concepção das políticas de saúde até o direcionamento de ações específicas. E para isto, há necessidade da definição clara dos fluxos que combinem diferentes fontes e sistemas, fortalecendo desde o nível local de atuação até o contexto sistêmico do SUS (SOUZA et al., 2005).

## **1.2 Epidemiologia e vigilância epidemiológica**

Para Almeida-Filho et al. (2011) a epidemiologia é a principal ciência de informação em saúde, sendo referencial teórico para bases da medicina, saúde coletiva e diversas outras formações profissionais. Define-se como a compreensão dos fenômenos da saúde-doença-cuidado quantificando estes eventos e baseando-se em métodos matemáticos e técnicas estatísticas.

Sem o objetivo de realizar um denso resgate histórico, mas ao mesmo tempo, abordando brevemente as raízes da epidemiologia, autores como MacMahon et al. (1960) e Lilienfeld (1970) reconhecem Hipócrates como o precursor desta ciência. Observações além do paciente, constituíam o papel do ambiente como relevante e intrínseco ao acontecimento do estado de doença, sendo representado pelo conceito ecológico de saúde-enfermidade. Uma das obras que tornaram tangível esse pensamento foi o texto hipocrático *Ares, Águas, Lugares* (ALMEIDA-FILHO et al., 2011).

Fazendo um avanço cronológico para tratar da epidemiologia moderna que hoje é aplicada aos serviços de vigilância epidemiológica, John Snow pode ser pontuado como o maior ícone deste segmento. Desde os anos 1830 que ele já realizava inserções conceituais e metodológicas sobre o entendimento de surtos de doenças, indo de encontro ao paradigma sustentado naquela época pela escola médica tradicional: a teoria dos miasmas (SCLIAR et al., 2011). Com a ocorrência do



surto de cólera no distrito de Soho em 1854, John Snow teve a oportunidade de mais uma vez compartilhar sua teoria para a transmissão de doenças, e neste surto específico foi alcançado o objetivo de apontar uma relação causal entre fontes de contaminação e os óbitos observados (SNOW, 1965). Apesar disto, Koch (2008) questiona o método de John Snow colocando em xeque seus achados. De qualquer forma, houve uma contribuição indiscutível para este campo da ciência da saúde coletiva.

Seguindo com a evolução da ciência epidemiológica pelo século XX, novos modelos explicativos surgiram para confrontar a teoria monocausal da enfermidade, reforçando o paradigma de história natural de doença, tendo a epidemiologia do meio ambiente e a epidemiologia da paisagem sua representação no ocidente e oriente (PAVLOVSKY, 1963; ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE, 1976).

Na década de 1980, fica clara a caracterização da epidemiologia por duas tendências conceituais como: (1) a epidemiologia clínica, sendo pautada por uma ênfase mercadológica dos procedimentos de identificação de caso e avaliação terapêutica, sendo conhecida por medicina baseada em evidências; e (2) a epidemiologia social pautando a historicidade dos processos de saúde-enfermidade-atenção e a raiz econômica e política de seus determinantes (BREILH, 1991; BREILH; GRANDA, 1985; FEINSTEIN, 1983; SACKETT et al., 1985; SACKETT et al. 1996).

Novas tendências na epidemiologia surgiram em 1990 com o fomento de novas áreas que foram segmentadas desde a epidemiologia molecular, epidemiologia genética, farmacoepidemiologia até áreas mais subjetivas como etnoepidemiologia, ou mais aplicadas como a epidemiologia de serviços de saúde (ALMEIDA-FILHO et al., 2011).

Paralelo aos avanços no campo da epidemiologia, esta ciência ao longo do tempo também foi ganhando espaço em ambientes institucionalizados. Focando na sua penetração no sistema de saúde brasileiro, logo após a promulgação da Constituição Brasileira em 1988, foi iniciado um movimento de “Estratégias de Desenvolvimento da Epidemiologia no Brasil” (ALMEIDA-FILHO et al., 2011). A partir deste momento, começaram a ser desenvolvidas iniciativas acadêmicas organizadas para criação de fóruns de debates sobre a temática e sua evolução científica e aplicada aos serviços de saúde, tendo como marcos as realizações de edições do Congresso Brasileiro de Epidemiologia e a criação do Centro Nacional de Epidemiologia (CENEPI) (ALMEIDA-FILHO, 2011). Estes movimentos utilizaram

como alicerces a constituição do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica (SNVE) em 1975, que na época institucionalizaram a notificação compulsória de doenças transmissíveis para um grupo de enfermidades infecciosas e agravos selecionados. Desde então o país passou a estruturar órgãos responsáveis pelo desenvolvimento do SNVE em todos os estados da federação, treinando-os e orientando-os para uma prática de alimentação dos sistemas de notificação, visando a compreensão da situação epidemiológica e suportando as decisões (PAIM; TEIXEIRA, 1993). Como uma área que tem o propósito de fornecer orientação técnica aos profissionais de saúde responsáveis pela decisão e execução de ações de prevenção e controle de doenças, a vigilância epidemiológica pode ser definida como atividade de informação-decisão-ação (TEIXEIRA et al., 2011).

Considerando este contexto, pode-se pontuar como funções da vigilância epidemiológica: a coleta de dados e informações; o processamento, análise e interpretação dos dados coletados; tomada de decisão/ação; avaliação; divulgação de informações pertinentes; e normatizações (FOSSAERT et al., 1974). Entretanto a eficiência do SNVE depende do desenvolvimento articulado destas funções realizadas nos diferentes níveis. A vigilância epidemiológica necessita ser integrada e operada mediante a estes fatores citados, pois desta forma constitui-se um instrumento capaz de estabelecer um processo dinâmico para desencadeamento de medidas de controle pertinentes, planejamento, avaliação, manutenção e aprimoramento das intervenções públicas no âmbito da saúde (TEIXEIRA et al., 2011).

A Política Nacional de Vigilância em Saúde foi um outro elemento que instituiu formalmente um conjunto de diretrizes e princípios que apontam para a utilização da epidemiologia no aprimoramento do SUS, mencionando desde estratégias para organização da vigilância em saúde até matrizes de responsabilidades (Brasil, 2018).

### 1.2.1 Variações espaço-temporais de fenômenos epidemiológicos

Segundo Barreto et al. (2011) e Barata et al. (2011), o monitoramento dos padrões de variação temporal de doenças e outros agravos à saúde é um dos elementos mais importantes para a vigilância epidemiológica. Podem ser destacados três tipos de flutuações considerando aspectos temporais: (1) variações que ocorrem em períodos curtos (horas, dias ou meses), como cenários epidêmicos; (2) variações

que ocorrem em um longo período de tempo (tendência secular ou histórica); e (3) variações cíclicas, que podem ser sazonais ou não.

Alterações repentinas na incidência de doenças que ocorrem no curso de horas ou dias são frequentemente observadas em doenças infecciosas, mas também podem ser vivenciadas por outras causas como exposições ambientais restritas abrangendo grandes quantitativos populacionais (CADOT et al., 2007). Para estes fenômenos conceituais de epidemias, dois modelos prevalecem na compreensão destes eventos: (1) epidemias por fonte comum; e (2) epidemias progressivas ou propagadas. A primeira diz respeito a exposição de grupos de pessoas a uma única fonte de contaminação, enquanto a segunda resulta na transmissão direta ou indireta do agente infeccioso entre hospedeiros suscetíveis (BARATA et al., 2011).

A vigilância epidemiológica ainda apresenta como uma das funções primordiais como característica de ser uma área estratégica, a detecção precoce de epidemias e a implementação oportuna de medidas de controle. Para isso, sistemas de detecção necessitam estar aptos para identificação antecipada, tornando mais fácil o controle de eventos epidêmicos quando os mesmos estão no início, refletindo em um pequeno número de casos (BARRETO et al., 2011). Sistemas de detecção de epidemias se baseiam na identificação de um sinal/alerta, onde há uma observação na alteração do padrão epidemiológico apontando a existência de uma potencial epidemia. Porém ainda é um grande desafio a utilização dos sistemas tradicionais já implementados para a detecção destes fenômenos, devido a elementos como variações aleatórias na incidência da doença ou artefatos produzidos pela inconsistência das estruturas atuais (FARRINGTON et al., 2004).

Para Cliff et al (1981) a ocorrência de agregados espaciais, indicando surtos epidêmicos, podem ser caracterizados pelos seguintes mecanismos: (1) mecanismo de reação; e (2) mecanismo de interação. Para o primeiro a agregação espacial de casos resulta do fato de que as pessoas acometidas, de forma independente uma das outras, estão sujeitas a um risco mais alto de adoecer em função de compartilharem um mesmo conjunto de exposições ou fatores de risco. Isto pode ser referenciado pela ação destas em reagirem conjuntamente com as mesmas variáveis ou forças externas. No segundo mecanismo, a agregação existe porque há mais interação entre os indivíduos próximos geograficamente. Nessa situação, a ocorrência de doença é um fenômeno dependente, isto é, o risco de adoecer de uma pessoa depende da existência de outras transmitindo um determinado agente infeccioso.

No geral, não existe uma hipótese *a priori* para a ocorrência do agregado espacial, sendo o excesso de casos percebido, na maioria das vezes, inicialmente por membros da comunidade, e confirmado *a posteriori* por meio de estudos epidemiológicos que utilizam testes estatísticos especificamente desenvolvidos para detecção de agregados espaciais (BARATA et al., 2011). Mas fica clara a importância do desenvolvimento continuado de novas abordagens que preencham as lacunas que os sistemas tradicionais, por uma série de razões, não conseguem funcionar oportunamente na detecção antecipada de surtos.

### 1.3 Vigilância Participativa

Os estudos epidemiológicos aplicados à vigilância em saúde há algum tempo iniciaram um recrutamento de novas metodologias para a investigação de surtos ou acompanhamento de tendências em doenças infecciosas visando a identificação precoce destas situações (MITCHELL, 1997). O projeto inicial conhecido como ProMED-mail realizava uma veiculação diária por meios digitais (e-mails e website) sobre surtos de doenças ao redor do mundo, funcionando como uma unidade sentinela.

O uso destas fontes não-oficiais se resumem em grande parte a informação que está disponível na internet, quer seja produzida e distribuída por websites e portais de notícias, quer seja pela construção coletiva dos usuários nas mídias sociais ou plataformas *web/mobile* - movimento conhecido como *Crowdsourcing* (BRABHAM, 2008).

Atualmente diversas plataformas baseadas na internet permitem a visualização dos cenários epidemiológicos ao redor do mundo, promovendo com que a população, viajantes e serviços de saúde possam ter em mãos dados sobre doenças (BROWNSTEIN et al., 2009; BROWNSTEIN; FREIFELD, 2007; EYSENBACH, 2003; FREIFELD et al., 2010). O Regulamento Sanitário Internacional (RSI), quando foi implementado, já contava com a evolução dos sistemas de transporte que facilitam o deslocamento de indivíduos por todo o planeta, levando a possibilidades de disseminação mais rápida de doenças infecciosas, necessitando uma maior agilidade na identificação destes riscos (CHAN et al., 2010).

Além disso, um dos pontos atualizados na última versão do RSI foi a utilização das fontes não-oficiais (mídia em geral, por exemplo) para a detecção de rumores

sobre uma possível ocorrência de surtos ou casos de doenças tidas como emergências em saúde pública (CHAN et al., 2010). A publicação e circulação de conteúdo produzido por usuários da rede relacionado à epidemiologia de doenças foi caracterizado por Epidemiologia Participativa (JOST et al., 2007) e seu estudo pode ser definido pelos acrônimos "*Infodemiology*" e "*Infoveillance*", sendo entendidos respectivamente por Epidemiologia da Informação e Vigilância da Informação (EYSENBACH, 2009). Técnicas computacionais têm permitido a mineração de dados no ciber-espaço amplo, ou seja, análise de semânticas e palavras-chaves dispersas na internet, ligadas à textos com relevância epidemiológica, realizando captura e contabilização do conjunto de palavras, apontando tendências (BROWNSTEIN; FREIFELD, 2007; CARNEIRO; MYLONAKI, 2009). A busca em nichos mais específicos e, por questões técnicas, não atingidos pelos métodos descritos anteriormente também são apontados como uma fonte de elevada importância para a saúde pública coincidindo com as curvas epidêmicas dos agravos, a exemplo da mineração em redes sociais digitais como o Twitter (EYSENBACH, 2009; ; NAKASHI et al., 2012; SIGNORINI et al., 2011a, 2011b).

No atual processo do fluxo de informações considerando a vigilância epidemiológica, o indivíduo doente só será conhecido pela vigilância ao adentrar algum serviço, onde após a identificação da suspeita, o mesmo poderá ser notificado como possível caso. Porém, o intervalo entre o adoecimento e a notificação poderá gerar impacto na saúde pública se o caso, por exemplo, se expor a diversos contactantes suscetíveis àquela doença (CHRISTAKIS; FOWLER, 2010; MADOFF, 2004). Por outro lado, o preenchimento dessa lacuna pode ser feito tanto pela investigação das fontes não-oficiais como redes sociais, onde os usuários postam com frequência suas situações rotineiras, tendo uma participação passiva, ou ainda, no preenchimento de instrumentos específicos para a coleta de dados sindrômicos, assim apresentando uma participação ativa. Nestes dois casos o intervalo incógnito anteriormente é suprido pela captura de informações relevantes.

Considerando este nível de engajamento da população, no início do século 21 plataformas *online* possibilitaram que indivíduos participassem regularmente e voluntariamente reportando seus sintomas a partir de dispositivos móveis. Esses dados eram agregados e visualizados quase tempo real permitindo uma compreensão oportuna do cenário epidemiológico por parte das agências de saúde pública. Isto

oferecia oportunidade de ter dados rápidos e maior interação e controle social da população, originando o conceito de Vigilância Participativa (WOJCIK et al., 2014).

A primeira estratégia no mundo sobre vigilância participativa foi iniciada em 2003 na Holanda, voltada para abordagem sindrômica de Influenza Sazonal, conhecida como *Grote Griepmeting* e que posteriormente deu início a rede *InfluenzaNet*. Desde então uma disseminação deste tipo de estratégia foi visualizada na Europa, estando presente atualmente em Portugal, Itália, Reino Unido, Suécia, França e Espanha (WOJCIK et al., 2014). Em 2006 o projeto *Flu-Tracking*, dentro da mesma temática, foi desenvolvido na Austrália, também visando a participação da sociedade para identificação antecipada de surtos de influenza. Em 2009, a estratégia chega nas Américas, onde o México inicia os trabalhos na plataforma *Reporta*. Em 2011 os Estados Unidos implementaram o *Flu Near You* como seu braço de vigilância participativa e em 2012, seu território Porto Rico, recebe o projeto *Salud Boricua*, desta vez não limitado à Influenza apenas, mas também abarcando Dengue, Chikungunya e Leptospirose (WOJCIK et al., 2014).

O Brasil, apesar de ser reconhecido como polo de desenvolvimento computacional em saúde, apresenta resultados tímidos na produção científica e condução de estratégias relacionadas ao tema de detecção digital de doenças. O primeiro ensaio nacional deste segmento de vigilância foi desenvolvido em 2011 no projeto Dengue na Web, sendo a primeira plataforma de vigilância participativa no mundo não direcionada para doenças respiratórias (WOJCIK et al., 2014). Entretanto outras doenças com características clínicas agudas e que necessitam de uma rápida detecção, não eram cobertas por estratégias deste tipo, apontando a carência dos estudos voltados para as doenças de notificação compulsória imediata. Diante disto e do desenvolvimento turístico, comercial e industrial do país, a necessidade de estratégias como estas tiveram prioridade na implementação. Em adição, com a ocorrência de eventos de massa (Copa do Mundo de Futebol 2014, Olimpíadas 2016) existe uma demanda de preparação antecipada e otimizada do setor saúde para a mitigação de riscos infecciosos que por ventura viessem a ocorrer (KHAN et al., 2010).

Em 2013 o Ministério da Saúde (BRASIL, 2013) tornou público o início do desenvolvimento de trabalhos em escala nacional na temática de vigilância participativa e durante a VIII Conferência de Epidemiologia Científica das Américas (Santo Domingo - República Dominicana, 2014) foi dada o início ao primeiro projeto brasileiro voltado para vigilância participativa e eventos de massa intitulado Saúde na

Copa. Esta experiência foi também a pioneira em escala global a utilizar este tipo de vigilância para eventos de massa (CORLEY et al, 2014). Após o período da copa do mundo, o ministério da saúde adotou como estratégia o projeto Guardiões da Saúde, que foi a plataforma de rotina para este segmento de vigilância em saúde e detecção digital de doenças. Esta plataforma também foi utilizada durante as Olimpíadas e Paralimpíadas 2016, onde a mesma estará apta a identificar agregados sindrômicos das síndromes respiratórias, diarreicas e exantemáticas por arboviroses, incluindo Dengue, Chikungunya e Zika (RIO, 2016).

## **1.4 Detecção Digital de Doenças**

### **1.4.1 Mineração de dados em redes sociais**

As plataformas de redes sociais têm tido um crescimento sem precedentes ao redor do mundo. Em 2015 mais de 300 milhões de usuários ativos circularam conteúdos utilizando algumas destas plataformas (TWITTER, 2015). Estes canais servem para pessoas compartilharem e discutirem suas opiniões ou experiências, tanto em ambientes virtuais inespecíficos (Twitter, Facebook ou Instagram) como em ambientes específicos, relacionados ao contexto de saúde como *DailyStrenght* e *MedHelp* (PAUL et al., 2016). Avanços no processamento automático de dados e técnicas como aprendizado de máquina e processamento de linguagem natural tem propiciado a possibilidade da utilização massiva destas fontes para o monitoramento e vigilância em saúde pública, além de permitir a pesquisadores a criação de metodologias que favoreçam a exploração destes meios (PAUL et al., 2016).

Vários estudos têm sido publicados recentemente mostrando a utilização das redes sociais nas áreas de farmacovigilância, identificação de padrões de comportamento em saúde, identificação do uso indiscriminado de drogas e efeitos adversos de medicamentos, e monitoramento da disseminação de doenças infecciosas (BRONIATOWSKI et al., 2013; CHUNARA et al., 2012; HANSON et al., 2013; LEAMAN; WOJTULEWICZ, 2010; PAUL; DREDZE, 2011; STRUIK; BASKERVILLE, 2014).

A utilização das redes sociais para monitoramento e vigilância em saúde, porém, tem alguns desafios e dificuldades a serem considerados. Principalmente se forem utilizados mecanismos automatizados para realizar estes tipos de mineração

(PAUL et al., 2016). Métodos que utilizam textos longos como conteúdos veiculados em blogs ou fóruns de websites apresentam uma maior dificuldade para os algoritmos de mineração de texto interpretar e extrair dados relevantes (PAUL et al., 2016).

Trazendo um maior foco para a área de vigilância em saúde, uma das primeiras doenças a terem essa abordagem do uso de redes sociais para mineração de informações relevantes para a saúde pública foi a *Influenza* nos Estados Unidos (ARAMAKI et al., 2011; CULOTTA, 2010; SIGNORINI et al., 2011). A motivação original de utilizar dados da *web* para estimar a prevalência de *Influenza* foi a possibilidade de realizar esta ação em tempo real, em contraste com os tradicionais sistemas governamentais, no componente da vigilância em saúde, coordenado, nos Estados Unidos, pelo Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) (PAUL et al., 2016). Olson et al (2013) demonstra a possibilidade da predição de surtos de *Influenza* com até duas semanas de antecedência em relação aos meios tradicionais.

A utilização destas redes não se limita apenas a *Influenza*. O mapeamento de Dengue, Cólera, surtos por *E. Coli* e Ebola também tem tido seus dados provenientes destas fontes, corroborando cada vez mais com o papel de olhar para estes canais como importantes fontes de dados para vigilância digital de doenças (ALTHOUSE et al., 2011; CHAN et al., 2011; CHUNARA et al., 2012; DIAZ-AVILES; STEWART, 2011; GLUSKIN et al., 2014; GOMIDE et al., 2011; ODLUM, 2015; ODLUM; YOON, 2015).

No Brasil, Gomide et al. (2011) desenvolve pesquisas para vigilância da dengue baseadas na localização espaço-temporal dos dados provenientes do Twitter. Neste mesmo estudo há uma correlação entre as fontes oficiais do Ministério da Saúde em relação aos dados capturados pelo Twitter, sendo evidenciados por uma correlação ( $r$ ) = 0.9578 a notificação de casos com o número de *tweets* postados no mesmo período.

#### 1.4.2 Múltiplas fontes para aprimoramento dos sistemas de vigilância epidemiológica

Santillana et al. (2015) demonstra que a predição dinâmica de surtos de doenças, em períodos sazonais ou não a ocorrência destas, continuam sendo um grande desafio, entretanto existindo a oportunidade de fazê-la a partir de plataformas tecnológicas. A combinação de métodos estatísticos e epidemiologia computacional como modelos Susceptível – Infectado – Recuperado (SIR), sendo a base de análise de informações provenientes de fontes não-tradicionais baseadas na internet, podem



criar mecanismos de predição de doenças (COBB et al., 2014; YANG et al., 2014; 2015). Quando há união sistemática de componentes não-tradicionais de informação, junto a fontes oficiais de dados provenientes de governo, um matriciamento de múltiplas bases pode ser desenvolvido a fim de identificar, em tempo real e predições, situações epidemiológicas relacionadas a agregados sindrômicos (CHEN et al., 2014; SANTILLANA et al., 2015). Metodologias na área de *Machine learning* são as ideais para estes tipos de cruzamento, onde há uma independência computacional que possa processar os dados e extrair informações relevantes para o determinado tipo de resultado que se busca alcançar (BREIMAN, 1996; LIPSITCH et al., 2011; SANTILLANA et al., 2015).

No estudo da distribuição de *Influenza* nos Estados Unidos, Santillana et al. (2015), desenvolveu uma plataforma utilizando dados oficiais provenientes do compilado semanal do CDC sobre dados de ILI (*Influenza Like-Illness*) e dados não-oficiais provenientes de uma plataforma de prontuário eletrônico (Athena Health), Google Trends, Google Flu Trends, Twitter and Flu Near You data (vigilância participativa nos Estados Unidos e Canadá).

## **2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **2.1 Desenho do estudo**

Trata-se de um estudo misto com duas dimensões: (1) descritiva – para o estudo das plataformas de vigilância participativa; e (2) ecológico transversal a ser realizado utilizando dados secundários provenientes das plataformas de vigilância participativa, redes sociais e dados oficiais

### **2.2 Local do estudo**

Todos os dados provenientes das plataformas de vigilância participativa, redes sociais e fontes oficiais tem cobertura em todo o território nacional. Dados que forem gerados fora do território brasileiro, para esse estudo, serão desconsiderados.

### **2.3 População do estudo**

Para as plataformas de vigilância participativa serão considerados todos os registros provenientes de usuários cadastrados em território brasileiro, mesmo estes pertencendo a outra nacionalidade.

### **2.4 Período do estudo**

- a) Saúde na Copa: dados coletados entre 30 de maio de 2014 à 30 de Julho de 2014;
- b) Guardiões da Saúde: dados coletados entre 1º de março de 2016 à 1º de dezembro de 2016.

### **2.5 Série de dados**

As duas plataformas de vigilância participativa (Saúde na Copa e Guardiões da Saúde) que este projeto propõe analisar possuem características *Opensource*, e tanto a base de dados como o código fonte destas estão disponíveis no repositório virtual GitHub, sob o endereço homônimo ao projeto. Ou seja, tanto a tecnologia utilizada no

desenvolvimento das plataformas, como os dados gerados são de domínio público, permanente, sem necessidade de anuência dos dados. Além disso, os dados não possuem identificação nominal dos usuários e suas participações, propiciando que estes registros sejam anônimos. O presente estudo se baseia na coleta de dados secundários sem identificação individual dos usuários, portanto não há implicações éticas na condução do mesmo.

Os dados coletados por meio das plataformas de vigilância participativa se baseiam numa abordagem sindrômica. Para a qualificação de eventuais agregados sindrômicos, foi convencionado, para cada plataforma, a seguinte definição das síndromes:

a) Saúde na Copa:

- Síndrome exantemática: Participação que apresentar Febre E Tosse E Dor nas articulações E Cefaleia E Exantema;
- Síndrome diarreica: Participação que apresentar Febre E Náusea E Diarreia;
- Síndrome respiratória: Participação que apresentar Febre E Tosse E Dor de garganta.

b) Guardiões da Saúde

- Síndrome exantemática por arboviroses: Exantema E Febre OU Dores no corpo OU Dor nas juntas OU Cefaleia OU Coceira OU Olhos vermelhos ou Sangramento.
- Síndrome diarreica: Febre E Náusea E Dores no corpo ou Dor de cabeça;
- Síndrome respiratória: Febre E Tosse OU Dor de garganta OU Falta de ar OU Manchas vermelhas pelo corpo.

## 2.5.1 Operacionalização das variáveis

### 2.5.1.1 Saúde na Copa

- a) Idade: Agrupados em 13 a 20 anos; 21 a 30 anos; 31 a 40 anos; 41 a 50 anos; 51 a 60 anos; mais de 60 anos;
- b) Sexo: masculino ou feminino
- c) Data do registro: data do envio da participação pelo aplicativo;
- d) Localização do registro: município de ocorrência da participação;
- e) Região: Unidade federativa de ocorrência da participação;

- f) Equipamento: sistema operacional o qual o dispositivo móvel pertencia no momento da participação;
- g) Latitude e longitude: pares de coordenadas do local de participação;
- h) Status: bem (sem algum sintoma) ou mal (com algum sintoma);
- i) Sintomas: Febre, Tosse, Dor de Garganta, Falta de Ar, Náusea, Diarreia, Artralgia, Cefaleia, Hemorragia, Exantema,
- j) Informações complementares: Teve contato com outras pessoas com sintomas (relacionando cadeia de transmissão), Procurou um serviço de saúde (relacionando com a gravidade do caso);
- k) Síndromes: Diarreica, Exantemática, Respiratória.

#### 2.5.1.2 *Guardiões da Saúde*

- a) Idade: Agrupados em 13 a 20 anos; 21 a 30 anos; 31 a 40 anos; 41 a 50 anos; 51 a 60 anos; mais de 60 anos;
- b) Raça/cor: Branco, Preto, Pardo, Amarelo, Indígena;
- c) Data do registro: data do envio da participação pelo aplicativo;
- d) Localização do registro: município de ocorrência da participação;
- e) Região: Unidade federativa de ocorrência da participação;
- f) Equipamento: sistema operacional o qual o dispositivo móvel pertencia no momento da participação;
- g) Latitude e longitude: pares de coordenadas do local de participação;
- h) Sintomas: Febre, Exantema, Mialgia, Artralgia, Cefaleia, Coceira, Olhos vermelhos, Dor de garganta, Tosse, Falta de Ar, Náusea/Vômito; Diarreia, Sangramento,
- i) Informações complementares: Teve contato com alguém que apresentou estes sintomas (relacionando cadeias de transmissão); Esteve fora do Brasil nos últimos 14 dias (relacionando se o caso pode ser autóctone ou alóctone); Procurou um serviço de saúde (relacionando a gravidade do caso);
- j) Síndromes: Diarreica, Respiratória e Exantemática.

## **2.6 Síntese dos aspectos metodológicos da coletânea de artigos**

Com objetivo de evitar a repetição do texto, porém atendendo as exigências do formato da tese em coletânea de artigos, foram descritos sinteticamente aspectos metodológicos que complementam os mesmos expostos nos artigos.

#### 2.6.1 Síntese dos aspectos metodológicos do artigo “Digital Disease Detection and participatory surveillance: overview and perspectives for Brazil”

No período de outubro de 2013 a setembro de 2014 foi realizada uma análise descritiva a partir da construção de categorias baseadas nos objetos de estudo, sendo estes divididos em: (1) Detecção Digital de Doenças na Web; (2) Vigilância Participativa (crowdsourcing ativo); e (3) Twitter (Crowdsourcing passivo). Dentro da primeira categoria estão descritas experiências que utilizam a busca ativa de dados com importância epidemiológica na internet. Na segunda, as experiências em que indivíduos participam do processo como fonte primária de informação para a construção dos cenários epidemiológicos. Por último, estão apresentados as pesquisas relacionadas a coleta de dados com relevância epidemiológica no Twitter. Com a finalidade de delimitar o objeto de estudo, só foram abordadas as experiências que possuem um reconhecimento já consolidado no meio científico demonstrado através da repetição de suas citações em artigos desta temática.

Para a caracterização da análise das plataformas, foi utilizada a descrição da estratégia, o tipo de fonte de dados (primários para dados coletados diretamente de usuários e secundários para dados coletados no ciber-espço), objetivos principais de cada sistema e plataforma de interação com os usuários (Website para coleta, registro e consulta de informações apenas em sítios eletrônicos e Aplicativo móvel para coleta, registro e consulta de informações por dispositivos móveis como tablets e smartphones).

#### 2.6.2 Síntese dos aspectos metodológicos do artigo “Saúde na Copa: The World’s First Application of Participatory Surveillance for a Mass Gathering at FIFA World Cup 2014, Brazil.”

O Saúde na Copa foi um aplicativo utilizado oficialmente pelo ministério da saúde para a identificação antecipada de início de surtos e epidemias,

especificamente de síndromes exantemáticas, respiratórias e diarreicas. Durante o período de 12 de maio a 13 de Julho de 2014, indivíduos de qualquer lugar do mundo estavam aptos a realizar o download do aplicativo Saúde na Copa em smartphones do tipo Android ou iOS. Após um cadastro anônimo e voluntário, os usuários eram perguntados sobre sua condição de saúde e em seguida, se a mesma remetia a alguma doença, eram questionados sobre uma lista de dez sintomas. Após o informe, os dados eram coletados em tempo real, geolocalizados, e enviados para uma nuvem onde uma análise de detecção de padrões eram realizada. A informação extraída era incluída em painéis de monitoramento, acessado por técnicos da vigilância epidemiológica no Ministério da Saúde.

#### 2.6.3 Síntese dos aspectos metodológicos do artigo “Inovações disruptivas e as transformações da saúde pública na era digital”

Nesta publicação foi realizada uma exploração dos conceitos de Detecção Digital de Doenças e seu posicionamento frente a outros avanços de tecnologias exponenciais, realizando contrapontos frente aos sistemas de informações hospitalares clássicos. Foi utilizado como modelo estrutural os *6d's das tecnologias exponenciais* amplamente debatido por Peter Diamandis e Steven Kotler sendo elemento norteador do comportamento tecnológico de impacto amplo. Também foram utilizados os conceitos de *Infodemiology* e *Infoveillance* discutidos por Eysenbach, 2009 para descrever a relação da rotina de análise das informações em saúde.

#### 2.6.4 Síntese dos aspectos metodológicos do artigo “Perspectivas otimistas para a saúde do futuro”

Este artigo, como participante de uma seção temática dos Cadernos de Saúde Pública, foi uma tréplica baseada nos artigos da coletânea desta seção, descrevendo a importância da utilização das novas tecnologias como modelos de acesso a informação em saúde. Além disso foram endereçadas questões sobre a temática de Big Data e derivações de técnicas de inteligência artificial.

### 2.6.5 Síntese dos aspectos metodológicos do artigo “Participatory surveillance based on crowdsourcing during Olympic games Rio 2016: The case of Guardians of Health”

O Guardiões da Saúde foi uma plataforma de vigilância participativa utilizada pelo Ministério da Saúde com objetivos de identificar riscos de surtos e epidemias durante os jogos olímpicos e paralímpicos de 2016. O presente artigo descreveu sua tecnologia e utilização durante o período de 28 de março de 2016 a 26 de outubro de 2016. A plataforma estava disponível para a população em formato de aplicativos móveis onde os indivíduos podiam realizar o download em seus smartphones e após a leitura dos termos de uso fazer um cadastro gratuito para informar sintomas de maneira voluntária. O sistema esteve disponível em sete idiomas e possui seu código e base disponível para domínio público no repositório virtual GitHub. Foi adotada uma abordagem sindrômica para combinação dos sintomas informados e classificação do *cluster* de usuários para a tentativa de identificação dos agregados geolocalizados. Foi desenvolvido também um sistema de alerta que ficou disponível para uso do Ministério da Saúde, onde o acompanhamento em tempo real permitia a visualização da alteração do padrão epidemiológico a partir dos informes pelo aplicativo. Se fosse detectado aumentos ou comportamentos atípicos, o painel de monitoramento emitia um alerta para que equipes de vigilância epidemiológica pudessem realizar a verificação em campo.

### **3 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS**

O presente estudo foi baseado na coleta de dados secundários de domínio público, disponíveis em repositórios virtuais do GitHub, com acesso gratuito e irrestrito. Os dados estão anonimizados sem a possibilidade de identificação pessoal entre os usuários. Desta forma, não foi necessária a submissão dos projetos ao comitê de ética.

O projeto Saúde na Copa foi financiado pela Training Program and Public Health Network (TEPHINET)/The Task Force for Global Health, INC.

O projeto Guardiões da Saúde foi financiado pela Skoll Global Threats Fund sob o grant #14-02598 e FACEPE sob o projeto SIN-0340-4.06/15 PEPE 2ª rodada.



## **4 ARTIGOS**

### **4.1 Artigo 1: Digital Disease Detection and participatory surveillance: overview and perspectives for Brazil**

O presente artigo trata da descrição do panorama sobre detecção digital de doenças e vigilância participativa, realizando um resgate do início da utilização desta metodologia até os locais em que utilizam até hoje. Também foi enfatizada as características de cada plataforma web e mobile, ressaltando seus benefícios e desafios.

RSP

Revista de  
Saúde Pública<http://www.rsp.fsp.usp.br/>

## Digital disease detection and participatory surveillance: overview and perspectives for Brazil

Onício B Leal-Neto<sup>1)</sup>, George S Dimech<sup>2)</sup>, Marlo Libel<sup>3)</sup>, Wanderson Oliveira<sup>4)</sup>, Juliana Perazzo Ferreira<sup>5,6)</sup><sup>1)</sup> EpiTrack eHealth. Recife, PE, Brasil<sup>2)</sup> Programa de Pós-graduação em Saúde Pública. Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães. Fundação Oswaldo Cruz. Recife, PE, Brasil<sup>3)</sup> Diretoria Geral de Doenças e Controle de Agravos. Secretaria de Saúde do Estado de Pernambuco. Recife, PE, Brasil<sup>4)</sup> Skoll Global Threats Fund. San Francisco, CA, USA<sup>5)</sup> Coordenação Geral de Vigilância e Resposta a Emergências em Saúde Pública. Secretaria de Vigilância da Saúde. Ministério da Saúde. Brasília, DF, Brasil<sup>6)</sup> Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, Brasil

### ABSTRACT

This study aimed to describe the digital disease detection and participatory surveillance in different countries. The systems or platforms consolidated in the scientific field were analyzed by describing the strategy, type of data source, main objectives, and manner of interaction with users. Eleven systems or platforms, developed from 1996 to 2016, were analyzed. There was a higher frequency of data mining on the web and active crowdsourcing as well as a trend in the use of mobile applications. It is important to provoke debate in the academia and health services for the evolution of methods and insights into participatory surveillance in the digital age.

**DESCRIPTORS:** Public Health Surveillance. Mobile Applications, trends. Information Technology. Science, Technology and Society.

#### Correspondence:

Onício B Leal-Neto  
Av. República do Líbano, 251  
2508 A Pina  
51110-160 Recife, PE, Brasil  
E-mail: onicio@gmail.com

**Received:** 18 Feb 2015

**Approved:** 5 Jul 2015

**How to cite:** Leal-Neto OB, Dimech GS, Libel M, Oliveira W, Ferreira JP. Digital disease detection and participatory surveillance: overview and perspectives for Brazil. Rev Saude Publica. 2016;50:17.

**Copyright:** Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.



## INTRODUCTION

Epidemiological studies applied to health surveillance in the last two decades have begun a recruitment of new methodologies to investigate outbreaks or track trends in infectious diseases, aiming at the early identification of outbreaks and infectious diseases<sup>1</sup>. Currently, many digital platforms, such as HealthMap, Google Flu Trends, and Flu Near You, allow visualizing epidemiological scenarios around the world, providing data on diseases for the population, travellers and health services<sup>2</sup>. When the International Health Regulations (IHR) were implemented, they already counted on the evolution of transport systems that help individuals travel all over the planet. These systems make infectious diseases spread quicker, demanding greater agility in identifying these risks<sup>3</sup>. In addition, one of the points updated in the last version of the IHR was the use of unofficial sources (for example, the general media) to detect rumors about possible outbreaks or cases of diseases considered public health emergencies<sup>4</sup>. Using these unofficial sources comes down largely to information available on the internet, whether produced and distributed by news websites and other websites, or collectively by users in social media – a movement known as crowdsourcing<sup>5</sup>. The publication and dissemination of content produced by users and related to the epidemiology of diseases have been characterized by Participatory Epidemiology<sup>6</sup> and its study may be defined as Infodemiology and Infoveillance, respectively, Information Epidemiology and Information Surveillance<sup>6</sup>. Computational techniques have enabled data mining in cyberspace, in other words, analyzing semantics and keywords scattered on the internet, linked to texts of epidemiological relevance, capturing and counting sets of words, indicating trends<sup>4</sup>. Research in more specific niches, unaffected by the methods described previously due to technical issues, is also cited as an important source for public health, coinciding with the epidemic curves of the health harms. One example is mining in online social networks as Twitter<sup>4,6</sup>.

Despite being recognized as a center of computer development in health, Brazil presents shy results in scientific production related to digital detection of diseases. The Country has successful experiences using data mining in social networks and participatory surveillance related to studying the epidemiology of dengue, as the projects *Observatório da Dengue* (Dengue Observatory) and *Dengue na Web* (Dengue in the Web)<sup>4,7</sup>. However, other diseases of acute clinical features and requiring a rapid detection were not covered by strategies of this type, indicating the lack of studies geared to notifiable diseases. Considering this and the Brazilian tourism, commercial, and industrial development, strategies like these had priority in implementation. Large events such as the FIFA World Cup demand optimized advance preparation of the healthcare sector to mitigate potential infectious risks, and it resulted in the project *Saúde na Copa* (Healthy Cup)<sup>7</sup>. Since this successful experience took place, Brazil has remained investing efforts and collaborations to continue the participatory surveillance, culminating in the launch of the platform *Guardiões da Saúde* (Guardians of Health), in 2016.

The objective of this study was to describe the digital disease detection and participatory surveillance in different countries from 1996 to 2016.

## METHODS

From October 2013 to March 2016, a descriptive analysis was performed using categories based on the objects of study, divided into: (1) Digital disease detection on the web; (2) Participatory surveillance (active crowdsourcing); and (3) Twitter (passive crowdsourcing). The first category describes experiments using active search for epidemiologically relevant data on the internet. The second one, experiments in which individuals are the primary source of information for building epidemiological scenarios. The final one presents the research related to collecting data of epidemiological relevance on Twitter. To specify the object of study, only experiments of consolidated recognition in the scientific world, measured by citations in articles on this theme, were discussed.

To characterize the analysis of the platforms, we described the strategy, the data source type (primary for data collected directly from users and secondary for data collected in the cyberspace), and the main goals of each system and platform of interaction with users (website for collection, record, and search for information on websites and mobile application for collection, record, and search for information using mobile devices as tablets and smartphones).

## RESULTS

Table describes the strategy of 11 systems or platforms of digital detection of diseases. Regarding the characterization of systems, we observed a predominance of North American countries, higher frequency of epidemiologically relevant data mining on the web and active crowdsourcing, use of primary and secondary data sources, and a trend in the use of mobile applications to collect, record, and search information. All platforms require users to register so they can send and have access to information, but are free of cost.

Table. Description of the systems or platforms of digital detection of diseases.

Title	Country, base year	Strategy type	Data source	Main objectives	Interaction platform
ProMED	USA, 1996	A	Secondary	Collecting data in cyberspace related to diseases and conditions.	Website and mobile application
GPHIN	Canada, 1997	A	Secondary	Collecting data in cyberspace related to diseases and conditions.	Website
InfluenzaNet	The Netherlands and Belgium, 2003 Portugal, 2005 Italy, 2008 UK, 2009	B	Primary	Collecting information on influenza-like illness data, made available to the population.	Website and mobile application
HealthMap	USA, 2006	A, B	Primary and secondary	Spatializing epidemiologically relevant information, made available to the population via web.	Website and mobile application*
MedISys	Italy, 2007	A	Secondary	Collecting data in cyberspace related to diseases and conditions.	Website
Salud Boricua	USA (for Puerto Rico only), 2008	B	Primary	Spatializing information on acute febrile syndrome (dengue fever, influenza, leptospirosis) data, made available to the population.	Website
Flu Near You	USA, 2011	B	Primary	Spatializing information on influenza-like illness data, made available to the population.	Website and mobile application
<i>Dengue na Web</i> (Dengue in the Web)	Brazil, 2011	B	Primary	Spatializing information on data related to dengue fever.	Website
<i>Observatório da Dengue</i> (Dengue Observatory)	Brazil, 2011	C	Primary	Spatializing tweets related to dengue fever.	Website
<i>Saúde na Copa</i> (Healthy Cup)	Brazil, 2014	A, B	Primary and secondary	Detecting possible changes in the epidemiological pattern of acute disease occurrence in 12 Brazilian host cities during the 2014 FIFA World Cup.	Website and mobile application
<i>Guardiões da Saúde</i> (Guardians of Health)	Brazil, 2016	B	Primary and secondary	Detecting in advance aggregates of cases of diarrhoeal, respiratory, and exanthematic syndromes in Brazil.	Website and mobile application

A: Mining of epidemiologically relevant data on the web; B: Participatory surveillance (Active crowdsourcing); C: Data mining on Twitter (Passive crowdsourcing)

\* Made by the application Outbreaks Near Me.

Seven of those platforms showed a potential use in Brazil, where some of them are already part of the routines of the *Centros de Informações Estratégicas de Vigilância em Saúde* (CIEVS – Centers for Strategic Health Surveillance Information) of health departments of capitals and states and the Ministry of Health.

## DISCUSSION

With the current epidemiological surveillance information flow, sick individuals are known by the surveillance only when they access a service where, after receiving the suspected diagnosis, they can be notified as possible cases. However, the time between illness and notification can impact public health, e.g., if the case is exposed to several people susceptible to that disease<sup>37</sup>. On the other hand, this gap can be filled both by investigating unofficial sources such as social networks, where users often post their routine situations (passive participation), or using specific instruments for syndrome data collection (active participation). In both cases, the time gap previously mentioned is overcome by obtaining relevant information<sup>37</sup>.

Regarding data mining in social networks, of passive participation<sup>56</sup>, an issue to be considered is: what is the extent of the freedom of epidemic intelligence services in the search for information in these environments, since users are unaware that what they post is considered suspect?

Obviously the constitution did not provide for such evolution of the technologies, but attempts to adapt came with the movement for the *Marco Civil da Internet* (Brazilian Civil Rights Framework for the Internet), which guides users' principles, guarantees, rights and duties<sup>67</sup>. In a scenario where the early detection of suspected cases and rumors is important, should these issues be above the minimization of the risk of spreading any infectious disease? Research ethics committees need to empower themselves on the themes, know the various instruments and see the horizon of possibilities in the field, for the good judgement of the studies that will produce the future instruments of this area.

Another important aspect is the current limitations to validate information, with aspects of cultural changes in the collaborative thinking of society to build sources of information with popular participation and social control. In fact, when detecting threats, suspicions or rumors for these types of information sources, risks can only be mitigated with local teams of epidemiological research. However, investment in these task forces may be questionable if strategies like this are not recognized as complementary to traditional sources, as part of the routine epidemiological surveillance flow.

There are several points to be discussed and the role of this communication is not to exhaust the subject, but to instigate debate in academic and health services so they can know and approach new methods and opportunities created by participatory surveillance in the digital age. This approach is still new in Brazil, but there are already dozens of successful experiences abroad, indicating a trend that will strengthen in the coming years.

## REFERENCES

1. Brabham DC. Crowdsourcing as a model for problem solving: an introduction and cases. *Convergence*. 2008;14(1):75-90. DOI:10.1177/1354856507084420
2. Chan EH, Brewer TF, Madoff LC, Pollack MP, Sonricker AL, Keller M et al. Global capacity for emerging infectious disease detection. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2010;107(50):21701-6. DOI:10.1073/pnas.1006219107
3. Christakis NA, Fowler JH. Social network sensors for early detection of contagious outbreaks. *PLoS One*. 2010;5(9):e12948. DOI:10.1371/journal.pone.0012948

4. Eysenbach G. Infodemiology and infoveillance: framework for an emerging set of public health informatics methods to analyze search, communication and publication behavior on the Internet. *J Med Internet Res*. 2009;11(1):e11. DOI:10.2196/jmir.1157
5. Salathé M, Bengtsson L, Bodnar TJ, Brewer DD, Brownstein JS, Buckee C. Digital epidemiology. *PLoS One*. 2012;8(7):e1002616. DOI:10.1371/journal.pcbi.1002616
6. Signorini A, Segre AM, Polgreen PM. The use of twitter to track levels of disease activity and public concern in the U.S. during the influenza A H1N1 pandemic. *PLoS One*. 2011;6(5):e19467. DOI:10.1371/journal.pone.0019467
7. Wójcik OP, Brownstein JS, Chunara R, Johansson MA. Public health for the people: participatory infectious disease surveillance in the digital age. *Emerg Themes Epidemiol*. 2014;11:7. DOI:10.1186/1742-7622-11-7.eCollection 2014

**Authors' Contribution:** Conception and planning of the study: OBLN. Drafting of the manuscript: OBLN, GSD, JPF. Critical review of the manuscript: ML, WO. Approval of the final version to be published: OBLN, ML, JPF.

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

#### **4.2 Artigo 2: Saúde na Copa: The World's First Application of Participatory Surveillance for a Mass Gathering at FIFA World Cup 2014, Brazil**

O presente artigo descreve a experiência realizada durante a Copa do Mundo, na aplicação da plataforma de vigilância participativa Saúde na Copa, sendo o primeiro relato no mundo da utilização desta metodologia para monitoramento em saúde durante eventos de massa.

## Original Paper

## Saúde na Copa: The World's First Application of Participatory Surveillance for a Mass Gathering at FIFA World Cup 2014, Brazil

Onício Leal Neto<sup>1,2,3</sup>, MPH; George Santiago Dimech<sup>4</sup>, MPH; Marlo Libel<sup>5</sup>, MD; Wayner Vieira de Souza<sup>6</sup>, PhD; Eduarda Cesse<sup>6</sup>, PhD; Mark Smolinski<sup>5</sup>, MPH; Wanderson Oliveira<sup>7</sup>, MPH; Jones Albuquerque<sup>1,8</sup>, PhD

<sup>1</sup>EpiTrack, Recife, Brazil

<sup>2</sup>SingularityU Recife Chapter, Recife, Brazil

<sup>3</sup>Aggeu Magalhães Research Center, Department of Health Collective, Recife, Brazil

<sup>4</sup>Pernambuco Health Department, Recife, Brazil

<sup>5</sup>Skoll Global Threats Fund, Pandemics Team, San Francisco, CA, United States

<sup>6</sup>Aggeu Magalhães Research Center, Department of Public Health, Recife, Brazil

<sup>7</sup>Brazil's Ministry of Health, General Coordination of Public Health Emergencies Response, Brasília, Brazil

<sup>8</sup>Federal Rural University of Pernambuco, Informatics Department, Recife, Brazil

### Corresponding Author:

Onício Leal Neto, MPH

EpiTrack

Republica do Libano, 251. 2508 A

Pina

Recife, 51110-160

Brazil

Phone: 55 81991849209

Fax: 55 8137218600

Email: [onicio@epitrack.tech](mailto:onicio@epitrack.tech)

### Abstract

**Background:** The 2005 International Health Regulations (IHRs) established parameters for event assessments and notifications that may constitute public health emergencies of international concern. These requirements and parameters opened up space for the use of nonofficial mechanisms (such as websites, blogs, and social networks) and technological improvements of communication that can streamline the detection, monitoring, and response to health problems, and thus reduce damage caused by these problems. Specifically, the revised IHR created space for participatory surveillance to function, in addition to the traditional surveillance mechanisms of detection, monitoring, and response. Participatory surveillance is based on crowdsourcing methods that collect information from society and then return the collective knowledge gained from that information back to society. The spread of digital social networks and wiki-style knowledge platforms has created a very favorable environment for this model of production and social control of information.

**Objective:** The aim of this study was to describe the use of a participatory surveillance app, Healthy Cup, for the early detection of acute disease outbreaks during the Fédération Internationale de Football Association (FIFA) World Cup 2014. Our focus was on three specific syndromes (respiratory, diarrheal, and rash) related to six diseases that were considered important in a mass gathering context (influenza, measles, rubella, cholera, acute diarrhea, and dengue fever).

**Methods:** From May 12 to July 13, 2014, users from anywhere in the world were able to download the Healthy Cup app and record their health condition, reporting whether they were good, very good, ill, or very ill. For users that reported being ill or very ill, a screen with a list of 10 symptoms was displayed. Participatory surveillance allows for the real-time identification of aggregates of symptoms that indicate possible cases of infectious diseases.

**Results:** From May 12 through July 13, 2014, there were 9434 downloads of the Healthy Cup app and 7155 (75.84%) registered users. Among the registered users, 4706 (4706/7155, 65.77%) were active users who posted a total of 47,879 times during the study period. The maximum number of users that signed up in one day occurred on May 30, 2014, the day that the app was officially launched by the Minister of Health during a press conference. During this event, the Minister of Health announced the special government program Health in the World Cup on national television media. On that date, 3633 logins were recorded, which accounted for more than half of all sign-ups across the entire duration of the study (50.78%, 3633/7155).



**Conclusions:** Participatory surveillance through community engagement is an innovative way to conduct epidemiological surveillance. Compared to traditional epidemiological surveillance, advantages include lower costs of data acquisition, timeliness of information collected and shared, platform scalability, and capacity for integration between the population being served and public health services.

(JMIR Public Health Surveill 2017;3(2):e26) doi:10.2196/publichealth.7313

#### KEYWORDS

mass gatherings; participatory surveillance; public health; epidemiology

### Introduction

Mass gatherings (MGs) are situations that involve large populations that come together for specific causes related to leisure (eg, sports events, carnivals, and concerts), religion (eg, Hajj, World Youth Day), politics (eg, marches, protests, presidential inaugurations), or similar purposes [1-4]. By changing business, media, and public health environments, MGs create both new opportunities and novel risks [3-5].

During any MG, two changes in particular have the potential to significantly increase pressure on the local health care system. The first is the increase in simple contact between travelers (ie, tourists, athletes, workers, volunteers, press staff, authorities) and individuals in the local population [1-3]. This contact can promote both the introduction of diseases into the local population by visitors and the transmission of diseases to visitors through either visitor-to-visitor or native-to-visitor contact. The potential for transmission among visitors and between natives and visitors (both native-to-visitor and visitor-to-native) is further influenced by the increased mobility of people and goods made possible by the forces of globalization [3]. This mobility increases contact among individuals and goods from different epidemiological settings, promotes the exchange of potential threats to public health, and generates new risks [3,4,6,7]. Recent experiences with the persistence of dengue fever and increased circulation of Zika virus [8-10] and Chikungunya fever have made the threat of infectious disease transmission a tangible reality that requires rapid detection and response preparation (ie, including case findings, vaccine availability, diagnostic procedures, medical services, epidemiological research, medicines, and guidance for the public and professionals) [3,4,7]. A second MG-associated change that has the potential to significantly increase pressure on the local health care system is the size of the MG itself, which can impact routine demand not only for health, but for all public services, especially security and transportation [3,4,6].

The revised International Health Regulations (IHRs) 2005 required states to develop, strengthen, and maintain the capabilities to detect, assess, notify, and report risk events to international public health authorities, including situations resulting from MGs [11]. Additionally, the 2005 IHRs established parameters for event assessments and notifications that may constitute public health emergencies of international concern [12-14]. These requirements and parameters opened up space for the use of nonofficial mechanisms (eg, websites, blogs, and social networks) and technological improvements of communication that can streamline the detection, monitoring,

and response to health problems, and thus reduce damage caused by these problems [15-19]. Specifically, the revised IHRs created space for participatory surveillance to function, in addition to the traditional surveillance mechanisms of detection, monitoring, and response [20-27]. Participatory surveillance is based on crowdsourcing methods that collect information from society and then return the collective knowledge gained from that information back to society. The spread of digital social networks and wiki-style knowledge platforms has created a very favorable environment for this model of production and social control of information [18,19,28-31].

The aim of this study was to describe the use of a participatory surveillance app, Healthy Cup, for the early detection of acute disease outbreaks during the Fédération Internationale de Football Association (FIFA) World Cup 2014. The main health outcomes (ie, outcomes related to infectious diseases) that have been associated with MG sporting events like this are respiratory, cardiovascular, and gastrointestinal (ie, diarrhea) [32-36]. Respiratory outcomes are mainly associated with viruses that can spread easily between individuals, cardiovascular outcomes are usually associated with the emotional stress that fans experience during sports events, and gastrointestinal outcomes are often associated with the expansion of the informal food trade that typically occurs during MG events (eg, foods being sold on the street) and the desire of tourists to sample local cuisine, which may not be well tolerated by travelers' bodies. Our focus was on these three main infectious disease outcomes, specifically respiratory, diarrheal, and rash syndromes related to diseases that are considered important in an MG context (ie, influenza, measles, rubella, cholera, acute diarrhea, and dengue fever).

### Methods

From May 12 to July 13, 2014, users from anywhere in the world were able to download the Healthy Cup app and record their health condition, reporting whether they were *good*, *very good*, *ill*, or *very ill*. For users that reported being *ill* or *very ill*, a screen with a list of 10 symptoms was displayed. Participatory surveillance allows for the real-time identification of aggregates of symptoms that indicate possible cases of infectious diseases. Table 1 lists the symptoms, and syndromes and diseases associated with these symptoms, that were included in the Healthy Cup app. In addition to these 10 symptoms, the app also had 2 additional queries regarding contact chain (eg, "I got in touch or know someone with some of these symptoms in the last 7 days") and severity of the symptoms ("I looked for a health care service").

**Table 1.** Symptoms, syndromes, and diseases searched using Healthy Cup app.

Symptoms	Syndromes		Diseases						
	Respiratory	Diarrheal	Rash	Influenza	Measles	Rubella	Cholera	Acute diarrhoea	Dengue
Fever	X	X	X	X	X	X	-	X	X
Cough	X	-	X	X	X	X	-	-	-
Sore throat	X	-	-	X	-	-	-	-	-
Nausea	-	X	-	-	-	-	-	X	-
Joint pain	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Headache	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Diarrhea	-	X	-	-	-	-	X	X	-
Rash	-	-	X	-	X	X	-	-	X
Bleeding	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Shortness of breath	X	-	-	X	-	-	-	-	-

Healthy Cup was developed by a partnership between the Secretariat of Health Surveillance (Brazil's Ministry of Health), Skoll Global Threats Fund, and EpiTrack eHealth. The app was designed on an open source platform for use on mobile devices. The platform was developed as a hybrid app for both iOS and Android operating systems that could be accessed by anyone using an iOS or Android smartphone, or as a Web app in any Internet browser. The iOS native and Web apps were developed using PhoneGap (built with JavaScript, HTML5 and CSS) [37]; the Android app was developed in native language. The mobile and Web apps use external interface capabilities to support Application Program Interface (API) Google Places (for location of nearby hospitals and pharmacies), Google Maps API (for user navigation to points of interest and viewpoints on the dashboard), and Twitter API (for streaming of the Ministry of Health profile) [38,39]. We used a MySQL-type server developed in PHP language, and we managed the database using phpMyAdmin.

The Healthy Cup project was hosted throughout the study period by Dreamhost [40], and its code and versioning used GitHub. To ensure safety of the platform, we also set up a virtual private

server with 60 gigabytes of storage, 2 gigabytes of random-access memory, and unlimited bandwidth. Both reports and registers had geolocation features, in which the system captured the coordinates related to each use. This function was implemented following these standards to acquire geolocation data: (1) asking the permission of the users; (2) starting up a cron job to get the coordinates; and (3) inserting this coordinate for each respective event, whether it was a report or register.

## Results

From May 12 through July 13, 2014, there were 9434 downloads of the Healthy Cup app and 7155 (75.84%) registered users. Among the registered users, 4706 (4706/7155, 65.77%) were active users who posted a total of 47,879 times during the study period. Of these posts, 89.43% (42,818/47,879) reported no symptoms. One symptom was reported in 3173 posts (3173/47,879, 6.63%); one or more symptoms were reported in 5329 posts (5329/47,879, 11.13%; with an average of 1.8 per post); five or more symptoms were reported in 220 posts (220/47,879, 0.46%); and all 10 symptoms were reported in 99 posts (99/47,879, 0.21%; see Table 1 and Table 2).

**Table 2.** Distribution of the posts, symptoms profile, and syndromes by host city. Saúde na Copa 2014 percentages for posts are in relation to total posts among all host cities; percentages for symptoms are in relation to host city posts.

Host city	Posts, n (%)	With symptoms, n (%)	Diarrhea syndrome, n (%)	Respiratory syndrome, n (%)	Rash Syndrome, n (%)
Belo Horizonte	1133 (4.32)	128 (11.30)	7 (5.5)	12 (9.4)	5 (3.9)
Brasilia	7951 (30.33)	573 (7.20)	14 (2.4)	37 (6.5)	7 (1.2)
Cuiabá	1109 (4.23)	173 (15.60)	1 (0.6)	15 (8.7)	0 (0.0)
Curitiba	824 (3.14)	92 (11.2)	6 (6.5)	9 (9.8)	2 (2.2)
Fortaleza	1519 (5.80)	174 (11.45)	6 (3.4)	9 (5.2)	3 (1.7)
Manaus	985 (3.76)	136 (13.8)	4 (2.9)	12 (8.8)	2 (1.5)
Natal	938 (3.58)	77 (8.2)	2 (2.6)	4 (5.2)	0 (0.0)
Porto Alegre	925 (3.53)	113 (12.2)	6 (5.3)	7 (6.2)	3 (2.7)
Recife	4316 (16.47)	282 (6.53)	5 (1.8)	9 (3.2)	1 (0.4)
Rio de Janeiro	3069 (11.70)	348 (11.34)	15 (4.3)	28 (8.0)	13 (3.7)
Salvador	1324 (5.04)	230 (17.38)	5 (2.2)	19 (8.3)	2 (0.9)
São Paulo	2125 (8.10)	358 (16.84)	16 (4.5)	37 (10.3)	5 (1.4)
Total	26,218 (100.00)	2684 (10.24)	87 (3.2)	198 (7.4)	43 (1.6)

The maximum number of users that signed up in one day occurred on May 30, 2014, the day that the app was officially launched by the Minister of Health during a press conference. During this event, the Minister of Health announced the special government program *Health in the World Cup* on national television media (Figure 1). On that date, 3633 logins were recorded, which accounted for more than half of all sign-ups across the entire duration of the study (50.78%, 3633/7155). Based on cost reduction efforts by the Brazilian government, this was the only advertising action that was undertaken for the app.

Most of the active users (3526/4706, 74.95%) installed the app on Android mobile devices, 1167 (1167/4706, 24.80%) were on Apple iOS mobile devices, and 13 (13/4706, 0.28%) were

on desktop computers. Slightly more than half of all users were male (2478/4706, 52.66%). Users ranged in age from 13 to 77 years with a median of 32 years (only individuals aged 13 years and older were allowed to use the app; see Figure 2). Due to privacy rules, we were not allowed to collect nationality data. A total of 4661 users (4661/4706, 99.04%) preferred the app in Portuguese, 34 (34/4706, 0.72%) in Spanish, and 12 (12/4706, 0.25%) in English.

The intensity of participation in relation to the match dates of the Brazilian team and the World Cup calendar are illustrated in Figure 3 and Table 3, respectively. It should be emphasized that on the days the Brazilian team played (Figure 1) and in the second phase of the World Cup matches (Table 3), push notifications were sent to users through the app.

**Table 3.** Distribution of reports according to World Cup Saúde na Copa, 2014.

World Cup timeframe	All posts (reports)	% (of total posts)	Posts with symptoms	% (of all posts during timeframe)
1. Pre-World Cup (May 12 - June 11)	19,737	41.22	3490	17.68
2. Group phase (June 12 - 27)	16,868	35.23	1241	7.36
3. Eighth finals (June 28 - July 3)	3762	7.86	217	5.77
4. Fourth finals (Jul 4 - 7)	2438	5.09	103	4.22
5. Semifinals (Jul 9 - 11)	1910	3.99	128	6.70
6. Finals (Jul 12 and 13)	1533	3.20	98	6.39
7. Post-World Cup (Jul 14 - 23)	1631	3.41	82	5.03
Total	47,879	100.00	5359	11.19

Upon user authorization and if the device had an active global positioning system, the app automatically recorded the location of each post. Only 6.00% (2,824/47,879) of posts provided no location information. More than half of all posts were recorded in World Cup host cities (26,218/47,879, 54.76%; Table 2), 37.90% (18,146/47,879) were elsewhere in Brazil, and 1.40%

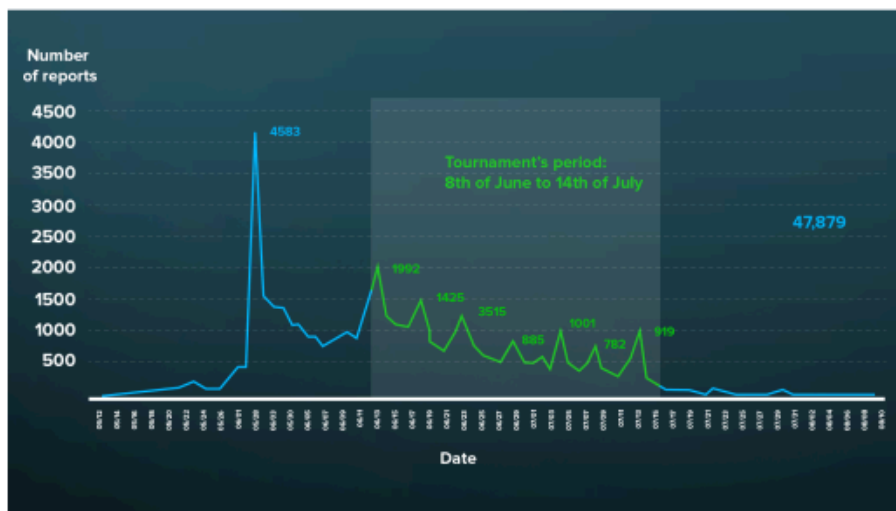
(670/47,879) were in other countries. Table 2 also displays the locations with the highest number of known posts: Brasília (30.33%, 7951/26,218), Recife (16.46%, 4316/26,218), and Rio de Janeiro (11.71%, 3069/26,218), which together accounted for more than half (54.76%, 26,218/47,879) of all posts located in World Cup host cities. Among the 26,218 posts in World

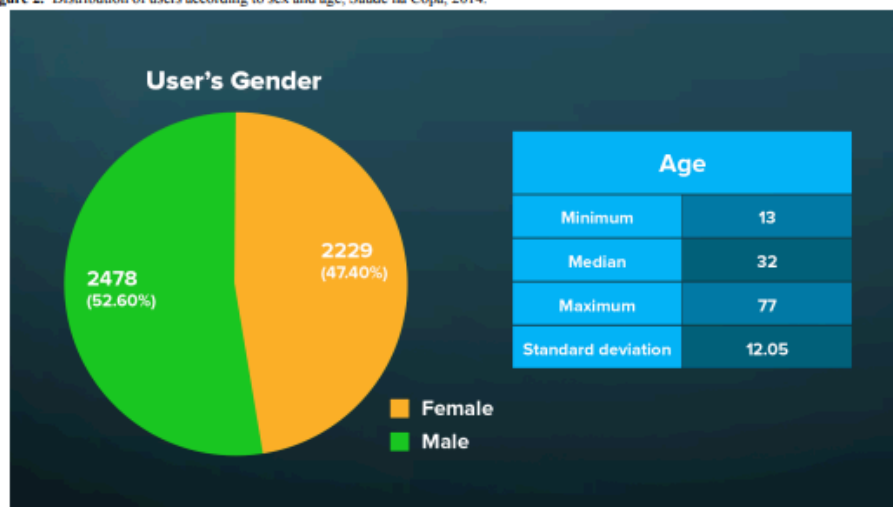
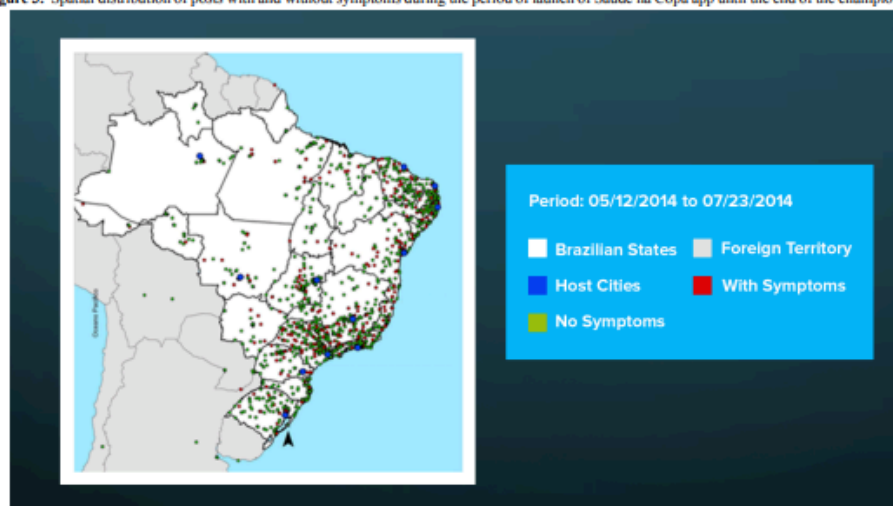
Cup host cities, the greatest number of symptoms were recorded in Brasilia (573 posts with symptoms), São Paulo (358 posts with symptoms), and Rio de Janeiro (348 posts with symptoms). Also among the 26,218 host city posts, the greatest frequency of symptoms proportionally were recorded in Salvador (17.38%, 230/1324), São Paulo (16.84%, 358/2125), and Cuiabá (15.60%, 173/1109).

Of the three syndromes detected by Healthy Cup (ie, respiratory, diarrheal, and rash), respiratory syndrome occurred with the greatest frequency based on reported symptoms. The greatest number of posts of respiratory syndromes were reported in São

Paulo (n=37), Brasilia (n=37), and Rio de Janeiro (n=28). The highest frequencies of rash syndrome (ie, percentage of posts signaling rashes) were reported in Belo Horizonte (3.9%, 5/128), Rio de Janeiro (3.7%, 13/348), and Porto Alegre (2.7%, 3/113). The greatest number of diarrheal syndromes were reported in São Paulo (n=16), Rio de Janeiro (n=15), and Brasilia (n=14). The highest frequencies of diarrheal syndrome were reported in Curitiba (6.5%, 6/92), Belo Horizonte (5.5%, 7/128), Minas Gerais (5.5%, 7/128), and Porto Alegre (5.3%, 6/113). Finally, the greatest number of rash syndromes were reported in Rio de Janeiro (n=13), Brasilia (n=7), São Paulo (n=5), and Belo Horizonte (n=5).

**Figure 1.** Temporal distribution of posts by dates, Saúde na Copa, 2014.



**Figure 2.** Distribution of users according to sex and age, Saúde na Copa, 2014.**Figure 3.** Spatial distribution of posts with and without symptoms during the period of launch of Saúde na Copa app until the end of the championship.

## Discussion

Although the initial impact of the media was remarkable, with the greatest number of users signing up for Healthy Cup on the day the app was officially launched and first advertised on national television (Figure 1), this impact was not sustained even after 7 days of intense media (eg, television and websites) news about the app. The fact that the median age among those who signed up was 30 years suggests that this age group was more exposed to Healthy Cup promotion through television and

website news [21,24,41,42]. The limited participation of foreigners (less than 1%) may reflect the limited language options of the app (English and Spanish) [24].

The increased number of posts during the Brazilian matches may be related to the sending of push notifications before those matches, which reminded participants to use the app [24,29]. The host city with the highest concentration of posts was Brasília (30.33%, 7951/26,218), which may be related to the fact that

Brasilia had the highest number of local news reports about the app.

More than half of all posts were recorded in World Cup host cities (54.76%, 26,218/47,879), suggesting that the app can be used as a tool to identify potential alerts for outbreaks associated with MGs [31-36]. The remaining 45.24% of posts (21,661/47,879) were recorded in cities elsewhere in Brazil (ie, other than the host cities of the World Cup), illustrating rapid penetration of the app across the country, even in states not hosting the FIFA World Cup 2014 [24].

Posts with six or more reported symptoms that were incompatible with the sought-after syndromes were considered *spam reports*. The higher prevalence of posts reported during the first two weeks (Figure 1) may be related to curiosity about this new type of tool being used in public health, with users wanting to record their health situation even if they were not showing symptoms [24].

Respiratory syndromes were reported more often than any other (Table 2), suggesting that the tool may have the capacity for early detection of epidemiological changes associated with influenza [41]. It is noteworthy that reports of bleeding and rash showed a high frequency of demand for health services [43,44].

The criteria used to classify syndromes (ie, based on parameters used by the Ministry of Health's Secretariat of Health Surveillance) may have underestimated the number of users with any of the three syndromes (ie, respiratory, diarrheal, or rash) [45]. However, during this same time period, the official Health Surveillance System (at the Ministry of Health) routinely used by the Integrated Health Center of Joint Operations did not identify the occurrence of any public health emergency events (ie, syndromic clusters) warranting intervention. Thus, data and findings from the Healthy Cup platform were validated by traditional sources.

### Conclusions

Participatory surveillance through community engagement is an innovative way to conduct epidemiological surveillance. Compared to traditional epidemiological surveillance, the advantages of participatory surveillance include its lower cost for data acquisition, timeliness of information collected and

shared, platform scalability, and capacity for integration between the population being served and public health services.

The pilot of the Healthy Cup app during the FIFA World Cup 2014 allowed us to evaluate the potential for participatory surveillance in Brazil. Based on our results, participatory surveillance appears to have the potential to become a routine component of national health surveillance and to help improve the early detection of outbreaks and epidemics, timely intervention, and risk minimization. The Healthy Cup platform in particular appears to be sensitive to multiple symptoms and syndromes associated with a range of potential threats.

We also learned several lessons from our piloting experience, including the idea that investment in communication, marketing, and advertising is necessary to penetrate multiple social strata (eg, different age groups) and to reach as many users as possible. Relying on spontaneous media (ie, news and nonpaid ads) and press conferences alone limited use of the app to consumer groups that seek out this specific type of information. Investment in digital media could create a great opportunity to not only boost the number of users, but also enhance the engagement of users.

Another lesson learned is the need for reciprocity. Citizens may feel more motivated to participate if they receive something in return, such as information about diseases that are being reported in their area. This information could be sent back to users on maps or via specific screens within the app. Providing population-level information in return for individual participation could ensure continuous engagement with the app, which would improve data quality. The value of reciprocity should be tested in future MG participatory surveillance scenarios.

The Healthy Cup app served as the basis for the Guardians of Health (*Guardiões da Saúde*) participatory surveillance app that was used during the Olympic and Paralympic games in Brazil. An additional lesson learned through use of Guardians of Health is the importance of the need for clear expectations of a government's role in participatory surveillance. Some governments may not have dedicated teams to examine and interpret data generated through participatory surveillance. This issue underscores the importance of designing an intuitive platform that generates easily-visualized data.

### Acknowledgments

This work was funded by a grant from Skoll Global Threats Fund, mediated by TEPHINET. We would like to especially thank Rodrigo Carneiro, Dennis Calazans, Lucas Medeiros, Gustavo Almeida, Thulio Philipe, Tulio Assis, Geraldo Augusto, and Cesar Albuquerque.

### Authors' Contributions

OBLN organized and conceived of the paper, and analyzed and wrote the first and final versions of the paper. GSD conceived of analysis plans and analyzed the data. ML critically reviewed the paper. WKO conceptualized the aims. WS and EC conceptualized the aims, and reviewed the paper and intellectual content. MS and JA reviewed the paper and intellectual content. All authors read and approved the final manuscript.

### Conflicts of Interest

None declared.

<http://publichealth.jmir.org/2017/2/e26/>

JMIR Public Health Surveill 2017 | vol. 3 | iss. 2 | e26 | p. 7  
(page number not for citation purposes)

## References

1. Memish Z, Stephens G, Al Rabeeah A. Mass gatherings health. *Lancet Infect Dis* 2012;3099(11):10. [doi: [10.1016/S1473-3099\(11\)70287-0](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70287-0)]
2. Johansson A, Batty M, Hayashi K, Al Bar O, Marozzi D, Memish ZA. Crowd and environmental management during mass gatherings. *Lancet Infect Dis* 2012 Feb;12(2):150-156 [FREE Full text] [doi: [10.1016/S1473-3099\(11\)70287-0](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70287-0)] [Medline: [22252150](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22252150/)]
3. Abubakar I, Gautret P, Brunette GW, Blumberg L, Johnson D, Pomeroy G, et al. Global perspectives for prevention of infectious diseases associated with mass gatherings. *Lancet Infect Dis* 2012 Jan;12(1):66-74. [doi: [10.1016/S1473-3099\(11\)70246-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70246-8)] [Medline: [22192131](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22192131/)]
4. Memish ZA, Stephens GM, Steffen R, Ahmed QA. Emergence of medicine for mass gatherings: lessons from the Hajj. *Lancet Infect Dis* 2012 Jan;12(1):56-65. [doi: [10.1016/S1473-3099\(11\)70337-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70337-1)] [Medline: [22192130](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22192130/)]
5. Steffen R, Bouchama A, Johansson A, Dvorak J, Isla N, Smallwood C, et al. Non-communicable health risks during mass gatherings. *Lancet Infect Dis* 2012 Feb;12(2):142-149. [doi: [10.1016/S1473-3099\(11\)70293-6](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70293-6)] [Medline: [22252147](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22252147/)]
6. Deris ZZ, Hasan H, Sulaiman SA, Wahab MS, Naing NN, Othman NH. The prevalence of acute respiratory symptoms and role of protective measures among Malaysian hajj pilgrims. *J Travel Med* 2010;17(2):82-88 [FREE Full text] [doi: [10.1111/j.1708-8305.2009.00384.x](https://doi.org/10.1111/j.1708-8305.2009.00384.x)] [Medline: [20412173](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20412173/)]
7. Khan K, Freifeld CC, Wang J, Mekar SR, Kossowsky D, Sonrick AL, et al. Preparing for infectious disease threats at mass gatherings: the case of the Vancouver 2010 Olympic Winter Games. *CMAJ* 2010 Apr 06;182(6):579-583 [FREE Full text] [doi: [10.1503/cmaj.100093](https://doi.org/10.1503/cmaj.100093)] [Medline: [20181726](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20181726/)]
8. Noël H, Rizzo C. Spread of chikungunya from the Caribbean to mainland Central and South America: a greater risk of spillover in Europe? *Euro Surveill* 2014 Jul 17;19(28):20855. [Medline: [25060570](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25060570/)]
9. Donalisio MR, Freitas AR. Chikungunya in Brazil: an emerging challenge. *Rev Bras Epidemiol* 2015 Mar;18(1):283-285 [FREE Full text] [doi: [10.1590/1980-5497201500010022](https://doi.org/10.1590/1980-5497201500010022)] [Medline: [25651028](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25651028/)]
10. Dyer O. Zika virus spreads across Americas as concerns mount over birth defects. *BMJ* 2015 Dec 23;351:h6983. [Medline: [26698165](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26698165/)]
11. World Health Organization. International Health Regulations 2005 2nd Edition. Geneva: World Health Organization; 2005.
12. Bogich TL, Chunara R, Scales D, Chan E, Pinheiro LC, Chmura AA, et al. Preventing pandemics via international development: a systems approach. *PLoS Med* 2012;9(12):e1001354 [FREE Full text] [doi: [10.1371/journal.pmed.1001354](https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001354)] [Medline: [23239944](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23239944/)]
13. Christakis NA, Fowler JH. Social network sensors for early detection of contagious outbreaks. *PLoS One* 2010;5(9):e12948 [FREE Full text] [doi: [10.1371/journal.pone.0012948](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012948)] [Medline: [20856792](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20856792/)]
14. Chan EH, Brewer TF, Madoff LC, Pollack MP, Sonrick AL, Keller M, et al. Global capacity for emerging infectious disease detection. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2010 Dec 14;107(50):21701-21706 [FREE Full text] [doi: [10.1073/pnas.1006219107](https://doi.org/10.1073/pnas.1006219107)] [Medline: [21115835](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21115835/)]
15. Brownstein JS, Freifeld CC, Madoff LC. Digital disease detection--harnessing the Web for public health surveillance. *N Engl J Med* 2009 May 21;360(21):2153-5. 2157 [FREE Full text] [doi: [10.1056/NEJMp0900702](https://doi.org/10.1056/NEJMp0900702)] [Medline: [19423867](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19423867/)]
16. Brownstein JS, Freifeld CC. HealthMap: the development of automated real-time Internet surveillance for epidemic intelligence. *Euro Surveill* 2007 Nov 29;12(11):E071129.5 [FREE Full text] [Medline: [18053570](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18053570/)]
17. Madoff LC, Woodall JP. The Internet and the global monitoring of emerging diseases: lessons from the first 10 years of ProMED-mail. *Arch Med Res* 2005;36(6):724-730. [doi: [10.1016/j.arcmed.2005.06.005](https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2005.06.005)] [Medline: [16216654](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16216654/)]
18. Chew C, Eysenbach G. Pandemics in the age of Twitter: content analysis of Tweets during the 2009 H1N1 outbreak. *PLoS One* 2010;5(11):e14118 [FREE Full text] [doi: [10.1371/journal.pone.0014118](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014118)] [Medline: [21124761](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21124761/)]
19. Signorini A, Segre AM, Polgreen PM. The use of Twitter to track levels of disease activity and public concern in the U.S. during the influenza A H1N1 pandemic. *PLoS One* 2011;6(5):e19467 [FREE Full text] [doi: [10.1371/journal.pone.0019467](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019467)] [Medline: [21573238](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21573238/)]
20. Salathé M, Bengtsson L, Bodnar TJ, Brewer DD, Brownstein JS, Buckee C, et al. Digital epidemiology. *PLoS Comput Biol* 2012;8(7):e1002616 [FREE Full text] [doi: [10.1371/journal.pcbi.1002616](https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002616)] [Medline: [22844241](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22844241/)]
21. Freifeld CC, Chunara R, Mekar SR, Chan EH, Kass-Hout T, Ayala IA, et al. Participatory epidemiology: use of mobile phones for community-based health reporting. *PLoS Med* 2010 Dec 07;7(12):e1000376 [FREE Full text] [doi: [10.1371/journal.pmed.1000376](https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000376)] [Medline: [21151888](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21151888/)]
22. Keller M, Blench M, Tolentino H, Freifeld CC, Mandl KD, Mawudeku A, et al. Use of unstructured event-based reports for global infectious disease surveillance. *Emerg Infect Dis* 2009 May;15(5):689-695 [FREE Full text] [doi: [10.3201/eid1505.081114](https://doi.org/10.3201/eid1505.081114)] [Medline: [19402953](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19402953/)]
23. Paolotti D, Carnahan A, Colizza V, Eames K, Edmunds J, Gomes G, et al. Web-based participatory surveillance of infectious diseases: the Influenzanet participatory surveillance experience. *Clin Microbiol Infect* 2014 Jan;20(1):17-21 [FREE Full text] [doi: [10.1111/1469-0691.12477](https://doi.org/10.1111/1469-0691.12477)] [Medline: [24350723](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24350723/)]
24. Oliveira W, Dimech GS, Leal-Neto OB, Libel M, Smolinski M. The world's first application of participatory surveillance at a mass gathering: FIFA World Cup 2014, Brazil. 2014 Presented at: International Meeting on Emerging Diseases and Surveillance 2014; Nov 1 2014; Vienna, Austria p. 44.

25. Observatório da Dengue. 2017. URL: <http://observatorio.inweb.org.br/dengue/conteudo/inicial%3E> [accessed 2017-04-04] [WebCite Cache ID 6pTmjvZSn]
26. Leal-Neto OB, Dimech GS, Libel M, Oliveira W, Ferreira JP. Digital disease detection and participatory surveillance: overview and perspectives for Brazil. *Rev Saude Publica* 2016;50:17 [FREE Full text] [doi: [10.1590/S1518-8787.2016050006201](https://doi.org/10.1590/S1518-8787.2016050006201)] [Medline: 27191153]
27. Dengue na Web. 2017. URL: <http://www.denguenaweb.org/projeto%3E> [accessed 2017-04-04] [WebCite Cache ID 6pTmmp9lh]
28. Wójcik OP, Brownstein JS, Chunara R, Johansson MA. Public health for the people: participatory infectious disease surveillance in the digital age. *Emerg Themes Epidemiol* 2014;11:7 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1742-7622-11-7](https://doi.org/10.1186/1742-7622-11-7)] [Medline: 24991229]
29. Eysenbach G. Infodemiology and infoveillance: framework for an emerging set of public health informatics methods to analyze search, communication and publication behavior on the Internet. *J Med Internet Res* 2009;11(1):e11 [FREE Full text] [doi: [10.2196/jmir.1157](https://doi.org/10.2196/jmir.1157)] [Medline: 19329408]
30. Chunara R, Smolinski MS, Brownstein JS. Why we need crowdsourced data in infectious disease surveillance. *Curr Infect Dis Rep* 2013 Aug;15(4):316-319 [FREE Full text] [doi: [10.1007/s11908-013-0341-5](https://doi.org/10.1007/s11908-013-0341-5)] [Medline: 23689991]
31. Jost CC, Mariner JC, Roeder PL, Sawitri E, Macgregor-Skinner GJ. Participatory epidemiology in disease surveillance and research. *Rev Sci Tech* 2007 Dec;26(3):537-549. [Medline: 18293603]
32. Brockmann S, Piechotowski I, Bock-Hensley O, Winter C, Oehme R, Zimmermann S, et al. Outbreak of leptospirosis among triathlon participants in Germany, 2006. *BMC Infect Dis* 2010 Apr 10;10:91 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1471-2334-10-91](https://doi.org/10.1186/1471-2334-10-91)] [Medline: 20380736]
33. Pfaff G, Lohr D, Santibanez S, Mankertz A, van Treeck U, Schonberger K, et al. Spotlight on measles 2010: Measles outbreak among travellers returning from a mass gathering, Germany, September to October 2010. *Euro Surveill* 2010 Dec 16;15(50) [FREE Full text] [Medline: 21172175]
34. Schmid D, Holzmann H, Alfery C, Wallenko H, Popow-Kraupp TH, Allerberger F. Mumps outbreak in young adults following a festival in Austria, 2006. *Euro Surveill* 2008 Feb 14;13(7) [FREE Full text] [Medline: 18445415]
35. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Update: outbreak of acute febrile illness among athletes participating in Eco-Challenge-Sabah 2000--Borneo, Malaysia, 2000. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2001 Jan 19;50(2):21-24 [FREE Full text] [Medline: 11215718]
36. Wilder-Smith A, Earnest A, Ravindran S, Paton NI. High incidence of pertussis among Hajj pilgrims. *Clin Infect Dis* 2003 Nov 01;37(9):1270-1272 [FREE Full text] [doi: [10.1086/378748](https://doi.org/10.1086/378748)] [Medline: 14557975]
37. PhoneGap. Adobe Systems Inc. 2016. URL: <http://phonegap.com/> [accessed 2017-04-04] [WebCite Cache ID 6pTmxv6Vh]
38. Google. Google Developers Consoles. 2017. URL: <https://accounts.google.com/ServiceLogin?service=cloudconsole&ltmpl=api&osid=1&passive=true&continue=https://console.developers.google.com/> [accessed 2017-04-04] [WebCite Cache ID 6pTn0Ghw]
39. Twitter APIs. Twitter Developers. Disponível em URL: <https://dev.twitter.com/> [WebCite Cache ID 6pTmxv6Vh]
40. DreamHost. DreamHost. 2017. URL: <http://www.dreamhost.com/> [accessed 2017-04-16] [WebCite Cache ID 6pmAVhCZK]
41. Chunara R, Freifeld CC, Brownstein JS. New technologies for reporting real-time emergent infections. *Parasitology* 2012 Dec;139(14):1843-1851 [FREE Full text] [doi: [10.1017/S0031182012000923](https://doi.org/10.1017/S0031182012000923)] [Medline: 22894823]
42. Debin M, Turbelin C, Blanchon T, Bonmarin I, Falchi A, Hanslik T, et al. Evaluating the feasibility and participants' representativeness of an online nationwide surveillance system for influenza in France. *PLoS One* 2013;8(9):e73675 [FREE Full text] [doi: [10.1371/journal.pone.0073675](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073675)] [Medline: 24040020]
43. Eysenbach G. SARS and population health technology. *J Med Internet Res* 2003;5(2):e14 [FREE Full text] [doi: [10.2196/jmir.5.2.e14](https://doi.org/10.2196/jmir.5.2.e14)] [Medline: 12857670]
44. Collier N, Son NT, Nguyen NM. OMG U got flu? Analysis of shared health messages for bio-surveillance. *J Biomed Semantics* 2011;2 Suppl 5:S9 [FREE Full text] [doi: [10.1186/2041-1480-2-S5-S9](https://doi.org/10.1186/2041-1480-2-S5-S9)] [Medline: 22166368]
45. Patterson-Lomba O, Van Noort NS, Cowling BJ, Wallinga J, Gomes MG, Lipsitch M, et al. Utilizing syndromic surveillance data for estimating levels of influenza circulation. *Am J Epidemiol* 2014 Jun 01;179(11):1394-1401 [FREE Full text] [doi: [10.1093/aje/kwu061](https://doi.org/10.1093/aje/kwu061)] [Medline: 24748609]

#### Abbreviations

- API:** Application Program Interface  
**FIFA:** Fédération Internationale de Football Association  
**IHR:** International Health Regulation  
**MG:** mass gathering



*Edited by T Sanchez; submitted 12.01.17; peer-reviewed by E Yom-Tov, D Bateman; comments to author 16.02.17; revised version received 23.02.17; accepted 20.03.17; published 04.05.17*

*Please cite as:*

*Leal Neto O, Dimech GS, Libel M, de Souza WY, Cesse E, Smolinski M, Oliveira W, Albuquerque J*  
*Saúde na Copa: The World's First Application of Participatory Surveillance for a Mass Gathering at FIFA World Cup 2014, Brazil*  
*JMIR Public Health Surveill 2017;3(2):e26*  
*URL: <http://publichealth.jmir.org/2017/2/e26/>*  
*doi: [10.7196/publichealth.7313](https://doi.org/10.7196/publichealth.7313)*  
*PMID: [28473308](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28473308/)*

©Onicio Leal Neto, George Santiago Dimech, Marlo Libel, Wayner Vieira de Souza, Eduarda Cesse, Mark Smolinski, Wanderson Oliveira, Jones Albuquerque. Originally published in JMIR Public Health and Surveillance (<http://publichealth.jmir.org>), 04.05.2017. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work, first published in JMIR Public Health and Surveillance, is properly cited. The complete bibliographic information, a link to the original publication on <http://publichealth.jmir.org>, as well as this copyright and license information must be included.

### 4.3 Artigo 3: **Inovações disruptivas e as transformações da saúde pública na era digital**

O presente artigo descreve aspectos teóricos e conceituais da transformação digital em saúde, citando exemplos de utilização de diversas tecnologias como instrumentos que estão aprimorando como a vigilância de doenças é realizada.

## Inovações disruptivas e as transformações da saúde pública na era digital

Disruptive innovations and transformations in public health in the digital age

Innovaciones disruptivas y las transformaciones de la salud pública en la era digital

Onício Batista Leal Neto <sup>1,2</sup>

Jones Albuquerque <sup>1,3</sup>

Wayner Vieira Souza <sup>4</sup>

Eduarda Cesse <sup>4</sup>

Oswaldo Gonçalves Cruz <sup>5</sup>

doi: 10.1590/0102-311X00005717

Cada vez torna-se mais evidente a mudança de toda a sociedade na era da informação, com mais pessoas conectadas e com acesso às tecnologias e à Internet mais abundante, gerando uma produção intensa e coletiva de informação <sup>1</sup>. No campo da saúde pública, uma das áreas que se apresenta em franca expansão é a chamada detecção digital de doenças (DDD) <sup>2</sup>, que aproveita o movimento da popularização da Internet e sociedade em rede para a identificação oportuna de ameaças à saúde pública. Em uma perspectiva aplicada aos sistemas de informação em saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), por enquanto a DDD vem sendo utilizada de modo complementar, porém, em um futuro muito próximo, como é mais ubíqua, estará mais presente que os atuais sistemas de informação.

É bem certo que tecnologias sempre estiveram presentes como instrumentos de melhoria à saúde. Há mais de duas décadas, os sistemas de informação já se fazem presentes em diversos países, como em sistemas de informações vitais ou de morbidade <sup>3</sup>. São evidentes os esforços de estudos e pesquisas na área da saúde digital que continuaram evoluindo, seja nos componentes dos *hospitals information systems* <sup>4</sup>, seja na instrumentalização tecnológica da assistência à saúde nos prontuários eletrônicos <sup>5</sup>.

A questão que este texto apresenta é a necessidade de olhar para as tecnologias de crescimento exponencial (*drônes, Internet of things, crowdsourcing*, economia compartilhada, *wearables* e medicina personalizada, dentre outras). O foco é como elas irão criar as disrupções nos paradigmas das ciências da saúde pela via da análise massiva de dados e das tecnologias da informação e comunicação, com a qual estamos acostumados a lidar no âmbito de pesquisas ou serviços relacionados ao SUS.

Essa não é uma questão exclusiva das ciências da saúde, visto que as ciências sociais e até as ciências exatas estão sob a luz do ciclo de vida social da informação na sociedade. De fato, as ciências têm se transformado cotidianamente com as inovações e com os cenários gerados. Ademais, deve-se levar em conta como os indivíduos, nós, as percebemos para explicarmos os fenômenos que nos rodeiam e suas modificações, como previsto há quase duas décadas <sup>6</sup>. Assim, o objetivo desse texto é provocar uma discussão e assumir algumas perspectivas desse movimento que surgiu liderado pela área da informática, ligada diretamente com a evolução das inovações disruptivas <sup>7</sup> no tratamento do ciclo de vida da informação quando aplicado às ciências da saúde. O destaque da narrativa a ser apresentada a seguir engloba aspectos ainda pouco frequentes em discussões no âmbito nacional dos fóruns de informática ou sistemas de informação em saúde, não obstante sendo de elevado interesse à ótica dos especialistas em saúde para esse movimento.

<sup>1</sup> Epiruck, Recife, Brasil.

<sup>2</sup> Singularity University Recife Chapter, Recife, Brasil.

<sup>3</sup> Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

<sup>4</sup> Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, Brasil.

<sup>5</sup> Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

### Correspondência

O. B. Leal Neto

Epiruck.

Rua Alfredo Coutinho 74,

2 andar, Recife, PE

52061-130, Brasil.

onicio@gmail.com



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições, desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Com as premissas estabelecidas na conhecida Lei de Moore e corroboradas na Lei dos Retornos Acelerados <sup>8</sup>, o crescimento exponencial das tecnologias e seu papel na sociedade é cada vez mais indispensável e irrevogável. Ao observar o modelo estrutural das inovações exponenciais <sup>9</sup>, nominadas por seis "Ds" (digitalizado, disfarçado, desmonetizado, desmaterializado, disruptivo e democratizado), é possível confrontá-lo com a estrutura atual existente nos sistemas de informação em saúde no SUS. Se, por um lado, observa-se a dura realidade dos estados, municípios e Ministério da Saúde em manter toda a infraestrutura tecnológica e computacional com licenças, manutenção, desenvolvimento, segurança e treinamento, por outro lado, o futuro da coleta, armazenamento, análise de dados e produção da informação vem comprovando que o que é feito atualmente não possui escalabilidade para atender a toda a população em grau individual e, portanto, sem sustentabilidade.

Se municípios ainda coletam dados dos agentes comunitários de saúde com pranchetas ou a tabulação dos dados para o Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) não atende a todas as necessidades e expectativas, há urgência na revisão desses procedimentos. A angústia de tratar os dados e informações considerando os meios obsoletos é real, pois há carência imediata da incorporação tecnológica para diminuir o ciclo de vida da informação e aprimorar os meios utilizados para que a máxima "informação para ação" se torne uma realidade na saúde do Brasil.

Atualmente, diversos países têm investido massivamente em Inteligência Artificial, Aprendizado de Máquina e Aprendizado Profundo como tendências que vão auxiliar cada vez mais a tomada de decisão em saúde. Um estudo <sup>10</sup> demonstra um ensaio contudente da aplicação de inteligência cognitiva sobre o IBM Watson em desfechos para a saúde, mostrando toda a potencialidade dessa abordagem computacional em processos de rotina.

Já vivemos na era do *big data*, em que não bastam apenas meios para armazenar e processar volumes grandiosos dos dados em saúde. É tempo de provocarmos a necessidade de visualizar melhor esse conhecimento, que pode ser extraído de bases extensas onde estão bancos de dados clássicos provenientes dos sistemas de informação conhecidos do SUS, e, para serem mais efetivos, devem ser cada vez mais compostos por dados vindos das redes sociais, dispositivos móveis geolocalizados, Internet das Coisas <sup>5</sup> e Cidades Inteligentes. A sociedade está conectada, e não é por acaso que conceitos como *infodemiology* (*information + epidemiology*) e *infoveillance* (*information + surveillance*) <sup>11</sup> precisam ser considerados na rotina de analistas e produtores de informação em saúde.

Citaremos alguns casos reais da mudança de paradigmas dentro da saúde pública, explicitando como nós não estamos preparados para entender bem os benefícios, riscos e transformações que essas inovações disruptivas trazem para nosso contexto.

Há evidências da importância e do crescimento da vigilância participativa <sup>12</sup> para doenças infecciosas, sendo um processo desburocratizado, não hierarquizado e em rede, propiciando a lógica do controle social defendido pelo SUS, porém com grande influência digital, em que o cidadão comum passa a ser fonte de informação para a construção dos cenários epidemiológicos. Exemplos como Saúde na Copa, Flu Near You, Flutracking, Salud Boricua e InfluenzaNet são demonstrações de como essa metodologia de vigilância em saúde tem se disseminado ao redor do mundo <sup>2</sup>. Em alguns casos, é possível a identificação da ocorrência de surtos de influenza com até duas semanas de antecedência <sup>13</sup>.

O incentivo à promoção da saúde e prevenção de doenças, principalmente com o foco no estímulo à realização de exercícios físicos, evitando os riscos da obesidade, também pode ser visto nessas inovações disruptivas. A aplicação de Realidade Aumentada, embutida em jogos para *smartphones*, demonstra o papel que o jogo Pokémon Go teve no estímulo à prática de atividades físicas. Também é apontada a possibilidade de intervenção em larga escala, não se limitando às classes sociais, podendo gerar resultados mais promissores que os elementos de educação em saúde e prática de atividades físicas triviais <sup>14</sup>. Esse exemplo descreve bem como a realidade aumentada está tomando parte da vida dos indivíduos, porém é necessário um cuidado para reconhecer o ponto de equilíbrio entre os benefícios e as ameaças à saúde.

Outro movimento interessante acontece na regulação e transporte de pacientes em caráter não emergencial pela utilização de plataformas como o Uber e Lyft <sup>15</sup>. Se há limitações na mobilidade de pacientes crônicos que os impeçam de utilizar o transporte público e se não é possível familiares realizarem esse transporte, muito menos o desembolso com motoristas particulares ou simplesmente taxis, a locomoção até locais para terapia, reabilitação ou qualquer outro procedimento de ordem

clínica-médica, esses dois aplicativos, que tanta polêmica geram no Brasil, começam a mudar a compreensão da regulação e acesso à saúde nos Estados Unidos.

Outro gargalo na era da informação é a comunicação e a educação em saúde. Vivemos há, pelo menos, uma década com investimentos massivos em publicidade para combate à dengue, infecções sexualmente transmissíveis (ISTs) e AIDS, entretanto os indicadores de morbimortalidade não decrescem proporcionalmente aos esforços financeiros empregados no controle dessas doenças. Talvez uma resposta para isso seja a forma como isso tem sido feito até então.

Por outro lado, uma ação inédita e atípica (disruptiva) para prevenção do vírus da zika foi implementada durante as Olimpíadas no Rio de Janeiro, Brasil. O site de entretenimento adulto Pornhub realizou uma ação publicitária em que, se os indivíduos que estivessem no Rio durante as competições não adotassem comportamentos sexuais de risco, eles poderiam ter acesso integral ao conteúdo da plataforma de vídeos pornôs, enfatizando a melhor maneira da prevenção de transmissão sexual do zika: não existindo relação sexual<sup>16</sup>. Uma ação semelhante na ousadia e no ineditismo foi adotada pelo próprio Ministério da Saúde em 2015, quando utilizou os aplicativos de encontros Tinder e Hornet para ações direcionadas a usuários com comportamento de risco para ISTs<sup>17</sup>. Recentemente, na Califórnia, Estados Unidos, cidadãos votaram sobre o uso de preservativos em filmes pornôs<sup>18</sup>, gerando questionamentos sobre o impacto na percepção da proteção e sexo seguro após movimentos como esses.

Os relatos acima demonstram fortes indícios de que as inovações disruptivas na saúde pública estão muito mais presentes em nosso contexto nacional do que imaginamos, devido a seu potencial crescimento exponencial. Faz-se necessária a sensibilização de pesquisadores, gestores, sanitaristas e quaisquer outros atores que trafegam à luz dos dados e informação em saúde, para que seja considerado esse novo movimento em suas premissas, pesquisas e práticas de saúde coletiva. É possível ver que até o mercado privado entendeu a valia dos dados para seu movimento, e é evidente que o setor público, por mais tradicional e conservador que seja, não pode continuar demonstrando resistência à quebra do paradigma informacional.

A imensidão de dados que estão sendo gerados, tanto pelas fontes convencionais, quanto pelas novas plataformas, algumas delas mencionadas e outras a surgirem, carece de olhares mais críticos, abertos, propositivos e, sobretudo, disruptivos, a fim de incrementar o arsenal de instrumentos para a prática da saúde pública, na pesquisa ou no serviço. Contudo, é importante avaliar a capacidade de absorção e aderência que o setor público possui e quantas dessas inovações estarão passíveis de regulação para seu funcionamento dentro de preceitos éticos, garantindo a privacidade aos usuários e servindo ao interesse público. Dessa forma, o SUS poderá não só acompanhar, mas usufruir e se tornar um efetivo ator dessa rápida transformação na corrida pelo uso da informação para a melhoria da qualidade de vida de todos os cidadãos.

#### Colaboradores

O. B. Leal Neto participou da organização, concepção e redação do artigo. J. Albuquerque, W. V. Souza, E. Cesse e O. G. Cruz colaboraram na revisão crítica do conteúdo intelectual do artigo.

1. Brabham DC. Crowdsourcing as a model for problem solving: an introduction and cases. *Convergence* 2008; 14:75-90.
2. Leal-Neto OB, Dimech GS, Libel M, Oliveira W, Ferreira JP. Detecção digital de doenças e vigilância participativa: panorama e perspectivas para o Brasil. *Rev Saúde Pública* 2016; 50:17.
3. Baldijão MFA. Sistemas de informação em saúde. *São Paulo Perspect* 1992; 6:21-8.

4. Cortes PL, Cortes EGP. Hospital information systems: a study of electronic patient records. *Journal of Information Systems and Technology Management* 2011; 8:131-54.
5. Roehrs A, Costa CA, Righi RD, Oliveira KS. Personal health records: a systematic literature review. *J Med Internet Res* 2017; 19:e13.
6. Brown JS, Duguid P. *The social life of information*. Brighton: Harvard Business School Press; 2002.
7. Hwang J, Christensen CM. Disruptive innovation in health care delivery: a framework for business-model. *Health Aff (Millwood)* 2008; 27:1329-35.
8. Kurzweil R. The law of accelerating-returns. <http://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns> (acessado em Mar/2001).
9. Diamandis PH, Kotler S. *Abundance: the future is better than you think*. New York: Simon & Schuter; 2012.
10. Hoyt RE, Snider D, Thompson C, Mantravadi S. IBM Watson analytics: automating visualization, descriptive, and predictive statistics. *JMIR Public Health Surveill* 2016; 2:e157.
11. Eysenbach G. Infodemiology and infoveillance: framework for an emerging set of public health informatics methods to analyze search, communication and publication behavior on the internet. *J Med Internet Res* 2009; 11:e11.
12. Wójcik OP, Brownstein JS, Chunara R, Johanson MA. Public health for the people: participatory infectious disease surveillance in the digital age. *Emerg Themes Epidemiol* 2014; 11:7.
13. Santillana M, Nguyen AT, Dredze M, Paul MJ, Nsoesie EO, Brownstein JS. Combining search, social media, and traditional data sources to improve influenza surveillance. *PLoS Comput Biol* 2015; 11:e1004513.
14. Althoff T, White RW, Horvitz E. Influence of Pokémon Go on physical activity: study and implications. *J Med Internet Res* 2016; 18:e315.
15. Power BW, Rinefort S, Jain SH. Nonemergency medical transportation delivering care in the era of Lyft and Uber. *JAMA* 2016; 316:921-2.
16. Cowen TW. Pornhub launches "Ooohlympics" health initiative to battle zika virus ahead of Rio Olympics. <http://www.complex.com/life/2016/08/pornhub-launches-ooohlympics-health-initiative-zika-virus-rio-olympics> (acessado em Ago/2016).
17. Blog da Saúde. Ação do Ministério da Saúde nos aplicativos Tinder e Honest surpreende usuários. <http://www.blog.saude.gov.br/index.php/570-perguntas-e-respostas/35136-acao-do-ministerio-da-saude-nos-aplicativos-de-relacionamento-tinder-e-honest-surpreende-usuarios> (acessado em Fev/2015).
18. Woodyard C. California voters reject condoms for porn actors. *USA Today* 2016; 8 nov. <http://www.usatoday.com/story/money/2016/11/08/californians-vote-condom-use-porn-actors/93464012/>.

Recebido em 18/Jan/2017  
Aprovado em 20/Fev/2017

#### 4.4 Artigo 4: **Perspectivas otimistas para a saúde do futuro**

O presente artigo é a tréplica dos autores ao espaço temático destinado a discussão do artigo anterior. Nele são enfatizados mais uma vez outros exemplos de experiência e tecnologias que tem contribuído para a evolução tecnológica da saúde pública na era digital.

## Perspectivas otimistas para a saúde do futuro

Optimistic perspectives for the health of the future

Perspectivas optimistas para la salud del futuro

Onício Batista Leal Neto <sup>1,2</sup>

Jones Albuquerque <sup>1,3</sup>

Oswaldo Gonçalves Cruz <sup>4</sup>

Eduarda Cesse <sup>5</sup>

Wayner Vieira de Souza <sup>5</sup>

doi: 10.1590/0102-311X00164017

Em outras épocas, o que poderia ser esperado é o estudo denso e profundo conduzido pela academia sobre o desenvolvimento destas "tecnologias do bem". Entretanto, a popularização da linguagem tecnológica empoderou a sociedade em avançar nas discussões da temática sem necessariamente depender da vontade dos pesquisadores em conduzir pareceres de aprovação para o uso destas ou de outras tecnologias, inclusive aquelas aplicadas à saúde. É fato a restrição do diálogo entre a academia e a sociedade, onde este recinto de debate entre os pares provoca o distanciamento da participação social nas decisões de adotarem ferramentas para o dia a dia, mesmo a população já fazendo isto de maneira livre e deliberada e construindo seus próprios dialetos tecnológicos. O que sobra nisso é o monopólio da indústria de tecnologia, ditando as regras para a sociedade no uso dessas ferramentas. O cenário poderia ser diferente se a academia valorizasse os esforços de divulgação do conhecimento para os leigos, utilizando inclusive plataformas inovadoras de disseminação da informação científica, favorecendo a tradução, para os dialetos, das linguagens sofisticadas das tecnologias exponenciais aplicadas à saúde pública.

A falta da comunicação mais efetiva dos riscos e benefícios dessas inovações disruptivas não permitem ter uma certeza se este é o melhor caminho para a transformação digital de um setor tão tradicional como a saúde pública. Na atual conjuntura, utilizando-se os conceitos das inovações exponenciais citados anteriormente, parece sim ser um caminho otimista para o benefício das sociedades, mais especificamente, como isto irá melhorar a cadeia de valor em saúde, dos instrumentos para os profissionais até a entrega para os usuários.

Os comentários sobre a importância da integração das dezenas de iniciativas de saúde digital que existem não valem a reflexão da necessidade de se enxergar um meio mais prático para a congruência destes dados. Modelos de plataformas seriam adequados para, ao invés do custo de desenvolvimento, implementação, divulgação, aquisição e retenção de usuários serem feitos caso a caso, uma ou poucas fontes de coleta de dados fossem adotadas, favorecendo a facilidade no manejo da entrada destes. Adicionalmente, o poder do *crowdsourcing* e abundância poderia ser explorado se mais pesquisadores o adotassem, ou até mesmo populações dentro do perfil de "ciência cidadã", desburocratizando o acesso a estes tipos de bases de dados. Exemplos como o Kaggle <sup>1</sup> demonstram a importância da reestruturação de modelos de acesso a dados, proporcionando a diversos grupos desenvolver ou buscar conhecimento dentro de grandes bases, multiplicando esforços e, conseqüentemente, aumentando as

<sup>1</sup> EpiTrack, Recife, Brasil.

<sup>2</sup> Singularity University

Recife Chapter, Recife, Brasil.

<sup>3</sup> Laboratório de

Imunopatologia Keizo Asami,

Universidade Federal de

Pernambuco, Recife, Brasil.

<sup>4</sup> Fundação Oswaldo Cruz,

Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>5</sup> Instituto Aggeu Magalhães,

Fundação Oswaldo Cruz,

Recife, Brasil.

### Correspondência

O. B. Leal Neto

EpiTrack,

Rua Alfredo Coutinho 74,

2o andar, Recife, PE

52061-130, Brasil.

onicio@gmail.com



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições, desde que o trabalho original seja corretamente citado.



chances de relevância nos achados. Tecnologias como o Blockchain <sup>2</sup> já têm sido aplicadas em larga escala dentro da pesquisa em saúde, melhorando a segurança e transparência dos dados. E ela tem a característica de ser um meio descentralizado e compartilhado de gerenciar transações que demandam um alto nível de segurança e integridade.

Endereçando questões levantadas pelo segundo texto de comentários, há uma discordância sobre a definição que o autor trouxe acerca de *Big Data*. Se por um lado ele considera um conjunto de técnicas indissociáveis de outras, como Inteligência Artificial (I.A.), na presente perspectiva, consideramos que o termo é sim dissociável, por existir diversas modelagens para tratá-lo, mesmo sem utilizar modelos matemáticos de I.A., ou até mesmo sem usar a própria computação definida por Allan Turing. Exemplos como Hadoop ou MapReduce, que em sua essência não tocam a construção de I.A., mas se relacionam diretamente com *Big Data*. A ressalva desse detalhe de conceito é importante pois endereça a complexidade analítica de lidar nos mananciais de dados obtidos com a facilidade mencionada, abrindo abismos de desafios metodológicos e teóricos em computação para a análise propriamente dita. Se há necessidade de que os dados reflitam de fato a ocorrência das doenças em questão e não sejam entendidos como reflexos de outras circunstâncias de CASUALIDADE, também há necessidade da evolução e sofisticação do emprego de métodos que tragam indícios da CAUSALIDADE. E essa sofisticação inicia um distanciamento da realidade que os profissionais do SUS, que lidam com dados, possuem. Uma herança negativa de conservadorismo, que aponta grandes barreiras de adoção das técnicas analíticas que conseguem sanar as preocupações de mostrar causa e efeito levantados dentro do conhecimento proveniente das bases de dados.

Novamente ancorando-se no modelo mental das inovações exponenciais, as ferramentas tecnológicas têm potencial de escala para serem utilizadas por todo o Brasil, podendo ser customizadas para entender a dinâmica de cenários epidemiológicos que fazem parte da rotina do país. A preocupação se os profissionais estão preparados aparece a todo o momento em que se reflete os avanços tecnológicos, sem necessariamente ter na operação dos dados capital intelectual. A formação de pessoas com esses "novos" conhecimentos tem de ter sua demanda entendida e atendida pelos centros formadores, institutos de pesquisas e universidades. Porém, não fica limitado a esses o incremento dessas habilidades, lembrando-se que, novamente, a sociedade vive na era da abundância, e se mesmo a academia apresenta lentidão na validação ou disseminação das tecnologias exponenciais e inovações disruptivas, o próprio meio digital promove a aquisição de conhecimentos, teste e validação das hipóteses com técnicas, bases de dados, códigos compartilhados e quaisquer outros elementos que favoreçam estes tipos de trabalho.

Chegou a hora dos problemas do passado que ainda persistem no mundo moderno serem resolvidos com soluções do futuro que já estão presentes. Flexibilidade e autopermissão dos formadores e pesquisadores são uma via para a abundância também fazer parte da compreensão do universo de dados em saúde. Não apenas dados, mas todo o impulsionamento na qualidade e resolutividade que a saúde pública precisa, com agilidade e praticidade, as linguagens que as tecnologias da informação e comunicação proporcionam.

#### Colaboradores

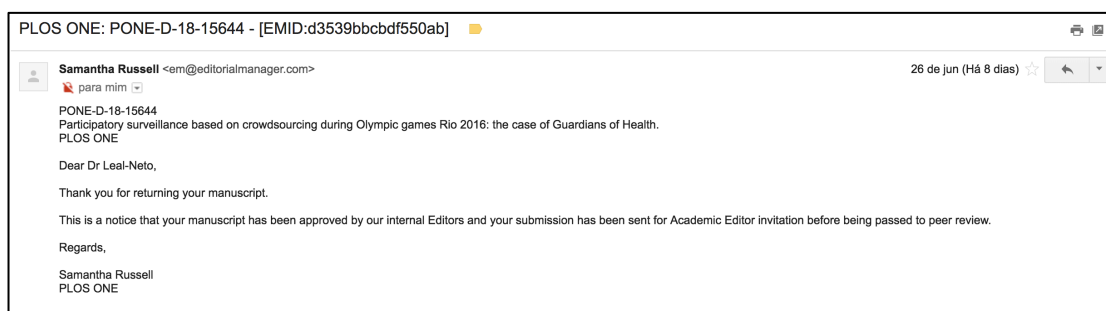
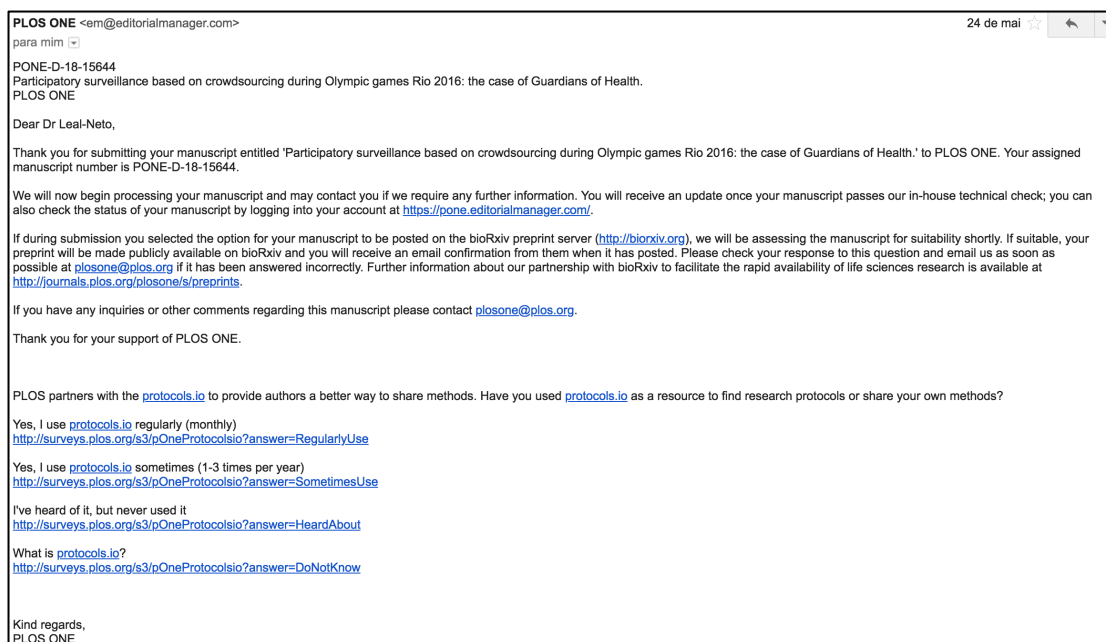
O. B. Leal Neto participou da organização, concepção e redação do artigo. J. Albuquerque contribuiu com a leitura crítica e aprovação final. O. G. Cruz, E. Cesse e W. V. Souza realizaram revisão crítica do conteúdo intelectual do artigo.

1. Brinkmann BH, Wagenaar J, Abbot D, Adkins P, Bosshard SC, Chen M, et al. Crowdsourcing reproducible seizure forecasting in human and canine epilepsy. *Brain* 2016; 139:1713-22.
2. Yi-Huumo J, Ko D, Choi S, Park S, Smolander K. Where is current research on blockchain technology? A systematic review. *PLoS One* 2006; 11:e0163477.

Recebido em 20/Set/2017  
Aprovado em 05/Out/2017

#### **4.5 Artigo 5: Participatory surveillance based on crowdsourcing during Olympic games Rio 2016: the case of Guardians of Health**

O presente artigo descreve a experiência do Guardiões da Saúde que foi a plataforma de vigilância participativa utilizada durante as olimpíadas de 2016 no Brasil.



## Participatory surveillance based on crowdsourcing during Olympic games Rio 2016: the case of Guardians of Health.

Onicio B. Leal-Neto<sup>1¶#a</sup>; Oswaldo G. Cruz<sup>2¶</sup>; Jones Albuquerque<sup>3,4,5¶</sup>; Mariana Sousa<sup>1&</sup>; Mark Smolinski<sup>6&</sup>; Marlo Libel<sup>6&</sup>; Eduarda Cesse<sup>7&</sup>; Wayner V. Souza<sup>7¶</sup>.

<sup>1</sup>Epitrack, Recife, PE, Brazil

<sup>2</sup>Scientific Computation Program - Oswaldo Cruz Foundation, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

<sup>3</sup>Federal Rural University of Pernambuco, Recife, PE, Brazil

<sup>4</sup>Immunopathology Lab Keizo Asami, Recife, PE, Brazil

<sup>5</sup>The Royal Free Hospital – University College of London, London, United Kingdom

<sup>6</sup>Ending Pandemics, San Francisco, CA, United States of America

<sup>7</sup>Aggeu Magalhães Research Center – Oswaldo Cruz Foundation, Recife, PE, Brazil

Corresponding author:

E-mail: [onicio@gmail.com](mailto:onicio@gmail.com)

¶These authors contributed equally to this work.

&These authors also contributed equally to this work.

## Abstract

With the evolution of digital media, areas such as public health are adding new platforms to complement the traditional systems of epidemiological surveillance. Participatory surveillance and digital disease detection have become innovative tools for the construction of epidemiological landscapes with the participation of citizens, anticipating traditional sources of information. Strategies such as these favor the timely detection of warning signs for outbreaks and epidemics in the territory. To describe and analyze the Guardians of Health platform, a project conducted during the 2016 Olympics and Paralympics in Rio de Janeiro and officially used by the Ministry of Health for the monitoring of outbreaks and epidemics. This is a mixed study with two dimensions: (1) descriptive - for the study of participatory surveillance platforms; and (2) ecological cross-sectional study to be carried out using secondary data from participatory surveillance platforms available in the GitHub public digital repository. Based on syndromic signals, the information subsidy for decision-making by policy makers and health managers becomes more dynamic and assertive, using this type of source as an early route to understanding the epidemiological scenario. The main results of this research were the validation of participatory surveillance platform as complementary source to the epidemiological surveillance done in the country as observed in mass gathering 2016 Olympic Games. The platform Guardians of Health had 7,892 users and 12,873 posts about health situation. Of these, 226 users with diarrheal syndrome, 102 users with respiratory syndrome and 231 with rash syndrome were identified. Digital transformation is fact. The struggle against those who continue to ignore this change encumbers the process of transformation, leaving all those in the context of public health hostage to obsolescence. It is hoped that professionals, new and old, researchers, managers or actors in the routine of epidemiological surveillance, become aware and allow themselves to join new tools that improve the information management for decision making and knowledge production. When we get a recurrence on this allowance of new things that promote health advancement, we may be able to get on the path of more intelligent, efficient, and pragmatic disease control.

*Keywords: Participatory surveillance; Epidemiology; Infectious Diseases; Pandemics; Health Innovation*

## **Introduction**

Participatory surveillance has been a reality in many parts of the world, improving traditional health surveillance systems and engaging the population to build epidemiological scenarios [1-8]. The use of mobile devices to improve the data collection, processing and analysis processes for epidemiology and surveillance have contributed as great advances in public health in the aspects of innovation and digital transformation in this area [9-14]. With the evolution and ubiquity of mobile devices, its operating systems, in addition to increasing digital inclusion and internet connectivity, research and collaborative strategies have been adopted to improve the quality of information generated in health, especially in the understanding of epidemiological patterns [15-17]. Strategies for monitoring respiratory, diarrheal, rash syndromes due to arboviruses are examples of how to drive digital disease detection platforms to address the production of strategic information for health surveillance based on crowdsourcing in the American, European, African and Asian continents, such as FluNearYou.org, Influenza.Net, AfyaData, Vigilant-e, Saúde na Copa/Health Cup e Guardiões da Saúde/Guardians of Health [4, 18-28]. The use of crowdsource-based platforms has also been observed in food-borne disease surveillance by bringing forward anticipation in the detection of outbreaks and evaluation of policies for food safety, as is the case of the website [iwaspoisoned.com](http://iwaspoisoned.com) [29].

Participatory surveillance systems operate in a similar way, where from a record, the user is able to report symptoms in a systematic and periodic way. Periodicity varies from daily to weekly. Symptom and location data is sent to servers, virtual, processing, and extracting information. From the extracted data, epidemiologists, researchers, data scientists and government agents analyze the information identifying the concentration of people with symptoms [3]. Usually the approach adopted is syndromic, i.e. the data collection is specific to symptoms that make up groups of diseases, thus calibrating the sensitivity and specificity of the systems. Some platforms such as Saude na Copa [21] or Flu Near You [15] use engagement strategies to ensure the user's adherence for regular participation within the system. In the first example gamification was used, where during the world cup the user participated in a game with the soccer theme, where its evolution was conditional on its participation. In the second example, nudges such as referring a friend, showing the number of active users in your region awarding them with badges or push notifications and e-mails reminders are used to encourage participation.

In parallel with the advances of participatory surveillance, some situations in society can bring a more intelligent and agile monitoring need, such as the case of mass gatherings. Mass gatherings are situations involving large numbers of people in a specific cause, planned or not, related to leisure, religion, politics, sports, and other [30].

LEAL-NETO [21] pointed out the use of Participatory Surveillance in Mass Gatherings (MG) for the first time during the FIFA World Cup 2014, where a mobile application based on crowdsourcing was developed to identify health threats officially used by the Brazilian Ministry of Health. With this experience, and in the perspective of improvement, a new platform for participatory surveillance in MG was developed and adopted, this time focusing on the Olympics 2016 [8]. Initiatives conducted by other countries during the Olympics were carried out, demonstrating the understanding of the importance of new participatory surveillance approaches using mobile devices to serve as a complementary support of traditional health systems [31]. In addition, this work pointed out the relevance of this perspective to find outbreaks fast [32].

The present work aims to describe and analyze the Guardians of Health platform, a project conducted during the 2016 Olympics and Paralympics in Rio de Janeiro and officially used by the Ministry of Health for the monitoring of outbreaks and epidemics.

## Methods

Skoll Global Threats Fund and Epitrack with the support of the Brazilian Ministry of Health and the Pernambuco Research Support Foundation - FACEPE developed a mobile application, web application and dashboard platform to carry out participatory surveillance in Brazil during the Olympics and Paralympics RIO 2016. The Rio de Janeiro-based project also included five other cities that hosted events and games related to the Olympics: Manaus, Salvador, São Paulo, Brasília, Belo Horizonte. The platform was titled Guardiões da Saúde. The study period was divided into pre-event and event that comprised from March 28 to October 26, 2016. The first was related to the time when the platform was officially launched by the Ministry of Health of Brazil. The second moment was related to the period that occurred concomitantly with the Olympic and Paralympics Games.

The management structure of the platform worked in a multi-center way between a base in the General Coordination of Surveillance and Response to Events of Public Health, Secretariat of Health Surveillance in the Ministry of Health in Brasilia, a base in Washigton DC, USA and a base development and support in Recife, Brazil.

When people downloaded the app they were only considered as uses if they agreed with the terms of use and privacy policy, checking a box before they started. The whole app, including the terms of use and privacy policy were be translated in seven languages (English, Spanish, Portuguese, French, Arabic, Chinese and Russian). For the purpose of this work, we have accessed the open data available in <https://github.com/Epitrack/guardioes-da-saude>. This project followed the Brazilian regulation about information access and handling according to Information Access Law (Law nº 12.527/2011) and since this project was performed by Brazil's Ministry of Health, in not academic way, it was dispensed the submission for ethics committee. The authors were involved in the system development and deployment, marketing campaigns and users acquisition, but any of them had participants' identification or anything that could be used to identify personally users.

## **System development**

Guardians of Health platform was composed of three segments: (1) iOS and Android apps; (2) webapp and (3) dashboard. The app was developed in native technology to their operating systems (for Android it was used Java language and for iOS, Objective-C and Swift were adopted). The users who have registered with information about sex, age and city were motivated (by push notification, gamification and marketing) daily to report their health condition. Within the options of the report, the user had the possibility to inform if it was well, i.e. without symptoms, or if it was ill, where the following list of symptoms was showed to pick up one of the options: Body pain, Headache, Joint pain, Cough, Sore Throat, Fever, Shortness of breath, Nausea/Vomiting, Diarrhea, Itching, Rash, Red eyes and Bleeding. The symptoms were strategically defined from a syndromic approach with the purpose of the identification of Diarrheal, Respiratory and Rash syndromes. For this project it was defined rash syndrome as symptoms related to arboviruses (Dengue, Zika and Chikungunya). For Diarrheal Syndrome, the Diarrhea symptom was mandatory. In the Rash Syndrome, it was necessary to have the rash (exanthema) symptom and finally

in the Respiratory Syndrome, Cough and Fever were obligatory conditions in the existence of this. Both the register and the report, after completion and sending to database, had their geographic coordinates (latitude and longitude per UTM) collected, favoring the geolocation of the records within the application. For devices that did not allow location, we used the proxy location of the users' IP. The list of symptoms also had three more questions: (a) if the user had contact with someone with these symptoms, to establish possible links in for an eventual chain and transmission; (b) if user had been sought a health service to understand the severity of reported symptoms; and (c) if user traveled abroad, for the possibility of possible introduction of acquired disease outside Brazil. The choice of symptoms and syndromes definition were based on guidelines of the Ministry of Health of Brazil, with aspects of the routine of the Information System of Notifiable Diseases - SINAN and other prerogatives defined by the competent technical areas of the institution. The same aspects of collecting daily reports could also be done in a web application developed in Java Script (AngularJS) accessed by the browser from the address [www.guardioesdasaude.org](http://www.guardioesdasaude.org), hosted on Dreamhost servers. The backend server was developed in NodeJS and for the web server used Nginx, both running on a Linux Ubuntu server. As a third-party API, we used Google Maps and Git as versioning system.

## **Alert system**

In addition to the application for collecting data from crowdsourcing, Guardians of Health also had a data visualization dashboard that provided monitoring of metrics and results acquired by apps. The dashboard was developed in AngularJS and for the construction of the graphics the D3 library was used. In this segment of the platform, k-means algorithm was used to identify the syndromic clusters, considering the distribution of the points in the territory and a pre-defined radius.

The purpose of the dashboard was to serve as a complementary alert system to possible syndromic clusters, where epidemiological surveillance technicians used to monitor epidemiological patterns and possible diseases outbreaks. For this component scripts and algorithms were developed in the R language and the system worked on the cloud using cronjobs and triggering changes in epidemiological patterns into color codes and alert signals.



From the data reported by users a time series was created by counting the number of events per day in each location for each of the signs and/or symptoms. One of the main challenges was to choose a technique that fits a counting data, possibly inflated by zeros, presenting small mean events per day and with great variability, as observed in Saude na Copa [21] which served as a test set for the methodologies to be applied. Given the characteristics of the data described above, counting data, inflated by zeros, with overdispersion (variance greater than the mean), traditional methods were not taken into account. For instance, ARIMA requires data with normal average distribution and does not have convergence when dealing with quantities with high exponential coefficients, with many zeros as well as very small ones, in addition to a larger set of observations. Model-based methods also exhibit the same non-convergence constraints even if using negative Poisson or binomial regression. Some methods, such as CUSUM (cumulative sum) and EWMA (exponentially weighted moving average), are more complex and the average changes detection techniques can be challenging for the type of system to be implemented.

These motives led us to choose an *ad hoc* approach by constructing a strategy to monitor signals from the Guardians of Health using smoothing functions called *loess*. This technique uses a semi-parametric local regression method, which has a smoothing parameter that defines how the function will be adjusted to the observed data. In addition to the smoothing parameter, we can also manipulate the confidence interval of the smoothed function, both parameters being easy to understand and together with a simple rule we have created the algorithm described below. From the series of signals a “loess” is defined at the points passed and an associated confidence interval is established. Thus, the data arriving at the processing server can be checked against the series and when a value passes the upper interval (defined by the parameters) a "YELLOW" alert is triggered if the next point continues to exceed the upper limit an alert is triggered "ORANGE", and if, for three or more times, the limit is exceeded, an alert "RED". Fig 1 shows the prototype output and simulation from algorithm that we used.

It is important to note that because it is a local regression method, a slow increase in cases also leads to an increase (albeit with a delay) in the upper range, which allows a very gradual increase in reported cases to be viewed as an “average process increase” such as more people are entering the system and so we have an increase in reported cases. Another important point is that as we adjust the parameters

and may even have different values for each signal or for each syndrome, we can calibrate the alert. If it is very sensitive you can reduce the number of alerts, and if the trend is rising slowly you can choose to have an alarm with a shorter latent memory.

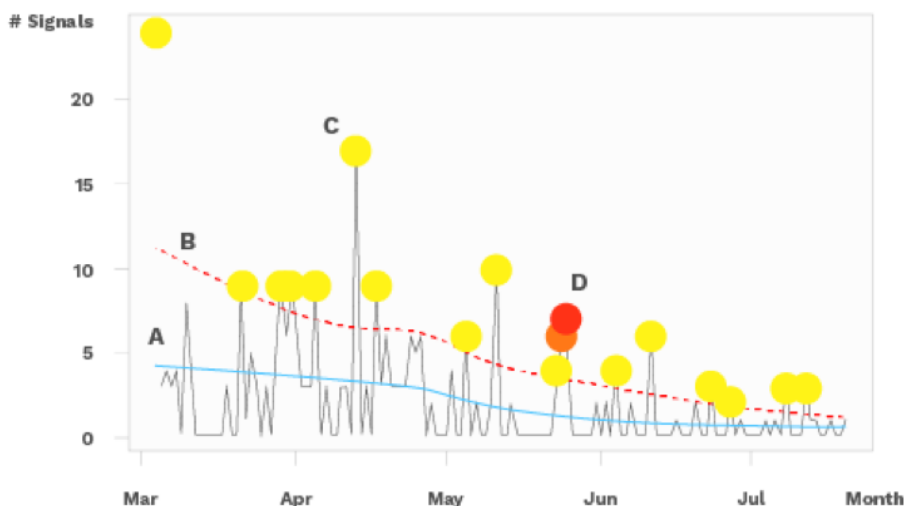


Fig 1. Prototype output and simulation from algorithm used for the alert system during Olympic Games 2016.

The line in blue (A) represents the “loess” function with a certain window, this value is known as “span” and controls the smoothness. If it is 1, we will have (almost) a line with the mean value of the series, if it is close to zero, each point will be interpolated by the function. Thus, the function is adjusted by varying this parameter between 0 and 1. The dotted line in red (B) represents the “upper range” of the “loess” function, this amplitude was obtained by multiplying the standard deviation by a “sigma”. Thus, the variability of the series decreases which makes the interval closer to the loess function. In the event of the graduation of alerts, the indication C shows one of the points where the value was exceeded but only at a moment in time which causes that point to generate a signal “YELLOW”. In D, the observed values exceeded the upper limit 3 times followed, the first time generating a “YELLOW” alert, the second “ORANGE” and finally “RED”, then the number of cases fell below the limit and no more alarms were triggered. If this value persists, the alarm will remain “RED”. In Fig 1 a span of 0.75 and a sigma of 1 were used.

The whole system consumed an API developed in Sails with communication RestAPI. The database model used was MongoDB. Hosted at Amazon Webservice.

## **Engagement: acquisition, adherence and permanence of users in the platform**

One of the biggest challenges in digital platforms that require crowdsourcing users to participate in information building is recruiting and engaging them in applications. There are a few examples, such as the Waze traffic app that can get 65 million active users in more than 185 countries [33]. In the case of health, numerous strategies described by SMOLINSKI [8] describe how participatory surveillance platforms seek to motivate and connect more and more with users. In the case of the Guardians of Health, some strategies were developed to achieve good levels of acquisition, adherence and engagement with users.

The distribution of the application was carried out by the official stores of Apple and Android -- App Store and Play Store respectively. Within app store profiles, criteria that favored App Search Optimization (ASO) were met, putting keywords and strategic terms that would improve the positioning of applications when users were looking for health-related terms. As users could also register on the web, elements of Search Engine Optimization were implemented, also with the aim of improving Google's search positioning in terms related to the health scenario. In-store rates and comments was also monitored where a team was responsible for responding to questions, comments and criticisms in a timely manner by improving Customer Relationship Management.

From the perspective of marketing as a way of acquiring users, vertical tactics of launch and media buzz were developed to favor the knowledge and dissemination of the application in the regions that had relation with the Olympic games. Press-conferences (for spontaneous media generation) and placement in Brazil's main offline and online media channels, press-release, press-kit, among others, were done. Inbound and outbound marketing approaches have been developed to target the most reach/impressions and conversions of leads and users. For marketing outbound approach, the campaigns in Facebook Ads, Google Adwords, YouTube ads, Mobile AdNetwork, Google Paid Search, Twitter were circulated focusing mainly on the region of Rio de Janeiro, where users located in this territory were impacted by the media.

For inbound marketing, blog posts were used for health issues with high number of visits, directing readers to the distribution channels of the applications.

A gamification piece within mobile applications and webapp has been developed, adding yet another reinforcement to the goal of user engagement in a systematic and recurring way. A game developed into the app that consisted of a quiz with more than 300 questions on issues of health promotion, disease prevention and vector-borne diseases, brought a health education component to the active users. The questions showed in the quiz were prepared by Ministry of Health. When answering the questions, the users were presented with information and curiosities about Olympic sports, besides going through an Olympic journey bringing the theme to the digital environment and building an imaginary mindset in the Olympic games.

The apps also featured a health guide with information on arboviruses, traveler's health, location of emergency room units, vaccines, useful telephones, drugstores location, basics healthcare orientation, prevention of sexually transmitted infections.

One of the limitations of crowdsourcing is the reliability of information coming from users. The validation of a possible health threat such as begins of outbreak or epidemic is made based on groups of people reporting similar symptoms in near time and space. In the analyzes performed, a spam classification was created, which were reports with 8 or more symptoms informed. It was agreed that reports with these characteristics would be removed from the analyzes being characterized as spam or noise within the registration database.

Another element that was considered in constructing the platform is the possibility of including secondary users nested to a primary user in Guardians of Health. In this way, a family could have its primary user and other family members added as secondary to the account.

Data from the results of downloads, registrations and user reports within the Guardians of Health platform were analyzed using RStudio and Exploratory.io framework.

The Guardians of Health is an open source and open data project available in <https://github.com/Epitrack/guardioes-da-saude>.

## Results

During the period of study (Fig 2), the app had 59,312 downloads being 95.5% (n = 56,628) on android devices and 4.5% (n = 2,684) on iOS devices. This total of downloads generated 7,848 users, where 5,987 users sent at least once report of their health situation. Of this total, 76.37% (n = 4,572) were users of Android devices and 19.21% (n = 1,150) users of iOS devices. It was observed 265 users coming from webapp, representing only 4.43% of the users in the platform. Regarding churn (loss of users) at the end of the Olympic period, it was evidenced for Android device users the percentage was 68.65% (n = 38,878) and iOS devices 60.39% (n = 1,621).

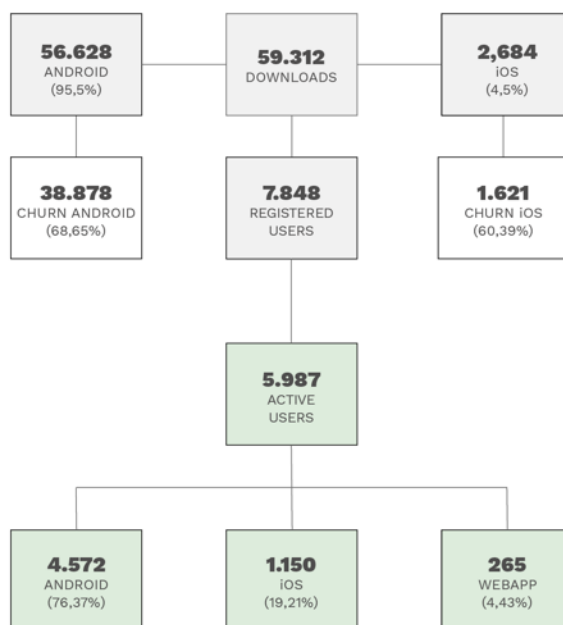


Fig 2. Distribution of downloads, registered users and active users by platforms during the period of study.

This universe of users generated a total of 12,746 reports, which after the classification and filtering of spam resulted in 71.79% (n = 9,150) valid reports. 80.92% (n = 7,404) reports were with no symptom status and 19.08% (n = 1,746) were reports that presented at least 1 symptom in the period studied. Regarding the users' demographic profile, 60.12% (n = 5,501) were males and 39.88% (n = 3,649) females. The participants' ages ranged from 8 to 97 years, with a median of 39 and a mean of

40.39 with standard deviation of 14.06. Based on the gender and ethnic policies of the Ministry of Health, the application had a question about the race/color of the user, where 30,30% (n = 2,773) declared themselves as "White", 28,53% (n = 2,611), "Black", 21,28% (n = 1,947) "Yellow", 18,10% (n = 1,656) declared "Brown" and 1,79% (n = 163) as "Indigenous". Most of the reports 50,28% (4,601) came from the city of Rio de Janeiro. The city of São Paulo showed 10,24% (n = 937), being the second city with the highest number of reports. The other cities that had Olympic events were less than 5%. And even the platform with its promotion and promotion focused on Rio de Janeiro and other host cities, 18,89% (n = 1,728) of the reports came from other cities in Brazil, and in some cases, from other countries. The average participation was 2 reports per user and 97,70% (n = 8,939) made by the main user of the account.

With regard to the Guardians of Health syndromic profile, 1,75% (n = 161) of the reports were classified as diarrheal syndrome, 1,58% (n = 145) in rash syndrome by arboviruses and 0,74% (n = 68) as respiratory syndrome. The frequency of most reported symptoms is described in Table 1 and the syndrome distribution can be demonstrated in Fig 3.

Regarding the auxiliary questions, 1,96% (n = 179) reports reported having had contact with someone with any of the symptoms described in the list, 2,87% (n = 263) reports reported having sought health services and no reports pointed to users who have been out of the country in the last 2 weeks at the time of completion.

Table 1. List of symptoms reported during the period Guardians of Health functioning in the Rio 2016 Olympic Games.

Symptoms	%	<i>n</i>
Body ache	6.63	607
Headache	6.48	593
Joint pain	5.32	487
Cough	4.58	419
Sore throat	3.03	277
Fever	2.94	269
Shortness of breath	2.38	218
Nausea	2.23	204
Diarrhea	1.76	161
Itching	1.58	145
Rash	1.58	145
Red eyes	1.44	132
Bleeding	0.62	57

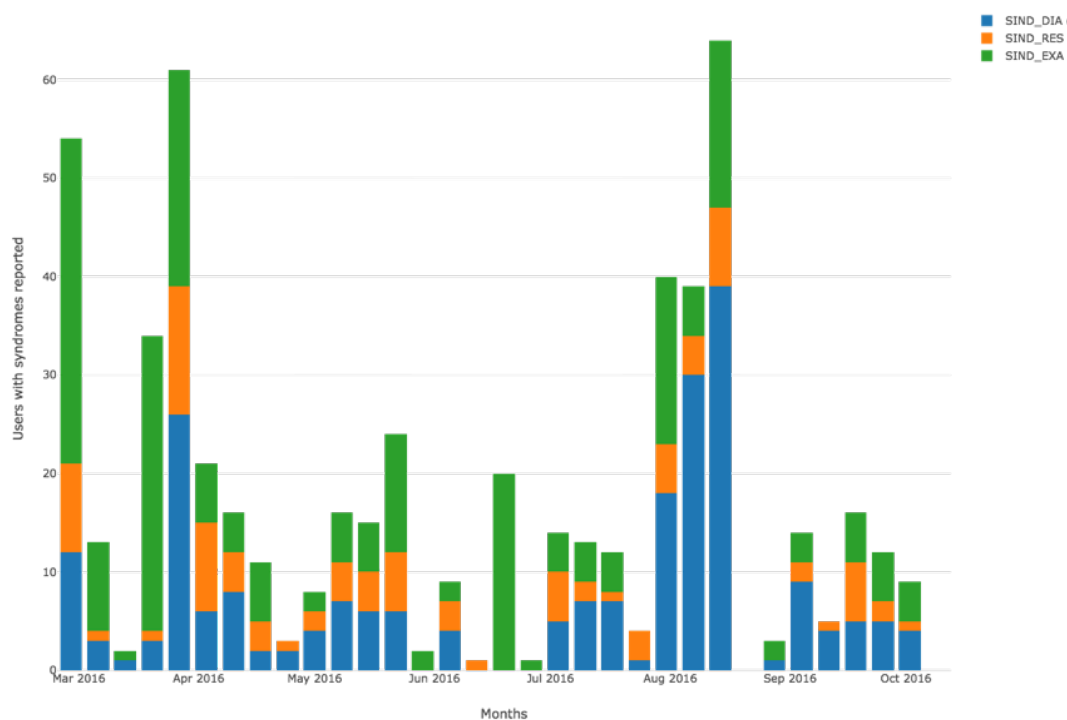


Fig 3. Syndrome distribution during period of study.

Fig 4 shows the spatial distribution of users who were feeling ill (with some symptom). Figs 5 - 7 show, respectively, the spatial distribution of the reports that were compatible with the Diarrheal, Respiratory and Rash syndromes respectively.



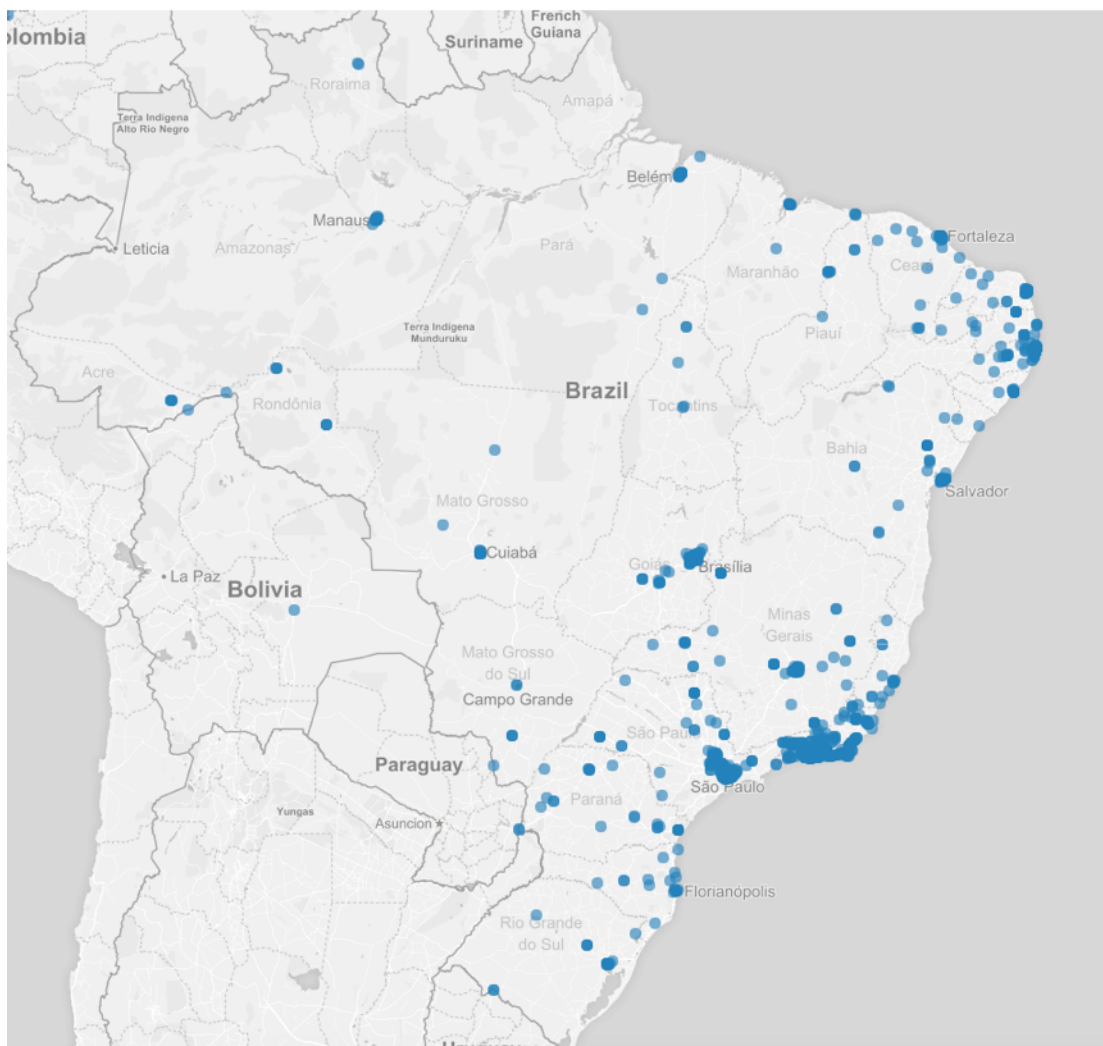


Fig 4. Spatial distribution of users who were reported some symptom.

Throughout the study period, whether pre-event or in the Olympics, despite the evidence of reports compatible with the syndromes described above, there was no concentration of these reports in the same space/time, excluding the possibility of beginning of outbreaks, according to the information collected by the Guardians of Health. We've tested it using k-means and Hartigan-Wong algorithm.

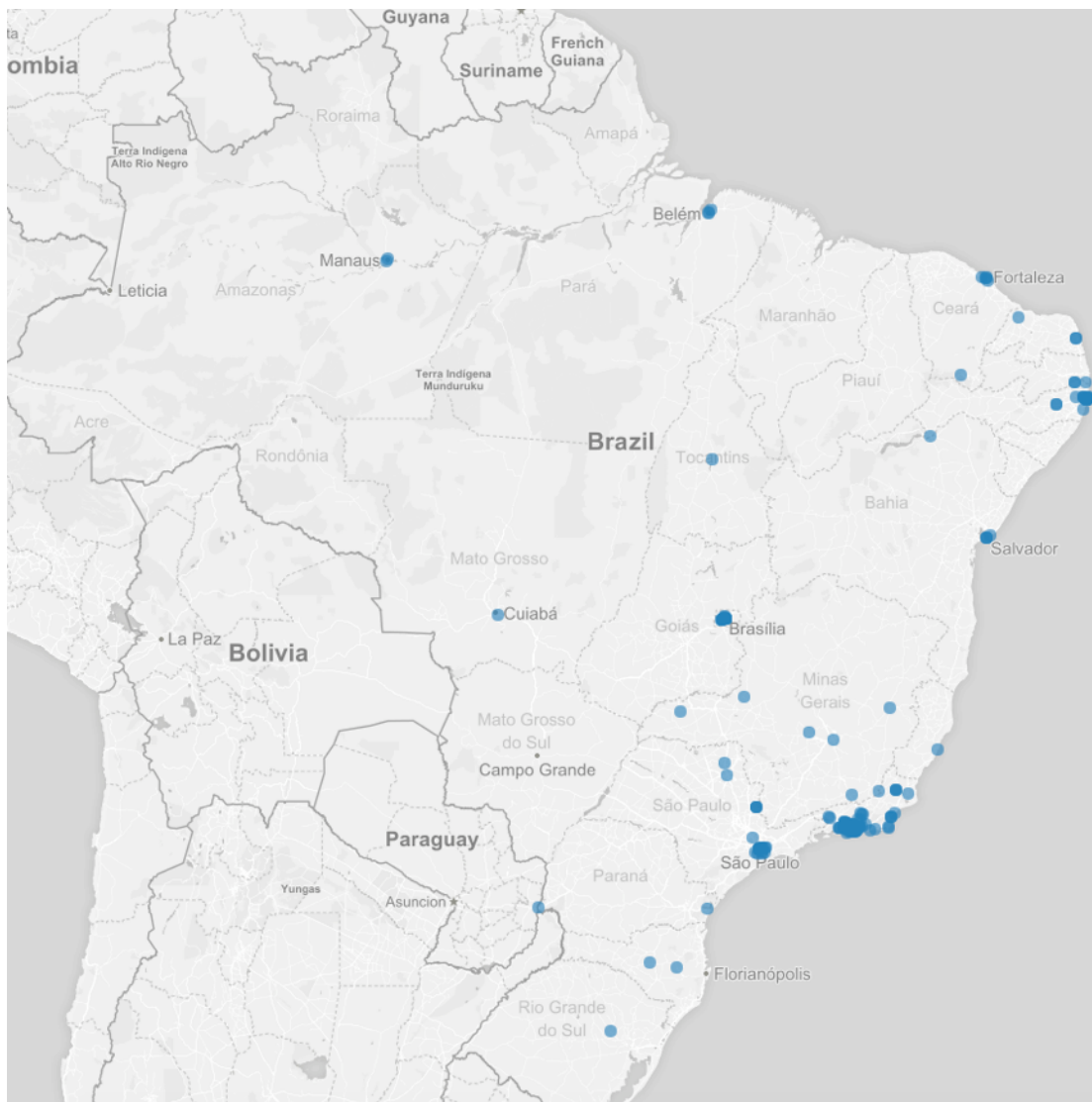


Fig 5. Spatial distribution with diarrhea syndrome cases reported.

Regarding the results obtained in the engagement strategies, marketing campaigns were made from the YouTube channel to serve video campaigns about the app, where 253,061 views of the published videos were reached out. Regarding Facebook, content-placement strategies on its own fan-page were adopted, leveraging 439 followers. But Facebook has also made postings on partner pages such “Razões para Acreditar” which has 692,297 followers, with Guardians of Health content being disseminated by these vehicles. Regarding store scores, the Guardians of Health app averaged 4.1 out of 5.0 in the Play Store and 3.0 out of 5.0 on the App Store.

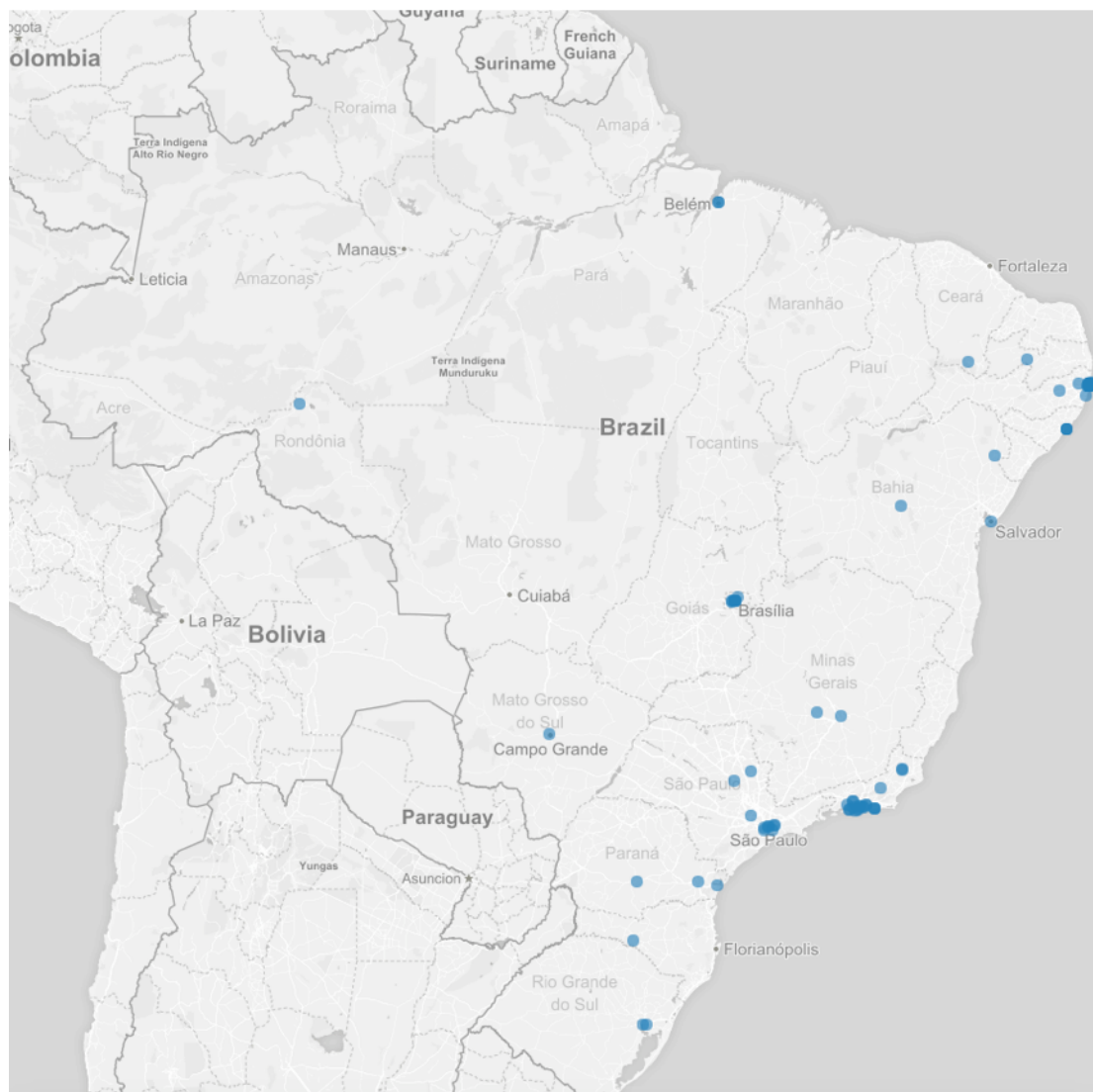


Fig 6. Spatial distribution with respiratory syndrome cases reported.

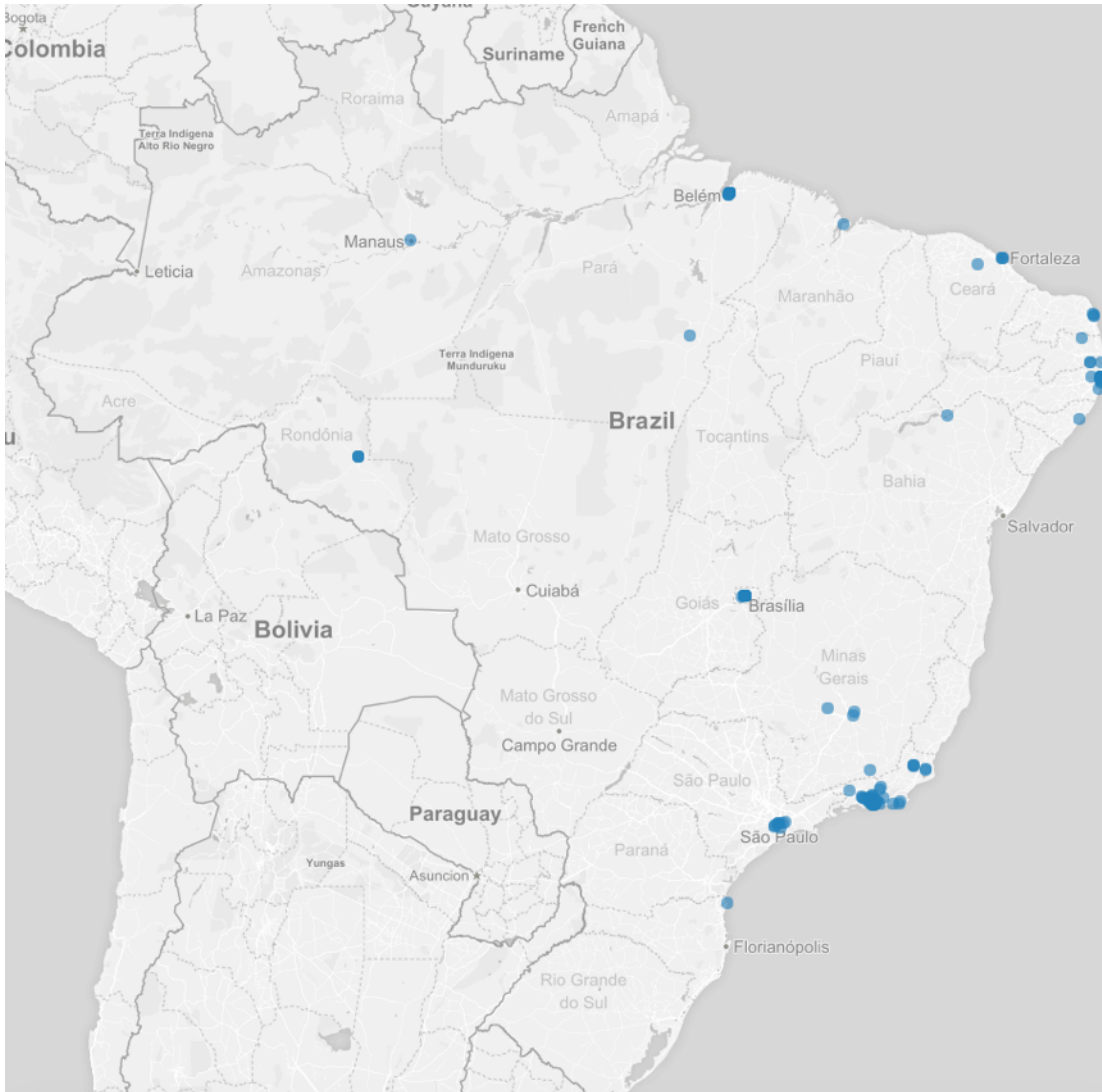


Fig 6. Spatial distribution with rash syndrome cases reported.

## Discussion

Participatory surveillance continues to be an alternative for health services innovation in the digital age, spreading to various parts of the world and increasingly gaining strength as a complementary platform to traditional epidemiological surveillance systems [3, 8, 21]. The use on a national scale in Brazil during the FIFA World Cup 2014 and the Rio 2016 Olympics shows a new positioning of government management in joining tools that bring modernization and substantial improvements to the sensitivity and specificity of the production and consumer structures of strategic information in health surveillance.

Experiences using mobile devices take advantage of the population's access and access to smartphones, facilitating the penetration of projects that are based on

real-time data collection with remote transmission of information, composing monitoring panels that aid in decision making [10, 34-37]. In the case of Guardians of Health for the period of operation the high number of downloads was not effectively converted into the creation of users, where 13.23% of all who downloaded the application have become registered users. This behavior can be confronted with some hypotheses, from the innovative potential of the tool, invoking the criteria of “deceptive” growth [11], that is, the incredulity of the population in something more modern than the traditional systems. The tone and sentiment observed in comments at virtual stores and Facebook’s posts can point out for this awkward situation.

There was a significant majority of users of the Android operating system compared to the iOS operating system. The direct explanation is the lower cost in Brazil of smartphones in the Android operating system, in keeping with the financial reality of the population. GOTZ [35] questioned whether there was a difference in personality between users of both systems, but no significant results were found to attest this. In this way, it can be suggested that only the economic factor involved in the acquisition cost of these devices is what generates the greater preference for Android, at least in Brazil. Data show that Brazil currently has 77.35 million smartphone users, where 92.6% are Android [38]. The low number of registrations and use via webapp corroborates with the tendency that internet applications are more restricted to mobile devices in relation to desktops or access by browsers. The churn achieved by the apps are within an expected value for applications in the health issue that is 75% [39].

Using a rule to identify spam posts [21] eliminated 28.21% of reports that would not be true or had a high chance of being fallacious. Even with this withdrawal, obtaining 9,150 reports generated a reasonable universe of analysis. There were differences between the demographic profile identified in the Guardians of Health and Saude na Copa App, a participatory surveillance application used in Brazil during the World Cup in 2014. While the first showed an overlap of approximately 20 percentage points in relation to the users of sex male, age also showed significant differences since the second had a lower range (12 to 77 years) to the variation found by the Health Guardians (8 to 97 years). One of the elements that can explain this difference is that Guardians of Health had the functionality of adding secondary users to a primary account. That is, an adult at the median age observed (39 years) could have children or the elderly as secondary users within their account. This may also

explain the difference in means achieved between the World Cup experience and the Olympics [21].

The population profile according to race / color was a variable used for the first time in relation to other participatory surveillance platforms in the world, preventing a comparison of this profile with other regions, even aiming to raise discussions about access to technology according to race / color. However, due to the fact that Brazil has a well-known population, with a majority of Europeans and Africans, and also preserves indigenous characteristics in several regions of the country, the figures presented reflect a reality of race diversity at the national level, even those who declare themselves to have represented only 1.79% of the reports.

Most of the Olympic and Paralympic competitions were held in Rio de Janeiro, explaining that most of the reports came from this locality. One situation that has been repeated in relation to the Saúde na Copa application is the demonstration of the potential for scale and dissemination of a participatory surveillance platform for mobile devices. In the Guardians of Health 30.83% of the reports came from Brazilian cities or from foreign territory (the minority) that were not the headquarters of any Olympic event.

The results on the captured syndromic profile, that is, reports that were compatible with the rules of a priori defined syndromes were below those observed in previous experiences during mass events using participatory surveillance. However, they still show great potential for use because of the sensitivity they are able to present by locally identifying concentrations of reports with similar characteristics of symptoms. Fortunately there were no outbreaks detected by the application and corroborated with official information from the Ministry of Health, assuming validation of the tool's potential in the timely detection of health threats.

Unlike Saúde na Copa app, which had peaks of participation during matches of the Brazilian soccer team, the Olympics had a diversity of sports activities, the number of participations and completion of the reports had a possibility of apparent relation with the days of the campaigns of campaigns of marketing, for acquisition and adherence of users.

Mass gatherings continue to be sensitive situations in health management, due to the pressure caused in local systems, sudden demand increase without the structuring being able to keep up with the scale of supply, as well as the epidemiological risks of introducing non-existent or controlled diseases in the national

context. The traceability of risk profiles, especially those that are not native to the mass events, qualify as an epidemiological problem, where platforms like Guardians of Health try to minimize the risks of misfortune.

Engaging users on platforms like this remains one of the puzzling and challenging issues in terms of participatory surveillance. Building on the importance of understanding health information around them has been a quest for the various groups working with participatory surveillance around the world, where despite experiences with an interesting success (Flutracking.org) has not yet been found replicable path, making this part one of the negative points in applying a participatory approach [40-42].

Another sensitive point that comes up on the list of challenges is the role of government and its agents as users and system managers like this. The importance of a prospective mindset is vital to foster an abundant innovation-oriented thinking, in order to improve and sustain these initiatives. The ideal world would be for each experience, whether in the World Cup or in the Olympics, a permanence of a minimal structure of management, development, support and dissemination, that would favor growth more and more. However, these skewed interests and lack of agile capacity for structuring the sectors that managed to maintain projects like this, are also characterized as enigmatic challenges in which no one found a solution or path to articulate and implement an experience as a permanent and healthy policy of innovation in health.

In the current scenario of the information capture flow for epidemiological surveillance, sick individuals are only counted by the health system when they enter it and are notified when necessary. However, the time between illness and demand for a health facility, assuming it would report all necessary cases, demonstrates the fragility of traditional systems in the timely identification of diseases that can impact public health in the form of outbreaks and epidemics. One of the ways to fill this gap between illness from a disease with the potential to cause an outbreak and the record of it is the use of technologies and strategies such as participatory surveillance that empower citizens by making them an active part of joint information building that set the epidemiological scenario of their community or region, rescuing the precepts of social control widely debated in the SUS.

Reaffirming the debate [12, 13] the explicit evidence that disruptive innovations in public health are far more present in our national context than we imagine, because

of their potential exponential growth, generate the urgency that research and service consider this new movement in their collective health practices. In this way, the SUS can not only follow, but enjoy and become an effective actor of this rapid transformation in the race for the use of information to improve the quality of life of all citizens.

Many other participatory surveillance strategies keep raising across the globe, using the same mindset which people is the primary data source, contributing to build epidemiological scenarios with crowdsourcing [43-47]. On the other hand, non-traditional approach for health communication should be considered to work together, increasing the range of digital health, for instance, the use of YouTube to spread health education content [48, 49].

Digital transformation is fact. It ceased to be a futuristic element to come to be today's reality. The world is changing fast and to recognize this transformation is essential to face nowadays challenges. The struggle against those who continue to ignore this change encumbers the process of transformation, leaving all those in the context of public health hostage to obsolescence. It is hoped that professionals, new and old, researchers, managers or actors in the routine of epidemiological surveillance, become aware and allow themselves to join new tools that improve the information management for decision making and knowledge production. When we get a recurrence on this allowance of new things that promote advancement in the health field, we may be able to get on the path of more effectiveness disease control.

## References

1. Ginsberg J, Patel R, Brammer L, Smolinski M, Brilliant L. Detecting influenza epidemics using search engine query data. *Nature*. 2009. 457. doi: 10.1038/nature07634.
2. Yuan Q, Nsoesie E, Lv B, Peng G, Chunara R, Brownstein J. Monitoring influenza epidemics in China with search query from Baidu. *PLOS One*. 2013. 8: 5. doi: 10.1371/journal.pone.0064323
3. Wójcik O, Brownstein J, Chunara R, Johansson M. Public health for the people: participatory infectious disease surveillance in the digital age. *Emerging Themes in Epidemiology*. 2014 11:7. doi: 10.1186/1742-7622-11-7



4. Leal-Neto O, Dimech G, Libel M, Oliveira W, Ferreira J. Digital disease detection and participatory surveillance: overview and perspectives for Brazil. *Rev Saúde Pública*. 2016; 50:17. doi: 10.1590/S1518-8787.2016050006201
5. Meyers D, Ozonoff A, Baruwal A, Pande S, Harsha A, Sharma R, Schwarz D, Schwarz R, Bista D, Halliday S, Maru D. Combining healthcare-based and participatory approach to surveillance: trends in diarrheal and respiratory conditions collected by a mobile phone system by community health workers in rural Nepal. *PLoS ONE*. 2016, 11(4): e0152738. doi: 10.1371/journal.pone.0152738
6. Bach M, Jordan S, Hartung S, Santos-Hanover C, Wright M. Participatory epidemiology: the contribution of participatory research to epidemiology. *Emerg Themes Epidemiol*. 2017, 14:2. doi: 10.1186/s12982-017-0056-4
7. Koppeschaar C, Colizza V, Guerrisi C, Turbelein C, Duggan J, Edmunds W, Kielsø C, Mexia R, Moreno Y, Meloni S, Paolotti D, Perrota D, Van Straten E, Franco A. Influenzanet: Citizens among 10 countries collaborating to monitor influenza in Europe. *JMIR Public Health Surveill*. 2017, 3(3): e88. doi: 10.2196/publichealth.7429
8. Smolinski M, Crawley A, Olsen J, Jayraman T, Libel M. Participatory disease surveillance: engaging communities directly in reporting, monitoring and responding to health threats. *JMIR Public Health Surveill*. 2017, 3(4): e62. doi: 10.2196/publichealth.7540
9. Boulos MNK, Wheeler S, Tavares C, Jones R. How smartphones are changing the face of mobile and participatory healthcare: an overview with example from eCAALYX. *Biomedical Engineering OnLine*. 2011, 10:24. doi: 10.1186/1475-925X-10-24
10. Leal-Neto OB, Albuquerque C, Albuquerque J, Barbosa CS. The Schisto Track: A system for gathering and monitoring epidemiological surveys by connecting geographical information systems in real time. *JMIR MHealth UHealth*. 2014 2(1): e10. doi: 10.2196/mhealth.2859
11. Leal-Neto OB, Albuquerque J, Souza W, Cesse E, Cruz O. Disruptive innovations and transformations in public health in the digital age. *Cad. Saude Pública*. 2017, 33(11): e00005717. doi: 10.1590/0102-311X00005717

12. Leal-Neto OB, Albuquerque J, Cesse E, Cruz O, Souza W. Optimistic perspectives for the health of the future. *Cad. Saude Pública*. 2017, 33(11): e00164017. doi: 10.1590/0102-311X00164017
13. Oliveira AD, Prats C, Espasa M, Serrat FZ, Sales CM, Silgado A, Codina DL, Arruda ME, Gomez J, Albuquerque. The Malaria system MicroApp: a new, mobile device-based tool for malaria diagnosis. *JMIR Res Protoc*. 2017, 6(4): e70. doi: 10.2196/resprot.6758.
14. Olso D, Lamb M, Lopez MR, Colborn K, Paniagua-Avila A, Zacarias A, Zambrano-Perilla R, Rodriguez-Castro S, Cordon-Rosales C, Asturias ED. Performance of a mobile phone app-based participatory syndromic surveillance system for acute febrile illness and acute gastroenteritis in Rural Guatemala. *J Med Internet Res*. 2017, 19(11):e368. doi: 10.2196/jmir.8041
15. Baltrusaitis K, Santillana M, Crawley A, Chunara R, Smolinski M, Brownstein J. Determinantes of participants' follow-up and characterization of representativeness in Flu Near You, A participatory disease surveillance system. *JMIR Public Health Surveill*. 2017, 3(2): e18. doi: 10.2196/publichealth.7304
16. Swain C, Sawicki S, Addison D, Katz B, Piersanti K, Baim-lance A, Gordon D, Anderson B, Nash D, Steinbock C, Agins B. An end-user participatory approach to collaboratively refine HIV care data, The New York State experience. 2018. *AIDS Behav*. doi: 10.1007/s10461-018-2104-7
17. Brownstein J, Chu S, Marathe A, Marathe M, Nguyen A, Paolotti D, Perra N, Perrotta D, Santillana M, Swarup S, Tizzoni M, Vespignani A, Vullikanti AK, Wilson ML, Zhang Q. Combining participatory influenza surveillance with modeling and forecasting: three alternative approaches. *JMIR Public Health Surveill*. 2017, vol 3(4): e83. doi: 10.2196/publichealth.7344.
18. Smolinski M, Crawley A, Baltrusaitis K, Chunara R, Olsen J, Wójcik O, Santillana M, Nguyen A, Brownstein J. Flu near you: crowdsourced symptom reporting spanning 2 Influenza seasons. *American Journal of Public Health*. 2015, vol 105(10). doi: 10.2105/AJPH.2015.302696.
19. Chunara R, Goldstein E, Patterson-Lomba O, Brownstein J. Estimating influenza attack rates in the United States using a participatory cohort. *Scientific Reports*. 2015, 5:9540. doi: 10.1038/srep09540.

20. Santillana M, Nguyen AT, Dredze M, Paul MJ, Nsoesie EO, Brownstein J. Combining search, social media and traditional data sources to improve Influenza Surveillance. *PLoS Comput Biol* 2016, 11(10): e1004513. doi: 10.1371/journal.pcbi.1004513
21. Leal-Neto O, Dimech G, Libel M, Souza W, Cesse E, Smolinski M, Oliveira W, Albuquerque J. Saúde na Copa: The world's first application of participatory surveillance for a mass gathering: FIFA World Cup 2014, Brazil. *JMIR Public Health Surveill.* 2017, 3(2):e26. doi: 10.2196/publichealth.7313.
22. Cantarelli P, Debin M, Turbelin C, Poletto C, Blanchon T, Falchi A, Hanslik T, Bonmarin I, Levy-Bruhl D, Micheletti A, Paolotti D, Vespignani A, Edmunds J, Eames K, Smallenburg R, Kopperschaar, Franco A, Faustino V, Carnahan A, Rehn M, Colizza. The representativeness of a European multi-center network for influenza-like-illness participatory surveillance. *BMC Public Health.* 2014, 14:984. doi: 10.1186/1471-2458-14-984
23. Pini A, Merk H, Carnahan A, Galanis I, Van Straten E, Danis K, Edelstein M, Wallenstein A. High added value of a population-based participatory surveillance system for community acute gastrointestinal, respiratory and influenza-like illnesses in Sweden, 2013 – 2014, using the web. *Epidemiol. Infect.* 2017, 145 1193-1202. doi: 10.1017/S0950268816003290
24. Queenan K, Magensho P, Ole-Neselle M, Karimuribo E, Rweyemamu M, Kock R, Häsler B. Using local language syndromic terminology in participatory epidemiology: lessons for One Health practitioners among the Massai of Ngorongoro, Tanzania. *Preventive Veterinary medicine.* 2017, <http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.02.003>.
25. Gopichandran V. Community-based participatory epidemiology in tribal areas in India. *Journal of postgraduate medicine.* 2017, 63(2). doi: 10.4103/0022-3859.201420
26. Karimuribo ED, Mutagahywa E, Sindato C, Mboera L, Mwabukusi M, Njenga K, Teesdale S, Olsen J, Rweyemamu. A Smartphone app (AfyaData) for innovative one health disease surveillance from community to national levels in Africa: Intervention in Disease Surveillance. *JMIR Public Health Surveill.* 2017, 3(4):e94 doi: 10.2196/publichealth.7373.
27. Meyers D, Baruwai A, Pande S, Harsha A, Sharma R, Schwarz D, Schwarz R, Bista D, Haliday S, Maru D. Combining healthcare-based and participatory

- approaches to surveillance: trends in diarrheal and respiratory conditions collected by a mobile phone system by community health workers in rural Nepal. PLoS One. 2016, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152738>
28. Perrotta D, Bella A, Rizzo C, Paolotti D. Participatory online surveillance as a supplementary tool to sentinel doctors for Influenza-like illness surveillance in Italy. PLoS ONE. 2017 12(1): e0169801. doi: 10.1371/journal.pone.0169801.
  29. Quade P, Nsoesie E. A platform for crowdsourced foodborne illness surveillance: description of users and reports. JMIR Public Health Surveill. 2017, 3(3):e42. doi: 10.2196/publichealth.7076
  30. Memish Z, Stephens G, Steffen R, Ahmed Q. Emergence of medicine for mass gatherings: lessons from the Hajj. Lancet Infect Dis. 2012, 12:56-65. doi: 10.1016/S1473-3099(11)70337-1.
  31. Rodriguez-Valero N, Borobia A, Lago M, Sanchez-Seco M, Ory F, Vazquez A, Perez-Arellano JL, Rodriguez C, Martinez M, Capon A, Canas E, Salas-Coronas J, Galparsoro A, Munoz J. Zika virus screening among Spanish team members after 2016 Rio de Janeiro, Brazil, Olympic Games. Emerging Infectious Diseases. 2017, 23(8). doi: 10.3201/eid2308.170415.
  32. Smolinski M, Crawley A, Olsen J. Finding outbreaks faster. Health Security. 2017, 15(2). doi: 10.1089/hs.2016.0069.
  33. Hall-Geisler K. Waze and Esri make app-to-infrastructure possible. 2017 Available from <https://techcrunch.com/2016/10/11/waze-and-esri-make-app-to-infrastructure-possible>.
  34. Seabrook H, Stromer J, Shevkenek C, Bharwani A, Grood J, Ghali W. Medical applications: a database and characterization of apps in apple iOS and Android platforms. BMC Research Notes. 2014, 7:573. doi: 10.1186/1756-0500-7-573.
  35. Gotz FM, Stieger , Reips U-D. Users of the main smartphone operating systems (iOS, Android) differ only little in personality. PLoS ONE. 2017, 12(5): e0176921. doi: 10.1371/journal.pone.0176921.
  36. Dehling T, Gao F, Schneider S, Sunvaev A. Exploring the far side of mobile health: information security and privacy of mobile health apps on iOS and Android. JMIR Mhealth Uhealth. 2015, 3(1):e8. doi: 10.2196/mhealth.3672.
  37. Leal-Neto OB, Loyo R, Albuquerque J, Perazzo J, Barbosa V, Barbosa CS. Using mobile technology to conduct epidemiological investigations. Ver Soc Bras Med Trop. 2015, 48(1):105-107. doi: 10.1590/0037-8682-0181-2014.

38. Statista. Market share of mobile operating systems in Brazil from January 2012 to December 2017. 2018 Available from: <https://www.statista.com/statistics/262167/market-share-held-by-mobile-operating-systems-in-brazil/>.
39. Klotzbach C. Enter the matrix: app retention and engagement. Flurry Mobile. 2018. Available from: <http://flurrymobile.tumblr.com/post/144245637325/appmatrix>.
40. Lu FS, H S, Baltrusaitis K, Shah M, Leskovec J, Sosic R, Hawkins J, Brownstein J, Conidi G, Gunn J, Gray J, Zink A, Santillana M. Accurate influenza monitoring and forecasting using novel internet data streams: a case study in the Boston metropolis. *JMIR Public Health Surveill.* 2018, 4(1): e4. doi: 10.2196/publichealth.8950.
41. Pagliari C, Vijaykumar S. Digital participatory surveillance and the Zika crisis: opportunities and caveats. *PLoS Negl Trop Dis.* 2016, 10(6): e0004795. doi: 10.1371/journal.pntd.0004795
42. Salathe M. Digital epidemiology: what is it, and where is it going? *Life Sciences, Society and policy.* 2018, 14:1. doi: 10.1186/s40504-017-0065-7.
43. Patterson-Lomba O, Van Noort S, Cowling B, Wallinga J, Gomes G, Lipsitch M, Goldstein E. Utilizing syndromic surveillance data for estimating levels of Influenza circulation. 2014, 179(11). doi: 10.1093/aje/kwu061.
44. Lwin MO, Jayasundar K, Sheldenkar A, Wijayamuni R, Wimalaratne P, Ernst K, Foo S. Lessons from the implementation of Mo-Buzz, a mobile pandemic surveillance system for dengue. *JMIR Public Health Surveill.* 2017, 3(4):e65. doi: 10.2196/publichealth.7376.
45. Paoloti D, Carnahan A, Colizza A, Earnes K, Edmunds J, Gomes G, Kopperschaar C, Rehn M, Smallenburg R, Turbelin C, Van Noort S, Vespignani A. Web-based participatory surveillance of infectious diseases: the InfluenzaNet participatory surveillance experience. *Clinical microbiology and Infection.* 2014, 20(1). doi: 10.1111/1469-0691.12477.
46. Zimmerman L, Lounsbury D, Rosen C, Kimerling R, Trafton J, Lidley S. Participatory system dynamics modeling: increasing stakeholder engagement and precision to improve implementation planning in systems. *Adm Policy Ment Health.* 2016, 43:834-849. doi: 10.1007/s10488-016-0754-1

47. Verdugo C, Masry E, Makonnen Y, Hannah H, Unger F, Soliman M, Galal S, Lubroth J, Grace D. Sensitivity and specificity estimation for the clinical diagnosis of highly pathogenic avian influenza in the Egyptian participatory disease surveillance program. *Avian Diseases*. 2016, 60(4):805-809. doi: 10.1637/11442-060316-Reg
48. Kecojevic A, Basch C, Basch C, Kerman W. Pre-exposure prophylaxis YouTube videos: content evaluation. *JMIR Public Health Surveill*. 2018, 4(1): e19. doi: 10.2196/publichealth.7733.
49. Hartley M, Nelson N, Arthur R, Barboza P, Colier N, Lightfoot N, Linge J, Goot E, Mawudeku A, Madoff L, Vailant L, Walters R, Yangarber R, Mantero J, Corley C, Brownstein J. *Clinical Microbiology and Infection*. 2013, 19(11). doi: 10.1111/1469-0691.12273

## 5 DISCUSSÃO

Os cinco artigos apresentados possuem estreita relação entre si, demonstrando de maneira clara e explícita como as transformações digitais também afetaram positivamente a epidemiologia e vigilância de doenças. No artigo 1 o levantamento da abundância de plataformas tecnológicas para vigilância participativa demonstra quão disseminada estão as ferramentas que funcionam de maneira complementar aos sistemas de vigilância de doenças ao redor do mundo. Com o aceite do Regulamento Sanitário Internacional em utilizar fontes de dados não oficiais para identificação de rumores em emergências de saúde pública, o uso destas ferramentas ganha um importante endosso como a Organização Mundial da Saúde. A preocupação com o tempo de detecção destes riscos de saúde pública é uma das forças motrizes para a busca de alternativas aos sistemas tradicionais.

A utilização da mineração de dados continua sendo um desafio pela sua baixíssima especificidade no teor das informações com relevância epidemiológica. Adicionalmente, questões éticas como o Marco Civil da Internet, Lei de Acesso a Informação e a preocupação crescente com a privacidade dos dados continuam acrescentando camadas de complexidade a estas novas formas de coleta de dados em saúde. Nos artigos 2 e 5, mesmo estando condicionadas a coleta de dados pela autorização e concordância dos termos de uso no ato que o usuário se registra na plataforma política de privacidade sempre devem ser prioridade no desenvolvimento de estratégias como as apresentadas.

Outro elemento relevante que os artigos 1, 2 e 5 abordaram, como exemplos práticos de incremento dos sistemas tradicionais de vigilância epidemiológica, são os eventos de massa. O Brasil sediou as duas mais importantes competições desportivas do mundo, sendo um grande desafio para a gestão de emergências em saúde pública. Como os artigos mostraram, numa situação de evento de massa há uma pressão natural dos sistemas de saúde devido a chance do aumento da demanda pela população flutuante espectadora dos jogos. Mas não é apenas um desafio para o setor da assistência à saúde. Na vigilância de doenças também é necessária a melhoria da sensibilidade na detecção dos riscos epidemiológicos, uma vez que o aumento de estrangeiros no território traz consigo possibilidades de disseminação local de doenças emergentes, reemergentes ou controladas no país. Dependendo exclusivamente dos sistemas tradicionais de vigilância em saúde se constitui um

grande desafio pelas fragilidades que o mesmo possui, dado o tempo de identificação, investigação e confirmação de casos suspeitos de doenças com alto potencial de disseminação. A Copa do Mundo 2014 e nas Olimpíadas 2016 foram cenários propícios para o teste e validação destes instrumentos computacionais visando o apoio e melhoria da sensibilidade da vigilância em saúde. Os painéis de monitoramento (dashboards) implementados favoreceram um grande ganho na visualização dos dados para a tomada de decisão, sendo possível até a implementação de modelos matemáticos mais robustos enquanto sistemas de alerta. As estruturas tecnológicas das secretarias de saúde municipais e estaduais infelizmente não permitem a aplicação de algoritmos computacionais sofisticados para o tratamento periódico e regular dos dados da vigilância epidemiológica. Mas as experiências desenvolvidas durante estes eventos de massa mostraram a viabilidade e potencialidade da utilização na prática de tecnologias que vão desde a coleta de dados da população de maneira voluntária e participativa, até a construção de relatórios estratégicos, ágeis flexíveis.

No aspecto da coleta dos dados de saúde dos usuários, a adoção da orientação sindrômica possibilitou a ampliação de um olhar mais sensível para as ameaças em saúde. Conforme os artigos 2 e 5 mostraram, a finalidade de sistemas como estes não são a máxima especificidade, pois há uma dependência grande da veracidade de dados informados pelos usuários. Por outro lado, há um ganho significativo na sensibilidade, caracterizando-se bons sistemas de alertas para o direcionamento das investigações epidemiológicas.

O recrutamento, participação e engajamento dos usuários são desafios em quaisquer plataformas que utilizam aplicativos móveis. No caso do Saúde na Copa e Guardiões da Saúde foram acompanhados da estratégia de vigilância participativa, a gamificação dos aplicativos onde a partir de jogos eram observadas uma maior aderência dos indivíduos em reportar seus sintomas. A adesão de usuários também foi facilitada pela identificação do imaginário coletivo nas épocas de copa do mundo e olimpíadas. Tradicionalmente no censo comum há uma atenção natural das pessoas no acompanhamento destas competições. Ambas as plataformas discutidas nos artigos 2 e 5 aproveitaram disto como uma maneira de terem usuários ativos, populando as bases de dados que serviriam para a detecção rápida de rumores em saúde. Além disso, estratégias de comunicação em saúde, marketing e relações públicas foram desenvolvidas para aprimorar o nível de engajamento destes usuários.



O artigo 5 demonstra de uma maneira mais explícita como o uso das redes sociais foram importantes para a disseminação e publicidade da plataforma Guardiões da Saúde durante os jogos olímpicos. A capilarização do Facebook e YouTube forneceram possibilidades extensas para que fossem utilizadas como vias de divulgação e alcance dos indivíduos, servindo inclusive como demonstrações de outros canais de comunicação que campanhas triviais de educação em saúde podem utilizar.

Os artigos 3 e 4 fizeram parte de uma seção temática sobre novas tecnologias em saúde, descrevendo a importância do olhar para as tecnologias de crescimento exponencial. A aplicação de drones, Internet das Coisas e tecnologias vestíveis, para citar algumas, tem sido realidade em diversos ambientes. Não apenas em regiões desenvolvidas que possuem uma popularização tecnológica grande, mas países subdesenvolvidos também têm utilizado de maneira frequente. Um dos exemplos não citados no texto, mas visto recentemente é o projeto Drones Corridor da UNICEF, que avalia este tipo de tecnologia para suporte e auxílio a questões de saúde em países como o Malawi. Este exemplo enfatiza o modelo estrutural dos “seis D’s” das tecnologias exponenciais citadas no artigo, que conferem 6 características frequentes de inovações tecnológicas que tem causado ruptura nos modelos tradicionais, em diversas áreas da sociedade. Há uma crítica endereçada a academia por não explorar esse crescimento exponencial rápido, atrasando a constituição um patamar basal de conhecimento que confira e estimule mais estudos e validações destes tipos de tecnologia que conseguem ser benéficas para a sociedade. Os conceitos de infodemiology e infoveillance ampliam a área a ser explorada considerando não apenas os conceitos clássicos de epidemiologia e vigilância em saúde, mas também a necessidade de considerar os diversos ecossistemas de informação como fonte de dados estratégicos. Estes conceitos têm sido transversais em todos os cinco artigos propostos nesta tese devido a seu potencial de matriciamento e necessidade de maiores estudos para sua popularização nos âmbitos acadêmicos.

O artigo 3 citou especificamente algumas experiências que existiram no país mudando radicalmente a abordagem da comunicação em saúde. Apesar de serem excêntricas e possuírem elementos discutíveis no campo da ética, estes ensaios favoreceram a abertura de novas maneiras de como realizar campanhas de educação em saúde, fugindo de velhas técnicas e apostando no meio digital nichado para alcançar de maneira específica indivíduos com comportamento de riscos. É bem certo

que estudos para verificar a efetividade destas experiências são necessários, porém é salutar reconhecer o movimento da busca de novas formas de comunicar saúde.

Por fim, o artigo 4 abre uma discussão importante sobre a importância da mudança do modelo mental dos pesquisadores, técnicos e gestores em saber que todo esse movimento de inovação em saúde é benéfico para paradigmas antigos, como o citado sobre casualidade e causalidade. A era digital que a sociedade vive precisa parar de ser ignorada por aqueles que tem o poder de capilariza-las nos serviços trazendo aprimoramentos substanciais de como a saúde pública e mais especificamente a vigilância de doenças infecciosas e não-transmissíveis têm sido realizada.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados demonstram a validação de plataformas de vigilância participativa como fontes complementares à vigilância epidemiológica feita no país. E não apenas isso, mas também a incorporação da abordagem ampla de fontes não tradicionais no desenvolvimento de uma abordagem da vigilância epidemiológica baseada na lógica de alerta. A partir de sinais sindrômicos, o subsídio de informação para a tomada de decisão por parte dos formuladores de políticas e gestores.

Indo mais além, a vigilância participativa poderá ser evidenciada enquanto ferramenta estratégica na detecção antecipada de surtos de doenças com características de alta transmissibilidade ou ainda em situações onde existir tendências desconhecidas sobre alterações no padrão epidemiológico sindrômico. Outro ganho esperado com o resultado deste trabalho será a integração interinstitucional unindo setor público, privado e terceiro setor como matriz viabilizadora da incorporação de instrumentos voltados para a melhoria do Sistema Único de Saúde, no componente da vigilância epidemiológica.

O ineditismo do estudo tem permitido publicações em periódicos de alto fator de impacto, proporcionando uma divulgação científica tanto dos métodos de vigilância participativa, quanto das experiências adotadas no país, colocando o Brasil como pioneiro de disrupções para a saúde pública.

O benefício do fortalecimento de um modelo de sistema de vigilância epidemiológica melhorado para o país será a grande contribuição deste estudo, viabilizando e unindo ferramentas tecnológicas com a resolução das atuais necessidades do combate e controle de surtos e epidemias infecciosas.

Entretanto alguns desafios nesse tipo de estratégia merecem ser pontuados. Primeiro a confiabilidade das informações que fica restrita a veracidade do informe que é proveniente de pessoas comuns. Muitas vezes estes usuários não possuem conhecimento clínico para discernir um quadro clínico específico podendo gerar ruídos. Apesar do acesso a tecnologia e conectividade no Brasil estar melhorando, ainda há casos de limitação do uso de dados ou da capacidade dos dispositivos móveis obtidos por populações de baixa renda, comprometendo a possibilidade de uso de abordagens que utilizam aplicativos com essas características que os resultados apontaram. Outro desafio é a limitação técnica e estrutural que os governos possuem em manter no longo prazo essas estratégias. Conhecimento técnico,

estrutura tecnológica e mentalidade inovadora são itens básicos para uma fertilidade no ambiente a ser implementado gerando oportunidades da modernização da saúde pública. Além disso, redes estruturadas de investigação dos rumores e sinais de alertas para os surtos e epidemias, proveniente de informações por estas plataformas precisam estar bem delineadas. A necessidade de profissionais de vigilância treinados, com estruturas que apoiem a ida à campo e suporte na investigação epidemiológica precisam de uma sustentação para a lógica de resposta rápida a emergências de saúde pública ter efeito.

As inovações de ruptura na saúde pública estão presentes e são reais, cabendo aos gestores entender que a transformação digital já está em níveis altos de democratização e uma oportunidade importante se forma para a melhoria da sensibilidade e especificidade dos sistemas de saúde. Assim, o conhecimento de estratégias e experiências como as demonstradas fortalecem os novos capítulos da vigilância em saúde no Brasil, sempre olhando para o elemento mais importante: qualidade da saúde pública.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-FILHO, N.; BARRETO, M. **Epidemiologia & Saúde**: Fundamentos, Métodos e Aplicações. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.
- ALMEIDA-FILHO, N.; MEDRONHO, R. **Epidemiologia & Saúde**: Fundamentos, Métodos e Aplicações. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.
- ALTHOUSE, B.M.; NG, Y.Y.; CUMMINGS, D.A.T. Prediction of Dengue Incident Using Search Query Surveillance. **PLoS Neglected Tropical Diseases**. San Francisco, v.5, n. 8, p. e1258, 2011. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0001258>> Acesso em: 12 abr 2018.
- ARAMAKI, E.; MASKAWA, S., MORITA, M. Twitter catches the Flu : Detecting influenza epidemics using Twitter the university of Tokyo. In: CONFERENCE ON EMPIRICAL METHODS IN NATURAL LANGUAGE, 2011, Edinburgh. **Proceedings...** Edinburgh: Association for Computational Linguistics, 2011. p. 1568-1576.
- BALDIJÃO, M. F. A. Sistemas de informação em saúde. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 6, n. 4, p. 21-28, 1992.
- BARATA, R.B.; WERNECK, G.L. Observação e Registro dos fenômenos epidemiológicos (tempo, espaço, indivíduos e populações). In: ALMEIDA-FILHO, N.; BARRETO. **Epidemiologia & Saúde**: fundamentos, métodos, aplicações. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 253.
- BARRETO, M.L. et al. Successes and failures in the control of infectious diseases in brazil: social and environmental context, policies, interventions, and research needs. **The Lancet**, London, v. 377, n. 9797, p. 1136, 2011.
- BRABHAM, DC. Crowdsourcing as a model for problem solving: An introduction and cases. **Convergence**, Thousand Oaks, v. 14, n. 1, p. 75-90, 2008.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Descentralização das ações e serviços de saúde: a ousadia de cumprir e fazer cumprir a lei**. Brasília, 1993.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Comissão Intergestora Tripartite. **Resolução nº 17, de 13 de dezembro de 1994**. Brasília, 1994.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Portaria nº 3252/GM, de 22 de dezembro de 2009**. Aprova diretrizes para execução e financiamento das ações de vigilância em saúde pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2009. Disponível em: <[http://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/saudelegis/gm/2009/prt3252\\_22\\_12\\_2009.html](http://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/saudelegis/gm/2009/prt3252_22_12_2009.html)>. Acesso em: 01 mar. 2011.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria nº 1.399, de 15 de dezembro de 1999. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 dez. 1999. Disponível em: <[portal.saude.gov.br/portal/svs/area.cfm?id\\_area=443](http://portal.saude.gov.br/portal/svs/area.cfm?id_area=443)>. Acesso em: 20 mar. 2010.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 2148, de 28 de agosto de 2017. Estabelece o início dos serviços de atenção básica para o Conjunto Mínimo de Dados e encerra o envio de dados para o Sistema de Informação Ambulatorial (SIA). Diário Oficial da União, Brasília, 2017. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prt2148\\_14\\_09\\_2017.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prt2148_14_09_2017.html)>. Acesso em: 29 ago. 2017.

BREILH, J. **Epidemiologia, economia, política e saúde**. São Paulo: Hucitec, 1991.

BREILH, J.; GRANDA, E. Os novos rumos da epidemiologia, In: NUNES, E. (Org.). **As ciências sociais em saúde na América Latina: Tendências e Perspectivas**. Brasília: OPAS, 1985. p. 241-253.

BREIMAN, L. **Stacked regressions: Machine Learning**. 24 ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1996.

BRONIATOWSKI, D.A.; PAUL, M. National and Local influenza surveillance through Twitter: An analysis of the 2012-2013 Influenza Epidemic. **PLoS One**. San Francisco, v. 8, n. 12, p. e83672, 2013. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0083672>> Acesso em: 16 abr 2017.

BROWNSTEIN, J.S.; FREIFELD, C.C. HealthMap: the development of automated real-time internet surveillance for epidemic intelligence. **Eurosurveillance**, Estocolmo, v. 12, n. 48, p. 3322, 2007.

BROWNSTEIN, J.S.; FREIFELD, C.C.; MADOFF, L.C. Digital Disease Detection: Harnessing the web for public health surveillance. **The New England Journal of Medicine**, Boston, v. 360, n. 21, p. 2153-2157, 2009.

BROWNSTEIN, J.S.; MANDL, K.D. Reengineering real time outbreak detection systems for influenza epidemic monitoring. In: AMERICAN MEDICAL INFORMATICS ASSOCIATION SYMPOSIUM, 40., Chicago. **Proceedings...** Chicago, 2006, p. 866.

CADOT, E.; RODWIN, V.G.; SPIRA, A. In the heat of the summer: lessons from the heat waves in Paris. **J Urban Health**, New York, v. 84, n. 4, p. 466-8, 2007.

CARNEIRO, H.A.; MYLONAKIS, E. Google trends: a web-based tool for real-time surveillance of disease outbreaks. **Clinical Infectious Disease**, Oxford, v. 49, n. 10, p. 1557-1564, 2009.

CHAN, E.H. et al. Using Web Search Query Data to Monitor Dengue Epidemics: A New Model for Neglected Tropical Disease Surveillance **PLoS Neglected Tropical Diseases**. San Francisco, v. 5, n. 5, p e1206, 2011. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0001206>>. Acesso em: 31 de maio de 2017.

CHAN, E.H.; BREWER, T.F.; MADOFF, L.C. Global capacity for emerging infectious disease detection. **PNAS**, Washington, v. 107, n. 50, p. 21701-21706, 2010.

CHAVES, S.C.L.; VIEIRA-DA-SILVA, L.M. Atenção à saúde bucal e a descentralização da saúde no Brasil: estudo de dois casos exemplares no estado da Bahia. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 5, p. 1119-1131, 2007.

CHEN, L. et al. Flu Gone Viral: Syndromic Surveillance of Flu on Twitter using Temporal Topic Models. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA MINDING, 2014, Shenzhen. **Anais...** Shenzhen: IEEE, 2014, p. 755-760.

CHRISTAKIS, N.A.; FOWLER, J.H. Social Network Sensors for early detection of contagious outbreaks. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 5, n. 9, 2010. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0012948>>. Acesso em: 14 abr 2017.

CHUNARA, R.; ANDREWS, J. R.; BROWNSTEIN, J. Social and news media enable estimation of epidemiological patterns early in the 2010 Haitian cholera outbreak. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, Oakbrook Terrace, v. 86, n. 39, p. 39-45, 2012.

CLIFF, A.D.; ORD, J.K. **Spatial process**. London: Pion, 1981.

COBB, L. et al. Bayesian tracking of emerging epidemics using ensemble optimal statistical interpolation. **Spatial and spatio-temporal epidemiology**, Amsterdã, v. 10, p. 39-48, 2014.

CONFERÊNCIA NACIONAL DE SAÚDE, 5., 1975, Brasília. **Anais...** Brasília: Ministério da Saúde, 1975.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil) **Resolução nº 588, de 12 de julho de 2018**. Institui a Política Nacional de Vigilância em Saúde. 2018. Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2018/Reso588.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

CORLEY, C.D. et al. What's in Your Pocket? Trends in Mobile Apps for Biosurveillance and Decision-Making. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR DISEASE SURVEILLANCE, Philadelphia. **Anais...** Chicago: Online Journal of Public Health Informatics, 2014. p. 3.

CORREIA, L.O.S.; PADILHA, B.M.; VASCONCELOS, S.M.L. Métodos para avaliar a completude dos dados dos sistemas de informação em saúde do Brasil: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 11, p. 4467-4478, 2014.

CULOTTA, A. Towards detecting influenza epidemics by analyzing Twitter messages. In: WORKSHOP ON SOCIAL MEDIA ANALYTICS, 1., 2010, Washington. **Anais...** New York: ACM, 2010. p. 115-122.

DIAZ-AVILES, E.; STEWART, A. Tracking Twitter for epidemic intelligence: Case study: Ehec/hus outbreak in Germany, 2011 In: ACM WEB SCIENCE CONFERENCE, 4., 2011, Koblenz. **Proceedings...** New York: ACM, 2012. p. 82-85.

EXPOEPI: MOSTRA NACIONAL DE EXPERIÊNCIAS BEM-SUCEDIDAS EM EPIDEMIOLOGIA, PREVENÇÃO E CONTROLE DE DOENÇAS, 13., 2013, Brasília. **Anais...** Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

EYSENBACH, G. Infodemiology and Infoveillance: Framework for an Emerging set of public health informatics methods to analyze search, communication and publication behavior on the internet. **Journal of Medical Internet Research**, Toronto, v. 11, n. 1, p. 11, 2009.

EYSENBACH, G. SARS and Population Health Tecnology. **Journal of Medical Internet Research**, Toronto, v. 5, n. 2, p. 14, 2003.

FARRINGTON, P.; ANDREWS, N. Outbreak detection: applications to infectious disease surveillance. In: Brookmeyer, R.; Stroup, D.F. (Ed.). **Monitoring the Health of Populations**. Oxford: Oxford University Press, 2004.

FEINSTEIN, A.R. Clinical epidemiology: an additional basic Science for clinical medicine. In: INTERNAL MEDICINE, 4., 1983, West Haven. **Anais...** San Diego: American College of Physicians, 1983. p. 554-560.

FOSSAERT, D.H.; LOPIS, A.; TIGRE, C.H. Sistemas de Vigilância epidemiológica. **Boletín de la oficina pan-americana**, Washington, v. 76, n. 6, p. 512-525, 1974.

FREIFELD, C.C. et al. Participatory Epidemiology: use of mobile phones for community-based health reporting. **PLoS Medicine**, San Francisco, v. 7, n. 12, p. E1000376, 2010. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1000376>>. Acesso em: 21 abr 2017.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE (Brasil). **Mortalidade**: Brasil 1993. Brasília, 1996.

GLUSKIN, R.T. et al. Evaluation of Internet-Based Dengue Query Data: Google Dengue Trends. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, San Francisco, v. 8, n. 2, p. e2713, 2014. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0002713>>. Acesso em: 27 de março de 2015.

GOMIDE, J. et al. Dengue surveillance based on a computational model of spatio-temporal locality of Twitter. In: INTERNATIONAL WEB SCIENCE CONFERENCE, 3., 2011, Koblenz. **Proceedings...** New York: ACM, 2011.

HANSON, L.C. et al. An Exploration of Social Circles and Prescription Drug Abuse Through Twitter. **Journal of Medical Internet Research**, Cidade, v. 15, n. 9, p. 189, 2013.



JOST, C.C. et al. Participatory epidemiology in disease surveillance and research. **Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)**, Paris, v. 26, n. 3, p. 537-549, 2007.

KHAN, K. et al. Preparing for infectious disease threats at mass gatherings: the case of the Vancouver 2010 Olympic Winter Games. **CMAJ**. Ottawa, v. 182, n. 6, p. 579-583, 2010.

KOCH, T. John Snow, hero of cholera: RIP. **CMAJ**, Ottawa, v. 178, n. 13, p. 1736, 2008.

LEAMAN, R.; WOJTULEWICZ, L. Towards internet-age pharmacovigilance: extracting adverse drug reactions from user posts to health-related social networks. In: WORKSHOP ON BIOMEDICAL NATURAL LANGUAGE PROCESSING, 2010. **Proceedings...** Stroudsburg: Association of Computational Linguistics, 2010. p. 117-125.

LILIENFELD, A. **Foundations of epidemiology**. Nova York: Oxford University Press, 1970.

LIPSITCH, M. et al. Improving the evidence base for decision making during a pandemic: the example of 2009 influenza A/H1N1. **Biosecurity and bioterrorism: biodefense strategy, practice, and science**. New Rochelle, v. 9, n. 2, p. 89–115, 2011.

MACMAHON, B.; PUGH, T.; IPSEN, J. **Epidemiologic methods**. Boston: Little, Brown & Co, 1960.

MADOFF, L.C. ProMED-mail: An early warning system for emerging diseases. **Clinical Infectious Disease**, Oxford, v. 39, n. 227, p. 32, 2004.

MITCHELL, P. ProMED-mail: Outbreak intelligence or rash reporting? **Lancet**, London, v. 350, n. 1610, p. 1610, 1997.

NAKAMURA-PEREIRA, M. et. al. Sistema de Informações Hospitalares do Sistema único de Saúde (SIH-SUS): uma avaliação do seu desempenho para a identificação do near miss materno. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 7, p. 1333-1345, 2013.

NAKHASI, A. et al. Malpractice and Malcontent: Analyzing Medical Complaints in Twitter. In: AAAI FALL SYMPOSIUM ON INFORMATION RETRIEVAL AND KNOWLEDGE DISCOVERY IN BIOMEDICAL TEXT, 2012, Arligton. **Symposium Technical Reports** Menlo Park: AAAI Press, 2012. p. 84-85.

NOGUEIRA, C.; SANTOS, S.A.S.; CAVAGNA, V.M. Information system of primary care: integrative review of literature. **Journal of Research Fundamental Care online**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 27-37, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.unirio.br/index.php/cuidadofundamental/article/view/1599>>. Acesso em: 11 abr 2017.

ODLUM, M; YOON, S. What can we learn about the Ebola outbreak from tweets? **American Journal of Infection Control**, Philadelphia, v. 43, n. 563, p. 563-71, 2015.

ODLUM, M. How Twitter can support early warning systems in ebola outbreak surveillance. In: AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION ANNUAL MEETING, 143. 2015, Chicago. **APHA Proceedings**, Washigton: APHA, 2015. p. 1.

OLSON, D. R. et al. Reassessing Google Flu Trends Data for Detection of Seasonal and Pandemic Influenza: A Comparative Epidemiological Study at Three Geographic Scales **PLoS Computational Biology**, San Fracisco, v. 9, n. 10, p. e1003256, 2013. Disponível em:  
<<https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1003256>>. Acesso em: 18 out. 2016.

ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DE SAÚDE. Riesgos del ambiente humano para la salud. In: OFICINA SANITARIA PANAMERICANA, 329., 1976, Washington. **Publicaciones Cientificas...** Washington, 1976. p. 1.

PAIM, J.S.; TEIXEIRA, M.G. Reorganização do Sistema de Vigilância Epidemiológica na perspectiva do Sistema Único de Saúde. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA, n.5, 1993, Brasília. **Anais**. Brasilia: MS/CENEPI, 1993. p. 1.

PAUL, M.J. et al. Social media mining for public health monitoring and surveillance. In: PACIFIC SYMPOSIYM ON BIOCOMPUTING, 2016, Fairmont Orchid. **Anais...** Stanford: World Scientific, 2016. p. 468-479.

PAUL, M.J.; DREDZE, M. You are what you Tweet: Analyzing Twitter for public health. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEBLOGS AND SOCIAL MEDIA, 5., 2011, Barcelona. **Anais...** Barcelona: AAI, 2011. p. 165-272.

PAVLOVSKY, E. **Natural history of transmissible diseases in relation to landscape epidemiology of zoonthronoses**. Moscou: Peace Publishers, 1963.

RIO DE JANEIRO. **Rio reforça atendimento na área de saúde para os Jogos Olímpicos, 2016**. Brasília, 28 mar. 2016. Disponível em:  
<<http://www.brasil.gov.br/esporte/2016/03/governos-federal-estadual-e-municipal-detallam-operacao-de-saude-para-os-jogos-rio-2016>>. Acesso em: 29 mar 2016.

SACKETT, D.; HAYNES, B.; TUGWELL, P. **Clinical epidemiology**. Boston: Little, Brown & Co., 1985.

SACKETT, D.L. et al. Evidence-based medicine: what it is and what isn't. **British Medical Journal**, London, v. 13, n. 312, p. 71-72, 1996.

SANTILLANA, M. et al. Combining Search, Social Media, and Traditional dat sources to improve Influenza surveillance. **PLoS Computational Biology**, San Francisco, v. 11, n. 10, p. e1004513, 2015. Disponível em:

<<https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1004513>>  
Acesso em: 24 out 2016.

SIGNORINI, A.; SEGRE, A.M.; POLGREEN, P.M. The use of twitter to track levels of disease activity and public concern in the U.S. during the Influenza A H1N1 pandemic. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 6, n.5, p.e19467, 2011. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0019467>>. Acesso em: 11 set 2016.

SNOW, J. **On the mode of communication of Cholera**. New York: Hafner Publishing Company, 1965.

SOUZA, W. V. et al. A tuberculose no Brasil. Construção de um sistema de vigilância de base territorial. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 82-89, 2005.

STRUIK, L.L.; BASKERVILLE, N.B. The Role of Facebook in Crush the Crave, a Mobile- and Social Media-Based Smoking Cessation Intervention: Qualitative Framework Analysis of Posts **Journal of Medical Internet Research** Toronto, v.16, n. 7, p. 170, 2014.

TEIXEIRA, M.G. et al. Seleção das doenças de notificação compulsória: critérios e recomendações para as três esferas do governo. **Informe Epidemiológico do Sus**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 7-28, 1998.

TEIXEIRA, M.G. et al. Vigilância e Monitoramento de Eventos Epidemiológicos. In: ALMEIDA-FILHO, N.; BARRETO, M. **Epidemiologia & Saúde: Fundamentos, Métodos e Aplicações**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

**Twitter: Company Facts**. Disponível em: <<https://about.twitter.com/company>>. Acesso em: 18 out 2016.

WÓJCIK, O.P. et al. Public health for the people: participatory infectious disease surveillance in the digital age. **Emerging Themes in Epidemiology**, London, v. 11, n. 7, p. 1-7, 2014.

YANG, W.; KARSPECK, A.; SHAMAN, J. Comparison of filtering methods for the modeling and retrospective forecasting of influenza epidemics. **PLoS Computational Biology**, San Francisco, v. 10, n. 4, p. e1003583, 2014. Disponível em: <<https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1003583>>. Acesso em: 18 nov 2016.

YANG, W.; LIPSITCH, M. Inference of seasonal and pandemic influenza transmission dynamics using 'big' surveillance data. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 112, n. 9, p. 2723–2728, 2015.