

# DESENVOLVIMENTO DE UM LEITOR OCR COM A UTILIZAÇÃO DE LÓGICA PARACONSISTENTE PARA FINS DE OTIMIZAR A ANÁLISE DE RESULTADOS DE EXAMES LABORATORIAIS

## DEVELOPMENT OF AN OCR READER USING PARACONSISTENT LOGIC TO OPTIMIZE THE ANALYSIS OF LABORATORY TEST RESULTS.

Yuri Silva de Moura<sup>1, i</sup>  
Caique Zaneti Kirilo<sup>2, ii</sup>  
Jessica Franzon Cruz do Espirito Santo<sup>3, iii</sup>  
Jorge Rodolfo Beingolea<sup>4, iv</sup>

### RESUMO

Esta pesquisa propõe a leitura e análise de exames laboratoriais por meio da Lógica Paraconsistente Anotada (LPA), integrando extração e tratamento de dados, de modo a facilitar a consulta e a visualização dos resultados. O presente estudo teve como propósito desenvolver um sistema capaz de processar arquivos de texto e imagens. O sistema demonstrou resultados satisfatórios, mostrando-se promissor na extração, análise e coleta de dados, além de incorporar funcionalidades adicionais que otimizaram o fluxo das análises. Entre os recursos implementados, destacam-se a geração automática de gráficos relacionando índices às respectivas datas de exames e a realização de cálculos estatísticos básicos por meio de lógica clássica, incluindo médias aritméticas, identificação de valores máximos e mínimos e verificação de parâmetros fora das faixas de referência.

**Palavras-chave:** OCR, Lógica Paraconsistente, Sistema Especialista.

### ABSTRACT

This research proposes the reading and analysis of laboratory exams through Annotated Paraconsistent Logic (APL), integrating data extraction and processing to facilitate the querying and visualization of the results. The purpose of this study was to develop a system capable of processing text and image files. The system demonstrated satisfactory results, proving promising in data extraction, analysis, and collection, in addition to incorporating additional functionalities that optimized the analysis workflow. Among the implemented features are the automatic generation of graphs correlating indices with their respective exam dates and the performance of basic statistical calculations using classical logic, including arithmetic means, identification of maximum and minimum values, and verification of parameters outside of reference ranges.

**Keywords:** OCR, Paraconsistent Logic, Expert System.

---

<sup>1</sup>Graduando em Ciência de Computação pelo Centro Universitário das Américas (FAM). E-mail: yurimoit96@gmail.com

<sup>2</sup>Doutorando e Docente no curso de graduação na Faculdade SENAI-SP de Ciência de Dados, E-mail: caique.zaneti@sp.senai.br

<sup>3</sup>Mestranda e Docente no curso de graduação na Faculdade SENAI-SP de Ciência de Dados, E-mail: jessica.santo@sp.senai.br

<sup>4</sup>Doutor, Coordenador e Docente no Centro Universitário das Américas (FAM), nos cursos de Tecnologia da Informação e Engenharias. E-mail: Jorge.beingolea@alumni.usp.br

# 1 INTRODUÇÃO

O presente projeto busca contribuir para o aprimoramento da interpretação de resultados de exames médicos, utilizando como ferramenta um leitor baseado em Optical Character Recognition (OCR), que é um recurso que permite com que os dados dos exames sejam extraídos, viabilizando assim análises comparativas que possibilitam a obtenção de um pré-diagnóstico, sem, contudo, substituir a avaliação do profissional de saúde responsável (BATRA et al., 2023). O projeto utilizou como base fundamental o trabalho de (SOUZA, 2013), cujo objetivo foi desenvolver um leitor OCR voltado à identificação de caracteres numéricos em contracheques bancários, o que possibilitou no referido projeto análises e comparações com valores de referência previamente definidos.

No desenvolvimento deste projeto, foi utilizada uma Rede Neural Artificial Paraconsistente (RNAP), com foco no tratamento de dados inconsistentes, associada à Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) (CARVALHO; ABE, 2011), tendo em vista que diferentemente da lógica clássica, que se apoia no princípio do terceiro excluído, a LPA permite lidar de maneira performática com contradições e inconsistências, refinando informações conflitantes e evitando resultados indesejados, o que apesar de aumentar a complexidade do projeto, mostra-se especialmente eficaz em sistemas que exigem análise e tratamento de dados sob condições de incerteza.

## 1.1 Problema de pesquisa

A análise e de exames laboratoriais são processos frequentemente manuais e descentralizados, o que dificulta a identificação de tendências e a evolução de quadros clínicos ao longo do tempo, além disso, a interpretação de múltiplos resultados pode levar a inconsistências ou incertezas, que não são adequadamente tratadas por sistemas baseados em lógica clássica.

## 1.2 Objetivo

Desenvolver um software para digitalização e análise de imagens de exames laboratoriais, utilizando técnicas de inteligência artificial para apoiar a detecção de inconsistências, a comparação de dados e a visualização interativa dos resultados.

### 1.2.1 Objetivos específicos

1. Aplicar técnicas de Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR) para converter as imagens em texto editável.
2. Desenvolver e treinar modelos de Inteligência Artificial para analisar e compreender o conteúdo textual extraído, empregando algoritmos avançados e técnicas de processamento de linguagem natural.
3. Realizar a extração automática de informações relevantes, como nomes, datas, valores e categorias, a partir do texto processado.
4. Detectar e tratar erros ou inconsistências presentes nos documentos, utilizando métodos de lógica paraconsistente e técnicas de correção para garantir maior precisão nos resultados.

### 1.3 Justificativa

Identificou-se a necessidade de desenvolver um sistema integrado capaz de centralizar exames médicos, inicialmente focado em hemogramas, e de realizar análises mais aprofundadas dos dados coletados. A proposta busca, em etapas posteriores, contribuir para a redução de solicitações de exames redundantes, uma vez que a consolidação e o acompanhamento dos resultados ao longo do tempo permitem identificar a evolução ou estagnação de quadros clínicos. O projeto fundamenta-se em uma dissertação de mestrado que utilizou técnicas de reconhecimento óptico de caracteres (OCR) para a leitura de documentos bancários, o que possibilitou a adaptação da metodologia para a área da saúde. Dessa forma, foi possível projetar um sistema web de fácil acesso para o armazenamento e gerenciamento de exames.

## 2 METODOLOGIA

A fundamentação teórica desta pesquisa abrange três pilares principais: o Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR), a Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) e a aplicação de sistemas inteligentes para análise de dados (CARVALHO; ABE, 2011).

A tecnologia de OCR é a base para a digitalização dos exames, permitindo a conversão de imagens de documentos em texto editável e manipulável por um sistema, esse recurso possibilita para extrair os dados dos laudos laboratoriais de forma automática, eliminando a necessidade de digitação manual, o que otimiza o fluxo de trabalho, porém, os dados extraídos podem conter inconsistências, incertezas ou contradições, especialmente em contextos complexos como a análise de exames médicos, onde os valores e simbologias são específicas (AKHTAR et al., 2020).

A lógica clássica é fundamentada no princípio do terceiro excluído, o que torna ela limitada para tratar determinados cenários, sendo assim, para superar essa limitação, este estudo emprega a Lógica Paraconsistente Anotada (OSÓRIO; BITTENCOURT, 2000).

A inspiração para a combinação dessas tecnologias vem de trabalhos anteriores, como a dissertação de (SOUZA, 2013), que desenvolveu um leitor OCR para caracteres numéricos em documentos bancários utilizando uma Rede Neural Artificial Paraconsistente (RNAP) para tratar dados inconsistentes. A metodologia daquele estudo foi adaptada para a área da saúde, visando criar um sistema capaz de não apenas extrair dados, mas também analisá-los de forma aprofundada, oferecendo um suporte mais eficiente ao acompanhamento clínico.

As técnicas empregadas seguiram algoritmos já consolidados em programação, com adaptações voltadas para aferição da precisão de extração e implementação de novos filtros para captura de caracteres em imagens. Os dados foram inicialmente convertidos em texto manipulável, adotando-se um padrão de formatação textual definido a partir de testes preliminares, de modo a orientar o algoritmo na identificação das informações relevantes.

Posteriormente, as informações extraídas foram comparadas a uma lista previamente estabelecida de itens-alvo. A correspondência foi considerada eficaz quando o índice de similaridade atingiu, no mínimo, 60%. Esse limiar foi definido com base em experimentos realizados com até três modelos distintos de exames laboratoriais, resultando em uma taxa de assertividade entre 66% e 80% na captura de informações.

A comparação de palavras foi aplicada em arquivos nos formatos PDF, XLS, CSV e TXT, obtendo resultados satisfatórios. Contudo, arquivos em formato DOCX apresentaram desempenho insatisfatório devido à ausência de testes suficientes e à indisponibilidade de exames nesse formato. Por fim, a filtragem de valores numéricos foi realizada por meio de expressões regulares, técnica amplamente consolidada e que se mostrou altamente eficiente na remoção de caracteres inválidos e na padronização dos dados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema proposto foi estruturado em sete etapas sequenciais, garantindo linearidade no fluxo de dados desde a coleta até a análise final. Nos testes realizados, observou-se uma taxa de assertividade entre 66% e 80% na extração de informações a partir de arquivos nos formatos PDF, TXT, CSV, XLS e imagens (PNG, JPEG, JPG), com desempenho satisfatório tanto em documentos textuais quanto em imagens digitalizadas. Um ponto crítico foi identificado nos arquivos DOCX, que apresentaram inconsistências na captura devido à baixa padronização estrutural e à ausência de amostras suficientes para calibragem dos filtros.

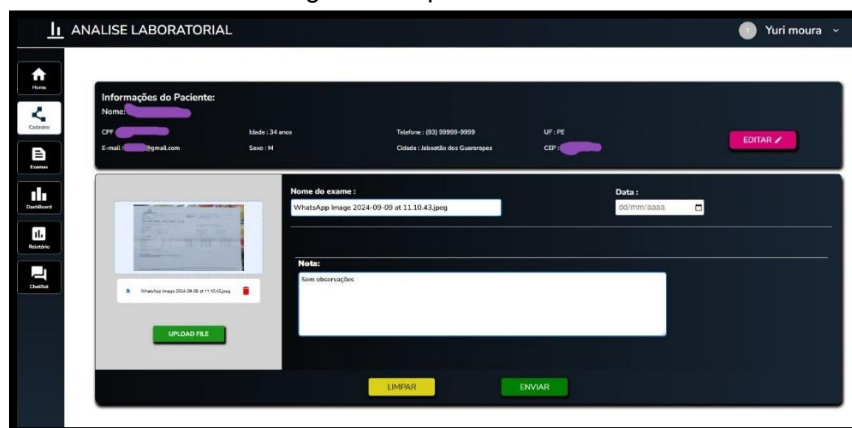
Figura 1 - Sistema em funcionamento



Fonte: Autores

A etapa de pré-processamento de imagens demonstrou ser determinante para elevar a qualidade da extração, especialmente em arquivos com baixa nitidez. O uso combinado das bibliotecas Pillow e Pytesseract permitiu realizar ajustes de contraste e resolução em diferentes níveis (HD, FHD e QHD), garantindo maior clareza dos caracteres antes da conversão para texto. Esse procedimento resultou em aumento significativo da taxa de reconhecimento dos dados numéricos e reduziu erros na interpretação de caracteres adjacentes, comuns em exames digitalizados de baixa qualidade.

Figura 2 - Input de exames



Fonte: Autores

Na etapa de verificação de valores de referência, o sistema demonstrou capacidade de identificar alterações fora dos limites clínicos estabelecidos, emitindo alertas para o usuário. Essa funcionalidade representa um avanço prático, pois reduz o tempo de detecção de anomalias nos exames e oferece maior segurança na análise preliminar. A lógica clássica aplicada mostrou-se eficiente em apontar desvios objetivos, como valores acima ou abaixo das faixas de normalidade, já a lógica paraconsistente anotada (LPA) acrescentou robustez ao sistema ao lidar com inconsistências e indeterminações, especialmente em casos nos quais um mesmo índice apresentava condições simultâneas de verdadeiro e falso. A análise paraconsistente foi aplicada principalmente a exames de hemograma completo, com foco em índices como hematócrito, hemácias e hemoglobina, que serviram de base para o cálculo dos graus de certeza e incerteza. O cálculo se baseou nos dados seguintes dados: Hematócrito, Hemácia e Hemoglobina, com os três valores verificou-se quais estavam alterados para cima em relação ao valor de referência, os outros três índices (Leucócitos, Neutrófilos.S e Plaquetas) servem apenas para confirma o resultado.

$\mu$  - Valor de certeza;  $\lambda$  - Valor de incerteza; NE - Nível de exigência; H - Valor de grau de certeza; G - Valor de grau de incerteza

Quadro 1 - Tratativas dos exames para tomada de decisão

NOME - SIGLA	Pesos	V.Elevados	V.Normais	Grupos	Prioridade
Hematócrito - HE	0.9	(0.9, 0.0)	(0.0, 0.9)	1	Alta
Hemácia - HA	0.8	(0.8, 0.0)	(0.0, 0.8)	1	Média
Hemoglobina - HG	0.7	(0.7, 0.0)	(0.0, 0.7)	1	Média
Leucócitos LE	0.8	(0.8, 0.0)	(0.0, 0.8)	2	Baixa
Neutrófilos.S - NS	0.7	(0.7, 0.0)	(0.0, 0.7)	2	Baixa
Plaquetas - PL	0.5	(0.5, 0.0)	(0.0, 0.5)	2	Baixa

Fonte: Autores

Cálculo passo a passo:

1° Passo  $G1.1=HE$  |  $G1.2=Max(HC; HG)$

2° Passo  $R1=(Min(G1; G2))$

3° Passo  $G2.1=PL$  |  $G2.2=Max(LE; NS)$

4° Passo  $R2=Min(G3; G4)$

5° Passo  $Max(R1; R2)$

**Fórmulas:**  $H=\mu - \lambda$  |  $G= \mu + \lambda - 1$  **Nível exigência:**  $NE=0.6$

Quadro 2 - referências e intervalores

Referência	Intervalor
Valores verdadeiros	$0.6 \leq H \leq 1$
Valores falso	$-1 \leq H \leq -0.6$
Valores indeterminados	$-1 \leq G \leq -0.6$
Valores Inconsistentes	$0.6 \leq G \leq 1$

Fonte: Autores

Os resultados mostraram que a LPA foi capaz de ponderar pesos distintos para cada índice, identificando padrões de alteração e sugerindo a necessidade de novas verificações em casos de resultados inconsistentes. O valor de  $\mu_{min} \geq 60\%$ , considerado verdadeiro para sugerir revisões de exames anteriores ou realiza novos, verifica sintomas e quadro clínico, devido ao aumento dos valores do

eritrograma. Além disso, o sistema agrupou índices complementares (como leucócitos, neutrófilos segmentados e plaquetas) para confirmar ou refinar as análises iniciais, o que aumentou a confiabilidade dos resultados. De maneira implícita os resultados são expostos de maneira interna no log da API:

Figura 3 - log das decisões do sistema

```

--- CENÁRIO 1: AMBOS OS SINAIS SÃO CERTOS E VERDADEIROS ---
--- Processando Sinais: A=(E:0.90, F:0.10) e B=(E:0.80, F:0.10) ---
> NP1 (A): Certeza G=0.80, Contradição D=0.00
> NP2 (B): Certeza G=0.70, Contradição D=0.10
-----
> NP3 (SAÍDA FINAL): Combinação Lógica (AND)
> Certeza FINAL (G): 0.70
> Contradição FINAL (D): 0.00
> ESTADO LÓGICO DA REDE: V: Forte certeza, baixa contradição.

--- CENÁRIO 2: O CONFLITO DOMINA A SAÍDA ---
--- Processando Sinais: A=(E:0.70, F:0.20) e B=(E:0.90, F:0.70) ---
> NP1 (A): Certeza G=0.50, Contradição D=0.10
> NP2 (B): Certeza G=0.20, Contradição D=0.60
-----
> NP3 (SAÍDA FINAL): Combinação Lógica (AND)
> Certeza FINAL (G): 0.20
> Contradição FINAL (D): 0.60
> ESTADO LÓGICO DA REDE: 1: ALTA CONTRADIÇÃO - O sistema é inconsistente.

```

Fonte: Autores

A disponibilização das análises de maneira interativa torna também o processo de tomada de decisão mais leve, fazendo com que o foco principal seja realmente a o processo decisório, mitigando o risco de acontecer falhas de interpretação. Foi disponibilizado também a possibilidade de edição, exclusão e aplicação de filtros nos exames trouxe flexibilidade para adaptação a diferentes contextos clínicos.

Esses resultados confirmam o potencial da combinação entre OCR, lógica clássica e lógica paraconsistente para o tratamento de dados laboratoriais, mesmo que ainda existam limitações referente a formatos de arquivos, os testes realizados validaram a viabilidade técnica do sistema e apontaram caminhos para sua expansão futura.

## 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram desempenho satisfatório, evidenciando potencial para aprimorar a visualização de dados laboratoriais, além disso, a centralização das informações em um único sistema mostrou-se capaz de reduzir o tempo de acesso e o volume de documentos gerados. A incorporação futura de técnicas avançadas de Inteligência Artificial, Aprendizado de Máquina e de lógicas mais complexas poderá ampliar a capacidade de análise, permitindo integração com diferentes tipos de exames, expandindo assim a aplicabilidade do sistema em ambientes de saúde.

## REFERÊNCIAS

AKHTAR, Z. et al. Optical character recognition (OCR) using partial least square (PLS) based feature reduction: an application to artificial intelligence for biometric identification. *Journal of Enterprise Information Management*, v. 36, p. 767-789, 2020. DOI: 10.1108/jeim-02-2020-0076.

BATRA, P. et al. OCR-MRD: performance analysis of different optical character recognition engines for medical report digitization. *International Journal of Information Technology*, p. 1-9, 2023. DOI: 10.1007/s41870-023-01610-2.

CARVALHO, Fábio Romeu de; ABE, Jair Minoro. Tomada de decisão com ferramenta da lógica paraconsistente anotada: método paraconsistente de decisão. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

OSÓRIO, Fernando Santos; BITTENCOURT, Ricardo João. Sistemas inteligentes baseados em redes neurais artificiais aplicados ao processamento de imagens. 2000. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2000.

SOUZA, Sheila. Sistema de reconhecimento de caracteres numéricos manuscritos baseados nas redes neurais artificiais paraconsistentes. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

## AGRADECIMENTOS

Aos nossos parceiros da Faculdade SENAI, da Faculdade das Américas (FAM) e da UFABC, e a toda a comunidade da Escola SENAI 'Paulo Antônio Skaf', incluindo sua Direção, coordenação, equipe técnica, docentes e estudantes, nosso muito obrigado pelo apoio essencial à realização deste trabalho.

## SOBRE O(S)AUTOR(ES)

### ii Yuri Silva de Moura (Autor 1)



Possui Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, é graduando em Ciência de Computação pela Faculdade das Américas (FAM) e também graduando em Engenharia de Controle e Automação pelo Instituto Federal do Pará (IFPA). Atua como desenvolvedor Full-Stack.

<https://orcid.org/0009-0005-1162-2125>

### i Caique Zaneti Kirilo (Autor 2)



Possui bacharelado em Ciência da Computação (2012-2015); Mestrado em Engenharia de Produção com ênfase em Inteligência Artificial e Seis Sigma na linha de pesquisa de Métodos Quantitativos em Engenharia de Produção focada em Processos decisórios baseados em lógicas não clássicas (2016-2017); É Doutorando em Engenharia da Informação pela Universidade Federal do ABC. Atua como Professor Universitário e Pesquisador integrante do Grupo de Pesquisa de Engenharia de Software aplicada à criação de Sistemas Críticos, atuando também como orientador em programas de iniciação científica de alunos da graduação.

<https://orcid.org/0000-0001-5667-0861>

iii **Jéssica Franzon Cruz do Espírito Santo (Autor 3)**



Possui graduação (Bacharelado) em Ciência da Computação (2018-2021) pela Universidade Paulista (UNIP); Pós-graduada em Gestão Educacional na Perspectiva Inclusiva (2022) pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e Pós-graduada em Psicopedagogia (2024) pela Faculdade das Américas (FAM); É Mestranda em Engenharia da Informação pela Universidade Federal do ABC. Atua como Professora na Faculdade Senai no campus Paulo Antônio Skaf no curso de Ciência de Dados.

<https://orcid.org/0000-0002-2812-3673>

iv **Jorge Rodolfo Beingolea (Autor 4)**



Doutor e Mestre em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), bacharel em Engenharia Biomédica e em Ciência da Computação. Professor e Coordenador acadêmico no Centro Universitário das Américas – FAM, nos cursos de Tecnologia da Informação e Engenharias. Atua também como pesquisador associado ao Grupo de Computação Pervasiva e de Alto Desempenho (PAD-LSI - EPUSP) e ao Instituto Brasileiro de Cidades Humanas, Inteligentes, Criativas e Sustentáveis (IBRACHICS).

<https://orcid.org/0000-0002-9434-6875>