

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

Michael Luis de Nazaré Martins

**X-Ray Covid19: Um Aplicativo Móvel para  
Diagnóstico através de Radiografias do  
Tórax**

Alegrete  
2023



Michael Luis de Nazaré Martins

## **X-Ray Covid19: Um Aplicativo Móvel para Diagnóstico através de Radiografias do Tórax**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Software da Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Software.

Orientador: Diego Kreutz

Coorientador: Prof. Alex Camargo (Apus Digital)

Alegrete  
2023

**Michael Luis de Nazare Martins**

**X-Ray Covid19: Um Aplicativo Móvel para Diagnóstico através de Radiografias do Tórax**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Software da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Software.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: dia, mês e ano.

Banca examinadora:

**Prof. Dr. Diego Kreutz**

Orientador

UNIPAMPA

**Me. Alex Dias Camargo**

Coorientador

APUS Digital

**Prof. Dr. Fábio Paulo Basso**

Examinador

UNIPAMPA

**Bel. Gustavo Cardozo Rodrigues**

Examinador

CondoConta

**Me. Kayua Oleques Paim**

Examinador

UFRGS

**Prof. Dr. Rogério Vargas**

Examinador

UNIPAMPA

**Dr. Hendrio Luis Sousa Bragança**

Examinador

UFAM



Assinado eletronicamente por **DIEGO LUIS KREUTZ, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/12/2023, às 22:49, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **GUSTAVO CARDOZO RODRIGUES, Usuário Externo**, em 07/12/2023, às 22:50, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Alex Dias Camargo, Usuário Externo**, em 07/12/2023, às 22:50, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Hendrio Luis de Souza Bragança, Usuário Externo**, em 07/12/2023, às 22:50, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **KAYUÃ OLEQUES PAIM, Usuário Externo**, em 07/12/2023, às 22:50, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ROGERIO RODRIGUES DE VARGAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/12/2023, às 22:51, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FABIO PAULO BASSO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/12/2023, às 15:30, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1314024** e o código CRC **A7A6B141**.

---



## AGRADECIMENTOS

À medida que um ciclo se encerra, é essencial expressar minha gratidão àqueles que foram peças-chave em minha jornada. Em primeiro lugar, agradeço a Deus, cuja presença foi constante e fortalecedora em todos os momentos, tanto nos altos quanto nos baixos de minha vida.

Um agradecimento especial aos meus pais, Luis e Iracema, que foram meu porto seguro, oferecendo apoio, conselhos valiosos e inspiração inestimável ao longo de minha vida. Sou grato por todo apoio em decisões difíceis. O amor que sinto por vocês é imensurável.

Joellem, querida irmã, agradeço por estar sempre ao meu lado, apoiando-me sempre nas melhores decisões e conselhos de vida. David, obrigado pelo tempo que moramos juntos tão distante da nossa terra natal. Tivemos muitos aprendizados e que vamos carregar como desafios de vida que valeram a pena e que somos gratos por termos compartilhado isso juntos. Amo vocês meus irmãos.

À Vitória, dedico um agradecimento especial. Você esteve ao meu lado, não apenas como companheira, mas como uma fonte de força, encorajamento e sabedoria. Em momentos de dúvida ou desafio, foi você quem me ajudou a ver as coisas com clareza e a tomar decisões que moldaram de forma positiva tanto o meu presente quanto o meu futuro.

Aos meus inestimáveis amigos Judson, Gustavo e Rodrigo: compartilhamos um período repleto de momentos divertidos, emocionantes e desafiadores, que se tornaram aprendizados valiosos tanto para nosso crescimento pessoal quanto profissional na nossa área.

Ao meu orientador, Diego Kreutz, minha gratidão não se limita à sua orientação acadêmica. Você é um amigo e um mentor, que me ofereceu apoio, conselhos valiosos e teve paciência durante todo o meu percurso acadêmico. Levo você como uma inspiração e grande referência de excelente pessoa e profissional.

Por fim, aos colegas da graduação de Itaquí e Alegrete, amigos de longa data e todos meus professores, sou grato por terem sido parte importante da minha vida e da minha jornada na graduação. Cada um de vocês ocupa um espaço especial em minha história.



## RESUMO

Durante a pandemia do COVID-19, declarada em 2020, diversos órgãos se reuniram pra buscar solução no combate ao vírus. Para atuar durante essa pandemia foi criada plataforma PredictCovid, desenvolvida para auxiliar profissionais de saúde na triagem de Covid-19 através de análises de imagens de raio-x, impulsionou a demanda por soluções de Inteligência Artificial (IA) e Machine Learning (ML) durante a pandemia. Para superar alguns dos desafios enfrentados pela PredictCovid, desenvolvemos o aplicativo móvel X-Ray Covid19. Com utilização de tecnologias como Flutter, Firebase e TensorFlow Lite, este aplicativo traz uma melhoria significativa na experiência do usuário e fornecendo mais uma ferramenta para auxiliar os profissionais da saúde. A avaliação de usabilidade, realizada com base nas 10 heurísticas de Nielsen, revelou uma experiência geralmente positiva, com destaque para a visibilidade do status do sistema e design minimalista. Este auxílio aos médico através de IA é um avanço significativo no combate ao COVID-19.

**Palavras-chave:** Aprendizado de Máquina. PredictCovid. Raio-X. X-Ray Covid19.

## ABSTRACT

During the COVID-19 pandemic, declared in 2020, various organizations came together to seek solutions to combat the virus. The PredictCovid platform was created to operate during this pandemic, developed to assist healthcare professionals in the screening of COVID-19 through X-ray image analysis. It spurred the demand for Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) solutions during the pandemic. To overcome some of the challenges faced by PredictCovid, we developed the mobile application X-Ray Covid19. Utilizing technologies like Flutter, Firebase, and TensorFlow Lite, this application significantly enhances the user experience and provides another tool to assist healthcare professionals. The usability evaluation, conducted based on Nielsen's 10 heuristics, revealed a generally positive experience, with highlights for the visibility of the system status and minimalist design. This AI support to doctors is a significant advancement in the fight against COVID-19.

**Key-words:** Machine Learning. PredictCovid. X-ray. X-Ray Covid19.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitetura centralizada atual do PredictCovid . . . . .	19
Figura 2 – Arquitetura da aplicação . . . . .	27
Figura 3 – Diagrama de caso de uso da aplicação . . . . .	29
Figura 4 – Arquitetura modular da solução . . . . .	34
Figura 5 – Grupo de participantes que utilizaram o aplicativo . . . . .	35
Figura 6 – Conteúdos do arquivo instrucoes-de-uso.pdf . . . . .	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aplicações para combate e auxílio na triagem e diagnóstico de COVID-19	23
Tabela 2 – Grupos de solução no contexto da Usabilidade . . . . .	24
Tabela 3 – Grupos de solução no contexto da Escalabilidade . . . . .	25
Tabela 4 – Grupos de soluções no contexto da Privacidade . . . . .	25
Tabela 5 – Tecnologias utilizadas . . . . .	31
Tabela 6 – Avaliação de usabilidade com base nas 10 heurísticas de Nielsen. . . . .	36

## LISTA DE ABREVIATURAS

**IA** Inteligência Artificial

**ML** *Machine Learning*

**TFLite** *TensorFlow Lite*

**TLS** *Transport Layer Security*

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO . . . . .	19
2	SOLUÇÕES SIMILARES . . . . .	23
3	ARQUITETURA PROPOSTA . . . . .	27
3.1	Casos de uso . . . . .	28
3.2	Requisitos Funcionais (RF) . . . . .	28
3.3	Requisitos Não-Funcionais (RNF) . . . . .	30
4	DESENVOLVIMENTO . . . . .	31
4.1	Tecnologias . . . . .	31
4.2	Modelo de Inteligência Artificial . . . . .	32
4.3	Arquitetura modular . . . . .	33
5	AVALIAÇÃO . . . . .	35
5.1	Preparação para os testes . . . . .	35
5.2	Avaliação da usabilidade . . . . .	35
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	39
	REFERÊNCIAS . . . . .	41
	ANEXOS	43
	ANEXO A – TUTORIAL PARA TESTES . . . . .	45



## 1 INTRODUÇÃO

Com a alta disseminação de COVID-19 e a necessidade de recursos para o combate ao vírus, houve um aumento e procura significativa de soluções de Inteligência Artificial e Machine Learning para auxiliar médicos na triagem de pacientes. Uma das técnicas/soluções que teve destaque nessa corrida é a utilização de Inteligência Artificial (IA)/*Machine Learning* (ML) para análise de imagens de Radiografia (Latif et al., 2020). Iniciativas como a App Marie<sup>1</sup> e RadVid19<sup>2</sup>, adotaram essa estratégia devido a facilidade de encontrar banco de imagens de radiografias e do benefícios de algoritmos com alto desempenho em analisar *pixels* das imagens na busca por padrões de COVID-19 (SIQUEIRA, 2020).

O PredictCovid é um exemplo de esforço voluntário cujo maior objetivo é aplicar IA que auxilie profissionais da saúde na triagem de pacientes com suspeitas de COVID-19. A plataforma visa atender unidades de saúde pela utilização por médicos e especialistas da saúde. Através de uma aplicação *web*, é possível após um cadastro, realizar análises de imagens de radiografia do tórax humano e por fim obter resultados das análises através de um relatório para tomada de decisão. Segundo (SOARES et al., 2020), com os serviços do PredictCovid em funcionamento foram realizados testes com um banco de 3 mil imagens, apontando resultados entre 95 a 98% de precisão nos resultados. Os estudos dessa ferramenta concentraram-se na região central e na fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul. Até 4 de Dezembro de 2020, a plataforma foi usada por mais de 118 usuários que realizaram um total de 797 predições (SOARES et al., 2020).

Como podemos observar na Figura 1 existem 3 camadas para que as comunicações e funcionamento da plataforma ocorra, sendo a interação do usuário com a plataforma através do website *frontend*<sup>3</sup>, a fila de processamento das entradas de dados e o processamento das análises com uso do algoritmo de IA.

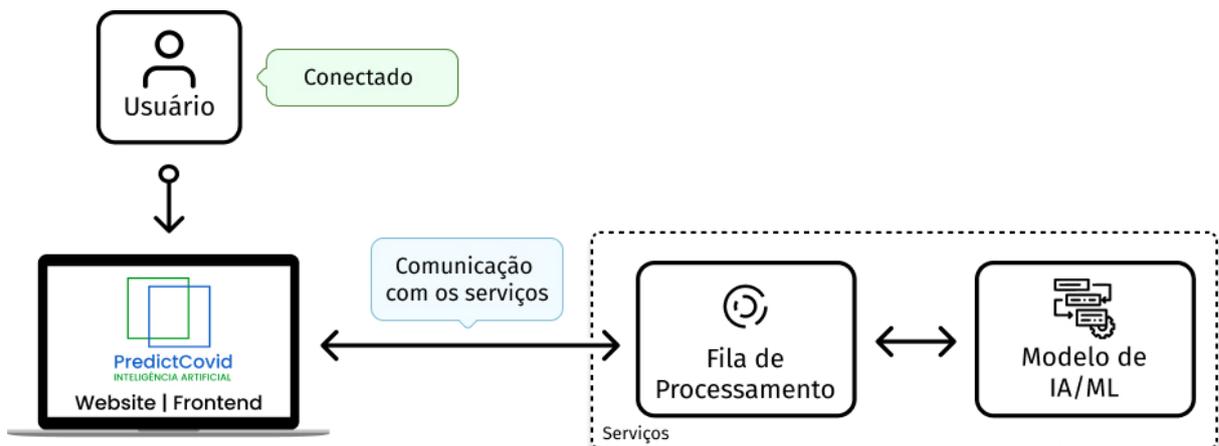


Figura 1 – Arquitetura centralizada atual do PredictCovid

<sup>1</sup> App Marie - Desenvolvida pela FFCLRP/USP4

<sup>2</sup> RadVid19 - desenvolvido pela InovaHC5

<sup>3</sup> *Frontend: Responsável pela parte da aplicação na qual há a interação do usuário*

A camada de *frontend* é responsável pela exibição de uma interface de usuário, na qual é possível a interação e comunicação com os demais serviços. As informações a serem transitadas a partir das ações do usuário, passam pela camada da fila de processamento, onde há concentrada as solicitações de análises em ordem de envio. Por fim, a camada do processamento dos dados recupera da fila as solicitações, analisa as imagens, classifica uma saída de resultado e por fim retorna para o frontend o relatório dos resultado a ser exibição para o usuário. À vista disso, podemos entender que a estratégia usada na separação de serviços facilita no processo de escalabilidade e segurança, onde temos serviços em servidores distintos com suas determinadas responsabilidades e que não exigem de recursos em um único local.

A plataforma PredictCovid enfrenta diferentes desafios, como escalabilidade, segurança, privacidade e usabilidade. O sistema era mantido por uma empresa, onde voluntariamente disponibiliza 3 servidores com recursos limitados (e.g. quantidade de memórias e *Central Process Unit*). Para atender as milhares de unidades de saúde, os sistemas precisam ser auto-escalável, o que é um desafio quando o volume de recursos financeiros e computacionais são limitados. O PredictCovid é um exemplo de aplicação que pode sofrer dificuldades em escalar sua solução, pois atualmente utiliza uma máquina própria que necessitaria de melhorias e custos com os recursos conforme houvesse um aumento nas demandas.

Dado que o PredictCovid esteja online, fica vulnerável a ataques cibernéticos, e com isso, a segurança torna-se um desafio para que seja garantido o desvio desses ataques que comprometam com os dados e a integridade/funcionamento do sistema. Além disso, é indispensável o uso de mecanismos de autenticações (e.g. login/senha, CAPTCHA, 2FA) bem definidos e configurados onde seja possível trazer ainda mais o anonimato do usuário e sua privacidade. Com base nisso, é esperado que a aplicação esteja em acordo com a Lei Geral de Proteção de Dados, devido a forma de como os dados são coletados, além do fortalecimento da privacidade e controle do usuário sob seus dados (MACHADO, 2019) (QUINCOZES et al., 2022a) (QUINCOZES et al., 2022b) (QUINCOZES et al., 2023). À vista disso, iniciativas para melhoria da plataforma acabam impactando diretamente nos custos do desenvolvimento.

Com garantia da segurança, a privacidade dos dados deve ser avaliada sobre a sua coleta e armazenamento na plataforma em conformidade com os direitos do usuário sob seus dados. Um exemplo de problema identificado é o envio de imagens para o servidor, onde ainda ocorre o armazenamento em memória enquanto há o processamento com a IA. À vista disso, mesmo que houvesse uma limpeza dessas imagens da memória, ainda houve uma transição de dado e isso se não for bem arquitetado, um ataque no meio do caminho ou no servidor, será capaz de capturar esse dado que foi trafegado. Uma das soluções para esse caso é a buscar estratégias que garantam a remoção de informações que podem levar alguém a identificar dados sensíveis de um paciente em imagem.

Com a existência de diversos tipos de usuários, dispositivos e sistemas operacionais que terão contato com a plataforma, processos e testes de usabilidade devem estar sempre presentes para trazer uma melhor experiência ao usuário. No sistema do PredictCovid, um problema ainda encontrado e que pode ser avaliado e resolvido, é o processo manual do carregamento de imagens. Uma vez que existe um banco de imagens radiológicas de pacientes em outro aplicativo (e.g. PACS), ainda há o processo manual de salvar as imagens localmente na máquina/dispositivo do usuário que possua formato compatível com o sistema, carregar na plataforma PredictCovid e realizar assim as análises. Em meio a isso, podemos resolver esse problema dando suporte à entrada de dados através do compartilhamento externo de dados de outras aplicações.

Por meio desses desafios, neste trabalho foi desenvolvido o aplicativo X-Ray Covid19, uma solução onde os serviços estejam descentralizadas e com serviços integrados no próprio *smartphone* do usuário. Dessa forma, foi possível mitigar os desafios encontrados na plataforma PredictCovid. A implementação da solução proposta foi realizada utilizando uma combinação de tecnologias, como *Flutter*, *Firebase* e *TensorFlow Lite (TFLite)*, todas integradas com uma arquitetura modular limpa e com boas práticas de programação. A escolha dessas tecnologias proporcionou uma facilidade no desenvolvimento para as plataformas do *Android* e *iOS* da solução, além também da capacidade e otimização de recursos de *Machine Learning* em dispositivos móveis.

Este trabalho contribui para a área da saúde, propondo uma solução móvel que equilibra escalabilidade, segurança, privacidade e usabilidade, demonstrada pelo desenvolvimento da solução. X-Ray Covid19 é um exemplo de desafios e aplicabilidade de embarcar o uso de Inteligência Artificial em dispositivos móveis para triagem. A análise detalhada de usabilidade fornece *insights* importantes para futuras soluções, destacando a importância da experiência do usuário junto às funcionalidades técnicas.

## 2 SOLUÇÕES SIMILARES

Existem diferentes ferramentas de auxílio ao diagnóstico de COVID-19, como resumido na Tabela 1.

Nome	Plataforma	Roda ML?	Não depende de aplicações externas	Classificação da Segurança
PredictCovid	Web	✓	✓	B
Virufy	Web/App	✓	✓	B
COVID AI	App	✓	✓	A
COVID-19 Sounds	App	×	✓	B
XraySetu	Bot App	✓	×	B
Vaani Mitr	Web/App	✓	✓	B
radvid19	Web	✓	✓	T
Entelai Pic Covid-19	Web	✓	✓	B

Tabela 1 – Aplicações para combate e auxílio na triagem e diagnóstico de COVID-19

Observe que, a maioria das aplicações utilizam algoritmos de IA/ML para processamento e análises, sendo elas por meio de entradas de dados de radiografias ou sons de tosse dos pacientes. A aplicação COVID-19 Sounds foi a única a não adotar o uso de IA/ML até o presente momento deste trabalho. O seu funcionamento atual visa somente a coleta de dados de voluntários através do aplicativo para futuramente gerar um banco de áudios e criar seu modelo de IA/ML. Além disso, podemos perceber que ainda existem soluções dependentes de outras aplicações. O XraySetu é um *bot* criado para *Whatsapp*, onde conseguimos enviar as entradas de dados e assim receber dentro de alguns minutos pelo mensageiro os resultados obtidos. Ademais, todas outras soluções apresentadas possuem seus serviços independente do uso de outra aplicação.

Um dos desafios importantes a ser analisado e garantido durante o desenvolvimento de uma aplicação é a segurança. Para essa análise, foi realizado testes de URL's que fazem as comunicações com os serviços e recursos que transitam dados dos usuários. Para isso, foi utilizado a ferramenta SSL Labs<sup>1</sup> para teste de servidor SSL a fim de obter uma classificação da segurança de cada solução.

Ao observar a Tabela 1, a grande maioria dos servidores possuem uma classificação B, que representam o suporte ao *Transport Layer Security (TLS)*<sup>2</sup> 1.0, 1.1 e 1.2. Segundo (KREUTZ et al., 2019), essas versões mais antigas do TLS acabam tendo falhas na segurança, dando brechas a ataques cibernéticos, como POODLE e Logjam. Além disso, os certificados foram reconhecidos como confiáveis e válidos, na qual representam um fator importante para a classificação dessas soluções. COVID AI foi a única solução que apresentou uma classificação A, onde possui o suporte a versão mais recente do TLS, sendo 1.3 que é considerada como a mais segura entre as outras versões. RadVid19, foi

<sup>1</sup> **SSL Labs:** Plataforma para análise profunda da configuração de qualquer servidor SSL.

<sup>2</sup> **TLS** Protocolo de segurança

classificada como T, pois apesar de ter suporte ao TLS, ainda possui um certificado do servidor não confiável e com a validade expirada.

Além de aspectos de segurança do protocolo de transporte, também aborda-se as ferramentas com relação a usabilidade, escalabilidade e privacidade.

USABILIDADE		
GRUPOS	APPS	DESCRIÇÃO
GRUPO 1	- PredictCovid - Virufy	Possuem processos e testes realizados no desenvolvimento da usabilidade
GRUPO 2	- COVID-19 SOUND - XraySetu - RadVid19	Não foram identificados problemas e processos/testes envolvidos no desenvolvimento da usabilidade
GRUPO 3	- COVID AI - Vaani Mitr - Entelai	Foram identificados problemas de usabilidade e não tem processos/testes de usabilidade envolvidos no desenvolvimento da solução

Tabela 2 – Grupos de solução no contexto da Usabilidade

A Tabela 2 mostra grupos de aplicativos e seus respectivos tratamentos a respeito da usabilidade. O Grupo 1 é composto por aplicações que incluíram processos e realizaram testes durante o seu desenvolvimento. O PredictCovid e Virufy são exemplos de que a usabilidade é um fator determinístico para que o usuário tenha uma ótima experiência de uso. Os testes de usabilidade, validação com usuários, estudo de personas e criação de protótipos funcionais, são alguns processos adotados durante os seus desenvolvimentos. O Grupo 2 representa as aplicações na qual não foram identificados problemas e processos de usabilidade. Essa avaliação ocorreu pela autonomia do autor deste trabalho, utilizando as 10 heurísticas de Nielsen (NIELSEN, 1994) como um meio de identificar problemas de usabilidade em sistemas. Apesar do Grupo 3 não apresentar um processo de usabilidade envolvido, foi possível através do mesmo método de avaliação citado anterior, identificar alguns pontos importantes nas aplicações que apresentaram problemas de usabilidade. Como exemplo de problema, tem-se a solução COVID AI, onde necessita de melhorias a respeito de ajudar os usuários a desfazerem ações indevidas, além também dos aspectos estéticos de *design* sem padrões.

No Grupo 1 da Tabela 3 podemos perceber soluções que utilizam recursos computacionais próprios. Com isso, torna difícil a escalabilidade quando temos recursos limitados e necessitamos de altos custos com melhorias em infraestrutura. Por outro lado, a exemplo do Grupo 2, conseguimos ter uma escalabilidade facilitada através da aplicação distribuída, onde os únicos recursos necessários são os dispositivos dos usuários, o que torna a aplicação auto-escalável. Por outro lado, o Grupo 3 mesmo que seja uma arquitetura centralizada, ainda possui sua escalabilidade facilitada através do uso de serviços de terceiros (e.g. *AWS - Amazon Web Services*) sob demanda.

Em todas as soluções, não foram encontrados detalhes de como é tratado a privacidade no seu desenvolvimento. Apesar disso, é possível perceber que todas as aplicações

<b>ESCALABILIDADE</b>		
<b>GRUPOS</b>	<b>APPS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
GRUPO 1	- PredictCovid - Vaani Mitr - Entelai Pic	Devido o uso de máquinas próprias, existe a dificuldade da escalabilidade devido custos com infraestrutura
GRUPO 2	- Virufy - COVID AI	Possui sistema distribuído que facilita a escalabilidade natural da aplicação quando relacionado ao número de usuários
GRUPO 3	- RadVid19 - COVID AI	Devido uso de computação em nuvem, como AWS, a escalabilidade é automática através de Auto Scaling presentes dessas plataformas que monitora e ajusta automaticamente a capacidade de funcionamento dos serviços.

Tabela 3 – Grupos de solução no contexto da Escalabilidade

<b>PRIVACIDADE</b>		
<b>GRUPOS</b>	<b>APPS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
GRUPO 1	- Vaani Mitr - Virufy - XraySetu - COVID AI - COVID AI SOUND	Não armazenam informações que comprometem os dados dos usuários
GRUPO 2	- RadVid19 - Entelai Pic - PredictCovid	Não armazenam informações que compromete os usuários, mas ainda armazenam/carregam imagens de RX dos pacientes

Tabela 4 – Grupos de soluções no contexto da Privacidade

não armazenam informações que comprometam os dados dos usuários conforme visto na Tabela 4. Contudo, o Grupo 2 representa ainda aqueles que não armazenam, mas transitam dados, o que pode ser um risco de segurança caso ocorra um ataque no meio da comunicação com os serviços e assim o atacante conseguir copiar ou manipular as informações transitadas.

### 3 ARQUITETURA PROPOSTA

Propõe-se uma arquitetura na qual todos os recursos e serviços estão diretamente acoplados no dispositivo do usuário. Os principais motivos disso, é fazer com que as funcionalidades estejam sempre disponíveis, obtenha um baixo tempo de resposta, além também de trazer mais segurança e privacidade removendo as possibilidades de dados dos pacientes ficarem vulneráveis e armazenados no dispositivo sem a necessidade. Apesar disso, um serviço externo será utilizado eventualmente somente em caso de registro de número de análises para fins de informações estatísticas da aplicação.

A Figura 2 representa a arquitetura da solução. É necessário o acomplamento dos serviços utilizados no próprio dispositivo do usuário. As etapas de (1) Entrada de dados, (2) Tratamento de dados, (3) Análise/Processamento, (4) Organização e armazenamento local e (5) Exibição de resultados, compõem todo o processo da arquitetura.

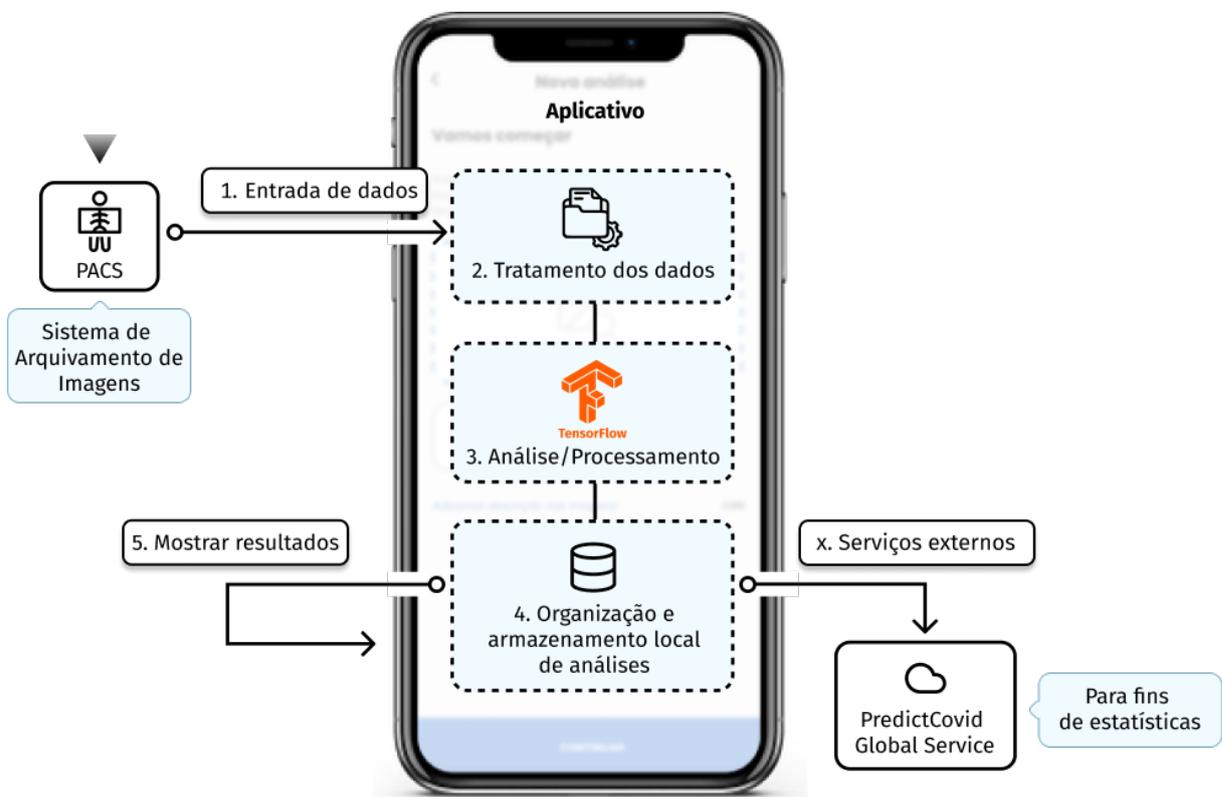


Figura 2 – Arquitetura da aplicação

Na primeira etapa, podemos considerar a **Entrada de dados** por meios internos do aplicativo, onde o usuário poderá carregar imagens da sua câmera/galeria. Além disso, podemos assumir que o usuário utilize o aplicativo PACS (Sistema de Arquivamento de Imagens) como ferramenta externa que compartilhe imagens de radiografias com o aplicativo proposto. À vista disso, é possível ter uma facilidade e melhor usabilidade a respeito do carregamento de dados externos para o aplicação proposto.

O **Tratamento de dados** no aplicativo, tem como finalidade a validação da entrada do usuário a respeito do que será processado pelo modelo de ML. À partir disso, é possível prosseguir com o processamento dos dados sem a existência de informações incoerentes/inesperadas.

Uma etapa também importante da arquitetura, é a existência de um modelo de ML acoplado ao aplicativo. Conforme apresentado na Figura 4, a **Análise/Processamento dos dados** acontecem com uso de tecnologia de ML sem a necessidade de serviços externos e somente consumindo recursos do próprio dispositivo do usuário. A adoção dessa estratégia, gera um ganho significativo no que diz respeito a integridade do modelo de ML, análise com resultados mais rápidos e também a garantia do seu total funcionamento.

A **Organização e armazenamento local de análises** é o processo em que é recebido a saída da análise e assim organizado e criado um histórico para visualizações futuras do usuário. Para o armazenamento local foi utilizado recursos nativos do próprio dispositivo que facilitam o acesso sempre que necessário.

Com o fim das etapas de validação, análise/processamento e organização/armazenamento da análise, é mostrado ao usuário os **resultados obtidos** em tela a serem utilizados para tomada de decisão. Para gerar dados estatísticos das análises, eventualmente haverá a comunicação com serviços do *Firebase* do X-Ray Covid19.

### 3.1 Casos de uso

Com os diagramas de Casos de Uso, é possível descobrir e organizar requisitos de um sistema a ser desenvolvido (WAYKAR, 2015). Na aplicação proposta, foi criado um diagrama de Caso de Uso conforme apresentado na Figura 3, que facilitasse a compreensão das funcionalidades presentes no PredictCovid e que serão essenciais para a nossa aplicação.

No diagrama acima, temos como um caso de uso a Realização de Análises, onde será possível também o Carregamento de Imagens e a Análise em si dos dados de entrada. Além disso, a Consulta do Histórico de Análises também é um fator importante a ser implementado na aplicação proposta. Por fim, a Exportação de análises a partir do histórico será possível para obtenção de um cópia da análise para o seu devido uso.

### 3.2 Requisitos Funcionais (RF)

Os Requisitos Funcionais especificados, são informações correspondentes às características, necessidades e todas funcionalidades que um sistema deve fazer (IAN, 2011). Abaixo são apresentados os Requisitos Funcionais identificados para a aplicação.

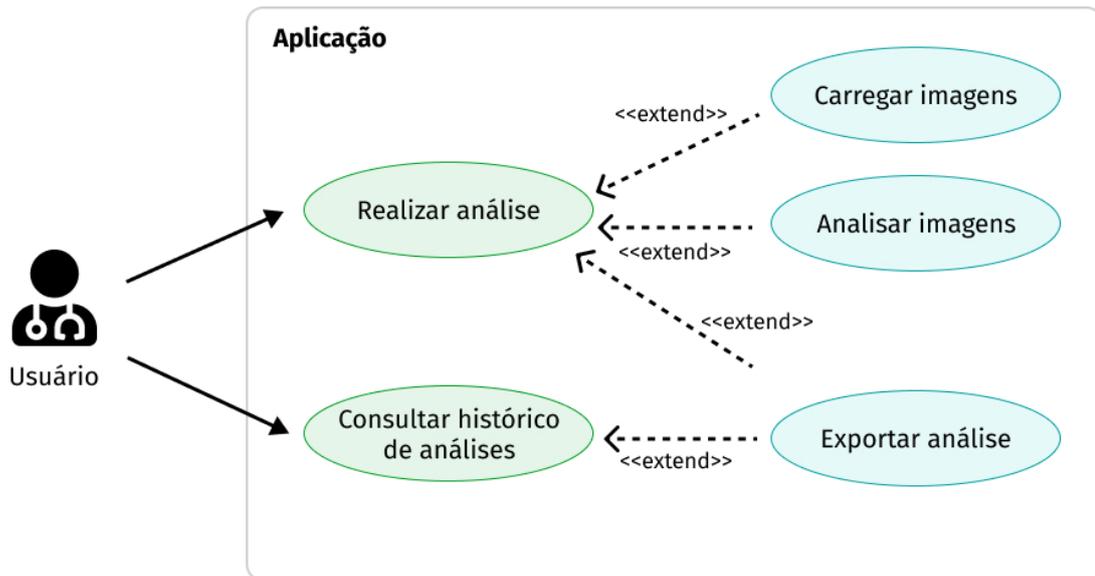


Figura 3 – Diagrama de caso de uso da aplicação

<b>Identificador</b>	RF01
<b>Nome</b>	Realizar análises
<b>Descrição</b>	O usuário deverá conseguir acessar os recursos necessários para que seja possível anexar e analisar entrada de imagens.

<b>Identificador</b>	RF02
<b>Nome</b>	Consultar histórico de análises
<b>Descrição</b>	O usuário deverá conseguir acessar o histórico de todas as análises já realizadas por ele.

<b>Identificador</b>	RF03
<b>Nome</b>	Carregar imagens
<b>Descrição</b>	O usuário deverá conseguir carregar imagens da câmera/galeria que estão no dispositivo. Deve conseguir também, realizar o carregamento a partir de aplicações externas.

<b>Identificador</b>	RF04
<b>Nome</b>	Analisar imagens
<b>Descrição</b>	O usuário deverá conseguir executar a análise e processamento da sua entrada de dados.

<b>Identificador</b>	RF05
<b>Nome</b>	Exportar imagens
<b>Descrição</b>	O usuário deverá conseguir realizar a exportação de uma análise existente no histórico.

<b>Identificador</b>	RF06
<b>Nome</b>	Autenticação por impressão digital ou facial
<b>Descrição</b>	O usuário deverá conseguir realizar a exportação de uma análise existente no histórico.

### 3.3 Requisitos Não-Funcionais (RNF)

Diferente dos Requisitos Funcionais, os Requisitos Não-Funcionais têm como propósito garantir algumas restrições que devem ser seguidas durante o desenvolvimento do sistema para evitar inconsistências do software ou outro problema que poderá ser agravado (MAIRIZA; ZOWGHI; NURMULIANI, 2010). No aplicativo proposto, foram identificados alguns requisitos não-funcionais correspondentes à confiabilidade, segurança, usabilidade e desempenho.

<b>Identificador</b>	RNF01
<b>Nome</b>	Disponibilidade da aplicação
<b>Categoria</b>	Confiabilidade
<b>Descrição</b>	O sistema deverá garantir a alta disponibilidade de 24 horas em funcionamento.

<b>Identificador</b>	RNF02
<b>Nome</b>	Armazenamento seguro
<b>Categoria</b>	Segurança
<b>Descrição</b>	O sistema deverá garantir a segurança e integridade do histórico armazenado localmente no dispositivo.

<b>Identificador</b>	RNF03
<b>Nome</b>	Entrada externa
<b>Categoria</b>	Usabilidade
<b>Descrição</b>	O sistema deverá garantir o carregamento de dados externo de outras aplicações.

<b>Identificador</b>	RNF04
<b>Nome</b>	Tempo de resposta
<b>Categoria</b>	Desempenho
<b>Descrição</b>	O sistema deverá garantir alto desempenho no processamento e análise das radiografias no dispositivo do usuário.

## 4 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção é apresentada uma análise do desenvolvimento de uma solução tecnológica, abordando desde as escolhas de tecnologias, arquitetura de software até a implementação prática. O foco na eficácia do modelo de inteligência artificial e na experiência do usuário reflete uma abordagem equilibrada que considera tanto os aspectos técnicos quanto a interação humana no contexto de soluções eficazes para dispositivos móveis.

### 4.1 Tecnologias

Explorou-se as tecnologias fundamentais para o desenvolvimento da solução proposta neste projeto, incluindo *Flutter*, *Firebase*, *TensorFlow (TFLite)*, arquitetura limpa e práticas de código limpo. Na tabela 5, descrevemos como cada tecnologia utilizada contribuiu significativamente para a eficiência do aplicativo. Esta análise nos permite entender melhor os benefícios e o impacto dessas tecnologias no desenvolvimento do projeto.

Tecnologias	Descrição	Finalidade no projeto
Flutter	<i>Framework</i> de UI desenvolvido pela Google para criar aplicações para diversos tipos de plataformas com apenas um único código ( <i>Dart</i> )	Utilizado para desenvolver toda interface do usuário no aplicativo
Firebase	Um conjunto de serviços <i>cloud</i> do Google, incluindo recursos de <i>backend</i> , banco de dados, <i>analytics</i> e muito mais.	Armazenamento de dados de análises para fins estatísticos.
TFLite	Versão otimizada do <i>TensorFlow</i> para aplicativos móveis e IoT.	Aplicar uso de modelos de ML capazes de processar e analisar imagens de radiografias.
Dart	Linguagem de programação moderna, orientada a objetos e de forte tipagem, desenvolvida pela Google	Utilizado nas implementações dos códigos para o projeto em Flutter.
Jupyter Notebook	Ferramenta interativa que permite a execução de código, visualização de dados e documentação textual.	Utilizado para escrever e testar o código de conversão do modelo de ML do formato <i>.h5</i> para <i>.tflite</i> utilizando a biblioteca do próprio <i>TensorFlow</i> .

Tabela 5 – Tecnologias utilizadas

Neste projeto o *Flutter* foi fundamental no desenvolvimento de uma interface de usuário fluida e adaptativa para qualquer dispositivo móvel, além também do seu funcionamento nas plataformas *Android* e *iOS* em uma única aplicação. A tecnologia permite uma facilidade no desenvolvimento de interfaces consistentes. Sua integração com

o *TensorFlow Lite* (TFLite) e *Firebase* tornaram possível o aproveitamento máximo de capacidade de *Machine Learning* e armazenamento de dados em nuvem das quantidades de análises realizadas pelos usuários, quantidade de casos positivos e negativos do vírus.

## 4.2 Modelo de Inteligência Artificial

Dentro do escopo das tecnologias aplicadas neste projeto, uma menção deve ser dada ao modelo de inteligência artificial da plataforma PredictCovid, um componente central para o processamento e análise das imagens de radiografia. A utilização deste modelo no aplicativo X-Ray Covid19 é uma demonstração clara de como a aprendizagem de máquina pode ser incorporada de forma eficaz em soluções móveis de saúde. Este modelo de IA opera através de algoritmos de *deep learning*, que detectam e atribuem pesos e vieses a diferentes aspectos de uma imagem de entrada, permitindo a classificação precisa de resultados (PEREIRA et al., 2020).

---

### Algorithm 1 Fluxo de Análise de COVID-19 pelo Modelo de IA

---

#### procedure PREDICTCOVID

```

  Inicialize o modelo de IA e o caminho para as imagens
  modelo ← caminho_do_modelo_treinado
  imagem ← carregar_imagem_de_raio_X_do_tórax
  Carregue o modelo de IA pré-treinado
  modelo ← load_model(modelo)
  Prepare a imagem para a análise
  original ← cv2.imread(imagem)
  imagem_redimensionada ← cv2.resize(orig, (224, 224))
  imagem_array ← img_to_array(imagem_redimensionada)
  imagem_dims ← np.expand_dims(imagem_array, axis = 0)
  Faça a previsão usando o modelo
  predicoes ← modelo.predict(imagem_dims/255.0)
  predicao ← predicoes.argmax(axis = 1)[0]
  Determine o resultado
  if predição = 1 then
    return "positivo"
  else
    return "negativo"
  end if
end procedure

```

---

Analisando o fluxo de funcionamento do modelo de IA usado no PredictCovid apresentado no Algoritmo 1, começa com a coleta de imagens de tórax humano para análise. Após isso, é realizado ajustes necessários na imagem, preparando-a para melhor atender os padrões do modelo. Por fim, é realizado e obtido o resultado da predição usando o modelo, retornando possíveis casos positivos ou negativos de covid-19

Embora o modelo do PredictCovid estivesse pronto e disponível para uso no projeto em um binário .h5, ainda houve uma imprevisibilidade não estimada para a sua utilização,

no que impactaria em compatibilidade e a sua otimização em dispositivos móveis. Com base nisso, foi necessário a transformação do modelo para o formato `.tflite` compatível com a biblioteca do *TFLite* do Flutter. O Algoritmo 2, é um exemplo da utilização do Jupyter Notebooks que facilitou a conversão para o formato de arquivo desejado utilizando recursos do próprio *TensorFlow*.

---

**Algorithm 2** Conversão de Modelo `.h5` para `.tflite`

---

**procedure** CONVERTMODEL

    Importe as bibliotecas necessárias

    Localize o arquivo do modelo de IA

    Carregue o modelo `.h5` do seu diretório

$modelo \leftarrow \text{carregar\_modelo}('dirmodel\_ovid - 19.h5')$

    Inicialize o conversor para o formato TFLite

$conversor \leftarrow \text{tf.lite.TFLiteConverter.from\_keras\_model}(modelo)$

$modeloTFLite \leftarrow \text{conversor.convert}()$

    Salve o novo modelo TFLite no Google Drive

$arquivo \leftarrow \text{abrir}'dirmodel\_ovid_19\_mobile.tflite','wb'$

    Escreva  $modeloTFLite$  no *arquivo*

    Feche o *arquivo*

**end procedure**

---

O processo de conversão para `.tflite`, inicia com as importações de dependências do TensorFlow e acesso ao modelo armazenado em algum diretório do desenvolvedor. Em seguida, após o modelo `.h5` ser carregado na memória, é utilizado recursos do próprio TensorFlow, onde possibilita a conversão para formato TensorFlow Lite (`.tflite`), de forma mais leve e eficiente para ambientes com recursos limitados, como *smartphones*. Por fim, o modelo convertido é salvo de volta no diretório do desenvolvedor, assim podendo ser utilizado de maneira compatível com a biblioteca do *Tensor Flow Lite* do *Flutter*.

### 4.3 Arquitetura modular

O projeto foi construído adotando práticas de programação que pudessem trazer uma robustez ao projeto, que impactaria diretamente no seu desempenho, manutenção e escalabilidade. Uma das abordagens utilizadas, foi o Clean Architecture proposto por Robert C. Martin (MARTIN, 2017), que enfatiza a separação de código em camadas distintas, cada uma com sua responsabilidade específica.

No X-Ray Covid19, foi adotado uma arquitetura modular, onde as lógicas de negócio, as interfaces do usuário e as operações de dados tanto internas quanto externas foram claramente separadas. Essa abordagem facilita a testabilidade, mudanças em parte do sistema e também a evolução do projeto conforme a necessidade e sua escalabilidade. A estrutura de arquitetura da Figura 4 representa as camadas planejadas para promover essa organização modular e intuitiva do projeto. Quando o usuário realiza uma interação com a interface, a arquitetura faz uma comunicação com os casos de usos (*usecase*) que possuem

as regras de negócios para funcionamento daquela funcionalidade. Por outro lado, os tratamento dos dados que são enviados e recebidos de comunicações externas, acabam sendo tratadas em um repositório (*repository*) para evitar erros durante o uso de uma funcionalidade e retornar ao usuário os dados conforme esperado. Por fim, o uso de uma camada externa (*datasource*) torna possível uma melhor organização arquitetural visando ter um único ponto de acesso à recursos remotos ou locais, ajudando principalmente na manutenibilidade de recursos externos.

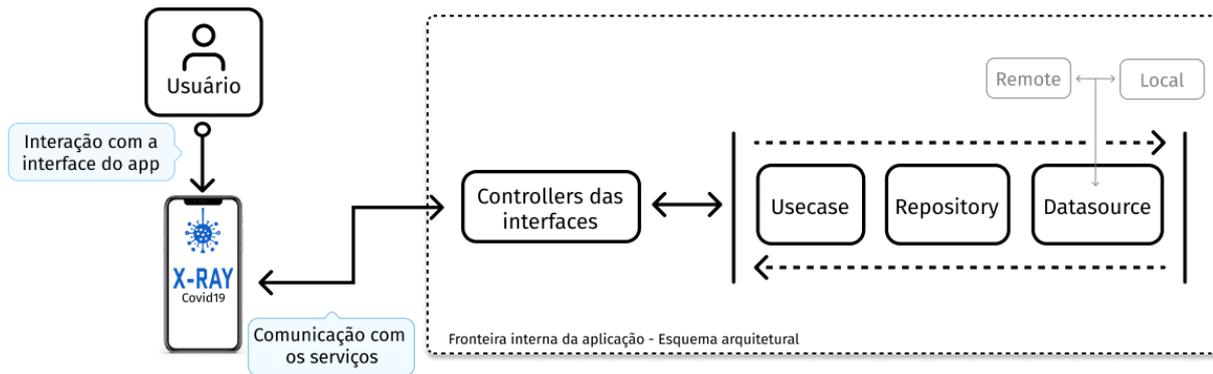


Figura 4 – Arquitetura modular da solução

Com as abordagens e tecnologias mencionadas, a solução não apenas atende aos requisitos técnicos e funcionais propostos, mas também estabelece um forte fundamento para melhorias contínuas e adaptações aos diversos desafios no campo da análise de dados de saúde e triagem com uso de ML.

## 5 AVALIAÇÃO

A avaliação da usabilidade é uma etapa importante para desenvolvimento de qualquer solução para dispositivo móveis. Com ela é possível obter *feedbacks* valiosos sobre a experiência de usuário ou interface do sistema.

### 5.1 Preparação para os testes

Foi disponibilizado aos participantes um repositório Drive com alguns recursos necessários para execução dos testes conforme apresentado a seguir.

- */images/\*\**: Uma pasta de imagens de radiografias para analisar possíveis casos positivos ou negativos de Covid-19.
- */instrucoes-de-uso.pdf*: Tutorial no formato .pdf com informações sobre o aplicativo, comentários sobre usabilidades, instalação e como utilizar as funcionalidades da solução.
- */app-x-ray-covid19.apk*: Binário no formato .apk para o participante instalar e ter acesso ao aplicativo em seu dispositivo Android.

### 5.2 Avaliação da usabilidade

Após a conclusão dos testes práticos com o aplicativo, os participantes foram convidados a preencher um formulário que continha uma avaliação de usabilidade estruturada em torno das 10 heurísticas de Nielsen.

No aplicativo X-Ray Covid19, tiveram 8 participantes de diferentes áreas de estudo ou atuação. Nenhum dos participantes anteriormente teve contato com uma solução de análise de Covid-19. Na Figura 5 é visto participantes das áreas da computação ou similares, design de interiores, odontologia e administração. Essa disparidade de áreas proporcionou uma perspectiva diversificada sobre a aplicação, essencial para garantir que o aplicativo atenda às necessidades de experiência de vários tipos usuários.

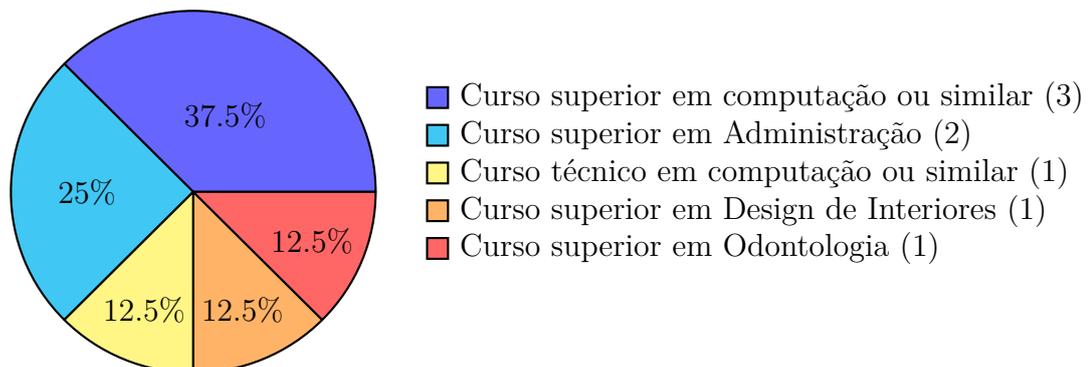


Figura 5 – Grupo de participantes que utilizaram o aplicativo

O grupo de participantes, composto por pessoas de diversas áreas de formação, forneceu *feedback* valioso por meio de um formulário detalhado. A seguir, é apresentada uma tabela que resume as respostas dos participantes, proporcionando uma visão qualitativa da experiência do usuário com o aplicativo, em relação a cada heurística.

<b>Heurística de Nielsen</b>	<b>Muito Insatisfatório</b>	<b>Insatisfatório</b>	<b>Neutro</b>	<b>Satisfatório</b>	<b>Muito Satisfatório</b>
Visibilidade do status do sistema	0%	0%	0%	12,5%	87,5%
Relação entre o sistema e o mundo real	0%	0%	12,5%	25%	62,5%
Controle e liberdade do usuário	0%	0%	12,5%	12,5%	75%
Consistência e padrões	0%	0%	0%	37,5%	62,5%
Prevenção de erros	0%	0%	0%	37,5%	62,5%
Reconhecimento em vez de recordação	0%	0%	0%	12,5%	87,5%
Flexibilidade e eficiência de uso	0%	0%	0%	25%	75%
Estética e design minimalista	0%	0%	0%	12,5%	87,5%
Ajuda os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros	0%	0%	37,5%	12,5%	50%
Ajuda e documentação	0%	0%	12,5%	25%	62,5%

Tabela 6 – Avaliação de usabilidade com base nas 10 heurísticas de Nielsen.

Ao analisar alguns resultados, observa-se que a maioria dos usuários sentiram-se bem informados sobre o que o aplicativo estava fazendo, indicando uma alta visibilidade do status do sistema, com 87,5% dos participantes expressando muita satisfação. A linguagem utilizada pelo aplicativo foi considerada clara e familiar para 87,5% dos usuários no quesito de satisfatório ou mais, ressaltando uma boa relação entre o sistema e o mundo real. No entanto, ao avaliar a consistência e padrões, embora a maioria (62,5%) tenha respondido positivamente, existe uma margem de 37,5% que pode indicar uma área para revisão e melhoria.

A flexibilidade e eficiência de uso foram bem recebidas, com 75% dos participantes indicando satisfação com os atalhos e métodos para acelerar o uso do aplicativo. Isso aponta para uma experiência eficiente e adaptada às necessidades dos usuários experientes. A estética e o design minimalista também foram altamente valorizados, com 87,5% dos participantes satisfeitos, sugerindo que o design do aplicativo é apropriado e não contém informações irrelevantes ou raramente necessárias.

Uma análise preocupante nesses resultados, é quando falamos de ajudar os usuário a desfazer ações realizadas indevidamente enquanto utilizava o aplicativo. Com 50% dos usuários classificando a heurística como 'Neutra' e 'Satisfatório', a alta porcentagem de respostas neutras deixa evidente que as mensagens podem não estar cumprindo totalmente esse papel no aplicativo. Nesse ponto há uma oportunidade significativa para essas melhorias.

Com 87,5% dos participantes relatando um nível de satisfação alto sobre reconhecimento em vez de recordação, fica evidente que o aplicativo X-Ray Covid19 está bem projetado para facilitar a interação intuitiva. Este aspecto é fundamental, pois permite que os usuários se concentrem mais na realização de suas tarefas em vez de lembrar como operar o aplicativo.

Quando se trata de controle e liberdade do usuário, 75% dos participantes se sentiram satisfeitos com a facilidade em desfazer ou refazer ações, o que demonstra que o aplicativo oferece uma experiência de usuário flexível, permitindo correções de ações sem causar frustração ou interrupções no fluxo de trabalho. Este é um aspecto crítico que contribui significativamente para a confiança do usuário em nossa solução, pois erros podem acontecer e a capacidade de recuperar-se deles é essencial para uma experiência de usuário sem dificuldade.

Por fim, a ajuda e a documentação do aplicativo, embora geralmente bem recebidas, indicam que 37,5% dos usuários podem beneficiar-se de informações adicionais ou mais acessíveis, destacando a importância de continuar a desenvolver e refinar a documentação e suporte ao usuário.

No geral, a avaliação baseada nas heurísticas de Nielsen forneceram evidências de que o X-Ray Covid19 atende a muitos dos princípios fundamentais de uma boa usabilidade. No entanto, os dados coletados também destacam áreas específicas onde melhorias podem ser implementadas para elevar ainda mais a experiência do usuário.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As contribuições deste projeto são: (a) a proposta de uma solução móvel que equilibra escalabilidade, segurança, privacidade e usabilidade; (b) a implementação do aplicativo X-Ray Covid19 utilizando tecnologias modernas, a exemplo do TFLite, trazendo eficácia do processamento de *machine learning* em dispositivos móveis; (c) uma avaliação detalhada da usabilidade do aplicativo, que fornece *insights* fundamentais para o desenvolvimento futuro de soluções de saúde digital.

A implementação prática da solução proposta se concretizou no desenvolvimento do aplicativo X-Ray Covid19, que incorporou tecnologias de ponta e práticas de usabilidade centradas no usuário. A aplicação foi submetida a uma avaliação de usabilidade, baseada nas 10 heurísticas de Nielsen, onde participantes de diferentes áreas contribuíram com *feedbacks* valiosos. Os resultados indicaram que, em geral, o aplicativo proporciona uma experiência positiva, destacando-se na facilidade de navegação e controle pelo usuário. No entanto, observou-se a necessidade de melhorias na comunicação de erros, um aspecto crucial para a usabilidade e satisfação do usuário.

A solução exemplifica a aplicação prática de uma arquitetura que segue boas práticas e orientada ao usuário, destacando a importância de uma abordagem que não considere apenas funcionalidades técnica, mas também a experiência do usuário final.

Várias iniciativas emergem como continuidade natural deste projeto. Uma direção promissora é a transformação da solução atual em um *framework* adaptável, capaz de atender a uma gama de desafios no setor de saúde. Aprimoramento contínuo do modelo de inteligência artificial do X-Ray Covid19, visando não apenas aumentar a precisão, mas também inovar na capacidade de diagnóstico do aplicativo. Adicionalmente, a criação de uma plataforma web que forneça um mapa de incidência de doenças, utilizando modelos de machine learning para analisar e prever tendências de surtos, como a COVID-19, surge como uma contribuição valiosa para a utilidade pública.

A análise de *feedbacks* dos participantes da avaliação de usabilidade, trazem sugestões de melhorias e pontos de atenções para uma próxima versão da solução. Isso inclui a limpeza de análises individuais, melhorias no fluxo de biometria/face ID, na exibição de erros e inconsistências nos resultados de análises. A realização de testes de desempenho, como análise de flops, e de segurança com árvores de ataques, são essenciais para continuar aprimorando a solução. Essas ações futuras refletem um compromisso com a melhoria contínua e a inovação na área de saúde digital, visando beneficiar tanto profissionais de saúde quanto o público em geral.

## REFERÊNCIAS

- IAN, S. Engenharia de software. **9a. edição, Addison-Wesley/Pearson**, 2011. Citado na página 28.
- KREUTZ, D. et al. O cadeado do navegador representa segurança na internet? p. 3, 12 2019. Citado na página 23.
- Latif, S. et al. Leveraging data science to combat covid-19: A comprehensive review. **IEEE Transactions on Artificial Intelligence**, v. 1, n. 1, p. 85–103, 2020. Citado na página 19.
- MACHADO, R. B. Sspd-igpd: uma solução para segurança e privacidade de dados no cenário da lei geral de proteção de dados. **Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - UNIPAMPA**, 2019. Citado na página 20.
- MAIRIZA, D.; ZOWGHI, D.; NURMULIANI, N. An investigation into the notion of non-functional requirements. In: . [S.l.: s.n.], 2010. p. 311–317. Citado na página 30.
- MARTIN, R. C. **Clean Architecture: A Craftsman’s Guide to Software Structure and Design**. [S.l.]: Prentice Hall, 2017. ISBN 978-0134494166. Citado na página 33.
- NIELSEN, J. **10 Usability Heuristics for User Interface Design**. 1994. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>>. Citado na página 24.
- PEREIRA, R. T. C. et al. Predictcovid: Inteligência artificial aplicada ao diagnóstico de covid-19. **Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão - SIEPE**, 2020. Citado na página 32.
- QUINCOZES, V. et al. Medbe: Um aplicativo móvel para agendamento inovador de consultas. In: **Anais Estendidos do XVIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2022. p. 221–224. ISSN 0000-0000. Disponível em: <[https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi\\_estendido/article/view/21593](https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi_estendido/article/view/21593)>. Citado na página 20.
- QUINCOZES, V. E. et al. A mobile application for on-demand scheduling of health services. In: **Proceedings of the XVIII Brazilian Symposium on Information Systems**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2022. (SBSI '22). ISBN 9781450396981. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3535511.3535556>>. Citado na página 20.
- QUINCOZES, V. E. et al. Information system for scheduling 4.0: Characterization, ux and lgpd. **iSys - Brazilian Journal of Information Systems**, v. 16, n. 1, p. 5:1 – 5:31, May 2023. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/isys/article/view/2832>>. Citado na página 20.
- SIQUEIRA, R. **Aplicativo que analisa radiografia evolui e identifica outras doenças além da covid-19**. 2020. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/ciencias/aplicativo-que-analisa-radiografia-evolui-e-identifica-outras-doencas-alem-da-covid-19/>>. Citado na página 19.

SOARES, M. O. et al. Desenvolvimento da plataforma online predictcovid: desafios e experiências. **Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão - SIEPE**, 2020. Citado na página 19.

WAYKAR, Y. role of use case diagram in software development. **International Journal of Management and Economics**, 01 2015. Citado na página 28.

## **Anexos**

## ANEXO A – TUTORIAL PARA TESTES

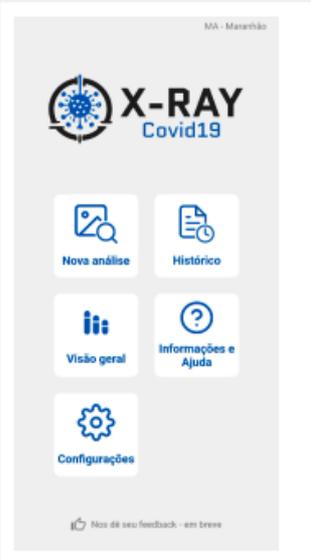
Michael Martins  
Engenharia de Software

# Aplicativo X-Ray Covid19

por Michael martins

O aplicativo tem como principal objetivo analisar radiografias do tórax humano e identificar possíveis casos de Covid-19 em pacientes. Neste documento você terá acesso às principais funcionalidades e como utilizá-las em um dispositivo móvel para realização dos seus testes.

### Conhecendo o aplicativo

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Nova Análise:</b> Recurso para realizar a análise de imagens do tórax humano para verificar casos de covid-19 em pacientes.             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Para facilitar a experiência, também é possível carregar imagens externamente fora do aplicativo para dentro dele. (e.g. enviar uma imagem do Whatsapp para X-Ray covid19)</li> </ol> </li> <li>2. <b>Histórico:</b> Contém todo o histórico de análises realizadas no app             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Também é possível no histórico exportar como PDF e compartilhar histórico</li> </ol> </li> <li>3. <b>Visão geral:</b> Dados estatísticos de análises gerais já realizadas no app por todos os outros usuários.</li> <li>4. <b>Informações e ajuda:</b> Informações sobre a aplicação e dados para contato.</li> <li>5. <b>Configurações:</b> Área para ajustar configurações de Histórico, Estado do usuário e Habilitar/Desabilitar Biometria/Face ID.</li> </ol>
--	--

### Sobre usabilidade

Antes de iniciar seus testes, é importante familiarizar-se com as 10 heurísticas de Nielsen para usabilidade. Estes princípios são considerados melhores práticas na indústria de design de interação e ajudarão você a avaliar a experiência do usuário com o aplicativo X-Ray Covid19 de forma mais efetiva:

- **Visibilidade do Status do Sistema:** O aplicativo deve sempre manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, através de feedbacks oportunos.
- **Relação entre o Sistema e o Mundo Real:** O aplicativo deve falar a língua dos usuários, com palavras, frases e conceitos familiares.
- **Controle e Liberdade do Usuário:** Os usuários precisam de meios para desfazer e refazer ações sem dificuldade.
- **Consistência e Padrões:** Os usuários não devem ter que se perguntar se diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa.
- **Prevenção de Erros:** O aplicativo deve evitar condições de erro ou, pelo menos, oferecer uma confirmação antes de realizar ações críticas.
- **Reconhecimento em vez de Lembrança:** Os objetos, ações e opções devem ser visíveis e facilmente recuperáveis.

Figura 6 – Conteúdos do arquivo instrucoes-de-uso.pdf

- **Flexibilidade e Eficiência de Uso:** O aplicativo pode ser usado por usuários experientes e novatos, permitindo que cada um alcance a eficiência desejada.
- **Estética e Design Minimalista:** As interfaces não devem conter informações irrelevantes ou raramente necessárias.
- **Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros:** As mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples, com sugestões de solução.
- **Ajuda e Documentação:** A ajuda e a documentação devem ser facilmente acessíveis e focadas na tarefa do usuário, listando etapas concisas a serem seguidas.

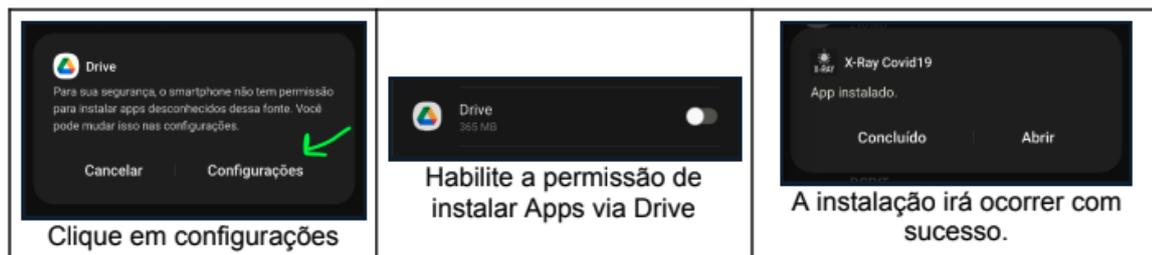
Ao testar o aplicativo, tente manter esses princípios em mente e observe como eles são aplicados ou podem ser melhorados.

### Recursos necessários

Para realização dos testes, baixe para seu dispositivo as imagens disponíveis de radiografias para testes. Existem tanto imagens de radiografias normais quanto casos de Covid-19 em pacientes. Além disso, baixe o aplicativo no arquivo [app-x-ray-covid19.apk](https://drive.google.com/drive/folders/13x8-Zlh3q2nBMmO36IRlwwGOV8gczNFI?usp=sharing).

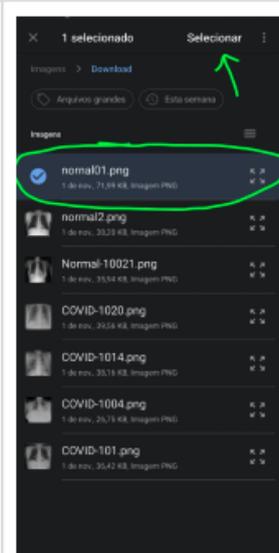
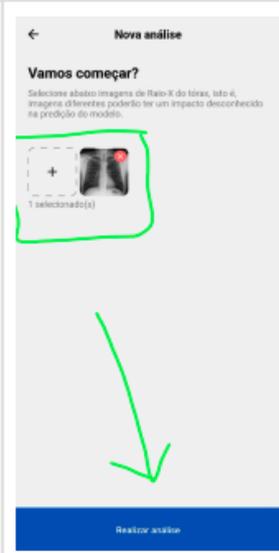
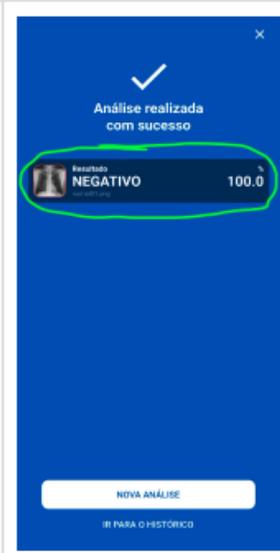
<https://drive.google.com/drive/folders/13x8-Zlh3q2nBMmO36IRlwwGOV8gczNFI?usp=sharing>

**ATENÇÃO:** Se ocorrer um erro ao tentar instalar o app, verifique a permissão de instalação de APK pelo Drive. O Android geralmente irá solicitar a permissão. Siga as instruções abaixo.

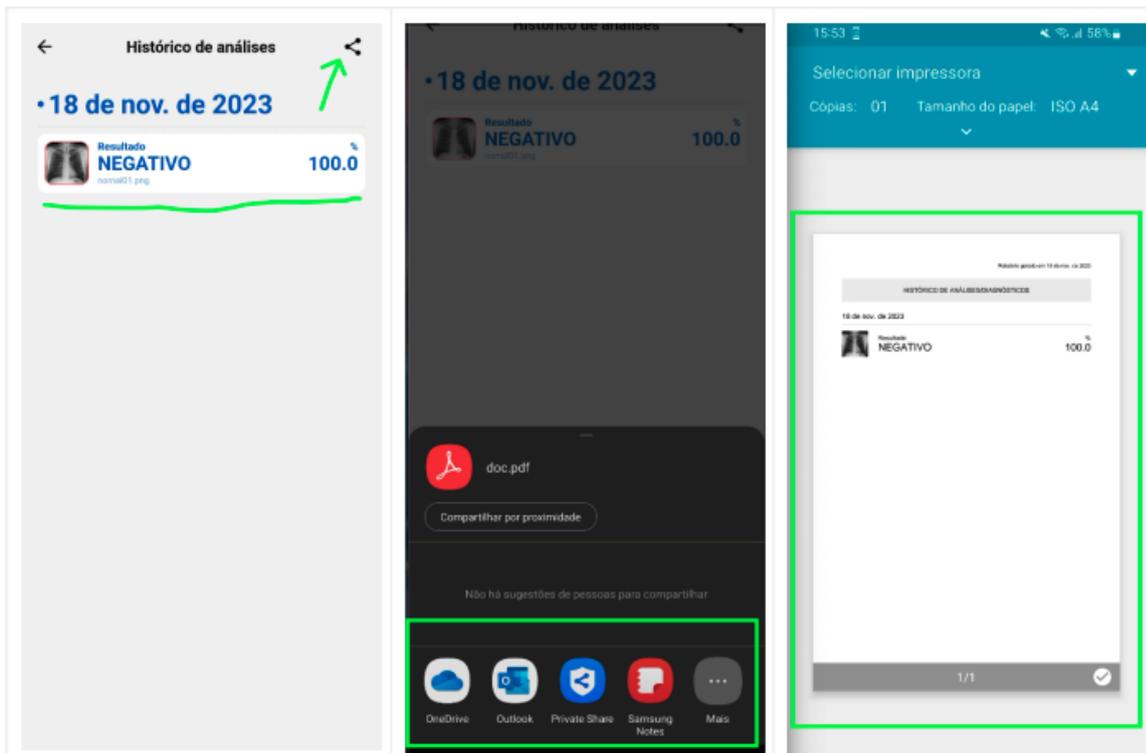


## Como utilizar alguns recursos do aplicativo

### - Analisar imagens de radiografias

 <p>1. Toque na área de seleção de imagens para carregar imagens de radiografias.</p>	 <p>2. Selecione uma ou mais imagens que deseja analisar.</p>	 <p>3. Após carregar as imagens, toque em "Realizar análise" para iniciar a análise.</p>	 <p>4. Aguarde o processamento e após concluir você terá o resultado da análise realizada.</p>
---	---	---	--

## - Histórico



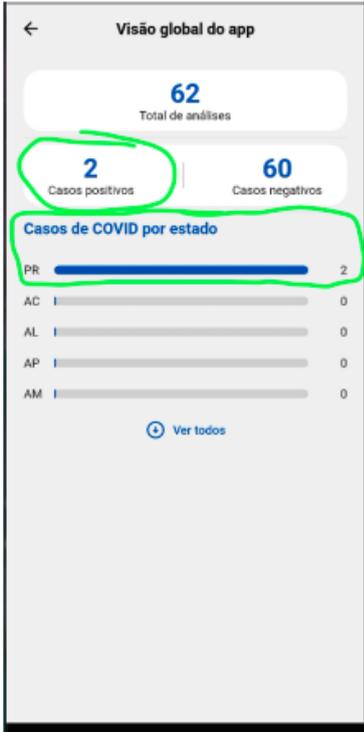
The first screenshot shows the 'Histórico de análises' screen with a date filter for '18 de nov. de 2023' and a result card for 'Resultado NEGATIVO 100.0'. A green arrow points to the share icon in the top right corner.

The second screenshot shows the sharing menu with various options like 'doc.pdf', 'Compartilhar por proximidade', and a list of external apps: OneDrive, Outlook, Private Share, Samsung Notes, and 'Mais'. A green box highlights the 'Mais' option.

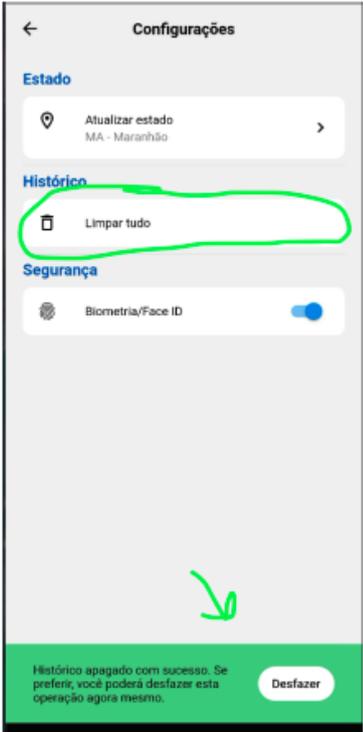
The third screenshot shows the 'Selecionar impressora' screen with a preview of the generated PDF report, which includes the date and result information from the previous screens. A green box highlights the entire preview area.

1. Você terá a listagem de análises realizadas. Além disso, no ícone superior indicado, você poderá exportar o seu histórico
2. Selecione para qual aplicativo externo deseja compartilhar ou imprimir seu histórico.
3. Após a exportação, você terá acesso ao seu PDF gerado.

## - Visão geral & Configurações



Na visão geral do app você terá acesso aos dados estatísticos de análises realizadas por outros usuários. A exibição por estado será com base nos resultados positivos.



Nas configurações você poderá também limpar seu histórico de análises. Se houver algum engano, você poderá desfazer a operação dentro de alguns segundos

### Contatos para suporte

**Responsável:** Michael L. N. Martins

**Contato:** +55 (55) 9 9726-0885

**Email:** [michaelmartins096@gmail.com](mailto:michaelmartins096@gmail.com) | [michaelmartins.aluno@unipampa.edu.br](mailto:michaelmartins.aluno@unipampa.edu.br)

Muito obrigado pelos seus testes. Eles são importantes para termos uma solução com qualidade e que traga uma experiência positiva para os usuários finais. Se tiver interesse, participe da nossa pesquisa de usabilidade do aplicativo em <https://forms.gle/Xei6DNAAABE97FFn9>.

Obrigado!

~ Michael Martins.