

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MATHEUS HAHN DOS SANTOS

GPTR: UM MODELO PARA GEORREFERENCIAMENTO DE PESSOAS

São Leopoldo
2020

MATHEUS HAHN DOS SANTOS

GPTR: UM MODELO PARA GEORREFERENCIAMENTO DE PESSOAS

Artigo apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Ciência da
Computação, pelo Curso de Ciência da
Computação da Universidade do Vale do Rio
dos Sinos - UNISINOS

Orientadora: Profa. Dra. Rosemary Francisco

São Leopoldo
2020

GPTR: Um modelo para Georreferenciamento de Pessoas

Matheus Hahn dos Santos¹

Rosemary Francisco²

Resumo: Com a rápida evolução do COVID-19, atingindo mais de 5 milhões de casos no Brasil, o georreferenciamento de pessoas se torna uma necessidade para conter e monitorar a propagação do vírus. Durante a revisão sistemática, somente um estudo foi localizado no tema de georreferenciamento de pessoas e seu foco é em outra problemática que não o controle de aglomerações. Por este motivo, este estudo busca propor um modelo de arquitetura para o problema. Este modelo tem como intuito servir de base para outros estudos que tem como objetivo georreferenciar pessoas em tempo real para o monitoramento e controle de situações que tenham essa necessidade. Para tanto, inicialmente realizou-se uma revisão sistemática da literatura, a fim de identificar tecnologias e métodos a serem aplicadas no modelo proposto. Este modelo foi elaborado, desenvolvido e por fim avaliado por meio de simulação. Durante o desenvolvimento, a LPGD foi considerada e a aplicação não solicita nenhum dado pessoal do usuário. O modelo foi avaliado com uma simulação de 100 mil usuários e os resultados indicam que o modelo teve sucesso ao georreferenciar as pessoas em tempo real.

Palavras-chave: Georreferenciamento de Pessoas. Controle de Aglomerações. Tecnologias Móveis e Ubíquas. Global Positioning System.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, vive-se um cenário de pandemia com o COVID-19 atingindo mais de 47 milhões de casos no mundo e 5.554,206 pessoas com 160,253 mortes no Brasil, até o dia 04 de Novembro, segundo os dados da Organização Mundial de Saúde. (OMS, 2020a). Nesse contexto, segundo recomendações da OMS, é necessário evitar aglomerações de pessoas além de tomar diversas medidas de segurança como distância mínima de 1 metro, utilização de máscaras ao sair de casa, entre outras. (OMS, 2020b).

Considerando esta preocupante situação, o uso de soluções tecnológicas como suporte ao monitoramento e ao controle de aglomerações se torna uma necessidade. Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), um aluno e uma professora criaram um aplicativo para acompanhar o número de casos de COVID em Porto Alegre em cada unidade de saúde, laboratórios ou hospitais. (UFRGS, 2020). Por meio deste aplicativo, também é possível acompanhar os leitos de UTI e respectivas ocupações.

Já Singapura desenvolveu um aplicativo mobile chamado *TraceTogether* que funciona através de bluetooth e identifica contato entre pessoas que utilizam o aplicativo. (SINGAPORE, 2020). O aplicativo armazena essa informação para notificar os usuários que tiveram contato com alguma pessoa que possua o COVID. Uma outra plataforma online criada foi o Desvi-

¹Graduando em Ciência da Computação pela Unisinos. Email: matheushahn@edu.unisinos.br

²Orientadora, doutora em Administração pela Unisinos. Email: rosemaryf@unisinos.br

ralize, que foi construída voluntariamente para o monitoramento da evolução do COVID em tempo real. (BLOCKFORCE, 2020). Essa plataforma funciona através de questionários e dados voluntariamente compartilhados pelo usuário.

Observou-se a necessidade de uma proposta para o controle das aglomerações de pessoas. Pois além de não ter sido localizada esse tipo de proposta, também observou-se na literatura e nos dados publicados pela OMS (2020b) que um dos principais fatores de contaminação se dá por meio das aglomerações.

Essa necessidade motivou a busca por trabalhos científicos a fim de averiguar quais tecnologias e métodos estão sendo utilizados para o georreferenciamento. Além disso, com base nos resultados, o presente trabalho tem como objetivo propor um modelo para georreferenciar pessoas e ajudar a monitorar aglomerações e contágios.

Para alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos: a) identificar tecnologias e métodos para uso de georreferenciamento de pessoas, b) desenvolver o modelo de georreferenciamento de pessoas, c) avaliar o modelo por meio de simulação. Com foco no monitoramento externo, usuários serão simulados no espaço externo da Universidade.

Durante a revisão sistemática observou-se que nenhum trabalho até o momento endereça este objetivo. Observa-se também que o trabalho de Aguilar et al. (2017) é o único que possui o tema de georreferenciamento de pessoas, apesar de ter um objetivo diferente deste presente trabalho, evidenciando uma carência de trabalhos neste tema. Uma preocupação comum do georreferenciamento de pessoas é a privacidade e prezou-se por este tópico no modelo proposto seguindo a LPGD.

Este artigo traz a metodologia para a pesquisa bibliográfica com o procedimento de revisão sistemática da literatura e a pesquisa experimental com o procedimento de simulação na seção 4. O método PRISMA foi utilizado para realizar a pesquisa bibliográfica e seu resultado pode ser encontrado na seção 3. Com base nessa pesquisa foi proposto e desenvolvido um modelo de georreferenciamento de pessoas na seção 5. A implementação do modelo pode ser encontrada na subseção 5.3 e o processo de simulação e seus resultados são descritos na seção 6. As contribuições, limitações e oportunidades de trabalhos futuros podem ser encontradas na conclusão do artigo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

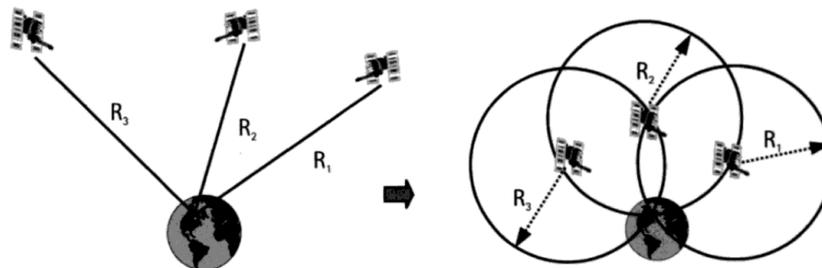
Nesta seção, são introduzidas as principais tecnologias identificadas durante a revisão sistemática da literatura. São elas: Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sensoriamento Remoto (RS), Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Geoprocessamento. Tais tecnologias foram estudadas com o propósito de avaliar a sua aplicação no modelo proposto pelo presente trabalho. Além disso, a Lei Geral de Proteção de Dados (LPGD) também é descrita devido à sua relevância quanto ao tema de monitoramento de pessoas.

2.1 Sistema de Posicionamento Global (GPS)

Segundo Roulo (2018) o GPS é um sistema baseado em satélites, que foi criado nos Estados Unidos com finalidade militar. Contudo, acabou sendo disseminado pelo mundo e hoje é uma ferramenta indispensável, com receptores disponíveis em qualquer smartphone atualmente.

Fitz (2018) define o GPS como sendo uma forma de obtenção de coordenadas geográficas captadas por meio de satélites. Estes satélites enviam sinais que podem ser processados ao adquirir as coordenadas geográficas exatas de um ponto através de triangulação. O funcionamento do GPS captando as coordenadas por satélites é ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Funcionamento do posicionamento do GPS



Fonte: (EL-RABBANY, 2002)

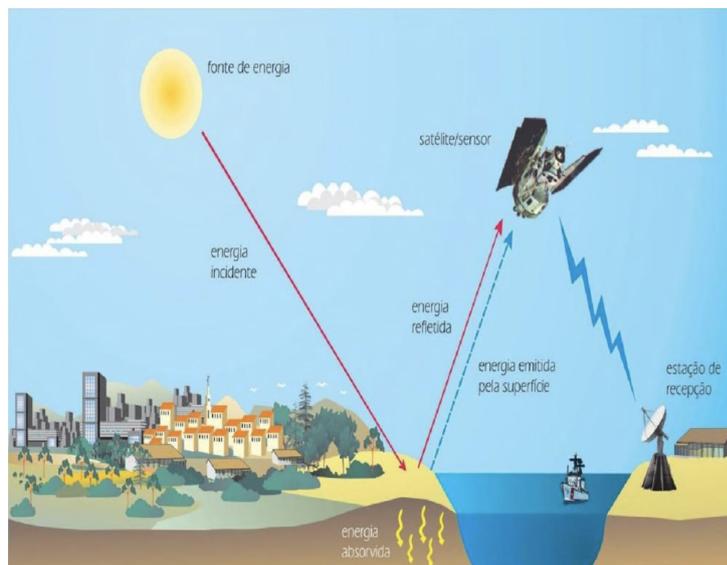
Segundo Aguilar et al. (2017), a operação do GPS é baseada em um sinal codificado que é enviado por um conjunto de satélites. Este sinal é capturado e processado por um receptor terrestre indicando a posição: latitude, longitude e altitude e o tempo.

Visto que os dispositivos móveis atuais já contam com sensores de GPS e estão plenamente difundidos na população, pode-se concluir que esta tecnologia se torna muito útil para auxiliar no georreferenciamento de pessoas.

2.2 Sensoriamento Remoto (RS)

Segundo Florenzano (2011), o Sensoriamento Remoto é a tecnologia que permite obter dados e imagens da superfície terrestre. Esses dados são obtidos através da captação da energia refletida ou emitida pela superfície. O termo sensoriamento refere-se ao fato de a obtenção dos dados se dar por meio de sensores que são instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais (satélites artificiais). Já o termo remoto é pelo fato de a obtenção ser feita à distância. O funcionamento do RS descrito acima é ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Obtenção de imagens por sensoriamento remoto



Fonte: (FLORENZANO, 2011)

De acordo com Deng et al. (2019), o Sensoriamento Remoto vem sendo utilizado com sucesso nas seguintes aplicações:

- Extração de uso e de cobertura de terra;
- Monitoramento ambiental e de desastres;
- Detecção de Dinâmicas Socioeconômicas.

Apesar desta tecnologia estar sendo utilizada com sucesso nas aplicações acima, na literatura atual não foi encontrada nenhuma relação do Sensoriamento Remoto com o georreferenciamento de pessoas.

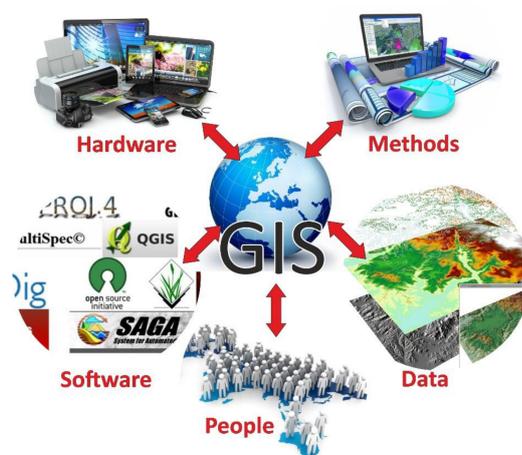
2.3 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

SIG é um poderoso conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, recuperação, transformação, e visualização de dados espaciais do mundo real para um conjunto de propósitos específicos. (FITZ, 2018).

Fitz (2018) também define SIG como sendo um programa computacional que integra dados, equipamentos e pessoas a fim de armazenar, manipular, visualizar e analisar dados de um sistema de coordenadas. Os elementos que compõem um Sistema de Informação Geográfica são ilustrados na Figura 3.

A grande vantagem dos sistemas de informação geográfica é a capacidade de executar vários tipos de análises espaciais, o que lhes confere um caráter universal e uma ampla gama de aplicações, bem como a capacidade de integrar dados de várias fontes mas com relação ao mesmo objeto ou fenômeno. (MIERZEJOWSKA; POMYKOŁ, 2019).

Figura 3 – Elementos do Sistema de Informação Geográfica



Fonte: (MIERZEJOWSKA; POMYKOŁ, 2019)

Segundo Faiz e Krichen (2012), SIG é uma ferramenta de auxílio à decisão que pode ser aplicada de várias maneiras a muitos problemas. Algumas aplicações potenciais são:

- Transporte;
- Atividades políticas;
- Recursos de água;
- Iluminação pública;
- Gerenciamento de resíduos;
- Meio ambiente;
- Segurança;
- Urbanismo.

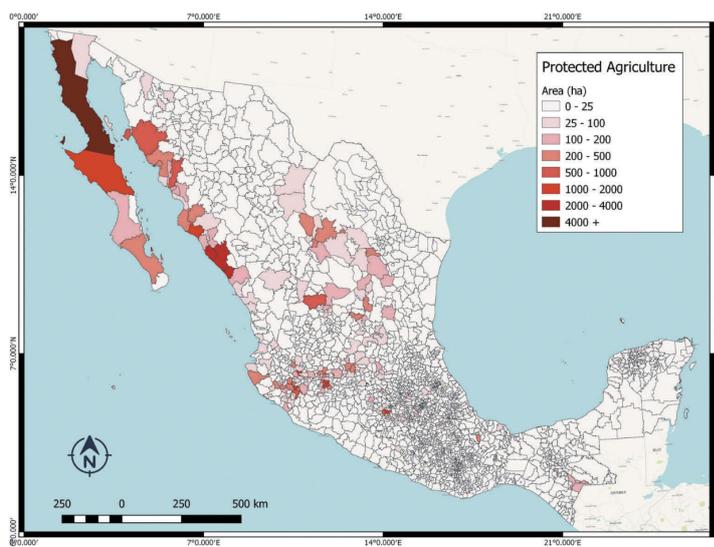
Ainda conforme Faiz e Krichen (2012), o SIG oferece várias funções como capturar, guardar, analisar e mostrar dados georreferenciados. Com essa definição, pode-se dizer que o modelo proposto neste trabalho também pode ser considerado um SIG.

2.4 Geoprocessamento

Segundo Fitz (2018), pode-se definir o Geoprocessamento como uma tecnologia que possibilita a manipulação, análise e visualização de dados georreferenciado (que possui suas coordenadas geográficas), e o uso da computação facilitou o processamento. Com isso a visualização e manipulação de dados georreferenciados tornaram-se mais rápidos, dinâmicos e precisos.

Silvan (2019) define o geoprocessamento como um conjunto de técnicas e metodologias de armazenamento, processamento, automação e utilização de imagens para a tomada de decisão. Segundo Silvan (2019), o avanço da computação permitiu que uma grande quantidade de dados seja analisada em tempo real e permitiu o uso de mapas digitais com informações sobre os elementos do mapa, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Exemplo de geoprocessamento: Agricultura protegida no México



Fonte: (PERILLA; MAS, 2019)

Considerando as definições propostas na literatura para o Geoprocessamento, pode-se inferir como sendo uma forma de processamento de dados georreferenciados obtidos por meio de RS, GPS ou outra tecnologia de georreferencia, a fim de auxiliar na tomada de alguma decisão. Essas ferramentas podem ser utilizadas para o processamento de qualquer georreferenciamento, incluindo o de pessoas.

2.5 Lei Geral de Proteção de Dados (LPGD)

A LPGD foi sancionada em 2018 e dispõe sobre o tratamento de dados pessoais, inclusive nos meios digitais, por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, com o objetivo de proteger os direitos fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural. (BRASIL, 2020).

Segundo o Sebrae (2020), a LPGD tem como alguns dos seus principais objetivos: Assegurar o direito à privacidade e à proteção de dados pessoais dos usuários, estabelecer regras claras sobre o tratamento de dados pessoais. Caso algum modelo utilize dados pessoais, ele está sujeito à estas leis e teria que desenvolver alguns mecanismos para cumpri-lá. Esta lei fez com que o modelo deste trabalho também tivesse que se adequar. Para tanto, os dados de GPS não são relacionados com os usuários, não é necessário se registrar e nenhum dado pessoal é

requisitado no momento do acesso.

Com base nas definições, pode-se concluir que a Lei Geral de Proteção de Dados foi criada para garantir que os dados pessoais sejam protegidos para respeitar a sua privacidade em âmbito legal. Esta lei foi levada em consideração durante o projeto e o desenvolvimento do modelo.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Os trabalhos relacionados aqui descritos foram localizados por meio de uma revisão sistemática da literatura. Os detalhes dos procedimentos realizados para esta revisão estão descritos na seção 4, Materiais e Métodos.

O Quadro 1 contém parte do resumo do resultado da análise dos trabalhos selecionados. O Quadro completo pode ser encontrado no Apêndice B. Os artigos estão ordenados por ano de publicação de maneira crescente. Alguns aspectos chave foram incluídos nesse Quadro, como: problema endereçado, abordagem de solução, tecnologias utilizadas, se processa os dados em tempo real e se foi realizada experimentação.

Quadro 1 – Principais aspectos dos artigos analisados

Trabalho	Problema	Abordagem	Tecnologias	Tempo real	Experimento
Rice et al. (2012)	Acessibilidade para pessoas com deficiência visual	Uso de dados voluntários através da voz com dados de georreferencia	VGI, Google Maps API e PostGIS	Sim	Sim
Aguilar et al. (2017)	Uso de georreferencia para localizar e resgatar pessoas com deficiência em zonas de risco	Aplicativo móvel que monitora as coordenadas GPS das pessoas e identifica possíveis zonas de risco indicando rotas seguras	Google Maps, Map-Maker e GPS	Sim	Sim

Trabalho	Problema	Abordagem	Tecnologias	Tempo real	Experimento
Segata (2017)	Georreferenciar zonas de risco com o mosquito <i>Aedes aegypti</i>	Cruzamento de número de ovos encontrados com os números de casos e respectivos endereços para georreferenciar áreas de risco	SATSCAN	Não	Sim
Lopes et al. (2020)	Monitorar a presença do gás radônio	Notificações através do monitoramento utilizando sensores em dispositivos, salas e prédios	IoT, Lo-RaWAN, Geoserver e Grafana	Sim	Não

Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme apresentando no Quadro 1, apenas um estudo endereça a questão do georreferenciamento de pessoas. No entanto, diferente do objetivo da presente pesquisa deste trabalho, que visa monitorar e controlar aglomerações de pessoas. Além deste, outros trabalhos também se destacaram por terem uma proximidade com o objetivo ou pois podem trazer ideias para elaborar o modelo proposto e estes itens serão descritos a seguir:

1. Aplicativo com uso de GPS e informações inseridas voluntariamente pelo usuário. (RICE et al., 2012);
2. Aplicativo utilizando Google Maps e GPS permitindo a adição de camadas para indicar zonas de risco. (AGUILAR et al., 2017);
3. Mapa que mostra clusters de acordo com a incidência do *Aedes aegypti*. (SEGATA, 2017);
4. Aplicativo com notificações com a utilização de sensores para monitoramento em tempo real. (LOPES et al., 2020).

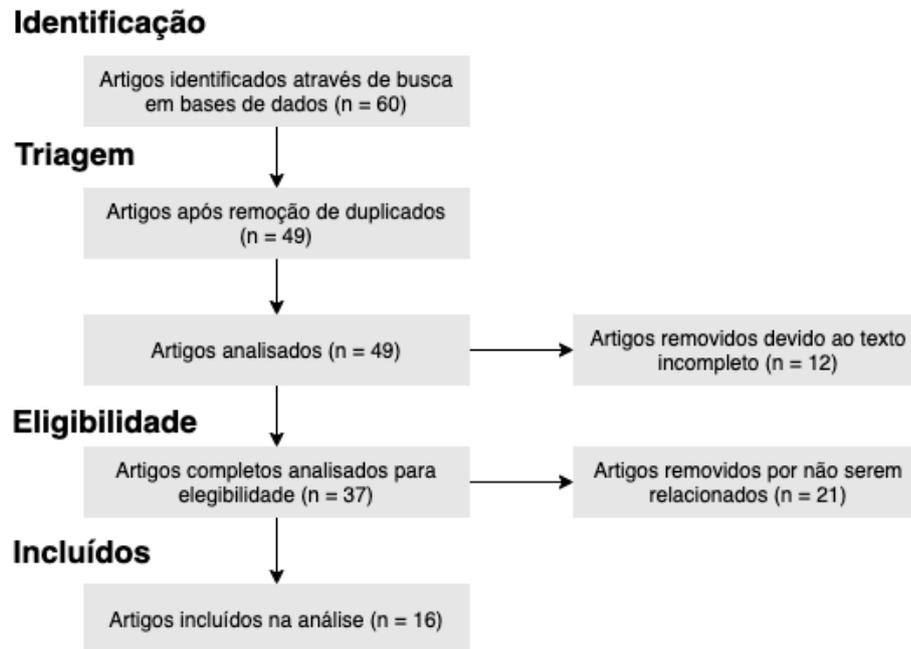
4 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa deste estudo adotou dois métodos: 1) Pesquisa bibliográfica, com o procedimento de revisão sistemática da literatura e 2) Pesquisa experimental com o procedimento de

simulação.

A revisão sistemática foi conduzida de acordo com o método PRISMA (MOHER et al., 2009), conforme ilustra a Figura 5. Para tanto, adotou-se 3 etapas: planejamento, execução e apresentação dos resultados. O objetivo foi responder a seguinte pergunta: Quais as técnicas e tecnologias estão sendo utilizadas para o georreferenciamento de pessoas?

Figura 5 – Fases da revisão sistemática de acordo com o PRISMA



Fonte: Elaborado pelo autor

Para conduzir a busca, foram escolhidas 3 bases de dados: *Web of Science*, *Scopus* e *IEEE*. A string de busca aplicada foi "Georeferencing"AND "People"AND ("methods"OR "technologies"). Tentou-se incluir a palavra COVID na busca, porém a mesma não trouxe resultados dado que o tema era muito recente na data da revisão sistemática em Maio de 2020. Não foi utilizada nenhuma restrição de data. Essa busca resultou em 18 artigos no *Web of Science*, em 29 artigos no *Scopus* e em 13 artigos no *IEEE*. Destes 60 artigos, 11 foram removidos por serem duplicados e 12 por não possuírem o texto completo para analisar. Após a leitura completa dos artigos, o número foi reduzido para 16 trabalhos que poderiam ajudar a responder as perguntas. O resultado completo encontra-se no Apêndice B. Destes 16, selecionou-se 4 trabalhos relacionados com maior proximidade ao tema e estes são apresentados na seção 3.

Para avaliar se um trabalho era relevante, os critérios avaliados foram se o trabalho tinha o mesmo tema ou se possuía alguma tecnologia de georreferenciamento que poderia agregar ao estudo. O software *Mendeley* foi utilizado para gerenciar os artigos e para fazer a revisão dos mesmos.

A pesquisa experimental busca avaliar se o modelo proposto neste estudo é capaz de georre-

ferenciar pessoas em tempo real. Para a simulação, uma ferramenta foi desenvolvida pelo autor com base na necessidade de simular a utilização do modelo em pontos externos da universidade. Esta ferramenta é configurável e o número de usuários e posições simuladas pode ser alterado. A descrição do desenvolvimento dessa ferramenta pode ser encontrada na subseção 6.1.

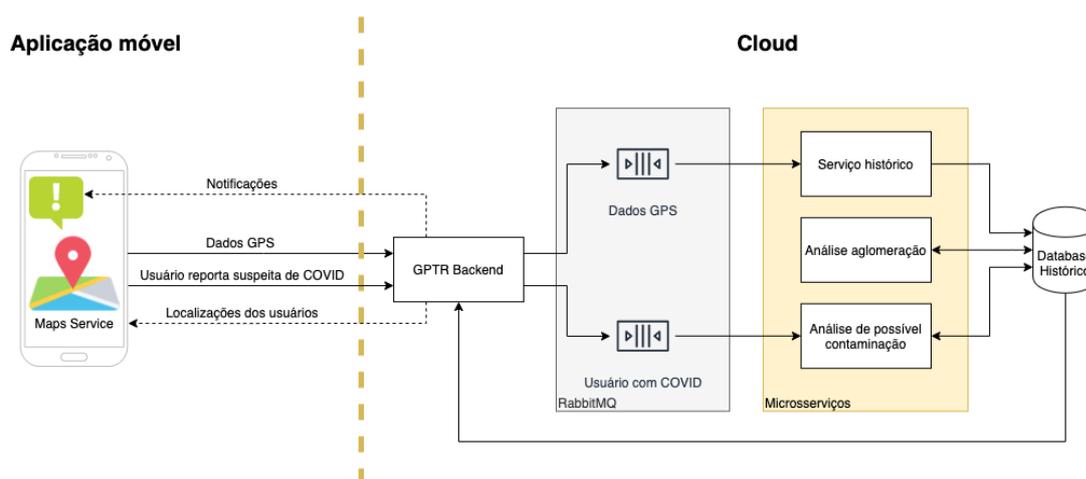
5 MODELO PROPOSTO

Nesta seção são descritos os detalhes da construção do modelo proposto. Primeiramente, é ilustrada a visão geral do modelo. Na sequência, apresenta-se os requisitos do modelo e, por fim, são descritos os detalhes da aplicação móvel desenvolvida, bem como dos outros micro-serviços.

5.1 Visão geral do modelo

A análise dos trabalhos indicou que todos os que utilizam coleta de dados em tempo real fizeram uso de dados coletados por meio dos sensores do smartphone do usuário, como por exemplo o GPS. De acordo com esse fato, esta tecnologia foi utilizada como base para a criação do modelo ilustrado na Figura 6. As outras tecnologias do modelo são descritas a seguir.

Figura 6 – Arquitetura do modelo proposto



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 6, pode-se identificar dois blocos maiores, o da aplicação móvel e da *cloud*. No primeiro, é ilustrada a aplicação que utiliza um serviço de mapas de terceiro e aplica dados de localização dos usuários em tempo real sobre o mapa. Além disso, a aplicação recebe as notificações da aplicação de *Backend* e mostra ao usuário assim que recebidas. A notificação é enviada quando algum usuário com o qual teve contato reporte suspeita de COVID através da

aplicação, que é enviada para a aplicação de *Backend*, que por sua vez redireciona a mensagem ao *RabbitMQ*.

Esta aplicação é responsável também por ler os dados de GPS do dispositivo e enviá-los através de uma mensagem para a aplicação de *Backend*, que por sua vez, redireciona para uma fila do *RabbitMQ* que armazena os dados de GPS. Posteriormente, essa mensagem é lida pelo microserviço responsável pelo histórico. Cada usuário terá um identificador gerado que é utilizado para identificá-lo. Esse identificador é gerado de maneira que o usuário não possa ser rastreado ou que os dados relacionados ao identificador não possam ser rastreados a ele, respeitando a sua privacidade.

A arquitetura *cloud* é baseada em eventos e microserviços, que tem como principal benefício a possibilidade de escalar apenas os serviços que são mais utilizados. Segundo a AWS (2020), microserviços são uma abordagem arquitetural e organizacional para o desenvolvimento de software. Este software é composto de pequenos serviços independentes com uma única função que se comunicam por APIs bem definidas. Por serem criados separadamente, podem ser escalados ou dimensionados de acordo com a necessidade.

Segundo John e Liu (2017), o principal objetivo de utilizar uma arquitetura com um *message broker* é facilitar a construção de arquiteturas descentralizadas, permitindo tolerância a falhas e alta disponibilidade. Existem diversas implementações desse padrão, algumas das mais famosas são Kafka e Advanced Message Queuing Protocol (AMQP). *RabbitMQ* é uma implementação popular do protocolo AMQP, desenvolvida pela *Pivotal* e de código aberto. Segundo a *Pivotal* (2020), é o *message broker* de código aberto mais utilizado. O *RabbitMQ* pode ser usado como *PubSub*, onde um programa produtor envia uma mensagem para uma fila dentro do *RabbitMQ* e um ou mais programas consumidores estariam escutando essa fila esperando por novas mensagens para serem processadas.

No segundo bloco, pode-se observar que os dados serão recebidos e enviados através de mensagens utilizando o software *RabbitMQ*. A aplicação de *Backend* serve como um *middleware* entre a aplicação móvel e o *RabbitMQ*. Duas filas são utilizadas para a troca de mensagens: dados de GPS e de usuários que reportaram COVID. Três microserviços foram criados, cada um com sua respectiva responsabilidade. O serviço de análise de aglomeração consome os dados do banco de dados histórico e procurar possíveis aglomerações em um certo período de tempo. Caso uma aglomeração seja identificada, o serviço persiste no banco de dados e salva uma mensagem de notificação no banco de dados. O serviço histórico é responsável por ler os dados da fila de GPS e persisti-los no banco de dados. O serviço de análise de possíveis contaminações é responsável por ler a fila de usuários que reportaram COVID e consumir os dados históricos para verificar se aquele usuário teve contato com algum outro a fim de notificá-los de um possível contágio.

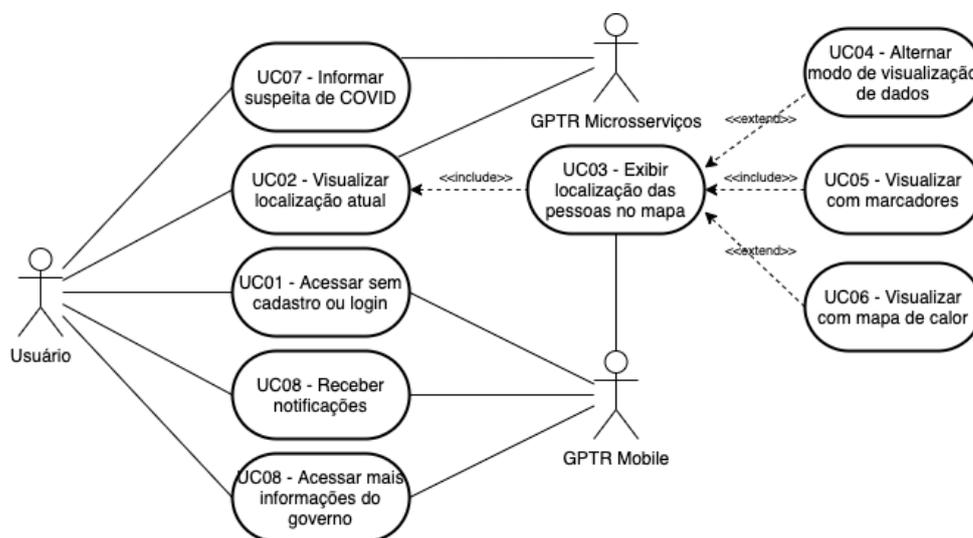
5.2 Requisitos do Modelo

Os requisitos funcionais da aplicação GPTR estão ilustrados na Figura 7. Ao abrir a aplicação pela primeira vez, o usuário precisa dar permissão para que a aplicação monitore a sua localização. A aplicação abre diretamente no mapa, sem necessidade de cadastro ou login (UC01), levando em conta a LPGD descrita na subseção 2.5.

A aplicação mostra a localização do usuário em tempo real (UC02) e a localização de outras pessoas também pode ser visualizada em tempo real no mapa (UC03). O usuário também pode alternar o modo de visualização dos dados (UC04) entre um marcador com o número de pessoas (UC05) ou um mapa de calor (UC06).

O usuário pode informar que está com COVID (UC07) e caso tenha tido contato com alguém que teve COVID e reportou na aplicação, o mesmo irá receber uma notificação (UC08) informando que ele teve contato com alguém que informou a suspeita de COVID e com mais informações sobre a doença e como proceder. O usuário também pode acessar de maneira rápida mais informações do governo sobre o COVID (UC09).

Figura 7 – Requisitos do modelo



Fonte: Elaborado pelo autor

5.3 Aspectos de implementação

O modelo foi desenvolvido utilizando o *framework* React Native (FACEBOOK, 2020). Este *framework* foi escolhido pois o mesmo possibilita o uso em dispositivos móveis como iOS e Android com apenas uma base de código e com as vantagens de uma aplicação nativa, gerando uma melhor experiência para o usuário.

Para desenvolver o mapa, utilizou-se um componente *Open Source* chamado *react-native-*

maps (NPM, 2020a). Este componente utiliza o mapa do Google como provedor e provê uma API para adicionar marcadores, mapa de calor e outros componentes. Este componente também adiciona a posição do usuário, se desejado, com um marcador azul. O marcador na Figura 9 foi desenvolvido com base na API para adicionar o número de usuários no local. A implementação da parte visual do mapa utilizando *React Native* é ilustrada na Figura 8.

Figura 8 – Implementação do mapa em React Native

```

198   return (
199     <View style={styles.container}>
200       <MapView
201         provider={PROVIDER_GOOGLE}
202         style={styles.mapStyle}
203         initialRegion={region}
204         ref={mapRef}
205         showsUserLocation
206         followsUserLocation
207         showsPointsOfInterest
208       >
209         Complexity is 8 It's time to do something...
210         {circles?.map((item, index) => [
211           // Visualização de heatmaps
212           <Heatmap
213             key={item._id}
214             points={circles.map((item) => {
215               return {
216                 latitude: item.center.lat,
217                 longitude: item.center.long,
218                 weight: item.userIds.length,
219               };
220             })}
221           />
222         ) : (
223           // Visualização com marcadores
224           <Marker
225             key={index}
226             coordinate={{
227               latitude: item.center.lat,
228               longitude: item.center.long,
229             }}>
230             <View style={styles.marker}>
231               <Text>{item.userIds.length}</Text>
232             </View>
233           </Marker>
234         )
235       )}
236     </MapView>
237     <FloatingAction actions={actions} onPressItem={handleActionPress} />
238   </View>
239 );

```

Fonte: Elaborado pelo autor

Para monitorar os dados de GPS do usuário utilizou-se a biblioteca *expo-location* (NPM, 2020b) que possui a capacidade de realizar atividades enquanto o aplicativo não está primeiro plano. Além disso possui um método que permite usar uma tarefa a fim de receber atualizações da localização do usuário de maneira assíncrona.

A Figura 9 ilustra os requisitos UC01, UC03 e UC05, onde pode-se ver a localização dos usuários com marcadores no mapa. Este marcador possui o número de usuários localizados naquele ponto. Além disso pode-se ver um botão de menu no topo esquerdo da aplicação e o

botão de mais opções na parte inferior direita.

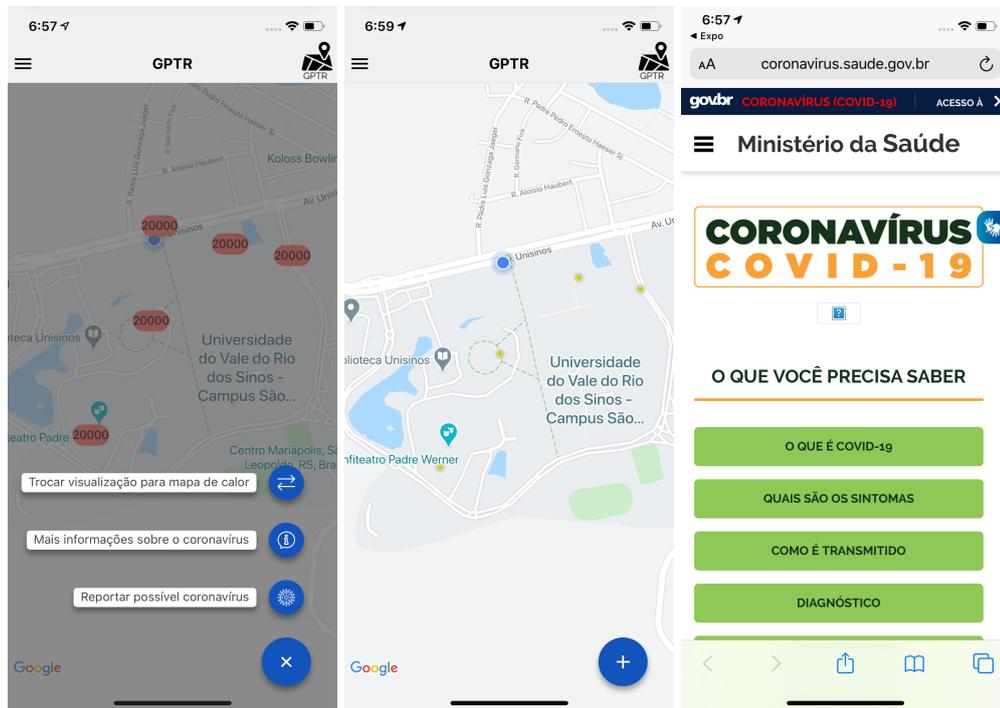
A opção de ter acesso a mais informações do governo (UC08) é ilustrada na Figura 10, juntamente com a de alterar o modo de visualização do mapa (UC04) para a visualização com mapa de calor (UC06).

Figura 9 – Início do mapa com marcadores



Fonte: Elaborado pelo autor

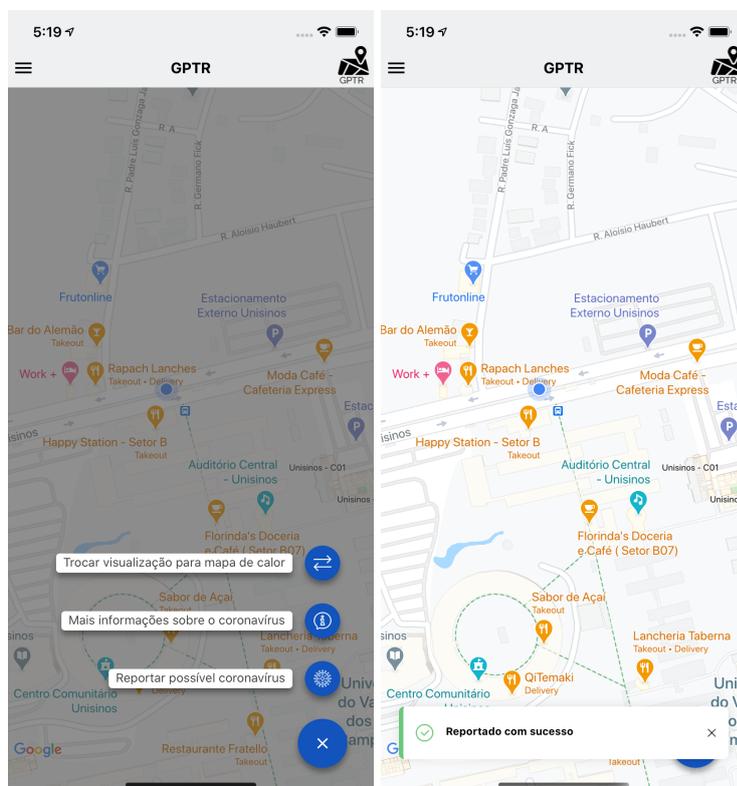
Figura 10 – Mais opções



Fonte: Elaborado pelo autor

O usuário também pode realizar a ação de informar suspeita de COVID (UC07), como ilustrado na Figura 11, e isso irá gerar notificações para todas as pessoas que tiveram contato com este usuário nos últimos 14 dias.

Figura 11 – Reportar COVID



Fonte: Elaborado pelo autor

As notificações podem ser acessadas através do menu lateral e se o usuário tiver tido contato com alguém ele receberá a notificação ilustrada na Figura 21. Caso clique na notificação, o usuário será redirecionado para o portal do governo com mais informações sobre o COVID, como ilustrado na Figura 10.

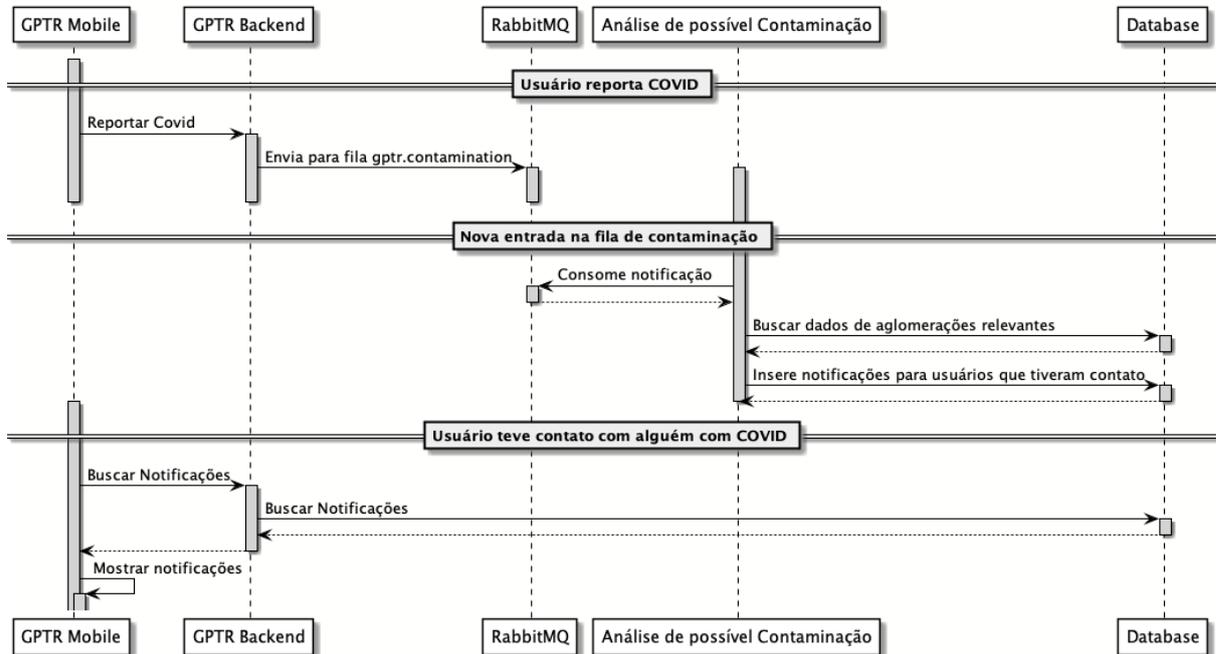
O cenário de notificações pode ser ilustrado de acordo com o diagrama de sequência da Figura 12. Este é dividido em três partes: o usuário reporta COVID, uma nova entrada está disponível na fila de contaminação e quando um usuário teve contato com alguém com COVID.

A fim de reportar que o usuário possui COVID, a aplicação móvel envia uma requisição http para o *backend*, que por sua vez envia uma mensagem para a fila *gptr.contamination* no *RabbitMQ*. Assim que uma nova mensagem é recebida na fila de contaminação, o microsserviço de análise de contaminações, que é um consumidor dessa fila, recebe a mensagem com o identificador do usuário. Com esse identificador, o serviço busca todos os dados de aglomerações no banco de dados relevantes, ou seja, qualquer contato que aquele usuário teve com outras pessoas nos últimos 14 dias. Caso tenha algum retorno, o serviço insere uma entrada de notificação no banco de dados para cada um desses usuários.

Por fim, a aplicação irá buscar as notificações através de uma requisição http para o *backend* com o identificador do usuário, que por sua vez irá verificar se aquele usuário teve alguma notificação no banco de dados nos últimos 14 dias. As notificações então podem ser visualizadas

conforme a Figura 21.

Figura 12 – Diagrama de Sequência: Notificações



Fonte: Elaborado pelo autor

O cenário de monitoramento da localização dos usuários é ilustrado de acordo com o diagrama de sequência da Figura 14. Esse diagrama é dividido em três partes: Monitorar a localização dos usuários, analisar a localização dos usuários e mostrar a localização dos usuários.

O monitoramento da localização dos usuários é feito através do GPS do dispositivo, que é capturado pela aplicação e enviado para o *backend*, que por sua vez envia para a fila *gptr.gps.historical* do *RabbitMQ*. O serviço histórico é um consumidor dessa fila e para cada mensagem recebida, salva uma nova entrada no banco de dados. Parte da implementação deste consumidor pode ser encontrada na Figura 13, onde a mensagem é recebida na linha 13 e uma função é chamada para inserir esta mensagem no banco na linha 15.

A cada 30 segundos o serviço de análise de aglomeração busca essas novas entradas utilizando uma abordagem de delta. A definição do número de pessoas para configurar uma aglomeração e do raio em que elas devem se encontrar são configuráveis através de duas variáveis deste serviço. Para as simulações deste modelo, quaisquer 2 pessoas em um raio de 10 metros foram consideradas como aglomeração. Para realizar esse delta, a última data de requisição é salva no banco de dados e é utilizada para buscar apenas as novas localizações. Após receber o delta das localizações, o serviço busca então usuários que estejam em um raio de no máximo 10 metros e salva essas interações no banco de dados. Importante mencionar que esse raio é configurável através de uma constante no serviço.

Figura 13 – Implementação do consumidor de localização

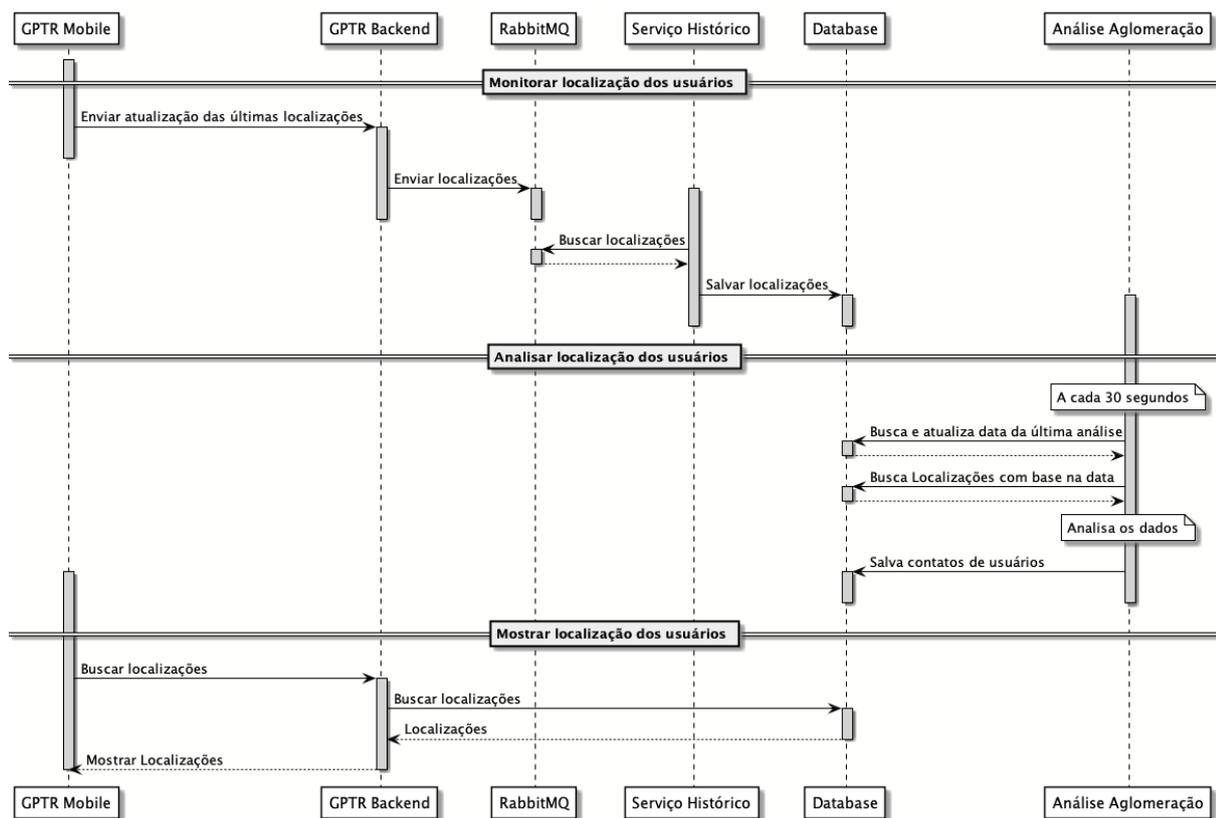
```

Complexity is 4 Everything is cool!
8  const consume = (error, channel) => {
9    if (error != null) {
10     bail(error);
11   }
12   channel.assertQueue(q);
13   channel.consume(q, function (message) {
14     if (message != null) {
15       insertOneLocation(db, JSON.parse(message.content.toString()));
16       channel.ack(message);
17     }
18   });
19 };

```

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 14 – Diagrama de Sequência: Localização



Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, o aplicativo mobile requisita as últimas localizações dos usuários ao *backend* através de uma requisição http, que por sua vez busca esses dados no banco de dados. Atualmente o serviço busca as localizações no últimos 60 segundos, porém este valor também pode ser

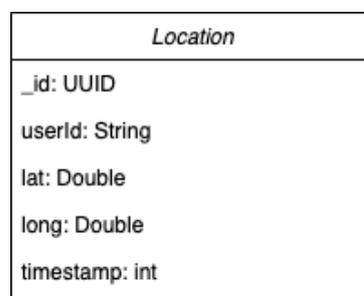
configurado através de uma constante na aplicação móvel. Essas localizações são mostradas ao usuário como na Figura 20.

Para os microsserviços descritos na subseção 5.1 e ilustrados nas Figuras 14 e 12, optou-se por utilizar *Node JS*, um software *Open Source* que funciona como uma *runtime* para aplicações *JavaScript*. Ele é criado com o objetivo de ser leve, escalável e utilizado em sistemas baseados em eventos assíncronos (FOUNDATION, 2020), o que coincide com a ideia do modelo proposto.

O banco de dados escolhido foi o *MongoDB*, que é orientado a documentos, fácil de utilizar, de escalar, e possui uma versão grátis para o uso (MONGODB, 2020). Pelo fato do banco de dados ser orientado a documentos, os diagramas de classes ilustrados nas Figuras 15, 16 e 17 são uma reprodução fiel do banco de dados.

Primeiramente, na Figura 15, ilustra-se a classe de *Location* que guarda os dados históricos de localização dos usuários. Esses dados históricos são criados pelo microsserviço de *Serviço Histórico*. O identificador do usuário é gerado na instalação do aplicativo e apenas o aplicativo sabe esse Id. Com isso, garante-se que esses dados não sejam rastreados para o seu usuário a fim de respeitar a Lei Geral de Proteção de Dados (BRASIL, 2020).

Figura 15 – Diagrama de Classe: Location

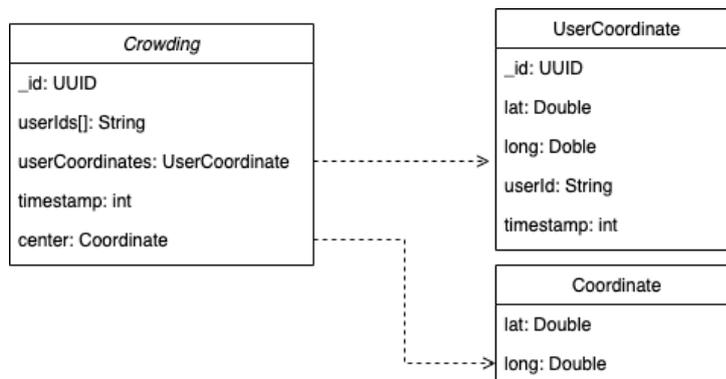


Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, na Figura 16, ilustra-se a classe de *Crowding*, que mantém as coordenadas dos usuários que tiveram contato através da classe *UserCoordinate*, identificadas pelo serviço de *Análise de Aglomeração*, bem como a data e o ponto central do acontecimento.

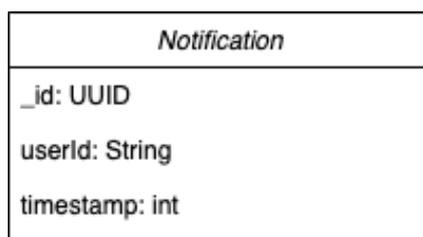
Por fim, na Figura 17, ilustra-se a classe de *Notification*, que guarda as notificações dos usuários que tiveram contato com alguém que estava contaminado com o COVID. Essa classe contém apenas o id do usuário e uma data para que essa informação, bem como a de quem o contaminou, não sejam expostas. O microsserviço de *Análise de Possível Contaminação* é responsável por criar essa entrada de notificação no banco de dados.

Figura 16 – Diagrama de Classe: Crowding



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 17 – Diagrama de Classe: Notification



Fonte: Elaborado pelo autor

6 SIMULAÇÃO E RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os detalhes do cenário da simulação do modelo e seus resultados. Primeiramente, são descritos os detalhes de implementação do simulador, seguido dos cenários e resultados de duas funcionalidades principais. Por fim, apresenta-se a discussão dos resultados.

6.1 Implementação do simulador

Para a realização dos testes de carga, todos os microsserviços, bem como a aplicação móvel, o *RabbitMQ* e o *MongoDB* foram executados localmente. A aplicação móvel foi executada com dois simuladores de dispositivo iOS do *XCode* - iPhone 11 e iPhone 11 Pro.

Desenvolveu-se um *script* utilizando *NodeJS* que é responsável por enviar uma certa quantidade de localizações de usuários simultaneamente para a fila do *RabbitMQ* responsável pelas localizações. Esta quantidade de usuários é controlada através de um arquivo de configuração.

Pode-se também configurar o tempo entre os envios, a quantidade de envios, o número de pontos entre os quais os usuários serão divididos e suas respectivas coordenadas. Essa configuração é ilustrada na Figura 18.

Figura 18 – Configuração do Simulador

```

1 | USERS=100000
2 | REPEAT=100
3 | INTERVAL=15 # Em segundos
4 | POSITIONS=5 # Posições diferentes
5 | BASE_URL=http://localhost:3001
6 | ENDPOINT=/location
7 | # Parada Av. Unisinos
8 | P1_LAT=-29.792219
9 | P1_LONG=-51.154632
10 | # Redondo
11 | P2_LAT=-29.794624
12 | P2_LONG=-51.154883
13 | # Estacionamento D
14 | P3_LAT=-29.792680
15 | P3_LONG=-51.152595
16 | # Parada C
17 | P4_LAT=-29.7929752
18 | P4_LONG=-51.1508082
19 | # Parada E
20 | P5_LAT=-29.7975178
21 | P5_LONG=-51.156621

```

Fonte: Elaborado pelo autor

6.2 Funcionalidade de Monitorar Localização

6.2.1 Cenário

No primeiro cenário, foi escolhido um caso simples de uso para monitorar a localização de usuários na parte externa da Universidade. No caso, um usuário gostaria de pegar um ônibus para retornar para sua residência. O aplicativo GPTR então poderia ser utilizado para verificar qual ponto de ônibus seria mais seguro e quais lugares esse usuário deveria evitar para chegar ao seu destino.

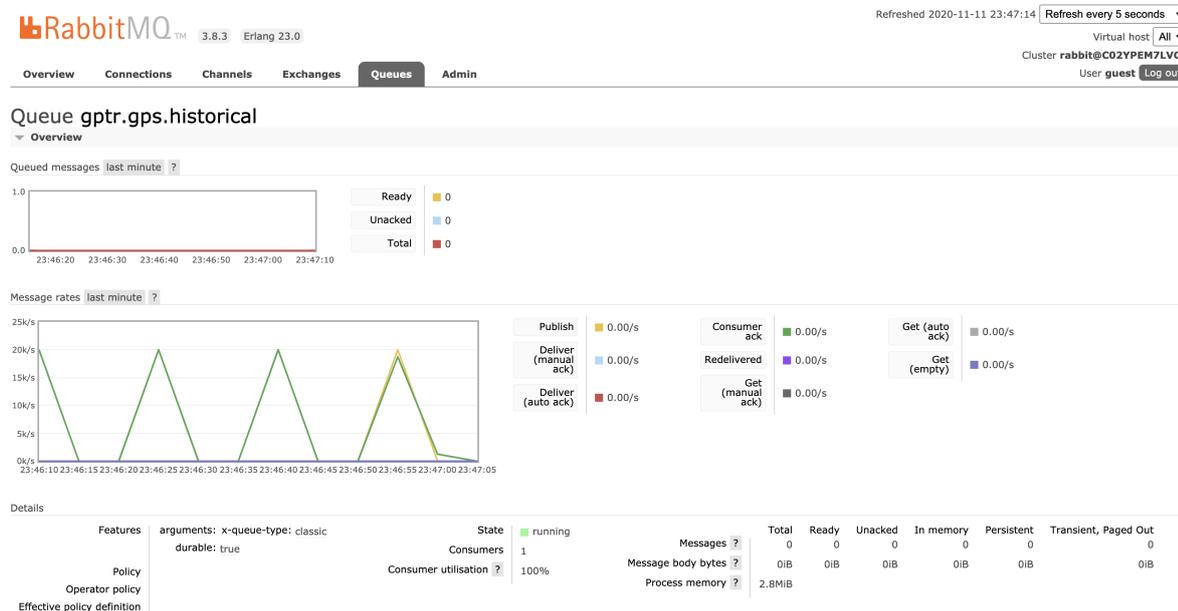
6.2.2 Resultados

Para simular a visualização de dados 100 mil usuários foram configurados para enviar simultaneamente suas localizações, divididas entre 5 pontos da universidade, com um intervalo de 15 segundos entre os envios. Com apenas uma instância de cada microserviço, foi possível monitorar esses 100 mil usuários sem nenhum problema de performance, como pode-se ver na Figura 20, com visualizações em formato de marcadores ou mapa de calor.

A Figura 19 ilustra a fila do *RabbitMQ* de localização durante a simulação. O primeiro gráfico de *Queued messages* mostra que o serviço de consumir as localizações consegue ler na mesma taxa de inserção da simulação, dado que a fila se mantém vazia. No segundo gráfico de *Message rates* podemos ver os valores sendo publicadas e consumidas da fila simultaneamente

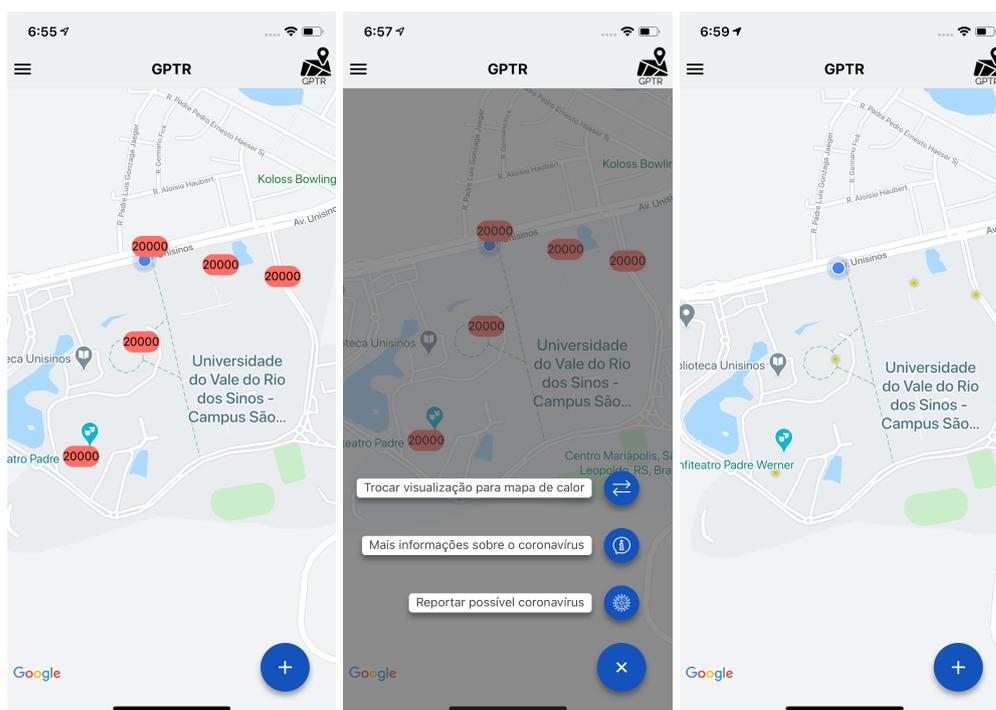
com uma taxa de mensagens de aproximadamente 20 mil por segundo.

Figura 19 – Fila de localização do RabbitMQ durante a simulação



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 20 – Monitoramento de 100 mil usuários



Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no aplicativo GPTR, o usuário pode visualizar sua localização no mapa, juntamente com os pontos de aglomeração e tomar uma decisão de qual ponto é mais seguro. No caso do ponto de ônibus, pode-se perceber que a parada de ônibus em frente a Universidade contém 20 mil usuários, logo, o usuário pode aumentar o *zoom* do mapa e procurar por outra parada que seja mais segura, evitando grandes aglomerações.

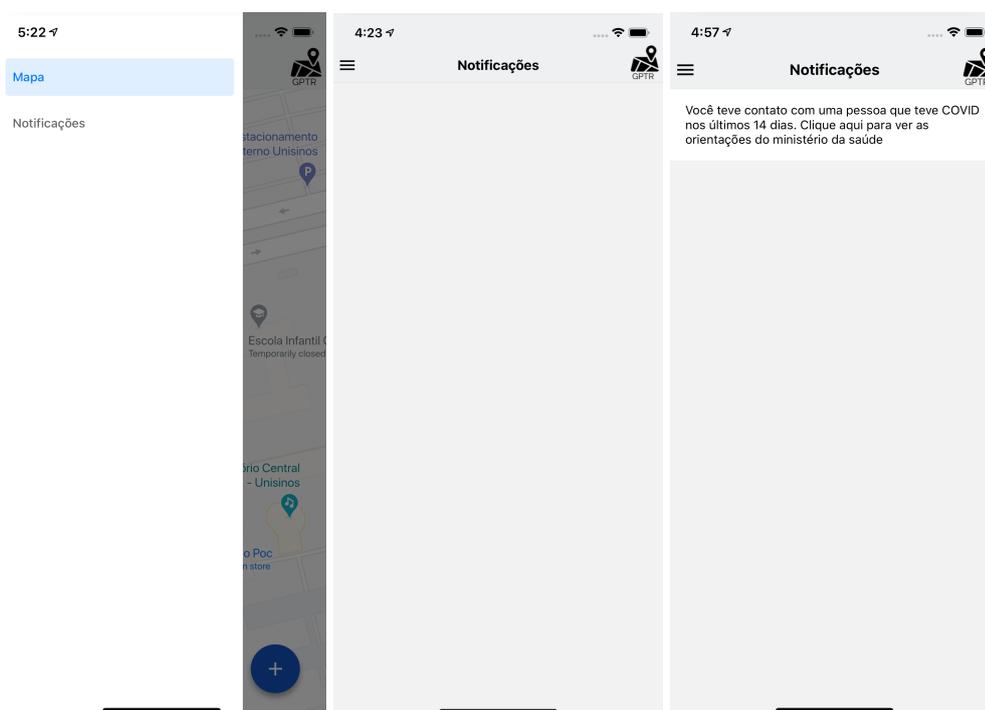
6.3 Funcionalidade de Notificações

6.3.1 Cenário

Neste cenário, o usuário gostaria de saber se teve contato com alguma pessoa que teve COVID nos últimos 14 dias, a fim de evitar a proliferação do vírus.

6.3.2 Notificações

Figura 21 – Notificações



Fonte: Elaborado pelo autor

Para simular as notificações, dois simuladores iOS com a aplicação foram utilizados, ambos utilizando a funcionalidade de simular a localização do dispositivo. Com ambos os dispositivos na mesma localização, foi utilizada a funcionalidade de reportar suspeita de COVID, como ilustrado na Figura 11, para simular um caso real.

Após utilizar a funcionalidade de reportar o COVID, uma notificação foi gerada, como ilustrado no diagrama de sequência da Figura 12. O serviço gera notificações para todas as pessoas que tiveram contato nos últimos 14 dias com o usuário que reportou a notificação, garantindo que os mesmos tomem as devidas precauções para evitar a propagação do vírus.

O usuário que teve contato com quem reportou COVID, pode então visualizar uma notificação que leva a mais informações sobre o COVID e como deveria proceder. O antes e o depois de receber a notificação é ilustrado na Figura 21.

6.4 Discussão dos Resultados

Os resultados atingidos durante a simulação indicam que é possível georreferenciar pessoas em tempo real com o modelo proposto. A simulação realizada com 100 mil usuários simulados foi um sucesso.

Dos trabalhos relacionados o que mais se aproxima é o de Aguilar et al. (2017) que também georreferencia pessoas em tempo real, com a diferença que o trabalho não mostra a localização de outras pessoas, apenas do usuário logado.

Outro diferencial do modelo implementado neste estudo que pode ser destacado em relação aos trabalhos relacionados, disponíveis na seção 3, é a preocupação com a Lei Geral de Proteção de Dados (LPGD), que não foi identificada nos outros trabalhos relacionados. Considerando a situação atual, onde pensar na privacidade dos dados pessoais é de extrema relevância, este modelo se preocupou com a privacidade dos usuários.

7 CONCLUSÃO

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa composta por uma revisão sistemática e uma pesquisa experimental. A revisão sistemática abordou o tema de georreferenciamento de pessoas e contribuiu para identificar as tecnologias e métodos mais utilizados. Verificou-se que quando se trata de tempo real, a abordagem mais utilizada é a criação de aplicativos móveis que utilizam os sensores do dispositivo, na sua maioria smartphones, para georreferenciar pessoas ou lugares.

Com base na revisão sistemática, criou-se um modelo, apresentado na Figura 6 e descrito na seção 5. Este modelo pode servir como base para outros trabalhos que desejam georreferenciar pessoas em tempo real. O modelo foi desenvolvido e sua implementação e simulação estão descritas, respectivamente, na subseção 5.3 e na seção 6. Devido a pandemia, este trabalho não pôde ser avaliado com usuário reais. Através de simulações, observou-se que este modelo é plausível para monitorar pessoas em tempo real.

Como um possível trabalho futuro, esse modelo ainda deve ser experimentado com usuários finais. Mais funcionalidades também podem ser adicionadas ao mapa para facilitar a visualização, como por exemplo, código de cores de acordo com o número de usuários em um certo local.

Pode-se dividir os dados de localização em cidades ou regiões no banco de dados não relacional. Com isso, caso haja a necessidade, a performance do serviço de análise de aglomerações poderia ser melhorada, o tornando responsável por uma menor quantidade de dados. Outros testes também podem ser realizados ao modelo, como por exemplo, um teste de movimentação e de proximidade entre usuários.

Abstract: With the fast evolution of COVID-19, with more than 5 million cases in Brazil, people georeferencing becomes a necessity to contain and monitor the virus propagation. During the systematic review, only one study was found on the topic of people georeferencing and its focus is in other issues than the agglomerations control. With that in mind, this study seeks to propose an architectural model for the problem. This model is intended to serve as a basis for other studies that aim to georefer people in real time for the monitoring and control of situations that have this need. To this end, a systematic literature review was initially carried out in order to identify technologies and methods to be applied in the proposed model. This model was elaborated, developed and finally evaluated through simulation. During development, LPGD was considered and the application does not request any personal data from the user. The model was evaluated with a simulation of 100 thousand users and the results indicate that the model was successful in georeferencing people in real time.

Keywords: People Georeferencing. Agglomeration Control. Ubiquitous And Mobile Computing. Global Positioning System.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, D. S. et al. Georeferenced application for location and rescue of people with disabilities in risk zones of cotopaxi volcano. **2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies, CHILECON 2017 - Proceedings**, [S.l.], v. 2017-Janua, p. 1–6, 2017.
- AWS. **What are microservices?** Disponível em: <<https://aws.amazon.com/microservices/>>. [Online; Acesso em: 3 de Julho de 2020].
- BALSA-BARREIRO, J. et al. Geo-referencing naturalistic driving data using a novel method based on vehicle speed. **IET Intelligent Transport Systems**, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 190–197, 2013.
- BLOCKFORCE. **Desvitalize**. Disponível em: <<https://desvitalize.org/>>. [Online; Acesso em: 14 de Abril de 2020].
- BRASIL, G. do. **Lei geral de proteção de dados**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13709.htm> .[Online; Acesso em : 04 de Novembro de 2020].
- CAI, G.; TIAN, Y. Towards geo-referencing infrastructure for local news. **Proceedings of the 10th Workshop on Geographic Information Retrieval, GIR 2016**, [S.l.], p. 1–10, 2016.
- DAVIS, C. A.; FONSECA, F. T. Assessing the certainty of locations produced by an address geocoding system. **GeoInformatica**, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 103–129, 2007.

- DENG, X. et al. Geospatial Big Data: new paradigm of remote sensing applications. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, [S.l.], v. 12, n. 10, p. 3841–3851, 2019.
- EL-RABBANY, A. **Introduction to gps: the global positioning system**. [S.l.]: Artech House, 2002. (Artech House mobile communications series).
- FACEBOOK, I. **React native**. Disponível em: <<https://reactnative.dev/>>. [Online; Acesso em: 10 de Novembro de 2020].
- FAIZ, S.; KRICHEN, S. **Geographical information systems and spatial optimization**. [S.l.]: CRC Press, 2012.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. [S.l.]: Oficina de Textos, 2018.
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2011. 128 p.
- FOUNDATION, O. **Nodejs: sobre**. Disponível em: <<https://nodejs.org/en/about/>>. [Online; Acesso em: 03 de Novembro de 2020].
- JARDINI, M. G. et al. Geotechnology application upon a Brazilian hydroelectric plant to determine ambient impacts and environmental restrictions. **2013 IEEE Grenoble Conference PowerTech, POWERTECH 2013**, [S.l.], 2013.
- JOHN, V.; LIU, X. A Survey of Distributed Message Broker Queues. , [S.l.], 2017.
- LIU, K. et al. Adaptive Re-weighted Block Adjustment for Multi-Coverage Satellite Stereo Images without Ground Control Points. **IEEE Access**, [S.l.], v. 7, p. 112120–112130, 2019.
- LOPES, S. I. et al. RnMonitor: a webgis-based platform for expedite in situ deployment of iot edge devices and effective radon risk management. In: 2020. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2020. n. Isc2, p. 451–457.
- MAJUMDER, S. S. et al. Reduction of livelihood risk for River Bank erosion affected villagers. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives**, [S.l.], v. 40, n. 8, p. 1433–1436, 2014.
- MATSUI, T.; TAMURA, K.; KITAKAMI, H. Location-based burst detection algorithm for georeferenced document streams based on user's moving direction. **2013 IEEE 6th International Workshop on Computational Intelligence and Applications, IWCIA 2013 - Proceedings**, [S.l.], p. 57–62, 2013.
- MIERZEJOWSKA, A.; POMYKOŁ, M. Calibration of raster image using GIS class software-Accuracy analysis. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, [S.l.], v. 261, n. 1, 2019.
- MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the prisma statement. **BMJ (Online)**, [S.l.], v. 339, n. 7716, p. 332–336, 2009.
- MONGODB, I. **Documentação do mongodb**. Disponível em: <<https://docs.mongodb.com/manual/>>. [Online; Acesso em: 03 de Novembro de 2020].

NIKIEL, S.; KUPAJ, M. Pocket geocoder - A proposition of GPS-based tagging system for digital photography. **2008 Conference on Human System Interaction, HSI 2008**, [S.l.], p. 532–535, 2008.

NPM, I. **React native maps**. Disponível em: <<https://www.npmjs.com/package/react-native-maps>>. [Online; Acesso em: 05 de Novembro de 2020].

NPM, I. **Expo location**. Disponível em: <<https://www.npmjs.com/package/expo-location>>. [Online; Acesso em: 05 de Novembro de 2020].

OMS. **Coronavirus disease (covid-19) dashboard**. Disponível em: <<https://covid19.who.int/>>. [Online; Acesso em: 04 de Novembro de 2020].

OMS. **Coronavirus disease (covid-19) advice for the public**. Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>>. [Online; Acesso em: 04 de Novembro de 2020].

PERILLA, G. A.; MAS, J. F. High-resolution mapping of protected agriculture in Mexico, through remote sensing data cloud geoprocessing. **European Journal of Remote Sensing**, [S.l.], v. 52, n. 1, p. 532–541, 2019.

PINTO, M. O. K. M. et al. Profile of American tegumentary leishmaniasis in transmission areas in the state of Minas Gerais, Brazil, from 2007 to 2017. **BMC Infectious Diseases**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 1–9, 2020.

PIVOTAL. **Rabbitmq community**. Disponível em: <<https://www.rabbitmq.com/community>>. [Online; Acesso em: 3 de Julho de 2020].

PRANDI, C. et al. Walking with Geo-Zombie: a pervasive game to engage people in urban crowdsourcing. **2016 International Conference on Computing, Networking and Communications, ICNC 2016**, [S.l.], p. 12–16, 2016.

RICE, M. T. et al. Supporting Accessibility for Blind and Vision-impaired People With a Localized Gazetteer and Open Source Geotechnology. **Transactions in GIS**, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 177–190, 2012.

ROULO, C. **What on earth is the global positioning system?** Disponível em: <<https://www.defense.gov/Explore/Features/story/Article/1674004/what-on-earth-is-the-global-positioning-system/>>. [Online; Acesso em: 06 de Novembro de 2020].

SEBRAE. **Conheça lgpd**. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/canais_dicionais/conheca_lgpd> .[Online; Acesso em : 05 de Novembro de 2020].

SEGATA, J. O Aedes aegypti e o digital. **Horizontes Antropológicos**, [S.l.], v. 23, n. 48, p. 19–48, 2017.

SILVAN, M. **Geoprocessamento**: uma introdução. [S.l.]: Mark Silvan, 2019.

SIMANCA, F. A. et al. Development of an APP for the functional referencing of the population with visual disability: test case integrated public transport system (sitp), bogotá. In: IBERIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES, CISTI, 2019. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2019. v. 2019-June, n. June, p. 19–22.

SINGAPORE, G. of. **Tracetgether**. Disponível em: <<https://www.tracetgether.gov.sg/>>. [Online; Acesso em: 14 de Abril de 2020].

UFRGS. **Aplicativo mostra dados da covid-19 em porto alegre por unidade de notificação**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/ufrgs/noticias/aplicativo-mostra-dados-da-covid-19-de-porto-alegre-por-unidade-de-notificacao>>. [Online; Acesso em: 14 de Abril de 2020].

VAN LAERE, O. et al. Georeferencing wikipedia documents using data from social media sources. **ACM Transactions on Information Systems**, [S.l.], v. 32, n. 3, 2014.

Lista de abreviaturas e siglas

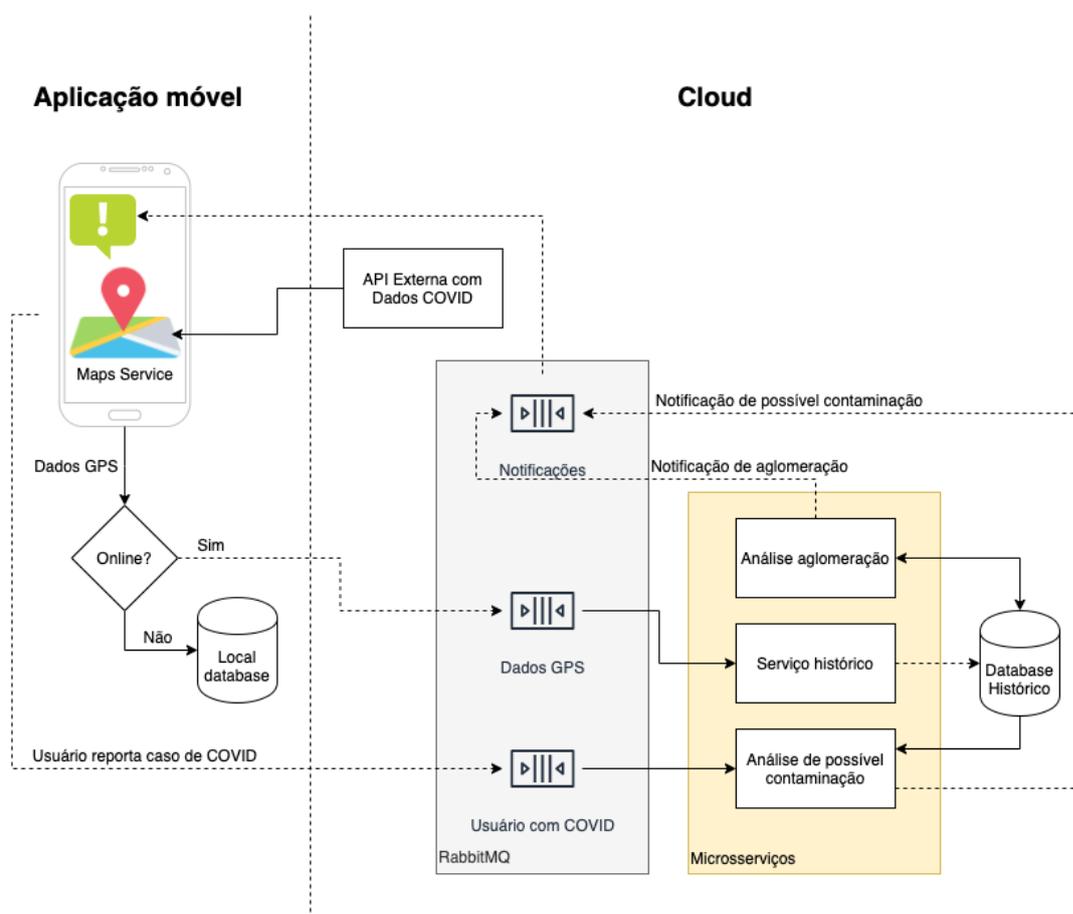
- AMQP** Advanced Message Queuing Protocol. 11, 31
- GCI** Geocoding certainty indicator. 32
- GCPs** Ground Control Points. 34
- GDS** Georeferenced Document Stream. 32
- GPS** Sistema de Posicionamento Global. 2, 3, 6, 8, 10, 11, 30–33
- IoT** Internet das coisas. 8, 34
- LPGD** Lei Geral de Proteção de Dados. 1, 2, 6, 7, 12, 19, 24, 25
- LTA** Leishmaniose tegumentar americana. 35
- OMS** Organização Mundial de Saúde. 1
- RS** Sensoriamento Remoto. 2–4, 6, 32, 34
- SATSCAN** software for the spacial, temporal, and the space-time scan statistics. 8, 34
- SIG** Sistema de Informação Geográfica. 2, 4, 5, 32, 35
- SVM** Support Vector Machine. 33
- VGI** Volunteered geographic information. 7, 32

APÊNDICE A – MODELO PROPOSTO NO TCC1

A análise dos trabalhos indicou que todos os que utilizam coleta de dados em tempo real fizeram uso de dados coletados por meio dos sensores do smartphone do usuário, como por exemplo o GPS. De acordo com esse fato, esta tecnologia foi utilizada como base para a criação do modelo ilustrado na Figura 22.

A principal alteração do modelo proposto inicialmente foi a criação de um serviço de *backend* para servir como a interface entre a aplicação móvel e os serviços. Outro ponto modificado foi a maneira como as notificações seriam tratadas. Para que as notificações fossem acessadas somente pelo usuário seria necessário a criação de filas para cada um dos usuários. A fim de evitar isso, as notificações foram salvas no banco de dados, e o serviço de *backend* busca apenas as notificações do usuário. Com relação a API externa com dados de COVID, não foi encontrada nenhuma API confiável com dados oficiais e, por não ser diretamente relacionada ao tema deste trabalho, foi excluída do modelo final.

Figura 22 – Arquitetura do modelo proposto



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 22, pode-se identificar dois blocos maiores, o da aplicação móvel e da *cloud*. No

primeiro, é ilustrada a aplicação que utilizará um serviço de mapas de terceiro e aplicará dados externos de casos de COVID sobre o mapa. Além disso, a aplicação vai escutar a fila de notificações e emití-las quando identificar que o usuário está em contato com muitas pessoas no mesmo ambiente, constituindo uma aglomeração, ou quando alguma pessoa com a qual ela teve contato reportar um caso de COVID. Esta aplicação será responsável também por ler os dados de GPS do dispositivo e enviá-los através de uma mensagem para uma fila do *RabbitMQ* que armazena os dados de GPS, que posteriormente serão lidos pelo microsserviço responsável pelo histórico. Caso o dispositivo esteja offline, os dados serão armazenados no dispositivo até que o mesmo esteja online novamente e possa enviar para a fila. Cada usuário terá um identificador gerado que será utilizado para identificá-lo. Em nenhum momento esse identificador será relacionado com algum dado sensível que possa identificar o usuário, respeitando sua privacidade.

A arquitetura *cloud* será baseada em mensageria e microsserviços, que tem como principal benefício a possibilidade de escalar apenas os serviços que serão mais utilizados. Segundo a AWS (2020), microsserviços são uma abordagem arquitetural e organizacional para o desenvolvimento de software em que o software é composto de pequenos serviços independentes com uma única função que se comunicam por APIs bem definidas e por serem criados separadamente, podem ser escalados ou dimensionados de acordo com a necessidade.

Segundo John e Liu (2017), o principal objetivo de utilizar uma arquitetura com um *message broker* é facilitar a construção de arquiteturas descentralizadas, permitindo tolerância a falhas e alta disponibilidade. Existem diversas implementações desse padrão, algumas das mais famosas são Kafka e Advanced Message Queuing Protocol (AMQP). *RabbitMQ* é uma implementação popular do protocolo AMQP, desenvolvida pela *Pivotal* e de código aberto. Segundo a *Pivotal* (2020), é o *message broker* de código aberto mais utilizado. O *RabbitMQ* pode ser usado como *PubSub*, onde um programa produtor envia uma mensagem para uma fila dentro do *RabbitMQ* e um ou mais programas consumidores estariam escutando essa fila esperando por novas mensagens para serem processadas.

No segundo bloco, pode-se observar que os dados serão recebidos e enviados através de mensagens utilizando o software *RabbitMQ*. Inicialmente três filas serão utilizadas para a troca de mensagens: notificações, dados de GPS e de usuários que reportaram COVID. Três microsserviços serão criados, cada um com sua respectiva responsabilidade. O serviço de análise de aglomeração irá consumir os dados do banco de dados histórico e procurar possíveis aglomerações em um certo período de tempo. Caso uma aglomeração seja identificada, o serviço irá persistir no banco de dados e enviar uma mensagem para a fila de notificações. O serviço histórico será responsável por ler os dados da fila de GPS e persisti-los no banco de dados. O serviço de análise de possíveis contaminações é responsável por ler a fila de usuários que reportaram COVID e consumir os dados históricos para verificar se aquele usuário teve contato com algum outro a fim de notificá-los de um possível contágio.

APÊNDICE B – QUADRO DE ARTIGOS

Quadro 2 – Principais aspectos dos artigos analisados

Trabalho	Problema	Abordagem	Tecnologias	Tempo real	Experimento
Davis e Fonseca (2007)	Georreferenciar endereços	Uso de uma fórmula para calcular GCI	SIG	Não	Sim
Nikiel e Kupaj (2008)	Geolocalização de imagens digitais	Incluir dados do GPS na imagem	SIG	Não	Sim
Rice et al. (2012)	Acessibilidade para pessoas com deficiência visual	Uso de dados voluntários através da voz com dados de georreferencia	VGI, Google Maps API e PostGIS	Sim	Sim
Jardini et al. (2013)	Determinar impactos e restrições ambientais em uma hidrelétrica	Uso de RS e SIG para auxiliar em planejamento e tomada de decisões	SIG e Sensoriamento Remoto (RS)	Não	Sim
Balsa-Barreiro et al. (2013)	Reconhecer os padrões de direção de um condutor	Uso de uma coleção de dados de sensores com pré-processamento para apresentar utilizando SIG	Diversos sensores e SIG	Não	Sim
Matsui, Tamura e Kitakami (2013)	Georreferenciar documentos postados em mídias sociais	Uso do algoritmo de <i>Burst</i> em <i>tweets</i> com georreferencia	Twitter API e GDS	Não	Sim

Trabalho	Problema	Abordagem	Tecnologias	Tempo real	Experimento
Van Laere et al. (2014)	Georreferenciar documentos da Wikipédia utilizando dados de redes sociais	Uso de datasets do Flickr, Twitter e Wikipédia para treinar um modelo a fim de georreferenciar documentos da Wikipédia	Modelos de Inteligência artificial (Classificadores Bayesianos e SVM)	Não	Sim
Majumder et al. (2014)	Remapear e distribuir áreas férteis para agricultura em uma região	Utilização de mapas e imagens de satélites com ArcGIS	ArcGIS	Não	Sim
Cai e Tian (2016)	Modelo de georreferenciamento para notícias locais	Análise de notícias locais contra um dicionário geográfico e uma série de regras heurísticas	GeoAnnotator, Nominatim e LocusRecommender	Não	Sim
Prandi et al. (2016)	Engajar pessoas para coletar dados de georreferencia urbanos sobre acessibilidade	Uso de <i>crowdsourcing</i> para mapear acessibilidade urbana através de um jogo mobile	IoT, Google Maps API e dados dos sensores do celular (GPS, acelerômetro e giroscópio)	Sim	Sim
Aguilar et al. (2017)	Uso de georreferencia para localizar e resgatar pessoas com deficiência em zonas de risco	Aplicativo móvel que monitora as coordenadas GPS das pessoas e identifica possíveis zonas de risco indicando rotas seguras	Google Maps, MapMaker e GPS	Sim	Sim

Trabalho	Problema	Abordagem	Tecnologias	Tempo real	Experimento
Segata (2017)	Georreferenciar zonas de risco com o mosquito <i>Aedes aegypti</i>	Cruzamento de número de ovos encontrados com os números de casos e respectivos endereços para georreferenciar áreas de risco	SATSCAN	Não	Sim
Liu et al. (2019)	Georreferencia de imagens de satélite sem GCPs para melhorar performance	Uso de um modelo matemático para criar e ajustar pontos ponderados de controle virtuais	Sensoriamento Remoto	Não	Sim
Simanca et al. (2019)	Georreferenciar o sistema público de transporte de Bogotá para guiar deficientes visuais	Criação de aplicativo móvel com acesso aos dados de sistema de transporte público	Google Maps	Sim	Sim
Lopes et al. (2020)	Monitorar a presença do gás radônio	Notificações através do monitoramento utilizando sensores em dispositivos, salas e prédios	IoT, Lo-RaWAN, Geoserver e Grafana	Sim	Não

Trabalho	Problema	Abordagem	Tecnologias	Tempo real	Experimento
Pinto et al. (2020)	Avaliar o risco de transmissão de LTA em Minas Gerais, Brasil	Uso de georreferenciamento aplicado em dados estatísticos para identificar perfis de transmissão de LTA em Minas Gerais	SIG (QGIS Geographic System)	Não	Sim

Fonte: Elaborado pelo Autor