



**CONFORME SOLICITAÇÃO DO AUTOR, ESTA
PRODUÇÃO INTELECTUAL POSSUI
RESTRIÇÃO DE ACESSO**

**CAXIAS DO
SUL 2022**

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL - UCS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

RODRIGO SCHRAGE LINS

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE
INFORMAÇÕES EM CONTROLE DE INFECÇÃO HOSPITALAR**

CAXIAS DO SUL

2023

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL - UCS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

RODRIGO SCHRAGE LINS

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE
INFORMAÇÕES EM CONTROLE DE INFECÇÃO HOSPITALAR**

Tese apresentada à Universidade de Caxias do Sul, para obtenção do Título de doutor em Ciências da Saúde.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lessandra Michelin
Co-Orientador: Prof. Dr. Leandro Luis Corso

CAXIAS DO SUL

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

L759d Lins, Rodrigo Schrage

Desenvolvimento de software de gerenciamento de informações em controle de infecção hospitalar [recurso eletrônico] / Rodrigo Schrage Lins. – 2023.

Dados eletrônicos.

Tese (Doutorado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, 2023.

Orientação: Lessandra Michelin Rodriguez Lins.

Coorientação: Leandro Luís Corso.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Infecção hospitalar - Banco de dados. 2. Inteligência artificial - Aplicações médicas. 3. Aprendizado do computador. 4. Software - Desenvolvimento. I. Lins, Lessandra Michelin Rodriguez, orient. II. Corso, Leandro Luís, coorient. III. Título.

CDU 2. ed.: 614.4:004.4

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS DA SAÚDE**

**COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA
SAÚDE
PROF. DR. JOSÉ MAURO MADI**

RODRIGO SCHRAGE LINS

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE
INFORMAÇÕES EM CONTROLE DE INFECÇÃO HOSPITALAR**

Tese de Doutorado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Saúde, Linha de Pesquisa: Investigação Clínica e Epidemiológica.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a Lessandra Michelin

Universidade de Caxias do Sul - UCS

Professora-orientadora - Presidente da Banca Examinadora

Prof. Dr. Leandro Luís Corso

Universidade de Caxias do Sul - UCS

Professor-coorientador

Prof. Dr. Alexandre Fassini Michels

Universidade de Caxias do Sul - UCS

Prof. Dr. Eduardo Alexandrino Servolo de Medeiros

Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

Prof. Dr. Emerson Rodrigues

Universidade de Caxias do Sul - UCS

Caxias do Sul, 10 de março de 2023

Dedicatória

Dedico essa pesquisa e o doutorado à Dra. Lessandra Michelin. Desde o nosso primeiro contato, ao ouvir sobre as ideias do projeto, reconheceu nelas um grande potencial e dedicou mais tempo do que o normal a criar e conceber o que hoje é uma aplicação viável. Foi a única pessoa que posso dizer que viu e viveu o EPIC com os mesmos olhos, com a mesma dedicação e dando o mesmo valor a cada detalhe.

O que começou como parceria de um trabalho para uma tese de doutorado em quatro anos extravasou para parceria em três livros, uma nota técnica da ANVISA, cinco artigos científicos (oito se contar os três diretamente relacionados ao doutorado) e um futuro próximo já com projetos e compromissos assumidos. E isso com um ano e seis meses de prazo antes dos quatro anos que pode ter o doutorado. Hoje não posso dizer que temos uma parceria de trabalho, mas que temos uma verdadeira parceria de vida e que não há artigo, oportunidade, participação ou projeto meu que não conte com lugar de destaque para ela.

Me considero uma pessoa com grande tendência à procrastinação e digo também que a minha própria produção não teria sido feita de forma tão rápida e eficiente se não fossem os prazos, as cobranças, os combinados e a organização dela.

À Dra. Lessandra Michelin os meus maiores agradecimentos e toda a minha admiração. Depois da UCS, do Rio Grande do Sul e da sua companhia posso dizer que vivo uma nova vida, na minha melhor versão. E com toda a dificuldade em se produzir ciência e se dedicar à educação no Brasil (e hoje eu vejo o quão árido é esse caminho), posso dizer que a caminhada com você tem sido muito feliz.

Que essa parceria nunca acabe.

Agradecimentos

Aos meus pais, cujos bons exemplos me levaram a buscar as melhores condutas. Obrigado pelo apoio em todas as horas, pelo incentivo e pelos braços sempre abertos.

Ao meu filho Rafael Lins, o melhor amigo, o grande professor, o exemplo de alegria, carinho e superação. Que eu possa um dia trilhar o meu caminho com a desenvoltura e tranquilidade que você mostra em cada passo seu, cheio de força e significado.

A Universidade de Caxias do Sul (UCS), que foi a instituição na qual mais me senti acolhido, através de seus profissionais, de oportunidades de ensino e aprendizado, e que me proporcionou a mais importante etapa da minha jornada profissional.

A Leandro Luís Corso, meu coorientador, de quem nunca ouvi uma única palavra que não fosse de elogio e suporte, que abraçou o projeto EPIC e me abriu as portas no nosso produtivo grupo de pesquisa. Obrigado pelo aprendizado e pela oportunidade. É um privilégio aprender inteligência artificial com você.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da UCS, todos com abundante disponibilidade, didática, conhecimento técnico e experiências de vida muito enriquecedoras. Queridos mestres e amigos que não serão esquecidos.

Um agradecimento especial ao Dr. Asdrubal Falavigna, cujo incentivo transcendeu a minha jornada na UCS, se estendendo para as novas etapas da minha própria vida pessoal.

Ao Dr. Eduardo Alexandrino, importante referência no cenário da infectologia e do controle de infecção no Brasil, por aceitar o convite para a banca de doutorado. Fico honrado com a sua presença e com as suas contribuições.

Ao Dr. Emerson Rodrigues da Silva, professor da banca e do curso de pós-graduação, um colega médico cujo pensamento tem caráter prático, cheio de boas referências e recomendações de leitura, preocupado com as questões fundamentais da aplicação e produção do conhecimento, do papel da universidade e de tantos assuntos que abordamos em conversas agradabilíssimas que duraram bem menos do que eu gostaria.

A Fernando Taboas, programador principal do aplicativo e nossa referência de blockchain.

A Marcelo Leite, grande amigo, nosso consultor e especialista de privacidade e segurança de dados. Que essas sejam as primeiras de muitas parcerias e produções científicas.

A Georg Arnold Schrage, que me incentivou, me acompanhou e investiu mais do que algumas tardes nos primeiros passos do EPIC.

A Deise Renata Bringmann. Obrigado por nos ajudar a escolher as melhores revistas e por todas as dicas e orientações de formatação, modelo e participação extremamente ativa em todas as reuniões do grupo de pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Finance Code 001

RESUMO

Introdução: O Comitê de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) é responsável pelo adequado diagnóstico, tratamento e prevenção das Infecções Relacionadas à Assistência em Saúde (IRAS) em hospitais, e a vigilância epidemiológica é a sua principal atividade. A vigilância epidemiológica requer a coleta e o manejo de grande volume de dados, comumente com o uso de diferentes ferramentas, como formulários de papel, planilhas eletrônicas, pequenos bancos de dados etc. **Objetivos:** Entender o processo de trabalho e fluxo de informação de uma CCIH para desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis capaz de gerenciar toda a coleta, acesso e armazenamento de dados, e produção de indicadores gerenciais em uma CCIH. Predizer pacientes com infecção por enterobactérias produtoras de ESBL, com o uso de Inteligência Artificial (IA) antes que os resultados das culturas estejam disponíveis. **Métodos:** Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) foi utilizado para estudar o fluxo de informação na CCIH e encontrar oportunidades de melhoria no processo de trabalho. Também realizamos uma revisão sistemática para definir as características necessárias que um software de saúde deve ter para garantir a segurança e privacidade dos dados coletados. Os autores utilizaram os resultados de ambas as pesquisas para desenhar as funcionalidades do software. A programação do aplicativo utilizou linguagem Java e tecnologia blockchain para gerenciar e armazenar os dados. Programação usual produziu os indicadores gerenciais solicitados pela CCIH e direção do hospital, e criamos um algoritmo de IA para prever pacientes com infecção por enterobactérias produtoras de ESBL antes que os resultados das culturas de microbiologia estejam disponíveis. **Resultados:** Aplicamos MFV para representar o processo de trabalho atual da CCIH (MFV atual) então revisado criticamente por uma equipe multidisciplinar, produzindo um MFV ideal com 15,7 horas/mês a menos de trabalho, menos atividades realizadas retrospectivamente e produção automática de indicadores gerenciais. A pesquisa continuou com o desenvolvimento do software com blockchain e IA. Foi usado um blockchain privado (Plataforma Ethereum) para armazenamento dos dados. Cada nó do blockchain tem uma cópia completa do banco de dados, mas tem acesso apenas aos dados do seu respectivo hospital. Os dados de identificação dos pacientes usaram um segundo contrato no blockchain com criptografia para o reforço da segurança e privacidade dos dados. A latência do blockchain foi contornada com um banco de dados SQLite utilizado como buffer até que os próximos blocos sejam registrados. O algoritmo de IA foi criado utilizando todos os dados nos formulários da vigilância epidemiológica, fatores de risco conhecidos para a infecção de interesse e todas as informações dos pacientes disponíveis nos dados coletados pela CCIH. IA foi aplicada usando Redes Neurais Artificiais (RNA) com 10 neurons (ou camadas ocultas) e aprendizado supervisionado, onde o treinamento é guiado pelo feedback recebido. Um algoritmo de retropropagação com topologia de rede feedforward foi utilizado. **Conclusão:** Um aplicativo para dispositivos móveis utilizando MFV, blockchain e IA foi desenvolvido. Os métodos/tecnologias utilizados se complementam, e o software resultante pode trazer benefícios significativos quando aplicados em uma CCIH.

Palavras-chave: Controle de infecção; Inteligência artificial; Machine learning; Blockchain; Lean; Mapeamento de fluxo de valor.

Abstract

Background: The Hospital Infection Control Committee (HICC) is responsible for adequate diagnosis, treatment, and prevention of Healthcare Associated Infections (HAI) in hospitals, and epidemiologic surveillance is its main activity. Epidemiologic surveillance requires collecting and managing a big amount of data, usually through different tools, such as paper forms, electronic sheets, small databases etc. **Objectives:** Understand the work process and information flow of a HICC to develop an application for mobile devices capable of managing all data collection, storage, access, and Key Performance Indicators (KPI) production in a HICC. Predict patients with enterobacteria producing ESBL infections before culture results are available with the use of Artificial Intelligence (AI). **Methods:** Value Stream Mapping (VSM) was applied to study information flow in the HICC and to find opportunities for improvement in the work process. We also performed a systematic review to identify the necessary characteristics a healthcare software must have to ensure security and privacy of data collected. The authors used the results of these studies to design the functionalities of the software. Application programming used Java language and the blockchain technology to manage data collection and storage. Standard programming produced the KPI required by the HICC team and hospital directors, and we created an AI algorithm to predict patients with ESBL producing enterobacteria infections before the microbiology cultures results are available. **Results:** We applied VSM to represent the current work process of the HICC (actual VSM) and then be critically reviewed by an interdisciplinary team, producing an ideal VSM with 15,7 less hours/month, less activities done retrospectively and automated KPI production. The research continued with the development of the software with blockchain and AI. A private blockchain was used (Ethereum platform) for data storage. Each blockchain node has access to the complete database but only to its respective hospital data. The patient identification data used a second blockchain contract with cryptography to reinforce data security and privacy. Blockchain latency was countered with SQLite database used as buffer until the next blocks were registered. The AI algorithm was created using all data from epidemiological surveillance charts, known risk factors for these infections and all other information available in the HICC recorded data. AI was applied using Artificial Neural Networks (ANN) with 10 neurons (or hidden layers) and supervised learning, where the training is guided by receiving feedback. A backpropagation algorithm with a feedforward network topology was used. **Conclusion:** A mobile device application using VSM, blockchain and AI was developed. The methods/technologies used can be complementary and the resulting software can bring substantial benefits when applied to a HICC.

Key words: Infection control; Artificial Intelligence; Machine learning; Blockchain; Lean; Value Stream Mapping.