

Visão computacional aplicada em um olho robótico para o reconhecimento e classificação de resíduos domésticos – Uma revisão bibliográfica

Gabriel Euzébio S. Rodrigues¹, André Marcos Silva¹

¹Centro Universitário Campo Limpo Paulista (UNIFACCAMP)
Jardim América – CEP 13231-230, Campo Limpo Paulista – SP – Brasil

gabrieleuzebio351@gmail.com, andre@faccamp.br

Abstract. *Computer vision has as its main objective to make computers understand and process the content of digital images, in order to assist in robotic or human development. object recognition may seem somewhat trivial in certain situations, but it can help a lot for those who need it, giving a complete analysis of what the object is and giving a description of what the agent can do, such as to a visually impaired person or even to a reusable trash separating robot. This article presents a literature review that seeks to explore the main approaches and techniques for object recognition and analysis.*

Resumo. *A visão computacional tem como principal objetivo fazer com que computadores possam entender e processar o conteúdo de imagens digitais, para assim auxiliar no desenvolvimento robótico ou na cognição humana. O reconhecimento de objetos pode parecer um tanto trivial em certas situações, porém pode ajudar muito àqueles que necessitam dando uma análise completa do que é o objeto e dar uma descrição do que o agente pode fazer, como por exemplo a uma pessoa com deficiência visual ou até mesmo um braço robótico na separação de lixo reutilizável. Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica que busca explorar as principais abordagens e técnicas de reconhecimento e análise de objetos.*

1. Introdução

Uma das maiores dificuldades que se encontram na atualidade e que são problemas graves e contínuos são o consumo e descarte de resíduos, e a não reciclagem em escala mundial. Mesmo existindo programas de separação entre resíduos recicláveis e orgânicos, os métodos utilizados muitas vezes são manuais e não possuem a mesma velocidade que o descarte, podendo gerar mais resíduos do que é possível reciclar.

A Lei Federal 12.305/2010 (MPF, 2010) determina que todo material produzido nos setores domésticos e comerciais sejam encaminhados para os serviços de limpeza pública somente quando não for possível seu reaproveitamento, seja por meio da reciclagem, da reutilização, da compostagem ou da geração de energia. Ou seja, quando não existem tecnologias viáveis para tratamento dos resíduos, estes devem ser destinados a aterros sanitários.

Entretanto, os últimos dados remetem a toneladas de lixo que não tiveram a destinação adequada, representando ainda um percentual bastante alto de

encaminhamento irregular ou não esperado, transformando os resíduos sólidos em um grave problema ambiental, pois o descarte inadequado pode carregar esse material para os córregos e rios e conseqüentemente, alcança os oceanos, além, sobretudo de contribuir com o problema de crescimento exponencial dos lixões nos grandes centros urbanos, contribuindo diretamente com impactos na saúde pública dentre outros efeitos negativos.

Diante desse desafio, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de recursos para a reutilização automática de resíduos, utilizando tecnologias como o reconhecimento de objetos, análise e classificação de resíduos. Com isso, pretende-se auxiliar as pessoas e instituições que buscam o reaproveitamento de materiais, aprimorando os métodos de reprocessamento e minimizando os impactos ambientais em relação a geração de descartáveis.

2. Objetivo e metodologia

Este artigo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica abrangente sobre o uso de inteligência artificial e visão computacional no reconhecimento e classificação de resíduos. Além disso, pretende-se explorar as principais técnicas, tecnologias e limitações associadas a essa área. Adicionalmente, este artigo busca identificar estudos relacionados que abordam a implementação de sistemas de visão computacional capazes de classificar resíduos em um ambiente de simulação, visando contribuir para o desenvolvimento de soluções eficientes.

A forma de revisão adotada por este trabalho é sustentada pelo método de Kitchenham (2004). O método utilizado consiste no objetivo de buscar, avaliar e sintetizar evidências de estudos e livros relevantes para responder questões referentes a este artigo. Este método é formado por três etapas:

1. Planejamento: A etapa de planejamento é fundamental para estabelecer as bases da revisão. Nessa fase, são definidos os principais elementos de revisão que são:
 - Fontes de pesquisa: Determinar quais bases de dados e fontes de informação serão utilizadas para buscar os estudos relevantes. Isso pode incluir bases de dados acadêmicos como bibliotecas digitais e periódicos científicos.
 - *Strings* de busca: desenvolver uma estratégia de busca eficaz para identificar os estudos relevantes. Isso envolve a definição de palavras-chave, operadores booleanos e filtros para limitar os resultados da pesquisa.
 - Critérios de inclusão e exclusão: Estabelecer critérios claros para a seleção dos estudos. Esses critérios podem incluir o tipo de estudo, a população de interesse, o período de publicação, entre outros fatores.
2. Revisão sistemática da literatura (RSL): Nesta etapa, o objetivo é executar as buscas de pesquisas definidas no planejamento e aplicar os critérios de inclusão e exclusão para selecionar os estudos relevantes (Tabela 1).
3. Apresentação de resultados (AR): Após a conclusão da RSL, o objetivo é organizar e sintetizar os resultados obtidos dos estudos incluídos, levando geralmente a análise quantitativa dos dados coletados como a aplicação de métodos estatísticos para combinar os resultados dos estudos.

Tabela 1. Parâmetros para realização da RSL

Parâmetros de pesquisa	
Ano de publicação	Artigos publicados entre 2000 e 2023
Bases Científicas	IEEEXplore, ACM, Google Scholar
Palavras-Chave	<i>Deep learning</i> , Processamento de imagens, classificação de lixos, classificação de resíduos, reconhecimento de objetos, detecção de objetos, redes neurais convolucionais
<i>Strings</i> de Busca	1) "computer vision" AND "object recognition" 2) "computer vision" AND "object analysis" 3) "computer vision" AND "waste classification" 4) "object recognition" AND "waste management" 5) "computer vision" AND "feature extraction" 6) "object recognition" AND "machine learning"

Com essas etapas definidas foi feito um estudo preliminar no objetivo de retornar estudos ou trabalhos relacionados a este artigo. De acordo com a etapa de planejamento é necessário definir os critérios para inclusão e exclusão de trabalhos, os critérios foram usados como palavras-chaves para definir *strings* no objetivo de usar metabuscadores ou repositórios como ferramentas para busca (ACM Digital Library 2023; IEEE Xplore 2023; Google Scholar 2023), orientadas por quatro perguntas previamente definidas:

Q1: Quais são as técnicas e algoritmos utilizados na visão computacional e reconhecimento de objetos?

Q2: Qual é a seleção de recursos mais relevantes para o problema.

Q3: Como avaliar o desempenho do sistema.

Q4: Quais etapas de pré-processamento são necessárias para melhorar a qualidade de informações.

Com isso a escolha de estudos ou trabalhos foram realizados em quatro passos: (1) utilização de *string* de busca para artigos de bases científicas; (2) leitura do título e *abstract* para a escolha dos artigos relacionados; (3) seleção de artigos realizada por análise do conteúdo e os critérios; (4) todos os artigos selecionados nas etapas foram analisados.

Complementarmente aos mecanismos para execução da RSL (tabela 1), as definições de inclusão e exclusão de itens são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Critérios de inclusão e exclusão

Critérios	Parâmetros de pesquisa
Inclusão	Relacionados aos temas: reconhecimento de objetos, classificação de lixo, processamento de imagem, detecção de objeto, redes neurais convolucionais e estando nos idiomas inglês e português
Exclusão	Idiomas diferentes de inglês e português, artigos que não estejam relacionados diretamente com as questões de pesquisa, artigos que não estejam em base científica, artigos que apresentam dificuldades de acesso e leitura.

3. Execução da revisão e síntese

A busca realizada nas bases científicas retornou um total de 55 artigos com relevância para as questões de pesquisa, sendo eles separados na tabela 3, por base de busca. Após os estudos destes artigos, eles foram classificados conforme sua distribuição às quatro questões como: Muito Útil(1), Útil(2), Pouco Útil(3), Não Útil(1). Com isso foi feita a quantificação referente às questões específicas observadas na Figura 1.

Tabela 3: Trabalhos escolhidos e suas bases de pesquisa

Base de Busca	Artigos Escolhidos
Google Scholar	21
ACM	15
IEEE Xplore	19

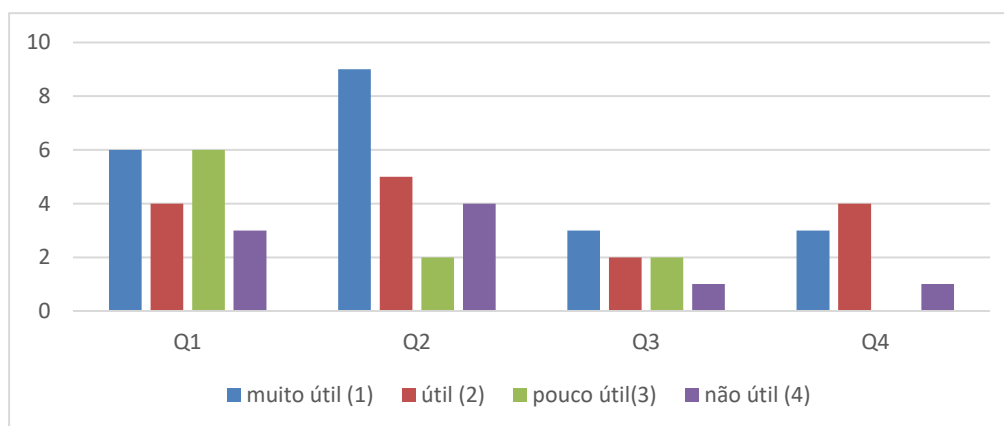


Figura 1. Medição e conformidade com as questões

Com o resultado e mediação dos artigos, foram escolhidos 5 artigos ou livros com uma boa contribuição para as questões e para serem adicionados e tratados como resultado.

No artigo de Amanina *et. al.* (2020) aborda a importância da reciclagem de resíduos e a necessidade de uma segregação adequada para facilitar esse processo. Os autores propõem o uso de *CNN* (*convolutional neural network* ou Rede neural convolucional) e conceitos de visão computacional para classificar resíduos com base em imagens em seis tipos: vidro, metal, papel, plástico, papelão e outros. Eles utilizam o modelo inception-v3, uma arquitetura de *CNN*, para a classificação dos resíduos. O método utilizado alcança uma alta taxa de acurácia de classificação de 92,5%.

Papakostas *et. al.* (2005) é utilizado um método que combina a análise de multirresolução e compressão de momentos zernike. Ele descreve a importância do processo de reconhecimento de padrões em sistemas de imagem inteligentes e os estágios envolvidos nesse processo são: aquisição de imagem, pré-processamento de imagem, extração de características e classificação. Os momentos zernike são polinômios complexos que formam um conjunto completo e possuem características importantes como redundância de informação, baixa sensibilidade ao ruído, sendo uma

metodologia eficiente na extração de características.

A obra de Szeliski (2010) abrange uma gama de tópicos relacionados à visão computacional, desde conceitos básicos até algoritmos avançados e suas aplicações, dividindo seus conceitos e aspectos fundamentais como representação de imagens digitais, processamento de imagem, filtragem, detecção de bordas e segmentação. Sendo uma boa escolha porque além de explicar e fazer abordagens práticas ele inclui métodos de reconhecimento de imagens 2D e vídeos, rastreamento de objetos, calibração de câmera, reconhecimento de padrões e aprendizado de máquina.

Russel e Norvig (2013) aborda os fundamentos principais sobre inteligência artificial e algoritmos tanto como aplicações. O livro de Russel e Norvig (2013) explora o raciocínio lógico, planejamento, aprendizado de máquina e tomadas de decisões e também argumenta sobre tópicos como rede neurais sendo um dos métodos mais utilizados para visão computacional, algoritmo genético e processamento de linguagem natural, sendo um dos principais meios de entender como funciona uma I.A. (inteligência artificial).

Por fim, o artigo de Hossain *et. al.* (2020) que descreve a metodologia CNN utilizando um conjunto de dados que contém diferentes tipos de resíduos e desenvolvem um pipeline de processamento de imagens para pré-processar as amostras antes de submetê-las à rede neural. E em seguida eles usam um conjunto de treinamento e avaliam seu desempenho usando um conjunto de testes.

4. Análise dos Trabalhos Selecionados

Nas tabelas 4, 5, 6 e 7, é realizada uma análise da contribuição dos artigos classificados como 'muito útil' para as questões levantadas (Q1, Q2, Q3, Q4). Cada tabela demonstrará a referência dos artigos selecionados e os métodos utilizados para abordar as respectivas questões.

Tabela 4: Assuntos em comparação para Q1

Referência	Síntese das abordagens pelos autores
Amanina <i>et. al.</i> 2020	Uso de redes neurais convolucionais (CNN) e o modelo inception-v3 para classificar resíduos com base em imagens.
Papakostas <i>et. al.</i> 2005	Análise de multirresolução e compressão de momentos zernike para extração de características e reconhecimento de padrões em sistemas de imagem inteligentes.
Szeliski 2010	Deteção de bordas, segmentação de imagens, correspondência de características e aprendizado de máquina
Russel S. <i>et. al.</i> 2013	O uso de CNN, métodos de aprendizado supervisionado, como SVMs (<i>support vector machine</i>) e árvores de decisão

Tabela 5: Assuntos em comparação para Q2

Referência	Síntese das abordagens pelos autores
Amanina <i>et. al.</i> 2020	O uso de redes neurais convolucionais e o modelo inception-v3 para a classificação de resíduos
Papakostas <i>et. al.</i> 2005	Multirresolução e compressão de momentos zernike para extração de características e reconhecimento de padrões em sistemas de imagem inteligentes.

Tabela 6: Assuntos em comparação para Q3

Referência	Síntese das abordagens pelos autores
Amanina <i>et. al.</i> 2020	Modelo inception-v3 com taxa de acurácia de classificação de 92.5%
Russel S. <i>et. al.</i> 2013	Curva de precisão e recall, matriz de confusão, F-score e média de precisão média

Tabela 7: Assuntos em comparação para Q4

Referência	Síntese das abordagens pelos autores
Hossain <i>et. al.</i> 2020	Pipeline de processamento de imagens antes de alimentá-las à rede neural
Russel S. <i>et. al.</i> 2013	O uso de remoção de ruído, redimensionamento e normalização, segmentação

5. Conclusão e Trabalhos futuros

Através desta revisão bibliográfica, foi explorada uma variedade de estudos, análises e desenvolvimentos de algoritmos que demonstram a eficiência no reconhecimento e análise de objetos e resíduos, utilizando uma ampla gama de técnicas e métodos que alcançam altos níveis de precisão e acurácia.

Também foi possível comprovar que ao mesmo tempo que as possibilidades tecnológicas, tanto no campo das ferramentas quanto no âmbito de softwares e aplicações, as preocupações quanto ao tratamento de resíduos sólidos na indústria continuam sendo, praticamente, uma fixação. Isto porque, as tentativas de modernização, automação e incentivos governamentais, ainda não são suficientes para acompanhar o aumento do consumo e a geração de descartáveis tanto comercialmente quanto domiciliar.

Desta forma, esta etapa do projeto serviu tanto para corroborar com a problemática para a pesquisa quanto para orientar as próximas fases que compõem a definição da estratégia prática do estudo, ou seja, o plano para definição da simulação: elaboração do cenário, design dos componentes IoT (*Internet of things*) para automação e seleção dos algoritmos para manipulação das decisões e controle de aprendizagem.

Um próximo passo importante será o desenvolvimento de um ambiente de simulação que permita a aplicação de métodos de redes neurais convolucionais, reconhecimento de objetos e classificação de resíduos em um cenário controlado. Ao criar um ambiente de simulação, será possível testar e avaliar as abordagens propostas em condições controladas, permitindo a identificação de pontos fortes e limitações dos métodos utilizados.

Referências Bibliográficas

- ACM (2023) “ACM Digital Library “ [online] em <https://dl.acm.org> , acessado em 2023
- Amanina F.; Suhaimi H.; Abas E. (2020): Waste Classification using Convolutional Neural Network. 2020.
- Forsyth, D. A.; Mundy, J. L.; di Gesu, V.; & Cipolla, R. (Eds.). “Shape, contour and grouping in computer vision.” Springer, 1999.
- Gonzales, R. C.; Woods , “R. E. Processamento Digital de imagens”, 3ª edição. São Paulo: *Pearson Education do Brasil LTDA*, 2009.
- Google Scholar (2023) “Google Scholar” [online] em https://scholar.google.com/schhp?hl=pt-BR&as_sdt=0,5 , acessado em 2023
- Hossain, M. A., Uddin , M. S., Uddin, M. J., & Kim, T. H. (2020). Classificação Automática de Resíduos Usando Redes Neurais Convolucionais. *Journal of Information Processing Systems*, 16(2), pp. 430-441
- IEEE (2023) “IEEE Xplore “ [online] em <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> , acessado em 2023
- Kitchenham, B. (2004). “Procedures for performing systematic reviews”. Keele, UK, Keele University 33 (2004): 1–26.
- MPF (2010) Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Ato 2007 - 2010 4ª Câmara - Meio Ambiente e Patrimônio Cultural. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Agosto de 2010
- Papakostas G. (2005): An Efficient Feature Extraction Methodology for Computer Vision Applications using Wavelet Compressed Zernike Moments. 2005.
- Russell S. , Norvig P (2013). “Inteligência Artificial” : tradução da segunda edição/Stuart Russell ,Peter Norvig ; tradução de publicCare consultoria. 2013.
- Suetens P.; Fua P.: “Cornputatima! Strategies for Object Recognition”, 1992
- Szeliski, R. (2010). “Computer Vision: Algorithms and Applications”. Ed. Springer; ed. 2011th 2010.

Programação Concorrente em Rust e Java: Uma análise comparativa de segurança, produção e performance

Lucas Borgomani Rezzaghi¹, André Marcos Silva¹

¹Centro Universitário Campo Limpo Paulista (UNIFACCAMP)
Jardim América – CEP 13231-230, Campo Limpo Paulista – SP – Brasil

lbrezzaghi@gmail.com, andre@faccamp.br

Abstract. *One of the main problems of a concurrent program in Java is when two objects share the same value in memory, one object reading and another writing at the same time. In Rust, this problem is solved with the ownership system, which ensures that each value has an owner, releasing the value only when the owner's lifecycle comes to an end. In this way, Rust guarantees and manages memory at compile time. In this article, we will make a comparative study between Rust and Java in the concurrent and performance aspects, concluding which language provides the most secure memory management.*

Resumo. *Um dos principais problemas de um programa concorrente em Java é quando dois objetos compartilham o mesmo valor na memória, um objeto lendo e outro escrevendo ao mesmo tempo. Em Rust, esse problema é resolvido com o sistema de ownership, que faz com que cada valor tenha um dono, liberando o valor apenas quando o ciclo de vida do dono chega ao fim. Desse modo, Rust assegura e gerencia a memória em tempo de compilação. Este artigo irá fazer um estudo prático comparativo entre Rust e Java no aspecto concorrente e performático, concluindo qual linguagem garante o gerenciamento de memória mais performático.*

1. Introdução

Em diversas aplicações, múltiplas atividades ocorrem simultaneamente. Muitas delas podem sofrer bloqueios intermitentes, razão pela qual as *threads* foram criadas. Apesar de *threads* não garantirem necessariamente um aumento de performance em todas as situações, quando há intensa atividade de *input/output* de dados e grande carga computacional, elas possibilitam a intercalação dessas atividades, acelerando o desempenho da aplicação. Por exemplo, numa aplicação de edição de texto, é viável dividir as tarefas entre várias *threads*: uma aguarda a entrada do usuário via teclado, enquanto outra renderiza o texto e o exibe na tela (Tanenbaum, 2014).

No entanto, essa divisão de tarefas entre *threads* pode gerar complicações. Por compartilharem memória, quando algumas *threads* têm a capacidade de ler e escrever entre si, podem acabar sobrescrevendo o mesmo dado compartilhado. Isso resulta em um comportamento inesperado chamado de *Race condition* (Tanenbaum, 2014), apesar de o programa continuar executando normalmente, o que pode dificultar a depuração do código.

Essa anomalia tende a ocorrer sobretudo em linguagens que permitem o uso de *aliasing*. No contexto de programação, duas variáveis, também conhecidas como *l-values*, são consideradas aliases quando, em algum momento da execução do

programa, se referem ao mesmo local de memória (Ramalingam, 1994); por exemplo, quando duas diferentes variáveis do tipo ponteiro possuem ou recebem um mesmo valor literal, em tempo de execução, durante uma chamada de função com passagem de parâmetro por referência. A linguagem Java é particularmente suscetível a tais anomalias em razão do uso de *aliasing* e mutabilidade, que permitem que dois *l-values* diferentes alterem o mesmo valor, tal como descrito no problema de *race condition*.

Por outro lado, a linguagem Rust atenua esses problemas de *aliasing* e mutabilidade com seu principal mecanismo, o *ownership* (Troutwine, 2018). O conceito de *ownership*, uma das principais estratégias de segurança do Rust, permite que cada valor tenha apenas um proprietário, e que este valor seja liberado quando a vida útil do proprietário termina. O Rust aprimora essa regra fundamental com um conjunto de normas que mantêm a segurança da memória e das *threads*. Por exemplo, a propriedade pode ser emprestada ou transferida, e vários *aliases* podem ler um valor. Essas regras de segurança proíbem, essencialmente, a combinação de *aliasing* e mutabilidade. O Rust realiza a verificação dessas regras de segurança durante a compilação, atingindo um desempenho em tempo de execução que é compatível com linguagens consideradas inseguras. Contudo, ainda proporciona garantias de segurança significativamente mais robustas (Klabnik, 2022).

Este artigo, apresenta uma análise comparativa entre algoritmos concorrentes escritos em Java e Rust. Foco será examinar a corretude de ambos os exemplos, ou seja, avaliar qual dos códigos demonstra maior previsibilidade e determinismo. Também, são consideradas a performance e a segurança de memória desses códigos em execução, utilizando os mesmos algoritmos e reportaremos o tempo total necessário para a conclusão da execução em ambas linguagens.

2. Objetivos e Metodologia

Serão simulados ambientes para permitir comparações analíticas tanto no nível de produção quanto no de execução entre as linguagens Rust e Java, utilizando um algoritmo de *merge sort multithread* para ordenar *arrays* pequenos (1000 elementos), médios (100000 elementos) e grandes (1000000 elementos). O algoritmo será baseado, principalmente, em Cormen (2009). Neste caso, corretude e segurança se referem ao determinismo e previsibilidade do código antes da execução, enquanto performance diz respeito ao tempo total necessário para executar todo o programa.

Para efetuar a comparação de performance, utilizaremos as bibliotecas nativas de tempo, próprias, de cada linguagem. Já para analisar a corretude, examinaremos a tipagem do código e o número de erros que são detectados previamente pelo compilador antes da execução do programa. Quanto à segurança, analisaremos quais linguagens são mais aptas a ter possíveis problemas relacionados ao compartilhamento de recursos entre *threads* durante a execução.

3. Desenvolvimento

3.1. Medição Efetiva e Seleção de Métricas

A técnica de avaliação para realização da comparação proposta é baseada na Medição Efetiva (Cancin, 2001), na qual um ambiente real deve ser base para coleta de dados observáveis também reais. Quanto às métricas de avaliação, necessárias para definição e

concretização do ambiente e dos dados de análise (Jain, 1991), são vetores para a comparação neste estudo: (a) *tempo* de resposta de execução, (b) *uso de recursos de máquina* e (c) *complexidade de desenvolvimento*; que são observados ao longo de uma proposta diversificada de plataforma, a fim de estabelecer fatores (ou níveis) livre de vícios e mais justos de comparação (Jain, 1991). São quatro (4) os fatores desenhados para observação deste projeto (Tabela 1). Estas fatores vão desde um nível mais baixo, considerando uma linguagem de alto nível de programação até um nível mais alto de abstração de sistema, diretamente conectado ao usuário, que seria uma camada de usuário, ou seja, aplicações clientes.

Tabela 1. Fatores (ou Níveis) de execução para coleta de dados observáveis

NÍVEL	DESCRIÇÃO	OBSERVAÇÃO	TOOLS/APOIO
1 - execução	ambiente de execução (usuário)	tempo de resposta	LoadRunner (proposta)
2 - Devops	ambiente de execução (desenvolvimento)	complexidade de desenvolvimento	Eclipse e VSCode
3 - S.O.	ambiente de execução (gerenciamento de recursos)	performance, gerenciamento de recursos de máquina	HWMonitor, HW Info (proposta)
4 - unitário	código de programação e bibliotecas nativas de apoio	performance	bibliotecas e extensões de depuração (<i>debug</i>)

Durante a fase de coleta de dados para comparação, os diferentes fatores (Tabela 1) permitem que as informações de reprodução sejam cruzadas, permitindo uma maior consistência das conclusões. Para melhor refinar os critérios de variância dos dados, os níveis de execução serão triplicados em três diferentes plataformas operacionais: *Linux (Ubuntu 20.04 LTS)*, *Windows (Professional 10, 64 bits)* e *Apple (MacOS Ventura 13.4.1)*; todos em instância de sistema operacional dedicado e local, rodando em ambiente de *hardware* nas especificações de um AMD Ryzen 5 1600, e de 16Gb de RAM, e o MacOS na especificação de um chip M1 com 8Gb de RAM.

3.2. Carga de Trabalho

Para efetuar a comparação entre os algoritmos, conforme Cancin (2001), utilizaremos o Visual Studio Code como editor de texto para a linguagem Rust, enquanto o Eclipse será usado para a linguagem Java. Para preparação do *benchmark* de teste, ambas linguagens utilizarão suas respectivas bibliotecas padrão de tempo, `std::time` para Rust e `java.time` para Java.

O algoritmo base construído para execução dos testes que serão piloto para as análises comparativas, é composto basicamente por duas funções bem definidas que manipulam uma estrutura de dados nativa de cada linguagem (github.com/rezzaghi/).

- `merge_sort(lista)`: Opera utilizando a estratégia de dividir para conquistar, decompõe recursivamente o vetor em duas metades, esquerda e direita, até que cada subconjunto contenha apenas um elemento. após a decomposição, as metades são progressivamente recombinadas em uma sequência ordenada, concluindo a ordenação.
- `merge(lista_a, lista_b)`: Combina dois vetores ordenados em um único vetor ordenado. Compara iterativamente os primeiros elementos de ambos os vetores, remove o menor e o adiciona ao vetor resultado até que ambos os vetores estejam vazios.

Na preparação do ambiente de teste, é empregada a estratégia de *work stealing* para paralelizar o algoritmo de forma eficaz. Em Rust, esta estratégia é implementada através do método `join()` da biblioteca Rayon, enquanto em Java, é aplicada por meio da classe `ForkJoinPool`. Tanto em Rust quanto em Java, a estratégia de *work stealing* opera da mesma forma. Quando um processo está carente de trabalho, ele "rouba" *threads* de outros processos, dessa forma, maximizando o aproveitamento de recursos disponíveis, e aumentando significativamente a performance (Blumofe, 1999).

3.3. Simulações Iniciais

Utilizando os métodos de depuração nativos de cada linguagem durante a execução, os seguintes resultados (Tabela 2) foram obtidos em uma sessão de simulações baseadas em coleta de dados por bibliotecas de testes unitários na camada de código fonte.

Tabela 2. Simulações baseadas em testes unitários no nível de código fonte

Plataforma OS	10000 (10,10 ³)		100000 (10,10 ⁴)		1000000 (10,10 ⁵)	
	Rust	Java	Rust	Java	Rust	Java
Windows	9 ms	96 ms	85 ms	759 ms	772 ms	47938 ms
Linux	11 ms	53 ms	78 ms	643 ms	678 ms	49605 ms
MacOS	10 ms	38 ms	57 ms	410 ms	600 ms	38914 ms

4. Conclusão

Os resultados desta etapa do projeto foram focados na descrição da construção da estrutura de comparação e definição dos critérios de análise. Como atividade preliminar de validação desta estrutura, foram realizadas algumas das simulações do processo, antecipando um dos níveis de execução, no nível de código unitário. Nesta simulação, a Análise Comparativa ficou evidente que, com uma base de código mais sucinta, Rust demonstrou um resultado menos suscetível a falhas e com performance relativamente favorável em relação a Java. Devido ao seu sistema de *Ownership*, Rust detecta erros durante o tempo de compilação evitando a necessidade de um *garbage collector*, como ocorre em Java, devido a este fato, rust tem uma performance relativamente maior em todos os dados testados. Essa diferença de abordagens ressalta a capacidade do Rust em oferecer segurança e eficiência sem comprometer o desempenho, tornando-se uma opção mais valiosa. Estes resultados parciais, estão servindo como orientação para definição e possibilidades das futuras etapas do projeto. Atualmente está em curso a preparação dos laboratórios para simulações das execuções seguindo as estratégias já definidas; entre elas, as execuções monitoradas por ferramentas de apoio nos níveis de S.O., com HWMonitor, e no nível do usuário, com LoadRunner.

Referência Bibliográfica

Blumofe, R. Leiserson, C. (1999) "Scheduling multithreaded computations by work stealing". Journal of the ACM (JACM), v. 46, n. 5, p. 720-748, setembro, 1999.

- Cancin, R. L. (2001). “Avaliação de desempenho de algoritmo de escalonamento de tempo real para o ambiente do multicomputador Crux”, Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis, agosto de 2001.
- Cormen, T., Leiserson, C. E. Rivest, R. L., e Stein, C. (2009). “Introduction to algorithms”, Ed. The MIT Press; ed. 3a., setembro, 1999.
- Jain, R. (1991) "The Art of Computer Systems Performance Analysis Techniques For Experimental Design Measurements Simulation And Modeling". New York, US, Ed. John Wiley & Sons, Inc., janeiro de 1991.
- Klabnik, S. e Nichols, C. (2022). “The Rust Programming Language”, Ed. Starch Press, ed. 2th, dezembro de 2022.
- Ramalingam, G. (1994). “The undecidability of aliasing”, ACM Transactions on Programming Languages and Systems, v. 16 Issue 5., pp. 1467–1471; setembro de 1994.
- Tanenbaum, A. (2014). “Modern Operating Systems”, Prentice Hall; ed. 4a. março de 2014.
- Troutwine, B. (2018). “Hands-On Concurrency with Rust: Confidently build memory-safe, parallel, and efficient software in Rust”; Ed. Packt Publishing; maio de 2018.

A Proposition of a Bayesian Filter for Despeckling SAR Images Using Conjugate Distribution, Stochastic Distances, and Non-Local Means

Pedro H. S. A. Souza¹, Jose H. Saito¹, Nelson D. A. Mascarenhas¹ (In Memoriam)

¹ Centro Universitario Campo Limpo Paulista (UNIFACCAMP)
Campo Limpo Paulista – SP -- Brasil.

pedrohenrique.sales@hotmail.com, jose.saito@faccamp.br

Abstract. *We propose a new Bayesian filter for speckle noise in Synthetic Aperture Radar (SAR) with one-look and quadratic detection. The non-local means filter will be applied over the noisy data modeled by that distribution, using stochastic distances, substituting the original Euclidean distance. We will use non-reference quality measures and we will compare the results with those obtained by state-of-the-art filters.*

Keywords: *SAR, Speckle Noise, Non-Local Means, Stochastic Distances*

1. Introduction

Images obtained by coherent radiation exhibit a type of characteristic noise called speckle. This noise causes difficulty in interpreting the images visually or automatically, and thus it is necessary to reduce it.

From the 1980s onwards, the first filters appeared under the mean squared error criteria, using the spatial neighborhood of the pixels [Lee 1980]. In the 90's, filters were proposed based on the criterion of total variation [Rudin et al. 1992] and wavelets [Donoho and Johnstone 1995]. From the 2000s onwards, the so-called non-local averaging filters emerged, dominating the noise filtering scene [Buades et al. 2005]. More recently, filters based on deep learning have emerged with excellent results. However, such filters need a more solid mathematical formalization and require a large volume of data for their training, in general [Fracastoro et al. 2021].

We divided this paper into three more sections. The following two sections are about contextualization. First, it presents some digital image fundamentals, and then, in the next section, it lays theoretical grounds for understanding the problem and elaborating a solution. The paper finishes with the work proposal section, proposing a new speckle filter based on a Bayesian and computationally efficient formulation.

2. Digital Image Fundamentals

The principal noise sources in digital images arise during image acquisition and transmission. The performance of imaging sensors is affected by various factors, such as environmental conditions during image acquisition and the quality of the sensing elements [Gonzalez and Woods 2017].

2.1. Synthetic Aperture Radar and Speckle Noise

Synthetic Aperture Radar (SAR) is an airborne radar imaging technique for generating high-resolution maps of surfaces. This coherent microwave sensor can penetrate foliage and clouds and can be operated during the day or night because it provides illumination [Berenger et al. 2023].

One of the significant problems in SAR image processing is speckle noise, a common phenomenon in all coherent imaging systems. Random interference between the coherent returns issued by the numerous scatterers on a surface causes this noise. SAR imaging systems can obtain images of large terrain areas at satisfactory resolution and in all weather conditions. Thus, speckle reduction is critical before edge detection and object recognition [Wang et al. 2022].

2.2. Filters

A substantial portion of digital image processing is devoted to image restoration. The image sent from the sender end may differ from the receiving end. When obtaining an image, degradations may occur, and image restoration aims to remove or reduce these.

Filtering refers to accepting or rejecting specific frequency components. For example, a filter that passes low frequencies is called a lowpass filter. The net effect produced by a lowpass filter is to blur (smooth) an image [Gonzalez and Woods 2017].

Additive and multiplicative noise filters, Wiener filters, and adaptive filters are filters that work locally. Non-local means BM3D and PPB filters are currently the filters that instigate researchers focusing on image restoration. They use them to create new versions inspired by the principle of similarity between patches.

3. Theoretical Grounds

3.1. Probability Density Functions and Distributions

Image Restoration includes processes that attempt to remove degradations and restore the original image. Restoration techniques focus on modeling degradation and using the inverse process to recover the original image.

The spatial noise descriptor with which we shall be concerned is the statistical behavior of the intensity values in the noise component of the model. These may be considered random variables characterized by a probability density function (PDF) [Gonzalez and Woods 2017].

Since speckle corrupts the signal in a multiplicative manner and in the amplitude and intensity formats it is non-Gaussian, images suffering from speckle noise should not be treated with the usual additive-noise derived tools.

The multiplicative model is a common framework used to explain the statistical behavior of data obtained with coherent illumination. It assumes that the observations within this kind of image are the outcome of the product of two independent random variables: one modeling the terrain backscatter and the other modeling the speckle noise.

We derived several proper distributions for modeling and analyzing SAR images within the multiplicative model, including the Gama, K, and G0 distributions. These distributions apply to various degrees of heterogeneity and standard image formats [Frery et al. 1997].

3.2. Non-local Means Algorithm for Image Denoising

Many filters developed in the Image Processing literature have a feature in common: they work only locally. That is, a central pixel in a neighborhood of $m \times n$ pixels will have its new value computed and replaced based on the values of all pixels within that spatial neighborhood [Valek and Sekanina 2022].

The NL-means algorithm tries to take advantage of any natural image's high degree of redundancy. The primary and original idea of the algorithm is that the estimate of a noiseless pixel is the weighted average value of all pixels in the image, such that their neighborhoods are similar to the neighborhood of the pixel to be estimated. By this, every small window in a natural image has many similar windows in the same image. The NL-means algorithm uses the Euclidean distance between the grayscale neighborhoods of a pixel to calculate the filter coefficients and their similarities [Buades et al. 2005].

3.3. Stochastic Distances

Stochastic distances are metrics that allow us to measure the “distance” between two probability distributions. Assessing distances between samples is an important step in image analysis as they provide grounds of the separability and, therefore, of the performance of classification procedures. [Wu et al. 2022].

Eight stochastic distances that can be used in statistical tests for contrast identification in speckled data are: Kullback–Leibler, Hellinger, Bhattacharyya, Rényi, Jensen-Shannon, arithmetic–geometric, triangular and harmonic-mean [Nascimento et al. 2010].

4. Work Proposal

We propose using a new filter for speckle noise based on a Bayesian formulation and computationally efficient. It also incorporates the notions of stochastic distances, replacing the Euclidean distance of the original formulation of the non-local filter.

Access to the original noisy image will give us preliminary access to the backscatter by simple filters. The Gamma distribution will model the preliminarily estimated backscatter.

Estimating Gamma parameters depends on two parameters, and one is unitary, corresponding to the number of looks. We will use the original data and assume that they obey the exponential distribution of the speckle (likelihood function in Bayes' rule).

Here lies the approximation of the model: we do not take the backscatter in modeling the noisy image at this point due to the need to have a computationally tractable Bayesian model. With the Gamma a priori distribution, the exponential likelihood function, and the conjugation property, we obtain the Gamma a posteriori distribution by Bayes' rule, which will represent the noisy data.

Estimating the single Gamma parameter involves the original Gamma parameter, the number of observations in the non-local mean filter window, and the sum of the observations in this window. With these parameters estimated, we can now filter the noisy data by the non-local mean filter using the stochastic distances for the Gamma distribution.

We can calculate the Gamma distribution using the stochastic Kullback-Leibler, Rényi, Hellinger, and Bhattacharyya distances. The algorithm calculates the distance

between the central patch, which contains the pixel to be filtered, and one of the patches in the search area. This distance depends on two parameters, one from the center patch and one from the search area patch.

The next step is to evaluate the filtering. As we do not have a noise-free image, we must use evaluation criteria without reference, such as the Equivalent Number of Looks (ENL) and Ratio between Noisy and Filtered Images. We will compare the results with state-of-the-art filters and present conclusions and suggestions for future work.

References

- Berenger, Z., Denis, L., Tupin, F., Ferro-Famil, L., and Huang, Y. (2023). A deep-learning approach for sar tomographic imaging of forested areas. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 20:1–5.
- Buades, A., Coll, B., and Morel, J. M. (2005). A review of image denoising algorithms, with a new one. *Multiscale Modeling & Simulation*, 4(2):490–530.
- Donoho, D. L. and Johnstone, I. M. (1995). Adapting to unknown smoothness via wavelet shrinkage. *Journal of the American Statistical Association*, 90(432):1200–1224.
- Fracastoro, G. et al. (2021). Deep learning methods for synthetic aperture radar image despeckling: An overview of trends and perspectives. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 9(2):29–51.
- Frery, A. et al. (1997). A model for extremely heterogeneous clutter. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35(3):648–659.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2017). *Digital Image Processing, Global Edition*. Pearson Education, London, England, 4th edition.
- Lee, J.-S. (1980). Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-2(2):165–168.
- Nascimento, A. D. C. et al. (2010). Hypothesis testing in speckled data with stochastic distances. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(1):373–385.
- Rudin, L. I., Osher, S., and Fatemi, E. (1992). Nonlinear total variation based noise removal algorithms. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 60(1):259–268.
- Valek, M. and Sekanina, L. (2022). Evolutionary approximation in non-local means image filters. In *2022 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, pages 2762–2769.
- Wang, Y., Wang, H., and Bie, Y. (2022). An improved sar image speckle reduction algorithm based on 3d block matching. In *2022 3rd China International SAR Symposium (CISS)*, pages 1–5.
- Wu, J., Gomez, L., and Frery, A. C. (2022). A non-local means filters for sar speckle reduction with likelihood ratio test. In *IGARSS 2022 - 2022 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, pages 2319–2322.

Base de Conhecimento para apoio à Detecção e Prevenção de *Cybersickness*

Milton França Filho¹, Rodrigo Bonacin^{1,2}, Ferrucio de Franco Rosa^{1,2}

¹*Centro Universitário Campo Limpo Paulista (UNIFACCAMP), Campo Limpo Paulista/SP, Brasil*

²*Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), Campinas/SP, Brasil*
milton.dsw@gmail.com, rodrigo.bonacin@cti.gov.br,
ferrucio.rosa@cti.gov.br

Abstract. *Exploring new data pre-processing features and techniques to improve the accuracy and generalizability of machine learning models (Machine Learning – ML) is a concern, especially in the context of disease prevention and detection. In this ongoing research, we aim to develop and make available a knowledge base on ML methods and techniques applied to the detection and prevention of cybersickness. We expect to provide the knowledge base to support researchers and developers, which is a valuable contribution to the scientific community working on ML and cybersickness.*

Resumo. *Explorar novas características e técnicas de pré-processamento de dados para melhorar a precisão e generalização dos modelos de aprendizado de máquina (Machine Learning – ML) é uma preocupação, especialmente no contexto de prevenção e detecção de doenças. O objetivo desta pesquisa em andamento é desenvolver e disponibilizar uma base de conhecimento sobre métodos e técnicas de ML aplicadas a detecção e prevenção de cybersickness. Espera-se disponibilizar a base de conhecimento para apoiar pesquisadores e desenvolvedores, sendo esta uma contribuição valiosa para a comunidade científica que trabalha com ML e cybersickness.*

1. Introdução

Estudos têm explorado o uso de técnicas de aprendizado de máquina (*Machine Learning* – ML) para detectar e prever *cybersickness*, por exemplo, com base em dados fisiológicos e de movimento ocular [1][2]. *Cybersickness* é um fenômeno que afeta usuários de dispositivos de Realidade Virtual (RV) ou Aumentada (RA), por exemplo, óculos, fones de ouvido, capacetes, entre outros dispositivos vestíveis. É importante propor e manter uma base de conhecimento de qualidade para apoio aos estudos que visam propor métodos e técnicas de aprendizado de máquina voltados a detecção e prevenção de *cybersickness* [2]. Futuras pesquisas em ML voltadas a *cybersickness* devem considerar a coleta de dados de qualidade e a exploração de novas características e técnicas de pré-processamento de dados para melhorar a precisão e

generalização dos modelos de ML [3][4]. O objetivo desta pesquisa em andamento é desenvolver e disponibilizar uma base de conhecimento sobre métodos e técnicas de ML aplicadas a detecção e prevenção de *cybersickness*. Por meio de um dashboard, espera-se disponibilizar a base de conhecimento para apoiar pesquisadores e desenvolvedores, sendo esta uma contribuição valiosa para a comunidade científica que trabalha com ML e *cybersickness*.

2. Base de Conhecimento Proposta

A base de conhecimento em desenvolvimento é composta de um Modelo Entidade-Relacionamento (MER) e de uma Base de Dados populada. As entidades principais da base de conhecimento estão sendo definidas e envolvem conhecimento sobre conceitos relacionados aos métodos e técnicas de ML úteis e aplicáveis no contexto (e.g., diagnóstico e tratamento) de *cybersickness*. Espera-se que a base de conhecimento proposta disponibilize, por exemplo, código-fonte, modelos, protocolos médicos, medicamentos indicados, dispositivos de RV e RA passíveis de causar *cybersickness*, entre outras informações úteis aos profissionais da área de computação (para desenvolvimento de técnicas de ML) ou de saúde (para diagnóstico e tratamento). A documentação de engenharia da base de conhecimento (e.g., MER e diagrama de classes), juntamente com os artefatos de implementação (e.g., JSON e código-fonte da interface gráfica do protótipo de software) serão disponibilizados publicamente no repositório GitHub. Na Figura 1, apresenta-se o MER inicial (V1.0), contendo as entidades principais identificadas até o momento, tais como *Demographic*, *Immersion* e *Biosignal*, que visam prover conhecimento útil para profissionais de saúde que lidam com *cybersickness*.

4. Considerações Finais

Cybersickness pode ser considerada uma doença nova e que tem alto potencial de crescimento, devido ao uso intensivo de tecnologias de RV e RA. A disponibilização da base de conhecimento proposta pode contribuir de forma significativa para a comunidade científica dedicada a pesquisas relacionadas a *cybersickness*. A partir desta disponibilização de conhecimento científico em formato acessível e de maneira ágil, pesquisadores terão acesso a informações valiosas que antes estavam desestruturadas e em dispersas em diversos formatos, permitindo a execução de análises mais detalhadas e eficazes. A documentação de engenharia e o código-fonte da base de conhecimento estarão disponíveis publicamente no repositório Github, facilitando a replicação e a implementação de técnicas computacionais para o estudo da *cybersickness*.

Referências

- [1] S. Davis, K. Nesbitt, and E. Nalivaiko, “A Systematic Review of Cybersickness,” in Proceedings of the 2014 Conference on Interactive Entertainment, in IE2014. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2014, pp. 1–9. doi: 10.1145/2677758.2677780.
- [2] S. kumar Renganayagalu, S. C. Mallam, and S. Nazir, “Effectiveness of VR Head Mounted Displays in Professional Training: A Systematic Review,” *Technology, Knowledge and Learning*, vol. 26, no. 4, pp. 999–1041, 2021, doi: 10.1007/s10758-020-09489-9.
- [3] H. Kim et al., “Effect of Virtual Reality on Stress Reduction and Change of Physiological Parameters Including Heart Rate Variability in People With High Stress: An Open Randomized Crossover Trial,” *Front Psychiatry*, vol. 12, 2021, doi: 10.3389/fpsy.2021.614539.
- [4] D. Boeldt, E. McMahon, M. McFaul, and W. Greenleaf, “Using Virtual Reality Exposure Therapy to Enhance Treatment of Anxiety Disorders: Identifying Areas of Clinical Adoption and Potential Obstacles,” *Front Psychiatry*, vol. 10, 2019, doi: 10.3389/fpsy.2019.00773.

Proposta de uma ferramenta para auxiliar a elaboração, aplicação e avaliação de provas

Rodrigo Ramos¹, Ana Maria Monteiro¹

¹Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)

Rua Guatemala – Campo Limpo Paulista – SP – Brasil

rrosos.professor@gmail.com, anammount@cc.faccamp.br

Resumo. *Este artigo descreve a fase inicial de um projeto de pesquisa cujo objetivo é o desenvolvimento de uma ferramenta que auxiliará docentes na elaboração tanto quanto na correção e análise de provas de múltipla escolha realizadas segundo os princípios da Teoria de Resposta ao Item. A ferramenta deverá fornecer relatórios referentes à avaliação, permitindo que tanto docentes quanto gestores possam tomar decisões sobre o andamento do processo de ensino-aprendizagem. A ferramenta deverá poder ser utilizada em escolas com pouco suporte tecnológico disponível.*

Abstract: *This article describes a research project whose objective is the development of a tool that will help teachers in the elaboration as well as in the correction and analysis of multiple-choice tests carried out according to the principles of the Item Response Theory. The tool should provide reports referring to the evaluation, allowing both professors and managers to make decisions about the progress of the teaching-learning process. The tool should be able to be used in schools with little technological support available.*

1. Introdução

No trabalho dos docentes e gestores de uma instituição de ensino existem muitas etapas para atingir uma aprendizagem efetiva, por parte dos alunos, dos conteúdos apresentados durante o ano letivo. No processo contínuo de ensino-aprendizagem, os docentes adotam diversas estratégias para tentar alcançar esse objetivo, como por exemplo: metodologias ativas, sala de aula invertida, seminários, grupos de discussão, vídeos, entre outros.

Dentre essas etapas, uma que sempre está presente nesse contexto é a de elaborar, aplicar e corrigir avaliações. A avaliação é uma etapa importante que serve não só para medir o resultado, mas possibilita que professores e gestores possam fazer uma análise direta do aprendizado como um todo e de cada estudante em particular. Essa análise do aprendizado ajuda a tomar ações direcionadas a fazer correções no trabalho em andamento. Além disso, as avaliações preparam os estudantes para as várias

provas a que eles serão submetidos, como vestibular, concursos públicos e provas para ingresso em empresas.

Dentre as formas de realizar a avaliação de atividades temos a Teoria Clássica de Testes [Pasquali 1997], que leva em consideração a quantidade de itens que o aluno respondeu corretamente e a Teoria de Resposta ao Item (TRI) [Pasquali e Primi 2003] que busca, através de cálculos estatísticos, analisar não somente quantos itens o aluno respondeu corretamente, mas também analisar anomalias e chutes utilizando os pesos/dificuldades das questões para conseguir dar um resultado mais abrangente, além de permitir uma comparação mais realista com os outros estudantes que realizaram a atividade.

Nas últimas décadas, no Brasil, assim como em outros países, a TRI tem sido amplamente utilizada em testes educacionais visando avaliar habilidades e conhecimentos em testes de múltipla escolha. Elaborar, aplicar e corrigir avaliações é uma tarefa que sempre demanda muito tempo, tanto na fase de elaboração quanto na fase de correção das atividades. A proposta desse trabalho é o desenvolvimento de uma ferramenta online que auxiliará o docente na elaboração das avaliações e utilizará a TRI para realizar uma análise estatística dos resultados obtidos pelos alunos.

2. Trabalhos Relacionados

Durante a pesquisa inicial de referencial teórico, foram encontrados vários artigos que propõem a utilização das ferramentas computacionais nas atividades de sala de aula como um suporte para o aprendizado, discutindo o uso dos computadores, smartphones, gamificação entre outros.

Dentre os trabalhos encontrados com um escopo próximo do proposto neste artigo pode ser mencionado o artigo “*Generating Mathematical Exercises for E-learning Systems Using R and QTI Import Format*” de Liebscher e Michael (2019). O artigo apresenta uma aplicação de suporte ao ensino de matemática que aplica exercícios de forma automatizada a partir de parâmetros indicados pelo professor. O sistema busca diminuir a carga de trabalho dos professores no que diz respeito à criação e correção de atividades além de permitir aos alunos uma quantidade maior de exercícios que lhes auxiliem no aprendizado matemático.

Os autores Lmati, Benlahmar e Achtaich apresentam no artigo “*Towards Adaptive Generation of Mathematical Exercises*” (2016) um sistema que aplica exercícios para os alunos analisando as características e conhecimento através de pré-testes para melhor sugerir atividades. Após a fase de análise, o sistema pode de forma automatizada apresentar atividades para os alunos e consegue avaliar seu progresso com base nos resultados obtidos na fase de pré-teste.

O trabalho de Fonseca e Coutinho (2013) “Ferramenta para estimar a proficiência de indivíduos baseada na Teoria de Resposta ao Item”, apresenta um estudo do uso do TRI em discentes do curso de matemática do Centro de Estudos Superiores de Caxias da Universidade Estadual do Maranhão CESC/UEMA para avaliar as

competências e habilidades dos discentes desse curso. Para realizar essa avaliação foi utilizado o padrão das questões utilizadas pela Avaliação de Desempenho dos Estudantes (ENADE) do Ministério da Educação.

Os trabalhos acima apresentados, mostram que é possível o desenvolvimento de sistemas computacionais que auxiliem o docente na elaboração e correção de atividades com o uso do TRI e que essa é uma proposta que pode contribuir para o processo de ensino-aprendizagem assim como na avaliação dos estudantes e do andamento das turmas.

3. Proposta do Projeto de Pesquisa

O projeto de pesquisa proposto tem como um de seus objetivos o desenvolvimento de uma ferramenta que auxiliará docentes na elaboração das avaliações e utilizando a TRI será possível realizar uma análise estatística dos resultados obtidos pelos alunos. A ferramenta fornecerá relatórios referentes às avaliações permitindo que tanto docentes quanto gestores possam tomar decisões sobre o andamento do processo de ensino-aprendizagem.

Para a construção dessa ferramenta foi realizada inicialmente uma pesquisa bibliográfica preliminar que está sendo consolidada com uma revisão sistemática da literatura.

Além da pesquisa de artigos e trabalhos relacionados foram realizadas reuniões com docentes e gestores do ensino fundamental para poder ter uma visão mais apurada de suas necessidades, especialmente em escolas com pouco suporte tecnológico disponível.

Para a proposta dessa ferramenta deve ser decidido:

- Como modelar cada uma das questões que podem vir a fazer parte de uma avaliação, levando em consideração o grau de dificuldade da questão, conceito/conceitos a serem avaliados, nível da questão, entre outros.
- Como modelar as avaliações.
- Como avaliar essas provas em função da TRI.
- Como fornecer relatórios que possam ser úteis na tomada de decisão tanto para os docentes quanto para os gestores educacionais.

Uma outra questão a resolver é como implementar a proposta de forma tal que possa ser utilizada em escolas com poucos recursos computacionais.

4. Considerações Finais

Neste artigo foi apresentada a fase inicial do projeto de pesquisa em andamento que aborda o desenvolvimento de uma ferramenta de ajuda na etapa de avaliação no processo de ensino-aprendizagem. Essa ferramenta ajudará os docentes tanto na

elaboração quanto na correção e análise de provas de múltipla escolha realizadas segundo os princípios da TRI.

Inicialmente, pretende-se avaliar a ferramenta com a ajuda de docentes da área de matemática a partir do sexto ano do ensino fundamental.

7. Referências

Fonseca, L. C. C. e Coutinho, L. A. (2013). Ferramenta para estimar a proficiência de indivíduos baseada na Teoria de Resposta ao Item. *Novas tecnologias na educação*, v. 11, p. 1-11, 2013.

Liebscher, E. e Michael, B. (2019). “Generating Mathematical Exercises for E-learning Systems Using R and QTI Import Format”. *International Electronic Journal of Mathematics Education e-ISSN: 1306-3030*. 2019, Vol. 14, No. 3, p. 667-676.

Lmait, I., Benlahmar, E., Achtaich, N. (2016). “*Towards Adaptive Generation of Mathematical Exercises*”. *International Journal of Computer Applications* v. 147 – No.6, August 2016.

Pasquali, L. (1997). *Psicometria: Teoria e aplicações*. Brasília, DF, Editora da Universidade de Brasília, Brasil.

Pasquali, L., e Primi, R. (2003). Fundamentos da Teoria de Resposta ao Item - TRI. *Avaliação Psicológica*, 2(2), p. 99-110.

Soares, M. S. (2014) Proposta de um software de banco de itens calibrados pela teoria de resposta ao item (tri), para uso de professores de matemática da educação básica. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Acre, 2014.

Abordagem baseada em reconhecimento de expressões emocionais, comportamento e objetos para monitoramento de segurança em ambientes educacionais

Reginaldo Donizeti Cândido^{1,3}, Ferruccio de Franco Rosa^{1,2}

¹ Centro Universitário Campo Limpo Paulista (FACCAMP), C. L. Paulista/SP, Brasil

² Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), Campinas/SP, Brasil

³ Centro Paula Souza (CPS), São Paulo/SP, Brasil

reginaldo.candido@etec.sp.gov.br

Abstract. *In the current scenario, where tragic incidents have become increasingly common in educational environments, the need for security has become more urgent than ever. Our ongoing research project aims to identify facial, behavioral, and object recognition technologies that can be used jointly to identify behaviors that are atypical to the school environment and potentially dangerous, preventing tragic incidents. As the convergence between technology and proactive security becomes more relevant, the proposed approach stands out for emphasizing the importance of prevention to create a safer educational environment.*

Resumo. *Em face do cenário atual, onde incidentes trágicos têm se tornado cada vez mais recorrentes em ambientes educacionais, a necessidade de segurança tornou-se mais urgente do que nunca. A pesquisa em andamento busca identificar tecnologias de reconhecimento facial, comportamental e de objetos que podem ser usadas em conjunto para identificar comportamentos atípicos ao ambiente escolar e potencialmente perigosos, prevenindo incidentes trágicos. À medida que a convergência entre tecnologia e segurança proativa se torna mais relevante, a abordagem proposta se destaca por enfatizar a importância da prevenção para criar um ambiente educacional mais seguro.*

1. Contexto e Revisão de Literatura

Estudos recentes têm se aprofundado na exploração de técnicas de aprendizagem profunda (*Deep Learning* – DL) para detectar expressões emocionais [1] [2], analisar comportamentos de movimento e identificar objetos em cena [3]. Técnicas de reconhecimento de expressões emocionais, atualmente aplicadas em ambientes escolares, muitas vezes visam exclusivamente avaliar o desempenho dos alunos [4]. Nos dias atuais, incidentes trágicos (e.g., agressões e homicídios) têm ocorrido em ambientes escolares, causando pânico na comunidade escolar. Neste contexto, a pesquisa em curso visa a integração de técnicas de reconhecimento facial, comportamental e de objetos para identificar comportamentos atípicos ou potencialmente perigosos. Espera-se desenvolver uma abordagem capaz de contribuir para a prevenção de incidentes graves de segurança em ambientes escolares. A abordagem destina-se a educadores e profissionais de segurança patrimonial.

2. Abordagem Proposta

Propõe-se uma abordagem híbrida, que se baseia no reconhecimento de expressões emocionais (e.g., raiva e medo), comportamento (e.g., agitação e apatia) e objetos suspeitos (e.g., com formato de armas). O objetivo principal é propor um método para detectar e prevenir ameaças ao bom andamento das atividades escolares. O método deve equilibrar adequadamente pesos atribuídos a cada fator (expressões emocionais, comportamento e objetos portados) para estabelecer um *ranking* que represente numericamente a eventual necessidade de intervenção em alunos que apresentem comportamentos atípicos e possam colocar em risco a segurança do ambiente. Para isso, uma equação é proposta, formada de três parcelas: i) expressões emocionais (EE), ii) comportamento (CO) e iii) detecção de objetos suspeitos (OS). A equação permite atribuir uma pontuação a cada indivíduo, como segue:

$$PA = \frac{(EE * P^1) + (CO * P^2) + (2 * (OS * P^3))}{4}$$

Onde, **PA** representa a pontuação atribuída a um aluno, **EE** representa o valor das Expressões Emocionais identificadas, **CO** representa o valor do reconhecimento dos comportamentos identificadas e **OS** representa o valor aplicado aos objetos identificados. Cada um desses valores é ponderado de acordo com sua importância relativa na detecção de potenciais ameaças à tranquilidade escolar, da seguinte forma: **P1** representa a precisão atribuída a EE na coleta, **P2** representa a precisão atribuída a CO na coleta, **P3** representa a precisão atribuída a OS na coleta. As atribuições de pesos (1 a *n*) podem ser feitas por educadores ou profissionais de segurança. No exemplo da fórmula, foi atribuído um peso maior (2) à parcela referente ao objeto portado (OS). No denominador, apresenta-se a soma dos pesos (4), i.e., 1 para EE, 1 para CO e 2 para OS.

3. Cenários de Aplicação

Pretende-se criar um processo de aplicação do método, detalhando todas as fases para se chegar ao *ranking* proposto. No momento, para contextualização, pode-se pensar em dois cenários de aplicação para validar a proposta conceitual. O primeiro cenário vai na linha da simulação e na construção de um protótipo de sistema para exercitar o método, utilizando dados gerados aleatoriamente ou com base em critérios pré-estabelecidos. O segundo cenário, mais prático, estaria voltado a montar um ambiente próximo do real, coletando dados de dispositivos e aplicando os algoritmos em tempo real para detecção. Neste segundo cenário, seria necessário instalar câmeras em diferentes áreas do ambiente, incluindo, por exemplo, uma sala de aula e um corredor. As câmeras capturariam informações visuais e comportamentais dos alunos em tempo real. As câmeras precisariam ser configuradas para capturar expressões faciais dos alunos e enviá-las para um módulo de reconhecimento facial baseado em *deep learning* que analisaria e classificaria essas expressões em categorias emocionais, como felicidade, tristeza, raiva, tédio, entre outras, e suas precisões (e.g., 90% ou 0,9). Além das expressões faciais, as câmeras registrariam o comportamento dos alunos, incluindo movimentos, gestos e interações com o ambiente e com outros indivíduos. Algoritmos de análise de movimento são aplicados para identificar comportamentos atípicos, tais como agitação excessiva, isolamento ou movimentos incomuns. Para a detecção de objetos suspeitos, são empregados algoritmos de visão computacional que identificam itens como armas de

fogo, facas, objetos pontiagudos, ou itens não usuais que possam representar uma ameaça. O sistema mantém uma lista de objetos suspeitos com base em critérios pré-definidos.

4. Considerações Finais

A abordagem proposta busca identificar tecnologias de reconhecimento facial, comportamental e de objetos para identificar comportamentos atípicos ao ambiente escolar e potencialmente perigosos, prevenindo incidentes trágicos. Em um estágio mais avançado da pesquisa, espera-se desenvolver um sistema capaz, por exemplo, de identificar indivíduos suspeitos ou em risco e acionar alertas para que a coordenação escolar possa tomar as medidas adequadas.

Referências

- [1] F. H. Leong, “Deep Learning of Facial Embeddings and Facial Landmark Points for the Detection of Academic Emotions,” in *ACM Access*, in ICIEI '20. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020, pp. 111–116. doi: 10.1145/3411681.3411684.
- [2] N. Pratheeksha Hegde, C. Shetty, B. Dhananjaya, Deepa, N. Rashmi, and H. Sarojadevi, “Face and Emotion Recognition in Real Time using Machine Learning,” in *IEEE Access*, in IEEE. Jun. 2022, pp. 1018–1025. doi: 10.1109/ICCES54183.2022.9835759.
- [3] M. Suman Menon, A. George, and N. Aswathy, “Implementation of a Multitudinous Face Recognition using YOLO.V3,” in *IEEE Access*, Nov. 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICMSS53060.2021.9673609.
- [4] Y. Liu, J. Chen, M. Zhang, and C. Rao, “Student engagement study based on multi-cue detection and recognition in an intelligent learning environment,” *SPRINGER Access*, vol. 77, no. 21, pp. 28749–28775, 2018, doi: 10.1007/s11042-018-6017-2.

Uma Revisão de Literatura sobre o Uso de Aprendizado de Máquina para Distribuição de Fármacos

Helder Pestana¹, Rodrigo Bonacin^{1,2}, Ferruccio de Franco Rosa^{1,2}, Mariângela Dametto²

¹ UNIFACCAMP
Campo Limpo Paulista– SP– Brasil

² CTI Renato Archer
Campinas– SP – Brasil

h.pestana@hotmail.com, rodrigo.bonacin@faccamp.br,
ferruccio.rosa@faccamp.br, mdametto@cti.gov.br

Abstract. *The pharmaceutical formulation in the traditional way often relies on costly and uncertain trial-and-error processes. Incorporating machine learning techniques may reduce both the time and financial resources invested in pharmaceutical product development. By using machine learning techniques, computers can autonomously learn from extensive pharmaceutical, chemical, and biomedical datasets to make informed suggestions. We present a literature review on the use of machine learning in the realm of pharmaceutical formulation creation and selection with a focus on drug delivery.*

Resumo. *A formulação de medicamentos da maneira tradicional geralmente depende de processos caros e incertos, baseados em tentativa e erro. A incorporação de técnicas de aprendizado de máquina pode reduzir o tempo e os recursos financeiros investidos no desenvolvimento de produtos farmacêuticos. Usando técnicas de aprendizado de máquina, os computadores podem aprender autonomamente com extensos conjuntos de dados farmacêuticos, químicos e biomédicos para fazer sugestões informadas. Este artigo apresenta uma revisão de literatura sobre o uso de aprendizado de máquina no contexto da criação e seleção de formulações farmacêuticas com foco em distribuição de fármacos.*

Palavras-chave: Aprendizado de Máquina, Distribuição de Fármacos, Formulações Farmacêuticas, Bases de Dados Biomédicos

1. Introdução

As formulações farmacêuticas envolvem um conjunto grande de fatores, como estabilidade e biodisponibilidade, e a abordagem tradicional para o desenvolvimento destas formulações depende de processos incertos baseados em tentativa e erro, exigindo assim um grande número de experimentos *in vitro* e *in vivo*, que consomem muitos recursos e tempo [Bannigan et al. 2021]. Um outro fator preponderante na indústria farmacêutica é o rápido crescimento dos avanços tecnológicos e da quantidade de dados científicos, o que cria vários desafios tais como armazenamento e análise de dados [Kamerzell e Middaugh 2020].

Neste cenário, o aprendizado de máquina (*ML – Machine Learning*) tem se destacado como uma ferramenta para otimizar e acelerar o desenvolvimento de formulações farmacêuticas e aproveitar todo esse volume de dados para identificar padrões e tomar decisões. Entre as propriedades farmacêuticas está a distribuição de fármacos, ou seja, capacidade de transportar um fármaco (substância responsável pelo efeito terapêutico) para o seu alvo e assim alcançar um efeito terapêutico desejado.

Ao executar a revisão foram encontrados 2 trabalhos relacionados, ou seja, duas revisões sobre o tema. Bannigan et. al. (2021) apresentam uma análise sobre os métodos e ferramentas aplicadas ao desenvolvimento de formulações químicas utilizando ML. No entanto, a revisão não aborda foca no tema de distribuição de fármacos. Já Wang et al. (2021), em sua revisão, propõem o uso de IA e algoritmos de ML juntamente com modelagem molecular, modelagem matemática, simulação de processo e modelagem farmacocinética com base fisiológica para o desenvolvimento da técnica de distribuição de fármacos.

Em função de aplicações e o potencial do uso de ML em distribuição de fármacos, neste resumo estendido é apresentada uma revisão preliminar com o objetivo de identificar as técnicas e teorias utilizadas, os aspectos positivos e limitações dos estudos existentes.

2. Metodologia e Parâmetros da Revisão

Esta revisão de literatura é baseada no *guideline* apresentado por Kitchenham (2004), tendo como questão principal (QP) de pesquisa: “Quais abordagens baseadas em ML estão voltadas a otimizar distribuição de fármacos?” Os parâmetros da pesquisa foram definidos após uma análise exploratória preliminar, baseada na QP. Definiu-se o período de busca de 2019 a 2023 por ser um tema relativamente recente. A seguinte *string* de busca foi utilizada (adaptada a sintaxe de cada base): “(“*formulation*”) AND (“*machine learning*”) AND (“*pharmaceutical*”) AND (“*predicting*” OR “*prediction*”)”.

A execução da busca nas bases científicas considerou todos os artigos retornados nas seguintes bases, sendo: 2 artigos de IEEE Xplore, 22 de Springer Link e 47 de PubMed, totalizando 71 artigos. Os critérios de inclusão e exclusão estão detalhados na Tabela 1. A primeira avaliação considerou título, resumo e palavras-chave. Dois pesquisadores analisaram os artigos selecionados e elaboraram a lista final em consenso após discussões. Ao final os artigos relacionados a distribuição de fármacos foram identificados e discutidos com uma pesquisadora com experiência no domínio biomédico.

Tabela 1 – Critérios de inclusão e exclusão de artigos

Tipo	Sigla	Critério
Inclusão	I1	Pesquisas sobre ML, Farmacêutica e Predição.
	I2	Estudos que utilizam ML em distribuição de fármacos.
Exclusão	E1	Artigos escritos em idiomas diferentes do Inglês e do Português.
	E2	Artigos que não estejam relacionados com ML e distribuição de fármacos.
	E3	Artigos que não sejam da área de computação ou multidisciplinar com computação.
	E4	Textos que não sejam publicações científicas.
	E5	Resumos com menos de 4 páginas e que não tenham profundidade ou resultados relevantes.
	E6	Livros.

3. Soluções baseadas em ML para otimizar a Distribuição de Fármacos

Após a leitura completa, 6 artigos sobre soluções de ML para otimizar distribuição de fármacos foram selecionados e são apresentados nesta seção.

Deng et al. (2022) apresentam um modelo de predição para acelerar o desenvolvimento de produtos de microesferas para fármacos contendo moléculas pequenas por meio de técnicas de ML. Várias técnicas foram analisadas, tais como: *Deep Neural Network* (DNN), *Decision Tree* (DT) *K-Nearest Neighbors* (KNN), *Support Vector Machine* (SVM), *Partial Least Squares* (PLS), para citar algumas.

Lou e Hageman (2021) utilizam métodos de ML (*e.g.*, DT, ANN, KNN) para prever a biodisponibilidade (*i.e.*, velocidade e extensão da absorção do fármaco) após a administração subcutânea de anticorpos monoclonais, mesmo sem conhecer completamente o mecanismo e a causalidade entre entradas e saídas.

He et al. (2020) apresentam o uso de técnicas de ML (*e.g.*, KNN, PLS, DNN, SVM) para o desenvolvimento de formulações de nano cristais substituindo processos de tentativa e erro que consomem tempo e recursos e será de grande auxílio para os especialistas no processo.

Gao et al. (2021) propõem o uso de uma metodologia computacional integrada baseada em técnicas de ML (*e.g.*, RF, KNN, DT, SVM). O objetivo é diminuir os trabalhos tradicionais de design de formulações de medicamentos e trazer novas ideias para futuros projetos de formulações, modelagem molecular e abordagens experimentais para o design racional de formulações.

Noorain et al. (2023) abordam a combinação de nano-terapêuticos e a técnica de *Gaussian Process Models* (GPM) para simplificar os sistemas de desenvolvimento de medicamentos antivirais, automatizando a análise.

Por fim, Damiani & Damiani (2021) utilizam a combinação de tecnologias microfluídicas e de redes neurais artificiais, juntamente com o uso de biomateriais, para gerar micropartículas poliméricas carregadas com medicamentos.

4. Discussão e Conclusão

Em linha com o apresentado em He et al. (2020), a revisão aponta que o uso de ML na criação e seleção de formulações farmacêuticas, com o foco em distribuição de fármacos, tem potencial de apoiar a indústria farmacêutica. Tal constatação se deve à capacidade de acelerar os extensivos processos manuais de tentativa e erro. O atual cenário é bastante promissor para o uso dos algoritmos de ML, pois é crescente o volume de dados científicos [Kamerzell e Middaugh 2020] e isto possibilita a criação de modelos confiáveis. Entretanto, os estudos também apontam que os modelos preditivos devem ser usados de forma cuidadosa e complementar com a experimentação laboratorial, pois a validação experimental é essencial para confirmar as previsões dos modelos e garantir a qualidade das formulações.

Este artigo apresentou uma revisão de literatura sobre o uso de ML no contexto da criação e seleção de formulações farmacêuticas com foco em distribuição de fármacos. A abordagem empregada nesta revisão permitiu a verificação e análise de tendências, bem como abordagens tecnológicas adotadas ao longo dos últimos cinco anos. Em um universo de 71 artigos, 6 trabalhos foram criteriosamente selecionados, classificados e sintetizados de modo a representar o estado-da-arte das abordagens para avaliar e representar o uso de uma ferramenta computacional e sua aplicabilidade na área da saúde e no desenvolvimento de medicamentos com foco em distribuição de

fármacos. Foram apresentadas as técnicas e teorias utilizadas, os aspectos positivos e limitações dos estudos.

Pretende-se expandir esta revisão preliminar para outros aspectos ligados à formulação farmacêutica, bem como aprofundar nos aspectos científicos e tecnológicos de cada projeto avaliado.

Referências

- Bannigan P, Aldeghi M, Bao Z, Häse F, Aspuru-Guzik A, Allen C. Machine learning directed drug formulation development. *Adv Drug Deliv Rev.* 2021 Aug;175:113806. doi: 10.1016/j.addr.2021.05.016. Epub 2021 May 19. PMID: 34019959.
- Kamerzell TJ, Middaugh CR. Prediction Machines: Applied Machine Learning for Therapeutic Protein Design and Development. *J Pharm Sci.* 2021 Feb;110(2):665-681. doi: 10.1016/j.xphs.2020.11.034. Epub 2020 Dec 2. PMID: 33278409.
- Lou H, Hageman MJ. Machine Learning Attempts for Predicting Human Subcutaneous Bioavailability of Monoclonal Antibodies. *Pharm Res.* 2021 Mar;38(3):451-460. doi: 10.1007/s11095-021-03022-y. Epub 2021 Mar 12. PMID: 33710513.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele University, 33(TR/SE-0401), 28. <https://doi.org/10.1.1.122.3308>
- Wang W, Ye Z, Gao H, Ouyang D. Computational pharmaceutics - A new paradigm of drug delivery. *J Control Release.* 2021 Oct 10;338:119-136. doi: 10.1016/j.jconrel.2021.08.030. Epub 2021 Aug 19. PMID: 34418520.
- Deng J, Ye Z, Zheng W, Chen J, Gao H, Wu Z, Chan G, Wang Y, Cao D, Wang Y, Lee SM, Ouyang D. Machine learning in accelerating microsphere formulation development. *Drug Deliv Transl Res.* 2023 Apr;13(4):966-982. doi: 10.1007/s13346-022-01253-z. Epub 2022 Dec 1. PMID: 36454434.
- He Y, Ye Z, Liu X, Wei Z, Qiu F, Li HF, Zheng Y, Ouyang D. Can machine learning predict drug nanocrystals? *J Control Release.* 2020 Jun 10;322:274-285. doi: 10.1016/j.jconrel.2020.03.043. Epub 2020 Mar 29. PMID: 32234511.
- Gao H, Jia H, Dong J, Yang X, Li H, Ouyang D. Integrated in silico formulation design of self-emulsifying drug delivery systems. *Acta Pharm Sin B.* 2021 Nov;11(11):3585-3594. doi: 10.1016/j.apsb.2021.04.017. Epub 2021 May 5. PMID: 34900538; PMCID: PMC8642610.
- Noorain L, Nguyen V, Kim HW, Nguyen LTB. A Machine Learning Approach for PLGA Nanoparticles in Antiviral Drug Delivery. *Pharmaceutics.* 2023 Feb 2;15(2):495. doi: 10.3390/pharmaceutics15020495. PMID: 36839817; PMCID: PMC9966002.
- Damiati SA, Damiati S. Microfluidic Synthesis of Indomethacin-Loaded PLGA Microparticles Optimized by Machine Learning. *Front Mol Biosci.* 2021 Sep 22;8:677547. doi: 10.3389/fmolb.2021.677547. PMID: 34631792; PMCID: PMC8493061.

Modelagem Conceitual de Privacidade para Prontuários Eletrônicos de Pacientes

Marcio Silva Cruz¹, Ferruccio de Franco Rosa^{1,2}

¹ Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI)
Campinas – SP – Brasil

² Universidade Campo Limpo Paulista (UNIFACCAMP)
Campo Limpo Paulista – SP – Brasil

cruzmarcios@hotmail.com, ferruccio.rosa@cti.gov.br

Abstract. *We present a research project aimed at proposing a conceptual model for improving the privacy of health data. Our research must identify electronic health record standards and identify possibilities for improvements in existing standards for possible conceptual modeling supported by an ontology. Specifically, the treatment of sensitive data contained in EHRs (Electronic Health Records) is addressed by proposing a privacy ontology appropriate to the context of these types of highly sensitive data.*

Resumo. *Um projeto de pesquisa é apresentado com o objetivo de propor uma modelagem conceitual visando aprimorar a privacidade de dados de saúde. Para isso, a pesquisa deverá identificar padrões de prontuário eletrônico de saúde e identificar possibilidades de melhorias em padrões existentes para uma possível modelagem conceitual apoiada por uma ontologia. Especificamente, aborda-se o tratamento dos dados sensíveis contidos nos Prontuários Eletrônicos de Pacientes (PEPs), ou EHRs (Electronic Health Records – Registros Eletrônicos de Dados de Saúde), com o objetivo de propor uma ontologia de privacidade adequada ao contexto destes tipos de dados altamente sensíveis.*

Palavras-chave – *Dados de Saúde, EHR, PEP, Privacidade, Prontuário Eletrônico, Ontologia, Segurança.*

1. Introdução

Atualmente, existe uma alta demanda por sistemas críticos que lidam com dados pessoais de pacientes e outros dados relacionados à saúde. Dados médicos e relacionados à saúde da população são altamente sensíveis e demandam um tratamento adequado com respeito a aspectos de privacidade. Normas legais, e.g., resoluções, regulamentos e recomendações de instituições nacionais e internacionais, surgem com o objetivo de garantir mais segurança e transparência no uso dos dados pessoais.

A privacidade é uma questão crítica e central no tratamento dos dados sensíveis contidos nos sistemas que lidam com registros eletrônicos de dados de saúde (*Electronic Health Records* – EHRs). Isso se deve ao fato de haver um crescimento do monitoramento de dados específicos de cada paciente. A confiança depositada nos serviços de registro e

monitoramento em saúde é o ponto central da tomada de decisão para aderir ou não a esses serviços. Questões importantes precisam ser respondidas, tais como: Quem terá acesso aos dados não-anonimizados? Como e por quem serão usados os dados do paciente? Como se dará o rastreamento da manipulação de dados?

Existem metodologias que destacam o desenvolvimento de ontologias em várias disciplinas. Aprimorar a privacidade de dados de saúde, ao mesmo tempo que viabilize a pesquisa na área de saúde, é um desafio de pesquisa e desenvolvimento, e espera-se identificar uma abordagem ontológica adequada neste contexto.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma abordagem exploratória no domínio de EHRs. O restante deste artigo está organizado da seguinte maneira: a Seção 2 apresenta um breve referencial teórico; a Seção 3 apresenta uma síntese do projeto e seus objetivos; e a Seção 4 apresenta as considerações finais.

2. Referencial Teórico Preliminar

O prontuário do paciente é um dos documentos mais importantes no registro do histórico de atendimento multiprofissional na área de saúde, registrando cada passo deste processo. Estudos revelam o impacto positivo da implantação do registro eletrônico de saúde (Häyrinen et al., 2008). No entanto, Costa & Portela (2018) consideram que a sua implementação seja bastante desafiadora devido a sua complexidade na interoperabilidade por envolver vários aspectos técnicos, além de questões pessoais, sociais e organizacionais.

Beard et al. (2012) mencionam outros desafios relacionados ao compartilhamento de registros eletrônicos de saúde, como questões de segurança, problemas na atribuição de responsabilidades, direitos entre os diversos atores e questões de acesso flexível aos dados. As violações de dados de alto perfil em sistemas como o *My Health Record* (MHR) da Austrália e o Serviço Nacional de Saúde (NHS) do Reino Unido expuseram milhões de registros, resultando em perdas financeiras substanciais para o setor de saúde (Vimalachandran et al., 2018).

As questões sobre privacidade dos prontuários eletrônicos de saúde demandam uma maior nitidez sobre a garantia da confidencialidade dos dados e sua usabilidade por diferentes atores.

3. Síntese do Projeto de Pesquisa

Optou-se pela elaboração de uma pesquisa exploratória, com foco na revisão de literatura, a qual possibilitará compreender melhor a temática abordada, além de poder proporcionar uma base para o aprofundamento de futuras pesquisas. No desenvolvimento da pesquisa, os objetivos e processos para uma modelagem conceitual visando o aprimoramento da privacidade de sistemas na área da saúde são apresentados.

Pretende-se: (i) Identificar padrões de prontuários eletrônicos de saúde; (ii) Identificar questões legais relacionadas à privacidade de dados na área da saúde; (iii) Abordar ontologias de privacidade para dados sensíveis no domínio da saúde; (iv)

Encontrar possibilidades de melhorias em padrões de prontuários para uma abordagem ontológica; e (v) Propor versão inicial de ontologia de privacidade.

Os métodos técnico-científicos necessários à execução do projeto são oriundos da área de Ciência da Computação, especificamente, conhecimentos em privacidade e segurança da informação, sistemas de registros eletrônicos de dados na área da saúde e modelagem conceitual, bem como compreender os mecanismos e ferramentas voltados à construção de ontologia.

4. Considerações Finais

O prontuário do paciente armazena informações produzidas pela equipe multiprofissional de saúde, referentes ao estado de saúde física, mental e todas as condições sociais vivenciadas por um paciente. Este trabalho pretende mapear as perspectivas de melhorias de privacidade relacionadas ao prontuário eletrônico de saúde.

Neste artigo, apresentou-se o resumo de um projeto de pesquisa em andamento, que pretende explorar o desafio da privacidade, procurando contribuir significativamente para o aprimoramento da privacidade de sistemas na área da saúde. Pretende-se, ao final do projeto, apresentar uma versão inicial de uma ontologia de privacidade no contexto de EHRs.

Este trabalho destina-se a ser útil para pesquisadores que buscam desenvolver métodos e processos baseados em modelagem conceitual voltados a todo o ciclo informacional de produção de prontuários eletrônicos de saúde.

Referências

- Beard, L., Schein, R., Morra, D., Wilson, K., Keelan, J. The challenges in making electronic health records accessible to patients. *Journal of the American Medical Informatics Association*, BMJ Group BMA House, Tavistock Square, London, WC1H 9JR, v. 19, n. 1, p. 116–120, 2012.
- Costa, J. F. R.; Portela, M. C. Percepções de gestores, profissionais e usuários acerca do registro eletrônico de saúde e de aspectos facilitadores e barreiras para a sua implementação. *Cadernos de Saúde Pública*, SciELO Public Health, v. 34, p. e 00187916, 2018.
- Häyrinen, K.; Saranto, K.; Nykänen, P. Definition, structure, content, use and impacts of electronic health records: a review of the research literature. *International journal of medical informatics*, Elsevier, v. 77, n. 5, p. 291–304, 2008.
- Vimalachandran, P., Zhang, Y., Cao, J., Sun, L., Yong, J. Preserving Data Privacy and Security in Australian My Health Record System: A Quality Health Care Implication. In: Hacid, H., Cellary, W., Wang, H., Paik, H.Y., Zhou, R. (eds) *Web Information Systems Engineering – WISE 2018*. WISE 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 11234. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02925-8_8, 2018