

Desenvolvimento de app para monitoramento de filas de um instituto oftalmológico

Development of an app to monitor queues at an ophthalmological institute

Desarrollo de app para monitorear colas en un instituto oftalmológico

Recebido: 09/11/2022 | Revisado: 20/11/2022 | Aceitado: 22/11/2022 | Publicado: 29/11/2022

Alysson dos Santos Bomfim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3641-3619>
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil
E-mail: alyssonbonfim98@gmail.com

Thiago Magalhães Amaral

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3642-5054>
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil
E-mail: thiago.magalhaes@univasf.edu.br

Ricardo Argenton Ramos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9688-719X>
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil
E-mail: ricardo.aramos@univasf.edu.br

Resumo

Os apps na área da saúde, conhecidos como m-health, se mostraram importantes ferramentas para gestão dos sistemas produtivos de saúde, principalmente com o aumento na demanda por estes serviços. Logo, este estudo tem o objetivo desenvolver um app para o monitoramento de filas em um instituto de oftalmologia localizado na região do Vale do São Francisco. O trabalho seguiu as etapas de prototipação com Figma, análise dos processos, desenvolvimento do app com Flutter/Dart e Firebase e avaliação da gestão da versão alfa. A avaliação foi baseada na escala MARS, a qual obteve a dimensão “funcionalidade” com maior pontuação (3,75) e “estética” como a mais baixa (3,0). A qualidade geral avaliada foi dada como satisfatória (3,70), acima da pontuação aceitável recomendada (3,0). Conclui-se que foi possível desenvolver um app utilizando conhecimentos e técnicas de Engenharia de Software e de Gerenciamento de Filas.

Palavras-chave: Gestão hospitalar; Saúde digital; Inovação; Saúde; Engenharia de Software.

Abstract

Applications in the health area, known as these m-health, are important accessories for the management of productive systems, especially with the increase in demand for health services. Therefore, this study aims to develop an application for monitoring queues in an ophthalmology institute located in the São Francisco Valley region. The work performed as prototyping steps with Figma, analysis of the application development with Flutter/Dart and Firebase and evaluation of the management of the alpha version. The evaluation was based on the MARS scale, which obtained the dimension “functionality” with the highest evaluation (3.75) and “aesthetics” as the lowest (3.0). The overall quality was indicated as (3.70), above recommended (3.70). It is concluded that it was possible to develop an application using knowledge and techniques of Software Engineering and Queue Management.

Keywords: Hospital management; Digital health; Innovation; Health; Software Engineering.

Resumen

Las aplicaciones en el área de la salud, conocidas como m-health, han demostrado ser herramientas importantes para la gestión productiva de los sistemas de salud, especialmente con el aumento de la demanda de estos servicios. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo desarrollar una aplicación para monitorear las colas en un instituto de oftalmología ubicado en la región del Valle de São Francisco. El trabajo siguió los pasos de prototipar con Figma, analizar los procesos, desarrollar la app con Flutter/Dart y Firebase y evaluar el manejo de la versión alfa. La evaluación se basó en la escala MARS, que obtuvo la dimensión “funcionalidad” con la puntuación más alta (3,75) y “estética” la más baja (3,0). La calidad global evaluada se consideró satisfactoria (3,70), por encima de la puntuación aceptable recomendada (3,0). Se concluye que fue posible desarrollar una aplicación utilizando conocimientos y técnicas de Ingeniería de Software y Gestión de Colas.

Palabras clave: Gestión de hospitales; Salud digital; Innovación; Salud; Ingeniería de software.

1. Introdução

Os smartphones se tornaram itens indispensáveis, transformando o dia-a-dia das pessoas e dos negócios, executando desde a criação de checklists, até processamento de pagamentos bancários e transações de compra (Laudon & Laudon, 2014, p.

5). Com a alta disponibilidade de celulares ativos, o mercado de aplicativos móveis, conhecidos também como apps, apresentou crescimento significativo durante a pandemia da COVID-19 (Briskman, 2020). A demanda crescente por aplicativos aliada à adoção de ecossistemas tecnológicos nos negócios propiciou o surgimento de apps para atender as mais diversas necessidades, resolvendo problemas com graus de complexidade cada vez mais elevados (Desmet et al., 2021).

Os aplicativos móveis de saúde, conhecidos como mobile health, m-health application ou simplesmente m-health, são utilizados como tecnologias de comunicação e integração, possuindo a capacidade de conectar informações entre as mais diversas áreas da saúde, tal como englobar várias instituições em um mesmo sistema (Hilty et al., 2019). Esses aplicativos podem ser importantes ferramentas de informação, atuando desde o combate à disseminação de doenças infecciosas, como monitoramento de casos da COVID-19 na Inglaterra (Varsavsky et al., 2020) e na China (Zhou et al., 2021), até a gestão de leitos hospitalares (Gomes, 2019).

Outro ponto de atuação dos apps na área de saúde é o gerenciamento de filas de espera por atendimento. O tempo que o paciente passa esperando para ser atendido no local tem impacto direto na sua satisfação (Nottingham et al., 2018). Com os conceitos de gerenciamento de filas é possível desenvolver sistemas que monitoram o fluxo de entrada e saídas de pacientes, em busca da otimização da prestação de serviço (Souza et al., 2019). Devido às longas esperas, a busca das instituições pela diminuição do tempo aguardando em filas por atendimento, favorece o surgimento de aplicativos como ferramentas para melhorar a satisfação de seus clientes (Usman et al. 2020).

Contudo, a resolução de problemas organizacionais através de software consiste basicamente em quatro etapas, contemplando desde a definição do problema, identificação das soluções, escolha da melhor solução, e por fim, a implementação da solução (Laudon & Laudon, 2014). Para isso, a Engenharia de Software é a área que busca fornecer as técnicas e ferramentas necessárias para a construção de uma aplicação de forma profissional, a fim de garantir a sua qualidade, sustentabilidade e manutenibilidade (Sommerville, 2011). Uma das formas de levantar e validar os requisitos é através da prototipagem. O processo de prototipação consiste na elaboração de uma versão inicial e funcional do sistema de software, onde é possível demonstrar conceitos, fazer experimentos, descobrir problemas e suas principais soluções (Sommerville, 2011; Laudon & Laudon, 2014; Kronbauer & Pereira, 2021).

Assim, este estudo tem como propósito atender a uma instituição que participa do Lócus de Inovação em Saúde em Petrolina-PE. O problema de pesquisa foi constatado durante um workshop de inovação em saúde, que aconteceram nos dias 8, 9 e 10/07 de 2021, com a participação de representantes de cada um dos hospitais e instituições envolvidos no consórcio. Durante o workshop foi percebido que o maior problema do instituto estava relacionado com a necessidade de se melhorar a gestão do serviço através da otimização de informações de filas de atendimento dos usuários.

A instituição já possui um sistema de gestão no qual é realizado todas as operações de atendimento de pacientes. Entretanto, seus pacientes ainda enfrentam longos períodos de esperas em filas por atendimento. Durante a oficina de Design Thinking realizada no workshop, e através de visitas feitas ao local, foram elencadas as principais dores dos pacientes da organização. A principal queixa observada foi a demora para ser atendido. Para solucionar tal problema, a equipe sugeriu uma ferramenta que possibilitasse ou facilitasse o acesso a informações à pacientes referentes ao processo de atendimento. A ferramenta escolhida foi um aplicativo móvel para smartphones. Dessa forma, a gestão da instituição gostaria de utilizar as informações contidas no seu sistema atual, e ao mesmo tempo, melhorar a interação do cliente com o seu serviço.

A espera está presente em diversas situações no cotidiano das pessoas, bem como nas organizações. Em serviços, no entanto, o custo da espera não pode ser medido explicitamente, onde se faz necessário uma observação por parte do cliente e do prestador do serviço (Fitzsimmons & Fitzsimmons, 2014). Para os clientes, as longas esperas em filas podem causar sentimentos negativos como ansiedade, aborrecimento ou tédio (Nottingham et al., 2018). Por outro lado, para as empresas, as longas esperas podem resultar em perdas de vendas, seja por desistência por parte dos clientes, ou seja, por insatisfação com o serviço

(Fitzsimmons & Fitzsimmons, 2014).

O estudo das filas também abrange a análise quantitativa dos processos de chegada, buscando informações acerca do desempenho do atendimento, tal como o tempo médio de espera, tempo médio de atendimento, ou a probabilidade de encontrar o sistema ocioso ou lotado (Lim et al., 2014). Além disso, a busca das instituições pela diminuição do tempo de espera de pacientes em filas por atendimento, favorece o surgimento de aplicativos como ferramentas para melhorar a satisfação de seus clientes. Segundo o estudo realizado por Usman et al. (2020) em hospitais no sul da Nigéria com 221 pacientes, 40% alegaram o longo tempo de espera como causa da insatisfação, seguido da má atitude dos funcionários (33,3%) e falta de profissionais (26,7%). Mesmo com a existência de aplicativos que podem ser utilizados no gerenciamento dos tempos de espera em filas de atendimento, ainda é necessário a investigação de modelos que se adequem às diferentes características de cada hospital (Souza, 2016; Gomes, 2019).

Para a especialidade de oftalmologia, o desenvolvimento de aplicativos ainda é recente. Entretanto, algumas aplicações móveis já estão sendo desenvolvidas para dar auxílio aos profissionais em atividades, como por exemplo, a detecção de estrabismo (Mesquita et al., 2021). Ademais, outras aplicações estão sendo usadas com enfoque em facilitar o acesso às informações e aos cuidados oftalmológicos (Aghazadeh et al., 2019; Rono et al., 2021). O desenvolvimento de aplicativos para área de saúde possui o intuito de trazer benefícios não somente para os seus profissionais, mas buscam sanar problemas do seu público de pacientes, comprometendo-se em oferecer-lhes assistência com melhor qualidade (Varsavsky, 2020; Zhou et al., 2021; Gomes, 2019). Contudo, o desenvolvimento de Mobile apps e seus processos ainda são pouco abordados pela comunidade de pesquisa, onde se faz necessário também a investigação da prática adotada pelo mercado, bem como suas aplicações em modelos de negócios distintos (Jabangwe et al., 2018).

Na oftalmologia, os apps têm buscado fornecer aos especialistas ferramentas que permitam o auxílio no diagnóstico de algumas doenças. Com imagens feitas no próprio smartphone, já é possível através de aplicativos, detectar problemas como estrabismo, e prevenir precocemente doenças mais graves como a ambliopia, uma das principais causadoras da perda de visão em crianças e adolescentes (Mesquita et al., 2021). Em trabalhos realizados no Japão para avaliar o desempenho de aplicativos móveis na detecção da doença do olho seco, observou-se que essas aplicações encontraram altos níveis de indícios da doença, em 66,7% das participantes do estudo (Uchino et al., 2018).

O Myopia App tem auxiliado no monitoramento e prevenção de miopia em adolescentes, através da medição do tempo de uso do celular e da distância da face do usuário com a tela, bem como a medição da luminosidade do ambiente (Enthoven et al., 2021). Similarmente, o Alleye Application, também tem ajudado no automonitoramento da doença ocular de degeneração macular associada à idade, e consegue alertar os profissionais responsáveis pelo paciente em caso de agravamento (Schimid, 2019). Esses aplicativos têm se baseado no desenvolvimento de tecnologias, como Internet das Coisas, Inteligência Artificial e conexão 5G, e que conseguem propor soluções para problemas das diferentes especialidades da oftalmologia (Li et al., 2021).

Conforme as gerações vão envelhecendo, cresce a necessidade de fornecer informações sobre a saúde oftalmológica para esse público, uma vez que em indivíduos de idade mais avançada, a adesão por tecnologias seja menor (Aghazadeh et al., 2019). Com isso, alguns aplicativos têm sido criados para integrar informações sobre pacientes, profissionais e serviços. Na gestão de filas, aplicações com suporte ao mobile conseguem gerar algoritmos inteligentes para gestão de tempo de espera de pacientes, além de integrar o suporte operacional dos serviços e o planejamento e alocação de recursos (Soman et al., 2020).

Aplicativos como Walk-Away, têm permitido maior flexibilidade aos clientes que esperam por longos períodos em filas, em que passam a ocupar um lugar em uma fila digital, e podem até deixar o local de prestação de serviço de acordo com suas necessidades (Aizan et al., 2019). O Zero Queue Managment System possibilita aos usuários a facilidade para realizar pagamentos de forma online, tal como permite a marcação e cancelamento de visitas ao hospital, além de fornecer consultas dos nomes de pacientes em listas de espera (Thirupathieswaran et al., 2021). Já é possível também fazer o uso de informações

espaciais com o uso de Global Positioning System (GPS) em apps, para fazer o monitoramento do tempo de espera em filas em tempo real (Alsaeed & Alhazm, 2019).

Este trabalho está estruturado em quatro seções, sendo a primeira abordando o com o contexto do problema, justificativa e objetivos do estudo. Na segunda, será abordada a metodologia da pesquisa, seguida dos resultados e discussões. A última seção deste trabalho mostrará a conclusão e sugestão de trabalhos futuros. Em vista disso, o objetivo principal desse estudo é desenvolver um app para monitorar filas em um instituto especializado em oftalmologia localizado na região do Vale do São Francisco. Ademais, o trabalho também engloba o desenvolvimento do protótipo e a validação da versão alfa do app pela gestão da instituição.

2. Metodologia

2.1 Procedimentos Técnicos da Pesquisa

O presente estudo se trata de uma pesquisa aplicada através de pesquisa participante, pois o desenvolvimento inclui o autor principal deste trabalho (Gil, 2017). Também se trata de um estudo de caso realizado em um instituto oftalmológico localizado na região do Vale do São Francisco, com abordagem quali-quantitativa e de natureza descritiva (Gil, 2017). Para o desenvolvimento do protótipo e da primeira versão do aplicativo (versão alfa), foram reunidas informações acerca do processo de atendimento e do Workshop de Inovação em Saúde a partir da implantação da oficina de Design Thinking. Para isso, foram realizadas visitas ao local, bem como perguntas a funcionários e fornecedores da empresa. Assim, foi possível fazer o mapeamento do macroprocesso para basear os requisitos do app.

O levantamento dos tempos de espera e de atendimento, bem como das distribuições de cada etapa do processo, foi feita através de dados fornecidos pela equipe de Tecnologia da Informação (TI) do instituto. Os dados das filas de uma semana de atendimentos do mês de junho de 2022 foram utilizados para calcular o tempo médio de esperas e as funções de probabilidade, totalizando uma amostra de 1431 registros. Os dados foram tratados utilizando-se a ferramenta Excel®. Para obter as funções de distribuição dos tempos entre chegadas das filas e dos tempos de atendimento, utilizou-se os dados tratados anteriormente. Com a ferramenta Input Analyzer, integrante do pacote do software de modelagem Arena® - versão estudante, foi possível encontrar a adequação da melhor distribuição de probabilidade dos dados.

Foi utilizado um questionário com questões pré-definidas para um representante da gestão do instituto de oftalmologia, como indica o protocolo de estudo de caso (Martins, Mello & Turrioni, 2014). O questionário serviu apenas para validação sobre as funcionalidades do aplicativo em sua versão alfa, contendo perguntas somente sobre o mesmo. A versão alfa traz a condição de avaliação do software antes de ser amplamente difundida, no qual é disponibilizada somente a um pequeno grupo de usuário, e geralmente não contém todos os recursos (Google, 2021). Essa versão inicial do aplicativo foi submetida à avaliação através do questionário direcionado a um representante da gestão da organização. O motivo da escolha deve-se ao fato de o gestor estar ligado diretamente às operações do call-center, do setor de tecnologia e de atendimentos no instituto.

Os tópicos de avaliação foram baseados no Mobile App Rating Scale (MARS), ou escala de avaliação de aplicativos móveis, desenvolvida por Stoyanov et al. (2015). Essa escala foi desenvolvida de forma multidisciplinar, englobando conceitos de experiência de usuários, conceitos técnicos específicos, interação de usuários com computadores e literatura de aplicativos móveis para saúde. Ela consiste, em sua forma original, de uma escala de 5 pontos (1 - inadequado, 2 - ruim, 3 - aceitável, 4 - bom, 5 excelente) para cada questão, somando 23 questões divididas em 5 seções. Cada seção representa um indicador para a avaliação do aplicativo. Para este estudo foi utilizada a escala MARS adaptada. Logo a questão sobre credibilidade referente à loja de aplicativos não foi incluída, pois trata-se de uma versão inicial não disponibilizada ao público.

2.2 Ferramentas

Figma é uma plataforma online e gratuita criada em 2011, focada em design de interfaces e de prototipagem de alta fidelidade (Figma, 2021), sendo utilizada para o desenvolvimento dos requisitos do protótipo. Foi utilizada para o levantamento dos requisitos e elaboração do protótipo do aplicativo.

Para a elaboração do aplicativo móvel foi utilizado o framework Flutter, que se trata de um compilado de ferramentas de Interface de Usuário (UI) da Google. Dentro do Flutter, os aplicativos são desenvolvidos utilizando a linguagem de programação Dart, e se trata de uma linguagem orientada a objetos que utiliza como base a sintaxe das linguagens C e JavaScript (Flutter, 2021).

Firebase é um Back-end as a Service (BaaS) da Google, que mantém um kit de ferramentas de back-end, que se tratam de recursos que executam operações e realização de tarefas por trás da interface da aplicação. Nele estão inclusos os serviços de banco de dados, armazenamento em nuvem, autenticação e vários outros serviços. Ele foi utilizado como base de dados para o desenvolvimento do app.

Para a construção do aplicativo foram utilizadas diversas ferramentas e softwares, todos gratuitos, compondo todo o ambiente de desenvolvimento. Assim, foram utilizados:

- Android Studio versão 3.0 ou superior com plugins Flutter e Dart inseridos;
- Emulador Android pelo Android Studio;
- Smartphone com sistema operacional Android.

2.3 Método

Através do Figma foi possível criar o aspecto visual das telas do aplicativo. Também foi possível elaborar a sequência de funcionamento e as relações entre as funcionalidades. Os requisitos foram discutidos e analisados pelos envolvidos do projeto. Com o protótipo aprovado pela gestão do instituto, foi iniciada a fase de desenvolvimento do app em linguagem de código. Através da Android Studio com os plugins do Flutter e Dart devidamente instalados, foram sendo criadas as telas de acordo com o protótipo. O feedback do desenvolvimento das telas foi fornecido em tempo real através do emulador do Android Studio.

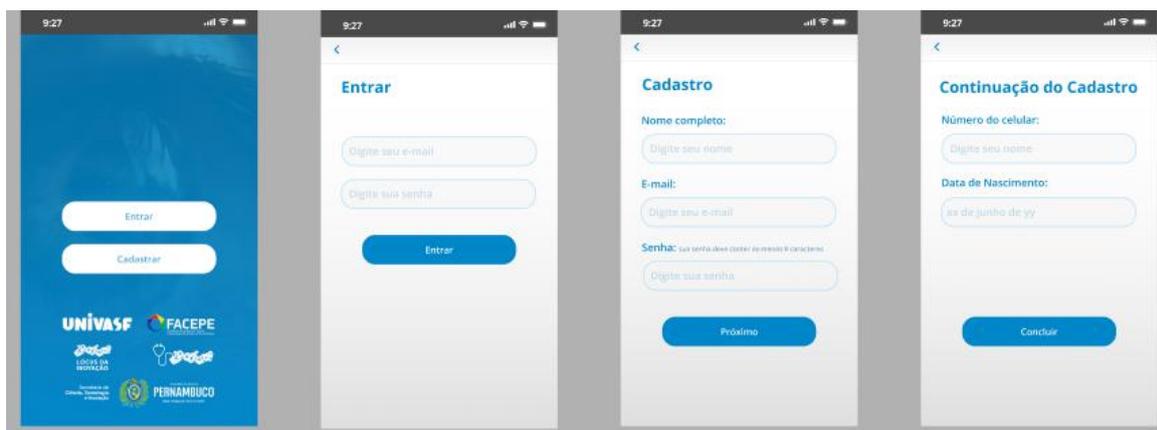
O banco de dados da aplicação foi construído através do console do Firebase, onde pode-se criar a estrutura de coleções de documentos. Toda a integração do app com o Firebase foi realizado via API, a qual inclui todas as funcionalidades de autenticação do usuário. Por fim, foi gerado um arquivo no formato APK - *Android Application Pack* e instalado em um dispositivo smartphone Android testado e submetido a avaliação da gestão.

3. Resultados e Discussão

3.1 Levantamento de requisitos e prototipagem

As telas do protótipo foram criadas seguindo a sequência de utilização do app, adequando-se às prioridades elencadas especificamente para o projeto (Jabangwe, Edison & Duc, 2018). Logo, as primeiras são as telas inicial, de cadastro dos usuários, *login* e continuação do cadastro conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Telas Inicial, de Cadastro e de *login* no software Figma.



Fonte: Autores (2022).

Posteriormente, foi desenvolvida a tela principal, em que o usuário poderia escolher qual funcionalidade ele acessaria. Entre essas funcionalidades estão o agendamento de consultas, *check-in* no local, consulta de histórico, ouvidoria, canal de atendimento, *chatbot*, preenchimento de ficha e o “esperômetro”. Na parte de agendamento, o paciente deve possuir acesso à agenda disponível de marcação dos médicos. Os médicos cadastrados no sistema, aparecem para o usuário, que pode escolher um dos horários disponíveis para agendar seu atendimento. A Figura 2 mostra as telas de faça seu agendamento, busque por um médico e de disponibilidade de agendamento no Figma.

Figura 2 - Telas de agendamento, busque por um médico e de agendamento no Figma.



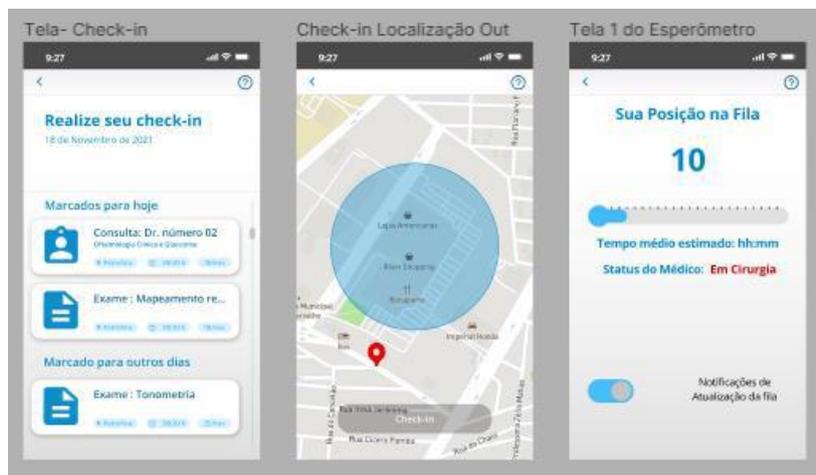
Fonte: Autores.

A Figura 2 mostra de forma lúdica como selecionar um médico e fazer um agendamento em poucos cliques, o que pode resultar numa maior facilidade para o paciente ao agendar uma consulta com seu médico. A tela de *check-in* é onde o usuário-paciente faz a entrada na fila eletrônica do sistema, sem a necessidade de pegar uma ficha “física”. Essa funcionalidade só pode ser utilizada com a permissão de um usuário-funcionário do instituto ou por cruzamento das localidades do dispositivo com a do instituto, possibilitando maior flexibilidade no registro de entrada de pacientes como no estudo desenvolvido por Aizan *et al.* (2019).

A funcionalidade “esperômetro” é uma das principais funcionalidades do *app*, pois atua diretamente na experiência do usuário com a consulta, fornecendo informação acerca do quanto tempo o paciente está esperando, evitando o desencadeamento

de sentimentos negativos (Usman *et al.*, 2020). O “esperômetro” deve atuar como um medidor, ou “termômetro”, do tempo de espera na fila. Além disso, o aplicativo deve registrar os momentos de chegada e de transição entre filas dos processos. A Figura 3 mostra as telas de consultas marcadas, check-in, esperômetro e fale conosco.

Figura 3 - Telas de consultas marcadas, *check-in*, esperômetro e fale conosco.



Fonte: Autores.

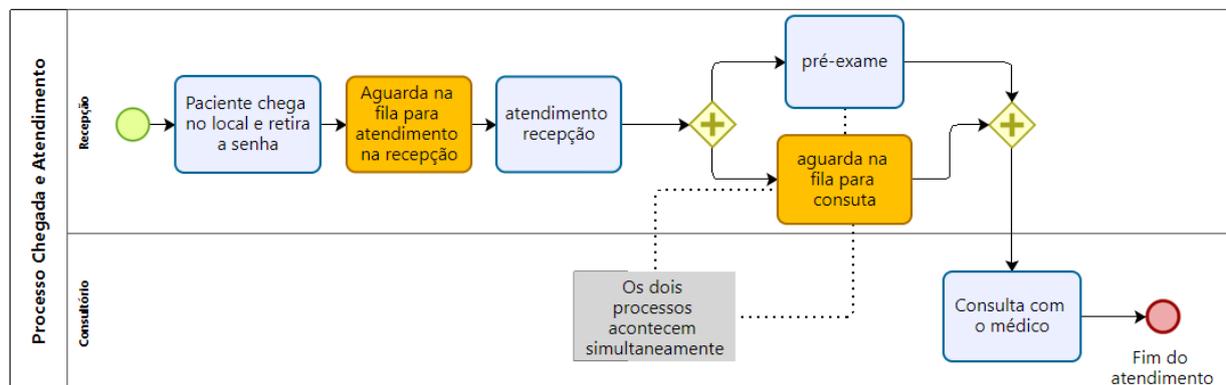
A Figura 3 mostra ainda o geoposicionamento do cliente através da ativação do seu GPS e a posição na fila com um tempo médio. O protótipo foi apresentado à gestão do instituto para validar os requisitos ou sugerir alterações, conforme o modelo de prototipação incremental proposto por Sommerville (2011) e Pressman (2011). A validação final pela gestão busca garantir o bom direcionamento do projeto, evitando insatisfação por parte dos beneficiados pelo *app*, como orientado por Ghazali *et al.* (2019) e Anu *et al.* (2018).

3.2 Estudo sobre as filas de espera do instituto

3.2.1 Etapas do Processo de Atendimento

O fluxograma da sequência de atividades envolvidas no macroprocesso de atendimento é exibido na Figura 4, que baseou o entendimento das regras de negócio para o desenvolvimento do *app*.

Figura 4 - Etapas do Macroprocesso de atendimento.



Fonte: Autores (2022).

A Figura 4 mostra que o processo inicia com a chegada de pacientes (população demandante), onde são retiradas as senhas para a primeira fila de espera. Como observado no fluxograma do processo, existe a formação de duas filas. A primeira trata da população demandante que chega para se consultar, independente de qual médico que irá atendê-lo. Essa fila se destina às primeiras tratativas do atendimento na recepção, como checagem da autorização do convênio, pendências cadastrais e pagamentos. Nessa fila, o regime é o FCFS – *First Comes First Served* (primeiro que chega, primeiro a ser atendido), seguindo regras de prioridade para pacientes com condições especiais, como idosos e gestante e casos de emergência (Fitzsimmons & Fitzsimmons, 2014).

Após ser atendido em um dos guichês da recepção, o paciente aguarda os procedimentos necessários antes do exame/consulta, como dilatação da pupila ou exame de auto-refração. Em seguida, o paciente é encaminhado para a fila de espera para aguardar pelo o atendimento médico. O processo se encerra com o fim do atendimento, o qual o paciente sai do sistema. A elaboração do mapeamento converge com a ideia de Meridji *et al.* (2019), onde deve-se verificar de forma mais criteriosa as condições de operação do *software*.

3.2.2 Análises de processos de chegada e configuração da fila

Através dos dados sobre as filas, fornecidos pela equipe de TI do instituto, foi possível calcular o tempo entre chegadas em cada etapa do processo de atendimento. Os dados foram tratados, e os tempos entre chegadas foram calculados para as filas de atendimento na recepção e atendimento no consultório médico. Na Tabela 1 contém um exemplo do cálculo realizado com 5 amostras dos registros de chegadas. Os dados foram separados por dia e por turno. O cálculo foi realizado para todos os registros coletados, que não está mostrado na tabela.

A partir dos tempos entre chegadas calculados, foram inseridos no *Input Analyzer*. A ferramenta faz a adequação da distribuição comparando o erro quadrático de cada uma delas. A distribuição cujo o erro quadrático for menor em comparação com as demais, será a função de probabilidade mais adequada. O *Input Analyzer* também fornece os coeficientes dessas funções possibilitando a sua replicação para uma análise mais aprofundada.

Tabela 1 - Exemplo de cálculo do tempo entre chegadas.

chegada	hora da chegada	tempo entre chegadas	tempo entre chegadas (min)
Paciente 1	08:09:14	00:00:00	0,00
Paciente 2	08:18:50	00:09:36	9,60
Paciente 3	09:02:28	00:43:38	43,63
Paciente 4	09:05:43	00:03:15	3,25
Paciente 5	10:31:44	01:26:01	86,02

Fonte: Autores.

Da mesma forma, os tempos de atendimentos foram calculados utilizando a subtração entre o horário final de atendimento pelo horário inicial. A Tabela 2 exemplifica como os tempos foram calculados. O cálculo foi realizado para todos os registros e inseridos da ferramenta do *Input Analyzer* para os processos de atendimento na recepção e no consultório médico.

Tabela 2 - Exemplo do cálculo de tempo de atendimento.

chegada	hora de início do atendimento	hora de término de atendimento	tempo de atendimento	tempo de atendimento (min)
Paciente 1	08:20:25	08:26:39	00:06:14	6,23
Paciente 2	08:31:43	08:46:03	00:14:20	14,33
Paciente 3	09:11:15	09:19:54	00:08:39	8,65
Paciente 4	09:29:59	09:40:29	00:10:30	10,50
Paciente 5	10:39:52	11:01:40	00:21:48	21,80

Fonte: Autores.

A Tabela 3 mostra as funções de probabilidades encontradas para as suas respectivas atividades. Segundo Fitzsimmos e Fitzsimmos (2014), empiricamente a distribuição dos tempos entre chegadas e de atendimento seguem uma distribuição exponencial, caracterizada pelo grande volume de chegadas nos intervalos tempos menores. No entanto foi observado uma distribuição beta, que apresenta comportamento semelhante.

Tabela 3 - Funções de Distribuição de probabilidades das etapas do processo.

Processo	Distribuição	Equação
Chegada Recepção	Beta	$f(x) = \frac{103x^{0,512-1}(1-x)^{3,43-1}}{\frac{\Gamma(0,512)\Gamma(3,43)}{\Gamma(0,512+3,43)}}, \quad 0 \leq x \leq 1$
Atendimento Recepção	Log-normal	$f(x) = \frac{e^{\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - 3,73}{6,13}\right)^2\right]}}{6,13x\sqrt{2\pi}}, \quad x > 0$
Chegada Consulta	Beta	$f(x) = \frac{163x^{0,601-1}(1-x)^{6,53-1}}{\frac{\Gamma(0,601)\Gamma(6,53)}{\Gamma(0,601+6,53)}}, \quad 0 \leq x \leq 1$
Atendimento Consulta	Exponencial	$f(x) = \begin{cases} 7,53e^{-7,53x}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$

Fonte: Autores.

3.2.3 Cálculo do tempo médio de espera por profissional

Com os dados históricos de uma semana de atendimento, coletados do sistema, obteve-se o resultado dos tempos médios de espera para cada médico da unidade. O tempo de espera médio foi calculado através do *Excel*® segmentado para cada profissional da unidade, para então ser cadastrado no banco de dados do aplicativo, e assim servir como o parâmetro de tempo de espera estimado de espera na fila do “esperômetro” do aplicativo. A Tabela 4 exibe os tempos médios de espera por médico.

Tabela 4 - Tempos médios de espera por médico.

Nome	Tempo médio de espera na fila (min)	Nome	Tempo médio de espera na fila (min)
Médico 01	18,75	Médico 11	16,37
Médico 02	19,00	Médico 12	21,13
Médico 03	19,11	Médico 13	19,21
Médico 04	21,41	Médico 14	17,00
Médico 05	20,20	Médico 15	20,12
Médico 06	19,12	Médico 16	18,54
Médico 07	19,33	Médico 17	21,09
Médico 08	19,64	Médico 18	18,09
Médico 09	17,80	Médico 19	20,11
Médico 10	24,81	Médico 20	24,96

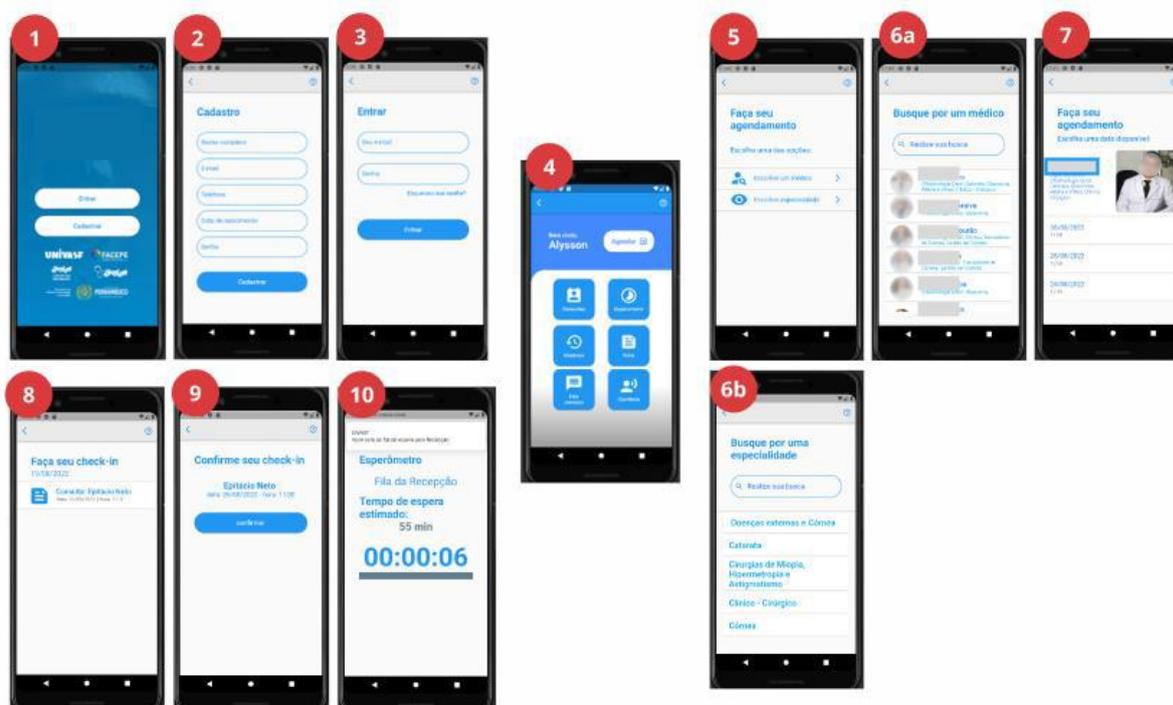
Fonte: Autores (2022).

3.3 Construção do aplicativo em linguagem de código

A equipe de desenvolvimento foi formada inicialmente por 4 discentes da Univasf, finalizando a primeira versão com 2 discentes, sendo um do curso de engenharia de produção e outro da engenharia de computação. Para o gerenciamento de atividades foi feita uma lista baseada nos requisitos do aplicativo, seguindo a sequência do protótipo. No entanto, priorizou-se algumas funcionalidades consideradas essenciais para o funcionamento do app, e que deveriam estar na primeira versão:

Autenticação, cadastros de novos usuários, marcação de consultas, check-in e “esperômetro”. Dessa forma, as telas desenvolvidas para a primeira versão são mostradas na Figura 5.

Figura 5 - Telas do Aplicativo em Flutter.



Fonte: Autores.

A Tabela 5 descreve as funcionalidades de cada tela mostradas na Figura 5.

3.4 Aplicação Mars versão alfa

Para a primeira avaliação do *app*, considerou-se a versão para a Android com as funcionalidades de cadastro, autenticação, marcação de consultas, *check-in* e *esperômetro*. A MARS foi aplicada a um representante da gestão do instituto, fornecendo um arquivo APK da primeira versão, onde foi possível fazer a instalação do *app* diretamente no celular, sem necessidade da loja de aplicativos. Os dados foram resumidos através da ferramenta de formulários *on-line* do Google. Cada um dos eixos da MARS representa um aspecto da qualidade do aplicativo:

Tabela 5 - Funcionalidades do aplicativo.

nº da tela	funcionalidade	nº da tela	funcionalidade
1	tela inicial	6b	tela com filtro de busca por especialidade
2	tela de cadastro	7	tela de marcação de atendimento
3	tela de <i>login</i>	8	tela de consultas marcadas
4	tela menu principal	9	tela de <i>check-in</i> de chegada no local
5	tela de opção de busca para marcação de consultas	10	Tela do “esperômetro”
6a	tela sem filtro de buscas		

Fonte: Autores.

- **Engajamento:** Avalia a capacidade de entretenimento do *app*, tal como a capacidade de gerar interesse no usuário. Também avalia a possibilidade de customização das configurações, a interatividade com o usuário e se o conteúdo é apropriado para o público-alvo;
- **Funcionalidade:** Avalia a facilidade de aprendizado do uso da aplicação, bem como sua lógica de navegação entre as funcionalidades através dos botões e gestos;
- **Estética:** Fornece itens para avaliar todo o design gráfico do aplicativo, incluindo o seu esquema de cores, estilos, consistência e *layout*;
- **Informação:** Avalia a qualidade das informações fornecidas, como medidas, *feedback* e a credibilidade das referências utilizadas;
- **Qualidade subjetiva:** Avalia se o *app* possui potencial para ser recomendado, ser utilizado novamente, se pagariam para usá-lo, e sua qualidade geral.

Como ferramenta de avaliação da qualidade do aplicativo (MARS) é possível sintetizar os tópicos de maneira objetiva, sem a necessidade de uma comparação entre dois cenários de expectativa e percepção. Tal diferença pode ser observada no estudo de Baldo et al. (2015) com o modelo de Aceitação de Tecnologia (*Technology Acceptance Model -TAM*) aplicada no estudo de desenvolvimento de um m-health de nutrição.

O eixo de avaliação que obteve a menor média para o aplicativo foi o de Estética, com 3,0 pontos na escala. A dimensão com maior média de avaliação foi a de funcionalidade, com 3,75 pontos, seguido pela dimensão de informações (3,5). Nos trabalhos de Messner et al. (2020) e Mandracchia et al. (2020) utilizando a escala MARS, foi possível notar comportamento semelhante, com a “funcionalidade” e “informações” com pontuações mais altas. Nessas dimensões está inserido os quesitos referentes ao desempenho, usabilidade, e qualidade de informações relevantes ao usuário. A Tabela 6 mostra de forma resumida a avaliação da gestão sobre o App baseado na MARS.

Tabela 6 - Avaliação da gestão sobre o App baseado na MARS.

Tópicos de avaliação	Média
Engajamento	3,20
Funcionalidades	3,75
Estética	3,00
Informações	3,50
Total Qualidade do App	3,40

Fonte: Autores.

O desenvolvimento de aplicativos móveis para a gestão da informação na saúde, destaca a possibilidade da integralização de um maior número de pacientes, e visa uma melhor articulação dos sistemas de saúde para oferecer maior qualidade nos cuidados (Mbuthia *et al.*, 2021). Nesse sentido, os *apps* atuam como ferramentas de gestão de processos dentro dos sistemas produtivos de saúde, otimizando tempos de espera, reduzindo custos e aumentando a satisfação dos pacientes (Souza, 2016; Gomes, 2019).

4. Conclusão

Diante do exposto no trabalho, foi possível aplicar técnicas de desenvolvimento de software aliado a princípios de estudo de filas. Dessa forma, foi possível desenvolver uma aplicação mobile para dispositivos Android para monitorar as filas de esperas de pacientes em um instituto de oftalmologia. O modelo de desenvolvimento baseado na prototipação se mostrou relevante ao estudo, pois orientou todas as etapas seguintes da transformação em linguagem de código. Além disso, possibilitou a investigação do processo do objeto de estudo e a aplicação de conceitos de áreas distintas, como de gerenciamento de filas.

A escala MARS se mostrou consistente para a avaliação de versões iniciais, como a alfa, confirmando seu potencial de uso na fase de desenvolvimento para qualidade de software, como proposto por Stoyanov *et al.* (2015). O estudo também mostrou ser viável a construção de softwares orientados à solução de problemas da área de gestão de serviços, bem como evidenciar como o embasamento teórico pode ser operacionalizado através de tecnologias de programação.

Como limitações deste trabalho, podem-se destacar: o número de amostras inferior a um mês, o que poderia interferir em diferentes tempos de médios de processamento; a avaliação do MARS apenas com o responsável do setor administrativo, visto a necessidade de incluir a percepção dos pacientes e outros usuários (como médicos e assistentes) para melhorar a adequação do software aos requisitos levantados na etapa da prototipagem; o curto intervalo para elaboração do software, o qual será continuado pelo Lócus de Inovação com novos alunos bolsistas até a entrega da versão beta de teste para o instituto de oftalmologia.

Para trabalhos futuros, sugere-se aplicar a avaliação com a MARS com um maior grupo de usuários, especialmente pacientes, especialmente na versão Beta. Outro ponto a ser explorado é o levantamento dos requisitos da interface com o operador-funcionário da organização que realizará as rotinas do sistema. Por sua vez, o “esperômetro” pode ser recriado utilizando tecnologias de back-end mais robustas do que Flutter/Dart, propiciando cálculos mais complexos e mais acurados da previsão do tempo de espera para fornecer informações aos gestores em tempo real. Além disso, os próximos estudos podem verificar o impacto do app nos tempos de espera e atendimento. Por fim, pode-se averiguar também como o “esperômetro” pode influenciar na satisfação dos serviços prestados pelo instituto de oftalmologia. Quanto ao aplicativo, espera-se fornecê-lo de forma livre e registrá-lo junto ao órgão competente.

Agradecimentos

Agradecemos à Facepe de Pernambuco pelo apoio financeiro dado ao projeto, assim como ao Instituto por ter disponibilizado os dados para fins de pesquisa.

Referências

- Aghazadeh, H., Crump, T., Tennant, M. & Weis, E. (2019). Use of mobile health (mHealth) technologies in ophthalmology patients in Alberta. *Canadian Journal of Ophthalmology*, 54(2), 164-170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcjo.2018.05.010>.
- Aizan, A. L., Mukhtar, A. Z., Bashah, K. A. A., Ahmad, N. L. & Mohd, M. K. A. (2019). 'Walk-Away' Queue Management System Using MySQL and Secure Mobile Application. *Journal of Electrical Power and Electronic Systems*. 1 (1), 12.
- Alsaeed, W. & Alhazmi, K. (2019). An Intelligent Spatial-Based Queue Management System. *IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (Csde)*, <http://dx.doi.org/10.1109/csde48274.2019.9162412>.
- Anu, V., HU, W., Carver, J. C, Walia, G. S & Bradshaw, G. (2018). Development of a human error taxonomy for software requirements: a systematic literature review. *Information and Software Technology*. 103, 112-124, <http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2018.06.011>.
- Baldo, C., Zanchim, M. C., Kirsten, V. R. & Marchi, A. C. B. de. (2015) Diabetes Food Control – Um aplicativo móvel para avaliação do consumo alimentar de pacientes diabéticos. *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde*, 9(3), 0-20. <http://dx.doi.org/10.29397/reciis.v9i3.1000>.
- Briskman, J. (2020). Sensor Tower's Q2 2020 Data Digest: Global App Ecosystem Sets New Record with 37.8 Billion Downloads. <https://sensortower.com/blog/q2-2020-data-digest>.
- Desmet, D., Maerkedahl, N. & Shi, P. (2017). Adopting an ecosystem view of business technology. McKinney, <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/adopting-an-ecosystem-view-of-business-technology>.
- Enthoven, C. A., Polling, J. R., Verzijden, T., Tideman, J. W. L., Al-jaffar, N., Jansen, P. W., Raat, H., Metz, L., Verhoeven, V. J.M. & Klaver, C. C.W. (2021). Smartphone Use Associated with Refractive Error in Teenagers. *Ophthalmology*, 128(12), 1681-1688. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.06.016>.
- Figma. (2021). Creative Tools Meet the Internet. <https://figma.com>.
- Fitzsimmons, J. A. & Fitzsimmons, M. J. (2014). Gerenciamento de Filas. *Administração de Serviços*. 7ª ed. Porto Alegre: Amgh Editora. 537.
- Flutter. (2021). Flutter Documentation. <https://flutter.dev/docs>.
- Ghozali, R. P., Saputra, H., Nuriawan, M. A., Suharjo, Utama, D. N. & Nugroho, A. (2019). Systematic Literature Review on Decision-Making of Requirement Engineering from Agile Software Development. *Procedia Computer Science*. 157, 274-281. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.167>.
- Gil, A. C (2017). Como elaborar projetos de pesquisa. 6ª ed. São Paulo: Ed. Atlas.
- Gomes, R. M. (2019). Aplicativo para gerenciamento dos leitos do Hospital Margarida. 42 f. Monografia (Graduação em Sistemas de Informação) - Instituto de Ciência Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade.
- Google. (2021). Beautiful native apps in record time. Flutter, <https://flutter.dev>
- Hilty, D. M., Chan, S., Torous, J., Luo, J. & Boland, R. J. (2019). Mobile Health, Smartphone/Device, and Apps for Psychiatry and Medicine. *Psychiatric Clinics of North America*. 42(3), 513-534. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psc.2019.05.007>.
- Jabangwe, R., Edison, H. & Duc, A. N. (2018). Software engineering process models for mobile app development: a systematic literature review. *Journal of Systems and Software*. 145, 98-111. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2018.08.028>.
- Kronbauer, J. S. & Pereira, R. R. (2021). O Uso das técnicas de elicitação de requisitos e processos de software na prototipação de aplicativos mobile. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados - MS.
- Laudon, K. C & Laudon, J. P. (2014). *Sistemas de Informação Gerenciais*. (11ª ed.), Pearson Education do Brasil. 508 p.
- Li, J. O., Liu, H., Ting, D. S.J., Jeon, S., Chan, R.V. P., Kim, J. E., Sim, D. A., Thomas, P. B.M., Lin, H. & Chen, Y. (2021). Digital technology, tele-medicine and artificial intelligence in ophthalmology: a global perspective. *Progress In Retinal and Eye Research*. 82, 100900. <http://dx.doi.org/10.1016/j.preteyeres.2020.100900>.
- Lim, M. K., Tang, S. & Chan, C. S. (2014). iSurveillance: Intelligent framework for multiple events detection in surveillance videos. *Expert Systems with Applications*, 41(10), 4704–4715.
- Mandrachia, F., Llaudó, E., Tarro, L., Valls, R. M. & Solà, R. (2020). Mobile Phone Apps for Food Allergies or Intolerances in App Stores: systematic search and quality assessment using the mobile app rating scale (mars). *Jmir Mhealth and Uhealth*, 8(9), 18339-18339. JMIR Publications Inc. <http://dx.doi.org/10.2196/18339>.
- Martins, R. A., Mello, C. H. P. & Turrioni, J. B. (2014). *Guia para Elaboração de Monografia e TCC em Engenharia de Produção*. São Paulo: Atlas.

- Mbuthia, F., Reid, M. & Fichardt, A. (2021). Development and validation of a mobile health communication framework for postnatal care in rural Kenya. *International Journal of Africa Nursing Sciences*. 14, 100304. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijans.2021.100304>.
- Meridji, K., Al-sarayreh, K. T., Abran, A. & Trudel, S. (2019). System security requirements: a framework for early identification, specification and measurement of related software requirements. *Computer Standards & Interfaces*. 66, 103346. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csi.2019.04.005>.
- Messner, E. M., Terhorst, Y., Barke, A., Baumeister, H., Stoyanov, S., Hides, L., Kavanagh, D., Pryss, R., Sander, L. & Probst, T. (2020). The German Version of the Mobile App Rating Scale (MARS-G): development and validation study. *Jmir Mhealth and Uhealth*. 8(3), 14479-14479. JMIR Publications Inc. <http://dx.doi.org/10.2196/14479>.
- Mesquita, M. J. T. A. M., Valente, T. L. A., Almeida, J. D. S. de, Teixeira, J. A. M., Medina, F. M.C. & Santos, A. M. A. (2021). mhealth application for automated detection and diagnosis of strabismus. *International Journal of Medical Informatics*. 153, 104527. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2021.104527>.
- Nottingham, Q. J., Johnson, D. M. & Russell, R. S. (2018). The Effect of Waiting Time on Patient Perceptions of Care Quality. *Quality Management Journal*, 25(1), 32-45. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10686967.2018.1404368>.
- Pressman, R. S. (2011). *Engenharia de software: uma abordagem profissional*. 7ª ed. Porto Alegre: AMGH.
- Rono, H., Bastawrous, A., Macleod, D., Mamboleo, R., Bunywera, C., Wanjala, E., Gichuhi, S. & Burton, M. J. (2021). Effectiveness of an mHealth system on access to eye health services in Kenya: a cluster-randomised controlled trial. *The Lancet Digital Health*. 3(7), 414-424. [http://dx.doi.org/10.1016/s2589-7500\(21\)00083-2](http://dx.doi.org/10.1016/s2589-7500(21)00083-2).
- Schmid, M. K., Thiel, M. A., Lienhard, K., Schlingemann, R. O., Faes, L. & Bachmann, L. M. (2019). Reliability and diagnostic performance of a novel mobile app for hyperacuity self-monitoring in patients with age-related macular degeneration. *Eye*. 33(10), 1584-1589, Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41433-019-0455-6>.
- Sommerville, I. (2011). *Engenharia de Software*. 9ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Soman, S., Rai, S., Ranjan, P., Cheema, A. S. & Srivastana, P. (2020). Mobile-Augmented Smart Queue Management System for Hospitals. *IEEE 33rd International Symposium on Computer-Based Medical Systems (Cbms)*. 0(0), 0-0, <http://dx.doi.org/10.1109/cbms49503.2020.00086>.
- Souza, G. E. (2016). *Sistema para gestão da fila de espera em pronto-atendimento pediátrico usando aplicativo móvel*. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Souza, S. C. de, Sunye, M. S. & Aléo, D. S. (2019). Uma solução para o controle do fluxo das filas de cirurgias eletivas do Sistema Único de Saúde (SUS): Sistema de Gerenciamento de Filas (SIGEFI). *R. Saúd. Digi. Tec. Edu.*, Fortaleza, 4(2), 144-162.
- Stoyanov, S. R., Hides, L., Kavanagh, D. J., Zelenko, O., Tjondronegoro, D. & Mani, M. (2015). Mobile App Rating Scale: a new tool for assessing the quality of health mobile apps. *Jmir Mhealth And Uhealth*, 3(1), 27-28. JMIR Publications Inc. <http://dx.doi.org/10.2196/mhealth.3422>.
- Thirupathieswaran, R., Prakash, C.R.T S., Krishnan, R. S., Narayanan, K. L., Kumar, M. A. & Robinson, Y. H. (2021). Zero Queue Maintenance System using Smart Medi Care Application for Covid-19 Pandemic Situation. *Third International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (Icicv)*, IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icicv50876.2021.9388454>.
- Uchino, M., Kawashima, M., Uchino, Y., Suzuki, N., Mitamura, H., Mizuno, M., Hori, Y., Yokoi, N. & Tsubota, K. (2018). The evaluation of dry eye mobile apps for screening of dry eye disease and educational tear event in Japan. *The Ocular Surface*, 16(4), 430-435. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtos.2018.06.002>.
- Usman, S. O., Olowoyeye, E., Adegbamigbe, O. J., Olubayo, G. P., Ibijola, A. A., Tijani, A. B., Usman, I. N., Fatunmbi, O. J., Omisakin, T. C. & Ipinmoye, T. (2020). Patient Waiting Time: gaps and determinants of patients waiting time in hospitals in our communities to receive quality services. *European Journal of Medical and Health Sciences*. 2(1). <http://dx.doi.org/10.24018/ejmed.2020.2.1.136>.
- Varsavsky, T., Graham, M. S., Canas, L. S., Ganesh, S., Pujol, J. C., Sudre, C. H., Murray, B., Modat, M., Cardoso, M J. & Astley, C. M. (2021). Detecting COVID-19 infection hotspots in England using large-scale self-reported data from a mobile application: a prospective, observational study. *The Lancet Public Health*, 6(1), 21-29. [http://dx.doi.org/10.1016/s2468-2667\(20\)30269-3](http://dx.doi.org/10.1016/s2468-2667(20)30269-3).
- Zhou, S. L., Jia, X., Skinner, S.I P., Yang, W. & Claude, I. (2021). Lessons on mobile apps for COVID-19 from China. *Journal of Safety Science and Resilience*, 2(2), 40-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnssr.2021.04.002>.