

Proposta de solução tecnológica para o Hackatona 2022

EXPIRIA

Representante da equipe:

Klena Sarges Marruaz da Silva – CPF 566401295-15 - klena.sarges@fiocruz.br

Participantes:

Igor Machado de Castro – CPF 087187567-51 - igor.machado@fiocruz.br

Fabio Luís Daudt Morais – CPF 055816927-93 - fabio.daudt@fiocruz.br

Gustavo Macedo Jordão – CPF 138320087-48 - gustavo.jordao@fiocruz.br

Link Github: <https://github.com/MachadoDeCastro/ExpirIA>

Janeiro

2022

Governança

- *Área gestora responsável pelo produto/solução:*

O produto estará na governança da Secretaria de Saúde do Distrito Federal – SESDF, o qual disponibilizará a solução para os médicos infectologistas, pneumologistas, radiologistas e de outras especialidades envolvidos no atendimento de pacientes em situação de infecção e pós-infecção de COVID-19 (pós-COVID/sequelas/persistência de sintomas respiratórios).

A solução deve ter interface com a Plataforma de Inteligência Cooperativa com Atenção Primária à Saúde (Picaps) para armazenamento dos dados a respeito de pacientes com COVID persistente e portadores de coinfeções com outras doenças pulmonares infecciosas (tuberculose e pneumonias fúngicas) e as plataformas TrakCare e Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS).

- *Usuários do produto:*

Médicos infectologistas, pneumologistas, radiologistas e de outras especialidades envolvidos no atendimento de pacientes em situação de infecção e pós-infecção por COVID-19 (pós-COVID/sequelas/persistência de sintomas respiratórios) que utilizarão a solução para auxílio no diagnóstico de patologias pulmonares causadas por COVID persistente, sequelas da COVID-19, coinfeções de COVID-19 com tuberculose ou pneumonias fúngicas causadas por histoplasmoze, criptococose, aspergilose, paracoccidiomicose e *Candida auris*.

Fontes de dados

- *Sistemas de informações associados:*

Plataforma de Inteligência Cooperativa com Atenção Primária à Saúde para o enfrentamento da Covid-19 - PICAPS (UnB/Fiocruz);

- Plataformas TrakCare;

- Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS).

- *Dados coletados:*

O software necessitará de acesso a *datasets* abertos de imagens de radiografias e tomografias provenientes de pacientes, de qualquer região do mundo, infectados com COVID-19 ou portadores de infecções por tuberculose ou pneumonias fúngicas e/ou coinfeções por COVID-19 e as doenças citadas. Porém, também se pretende a formação de um banco de dados proveniente de imagens desta natureza coletadas a partir de exames por imagem realizados em pacientes do DF, por meio de autorização do paciente no momento da consulta médica, em respeito a Lei Geral de Proteção de Dados (LEI Nº 13.709, DE 14 DE AGOSTO DE 2018).

Para tal, os médicos que farão os atendimentos dos pacientes-alvo, realizarão o envio da foto dos exames por meio de função específica para envio de fotos disponível no aplicativo.

Requisitos

- *Levantamento de necessidades (qual é a inovação?)*

A pandemia da COVID-19 ocasionou e ainda ocasiona sério problema de Saúde Pública à população brasileira. Parte da população que se infectou com o novo coronavírus mantém sequelas da doença e outra parte, prejudicada pelo impacto no atendimento de outras enfermidades na rede pública, manifestou sintomas de outros agravos que estão reemergindo em função da condição socioeconômica do país, tais como as micoses pulmonares e tuberculose diagnosticadas como coinfeções em pacientes com Covid-19, as quais causam quadros debilitantes e fatais. Vários são os relatos de coinfeções de pneumonias causadas por fungos - como aspergilose, candidíase e mucormicose - em pacientes que foram infectados com COVID-19 (ANVISA, 2021; NEUFELD, 2020; MACEDO et al., 2021). Em especial, neste cenário que se espera ser pós-pandêmico, a vigilância em saúde deve ter total atenção para casos de pneumonias causadas por *Candida auris* que vêm emergindo no país (ANVISA, 2022).

A OMS alertou que, devido a ocorrência da pandemia pelo novo coronavírus, globalmente poderá haver 6,3 milhões de casos adicionais e 1,4 milhões de mortes adicionais por tuberculose entre os anos de 2020 e 2025, fenômeno este que poderá ser possível analisar somente nos próximos anos (OPAS, 2021).

Espera-se um aumento no número de casos dessas doenças devido ao comprometimento imunológico da população, não somente causado pela crise sanitária, mas também pela ocorrência de vulnerabilidade social e alimentar, e isto tem sido objeto de atenção pela Fiocruz.

Fazer vigilância em saúde e controle da COVID-19 e coinfeções que também causam patologias pulmonares é um grande desafio a ser enfrentado pelo governo federal e estaduais e uma necessidade de antecipação de um cenário que vem se apresentando em relação a infecções por Influenza, tuberculose e outras doenças infecciosas. O uso de tecnologias digitais em saúde que auxiliem em uma maior precisão e agilidade no diagnóstico repercute em ações de saúde pública de enfrentamento imediato, repercutindo também em uma Saúde Pública de Precisão.

O projeto pretende desenvolver uma solução tecnológica que irá auxiliar na detecção e apoiar o diagnóstico de casos de COVID-19 ou COVID-19 associados à tuberculose e pneumonias causadas por fungos em radiografias torácicas e tomografias por meio de software apoiado em inteligência artificial (IA). O software desenvolvido será disponibilizado aos médicos da rede pública de atendimento em saúde do DF, objetivando auxiliar as ações da atenção básica e do sistema de vigilância e controle de COVID-19, tuberculose e das micoses sistêmicas, particularmente de micoses pulmonares, ao colaborar com a implementação de um programa de vigilância em saúde para COVID-19 associada às infecções conjuntas, como a tuberculose e pneumonias fúngicas, e na melhoria do atendimento e perspectiva de saúde dos pacientes da rede pública de atendimento do DF.

- Levantamento de processos (caso de uso da inovação)

Atualmente, o atendimento de pacientes suspeitos de COVID-19 na rede de atendimento em saúde do DF é realizado nas Unidades Básicas de Saúde (UBSs), onde, em geral, o primeiro atendimento encaminha para radiografias emergenciais, que não gera arquivos de imagens. Os exames por tomografia são solicitados aos pacientes internados e tanto as imagens de exames radiológicos quanto as provenientes de tomografias são armazenadas na plataforma TrakCare, sistema unificado de informação da rede pública mantido pela Secretaria de Saúde do Distrito Federal.

Não há ainda um *dataset* dessas imagens que seja disponibilizado para elaboração de soluções que necessitem dessas imagens, uma vez que a plataforma TrakCare é contratada com a empresa InterSystems, fabricante do programa. Desta forma, é necessária consulta da Secretaria de Saúde do DF a InterSystems sobre a possibilidade de interoperabilidade do aplicativo proposto a essa plataforma.

Também foi nos informado, a partir da consulta com as mentoras do Hackatona, que seria importante que o médico que diagnostica o paciente com coinfeções de COVID-19 (pneumonias por tuberculose e doenças fúngicas) possa também receber orientação para manejo dessas doenças a partir do uso da nossa solução, a fim de facilitar o fluxo de informações e desafogar as atividades da Secretaria de Saúde.

Na atenção básica em saúde, o Sistema de Informação de Saúde para a Atenção Básica (SISAB) não permite realizar notificação e consulta a protocolos ou inserção de dados de imagens provenientes de exames. Da mesma forma, ocorre com o SISAPS/e-SUS Atenção Primária (e-SUS APS), que, apesar de possuir adequações para troca de informações com a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS), só permite o registro de procedimentos relacionados a COVID-19 e dados como Pressão Arterial, Temperatura e Glicemia capilar para registro pelos ACS, vinculação de cidadãos com a equipe de saúde de referência e outras funcionalidades que apoiam a gestão na disponibilização de relatórios.

- Análise da situação atual (estado antes da inovação)

No início da pandemia, alguns softwares de predição em tomografias de padrão característico de COVID-19 foram desenvolvidos, como, por exemplo, os aplicativos brasileiros: Trekkers - classificador de raio-X de pulmão (UFPR), Marie (USP) e outros desenvolvidos pela UFMG e UNICAMP.

Porém, os aplicativos de predição de COVID-19 em radiografia e tomografias apoiados em inteligência artificial só identificam o padrão de patologia pulmonar por COVID-19.

Com a apresentação de um novo cenário da pandemia e o aparecimento de casos de coinfeção com outras doenças que também causam patologias pulmonares, é necessário o desenvolvimento de uma solução que apoie os médicos no diagnóstico de infecção por COVID-19 e outra infecção pulmonar coexistente e agilize a necessidade de tratamento específico do paciente de coinfeções. Uma vez que o diagnóstico de doenças pulmonares fúngicas apresentam dois desafios importantes: a incerteza diagnóstica atual e

a dificuldade em determinar a resposta ao tratamento devido aos desafios no monitoramento dos efeitos usando marcadores radiológicos quantitativos (ANGELINI; SHAH, 2020), o ExpirIA também apoia na elucidação de casos suspeitos.

Nosso aplicativo ExpirIA oferece a oportunidade do médico poder acompanhar pacientes com COVID-19 persistente e investigar a possibilidade de coinfeção da COVID-19 com outro agente infeccioso (tuberculose ou fungo) que possa estar agravando o quadro do paciente.

- Impacto esperado (estado depois da inovação)

Nossa solução impactará positivamente na saúde dos pacientes do DF que apresentam COVID persistente, sequelas da COVID-19 e coinfeções de COVID-19 com tuberculose ou pneumonias fúngicas causadas por histoplasmose, criptococose, aspergilose, paracoccidiomicose e *Candida auris* ao permitir um diagnóstico mais rápido de casos de coinfeção por estas doenças.

O aplicativo ExpirIA resolve também, em parte, o problema de pouca integração da atenção primária e a Vigilância em Saúde do Distrito Federal, pois além de apoiar o médico em um diagnóstico mais eficiente e ágil, possibilitará a notificação do caso confirmado via aplicativo, conferindo a interoperabilidade necessária aos sistemas utilizados em Saúde Pública. O aplicativo também possibilita o envio das imagens para repositório público (Picaps) e outros sistemas, como o RNDS, desde que com autorização do paciente.

Descrição do produto

O ExpirIA é um aplicativo para auxílio na detecção e apoio ao diagnóstico de casos de COVID-19 ou COVID-19 associados à tuberculose e pneumonias causadas por fungos em radiografias torácicas e tomografias por meio de software apoiado em inteligência artificial (IA).

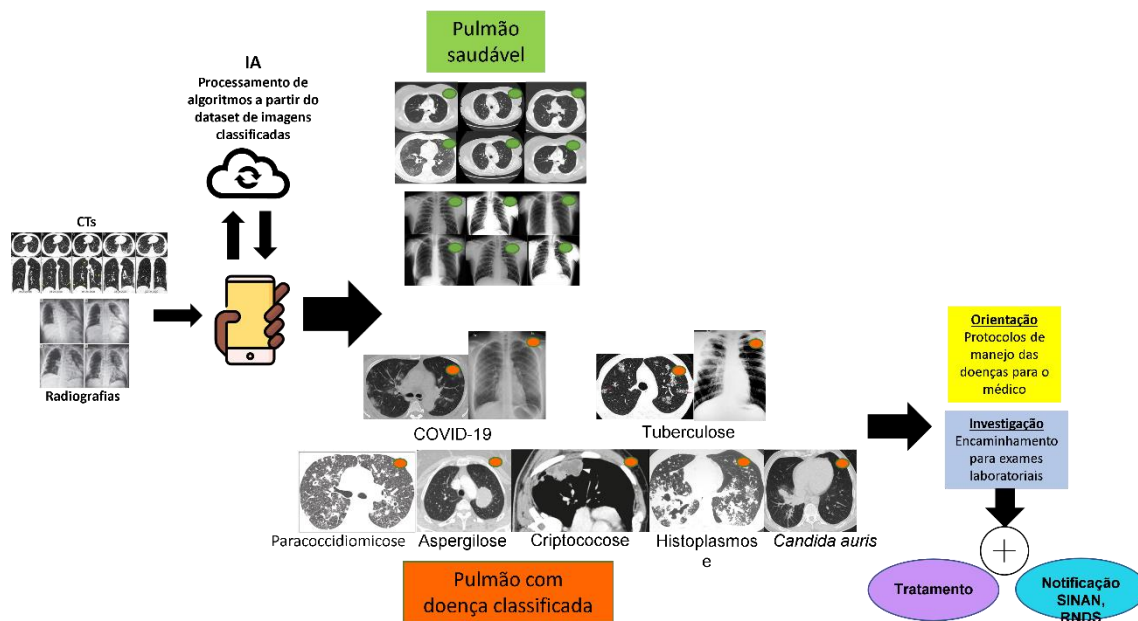
Nossa solução contempla a escalabilidade de novos produtos, serviços e processos utilizados no combate à pandemia de COVID-19; amplia o acesso da população a serviços de saúde relacionados à prevenção e ao enfrentamento da COVID-19 e apoiará o Governo do Distrito Federal no combate à pandemia de COVID-19 com uma solução inovadora para o cenário pós-COVID.

O médico que atenderá o paciente na UBS que está com complicações decorrentes da infecção por COVID-19 poderá fazer a foto da imagem da tomografia e radiografias pela câmera do celular ou incluir foto da galeria de imagens digitalizadas dos exames e, a partir do aplicativo, recebe as informações sobre a predição de possibilidade de ocorrência de padrão patológico das seguintes doenças pulmonares infecciosas: COVID-19, tuberculose e pneumonias causadas por fungos (Histoplasmose, Criptococose, Aspergilose, Paracoccidiomicose, *Candida auris*) (Vide demo no link do Github).

O acesso seguro aos dados será garantido por anonimização da identificação dos pacientes cujas imagens de exames de radiografia e tomografia serão utilizadas pelo app, respeitando a LGPD,

com aderência de dados (coleta, controle, eliminação, etc.) aos princípios gerais previstos no Art. 6º da LGPD, mediante revisão e criação de documentos (contratos, termos, políticas) para uso interno e externo; gestão do consentimento para os tratamentos feitos de acordo com essa base legal e da anonimização, em caso de solicitação de titulares e da ANPD.

Fluxograma



- Processos impactados

Apoio a um diagnóstico mais preciso e rápido de COVID-19 persistente e coinfeções causadas por tuberculose e pneumonias fúngicas, que impactará em tratamento mais eficientes das coinfeções encontradas e notificação mais eficiente de casos suspeitos para a rede pública de saúde.

- Algoritmos (AI) (caso aplique)

Utilização de rede neural profunda (*deep learning*) do tipo convolucional (CNN Convolutional neural networks). Vide algoritmo no Git.Hub: <https://github.com/MachadoDeCastro/ExpirIA>

- Relatórios analíticos e base conceitual

Não se aplica.

- Aplicativos

Aplicativo React Native com inteligência artificial para Android e IOS.

- *Infraestrutura esperada (hardware, software, ferramentas)*

- Celular com sistemas operacionais IOS (a partir das versões 13) ou Android (até a versão R e anteriores). Deploy do aplicativo na App Store e Google Play.
- Nuvem computacional para treinamento dos algoritmos de aprendizagem profunda.

Implementação

- *Informações a respeito da viabilidade, escala e capacidade de replicação:*

Por se tratar de aplicativo disponibilizado em App Store e Google Play, ele pode ser escalado e replicado para toda e qualquer região do Brasil e do mundo.

- *Plano de trabalho:*

Etapa	Atividade	Mês de início	Mês final	Produtos/Entrega	Responsável (is)
Elaboração do software	Planejamento da arquitetura do projeto, seleção das bases de dados disponíveis (datasets de imagens)	FEV	FEV	Protótipo – Fase 1	Klena Sarges Fábio Daudt Igor Machado Gustavo Jordão
	Descrição dos elementos básicos de design e variáveis de classe/funcionalidades	FEV	FEV	Protótipo – Fase 1	Klena Sarges Fábio Daudt Igor Machado Gustavo Jordão
	Prova de conceito, implementação da classe descrita	MAR	MAR	Protótipo – Fase 2	Fábio Daudt Igor Machado Gustavo Jordão
	Treinamento dos algoritmos	MAR	ABR	Protótipo – Fase 3	Fábio Daudt Igor Machado Gustavo Jordão
Validação interna	Testes de validação funcional e metodológica independentes no ambiente do Lab de Inovação	ABR	ABR	1ª Validação do protótipo	Klena Sarges Fábio Daudt Igor Machado Gustavo Jordão
Protótipo	Entrega do protótipo	MAI	MAI	Protótipo final	Klena Sarges Fábio Daudt Igor Machado Gustavo Jordão
	Registro do software	MAI	MAI		Klena Sarges

Elaboração do produto	Validação com usuários-teste; Entrevistas com usuários-teste para elaboração de projeto de UXDesign	MAI	JUN		Klena Sarges Fábio Daudt Igor Machado Gustavo Jordão Bolsistas
	Iterações	JUN	JUL		Klena Sarges Fábio Daudt Igor Machado Gustavo Jordão Bolsistas
	Elaboração de projeto de UXDesign Desenvolvimento final de front-end	JUN	JUL		Fábio Daudt Igor Machado Gustavo Jordão Bolsistas
	Nova validação com usuários-teste	JUL	JUL		Klena Sarges Fábio Daudt Igor Machado Gustavo Jordão Bolsistas
	Integração do app a plataformas com operabilidade já disponíveis	MAI	AGO		Fábio Daudt Igor Machado Gustavo Jordão Bolsistas
Entrega	Entrega final do produto	AGO	AGO		Klena Sarges Fábio Daudt Igor Machado Gustavo Jordão Bolsistas

- Cronograma:

	Atividades	Período (2022)
Início das atividades	Descrição dos elementos básicos de design e variáveis de classe/funcionalidades	01 a 20 de fevereiro
	Busca de datasets para as doenças a serem classificadas	01 a 20 de fevereiro
	Prova de conceito, implementação da classe descrita	01 a 15 de março
	Treinamento dos algoritmos	15 de março a 15 de abril
	Testes de validação funcional e metodológica independentes no ambiente do Lab de Inovação	15 a 30 de abril
Entrega do protótipo	Entrega do protótipo	01 de maio
Resultado final e Início do processo de incorporação	Validação com usuários-teste; Entrevistas com usuários-teste para elaboração de projeto de UXDesign	23 de maio a 20 de junho
	Iterações	21 de junho a 10 de julho
	Elaboração de projeto de UXDesign Desenvolvimento final de front-end	21 de junho a 20 de julho
	Nova validação com usuários-teste	21 a 30 de julho
	Integração do app a plataformas com operabilidade já disponíveis	23 de maio a 19 de agosto
Entrega final do produto	Entrega final do produto	20 de agosto

Orçamento previsto

Descrição	Valor unitário	Quantidade	Valor Total	ND
Computador desktop (item 10894 – FNS)	R\$ 8.086,00	4	R\$ 32.344,00	449052
No-break - 1,2 kVA, 600 W. Bivolt	R\$ 780,00	4	R\$ 3.120,00	449052
Bolsa de nível superior (experiência de 2 a 3 anos) (3 meses) Perfil: desenvolvedor de software	R\$ 3.440,00	1	R\$ 10.320,00	339039
Bolsa nível superior (experiência 4 a 5 anos) (3 meses) Perfil: desenvolvedor de software	R\$ 4.988,00	1	R\$ 14.964,00	339039
Bolsa nível superior (experiência 4 a 5 anos) (3 meses) Perfil: UX Design	R\$ 4.988,00	1	R\$ 14.964,00	339039
Bolsa nível superior (experiência 4 a 5 anos) (3 meses) Perfil: profissional de saúde – médico pneumologista ou infectologista ou radiologista	R\$ 4.988,00	1	R\$ 14.964,00	339039
Bolsa de inovação* (3 meses)	R\$ 4.764,89	3	R\$ 42.884,01	339039
Contratação de consultoria em uso da LGPD para Plano de Adequação e Gestão do conhecimento e anonimização	R\$ 30.000,00	1	R\$ 30.000,00	
Total geral: R\$ 163.560,01				

* conforme condições da Fiotec para implementação de bolsas de inovação a servidores Fiocruz (Klena Sarges, Igor Machado e Fábio Daudt)

Referências

ANGELINI, E.; SHAH, A. Using Artificial Intelligence in Fungal Lung Disease: CPA CT Imaging as an Example. **Mycopathologia**, v.186, p. 733–737, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11046-021-00546-0>

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **NOTA TÉCNICA GVIMS/GGTES/ANVISA Nº 04/2021**. Orientações para vigilância, identificação, prevenção e controle de infecções fúngicas invasivas em serviços de saúde no contexto da pandemia da COVID-19 – 14.06.2021

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Confirmado novo caso de Candida auris no Brasil**. Publicado em 12 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2022/confirmado-novo-caso-decandida-aurisno-brasil>

NEUFELD, P.M. A COVID-19 e o diagnóstico da aspergilose pulmonar invasiva. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v.52, n. 2, 2020.DOI: 10.21877/2448-3877.20200019

MACEDO, P.M.; FREITAS, A.D.; BÁRTHOLO, T.P.; BERNARDES-ENGEMANN, A.R.; ALMEIDA, M.A.; ALMEIDA-SILVA, F.; ZANCOPÉ-OLIVEIRA, R.M.; ALMEIDA-PAES, R. Acute Pulmonary Histoplasmosis Following COVID-19: Novel Laboratorial Methods Aiding Diagnosis. **Journal of Fungi**, v.7, p.346, 2021.

OPAS. Organização Panamericana da Saúde. **Mortes por tuberculose aumentam pela primeira vez em mais de uma década devido à pandemia de COVID-19**. Publicado em 14 de outubro de 2021. Disponível: <https://www.paho.org/pt/noticias/14-10-2021-mortes-por-tuberculose-aumentam-pela-primeira-vez-em-mais-uma-decada-devido>

Datasets de imagens de tomografias e radiografias de pacientes com COVID-19:

Mostafavi, Sayyed Mostafa, 2021, "COVID19-CT-Dataset: An Open-Access Chest CT Image Repository of 1000+ Patients with Confirmed COVID-19 Diagnosis", <https://doi.org/10.7910/DVN/6ACUZI>, Harvard Dataverse, V1

Machine Learning (cs.LG); Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV); Image and Video Processing (eess.IV); Machine Learning (stat.ML) arXiv:2003.13865 [cs.LG]: <https://github.com/UCSD-AI4H/COVID-CT>

COVID-19 Image Data Collection: Prospective Predictions Are the Future. Joseph Paul Cohen and Paul Morrison and Lan Dao and Karsten Roth and Tim Q Duong and Marzyeh Ghassemi. arXiv:2006.11988, <https://github.com/ieee8023/covid-chestxray-dataset>, 2020

B. van Ginneken, M.B. Stegmann, M. Loog, "Segmentation of anatomical structures in chest radiographs using supervised methods: a comparative study on a public database", *Medical Image Analysis*, 2006, vol. 10, pp. 19-40. <https://www.isi.uu.nl/Research/Databases/SCR/>
<http://medicalsegmentation.com/covid19/>