



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE INFORMÁTICA  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

**LYGIA HELENA CAVALCANTI ARAUJO**

**Análise do Diagnóstico da Discalculia utilizando Inteligência  
Artificial: uma Revisão Sistemática da Literatura**

**RECIFE**

**2024**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE INFORMÁTICA  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

**LYGIA HELENA CAVALCANTI ARAUJO**

**Análise do Diagnóstico da Discalculia utilizando Inteligência  
Artificial: uma Revisão Sistemática da Literatura**

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia da Computação, na Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia da Computação.

**Orientador:** Prof. Dr. [Leandro Maciel Almeida](#)

Recife  
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Cavalcanti Araujo, Lygia Helena.

Análise do Diagnóstico da Discalculia utilizando Inteligência Artificial:  
uma Revisão Sistemática da Literatura / Lygia Helena Cavalcanti Araujo. -  
Recife, 2024.

59p

Orientador(a): Leandro Maciel Almeida

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro de Informática, Engenharia da Computação - Bacharelado,  
2024.

1. Educação e tecnologia. 2. Transtorno Específico de Aprendizagem. 3.  
Discalculia. 4. Inteligência Artificial. I. Maciel Almeida, Leandro. (Orientação).  
II. Título.

000 CDD (22.ed.)

LYGIA HELENA CAVALCANTI ARAÚJO

**Análise do Diagnóstico da Discalculia utilizando Inteligência Artificial: uma Revisão Sistemática da Literatura**

TG apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia da Computação, na Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia da Computação.

Aprovado em: 20/03/2024

**BANCA EXAMINADORA**

Prof<sup>o</sup>. Dr. Leandro Maciel Almeida (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patricia Cabral de Azevedo Restelli Tedesco (Avaliadora)

Universidade Federal de Pernambuco

**“A gente tem que sonhar senão as coisas não acontecem”**

**Oscar Niemeyer**

## AGRADECIMENTOS

Palavras não seriam suficientes para agradecer a todas as pessoas que contribuíram para a minha formação, mas em especial gostaria de agradecer:

Aos amigos que ganhei durante a graduação, que contribuíram imensamente para a conclusão deste curso.

As minhas colegas de trabalho da 4ª Vara de Família, pela paciência, pelas trocas de horários e por vezes esperar chegar da faculdade para poderem largar.

Ao meu querido Chefe, o Dr. João Maurício Guedes Alcoforado, Juiz da 4ª Vara de Família da Capital e a minha antiga e querida Chefe de Secretaria, Julita, por permitirem, sem objeções, cursar as disciplinas nos horários de funcionamento da unidade, permitindo a compensação de horário.

Aos meus pais, por todo o esforço e dedicação, que contribuíram para a minha formação profissional e acadêmica.

Ao meu esposo, pela força nos momentos difíceis, pela paciência, carinho e dedicação durante toda esta caminhada.

Acima de tudo a Deus, meu guia e modelo, me sustentando durante a caminhada, possibilitando esta vitória.

## Resumo

A discalculia é um transtorno específico de aprendizagem da matemática caracterizado pela presença de anormalidades na aquisição de habilidades aritméticas, geralmente identificado em crianças, no início da fase escolar. O diagnóstico deste transtorno é realizado em várias etapas, sendo um processo demorado e custoso, retardando o diagnóstico e o início do tratamento. A inteligência artificial é uma ferramenta que vem sendo utilizada no aprimoramento de diagnósticos e cuidados médicos, como, por exemplo, no diagnóstico de transtornos de aprendizagem. Sendo assim, este trabalho objetivou a realização de um estudo sobre o uso de algoritmos de inteligência artificial no diagnóstico da discalculia, através de uma Revisão Sistemática da Literatura, possibilitando a compreensão do cenário atual, as ferramentas utilizadas, os resultados obtidos e desafios vivenciados. O diagnóstico da discalculia tem sido um desafio para profissionais de saúde devido à diversidade de abordagens e ferramentas disponíveis. Atualmente, existem softwares que utilizam algoritmos de aprendizagem de máquina para prever a discalculia, muitos dos quais também propõem métodos de intervenção. A presente revisão sistemática de literatura revela que a IA pode proporcionar benefícios significativos, com algoritmos de aprendizagem de máquina supervisionada alcançando previsões superiores a 90% para o diagnóstico e mais de 94% para a classificação do tipo de discalculia. A rapidez e precisão na detecção são cruciais para a intervenção precoce, uma vez que diagnósticos tardios podem levar a sintomas depressivos e dificuldades no aprendizado. A utilização da IA nos primeiros anos escolares possibilita intervenções individualizadas, auxiliando efetivamente na melhoria das dificuldades apresentadas pelos alunos. Algoritmos como o SMO e a Regressão Logística destacam-se, com a última alcançando uma precisão de 99%. Este estudo destaca a viabilidade da automação do diagnóstico da discalculia por meio da IA, com resultados consistentes e superiores a 90%, representando uma ferramenta promissora para a inclusão desses alunos em sala de aula.

**Palavras-chaves:** Discalculia, *machine learning*, dificuldades de aprendizagem, algoritmos de inteligência artificial.

## Abstract

*Dyscalculia is a specific mathematics learning disorder characterized by the presence of abnormalities in the acquisition of arithmetic skills, generally identified in children at the beginning of school. The diagnosis of this disorder is carried out in several stages, being a time-consuming and costly process, delaying the diagnosis and the beginning of treatment. Artificial intelligence is a tool that has been used to improve diagnoses and medical care, such as, for example, in the diagnosis of learning disorders. Therefore, this work aimed to carry out a study on the use of artificial intelligence algorithms in the diagnosis of dyscalculia, through a Systematic Literature Review, enabling the understanding of the current scenario, the tools used, the results obtained and challenges experienced. Diagnosing dyscalculia has been a challenge for healthcare professionals due to the diversity of approaches and tools available. Currently, there is software that uses machine learning algorithms to predict dyscalculia, many of which also propose intervention methods. The present systematic literature review reveals that AI can provide significant benefits, with supervised machine learning algorithms achieving predictions of over 90% for diagnosis and over 94% for dyscalculia type classification. Speed and accuracy in detection are crucial for early intervention, as late diagnoses can lead to depressive symptoms and learning difficulties. The use of AI in the first years of school enables individualized interventions, effectively helping to improve the difficulties presented by students. Algorithms such as SMO and Logistic Regression stand out, with the latter achieving 99% accuracy. This study highlights the feasibility of automating dyscalculia diagnosis through AI, with consistent results exceeding 90%, representing a promising tool for the inclusion of these students in the classroom.*

**Keywords:** *Dyscalculia, machine learning, learning difficulties, artificial intelligence algorithms.*

## Lista de Figuras

Figura 1. Algoritmo Diagnóstico da Discalculia .....	18
Figura 2. Regras de Discalculia – Sistema Especialista para diagnóstico da discalculia e dislexia.....	24
Figura 3. Seleção dos estudos para a Revisão Sistemática da Literatura .....	28
Figura 4. Artigos Sobre Diversos transtornos x Discalculia.....	29
Figura 5. Pesquisa nas bases IEEE e SpringerLink.....	29
Figura 6. Pesquisa realizada ResearchGate.....	30

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Tabela 1. Questões secundárias do presente trabalho .....	34
Tabela 2. Definição das palavras-chave do presente estudo.....	34
Tabela 3. Definição da String de Busca .....	35
Tabela 4. Definição dos critérios de inclusão.....	35
Tabela 5. Definição dos critérios de exclusão.....	35
Tabela 6. Definição dos critérios de avaliação.....	36
Tabela 7. Tabela dos artigos selecionados.....	39

# SUMÁRIO

<b>1 Introdução</b>	10
<b>1.1.1 Objetivo Geral</b>	12
<b>1.1.2 Questão de Pesquisa</b>	12
<b>1.1.3 Objetivos Específicos</b>	12
<b>1.2 Estrutura do Documento</b>	13
<b>2 Fundamentação Teórica</b>	14
<b>2.1 Definição do problema</b>	14
<b>2.2 Diagnóstico da Discalculia</b>	15
<b>2.3 Inteligência Artificial</b>	20
2.3.1 Algoritmos de Inteligência Artificial	21
<b>2.4 Síntese do capítulo</b>	23
<b>3. Método de pesquisa</b>	23
<b>3.1 Revisão Sistemática</b>	23
<b>3.2 Processo de planejamento</b>	24
<b>3.3 Escopo da pesquisa</b>	24
<b>3.4 Estratégias de busca</b>	24
3.4.1 Perguntas de pesquisa	24
3.4.2 Definição de palavra-chave	25
3.4.3 Expressão de Busca	25
<b>3.5 Avaliação da qualidade dos artigos</b>	27
<b>3.6 Processo de seleção dos estudos primários</b>	27
<b>3.7 Execução do Método</b>	28
<b>3.8 Tabela dos artigos selecionados</b>	30
<b>3.9 Síntese do capítulo</b>	32
<b>4. Análise e resultados</b>	33
<b>4.1 Quais principais ferramentas utilizadas para o diagnóstico da Discalculia?</b>	33
<b>4.2 Quais principais algoritmos de inteligência artificial são utilizados para diagnóstico da Discalculia?</b>	35
<b>4.3 Quais as vantagens do uso da inteligência artificial para o diagnóstico deste transtorno de aprendizagem?</b>	38
<b>4.4 Síntese do capítulo</b>	39
<b>5. Considerações Finais</b>	41
<b>5.1 Trabalhos futuros</b>	42

# 1 Introdução

O ambiente escolar desempenha um papel crucial na formação e no desenvolvimento cognitivo dos alunos, desde a educação infantil até os anos finais do ensino médio. A interação entre os estudantes e o meio propicia a observação de distintos níveis de aprendizado, destacando-se as eventuais dificuldades que surgem nesse processo. Durante a fase escolar, é comum identificar os primeiros indícios de desafios na aprendizagem, demandando a atenção do docente para avaliar esses fatores e oferecer o suporte necessário ao aluno.

Entre as diversas dificuldades enfrentadas pelos estudantes em idade escolar, a aprendizagem da matemática destaca-se como uma das principais. Bastos (2008) ressalta que as dificuldades nesse campo parecem receber menos atenção do que as relacionadas à leitura e escrita, talvez devido à percepção generalizada de que a matemática é intrinsecamente difícil, reservada a poucos privilegiados.

A discalculia, um transtorno específico de aprendizagem com origem neurológica, representa um desafio significativo no desenvolvimento do raciocínio matemático. Conforme definido pela Academia Americana de Psiquiatria, a discalculia do desenvolvimento refere-se à dificuldade em "aprender matemática", manifestando-se como uma incapacidade persistente de adquirir proficiência adequada nesse domínio cognitivo, mesmo quando a inteligência, oportunidades educacionais, estabilidade emocional e motivação são normais (BASTOS, 2008).

Esse transtorno de aprendizagem afeta cerca de 3-6% da população mundial. Porém, esse número pode ser ainda mais elevado, pois muitas crianças ficam sem diagnóstico devido à falta de conhecimento do transtorno pelos responsáveis e pelos professores (RAMAA; GOWRAMMA, 2002).

Garcia (1998) destaca que, historicamente, as pesquisas sobre dificuldades de aprendizagem estiveram mais centradas nas habilidades verbais, especialmente na leitura, relegando a um segundo plano a alfabetização em conceitos matemáticos. Essa ênfase desproporcional persiste, sendo corroborada por Pimentel e Lara (2013), que identificaram uma lacuna considerável nas produções teóricas sobre a discalculia do desenvolvimento.

Ao realizar uma Revisão Sistemática da Literatura, Ávila, Lara e Lima (2019) revelaram a escassez de pesquisas específicas sobre a discalculia, particularmente no que diz respeito a intervenções psicopedagógicas. Essa lacuna se reflete na falta

de instrumentos padronizados no contexto brasileiro, dificultando a compreensão precisa das áreas afetadas e, por consequência, a implementação de intervenções terapêuticas eficazes (LARA, 2022).

Em relação ao diagnóstico da discalculia, é crucial eliminar outras possíveis causas da dificuldade de aprendizado, como problemas relacionados à visão, audição ou, ainda, outras causas decorrentes de distúrbios neurológicos ou psiquiátricos (PERETTI, 2009).

Diagnosticar alunos com possíveis tendências a discalculia tem sido um problema de medição para profissionais da área de saúde, em razão de existir diferentes abordagens e ferramentas para o seu diagnóstico. Smith e Strick (2001, p.63) observam que “a identificação de dificuldades de aprendizagem envolve horas de observação, de entrevistas e de avaliação individualizada; ela consome tempo, é intensiva e, portanto, é um processo oneroso”. Por ser um processo demorado, oneroso, no qual requer várias etapas, a análise de vários profissionais e pouco conhecimento entre os professores, a obtenção de um diagnóstico torna-se muito difícil.

Faria (2015) enfatiza a importância da capacitação dos profissionais em sala de aula para a identificação de possíveis sintomas de discalculia e de outros transtornos de aprendizagem. O diagnóstico, realizado por uma equipe interdisciplinar, torna-se essencial para início de um tratamento adequado. Contudo, na maioria das vezes é o professor quem percebe os primeiros sinais da discalculia no aluno e, como ainda não se tem um protocolo ou uma metodologia eficaz para o diagnóstico, esse vai depender significativamente da capacitação desse profissional.

Existem alguns instrumentos específicos que foram criados para analisar as habilidades matemáticas dos alunos e auxiliar num possível diagnóstico de discalculia, como, por exemplo, o *Dyscalculia Butterworth Screener*, um método usado no Reino Unido e os testes neuropsicológicos ZAREKI-R utilizados na Suíça e na França. Entretanto, ao analisar esses instrumentos, nota-se que cada um se relaciona com aspectos numéricos distintos, o que leva a uma ausência de um método universal para auxílio desse diagnóstico. Além disso, ao depararmos com diferentes testes utilizados em vários países, encontramos a influência de aspectos culturais, sociais, históricos e cognitivos, que podem interferir nesse diagnóstico (FARIA, 2015).

Assim, a utilização desses testes pode não apresentar resultados reais em relação à capacidade do aluno, promovendo um diagnóstico errado e equivocado sobre a dificuldade de aprendizagem (FARIA, 2015).

Isso demonstra que, para utilizar esses testes, eles deveriam ser adaptados a cada caso, considerando todos os fatores que possam interferir nas dificuldades apresentadas pelo indivíduo, indicando que esses testes não devem ser padronizados, mas sim adaptados individualmente (FARIA, 2015).

Diante das limitações das abordagens tradicionais, evidencia-se a lacuna existente no panorama educacional e médico, ressaltando a demora e a onerosidade associadas ao processo de diagnóstico convencional. É neste contexto que emerge a promissora aplicação da inteligência artificial como um instrumento capaz de superar as barreiras mencionadas e proporcionar diagnósticos mais rápidos e precisos, otimizando assim o início de intervenções terapêuticas personalizadas.

A adoção da inteligência artificial na área médica tem se destacado como uma resposta eficaz aos desafios do diagnóstico da discalculia. A automação proporcionada pela inteligência artificial, com sua precisão e rapidez, oferece a detecção precoce da doença, permitindo a análise e classificação eficiente de dados. Essa abordagem inovadora visa superar as limitações das abordagens tradicionais, como observação extensiva, entrevistas e avaliações individualizadas, tornando o diagnóstico mais acessível e eficaz (TAKAKURA et. al. 2017).

Tacchella et al. (2018) nos apresenta os benefícios da inteligência artificial na medicina, que diante da combinação de previsões feitas por seres humanos com as de um algoritmo de aprendizagem de máquina, foi capaz de demonstrar uma gama maior de informações sobre a progressão da esclerose múltipla.

Ao explorar a união entre a tecnologia e a saúde, esta pesquisa se propõe a delinear como a inteligência artificial não apenas agiliza o processo diagnóstico da discalculia, mas também inaugura um novo paradigma de intervenções terapêuticas personalizadas. Diante das restrições temporais e onerosas associadas ao processo de diagnóstico convencional, essa abordagem promissora busca preencher a lacuna existente no panorama educacional e médico, proporcionando diagnósticos mais rápidos e precisos.

## **1.1 Objetivo**

### **1.1.1 Questão de Pesquisa**

A principal pergunta norteadora do trabalho é: Qual a contribuição da Inteligência Artificial no processo de otimização para o diagnóstico da Discalculia? E partindo desta premissa, observar os pontos positivos e negativos.

### **1.1.2 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo sobre o uso de algoritmos de Inteligência Artificial no diagnóstico da Discalculia, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura, possibilitando a compreensão do cenário atual, os instrumentos utilizados atualmente, seus principais resultados e os desafios vivenciados.

### **1.1.3 Objetivos Específicos**

- Identificar as principais ferramentas utilizadas para o diagnóstico da discalculia;
- Identificar os principais algoritmos de inteligência artificial utilizados no diagnóstico da discalculia;
- Avaliar as vantagens do uso da inteligência artificial no diagnóstico deste transtorno;
- Identificar os desafios do uso da IA no diagnóstico da Discalculia;
- Analisar e apresentar perspectivas futuras e desafios associados à ampliação do uso da Inteligência Artificial no diagnóstico da discalculia.

## 1.2 Estrutura do Documento

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, sendo eles:

**Capítulo 1** - Neste capítulo é realizada uma contextualização da problemática abordada, além da motivação e dos objetivos pretendidos e a estrutura do documento.

**Capítulo 2** - Neste capítulo é apresentado a fundamentação teórica, explicando alguns conceitos fundamentais para a pesquisa.

**Capítulo 3** - Neste capítulo é feito um detalhamento de como o método de revisão sistemática foi conduzido. Nele são descritos: as etapas envolvidas para a execução da pesquisa, os repositórios utilizados, as questões de pesquisa, o termo de busca e o processo de seleção dos estudos primários.

**Capítulo 4** - Neste capítulo é apresentado o resultado da revisão sistemática, onde o leitor poderá encontrar as respostas para as questões de pesquisa definidas a partir da análise dos artigos selecionados.

**Capítulo 5** - Neste capítulo são apresentadas as conclusões finais derivadas dos resultados encontrados. Além disso, contém uma breve descrição de possíveis trabalhos futuros.

## 2 Fundamentação Teórica

Este capítulo tem como principal objetivo apresentar os termos utilizados para o desenvolvimento do estudo sistemático sobre a utilização de inteligência artificial no diagnóstico da Discalculia.

### 2.1 Definição do problema

A Discalculia, conforme o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - DSM-5 (APA, 2014), é um transtorno específico da aprendizagem caracterizado por problemas no processamento de informações numéricas, aprendizagem de fatos numéricos e realização de cálculos precisos ou fluentes. Garcia (1998) sugere que mais de 6% da população em idade escolar poderia ser incluída entre pessoas com dificuldades de aprendizagem em matemática. Na concepção de Vieira (2004, p.111), discalculia significa, etimologicamente, “alteração da capacidade de cálculo e, em um sentido mais amplo, as alterações observáveis no manejo dos números: cálculo mental, leitura e escrita dos números”.

De acordo com Garcia (1998), a discalculia não apresenta lesões e está associada especificamente com as dificuldades de aprendizagem da matemática, sendo diagnosticada principalmente em crianças, porém, também podendo ser evolutiva, com diagnóstico em adultos. Conforme evidenciado por Campos (2014, p.22), “a discalculia não é ocasionada por deficiência mental, visual ou auditiva, nem por má escolarização, é a falta do mecanismo do cálculo e da resolução de problemas, ou seja, por transtorno neurológico”.

O reconhecimento e diagnóstico da discalculia, de acordo com DSM-5 (APA, 2014), costumam ocorrer durante os anos do ensino fundamental, quando as crianças precisam aprender a ler, ortografar, escrever e calcular. Precursores, porém, como atrasos ou déficits linguísticos, dificuldades para rimar e contar ou dificuldades com habilidades motoras finas necessárias para escrita costumam ocorrer na primeira infância, antes do início da escolarização formal. Nesta fase a criança tem contato com os conceitos matemáticos iniciais, sendo estimulada a desenvolver as suas habilidades matemáticas de acordo com idade e nível de escolaridade.

As dificuldades podem consistir em (BASTOS, 2008. pg. 67):

“erros na formação de números, que frequentemente ficam invertidos; dislexia; inabilidade para efetuar somas simples; inabilidade para reconhecer sinais operacionais e para usar separações lineares; dificuldade para ler corretamente o valor de números com multi dígitos; memória pobre para fatos numéricos básicos; dificuldade de transportar números para local adequado na realização de cálculos; ordenação e espaçamento inapropriado dos números em multiplicação e divisão.”

A falta das habilidades matemáticas não implica ao portador possuir uma inteligência abaixo da média, pelo contrário, pode possuir uma inteligência normal ou acima dos padrões, podendo se destacar em outras áreas do conhecimento.

A discalculia pode ser classificada em 6 subtipos, de acordo com as funções neuropsicológicas essenciais que não foram desenvolvidas adequadamente, como por exemplo, quando a criança não consegue efetuar a relação termo a termo, distinguir grupos de objetos ou entender o princípio da conservação. De acordo com Bernardi (2006) esses tipos são:

Discalculia verbal - refere a dificuldade em nomear quantidades, números, termos e símbolos; Discalculia practognóstica - refere a dificuldade de enumerar, comparar, manipular objetos reais ou imagens; Discalculia léxica - refere-se a dificuldade para ler símbolos matemáticos; discalculia gráfica - relacionada a dificuldade de escrever símbolos matemáticos; Discalculia ideognóstica - pode ser identificada a partir da dificuldade para realizar operações mentais e compreender os conceitos matemáticos; Discalculia operacional - refere-se a dificuldade em executar operações e cálculos numéricos.

## 2.2 Diagnóstico da Discalculia

Apesar do papel essencial das competências numéricas na nossa vida cotidiana e do recente aumento da consciência para as dificuldades de aprendizagem da matemática (GERSTEN et al, 2007), falta-nos uma visão abrangente dos aspectos clínicos, cognitivos e neurológicos da discalculia do desenvolvimento (Pedemonte et al, 2022)

O DMS-5 (APA, 2014) aponta quatro critérios que devem ser observados de um transtorno específico da aprendizagem. Os sintomas clínicos devem ser observados, investigados a fundo por entrevista clínica ou confirmados a partir de

relatórios escolares, escalas classificatórias ou descrições de avaliações educacionais ou psicológicas prévias. As dificuldades de aprendizagem são persistentes e não transitórias.

O primeiro critério evidencia que a dificuldade de aprendizagem e no uso de habilidades acadêmicas, deve persistir por pelo menos 6 meses, apesar da provisão de intervenções dirigidas a essas dificuldades, sejam elas, no caso da matemática “(...) dificuldades para dominar o senso numérico, fatos numéricos ou cálculo (p.ex., entende números, sua magnitude e relações de forma insatisfatória; conta com os dedos para adicionar números de um dígito em vez de lembrar do fator aritmético, como fazem os colegas; perde-se no meio de cálculos aritméticos e pode trocar as operações)” (APA, 2014. pg. 66). Ou dificuldades no raciocínio, como por exemplo tem grave dificuldade em aplicar conceitos, fatos ou operações matemáticas para solucionar problemas quantitativos. (APA, 2014. pg. 67).

O segundo critério relata que as “habilidades acadêmicas afetadas estão substancial e quantitativamente abaixo do esperado para a idade cronológica do indivíduo, causando interferência significativa no desempenho acadêmico ou profissional ou nas atividades cotidianas, confirmadas por meio de medidas de desempenho padronizadas administradas individualmente e por avaliação clínica abrangente” (APA, 2014. pg 67).

O terceiro critério aponta que as dificuldades de aprendizagem “iniciam-se durante os anos escolares, mas podem não se manifestar completamente até que as exigências pelas habilidades acadêmicas afetadas excedam as capacidades limitadas do indivíduo (p. ex., em testes cronometrados, em leitura ou escrita de textos complexos longos e com prazo curto, em alta sobrecarga de exigência acadêmicas)” (APA. 2014. pg 67)

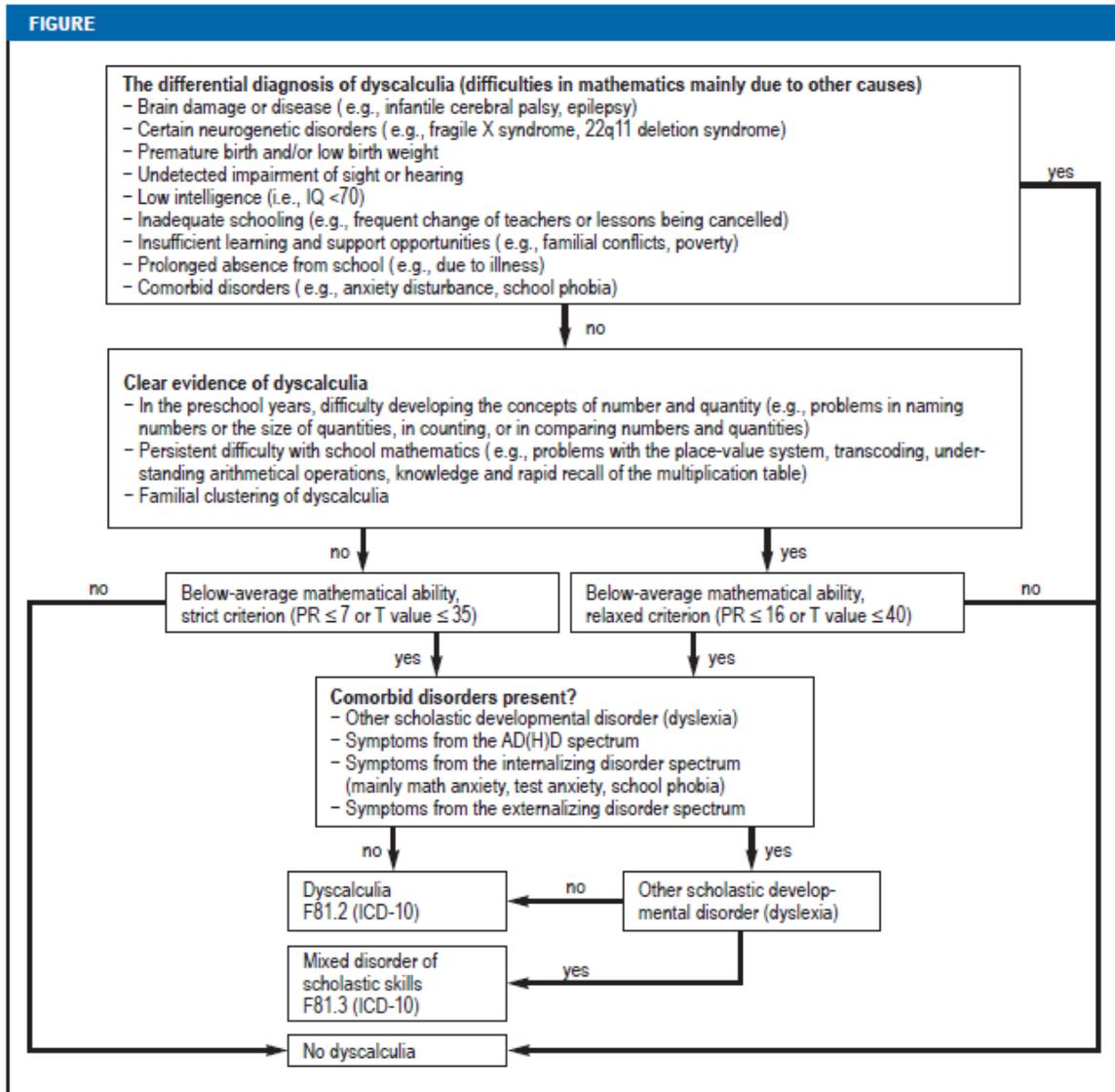
O quarto critério aponta que as dificuldades de aprendizagem “não podem ser explicadas por deficiências intelectuais, acuidade visual ou auditiva não corrigida, outros transtornos mentais ou neurológicos, adversidade psicossocial, falta de proficiência na língua de instrução acadêmica ou instrução educacional inadequada” (APA.2014. pg 67).

Observa-se muita semelhança entre esses critérios e os parâmetros estabelecidos internacionalmente para o diagnóstico da discalculia. Em relação aos parâmetros, Haase et al. (2011) e Santos et al. (2012) destacam: i) apresentar pelo menos dois anos de discrepância no desempenho das habilidades matemáticas,

quando comparado com o ano escolar frequentado; ii) possuir desempenho em Matemática com 1,5 desvios-padrão abaixo da média esperada para a faixa etária e escolaridade; iii) comprovar QI dentro do esperado para idade cronológica; e iv) evidenciar resistência ao processo de intervenção. Além destas etapas acima mencionadas, é necessário excluir as dificuldades decorrentes de deficiências sensoriais e intelectuais, variáveis emocionais e escolarização inadequada, bem como disfunções adquiridas. (LARA, 2022).

Diante dos critérios acima mencionados, verifica-se a existência de várias etapas que envolvem a avaliação de diferentes profissionais, para que seja possível a obtenção do diagnóstico. Lara (2022) aponta sete etapas para o diagnóstico: 1) Rendimento Escolar, por meio de testes específicos que podem ser aplicados pelo professor, verificando se trata-se de dificuldades crônicas que persistem de um ano escolar para o outro; 2) Anamnese com o objetivo de excluir deficiências intelectuais inespecíficas ou dificuldades emocionais, ou sócio/culturais ou outros transtornos observados; 3) Avaliação Psicológica, por meio do Teste de Quociente de Inteligência - QI, para excluir estudantes com nível abaixo do que seria esperado em um teste de inteligência correspondente a sua idade, conforme o DSM-5, superior a cerca de 70 ( $\pm 5$  pontos de margem de erro de medida); 4) Ressonância Magnética evidenciando a compreensão dos neurologistas das causas da disfunção, seja ela de desenvolvimento ou adquirida; 5) Realização de Testes Padronizados que sejam específicos para avaliar o desempenho em Matemática; 6) Intervenções Psicopedagógicas com o objetivo de reabilitar os comprometimentos aritméticos e potencializar as habilidades já apresentadas; 7) Resposta à Intervenção - RI - com a intenção de reavaliar, por meio dos mesmos testes padronizados, se as dificuldades do estudante são persistentes e resistentes à intervenção.

Haberstroh e Schulte-Körne (2019) apresentam um algoritmo médico usado para o diagnóstico da discalculia (figura 1).



**Algorithm for the diagnosis of dyscalculia**

ADHD, attention deficit/hyperactivity disorder; ICD, International Classification of Diseases; PR, percentile rank

*Figura 1 - Algoritmo Diagnóstico da Discalculia*

Este algoritmo simplifica os passos necessários para a detecção da discalculia:

- 1) Exame clínico completo a fim de descartar problemas neurológicos, problemas de visão e audição, teste de inteligência (QI deve ser superior a 70).
- 2) A dificuldade em matemática não deve ser atribuída a má escolarização ou condições de ensino inadequadas. Descartada estas possibilidades, o diagnóstico da discalculia é caracterizado por estes fatores:
- 3) Dificuldade em desenvolver conceitos de número e quantidade; dificuldade persistente com matemática escolar.
- 4) Habilidade matemática abaixo da média;
- 5) Outros distúrbios comórbidos presentes como dislexia.

A detecção da discalculia carece de recursos robustos e precisos que garantam rapidez e eficiência no diagnóstico, haja vista a identificação deste distúrbio ser através de testes matemáticos e avaliação clínica realizada por uma equipe multidisciplinar (professores, psicopedagogos, psicólogos, neurologistas e, em alguns casos, fonoaudiólogos, psiquiatras e neuropediatras), o que torna o processo demorado e suscetível a erros. Além disso, a obtenção de alguns resultados, indispensáveis para verificar estes critérios, possui um custo elevado, o que pode impossibilitar que os responsáveis pelos estudantes que possuem indícios de discalculia lhes submetam a todas as etapas necessárias para a obtenção do laudo (LARA, 2022). Somando-se a isso, este transtorno é pouco conhecido no meio docente, como demonstrado em uma pesquisa realizada por Dias et al. (2013), no qual aponta que dos 62 professores participantes que responderam à pergunta: “Você sabe o que é discalculia?” 34 (54,8%) responderam que “sim” e 28 (45,2%) responderam que “não”. Também foi questionado aos professores se “conseguiriam identificar uma criança com discalculia na sua turma”, e dos 62 entrevistados, 56,5% (35) responderam “talvez”, 30,6% (19) responderam “não” e apenas 12,9% (8) responderam que “sim”. O estudo concluiu que raramente a discalculia é abordada durante a formação dos professores; eles têm conhecimento limitado das características da discalculia e sentem-se inseguros ao lidar com o transtorno.

Recentemente, Tavares (2022) reforça a conclusão do estudo realizado por Dias et al, no qual afirma que de 70% a 80% dos docentes não tiveram contato com o tema tanto em suas graduações de licenciatura quanto na pós-graduação. A falta de conhecimento do professor sobre as características da discalculia dificulta ainda mais o diagnóstico, pois os sintomas desse transtorno manifestam-se em sala de aula, quando é requerido do aluno o desenvolvimento das suas habilidades matemáticas.

No Brasil ainda não existem instrumentos validados para a realização do diagnóstico da discalculia (LARA, 2022). Algumas pesquisas recentes, como a de Santos (2017), utilizam-se dos critérios da Zareki-R, que consiste em uma bateria neuropsicológica de Teste de Processamento numérico e cálculo para crianças (VON ASTER; DELLATOLAS, 2006) e foi desenvolvida, conforme afirma Santos (2017), com a finalidade diagnóstica de discalculia.

A falta de um diagnóstico representa um grande fardo para o indivíduo afetado. Um estudo em larga escala realizado na Inglaterra demonstrou que a fraca

capacidade matemática está associada a grandes riscos psicossociais e econômicos: 70-90% das pessoas afetadas terminam a escola prematuramente, aos 16 anos. É grande a probabilidade de estarem desempregados e de desenvolverem sintomas depressivos duas vezes maior que das pessoas sem discalculia (Haberstroh; Schulte-Körne,2019).

Desta forma, observa-se a urgência no emprego de técnicas de diagnóstico, que empreguem recursos mais avançados, contribuindo para automatização de todo processo, a exemplo das técnicas de aprendizado de máquina, que é um recurso que está sendo utilizado em larga escala na área médica, como ferramenta de diagnóstico no tratamento das mais diversas doenças.

O algoritmo da figura 1 pode ser utilizado para o processo de automação do diagnóstico da discalculia, por algoritmos de aprendizagem de máquina ou por um sistema especialista a exemplo sistema especialista desenvolvido por Franck et. al. (2024) para prognóstico de distúrbios de aprendizagem em situações de discalculia e dislexia.

Sistemas Especialistas são programas inteligentes que resolvem problemas utilizando-se do conhecimento obtido de especialistas de determinada área do conhecimento (...) Estes sistemas baseados em conhecimento do perito, são utilizados para solucionar determinados problemas em domínios específicos. (Franck et. al, 2024).

Para aplicação do sistema foi utilizado a ferramenta computacional Expert SINTA, um software computacional desenvolvido pela Universidade Federal do Ceará que tem por objetivo auxiliar e simplificar a criação de sistemas especialistas utilizando um modelo de representação do conhecimento baseado em regras de produção e probabilidades.

No caso do diagnóstico da discalculia, o sistema teve como entrada regras semelhantes ao algoritmo médico descrito acima, como descrito na figura 2.

Nome da regra:	Discalculia
<b>SE</b>	
E	Dificuldade em compreender leitura = Sim
E	Dificuldade em resolver questões simples = Não
E	Dificuldade em ler e escrever = Não
E	Problema aprender o alfabeto = Não
E	Problema em aprender os números = Sim
E	Problema em aprender os números = Sim
E	Problema em sequenciar números = Sim
E	Dificuldade em lidar com muita informação = Sim
E	Dificuldade com operações matemáticas = Sim
E	Dificuldade em entender enunciados matemáticos = Sim
E	Dificuldade com pronúncias de palavras = Não
E	Problemas com soletração = Não
E	Dificuldade em saber a esquerda e direita = Sim
E	Problema com representações visual e espacial = Sim
E	Dificuldade em entender enunciados matemáticos = Sim
E	Esquecer formas geométricas = Sim
E	Sem interesse em ouvir história = Não
E	Dificuldade em fazer resumos = Não
E	Auxílio dos dedos para cálculos = Sim
E	Dificuldade com organização = Sim
E	Dificuldade em seguir rotinas = Sim
E	Dificuldade em seguir instruções = Sim
E	Dificuldade em interagir = Sim
E	Problemas com relógio analógicos = Sim
E	Problemas com palavras difíceis = Não
E	Não compreende tabuada = Sim
E	Dificuldade em recordar fatos = Sim
<b>ENTÃO</b>	
Diagnóstico = Discalculia CNF 100%	

Fonte: Autoria Própria

Figura 2: Regras de Discalculia – Sistema Especialista para diagnóstico da discalculia e dislexia (Franck et. al, 2024).

Os autores concluem que o sistema especialista proposto é capaz de prognosticar se o aluno tem algum tipo de distúrbio dislexia ou discalculia, cabendo ao profissional que for utilizar, ter conhecimento a respeito do desenvolvimento do aluno na escola e, após respondidas as perguntas será gerado o prognóstico, sendo o aluno encaminhado para um atendimento especial.

A automação do diagnóstico da discalculia através da inteligência artificial é possível, conforme apresentado acima. Com a evolução das pesquisas e a definição de um diagnóstico padronizado, regras robustas serão definidas e sistemas como desenvolvido por (Franck et. al, 2024), poderão detectar a discalculia diminuindo as etapas diagnósticas, e iniciando de forma rápida o tratamento.

## 2.3 Inteligência Artificial

Russell e Norving, (2020) em seu livro “Artificial Intelligence: a modern approach”, definem que existe duas ideias fundamentais sobre inteligência: a capacidade de aprendizagem e a manifestação do comportamento inteligente. Ainda segundo os autores, sistemas que agem como seres humanos são caracterizados por apresentar comportamento similar aos humanos, devendo a máquina possuir algumas capacidades específicas para apresentar tal comportamento, como processamento de linguagem natural, representação do conhecimento, aprendizado de máquina, permitindo adaptar-se a novas circunstâncias e extrapolar o conhecimento atual.

A inteligência artificial (IA) estuda processos cognitivos e surge como uma alternativa desempenhando um papel importante na busca, elaboração e validação de modelos computacionais na construção de sistemas adaptativos e/ou evolutivos inteligentes para a detecção de pessoas com dislexia (CARVALHO, 2005). Um exemplo da aplicação da IA no diagnóstico de transtorno de aprendizagem é o DysDTool. Uma ferramenta proposta por Zavaleta et. al. (2012), baseada em técnicas de Inteligência computacional para apoio de especialistas na detecção, avaliação e intervenção mais precoce no diagnóstico da dislexia.

O Aprendizado de Máquina é uma subárea da Inteligência Artificial, que estuda o desenvolvimento de métodos capazes de extrair informações e conhecimento a partir de amostras de dados (TAKAKURA et al., 2017).

Modelos de aprendizado profundo, que é um subcampo do aprendizado de máquina e modelos convencionais de aprendizado de máquina, são comumente utilizados no diagnóstico de alguns distúrbios neurológicos, como autismo, TDAH e depressão com altas precisões (BARUA et al., 2022). Ainda de acordo com Barua et al. (2022), estes modelos são alimentados com imagens obtidas de tomografia computadorizada, ressonância magnética e tomografia por emissão de pósitrons ou sinais de eletroencefalograma para o diagnóstico de distúrbios neurológicos.

Os algoritmos de aprendizado de máquina podem ser classificados em três categorias:

- Aprendizado supervisionado - esses algoritmos usam um conjunto de dados de treinamento para ensinar ao modelo a apresentar a saída desejada. Este conjunto de dados de treinamento possui entradas e saídas corretas,

permitindo ao modelo que aprenda com o tempo.

- Aprendizado não supervisionado - esta categoria consiste em usar informações não classificadas nem rotuladas para o treinamento do modelo. O método utilizado processa as entradas e analisa suas regularidades e características de modo a definir um padrão e os classifica automaticamente (FERNEDA, 2006).
- Aprendizado por reforço - é um método de aprendizado que interage com o seu ambiente, produzindo ações, descobrindo erros ou recompensas.

### 2.3.1 Algoritmos de Inteligência Artificial

Vários algoritmos e técnicas de computação são usados em aplicações de *machine learning* supervisionado. Alguns métodos são descritos a seguir:

- **Máquina de vetores de suporte (SVM)** - uma máquina de vetores de suporte é um modelo de aprendizado de máquina que cria um hiperplano de separação linear, tendo a capacidade de incorporar dados em um espaço de dimensão superior, usando um truque de kernel. SVMs são um método não paramétrico – eles retêm exemplos de treinamento e potencialmente precisam armazená-los todos. Por outro lado, na prática, muitas vezes acabam retendo apenas uma pequena fração do número de exemplos – às vezes apenas uma pequena constante vezes o número de dimensões. Assim, as SVMs combinam as vantagens dos modelos não paramétricos e paramétricos: têm flexibilidade para representar funções complexas, mas são resistentes ao overfitting. (Russell e Norving, 2020).
- **Regressão logística simples** - é um algoritmo utilizado especialmente em casos de classificação binária, onde o objetivo é prever se uma instância pertence a uma das duas classes possíveis. A regressão logística utiliza uma função conhecida como função sigmoide, para transformar a saída linear em valores entre 0 e 1. A saída do modelo é uma probabilidade entre 0 e 1. Um limite de decisão é escolhido (comumente 0.5) e se a probabilidade for maior

que este limite, a instância é classificada como pertencente a classe positiva; caso contrário pertencente à classe negativa.

- **Naive Bayes** – O modelo de ingênuo de Bayes é uma das formas mais antigas e simples de rede Bayesiana, que retoma a década de 1950. Este algoritmo classificador é a representação do teorema probabilístico de Bayes que calcula a probabilidade a posteriori de um evento B acontecer dada a ocorrência, a priori, do evento A, assim encontrando a verossimilhança do novo dado (katti et al. 2021). Assim, partindo da certeza que ocorreu o evento A ocorreu é possível calcular a probabilidade do evento B acontecer pela lei total da probabilidade (katti et al. 2021).
- **Árvore de decisão** - é um algoritmo utilizado em tarefas de classificação e regressão. A árvore de decisão é um método para aproximar funções-alvo com valores discretos, em que a função apreendida é representada por uma árvore de decisão. As decisões são tomadas com base num conjunto de regras “se-então” (*if-then*) (MITCHELL, 1997). As árvores de decisão representam uma das formas mais simplificadas de um sistema de suporte à decisão. A partir de um conjunto de dados, o algoritmo cria uma representação do conhecimento ali embutido, em formato de árvore (PESSANHA, 2019).
- **Floresta Aleatória** - é um algoritmo de *machine learning* comumente usado, com marca registrada por Leo Breiman e Adele Cutler, que combina a saída de várias árvores de decisão para alcançar um único resultado. Sua facilidade de uso e flexibilidade incentivaram a sua adoção, pois lida tanto com problemas de classificação quanto de regressão (GIRI et al., 2020).
- **J48** - é um algoritmo de código aberto que em sua estruturação do modelo adota a estratégia “dividir para conquistar”, baseando-se no conceito de razão de ganho de informação, que identifica por meio da redução da entropia o quanto informativo um atributo é, para então selecionar a separação ótima, ou seja, o quanto espera-se que a entropia se reduza caso determinado nó seja escolhido para fazer a partição dos dados (Vieira et al., 2018).

- **SMO (Otimização Sequencial Mínima)** - é um algoritmo utilizado para treinar máquinas de vetores de suporte (SVMs), um tipo de modelo de aprendizado de máquina utilizado para classificação e regressão. Esta técnica de otimização sequencial e em pares permitiu melhorar a escalabilidade e desempenho do treinamento de SVMs, permitindo resolver o problema de otimização quadrática.

## 2.4 Síntese do capítulo

Neste capítulo, foi definido o que é discalculia e a fragilidade na obtenção do diagnóstico, haja vista ser um processo demorado, realizado em várias etapas e por diversos profissionais. Além disso, a obtenção de alguns resultados, possui um custo elevado, podendo impossibilitar a algumas famílias a submeterem o estudante com indício de discalculia a todas as etapas para obtenção do laudo. Diante disso, a Inteligência Artificial surge como uma ferramenta bastante promissora para diagnóstico rápido e preciso para o tratamento de algumas doenças, a exemplo do TEA (Transtorno do Espectro Autista) e Transtornos de Aprendizagem como a Dislexia.

## **3. Método de pesquisa**

Este capítulo descreve o protocolo de Revisão Sistemática da Literatura, feito com o objetivo de levantar os principais estudos sobre os algoritmos de inteligência artificial utilizados no diagnóstico da discalculia. O método seguiu as diretrizes recomendadas no modelo de Kitchenham e Charters (2007).

### **3.1 Revisão Sistemática**

A revisão sistemática da literatura, tem como objetivo identificar, analisar e interpretar todas as evidências disponíveis a respeito de uma questão de pesquisa específica, sendo, portanto, considerado um estudo secundário (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007).

Segundo Grady, Cummings e Hulley (2015), revisões sistemáticas identificam um conjunto de estudos já finalizados que abordam uma determinada questão de pesquisa e avaliam os resultados desses estudos para evidenciar conclusões sobre um corpo de conhecimento.

Este trabalho segue as diretrizes específicas para RSL (Revisão Sistemática da Literatura) (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007), no qual foi dividido em três etapas: planejamento, condução e a fase de análise dos resultados.

### **3.2 Processo de planejamento**

Na fase planejamento, primeiramente, formulamos a pergunta de pesquisa primária, que será usada como foco para o nosso estudo.

Após realizar uma pesquisa inicial sobre o tema, com buscas sobre discalculia e inteligência artificial, no Google acadêmico, observamos que é um assunto pouco abordado na literatura, inclusive não foi encontrado nenhum estudo brasileiro sobre o tema, mas de outros transtornos de aprendizagem como a dislexia. Além disso, constatamos que a maioria das publicações não estudam o tema isoladamente, mas sim em conjunto com os outros tipos de transtorno de aprendizagem.

Diante do estudo inicial realizado, tendo como objetivo encontrar evidências, que na literatura possam responder à pergunta central, formulamos três questões secundárias: “Quais as principais ferramentas utilizadas para o diagnóstico da discalculia?”; “Quais os principais algoritmos de inteligência artificial são utilizados

para detecção da discalculia?"; "Quais as vantagens do uso da inteligência artificial para o diagnóstico deste transtorno de aprendizagem?".

### 3.3 Escopo da pesquisa

A pesquisa terá como foco o estudo de artigos voltados para o diagnóstico da discalculia utilizando inteligência artificial, tendo como objetivo coletar evidências sobre os algoritmos de IA na detecção da discalculia e o quanto o seu uso pode trazer rapidez ao diagnóstico, comparado às técnicas utilizadas atualmente.

### 3.4 Estratégias de busca

#### 3.4.1 Perguntas de pesquisa

A motivação para o tema de pesquisa deste trabalho foi fundamentada ao longo dos capítulos 1 e 2. Como citado no Capítulo 1, o objetivo desta RSL é responder a seguinte pergunta central: Qual a contribuição da Inteligência Artificial no processo de otimização para o diagnóstico da Discalculia? Partindo desta pergunta central, foram formuladas três perguntas específicas (Tab. 1), com o objetivo de reduzir o escopo e por consequência obter dados mais precisos.

As três perguntas específicas foram:

**Pergunta 1:**

Quais as principais ferramentas utilizadas para o diagnóstico da Discalculia?

**Pergunta 2:**

Quais os principais algoritmos de inteligência artificial são utilizados para diagnóstico da Discalculia?

**Pergunta 3:**

Quais as vantagens do uso da inteligência artificial para o diagnóstico deste transtorno de aprendizagem?

**Tabela 1.** Questões secundárias do presente trabalho.

#### 3.4.2 Definição de palavra-chave

A partir da questão de pesquisa, foram derivadas as palavras-chave relacionadas ao tema deste estudo (Tab. 2):

<b>Palavras-Chave</b>
<i>dyscalculia</i>
<i>deep learning</i>
<i>artificial intelligence</i>
<i>diagnosis</i>
<i>machine learning</i>
<i>detection</i>

**Tabela 2.** Definição das palavras-chave do presente estudo.

### 3.4.3 Expressão de Busca

Foram realizadas buscas nas bases de dados mais conceituadas como IEEE, Springer Link, ScienceDirect, ACM, SBC, Scopus. Porém, apenas nos repositórios IEEE, ResearchGate, Scopus e Springer Link, foram encontradas publicações sobre o tema.

Também foram feitas pesquisas no Google Acadêmico e no OpenICPSR. Para realizar as buscas foi criada uma *string* de busca (Tab. 3), tendo como base as palavras chaves definidas anteriormente.

(("dyscalculia") AND ("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning")  
AND ("detection" OR "diagnosis"))

**Tabela 3.** Definição da *String* de Busca

Conforme definido no modelo criado por Kitchenham e Charters (2007), criamos critérios de inclusão (Tab. 4) e exclusão de artigos (Tab. 5) pesquisados nas fontes escolhidas, para que utilizemos somente os artigos no escopo do estudo. Esses critérios estão descritos a seguir:

<b>Crítérios de Inclusão</b>
Estudos primários sobre diagnóstico da discalculia.
Testes realizados para diagnóstico da discalculia que usam inteligência artificial.

Testes que detectam a discalculia.
Artigos publicados entre 2010 a 2024.
Artigos publicados no idioma inglês.

**Tabela 4.** Definição dos critérios de inclusão

<b>Critério de Exclusão</b>
Artigos secundários.
Artigos com conteúdo pago.
Artigos que não estejam relacionados com a pergunta de pesquisa.

**Tabela 5.** Definição dos critérios de exclusão.

### 3.5 Avaliação da qualidade dos artigos

Com o objetivo de avaliar a qualidade dos artigos escolhidos, foram criados critérios de avaliação definidos antes da pesquisa (Tab. 6), mas que foram refinados ao longo do processo, em que se obteve um maior conhecimento sobre o tema. Kitchenham e Charters (2007) consideram fundamental estabelecer critérios para avaliar a qualidade dos estudos primários, uma vez que podem ajudar a definir melhor os critérios de inclusão/exclusão, responder melhor a possíveis discrepâncias de resultados na comparação de dois estudos e evitar vieses no resultado apresentado.

<b>Crítérios de avaliação</b>
Contexto claro.
Metodologia bem definida.
Aplicação prática.

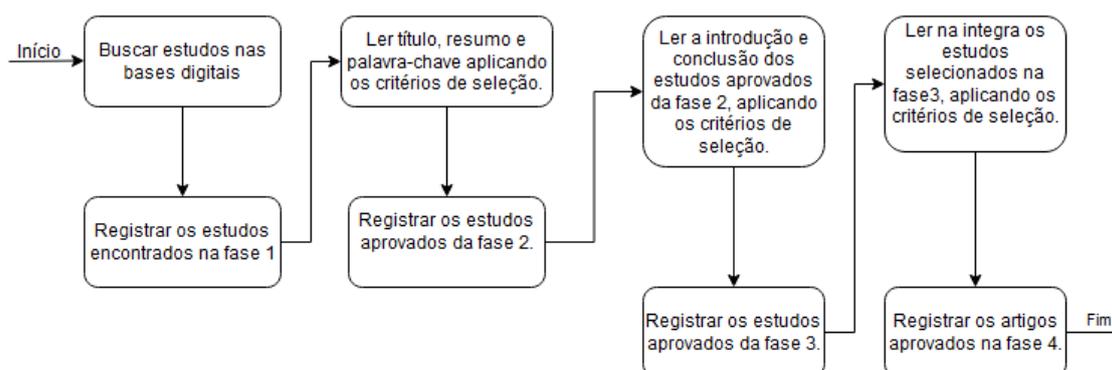
**Tabela 6.** Definição dos critérios de avaliação

Cada artigo deverá ter uma “nota de qualidade”, para valorar os critérios usaremos a seguinte escala: “0 - não atende até 1.0 - atende totalmente”.

### 3.6 Processo de seleção dos estudos primários

Para fazer a seleção dos artigos que satisfazem os critérios estabelecidos acima, fazemos uso de 4 etapas (Fig. 2):

1. Utilizando a expressão de busca, registrar os dados referente aos estudos encontrados;
2. Ler o título, resumo e palavras-chave aplicando os critérios de seleção;
3. Leitura da introdução e conclusão, considerando os critérios de inclusão e exclusão;
4. Leitura do artigo inteiro, considerando os critérios de inclusão e exclusão. Devem ser excluídos trabalhos irrelevantes para as questões investigadas.



**Figura 3.** Seleção dos estudos para a Revisão Sistemática da Literatura.

### 3.7 Execução do Método

Após a definição do protocolo a ser utilizado, iniciou-se a execução da pesquisa. Nesse período, foram realizadas buscas em diversas bases de dados, mas poucos estudos foram encontrados sobre o tema, haja vista que a maioria das pesquisas aborda mais de um déficit de aprendizagem, a exemplo de soluções que propõe o diagnóstico da discalculia, dislexia e discografia, na mesma ferramenta.

Numa busca inicial nas bases Scopus, IEEE e Springerlink (Fig. 3), utilizando as palavras-chaves, fica evidente a discrepância entre pesquisas que aplicam soluções sobre um conjunto de transtornos/Inteligência artificial e a discalculia/inteligência artificial.

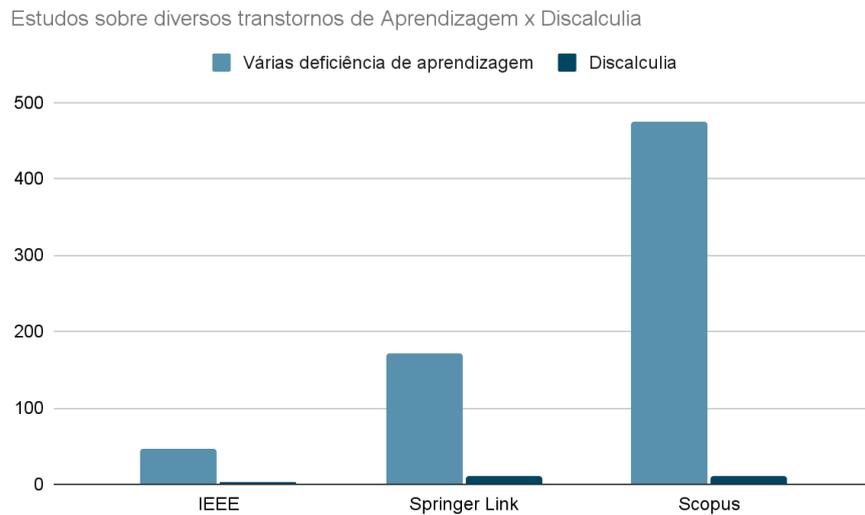


Figura 4. Artigos Sobre Diversos transtornos x Discalculia.

Utilizando a *string* de busca, nas bases de dados *Scopus*, *IEEE* e *Springer Link* descritas anteriormente foram retornados os seguintes resultados (Fig. 4):

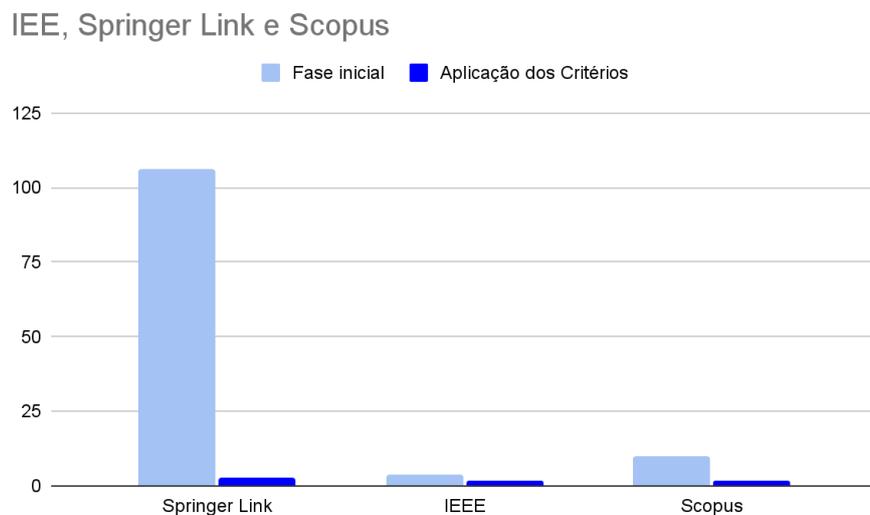
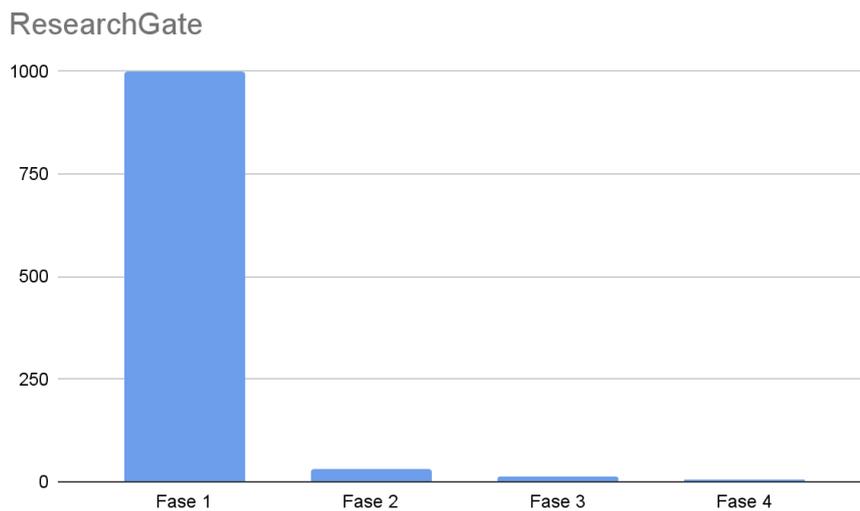


Figura 5. Pesquisa nas bases IEEE, Scopus e Springer Link

No *ResearchGate* e no *OpenICPSR*, não utilizamos a *string* de busca, mas sim as palavras chaves que a compõem, devido a plataforma não oferecer o recurso de pesquisa por *string* de busca para encontrar artigos.

Aplicando as palavras-chaves, separadamente e em conjunto, os mesmos resultados foram encontrados, como por exemplo: “*dyscalculia*” ou “*dyscalculia and artificial intelligence*”, porém o melhor resultado foi obtido utilizando apenas o termo “*dyscalculia*”. O resultado é demonstrado no gráfico a seguir (Fig. 5):



**Figura 6.** Pesquisa realizada no ResearchGate.

No repositório openICPR, encontramos apenas 1 conjunto de dados sobre o tema pesquisado.

Os resultados acima apresentados, mostram o quão pouco a Discalculia é estudada no âmbito científico, e que métodos tradicionais de diagnóstico ainda prevalecem na área da medicina, da pedagogia e da psicologia.

### 3.8 Tabela dos artigos selecionados

A partir da avaliação dos artigos analisados através do método explicado anteriormente, foram selecionados 16 artigos, apresentados na tabela abaixo (Tab. 7).

<b>Estudos Selecionados</b>			
<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>Autor</b>	<b>Base</b>
<i>Detection of Dyscalculia Using Machine Learning</i>	2020	Dr. Nupur Giri, Tamanna Saini, Kalpesh Bhole	IEEE
<i>An Artificial Intelligence Approach to Dyscalculia</i>	2016	Filipa Ferraz, José Neves, António Costa, Henrique Vicente.	Springer Link
<i>Significance of Data Mining Techniques in Classifying Dyscalculia</i>	2016	Ms. Sampada Margaj, Dr. Seema Purohit	ResearchGate
<i>The Diagnosis and Treatment of Dyscalculia</i>	2019	Stefan Haberstroh, Gerd Schulte-Körne	ResearchGate
<i>Developing Prognosis Tools to Identify Learning Difficulties in Children Using Machine Learning Technologies</i>	2010	Antonis Loizou, Yiannis Laouris	ResearchGate
Diagnosis of Dyscalculia: A Comprehensive Overview	2020	Mohammad Amimul Ihsan Aquil	ResearchGate
<i>Identification of dyscalculia using supervised machine learning algorithms</i>	2021	Kriti Dhinga, Anchal Garg, Jayanti Pujar	IEEE

<i>Diagnostics and Intervention in Developmental Dyscalculia: Current Issues and Novel Perspectives</i>	2012	Korbinian Moeller, Ph.D., Ursula Fischer, Mag., Ulrike Cress, Ph.D., and Hans-Christoph Nuerk, Ph.D.	Springer Link
<i>Knowledge Based Analytical Tool for Identifying Children with Dyscalculia</i>	2021	A. Devi and G Kavya	Springer Link
<i>Analysis of Dyscalculia Evidences through Artificial Intelligence Systems</i>	2016	Filipa Ferraz, Henrique Vicente, Antonio Duarte Costa, Jose Maia Neves	ResearchGate
<i>Emerging Technologies for ICT based Education for Dyscalculia: Implications for Computer Engineering Education*</i>	2016	ATHANASIOS S. DRIGAS, MARIOS A. PAPPAS and MILTIADIS LYTRAS	ResearchGate
<i>Impaired large numerosity estimation and intact subitizing in developmental dyscalculia</i>	2020	Gizella Decarli, Emanuela Paris, Chiara Tencati, Chiara Nardelli, Massino Vescovi, Luca Surian, Manuela Piazza.	ResearchGate
<i>Comparative Study for Prediction of Dyscalculia Using Smo and Naïve Bayes Classifier</i>	2016	Mrs. Sampada Margaj1, Dr. Seema Purohi	Google Acadêmico/International Journal of Scientific Research
<i>Developmental Dyscalculia: some studies on definitions, diagnosis and pedagogical interventions</i>	2022	Lara, Isabel Cristina Machado	ResearchGate
<i>Mathlete: an adaptive assistive</i>	2024	Dhingra, Kriti; Aggarwal, Garg, Rekha Anchal Pujari,	Scopus

<i>technology tool for children with dyscalculia</i>		Jayanti and Yadav, Divakar	
<i>A Mobile-Based Screening and Refinement System to Identify the Risk of Dyscalculia and Dysgraphia Learning Disabilities in Primary School Students</i>	2021	Hewapathirana, Chamil; Abeysinghe, kalpani; Maheshani, Pamodya; Liynage, Prabath; Krishara, Jenny e Thelijjagoda, Samantha.	Scopus

### 3.9 Síntese do capítulo

Neste capítulo, foram expostos os detalhes do método de pesquisa utilizado, incluindo as atividades realizadas, baseadas nas técnicas propostas por Kitchenham e Charters (2007). Foram apresentadas as estratégias utilizadas para formular as questões de pesquisa, partindo da questão central, bem como o processo de construção do termo de busca. Abordamos a dificuldade em encontrar estudos primários, constando que o tema ainda é pouco estudado na comunidade científica.

## 4. Análise e resultados

Este capítulo apresenta os resultados obtidos através da revisão sistemática de 16 artigos que foram coletados das seguintes bases: IEEE, Springer Link, Scopus e ResearchGate. Nas demais seções serão apresentadas as respostas das perguntas de pesquisa com o objetivo de analisar os resultados encontrados.

### 4.1 Quais principais ferramentas utilizadas para o diagnóstico da Discalculia?

Não existe um método específico, reconhecido internacionalmente para o diagnóstico da discalculia. Tavares (2022), evidencia esta realidade, ao analisar vários estudos para detecção da Discalculia e elenca os vários instrumentos utilizados para detecção deste transtorno de aprendizagem. Para avaliação diagnóstica são aplicados uma variedade de testes que diferem em termos de conteúdo, execução (individual ou grupo) e na qualidade. Alguns procedimentos são baseados principalmente em currículos de matemática (por exemplo, os testes da série DEMAT), outros procedimentos verificam, em particular, as competências que são conhecidas por serem prejudicadas no distúrbio computacional (procedimentos de teste orientados a critérios, por exemplo, ZAREKI-R, de Aster et al. (2006).

Além destes testes de currículo, são utilizados testes de discrepância de QI, WISC-IV e WAIS. Estes testes têm o objetivo de avaliar o funcionamento cognitivo dos pacientes. Na literatura, estes métodos são considerados bastante críticos, pois muitos destes contêm sub testes que registram o poder computacional. Utilizar este teste para crianças com baixo poder computacional é uma desvantagem. Além disso, os testes computacionais comuns diferem em termos do seu conteúdo, em razão de reunirem parcialmente diferentes competências matemáticas. Como resultado, diferentes testes computacionais podem levar a resultados diferentes na mesma criança (EHLERT et al., 2012; HUBER et al., 2012).

Vale ressaltar que a identificação da discalculia e as intervenções necessárias para o desenvolvimento das habilidades matemáticas prejudicadas iniciam-se em sala de aula e faltam subsídios que possibilitem aos professores a identificação deste problema como constatado por Ana Lúcia Puper Thiele, através de conclusões obtidas em sua pesquisa “Discalculia e formação continuada de professores: suas implicações no ensino da aprendizagem de Matemática”, desenvolvida em 2017. O foco deste

estudo foi como a discalculia vem sendo percebida pelos professores que ensinam matemática. Foi oferecida uma formação continuada, durante a qual foram coletadas informações através de questionários que foram aplicados antes e após a formação. Após a análise dos dados, Thiele (2017) mostra que os professores tinham pouco conhecimento sobre as características do transtorno e sentiam-se inseguros para identificá-lo. Assim, o estudo concluiu que nem sempre os professores recebem formação adequada que os prepare para lidar com o transtorno, ou para reconhecer os sinais que indiquem indícios de um estudante com discalculia, ou para pensar em instrumentos de avaliação e formas para intervir em sala de aula. (LARA, 2022)

Korbinian Moeller et al. (2012), sugerem diagnósticos multicomponentes para discalculia do desenvolvimento. Na opinião dos autores, isso não apenas permitiria uma melhor compreensão da(s) deficiência(s) individual(is) real(is), mas também abriria caminho para programas de intervenção mais personalizados e adaptados às necessidades de cada indivíduo com discalculia. Lara (2022) reforça a sugestão de Korbinian Moeller et al (2012), ao ressaltar a necessidade de desenvolvimento de pesquisas que tenham como foco a criação de instrumentos de avaliação, em particular, como afirmam Ávila, Lara e Lima (2019, p.20), “[...] capazes de propiciarem com precisão que tipo de habilidade está em defasagem em cada uma das categorias de discalculia do desenvolvimento definidas por Kosci (1974) [...]”.

Atualmente, *softwares* têm sido utilizados para detecção da discalculia, a exemplo do *Dyscalc*, um instrumento de triagem online gratuito desenvolvido e fornecido pelo Wanderson Street Dyslexia Centre. Destinado a alunos maiores de 14 anos com capacidade acadêmica média. Estruturado em 20 questões, destinadas a avaliar aritmética básica, raciocínio matemático, cálculo, senso numérico e diversas outras habilidades matemáticas (DIAS et al., 2016).

Butterworth (2003) desenvolveu uma ferramenta para PC denominada “*Dyscalculia Screener*”. Os testes realizados por este app baseiam-se principalmente na contagem de pontos e na ordem numérica. O tempo que cada criança leva para concluir o teste, constitui um critério chave de avaliação, conhecido como tempo de reação simples

O “*Dynamo Maths*” é um *software* de computador que pode ser utilizado para intervenção e fornecer um tratamento para crianças discalculicas que estão na faixa etária de 6 a 9 anos. O programa de três estágios inclui planos de aula sobre recursos multissensoriais, módulos on-line interativos e planilhas para a prática. A pesquisa,

que foi feita na Tailândia, tem como objetivo principal desenvolver uma ferramenta de tecnologia assistiva chamada “Calculando Ferramentas de Ajuda: *KidKanit*” para ajudar estudantes de discalculia em áreas matemáticas. (HEWAPATHIRANA et. al., 2021)

Hewapathirana e colaboradores (2021) desenvolveram uma ferramenta baseada em dispositivos móveis chamada ‘Nana Shilpa’, na qual foi desenvolvida para processos de triagem e intervenção para deficiências de aprendizagem específicas, que são a Discalculia Verbal, Lexical, Operacional e Practognóstica e Disgrafia de Nível de Letra e Numérica. Foram utilizadas diferentes técnicas de IA nos diferentes processos do aplicativo. No processo de triagem foram usados os algoritmos de *Support Vector Machine (SVM)* e *Random Forest*. Para detectar as letras/números escritos foram utilizadas Redes Neurais que treinadas atingiram precisão de 92%, 99%,99% para discalculia verbal e Lexical, Disgrafia de nível de letra e disgrafia de números, respectivamente. No Sri Lanka, este aplicativo foi reconhecido como solução aceitável para triagem e intervenção para as variantes acima mencionadas de condições de deficiência de aprendizagem.

Dhingra et al (2024) realizaram um estudo com o objetivo de determinar a eficácia da ferramenta *Mathlete*, nas habilidades iniciais de numeramento de crianças com discalculia. Essa ferramenta usa o método de instruções assistidas por computador (CAI), no qual utiliza sistemas de tutoria inteligentes para analisar as capacidades e o conjunto de competências do aluno e criar um “modelo individual” com base nas ações realizadas pela criança. O *Mathlete* foi projetado para crianças na faixa etária de seis a oito anos. O primeiro módulo é usado para triagem de dificuldades específicas de aprendizagem. E o segundo módulo é para as crianças que mencionaram dificuldade em áreas aritméticas no primeiro módulo. Fizeram parte do estudo 40 crianças com discalculia. O estudo concluiu que o *Mathlete* ajudou a melhorar a aprendizagem matemática de crianças com discalculia do pré ao pós-teste.

## **4.2 Quais principais algoritmos de inteligência artificial são utilizados para diagnóstico da Discalculia?**

O aprendizado de máquina supervisionado pode ser utilizado para otimizar o processo de diagnóstico da discalculia, devido a capacidade de extrair informações e conhecimento a partir de amostras de dados.

Através da análise de conjunto de dados, com crianças discalculias e de controle, os métodos de *machine learning* extraíram informações destes conjuntos com dados pré-processados e os classificaram após análise. Os métodos utilizados são descritos a seguir:

Dhingra et al (2022), utilizaram quatro algoritmos de aprendizado supervisionado, a fim de avaliar qual destes apresenta o melhor desempenho para detecção da discalculia. Para tal, foram utilizados dados reais de 100 crianças na faixa etária de 6 a 7 anos, da região Dephi, na Índia. O conjunto de dados tinha 58% de casos (Discalculia-Verdadeiro) e 42% de casos (Discalculia-Falso). No estudo conduzido pelos autores, houve um pré-processamento dos dados, onde o desempenho acadêmico da criança foi verificado através de testes de currículo. Os algoritmos utilizados para triagem da discalculia foram *Support Vector Machine* (SVM), otimizado utilizando otimização mínima sequencial (SMO), Regressão Logística Simples, *Naive Bayes* e *Random Forest*. O algoritmo que apresentou melhor desempenho foi regressão logística simples com precisão de 99%.

Giri, Nupur et. al. (2020), desenvolveram um modelo que simplifica o processo de detecção da discalculia utilizando aprendizado de máquina. Os dados utilizados são as respostas ao teste “Woodcock - Johnson IV”. No modelo, existem 3 tipos de entradas: corretas, incorretas e não tentadas. Foram usadas 650 amostras na base de dados, obtidas de dados dos pacientes do Hospital BYL Nair Ch. Os dados foram treinados utilizando o algoritmo de Floresta Aleatória e Árvore de Decisão. O *software* desenvolvido pelos autores, teve uma precisão de 99.6% num intervalo de 30 segundos, o modelo foi testado com dados recentes de novos pacientes do hospital. Diante do resultado apresentado, o novo modelo ajudará os médicos a diagnosticar corretamente um paciente com discalculia.

Ferraz e colaboradores (2016), desenvolveram um sistema de apoio à decisão para estimar evidência de discalculia em crianças, com uma base de dados obtidos *on-the-fly* com disMat, que é um aplicativo para plataforma Android, que ajuda crianças a aplicar conceitos matemáticos aprendidos na escola. O modelo é construído sobre uma abordagem de Programação Lógica para Representação e Raciocínio do Conhecimento, complementada com uma abordagem à computação baseada em casos, que permite o tratamento de informações incompletas, desconhecidas ou mesmo autocontraditórias. O sistema utilizou dados retirados da avaliação de 203 crianças de escolas primárias do Norte de Portugal, que jogaram a

aplicação disMat. O modelo proposto foi capaz de fornecer respostas adequadas, com precisão de 90%.

Margaj e Purohit (2016) utilizam a técnica de mineração de dados para prever e classificar a discalculia entre crianças do ensino fundamental, utilizando os algoritmos J48, SMO (Otimização Mínima Sequencial) e Regra Part. Estes classificadores são avaliados com base em sensibilidade, especificidade, precisão, taxa de erros e taxa de verdadeiro positivo e falso positivo. O estudo utilizou 237 conjuntos de dados do mundo real de escolas em Mumbai e arredores. Para previsão da discalculia, são utilizados 8 atributos, tais como dificuldade com valores, reconhecimento de forma entre outros. Para o resultado final são considerados, além dos atributos, a história anterior da criança e as observações dos pais. Ao executar os algoritmos observa-se que SMO apresenta maior precisão, 94%, comparado com o Regra-Part (73%), e o J48 (66%). Ao final do estudo, os pesquisadores concluíram que o SMO oferece melhores resultados na classificação de diferentes subclasses de Discalculia, comparado ao Regra-Part e ao J48.

Devi e colaboradores (2021), propuseram uma ferramenta para diagnosticar a discalculia utilizando o algoritmo de árvore de decisão. Utilizaram a plataforma *wordpress* para a geração do conjunto de dados. O conjunto de dados foi criado pelas respostas de 50 crianças, entre 8 e 9 anos, que responderam ao quiz, que foi configurado para atender ao teste Woodcock-Johnson IV. No modelo proposto, os dados a serem utilizados como entrada são as questões definidas com base no teste Woodcock-Johnson IV. Após treinar o modelo, a precisão da predição da Discalculia é de 95,3%. Diante dos resultados, a ferramenta proposta identifica com eficiência as crianças com discalculia.

Margaj e Purohit (2016) propuseram um estudo no qual avalia o desempenho de dois algoritmos de classificação para o diagnóstico da discalculia, o SMO (Otimização Sequencial Mínima) e *Naive Bayes*, comparando qual o classificador é mais preciso, para isso utilizaram 237 conjuntos de dados do mundo real de escolas de Mumbai e arredores, na Índia. Para o processamento dos dados são considerados uma lista de atributos a fim de classificar se o aluno está com discalculia ou não. O resultado final é baseado na lista de atributos considerada pelos autores, além da história anterior da criança e as observações gerais dos pais e professores. Para previsão da Discalculia e avaliação do desempenho do SMO e *Naive Bayes*, utilizaram o *Waikato Environment for Knowledge Analysis (Weka)*, que é um *software* de

aprendizagem de máquina. Ao avaliar os algoritmos propostos, o classificador SMO oferece em média 95% de precisão na precisão da discalculia. Em relação ao classificador *Naive Bayes*, esse oferece cerca de 94% de precisão no diagnóstico da discalculia. Logo, os autores concluíram que o SMO apresenta um melhor desempenho que o *Naive Bayes* para predição da discalculia.

### **4.3 Quais as vantagens do uso da inteligência artificial para o diagnóstico deste transtorno de aprendizagem?**

Os programas de inteligência artificial fornecem importante suporte à decisão clínica, tendo em vista a sua capacidade de processar e analisar rapidamente e, tendencialmente, de maneira eficiente, grande quantidade de dados (NOGOROLI; SILVA, 2020). Entre outros possíveis benefícios, pode-se reconhecer que o fornecimento de um diagnóstico rápido por um *software* com inteligência artificial pode ser, muitas vezes, fator crucial para o imediato início do tratamento (NOGOROLI; SILVA, 2020), principalmente para crianças portadoras de dificuldades de aprendizagem.

A detecção da discalculia é feita por testes que avaliam as habilidades aritméticas e cognitivas do indivíduo, sendo a interpretação dos resultados realizada por profissionais da área de saúde, que por serem seres humanos, o diagnóstico decorrente da análise dos resultados pode estar sujeito a influências de fatores externos, culturais e sociais. Além disso, profissionais diferentes, com a mesma formação, expostos a ambientes diferentes, agravado ao fato de não ter um teste padrão para diagnóstico da discalculia, podem apresentar diagnósticos diferentes. Enquanto um computador, definida as regras, apresenta o mesmo resultado. E sendo este utilizando técnicas de aprendizado de máquina, aprenderá com os resultados apresentados fornecendo um diagnóstico preciso e individualizado.

É de salutar importância o diagnóstico precoce da discalculia, principalmente nas séries iniciais da educação infantil ou ensino fundamental, pelos impactos no processo de aprendizagem da criança, em razão de o atraso do processamento das habilidades matemáticas, em relação aos demais, ser de 2 anos. O que reforça a aplicação de metodologias de ensino diferenciadas, a fim de que os impactos na vida adulta sejam os mínimos possíveis.

A combinação da inteligência artificial com a expertise e o conhecimento médico tem, portanto, o potencial de reduzir consideravelmente as taxas de erro. Não se trata de pugnar por uma substituição dos profissionais da saúde por sistema de IA, mas tão somente de reconhecer os potenciais benefícios dessa nova tecnologia no que tange, sobretudo, ao auxílio dos profissionais na tomada de decisão (NOGOROLI; SILVA, 2020).

O processo de detecção da discalculia não é trivial, devido a ampla variedade de testes para sua identificação. Como consequência pode ocorrer de duas pessoas com as mesmas dificuldades, terem diagnósticos diferentes em razão dos critérios aplicados. Diante disto, é de suma importância a definição de um modelo diagnóstico padrão, reconhecido internacionalmente, para o adequado diagnóstico. O campo do aprendizado de máquina é uma metodologia muito promissora para o diagnóstico da discalculia devido à sua capacidade de autoaprendizagem e precisão nos resultados.

#### **4.4 Síntese do capítulo**

Neste capítulo, foram respondidas as perguntas que norteiam o presente trabalho. Constatamos que não há uma ferramenta que seja utilizada amplamente e reconhecida internacionalmente para o diagnóstico da discalculia devido à falta de um método diagnóstico aceito internacionalmente para detecção deste transtorno.

Atualmente existem *softwares* que realizam o prognóstico da discalculia, de forma isolada ou associada a outros transtornos de aprendizagem. A maioria destas ferramentas, além de identificarem a discalculia, propõem métodos de intervenção. Porém, somente algumas dessas utilizam *softwares* inteligentes.

A ferramenta, desenvolvida por Hewapathirana e colaboradores (2021), chamada 'Nana Shilpa' utilizando inteligência artificial, mostrou a sua eficiência ao detectar as variantes da discalculia e disgrafia utilizando redes neurais com precisão igual/superior a 92%. Para triagem do transtorno de aprendizagem foi utilizado o algoritmo SVM (*Support Vector Machine*) e o *Random Forest*. O aplicativo foi considerado aceitável no Sri Lanka para triagem e intervenção para as variantes da discalculia.

Dhingra, et. al (2024), analisaram a ferramenta de tecnologia assistiva, desenvolvida por Mathlete, de intervenção para crianças com discalculia. Esta

ferramenta utiliza instruções assistidas por computador (CAI), que utiliza conteúdo de áudio, vídeo ou multimídia aos alunos em sua área disciplinar. O CAI consiste no novo método de transmitir conhecimento para as crianças, que utiliza sistemas de tutoria inteligentes para analisar as capacidades e o conjunto de competências do aluno e criar um “modelo de aluno” com base nas ações realizadas pela criança. Isso ajuda a fornecer um painel personalizado com um nível de dificuldade e ritmo de aprendizagem ideais para cada indivíduo. O estudo foi realizado em Dehi e na região da capital nacional, na Índia, com 40 crianças com discalculia. O primeiro módulo do mathlete é usado para triagem de dificuldades de aprendizagem. Para triagem da discalculia são analisados os seguintes critérios: dificuldade em contar, em operações aritméticas básicas, conceitos de comparações, proporções etc. Também é avaliado a dificuldade da criança em compreender números e problemas com palavras. O segundo módulo é para crianças que apresentaram dificuldades aritméticas no primeiro módulo. Com a análise dos resultados, os pesquisadores concluíram que a ferramenta ajudou as crianças com discalculia a melhorar a sua aprendizagem.

Pesquisas recentes como de Lara (2022) evidenciam a carência de estudos sobre a discalculia e a falta de um diagnóstico. Em decorrência disso, há poucos estudos sobre o diagnóstico da discalculia utilizando algoritmos de inteligência artificial face ao amplo uso da IA na área médica para o diagnóstico de várias doenças como o TEA e a dislexia, e os benefícios trazidos através de um diagnóstico rápido e preciso, possibilitando uma intervenção precoce.

Palmer e colaboradores (2022) demonstram o benefício da IA para auxiliar no treinamento de habilidades sociais em crianças com TEA para reconhecer e responder a sinais sociais. Belpaeme et. al. (2012) usaram recursos sensoriais, como expressão facial, movimentos corporais e gravações de voz, como entradas para um modelo de aprendizado de máquina (implementado em um robô) para analisar o comportamento de crianças autistas e os níveis de envolvimento na terapia. Esses recursos de entrada foram então combinados com resultados alvo, neste caso, marcadores de engajamento, para treinar o modelo. O estudo comprovou o potencial do robô para se adaptar ao seu interagente, influenciando assim o envolvimento dos participantes.

Utilizando uma análise comparativa, o diagnóstico da discalculia utilizando a IA irá trazer grandes benefícios para a pessoa afetada. Os artigos selecionados no presente estudo, utilizando algoritmos de aprendizagem de máquina supervisionada

apresentaram uma previsão superior a 90% para o diagnóstico da discalculia e para classificação do tipo de discalculia apresentaram previsão superior a 94%. A rapidez e precisão nos resultados é imprescindível para uma intervenção precoce da discalculia, como discutido nas seções anteriores, uma vez que discalcúlicos que tiveram um diagnóstico tardio, ou que não foram diagnosticados, tendem a desenvolver sintomas depressivos, e a não concluírem o ensino fundamental. Detectar a discalculia nos anos iniciais da escolarização, utilizando IA, traz para o portador uma intervenção individualizada, pois ao detectar a discalculia e os critérios prejudicados no aprendizado da matemática, a IA poderá propor intervenções mais eficazes e, assim, auxiliar de forma mais efetiva na melhora das dificuldades apresentadas pelo portador. Podendo ser uma ferramenta de inclusão destes alunos discalcúlicos em sala de aula diminuindo as barreiras entre eles e o restante da turma.

Em um processo de Aprendizagem de Máquina, a definição da técnica utilizada se relaciona com o objetivo pretendido. A detecção da discalculia é uma tarefa de classificação binária, haja vista que o algoritmo irá prever a qual categoria pertence uma certa instância de dados, discalcúlico ou não-discalcúlico.

Os classificadores utilizados nos artigos analisados são: árvores de decisão, *Naive Bayes*, *Support Vector Machine (SVM)* e Regressão Logística.

Fazendo uma breve análise dos algoritmos, tendo como base as considerações acima, a árvore de decisão é um classificador simples, porém eficiente, quando da análise de pequenos conjuntos de dados, porém se utilizarmos um *dataset* que possua uma quantidade muito grande de *features*, teremos uma árvore de grande profundidade, que tende a responder muito bem a dados conhecidos, porém, a dados desconhecidos, perde eficiência, ocasionando *overfitting*. Logo, como o estudo da discalculia é recente, novos critérios podem ser incluídos ao conjunto de dados, tornando o modelo anteriormente criado ineficaz para prever novos resultados. O algoritmo *random forest* resolve o problema de generalização ocasionado pelo aumento no tamanho da árvore, uma vez que funciona selecionando subconjuntos de *features* para montar mini árvores de decisão de forma aleatória. Combina o resultado de todas elas para chegar no resultado final. O classificador *random forest* foi utilizado para o diagnóstico da discalculia, obtendo uma boa precisão.

A avaliação do melhor algoritmo depende do contexto específico do problema que se pretende resolver, das métricas utilizadas, da eficácia do algoritmo e a escolha dependerá das características do problema e dos requisitos do projeto.

Dentre os algoritmos utilizados, e das métricas em comum definidas, verificamos que o SMO (Otimização Sequencial Mínima) e a Regressão Logística apresentam melhor desempenho, com destaque para Regressão Logística, no qual o modelo apresentou uma precisão de 99%.

## 5. Considerações Finais

O presente trabalho demonstrou que há poucas pesquisas sobre a discalculia do desenvolvimento e que não existe até o presente momento, um diagnóstico reconhecido internacionalmente para detecção da discalculia. O que constatamos é que existe um esforço de um pequeno grupo de pesquisadores em entender as causas deste transtorno, os critérios diagnósticos e a melhor forma de intervenção a fim de proporcionar qualidade de vida aos afetados.

Infelizmente, o diagnóstico da discalculia ainda é realizado através de muitas etapas, compostas por avaliação clínica e testes, para aferir as habilidades matemáticas, processo este demorado, custoso e que em plena era digital ainda não foi automatizado. Existem alguns *softwares* que realizam o prognóstico da discalculia e propõem métodos de intervenção, porém a maioria deles o acesso é pago.

Outro fator importante, diante da pesquisa realizada, é que o diagnóstico da discalculia é feito inicialmente em sala de aula, e como demonstrado no presente trabalho, pouquíssimos docentes possuem conhecimento sobre a discalculia, e quando conhecem, muitos ainda sentem-se inseguros em identificar este transtorno. Sendo o professor a etapa inicial para o diagnóstico, e este não possuindo o conhecimento necessário, torna-se difícil a detecção da discalculia, aumentando as estatísticas referente aos baixos índices diagnósticos.

Os algoritmos de *machine learning* são fundamentais para a detecção da discalculia, devido à natureza adaptativa destes, uma vez que eles irão analisar todo o conjunto de dados, destacando as particularidades de cada input recebido.

Além do mais, a inteligência artificial oferece resultados individualizados, a exemplo da ferramenta Mathlete (Dhingra, et. al. 2024), que com base na triagem realizada, após analisar a capacidade e o conjunto de competências do aluno, cria um modelo individualizado para este, possibilitando desta forma uma intervenção direcionada para as deficiências específicas do discente.

Como visto, através dos estudos apresentados, o diagnóstico da discalculia é realizado por uma equipe multidisciplinar que precisa realizar vários testes (aritméticos e QI) para obter o diagnóstico. Os algoritmos de *machine learning* são uma importante ferramenta para automatizar esta fase do diagnóstico trazendo resultados rápidos, com precisão superior a 90% e individualizados.

Vale ressaltar que a utilização da Inteligência Artificial, não deve se restringir ao diagnóstico, mas que deve ser utilizada como um método de intervenção para o tratamento da discalculia.

## 5.1 Trabalhos futuros

Diante de toda pesquisa realizada e dos resultados obtidos, propomos para trabalhos futuros:

- Mapeamento da Literatura referente aos critérios diagnósticos da discalculia.
  - Por meio de pesquisas com maior duração de tempo, realizar um mapeamento da literatura a fim de reunir os critérios diagnósticos que convergem e propor um método diagnóstico único para detecção da discalculia.
- Mapeamento da Literatura referente aos métodos de intervenção para o tratamento da discalculia.
  - Por meio de pesquisas com maior duração de tempo, realizar um mapeamento da literatura a fim de reunir os métodos que são mais eficazes no tratamento da discalculia.
- A partir dos resultados do Mapeamento da literatura, validar o método proposto de diagnóstico utilizando algoritmos de aprendizagem de máquina desenvolvendo um *software* para diagnóstico e tratamento da discalculia.
- O *Software* proposto será feito para dois público-alvo distintos:
  - Será desenvolvido um sistema especialista, que será utilizado na área médica, por profissionais como médicos, psicólogos e psiquiatras para diagnóstico mais preciso e rápido da discalculia.
  - Seria desenvolvido um sistema *web*, a ser utilizado no âmbito educacional, tem como objetivo realizar o prognóstico da discalculia, e com base nos resultados propor um tratamento individualizado ao aluno, bem como auxiliar o professor na identificação do aluno discalculico, propondo atividades a serem desenvolvidas pelo aluno trabalhando os critérios prejudicados pelo transtorno.

## Referências Bibliográficas

AMBILI, K; ASFSAR, P. A Framework for Learning Disability Prediction In School Children Using Naive Bayes - Neural Network Fusion Technique. *Journal of Information, Knowledge and Research in Computer Engineering*, Volume – 04, ISSUE – 01, 2016. Disponível em: <<http://www.ejournal.aessangli.in/ASEEJournals/CE167.pdf>>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

APA. *Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais* [recurso eletrônico]: DSM-5 / [American Psychiatric Association; tradução: Maria Inês Corrêa Nascimento... et al.]; revisão técnica: Aristides Volpato Cordioli [et al.]. – 5. ed. – Dados Eletrônicos. – Porto Alegre: Artmed, 2014. Disponível em: <<http://www.institutopebioetica.com.br/documentos/manual-diagnostico-e-estatistico-de-transtornos-mentais-dsm-5.pdf>>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

BANU, Cangöz; ALTUN, Arif; OLKUN, Sinan. Computer based screening dyscalculia: Cognitive and neuropsychological correlates. *Turkish Online Journal of Educational Technology* 12(3):33-38, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/286212724\\_Computer\\_based\\_screening\\_dyscalculia\\_Cognitive\\_and\\_neuropsychological\\_correlates](https://www.researchgate.net/publication/286212724_Computer_based_screening_dyscalculia_Cognitive_and_neuropsychological_correlates). Acesso em: 25 Jan. 2023.

BARUA, Prabal Datta; VICNESH, Jahmunah; GURURAJAN, Raj; LIH, Shu; PALMER, Elizabeth; AZIZAN, Muhammad Mokhzaini; KADRI, Nahrizul Adib; ACHARYA, U Rajendra. Artificial Intelligence Enabled Personalised Assistive Tools to Enhance Education of Children with Neurodevelopmental Disorders—A Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/358016972\\_Artificial\\_Intelligence\\_Enabled\\_Personalised\\_Assistive\\_Tools\\_to\\_Enhance\\_Education\\_of\\_Children\\_with\\_Neurodevelopmental\\_Disorders-A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/358016972_Artificial_Intelligence_Enabled_Personalised_Assistive_Tools_to_Enhance_Education_of_Children_with_Neurodevelopmental_Disorders-A_Review)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

BRAGA, Ana Vitoria et al. Machine Learning: O Uso da Inteligência Artificial na Medicina. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 16407-16413, 2019. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/3437>>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

CHAKRABORTY, Ms. Vani. A Survey Paper On Learning Disability Prediction Using Machine Learning. 2020. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/339363343\\_A\\_survey\\_paper\\_on\\_learning\\_disability\\_prediction\\_using\\_machine\\_learning](https://www.researchgate.net/publication/339363343_A_survey_paper_on_learning_disability_prediction_using_machine_learning)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

DECARLI, Gisella, PARIS, Emanuela; TENCATI, Chiara; NARDELLI, Chiara; VESCOVI, Massimo; SURIAN, Luca; PIAZZA, Manuela. Impaired large numerosity estimation and intact subitizing in developmental dyscalculia. *PLOS ONE*, 2020. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/348141199\\_Impaired\\_large\\_numerosity\\_estimation\\_and\\_intact\\_subitizing\\_in\\_developmental\\_dyscalculia](https://www.researchgate.net/publication/348141199_Impaired_large_numerosity_estimation_and_intact_subitizing_in_developmental_dyscalculia)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

DIAS, Michelle de Almeida Horsae; PEREIRA, Mônica Medeiros de Britto, BORSEL, Jonh Van. Assessment of the awareness of dyscalculia among educators, *ACR*, 18(2):93-100, 2013. disponível em: <<https://www.scielo.br/j/acr/a/8nMTJksy8GxJHV44WzdFR8m/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

DRIGAS, Athanasios S.; PAPPAS, Marios A; LYTRAS, Miltiadis Emerging Technologies for ICT based Education for Dyscalculia: Implications for Computer Engineering Education\*. *International Journal of Engineering Education*, Vol. 32, No. 4, pp. 1604–1610, 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/309922334\\_Emerging\\_technologies\\_for\\_ICT\\_based\\_education\\_for\\_dyscalculia\\_Implications\\_for\\_computer\\_engineering\\_education](https://www.researchgate.net/publication/309922334_Emerging_technologies_for_ICT_based_education_for_dyscalculia_Implications_for_computer_engineering_education)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

FERRAZ, F., VICENTE, H., COSTA, A.; NEVES, J. Analysis of Dyscalculia Evidences Through Artificial Intelligence Systems. *Journal of Software Networking*, 53–78, 2016.

Disponível em: <(PDF) Analysis of Dyscalculia Evidences through Artificial Intelligence Systems (researchgate.net)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

FERRAZ, F., NEVES, J., COSTA, A., VICENTE, H. An Artificial Intelligence Approach to Dyscalculia. In: KIM, K., WATTANAPONGSAKORN, N., JOUKOV, N. (eds) *Mobile and Wireless Technologies 2016. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 391. Springer, Singapore, 2016. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-1409-3\\_23](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-1409-3_23)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

GIRI, Nupur et al. Detection of Dyscalculia Using Machine Learning. 2020 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES), Coimbatore, Índia, pp. 1-6, 2020. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/topics/random-forest>>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

GONÇALVES, Sarah Kubrusly; MAIA, Cristiane Corina Couto. Dyscalculia: uma proposta de avaliação. In: Vi Congresso Internacional em Avaliação Educacional Avaliação: Veredas e Experiências Educacionais, 2015, Fortaleza, Ceará. Disponível em: <[https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/24576/3/2015\\_eve\\_skgon%C3%A7alves.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/24576/3/2015_eve_skgon%C3%A7alves.pdf)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

HABERSTROH, Stefan; SCHULTE-KÖRNE, Gerd. The Diagnosis and Treatment of Dyscalculia. *Deutsches Ärzteblatt International*, 116: 107–14, 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/335008019\\_The\\_Diagnosis\\_and\\_Treatment\\_of\\_Dyscalculia](https://www.researchgate.net/publication/335008019_The_Diagnosis_and_Treatment_of_Dyscalculia)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

HAN, Jiawei.; KAMBER, Micheline.; PEI, Jian. *Data mining: concepts and techniques: concepts and techniques*. New York: Elsevier, 2011.

KRITI, Dhingra; GARG, Anchal; PUJARI, Jayanti. 2021. Identification of dyscalculia using supervised machine learning algorithms. *IEEE Internet Computing* Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9591899>>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

LOIZOU, Antonis; LAOURIS, Yiannis. Developing prognosis tools to identify learning difficulties in children using machine learning technologies. *Cognitive computation*, v. 3, p. 490-500, 2011. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/51679839\\_Developing\\_Prognosis\\_Tools\\_to\\_Identify\\_Learning\\_Difficulties\\_in\\_Children\\_Using\\_Machine\\_Learning\\_Technologies](https://www.researchgate.net/publication/51679839_Developing_Prognosis_Tools_to_Identify_Learning_Difficulties_in_Children_Using_Machine_Learning_Technologies)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

MARGAJ, Sampada; PUROHIT, Seema. Significative Of Data Mining Techniques in Classifying Dyscalculia. *International Journal Of Engineering And Computer Science*, Volume 5 Issue 08, 2016a. Disponível em: <Significance of Data Mining Techniques in Classifying Dyscalculia (researchgate.net)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

MARGAJ, Sampada, PUROHIT, Seema (2016b) Comparative Study for Prediction of Dyscalculia Using SMO and Naive Bayes Classifier. *International Journal of Scientific Research*, Volume : 5, Issue : 8, 2016b. Disponível em: <COMPARATIVE STUDY FOR PREDICTION OF DYSCALCULIA USING SMO AND NAÏVE BAYES CLASSIFIER - Current Issue - IJSR (worldwidejournals.com)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

MITCHELL, Tom M. *Machine learning*. New York: McGraw-Hill, 1997.

MOELLER, K., FISCHER, U., CRESS, U., NUERK, HC. (2012). Diagnostics and Intervention in Developmental Dyscalculia: Current Issues and Novel Perspectives. In: BREZNITZ, Z., RUBINSTEN, O., MOLFESE, V., MOLFESE, D. (eds) *Reading, Writing, Mathematics and the Developing Brain: Listening to Many Voices*. Literacy Studies, vol 6. Springer, Dordrecht. 2012. Disponível em: <Diagnostics and Intervention in Developmental Dyscalculia: Current Issues and Novel Perspectives | SpringerLink>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

MOHAMMAD, Amimul Ihsan Aquil, Diagnosis of Dyscalculia: Comprehensive Overview. *SAJSSH*, Vol. 1, Issue 1, pp. 43-59, 2020. Disponível em: <(PDF) Diagnosis of Dyscalculia: A Comprehensive Overview (researchgate.net)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

NOGAROLI, Rafaella; SILVA, Rodrigo da Guia. Inteligência artificial na análise diagnóstica: benefícios, riscos e responsabilidade do médico. In: Debates contemporâneos em direito médico e da saúde. São Paulo: Ed. RT, 2020. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/343881300\\_Inteligencia\\_artificial\\_na\\_analise\\_diagnostica\\_beneficios\\_riscos\\_e\\_responsabilidade\\_do\\_medico](https://www.researchgate.net/publication/343881300_Inteligencia_artificial_na_analise_diagnostica_beneficios_riscos_e_responsabilidade_do_medico)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

PASSOS, A. Q et al. Dificuldade de Aprendizagem em Matemática: Discalculia *UNOPAR Cient., Ciênc. Human. Educ.*, Londrina, v. 12, n. 1, p. 61-71, Jun. 2011. Disponível em:

<<https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=0CDcQw7AJahcKEwjwnJDh26OBaxUAAAAAHQAAAAAQAw&url=https%3A%2F%2Frevistaensinoeducacao.pgsscogna.com.br%2Fensino%2Farticle%2Fdownload%2F2889%2F2761&psig=AOvVaw22ucT6FL3MiOpiFxxjUAyY&ust=1694561445470950&opi=89978449>>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

PESSANHA, Cinthia. Random Forest: como funciona um dos algoritmos mais populares de ML. Medium, 20 Nov. 2019. Disponível em: <<https://www.medium.com/cinthiabpessanha/random-forest-como-funciona-um-dos-algoritmos-mais-populares-de-ml-cc1b8a58b3b4>>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

RODRIGUES, Sonia das Dores; CIASCA, Sylvia Maria. Tradução e adaptação para o português ( brasileiro) da bateria de aferição de competências matemáticas (BAC-MAT). *Rev. Psicopedagogia*, 37(113): 168-82, 2020. Disponível em: <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/psicoped/v37n113/05.pdf>>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

TAKAKURA, Aline Miki; PEREIRA, Danillo Roberto; SILVA, Francisco Assis; PAZOTI, Mario Augusto; ALMEIDA, Leandro Luiz; SAPIA, Helton Molina. Uso do Aprendizado de Máquina no Diagnóstico Médico de Patologias. *Colloquium Exactarum*, v. 10, n.1, p.78–90, 2018. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/325410193\\_USO\\_DO\\_APRENDIZADO\\_D\\_E\\_MAQUINA\\_NO\\_DIAGNOSTICO\\_MEDICO\\_DE\\_PATOLOGIAS](https://www.researchgate.net/publication/325410193_USO_DO_APRENDIZADO_D_E_MAQUINA_NO_DIAGNOSTICO_MEDICO_DE_PATOLOGIAS)>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

TAVARES, Sabrina Cardoso. Estudos sobre discalculia e instrumentos de avaliação psicopedagógica. *Rev. Psicopedagogia*, 39(118):61-82, 2022. Disponível em: <<https://cdn.publisher.gn1.link/revistapsicopedagogia.com.br/pdf/v39n118a07.pdf>>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

VIEIRA, Elamara Marana de Araujo; NEVES, Nívea Trindade de A. T.; OLIVEIRA, Ana Carolina C., MORAES, Ronei Marcos, NASCIMENTO, João Agnaldo. Avaliação da performance do algoritmo J48 para construção de modelos baseados em árvore de decisão. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, Vol. 10, No2, pp. 80–90, 2018. Disponível em: <<https://seer.upf.br/index.php/rbca/article/view/8078/114114190>>. Acesso em: 25 Jan. 2023.

PEDEMONTE, Bettina; WATSON, Christa; BORGHESANI, Valentina; EBBERT, Morgan; ALLEN, Isabel; PINHEIRO-CHAGAS, Pedro; DE LEON, Jessica; MILLER, Zac; TEE, Boon Lead; TEMPINI, Maria Luísa Gorno. A novel approach to subtype of developmental dyscalculia. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/363750631\\_A\\_novel\\_approach\\_to\\_subtypes\\_of\\_developmental\\_dyscalculia](https://www.researchgate.net/publication/363750631_A_novel_approach_to_subtypes_of_developmental_dyscalculia)>. Acesso em: 25 Jan 2024.

BASTOS, J.A. O cérebro e a matemática. São Paulo: Edição do Autor, 2008.

GARCIA, J.N. Manual de dificuldades de aprendizagem. Linguagem, leitura, escrita e matemática. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

Ramaa, S e Gowramma, IP (2002). Um procedimento sistemático para identificar e classificar crianças com discalculia entre crianças em idade escolar na Índia. *Dislexia*, 8(3), 67-65

KOSC, L. Developmental Dyscalculia. **Journal of Learning Disabilities can be found at**, v. 7, n. 3, p.163-177, março 1974.

KOSC, L. Learning Disabilities: Definition or Specification? A Response to Kavale and Forness. **RASE**, v. 8, n. 1, p. 36-41, 1987.

Pimentel, Letícia da Silva e Lara, Isabel Cristina Machado, 2017. *Discalculia: o cérebro e as habilidades Matemáticas*. Repositório Institucional PUCRS. Disponível em: <https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/11591>. Acesso em: 25 Jan 2024

LARA, I. C. M. *Discalculia: Mapeamento das produções brasileiras*. In: VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENSINO DA MATEMÁTICA. 2013, Canoas- Rio Grande do Sul. **Anais do VI Congresso Internacional de Ensino da Matemática, 2013, Brasil**. Disponível em: [https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/11671/2/Discalculia\\_mapeamento\\_das\\_producoes\\_brasileiras.pdf](https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/11671/2/Discalculia_mapeamento_das_producoes_brasileiras.pdf). Acesso em: 25 Jan 2024

AVILA, L. A. B.; LIMA, V. M. R. *Intervenções psicopedagógicas e Discalculia do Desenvolvimento: uma Revisão Sistemática da Literatura*. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 32, p. 1-21. 2019.

SMITH, C.; STRICK, L. *Dificuldades de aprendizagem de A a Z*. Porto Alegre: Artmed, 2001.

VIEIRA, E. *Transtornos na aprendizagem de matemática: número e a discalculia*. *Ciênc. Let.*, Porto Alegre, n.35, p.109-120, mar./jul. 2004

BERNARDI, J. *Alunos com discalculia: o resgate da auto-estima e da auto-imagem através do lúdico*. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre, 2006.

HAASE, V. G.; COSTA, D. S.; MICHELLI, L. R.; OLIVEIRA, L. F. S.; WOOD, G. *O estatuto nosológico da discalculia do desenvolvimento*. In: CAPOVILLA, F. C. (Org.). **Transtornos de aprendizagem 2: da análise laboratorial e da reabilitação clínica para as políticas públicas de prevenção pela via da educação**. São Paulo: Memnon Edições, p. 139-144, 2011.

SANTOS, F. H. **Discalculia do Desenvolvimento**. São Paulo: Pearson, 2017.

VON ASTER, M.; DELLATOLAS, G. **ZAREKI-R-Batterie pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant**. Paris: ECPA, 2006.

Dhingra, Kriti; Aggarwal Rekha; Anchal Garg; Pujari, Jayanti e Yadav, Divakar. Mathlete: an adaptive assistive technology tool for children with dyscalculia. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/364420138\\_Mathlete\\_an\\_adaptive\\_assistive\\_technology\\_tool\\_for\\_children\\_with\\_dyscalculia](https://www.researchgate.net/publication/364420138_Mathlete_an_adaptive_assistive_technology_tool_for_children_with_dyscalculia). Acesso em 25/02/2024.

Carvalho, L. A. V. (2005). Datamining – A Mineração de Dados no Marketing, Medicina, Economia, Engenharia e Administração. Ed. Ciência Moderna Ltda, Rio de Janeiro.

ZVALETA, Jorge et al. DysDTool: uma ferramenta Inteligente para a avaliação e intervenção no apoio ao diagnóstico da dislexia. 2012. Disponível em:

[http://www2.sbc.org.br/csbc2012/anais\\_csbc/eventos/wim/artigos/WIM2012%20-%20DysDTool%20Uma%20Ferramenta%20Inteligente%20para%20a%20Avaliacao%20e%20Intervencao%20no%20Apoio%20ao%20Diagnostico%20da%20Dislexia.pdf](http://www2.sbc.org.br/csbc2012/anais_csbc/eventos/wim/artigos/WIM2012%20-%20DysDTool%20Uma%20Ferramenta%20Inteligente%20para%20a%20Avaliacao%20e%20Intervencao%20no%20Apoio%20ao%20Diagnostico%20da%20Dislexia.pdf)

FARIA, Tâmires Messias. Um estudo sobre Discalculia. Trabalho de conclusão de curso, São Paulo: IFSP, 92f, 2015.

PERETTI, Lisiane. Discalculia – transtorno de aprendizagem. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Rio Grande do Sul, 31f, 2009.

FRANCK, Kewry Mariobo; SILVA, Maria Carollyna dos Santos; OLIVEIRA, kévelin Nayara Lopes; FERREIRA, Romário Vitorino; OLIVAS, José Rodolfo Milazzotto; COELHO, Wallison Storck - Sistema especialista para prognóstico de distúrbios de aprendizagem: situações de dislexia e discalculia, 2024. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/377682662\\_Sistema\\_especialista\\_para\\_prognostico\\_de\\_disturbios\\_de\\_aprendizagem\\_situacoes\\_de\\_dislexia\\_e\\_discalculia](https://www.researchgate.net/publication/377682662_Sistema_especialista_para_prognostico_de_disturbios_de_aprendizagem_situacoes_de_dislexia_e_discalculia)

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. Artificial intelligence: a modern approach. 4 Ed. Pearson Education Limited, 2020.

B. Butterworth, S. Varma and D. Laurillard, Dyscalculia: from brain to education, Science, 332(6033), 2011, pp. 1049–053.

katti, F., Lorena, A. C., Gama, J., Almeida, T. A. d., and Carvalho, A. C.P. L. F. d. (2021). Inteligência artificial uma abordagem de aprendizado de máquina. Rio de Janeiro LTC, 2 edition.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. [S.l.]: Software Engineering Group Department of Computer Science Keele University, 2007. Disponível em:

[https://www.elsevier.com/\\_data/promis\\_misc/525444systematicreviewsguide.pdf](https://www.elsevier.com/_data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf).

Acesso em: 06/07/2022.

HEWAPATHIRANA, Chamil; ABEYSINGHE, kalpani; MAHESHANI, Pamodya; LIYANAGE, Prabath; KRISHARA, Jenny , THELIJJAGODA, Samantha: A Mobile-Based Screening and Refinement System to Identify the Risk of Dyscalculia and Dysgraphia Learning Disabilities in Primary School Students. Disponível em:

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0->

[85119995140&origin=resultlist&sort=plf-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85119995140&origin=resultlist&sort=plf-)

[f&src=s&sid=61b129465163b8aace19585d3c2b2a26&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85119995140&origin=resultlist&sort=plf-f&src=s&sid=61b129465163b8aace19585d3c2b2a26&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-)

[KEY](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85119995140&origin=resultlist&sort=plf-KEY) Acesso em: 12/03/2024

TACCHELLA A., et. al. Collaboration between a human group and artificial intelligence can improve prediction of multiple sclerosis course: a proof-of-principle study. F1000Researc, v.6, p. 2172, 2017.

FERNEDA, E. Redes neurais e sua aplicação em sistemas de recuperação de informação. Ci Inf. Brasília, v. 35, n. 1, abr. 2006. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/%0D/ci/v35n1/v35n1a03.pdf>>

Aster, M. v., Schweiter, M. & Weinhold-Zulauf, M. (2007). Re-chenstörungen bei Kindern: Vorläufer, Prävalenz und psychische Symptome. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 39, 85–96.

A. Devi, G Kavya : *Knowledge Based Analytical Tool for Identifying Children with Dyscalculia* (2021) Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-33-4909-4\\_55](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-33-4909-4_55)

Belpaeme T., Baxter PE, Read R., Wood R., Cuayáhuatl H., Kiefer B., Racioppa S., Kruijff-Korbayová I., Athanasopoulos G., Enescu V., et al. *Multimodal Child-Robot Interaction: Building Social Bonds*, 2012 Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/236840595\\_Multimodal\\_Child-Robot\\_Interaction\\_Building\\_Social\\_Bonds](https://www.researchgate.net/publication/236840595_Multimodal_Child-Robot_Interaction_Building_Social_Bonds)

Hulley, Stephen B; Cummings, Steven R; Browner, Warren S; Grady, Deborah G; Newman, Thomas B: *Delineando a pesquisa clínica*. Porto Alegre; Artmed; 4 ed; 2015.