

# Uma análise de aplicativos de rastreamento de contato para identificar casos de Covid-19: um Mapeamento da Literatura Multivocal

Jéssica Iara Pegorini<sup>1</sup>, Alinne C. Corrêa Souza<sup>2</sup>, Francisco Carlos M. Souza<sup>2</sup>,  
Luiz Carlos Pessoa Albini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná – Curitiba – PR – Brasil

<sup>2</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos – PR – Brasil

pegorini@inf.ufpr.br, {alinnesouza, franciscosouza}@utfpr.edu.br

albini@ufpr.br

**Abstract.** *This paper presents a Multivocal Systematic Mapping to identify applications developed for the context of the Covid-19 pandemic, as well as the contact tracing methods used by them and their main functionalities. The MLM was carried out in white and gray literature, totaling 73 applications, 70 mobile applications and three protocols. Results indicate that the most used methods are: bluetooth for contact tracking; user notification to identify positive cases; temporary ID exchange for establishing the contact network; and exposure notification through the application itself.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta um Mapeamento Sistemático Multivocal que visa identificar aplicativos desenvolvidos para o contexto da pandemia de Covid-19, bem como os métodos de rastreamento de contatos utilizados por eles e suas principais funcionalidades. O MLM foi conduzido na literatura branca e cinza, totalizando 73 aplicações, sendo 70 aplicativos móveis e três protocolos. Os resultados apontam que os métodos mais utilizados são: bluetooth para rastreamento de contato; notificação pelo usuário para identificar casos positivos; troca de ID temporária para o estabelecimento da rede de contato; e notificação de exposição pelo o próprio aplicativo.*

## 1. Introdução

O desafio de lidar com a pandemia de Covid-19 causada pela síndrome respiratória aguda grave, remete a gripe de 1918, devido a sua proporção e transmissibilidade [Morens et al. 2020]. Dessa forma a população foi orientada a adotar diversas medidas de contenção para tentar reduzir o avanço da doença. Dentre tais medidas, é importante ressaltar a utilização de aplicativos de celulares capazes de realizar rastreamento de contatos. Esses aplicativos são utilizados pelos usuários para informar um caso positivo e notificar todos os indivíduos com quem teve contato recentemente sobre a possível exposição ao vírus. Essa medida é utilizada na tentativa de diminuir a disseminação da doença, uma vez que notificado, um usuário poderá entrar em quarentena e observar a ocorrência de sintomas, enquanto evita transmitir a doença a outros indivíduos mesmo que não apresente sintomas [Fetzer and Graeber 2020].

A medida que a pandemia avançou, pesquisas e projetos práticos foram criados em todo o mundo. Assim, ações e resultados podem ser analisados e comparados em contextos semelhantes por meio de Mapeamentos Sistemáticos da Literatura (MLS) e Revisões Sistemáticas da Literatura (RSL) a partir da busca de artigos científicos. A análise também pode ser conduzida como Mapeamento da Literatura Multivocal (MLM), combinando com a busca em fontes não científicas [Kitchenham et al. 2010]. Com a análise de artigos científicos e aplicações é possível identificar *gaps* de pesquisa e também oportunidades práticas que sejam factíveis para uso no dia a dia.

Neste sentido, esse trabalho apresenta um Mapeamento da Literatura Multivocal, conduzido com o objetivo de identificar aplicativos de rastreamento de contato focados em atender um público alvo específico. Além disso, analisa-se as principais funcionalidades dos aplicativos desenvolvidos para atender o processo de rastreamento de contatos no contexto da pandemia de Covid-19. Tendo em vista que essa pesquisa buscou servir de subsídio para o desenvolvimento de um aplicativo, também buscou-se identificar os métodos de rastreamento de contatos utilizados por eles. Dessa forma, a contribuição desse MLM pode ser sumarizada em três pontos principais: *i*) identificação de aplicativos de rastreamento e monitoramento de doenças infectocontagiosas; *ii*) identificação de métodos de rastreamento de contato utilizados pelos aplicativos para realizar a comunicação entre os indivíduos testados como positivo e os indivíduos expostos; e *iii*) identificação da abordagem utilizada pelos aplicativos para contemplar as fases de rastreamento de contato.

A partir dos resultados alcançados por meio do MLM, foi possível identificar 73 aplicações e suas principais características. Também foi identificado apenas um aplicativo voltada a um público alvo específico e observada a ausência de uma aplicação que poderia ser adotada de forma universal por toda a população.

Além da Introdução, este artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 descreve os trabalhos relacionados ao trabalho apresentado. A Seção 3 apresenta o detalhamento do MLM conduzido. Na Seção 4 são apresentados e discutidos os resultados alcançados. A Seção 5 apresenta algumas ameaças a validade do estudo e por fim, a Seção 6 apresenta a conclusão e os trabalhos futuros.

## **2. Trabalhos Relacionados**

Alguns estudos como [Davalbhakta et al. 2020], [Akinbi et al. 2021] conduziram Revisões Sistemáticas da Literatura (RSL) a fim de identificar aplicativos para o contexto da Covid-19. No trabalho de Davalbhakta et al. [Davalbhakta et al. 2020] foi conduzida uma RSL visando identificar os aplicativos utilizados para Covid-19 desde o início da pandemia até maio de 2020. Além do levantamento dos aplicativos, é apresentada também uma avaliação de qualidade por meio da Escala de Avaliação de Aplicativos Móveis (MARS) utilizada para medir a qualidade geral, engajamento, funcionalidade, estética e informação dos aplicativos. A pesquisa identificou 63 aplicativos distribuídos entre a Índia, Reino Unido e EUA. Desses, apenas 23 tiveram uma média acima de 4 na avaliação e a maioria se tratavam de aplicativos de informações e verificação de sintomas.

Por outro lado, em [Akinbi et al. 2021] é apresentada uma RSL que não só tem como objetivo identificar aplicativos de rastreamento de contato como também busca discutir questões sobre desafios em sociedades neoliberais, recomendações e desafios para melhorar a aceitabilidade em massa, direções futuras e obrigatoriedade de uso desses apli-

cativos no leste da Ásia. A pesquisa foi realizada entre janeiro de 2020 e janeiro de 2021 e analisou 61 aplicativos. Os autores ainda afirmam que pelo fato desses aplicativos não serem obrigatórios, é difícil prever a aceitação e a participação em massa da população e que para a boa aceitabilidade é importante que os governos ganhem a confiança de seus cidadãos e mostrem transparência adequada na forma como os dados do usuário são coletados e usados.

Tendo em vista os resultados alcançados pelos trabalhos anteriores, o principal diferencial deste trabalho, é que o MLM conduzido visou identificar evidências científicas por meio da literatura branca e evidências em sites específicos e em lojas de aplicativos por meio da literatura cinza. Além disso, neste MLM buscou-se: (i) Apresentar dados atualizados; (ii) Identificar quais são os aplicativos disponíveis nas lojas de aplicativos desenvolvidos para o contexto da pandemia; (iii) Identificar os métodos utilizados para o rastreamento de contato; (iv) Como é realizada a identificação de um caso positivo; (v) Como é estabelecida a rede de contatos; e (vi) Como é realizada a notificação aos usuários expostos.

### 3. Mapeamento da Literatura Multivocal

O MLM é uma revisão sistemática que combina o levantamento de evidências na “Literatura Branca (LB)” representada por estudos primários em fontes científicas; e na “Literatura Cinza (LC)” que são evidências provenientes de blogs, sites específicos, documentos, emails, fóruns, e demais sites da internet [Garousi and Küçük 2018]. O MLM conduzido seguiu o processo proposto por [Garousi et al. 2019], o qual é composto por três etapas: (i) Planejamento, (ii) Condução e (iii) Organização dos resultados.

#### 3.1. Planejamento

O objetivo do MLM consiste na identificação de aplicativos *mobile* desenvolvidos para o rastreamento de contato entre usuários no contexto da pandemia de Covid-19. Neste contexto, foram definidas três Questões de Pesquisa (QPs):

**$QP_1$ : Quais os aplicativos *mobile* tem utilizado rastreamento de contato para detecção de covid-19?** Esta QP visa investigar quais aplicativos foram desenvolvidas especificamente para realizar o rastreamento de contato a fim de identificar o contato entre indivíduos.

**$QP_2$ : Quais métodos têm sido utilizados para rastreamento de contato em aplicações *mobile*?** Esta QP visa identificar os métodos que têm sido utilizados pelos aplicativos para realizar a comunicação entre os usuários por meio do *smartphone*.

**$QP_3$ : Como tem sido realizado o rastreamento de contato visando a detecção de Covid-19?** Esta QP visa identificar as três fases do rastreamento de contato: (i) identificação do usuário com caso positivo; (ii) como ocorre a comunicação entre os dispositivos; e (iii) como é realizada a identificação e a notificação para contatos expostos com usuário identificado como positivo.

#### 3.2. Condução

Nesta etapa é detalhado o processo de condução do MLM que é composto pela definição da estratégia de busca, definição base de dados, definição dos critérios de inclusão e exclusão, condução do processo busca e avaliação da qualidade das fontes.

### 3.2.1. Estratégia de Busca, Base de Dados e Critérios

A partir da definição das três QPs referentes ao rastreamento de contato, foram definidas as palavras-chave e seus respectivos sinônimos, formando a *string* de busca. Com base nas palavras-chave e sinônimos foi criada a seguinte *string* para a busca na LB: ((“Covid-19” OR corona OR pandemic OR “SARS-COV2” ) AND ( smartphone OR “Mobile application” ) AND ( “data protection” OR “privacy protection” OR “contact tracing”)). Já para a LC foram realizadas buscas por aplicativos *mobile* utilizando as palavras “coronavirus” e “covid-19”.

Após a criação da *string* e definição das palavras-chave, as bases de dados e os sites específicos para a busca foram selecionados. Para uma maior cobertura das fontes, na LB foi realizada a busca automática e a busca por meio das referências dos estudos incluídos (*Snowballing*). As bases de dados os sites específicos podem ser acessadas por meio do link<sup>1</sup>.

Para apoiar a seleção das fontes que apresentam relevância para a pesquisa e respondem às QPs, foram definidos três Critérios de Inclusão (CI) e quatro Critérios de Exclusão (CE), sendo os de inclusão:  $CI_1$ : Fontes que apresentam aplicativos *mobile* utilizando métodos desenvolvidos para rastreamento de contato para detecção de Covid-19;  $CI_2$ : Fontes que apresentam os métodos que têm sido utilizados para rastreamento de contato em aplicativos *mobile*;  $CI_3$ : Fontes que apresentam utilização de algum método de rastreamento de contato para mapear a localização dos usuários e a possível exposição com o vírus. Já os Critérios de exclusão são:  $CE_1$ : Fontes que não apresentam aplicativos que utilizem métodos de rastreamento de contato;  $CE_2$ : Fontes que apresentam abordagens desenvolvidas para outras plataformas que não sejam *mobile*;  $CE_3$ : Fontes que não estejam escritos em inglês ou português;  $CE_4$ : Fontes em que a versão completa não esteja disponível.

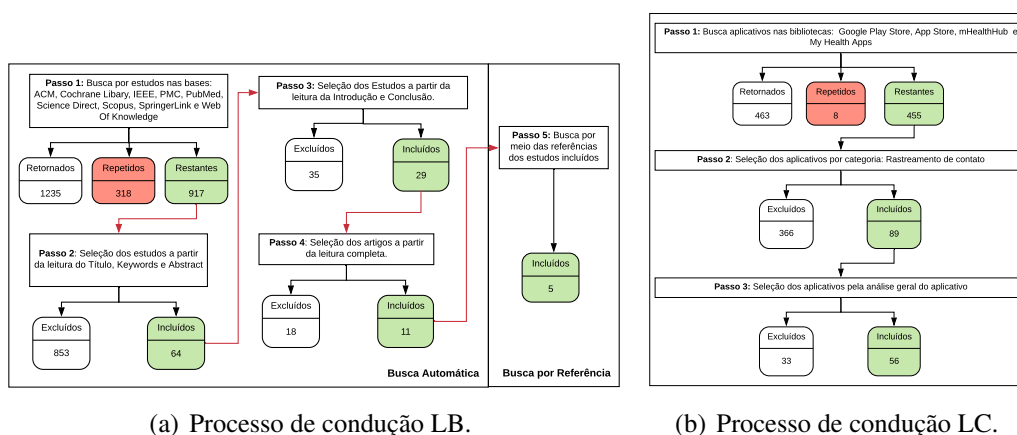
### 3.2.2. Processo de Busca e Avaliação da qualidade das fontes

Após a definição das bases de dados, sites específicos e CIs e CEs, foi realizado o processo de seleção das fontes. Esse processo ocorreu por meio de três filtros: *i*) Leitura de título e *abstract*; *ii*) Leitura da introdução e conclusão; e *iii*) Leitura do estudo na íntegra. Em cada filtro de leitura foram aplicados os CIs e CEs para verificar se as fontes eram realmente relevantes ou não para a pesquisa.

Na Figura 1(a) é apresentado o processo de busca na LB. Foram analisados um total de 1235 estudos retornados pela busca automática. A partir da leitura do título e *abstract* restaram 64 estudos para a leitura da introdução e conclusão. Desses, apenas 29 estudos foram incluídos para a leitura na íntegra. Após a leitura na íntegra foram incluídos 11 estudos considerados relevantes ao contexto da pesquisa. Além destes, foram incluídos mais 5 estudos por meio do *Snowballing* totalizando 16 estudos.

A Figura 1(b) apresenta o processo de seleção da LC. Dos 463 aplicativos identificados, somente 89 foram analisados por serem voltados especificamente para rastreamento de contato. A partir dessa análise, 56 aplicativos foram considerados relevantes ao

<sup>1</sup>[https://zenodo.org/record/7752091#.zBg5Th\\_MKUn](https://zenodo.org/record/7752091#.zBg5Th_MKUn)



**Figura 1. Processo de seleção das fontes.**

contexto da pesquisa uma vez que se tratavam de aplicativos capazes de realizar o rastreamento digital de contato entre os usuários. Portanto, de acordo com as fontes incluídas por meio da busca nas base de dados e *Snowballing* da LB, bem como análise dos aplicativos retornados pela LC, foi possível obter um total de 73 aplicativos desenvolvidos para o combate ao Covid-19.

A partir das fontes selecionadas, é realizada a avaliação da qualidade a fim de determinar se a fonte é válida ou não. Assim é necessário criar uma lista de critérios para guiar essa avaliação das fontes que serão selecionadas. Para o contexto deste MLM foram avaliados critérios de autoridade, objetividade, data e metodologia. Tanto para a LB quanto para a LC foram considerados aplicativos e propostas de aplicativos voltados especificamente ao rastreamento de contatos entre indivíduos no contexto da pandemia de Covid-19.

### 3.3. Organização dos Resultados

Nesta Etapa é detalhado o processo de extração e sintetização dos dados. Para facilitar a extração dos dados da LB e LC foram criadas planilhas automatizadas, as quais podem ser acessadas por meio do link<sup>2</sup>. Com a tabulação dos dados, foi possível extrair todas as informações relevantes de cada estudo (LB), e cada aplicativo *mobile* (LC).

Para LB foram extraídos o título do estudo, ano de publicação, nome e país de origem do autor sendo considerado sempre o primeiro autor, tipo de publicação e avaliação, base de dados e por qual critério o estudo foi incluído ou excluído. Para a LC, foram extraídos o nome dos aplicativos, o sistema operacional, data de publicação, país, serviços como: localização, notificação por exposição, uso de *Bluetooth* entre outros e funcionalidades. A partir desses dados foi possível responder as quatro QPs e categorizar os estudos e as aplicações *mobile* com base nas respostas das QPs.

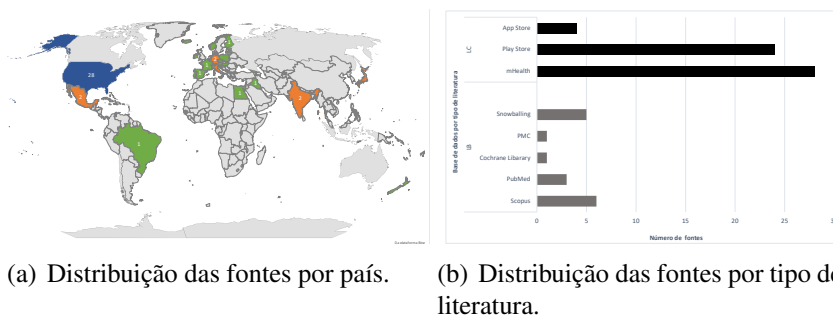
## 4. Análise e Discussão dos Resultados

A partir da análise dos resultados foram identificados um total de 73 aplicações, sendo 70 aplicativos visando o rastreamento de contato entre usuários e 3 protocolos que registram

<sup>2</sup><https://zenodo.org/record/7730764#.ZA-jOZHMKUk>

encontros entre dispositivos. As fontes selecionadas estão distribuídas entre 36 países, conforme apresentado na Figura 2(a). O Estados Unidos foi o país que teve maior representatividade com cerca de 42% (30/73), seguido do México, Índia, Inglaterra, Itália, Japão, Cingapura e Alemanha com 3% (2/73) cada país.

Outra informação que merece ser destacada é o número de fontes incluídas por base de dados de acordo com o tipo de literatura. Das 73 aplicações, 13 aplicativos e 3 protocolos foram identificados por meio da LB e 57 aplicativos por meio da LC, conforme apresentada na Figura 2(b). Dos 13 aplicativos selecionados pela LB, seis retornaram na base de dados *Scopus*, três na *PubMed* e somente um na *Cochrane Library* e um na *PMC*. Além desses, dois aplicativos e os três protocolos de rastreamento retornaram por meio do *Snowballing*. Em contrapartida, dos 56 aplicativos selecionados pela LC, 28 foram provenientes das lojas de aplicativos (*Google Play Store* e *App Store*). Os outros 28 aplicativos selecionados foram provenientes de repositórios de aplicativos (*My Health Apps* e *mHealth*).



**Figura 2. Distribuição das fontes por país e base de dados.**

#### 4.1. Aplicativos que utilizam rastreamento de contato para detecção de covid-19 (QP<sub>1</sub>)

Esta QP visou investigar quais aplicações *mobile* têm sido desenvolvidas para realizar o rastreamento de contato. Os aplicativos identificados possuem a função de rastrear todos os indivíduos que tiveram contato com um usuário confirmado positivamente para o vírus, e realizar o cálculo do risco de exposição desses contatos. A lista detalhada dos aplicativos, bem como suas respectivas referências podem ser acessadas neste link<sup>3</sup>.

Entre os resultados alcançados pelo MLM estão os aplicativos *Radar Covid* e *GocornaGo* identificados por meio da LB apresentados respectivamente nas Figuras 3(a) e 3(b). Já os aplicativos *Coronavirus-sus* e *Corona-warn-app* foram identificados por meio da LC, conforme podem ser vistos nas Figuras 3(c) e 3(d), respectivamente.

O aplicativo espanhol *Radar Covid* utiliza a API *Apple e Google* que gera, armazena e gerencia uma lista de identificadores gerados pelo *Bluetooth* bem como a interação entre os dispositivos. Os usuários são notificados por meio do sistema de notificação por exposição quando forem expostos ao vírus por contato direto com outro usuário confirmado positivamente. Em contrapartida, o aplicativo indiano *GocornaGo* é um aplicativo voltado a utilização dentro de instituições que realiza a varredura

<sup>3</sup>[https://zenodo.org/record/7730497#.ZBhNSR\\_MKUK](https://zenodo.org/record/7730497#.ZBhNSR_MKUK)



**Figura 3. Principais aplicativos retornados pela LB e LC.**

de interações *Bluetooth* entre os dispositivos para indicar o contato entre os usuários e notifica-los em caso de exposição.

O aplicativo brasileiro Coronavirus-sus inicialmente foi desenvolvido para prestar serviços de informações sobre a doença no Brasil, com os números da pandemia e informações sobre contágio além de instruções aos usuários. Posteriormente foi adicionado a função de rastreamento de contato via *Bluetooth* utilizando a *API da Apple e Google* onde o usuário pode informar seu diagnóstico positivo através da validação do exame no site do governo. Por fim o *corona-warn-app* é o aplicativo alemão de rastreamento de contatos que também utiliza a *API Apple e Google* para o rastreamento de contato e notificação aos usuários expostos por contato com outro usuário que informou um caso positivo. Além de notícias sobre a pandemia, o aplicativo ainda oferece a opção do usuário inserir um teste positivo por meio da validação de um *QRCode* disponibilizado pelos órgãos de saúde alemães.

Entre os demais resultados alcançados por meio da LB, foi possível identificar 3 protocolos para rastreamento de contato: (i) Protocolo de Interseção [Berke et al. 2020] para avaliação de risco de exposição ao vírus com base na localização do usuário; (ii) protocolo *Bluetrace* [Bay et al. 2020]; e (iii) Protocolo de assinatura para privacidade [Ng et al. 2021] que identificam a aproximação entre os usuários. Além dos protocolos, também foram identificados mais 11 aplicativos com o mesmo propósito, tais como *ZE2-P3T*, *SwissCovid*, *TrackCOVID*, *COCOA*, *EPIC*, *Enatec* e *PrivyTRAC*.

Já a partir da busca na LC, os 57 aplicativos identificados estão disponíveis para utilização dentro do país de origem e são gratuitos para que os usuários realizem o *download*. Dentre os aplicativos é importante destacar os *Stayaway COVID*, *OstaniZdrav*, *Slow COVID NC*, *GuideSafe™*, *COVIDWISE*, *Covid Watch Arizona*, *Alerta COVID NJ* e *CA Nootify*. Esses aplicativos guardam internamente uma lista com informações sobre contatos com outros usuários que possuam o mesmo aplicativo instalado. Nesse cenário, caso um usuário seja diagnosticado positivamente ele poderá informar um código de validação para o aplicativo que enviará uma notificação de possível exposição a essa lista de contatos. Esse código de validação geralmente é disponibilizado pelo órgão de saúde local, a fim de evitar falsos positivos e fraudes.

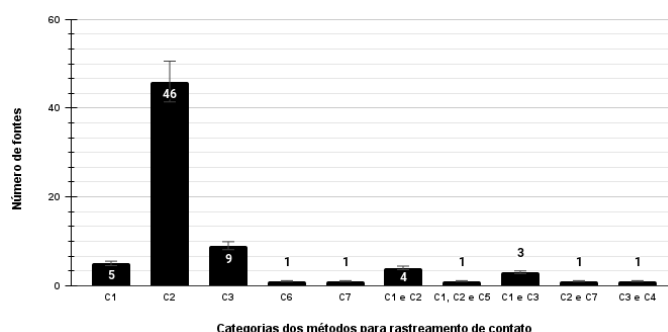
A grande variedade de aplicativos desenvolvidos para rastreamento entre contatos no contexto da pandemia, bem como a identificação de diversos estudos na área, está ligada aos esforços governamentais para o enfrentamento a pandemia. Por meio da análise dos aplicativos, foi possível identificar diversas funcionalidades que vão além da identificação de casos positivos e notificação por exposição, como oferecimento de dicas,

números sobre a pandemia, checagem de sintomas entre outras, enfatizando a força tarefa criada para o enfrentamento à pandemia.

#### 4.2. Métodos utilizados para rastreamento de contato em aplicativos *mobile* (QP<sub>2</sub>)

Para esta QP foram identificadas sete métodos diferentes, os quais foram classificados em sete categorias:  $C_1$  - *Global Positioning System (GPS)*;  $C_2$  - *Bluetooth*;  $C_3$  - *Bluetooth Low Energy (BLE)*;  $C_4$  - Sensores do *smartfone*;  $C_5$  - *Global Navigation Satellite System - GNSS*;  $C_6$  - Gráfico de transmissão; e  $C_7$  - *WI-FI*.

A Figura 4 apresenta a visão geral dos resultados agrupados pelas referentes categorias, onde é possível observar que 76% (56/73) dos aplicativos identificados utilizam *Bluetooth* e BLE ( $C_2$  e  $C_3$ ) para realizar o rastreamento de contato, como por exemplo *Hoia*, *Apturi covid Latvia*, *Smitte Pare*, *Corona-Warn-App*, *CovTracer-EN WI Exposure Notification*, *COVIDaware MN*, *Coalition App* entre outros. Isso deve-se ao fato de que além de ser uma tecnologia barata e de baixo consumo de energia, o *Bluetooth* permite a transmissão de dados simultâneos, sem identificar o usuário por trás do aplicativo, e permite aos dispositivos emitirem um sinal que é capturado e registrado pelos demais dispositivos próximos.



**Figura 4. Distribuição das fontes agrupadas de acordo com os métodos categorizados.**

Além do *Bluetooth* e *BLE* também foram identificados estudos propondo outros métodos de realizar o rastreamento de contatos, sendo 7% (5/73) utilizando o GPS, 1% (1/73) *WI-FI* e 1% (1/73) gráficos de transmissão. Ainda é importante destacar que 14% (10/73) dos aplicativos combinam dois ou mais métodos para o rastreamento, sendo: 40% (4/10) *Bluetooth* + GPS; 10% (1/10) *Bluetooth* + GPS + GNSS; 30% (3/10) GPS + BLE; 10% (1/10) *Bluetooth* + *Wi-Fi*; 10% (1/10) combina o uso do BLE com demais sensores do *Smartphone*, como barômetro, magnetômetro, microfone, proximidade e *WI-FI*.

A partir desses resultados, pode-se concluir que ainda existem lacunas a serem consideradas no que diz respeito aos métodos utilizados para o rastreamento de contatos. A grande maioria dos aplicativos disponíveis no mercado utilizam o *Bluetooth* para o estabelecimento da rede de contatos, uma vez que pode ser considerada uma tecnologia padrão para comunicação entre dispositivos, faz com que outros meios sejam menos explorados. Nesse sentido, é necessária uma análise mais aprofundada dos demais meios de rastreamento de contato que podem ser utilizados pelos aplicativos.



### 4.3. Rastreamento de contato visando a detecção de Covid-19 (QP<sub>3</sub>)

Nesta QP, buscou-se identificar como os aplicativos funcionam em relação às três fases do rastreamento de contato: *Fase 1* - identificação de caso positivo (IC); *Fase 2* - estabelecimento da rede contato para o rastreamento entre usuários testados positivamente para o vírus (ER); e *Fase 3* - notificação ao usuário que podem ter sido expostos ao vírus por meio do contato com usuários positivos (NE). Com os resultados alcançados, foi possível identificar 30 diferentes métodos de rastreamento utilizados pelos aplicativos, considerando as três fases. Na Fase 1, foram identificados cinco métodos diferentes:  $IC_1$  - Unidade de Saúde notifica o servidor;  $IC_2$  - Usuário notifica o App;  $IC_3$  - Usuário notifica unidade de Saúde;  $IC_4$  - Unidade de Saúde notifica App do usuário; e  $IC_5$  - Usuário Faz *Check-in*, sendo que:

- Em 87% (64/73) dos aplicativos, a identificação de um caso positivo é feita por meio do próprio usuário que reporta um caso positivo ao aplicativo ( $IC_2$ );
- A unidade de saúde identifica um caso positivo e notifica o servidor em 3% (2/73) dos aplicativos ( $C_1$ );
- Em 3% (2/73) o usuário reporta o caso à unidade de saúde ( $IC_3$ );
- Em outros 3% (2/73) a unidade de saúde notifica o aplicativo do usuário ( $IC_4$ );
- Em 1% (1/73), utiliza o método de *Check-in* ( $IC_5$ );
- Em 3% (2/73) dos aplicativos analisados não mencionam como se dá essa fase no processo de rastreamento de contato.

Na fase 2, foram identificados 15 métodos diferentes ( $ER = ER_1, \dots, ER_{15}$ ) para estabelecer a rede de contato entre os usuários, conforme apresentado na Tabela 1. Dos 73 aplicativos analisados:

- 63% (42/73) realizaram esse processo por meio da troca de dados do usuário ( $ER_3$ ) gerados pelo *Bluetooth* dos dispositivos quando os mesmos entram em contato uns com os outros;
- Em 6% (2/73) o estabelecimento da rede de contatos se dá pelas coordenadas do usuário ( $ER_1$ );
- Em 3% (2/73) por meio de dados do GPS ( $ER_8$ );
- Em 1% (1/73) por informações de *check-in*, onde o aplicativo é utilizado para que o usuário informe que esteve presente em determinados locais e quando testado positivo, usuários que realizaram *check-in* no mesmo local serão alertados.
- Em 12% (9/73) dos aplicativos não foi possível identificar a forma como é realizada a fase de estabelecimento da rede de contato.

**Tabela 1. Categorias referentes ao estabelecimento de rede de contato (Fase 2).**

ID	Método	ID	Método
$ER_1$	Coordenadas do usuário	$ER_2$	Identificadores de proximidade
$ER_3$	Troca de dados de usuários	$ER_4$	Gráfico de Transmissão
$ER_5$	Verificação cruzada	$ER_6$	Identificadores efêmeros
$ER_7$	Algoritmo de gráfico	$ER_8$	Coleta de dados de GPS
$ER_9$	Verificação de lista de contatos armazenados	$ER_{10}$	Assinaturas correspondentes
$ER_{11}$	Cálculo de pares de chaves	$ER_{12}$	Cálculo de exposição
$ER_{13}$	Informações de <i>check-in</i>	$ER_{14}$	Sinal BLE
$ER_{15}$	Pares de chaves anônimas		

Por fim, na fase 3 foram identificados 10 métodos diferentes ( $NE = NE_1, \dots, NE_{10}$ ) para realizar a notificação aos usuários expostos, conforme apresentado na Tabela 2. A maior parte dos aplicativos, o que representa 81% (54/73) do total, utiliza a notificação do próprio aplicativo para notificar usuários que pode ter sido expostos ao vírus, uma vez que ao identificar um contato o aplicativo enviará uma notificação ao usuário. Além desse, também foram identificados outros métodos, como *download* de mapas de risco de infecção de determinados locais e horários devido a grande circulação de pessoas ( $NE_1$ ) em 1% (1/73) dos aplicativos; autoridades governamentais como unidades e postos de saúde entram em contato direto com o usuário em risco de exposição para notificá-los ( $NE_7$ ) em 8% (6/73) dos aplicativos; *Download* de chaves de exposição em 1% (1/73) dos aplicativos.

**Tabela 2. Categorias referentes a identificação e notificação aos contatos expostos (Fase 3).**

ID	Método	ID	Método
$NE_1$	<i>Download</i> de mapa de risco	$NE_2$	Comparação de coordenadas
$NE_3$	Notificação por exposição	$NE_4$	Usuário solicita dados para o servidor
$NE_5$	App faz <i>Download</i> de chaves	$NE_6$	Ultrapassagem de limite de exposição
$NE_7$	Autoridades de saúde notificam usuário	$NE_9$	Envio de mensagem para usuário exposto
$NE_{10}$	Governo solicita dados do app e notifica usuários		

Em uma análise geral dos resultados dessa QP, fica evidente o padrão utilizado entre as aplicações, uma vez que a maior parte delas tem como premissa o reporte de um caso positivo pelo usuário ao aplicativo e a notificação por exposição recebida quando este identifica um contato. Além de existirem outros aplicativos que realizam esse processo de formas diferentes, é preciso ter muito cuidado no que diz respeito à dados sensíveis do usuário, uma vez que pode levar a identificação do mesmo.

## 5. Ameaças a Validade

Durante o planejamento e execução do MLM foram identificadas possíveis ameaças à validade que são discutidas para orientar a interpretação deste trabalho. As ameaças foram definidas com base nas diretrizes de Wohlin et al. [Wohlin et al. 2012]. A respeito das ameaças à validade de conclusão é importante destacar a criação e adaptação da *string* de busca. Como as palavras e expressões que a compõem são derivadas das QP's, a correta construção dessa é vital para a efetividade da pesquisa. Para mitigar essa ameaça, a string de busca foi criada, calibrada e validada por um especialista para melhorar sua eficácia.

Quanto a ameaça à validade interna foi observada diante a indisponibilidade de acesso a alguns estudos retornados pela *string* de busca, não sendo possível a inclusão do mesmo ao processo de condução do MLM. Outra ameaça relacionada a validade interna diz respeito a indisponibilidade de aplicativos devido ao país, uma vez que alguns aplicativos podem não retornar nas buscas por serem restritos ao país de origem. Essa ameaça pode fazer com que aplicativos relacionados a pesquisa não retornem nos resultados inviabilizando a análise dos mesmos.

A ameaça à validade de construção está relacionada ao processo de seleção de estudos. Para minimizar essa ameaça e com o objetivo de assegurar um processo de seleção imparcial e evitar vieses, a pesquisa seguiu o processo proposto por [Garousi et al. 2019],

o qual é composto pelas fases de Planejamento, Condução e Apresentação dos resultados, com a criação de questões de pesquisa, processo de busca, critérios de inclusão e exclusão, seleção dos estudos na LB e aplicativos *mobile* na LC, extração e síntese dos dados.

Por fim, as ameaças à validade externa estão relacionada às capacidade de generalização dos resultados. Os resultados deste MLM não podem ser generalizados porque são baseados em um conjunto específico de palavras-chave e um conjunto de sites específicos foi usado para coleta de dados. No entanto, para mitigar essa ameaça foram desenvolvidas estratégias como a definição de uma *string* de busca mais ampla, a inclusão do *Snowballing* e o uso da web para obter um número maior de fontes possíveis. Portanto, com essas diferentes estratégias acredita-se que essa ameaça pode ser minimizada.

## 6. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou o MLM conduzido com o propósito de identificar as principais evidências referentes ao desenvolvimento de aplicações voltadas à contenção da propagação do Covid-19 durante a pandemia. De acordo com os resultados foi possível identificar diferentes aplicativos utilizados por diversos países, propostos em meio a tentativas de conter a doença. Os 16 estudos analisados na LB se dividem em visões aprofundadas sobre métodos que poderiam ser utilizados para auxiliar na redução do contágio pelo vírus. Da mesma forma, na LC foi possível observar uma grande variedade de aplicativos desenvolvidos por diversos governos, os quais estão disponíveis em lojas de aplicativos. Além de identificar quais são os aplicativos, também foi possível identificar as tecnologias utilizadas por eles para realizar o processo de rastreamento de contato bem como seus pontos forte e fracos.

Dessa forma, foi observado um padrão entre a maior parte das aplicações, que consiste justamente na utilização do *Bluetooth* para identificar a proximidade entre indivíduos e notificá-los em caso de exposição ao vírus. Tal padrão ocorre porque ambas as aplicações possuem o mesmo objetivo, rastrear os contatos dos usuários e notificar o risco de exposição caso exista proximidade com outro dispositivo que um usuário tenha indicado um diagnóstico positivo para a doença. Além disso, de todos os aplicativos analisados, foi encontrado apenas 1 aplicativo voltado a atender um público alvo específico, o GoCoronaGo [Simmhan et al. 2020], e definir um público alvo pode ser uma forma de concentrar os esforços da contenção da doença em uma pequena parte da população, a fim de facilitar o monitoramento de casos confirmados em um grupo específico de indivíduos.

O *Bluetooth* é o método mais utilizado para realizar o rastreamento e certamente o que melhor atende a esse tipo de aplicação, uma vez que o processo pode ser feito de forma independente pelo aplicativo. Por outro lado, aplicativos que utilizam *Wi-fi*, são limitados a estarem conectados a mesma rede para que os dispositivos se comuniquem e o contato seja identificado. Porém é necessário o estudo de outras formas de realizar esse processo, como alternativas ao uso do *Bluetooth*.

Como trabalhos futuros espera-se atualizar o MLM tendo a vista o surgimento de novos aplicativos, bem como identificar aplicativos que foram descontinuados ou que foram atualizados com novas funcionalidades. Além disso, também espera-se contemplar outras bibliotecas digitais para a execução da busca automática, condução de busca manual na tanto na LB quanto na LC levando em consideração site e eventos específicos

que não foram contemplados na busca realizada anteriormente. Além da atualização do MLM, busca-se utilizar esses resultados como base para o desenvolvimento de um aplicativo que venha a ser utilizado dentro de universidades, a fim de causar um maior impacto no controle da doença uma vez que tenha um público alvo bem definido para o uso do mesmo, focando os esforços em pequenas parcelas da população. Além do Covid, busca-se expandir as doenças que podem ser rastreadas com o uso desse aplicativo.

## Referências

- Akinbi, A., Forshaw, K., and Blinkhorn, V. (2021). Contact tracing apps for the covid-19 pandemic: a systematic literature review of challenges and future directions for neo-liberal societies. *Health Information Science and Systems*, 18:9.
- Bay, J., Kek, J., Tan, A., Hau, C. S., Yongquan, L., Tan, J., and Quy, T. A. (2020). Bluetrace: A privacy-preserving protocol for community-driven contact tracing across borders. [online] <https://bluetrace.io/static/bluetracewhitepaper-938063656596c104632def383eb33b3c.pdf>.
- Berke, A., Bakker, M., Vepakomma, P., Raskar, R., Larson, K., and Pentland, A. (2020). Assessing disease exposure risk with location histories and protecting privacy: A cryptographic approach in response to a global pandemic. *arXiv preprint arXiv:2003.14412*.
- Davalbhakta, S., Advani, S., Kumar, S., Agarwal, V., Bhoyar, S., Fedirko, E., Misra, D. P., Goel, A., Gupta, L., and Agarwal, V. (2020). A systematic review of smartphone applications available for corona virus disease 2019 (covid19) and the assessment of their quality using the mobile application rating scale (mars). *Journal of Medical Systems*, 44:163–165.
- Fetzer, T. and Graeber, T. (2020). Does contact tracing work? quasi-experimental evidence from an excel error in england. *MedRxiv*, <https://doi.org/10.1101/2020.12.10.20247080>.
- Garousi, V., Felderer, M., and Mäntylä, M. V. (2019). Guidelines for including grey literature and conducting multivocal literature reviews in software engineering. *Information and Software Technology*, 106:101–121.
- Garousi, V. and Küçük, B. (2018). Smells in software test code: A survey of knowledge in industry and academia. *Journal of Systems and Software*, 138:52–81.
- Kitchenham, B., Pretorius, R., Budgen, D., Brereton, O. P., Turner, M., Niazi, M., and Linkman, S. (2010). Systematic literature reviews in software engineering—a tertiary study. *Information and Software Technology*.
- Morens, D. M., Daszak, P., and Taubenberger, J. K. (2020). Escaping pandora’s box — another novel coronavirus. *New England Journal of Medicine*, 382(14):1293–1295.
- Ng, P. C., Spachos, P., and Plataniotis, K. N. (2021). Covid-19 and your smartphone: Ble-based smart contact tracing. *IEEE Systems Journal*.
- Simmhan, Y., Rambha, T., Khochare, A., Ramesh, S., Baranawal, A., George, J. V., Bhope, R. A., Namtirtha, A., Sundararajan, A., Bhargav, S. S., et al. (2020). Gocoronago: Privacy respecting contact tracing for covid-19 management. *Journal of the Indian Institute of Science*, pages 1–24.
- Wohlin, C., Runeson, P., Host, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., and Wesslen, A. (2012). *Experimentation in Software Engineering*, volume 20. Springer.