

DESENVOLVIMENTO DE ARTEFATOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DO DALTONISMO: uma revisão sistemática de literatura

DEVELOPMENT OF ARTIFACTS FOR COLOR VISION DEFICIENCY IDENTIFICATION: a Systematic Literature Review

PEREIRA, Thiovane da Rosa; Doutorando; Universidade Federal do Rio Grande do Sul

contato@thiovane.com.br

JACQUES, Jocelise Jacques de; Doutora; Universidade Federal do Rio Grande do Sul

jocelise.jacques@ufrgs.br

CARDOSO, Eduardo; Doutor; Universidade Federal do Rio Grande do Sul

00146837@ufrgs.br

SILVA, Tânia Luisa Koltermann da; Doutora; Universidade Federal do Rio Grande do Sul

tania.koltermann@ufrgs.br

SILVA, Régio Pierre da; Doutor; Universidade Federal do Rio Grande do Sul

regio@ufrgs.br

Resumo

Este estudo é uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) que visa identificar os artefatos utilizados para a identificação do daltonismo. A análise incluiu 33 artigos publicados entre 2015 e 2023, seguindo as recomendações de Dresch, Lacerda e Júnior (2015), o roteiro de Conforto, Amaral e Silva (2011) e as diretrizes PRISMA. Os estudos foram classificados em duas categorias: desenvolvimento de novos artefatos e investigação de testes existentes. Foram analisados 23 estudos sobre testes tradicionais e dez propostas de novos artefatos. As tecnologias mais estudadas incluem placas pseudoisocromáticas, como o Teste de Ishihara, testes de ordenamento de matrizes e métodos de equalização. A pesquisa destaca a interdisciplinaridade do campo, com predomínio na oftalmologia, e a importância do design na criação de ferramentas diagnósticas mais acessíveis e eficazes.

Palavras Chave: design; daltonismo; artefato; diagnóstico; revisão sistemática de literatura.

Abstract

This study is a Systematic Literature Review aiming to identify the artifacts used for identifying color vision deficiency. The analysis included 33 articles published between 2015 and 2023, following the recommendations of Dresch, Lacerda, and Júnior (2015), the guidelines of Conforto, Amaral, and Silva (2011), and PRISMA. The studies were classified into two categories: development of new artifacts and investigation of existing tests. Twenty-three studies analyzed traditional tests, while ten proposed new artifacts. The most studied technologies include pseudoisochromatic plates, such as the Ishihara Test, matrix arrangement tests, and equalization methods. The research highlights the interdisciplinarity of the field, with a predominance in ophthalmology, and the importance of

design in creating more accessible and effective diagnostic tools.

Keywords: *design; color vision deficiency; artifact; diagnosis; systematic literature review.*

1 Introdução

O daltonismo, uma condição visual que afeta a percepção das cores, representa um desafio significativo para indivíduos em suas interações diárias, especialmente em atividades em que a cor desempenha um papel relevante na comunicação visual. Estudos indicam que aproximadamente 1 em cada 12 homens cisgêneros e 1 em cada 200 mulheres cisgêneras no mundo são afetados por essa condição (Birch, 2001), o que pode corresponder a cerca de 350 milhões de pessoas globalmente, incluindo mais de 8 milhões no Brasil (Bessler, 2023).

Entre as principais dificuldades enfrentadas por pessoas com daltonismo, estão os desafios sociais, comportamentais e emocionais (Tang et al., 2021). Além disso, o medo de lidar com cores pode afetar desde a escolha até o exercício de profissões, já que viver com daltonismo em que se faz uso de cores o tempo todo pode exigir muitas estratégias para driblar as dificuldades (Narayanan et al., 2019).

Porém, muitas pessoas com daltonismo não têm consciência completa de sua condição visual (Maty; Santana; Hage, 2020), o que pode dificultar o desenvolvimento de estratégias eficazes para enfrentar ou adaptar-se às barreiras potenciais (Mashige, 2019). Em alguns países, incluindo o Brasil, a ausência de políticas públicas voltadas para a identificação precoce do daltonismo agrava essa situação (Tang et al., 2021).

Para identificar essa condição, utiliza-se comumente no contexto clínico placas com números coloridos, conhecidas como placas pseudoisocromáticas, como o Teste de Ishihara (Isik, 2016). Contudo, diversos estudos têm questionado a precisão desses testes, comparando-os com outras ferramentas de triagem (Bruni; Cruz, 2006). A identificação precoce do daltonismo é importante para promover uma vida mais independente, especialmente em relação às atividades cotidianas e ao ambiente profissional, onde as dificuldades podem surgir cotidianamente (Narayanan et al., 2019).

A ausência de políticas públicas eficazes no Brasil para a identificação precoce do daltonismo justifica a necessidade deste estudo. Essa condição pode ter um impacto significativo no processo de ensino-aprendizagem em todos os níveis educacionais (Melo; Galon; Fontanella, 2014), pois muitas pessoas permanecem sem diagnóstico (Maty; Santana; Hage, 2020), o que dificulta a implementação de estratégias adaptativas.

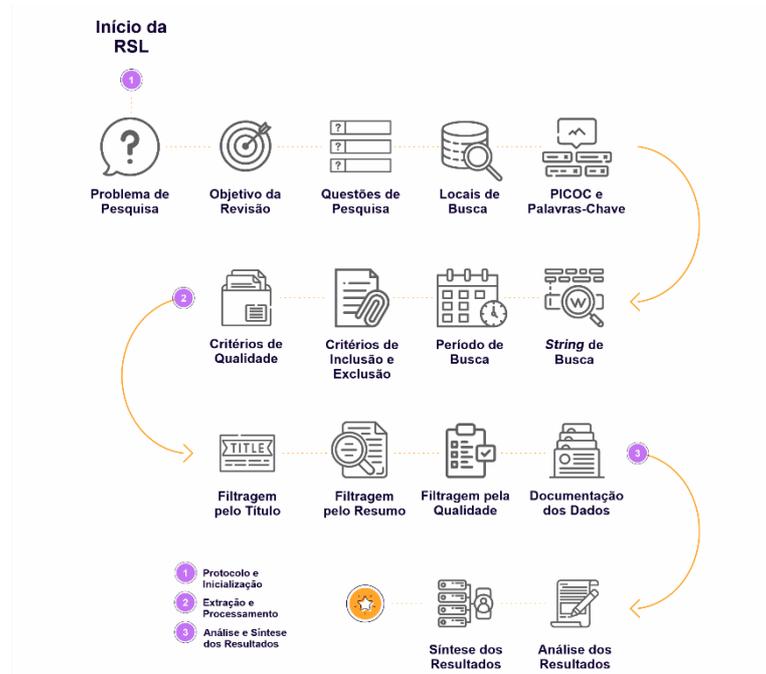
Diante desse cenário, o estudo busca responder: qual é o escopo dos estudos recentes sobre o diagnóstico de daltonismo? O objetivo é constatar quais são os artefatos utilizados para a identificação do daltonismo. As questões incluem: a) qual é o escopo das pesquisas sobre o diagnóstico de daltonismo em relação às áreas de estudo?; b) quais tecnologias, ferramentas e recursos são utilizados para o diagnóstico do daltonismo?; c) quais são as contribuições do design ao desenvolvimento de artefatos utilizados no diagnóstico do daltonismo? Para isto foi realizada a revisão de literatura.

2 Método de Pesquisa

Esta pesquisa é uma revisão bibliográfica realizada como parte de uma investigação maior que utiliza o método *Design Science Research*, com o objetivo de propor um artefato para a identificação do daltonismo na Educação Infantil. Neste artigo é relatada a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), essencial em pesquisas de *Design Science Research*, para facilitar a construção de um arcabouço teórico-prático para artefatos destinados a solucionar uma classe de problemas ou casos específicos (Dresch, Lacerda, Júnior, 2015).

Seguindo as recomendações de Dresch, Lacerda e Júnior (2015), o roteiro proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011), e as diretrizes PRISMA, este estudo foi conduzido por meio de um framework conceitual que delimita três fases e 15 etapas.

Figura 1 – Framework Conceitual da Revisão Sistemática de Literatura



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Essas fases garantem a objetividade e o rigor necessários para a Revisão Sistemática de Literatura, que constituirá uma base sólida para o desenvolvimento do artefato.

Sabendo que o entendimento do problema em uma pesquisa que possui como método a *Design Science Research* é de extrema importância para a construção e avaliação de artefatos que transformem situações, alterando-as para melhor ou para uma condição desejável (Dresch; Lacerda; Júnior, 2015), o problema de pesquisa e os objetivos específicos desta revisão foram apresentados na introdução do artigo.

2.1 Locais de busca, definição das palavras-chave, *string* e período de busca

Foram utilizadas como locais de busca quatro bases de dados: a) Scopus; b) Embase; c) PubMed; d) El Compendex. A escolha dessas bases de dados foi baseada em seus amplos acervos, que incluem estudos revisados por pares de mais de 16 mil revistas (Scopus), numerosos estudos na área da saúde (Embase e PubMed) e pesquisas interdisciplinares com descobertas na engenharia (Compendex).

Para a seleção das palavras-chave, foi adotada a estratégia PICOC (População, Intervenção, Comparação, Resultados e Contexto), conforme sugerido por Petticrew e Roberts (2005). Embora essa estratégia seja frequentemente utilizada em revisões sistemáticas na área da saúde, Kitchenham e Charters (2007) ressaltam que ela pode ser aplicada em outras áreas de estudo, oferecendo contribuições valiosas. Assim, nesta revisão, foram selecionadas as seguintes palavras-chave, considerando termos em dois idiomas (português e inglês), sinônimos e grafias alternativas,

incluindo as diferenças entre o inglês americano e britânico:

1. população: “daltonismo”, “daltônico”, “daltônicos”, “discromatopsia”, “color blindness”, “colour blindness”, “color vision deficiency”, “colour vision deficiency”, “color vision defect” e “colour vision defect”;
2. intervenção: “triagem”, “rastreamento”, “identificação”, “diagnóstico”, “teste”, “screening”, “identification”, “diagnosis” e “test”;
3. comparação: não estipulado;
4. resultados: “método”, “técnica”, “instrumento”, “ferramenta”, “tecnologia”, “programa”, “aplicativo”, “method”, “technique”, “instrument”, “tool”, “technology”, “software” e “application”;
5. contexto: “educação”, “escola”, “estudante”, “education”, “school” e “student”.

A *string* de busca adotada para a pesquisa nas bases de dados selecionadas foi: (“color blindness” OR “color vision defect” OR “color vision deficiency” OR “colour blindness” OR “colour vision defect” OR “colour vision deficiency” OR “daltonismo” OR “daltônico” OR “daltônicos” OR “discromatopsia”) AND (“diagnosis” OR “diagnóstico” OR “identification” OR “identificação” OR “rastreamento” OR “screening” OR “triagem” OR “teste” OR “test”) AND (“aplicativo” OR “application” OR “ferramenta” OR “instrument” OR “instrumento” OR “method” OR “método” OR “programa” OR “software” OR “technique” OR “technology” OR “tecnologia” OR “tool” OR “técnica”) AND (“education” OR “educação” OR “escola” OR “estudante” OR “school” OR “student”).

O período de busca foi definido entre 2015 e 2023, considerando três fatores principais:

1. O estudo de revisão sobre métodos de teste de cores anteriores a 2015, conduzido por Hasrod e Rubin (2015).
2. A pesquisa publicada em 2014 na Revista de Saúde Coletiva por Melo, Galon e Fontanella (2014), que aborda aspectos relativos ao diagnóstico e sugere a necessidade de mais estudos e a proposição de diretrizes pelos sistemas de saúde e educação do Brasil para lidar com o daltonismo.
3. O desenvolvimento de tecnologias assistivas voltadas para pessoas daltônicas nesse período, como óculos, filtros, lentes, polarizadores reflexivos e aplicativos destinados a facilitar a identificação de cores.

2.2 Critérios de inclusão e exclusão, critérios de qualidade e ferramentas

Para determinar os estudos a serem considerados, foram estabelecidos critérios específicos de inclusão e exclusão. Foram incluídos estudos que tratam do contexto do diagnóstico do daltonismo, publicados entre 2015 e 2023, em língua portuguesa ou inglesa. Os critérios de exclusão foram:

1. Estudos duplicados;
2. Estudos publicados em idiomas que não sejam inglês ou português;
3. Estudos que não se relacionam com o diagnóstico do daltonismo;
4. Estudos onde o termo “daltonismo” é utilizado com outro significado, como em contextos raciais nas ciências humanas;
5. Estudos que abordam a visão de animais.

Para a seleção dos artigos quanto à qualidade, foram seguidas as orientações de Dresch, Lacerda e Júnior (2015). Os critérios de qualidade consideraram a adequação à questão da revisão, o foco da revisão e a qualidade da execução do estudo. As perguntas formuladas para nortear a

filragem foram:

1. O estudo aborda o tema alvo da revisão sistemática?
2. O estudo foi realizado em um contexto adequado ao foco do estudo?
3. O método proposto está de acordo com os padrões exigidos para o tema em estudo?

Cada resposta foi classificada em alta, média ou baixa adequação. Para otimizar o trabalho, foram atribuídas pontuações às classificações, numa escala de 1 a 3, sendo 1 equivalente a baixa adequação, 2 a média adequação e 3 a alta adequação. Para que o artigo fosse selecionado na terceira fase de análise e síntese, era necessário obter, no mínimo, seis pontos.

Para realizar o trabalho e organizar os dados obtidos, foram utilizadas quatro plataformas:

1. Parfisal: ferramenta online específica para revisões sistemáticas da literatura;
2. Zotero: *software* gerenciador de referências;
3. Notion: aplicação para organização de notas, quadros e bancos de dados;
4. Excel: *software* para edição de planilhas.

O Parfisal foi utilizado para planejar o protocolo, buscar a bibliografia e extrair os dados. Simultaneamente, o Zotero converteu os arquivos extraídos das bases de dados para o formato “BibTeX”, compatível com o Parsifal. Posteriormente, o Notion foi empregado para uma seleção mais criteriosa dos artigos, estabelecendo classificações em relação às questões de pesquisa. Por fim, o Excel foi utilizado para editar planilhas e criar gráficos.

3 Análise e Extração dos Dados

Após a fase inicial do protocolo e início da revisão sistemática, composta por nove etapas, procedeu-se à extração de dados. Utilizando os softwares mencionados, foram extraídos estudos das quatro bases de dados selecionadas (Quadro 1), conforme a *string* de busca e os critérios temporais estabelecidos. O estudo seguiu as recomendações PRISMA, abrangendo as etapas de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão (Galvão; Pansani; Harrad, 2015).

Quadro 1 – Extração das Bases de Dados

Base de Dados	Endereço Eletrônico	Número de Estudos
Scopus	www.scopus.com	81 estudos
Embase	www.embase.com	470 estudos
PubMed	www.pubmed.ncbi.nih.gov	26 estudos
El Compendex	www.engineeringvillage.com	9 estudos
Total de Pesquisas:		586 estudos

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Posteriormente, utilizou-se uma funcionalidade disponível na ferramenta Parfisal para eliminar estudos duplicados (Quadro 2).

Quadro 2 – Exclusão de Estudos Duplicados

Base de Dados	Estudos Coletados	Estudos Duplicados	Estudos Selecionados
Scopus	81 estudos	28 estudos	53 estudos
Embase	470 estudos	37 estudos	433 estudos
PubMed	26 estudos	20 estudos	6 estudos
El Compendex	9 estudos	1 estudo	8 estudos
Total de Estudos:	586 estudos	86 estudos	500 estudos

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Após a exclusão de estudos duplicados, restaram 500 pesquisas. A etapa seguinte foi a seleção, realizada através da análise dos títulos e palavras-chave de cada estudo. Os resultados são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Filtragem por Título

Base de Dados	Total de Estudos	Estudos Selecionados
Scopus	53 estudos	29 estudos (54,7%)
Embase	433 estudos	88 estudos (20,3%)
PubMed	6 estudos	3 estudos (50,0%)
El Compendex	8 estudos	7 estudos (87,5%)
Total de Estudos:	500 estudos	127 estudos (25,4%)

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Assim, foram identificados 127 estudos após a seleção inicial: 29 da Scopus, 88 da Embase, 3 da PubMed e 7 da El Compendex. Os critérios de exclusão dos 373 estudos restantes, além dos 86 estudos duplicados, são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Justificativa Quanto aos Critérios de Exclusão

Critério de Exclusão	Número de Estudos
a. Estudos duplicados	86 estudos
b. Estudos em outro idioma (não publicados em língua inglesa ou portuguesa)	10 estudos
c. Estudos que não se relacionam ao diagnóstico de daltonismo	344 estudos
d. Estudos em que “daltonismo” é empregado com outro significado	2 estudos
e. Estudos que abordam a visão dos animais	17 estudos
Total de Estudos Excluídos:	459 estudos desconsiderados

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

A taxa de seleção final foi de 25,4%, resultando na escolha de 127 estudos após a análise inicial dos títulos. A etapa subsequente foi a elegibilidade (Quadro 5), onde foram selecionados 37 artigos com base na análise dos resumos, introduções e conclusões.

Quadro 5 – Estudos Filtrados pela Leitura de Resumo, Introdução e Conclusão (continua na próxima página)

Estudo	Título	Autores	Base de dados
E1	Assessment of color vision among school children: a comparative study between the ishihara test and the farnsworth D-15 test	Shrestha, Rajesh Kishor <i>et al.</i> (2015)	Scopus
E2	Clinical color vision testing and correlation with visual function	Zhao, Jiawei <i>et al.</i> (2015)	Embase
E3	Is screening for congenital colour vision deficiency in school students worthwhile?	Cole, Barry (2015)	Embase
E4	Is screening for congenital colour vision deficiency in school students worthwhile? A review	Long, Jennifer <i>et al.</i> (2015)	Embase
E5	Military research ColorDx and printed color vision tests	Almustanyir, Ali; Hovis, Jeffery (2015)	Embase
E6	Quantification of color vision using a tablet display	Chacon, Alicia <i>et al.</i> (2015)	Embase
E7	Are currently available tests satisfactory for color vision assessment?	Işık, Merve <i>et al.</i> (2016)	Embase
E8	A tunable digital ishikara plate for pre-school aged children	Gambino, Orazio <i>et al.</i> (2016)	Embase
E9	Diagnosis of normal and abnormal color vision with cone-specific {VEPs}	Rabin, Jeff; Kryder, Andrew; Lam, Dan (2016)	Embase
E10	Genetic testing as a new standard for clinical diagnosis of color vision deficiencies	Davidoff, Candice; Neitz, Maureen; Neitz, Jay (2016)	Embase
E11	iPad colour vision apps for dyschromatopsia screening	Campbell, Thomas Gordon <i>et al.</i> (2016)	Embase
E12	An Eye on Vision: Five Questions About Vision Screening and Eye Health-Part 2	Chaplin, Kay <i>et al.</i> (2018)	Scopus
E13	Comparing the validity of an online Ishihara colour vision test to the traditional Ishihara handbook in a South African university population	Van Staden, Diane <i>et al.</i> (2018)	Scopus

E14	New iPad-based test for the detection of color vision deficiencies	De Fez, Dolores <i>et al.</i> (2018)	Embase
E15	Comparison of a smartphone application with Ishihara pseudoisochromatic plate for testing colour vision	Zhao, Jiawei <i>et al.</i> (2019)	Embase
E16	Evaluation of Computerized Color Vision Testing in Ocular Pathologies.	Tai, Katy <i>et al.</i> (2019)	Embase
E17	Limitations and precautions in the use of the Farnsworth-Munsell Dichotomous D-15 test	Dain, Stephen; Atchison, David; Hovis, Jeffery (2019)	Embase
E18	Dalton's pseudo-isochromatic plates and congenital colour vision deficiency	Narayanan, Anuradha <i>et al.</i> (2020)	Embase
E19	Effect of EnChroma glasses on color vision screening using Ishihara and Farnsworth D-15 color vision tests	Varikuti, Venkata NV <i>et al.</i> (2020)	Embase
E20	Applications of augmented reality in ophthalmology	Aydindoğan, Güneş <i>et al.</i> (2021)	El Compendex
E21	Color vision assessment-2: Color assessment outcomes using single and multi-test protocols	Rodriguez-Carmona, Marisa; Evans, Benjamin EW; Barbur, John (2021)	El Compendex
E22	Color vision assessment-1: Visual signals that affect the results of the Farnsworth D-15 test	Evans, Benjamin; Rodriguez-Carmona, Marisa; Barbur, John (2021)	El Compendex
E23	Detection of dichromacy and achromatopsia using LabVIEW	Kandaswamy, Arumugam <i>et al.</i> (2021)	Embase
E24	Evaluation of a New Test for the Diagnosis of Congenital Dyschromatopsia in Children: the Color Vision Evaluation Test	Fish, Anne-Laure; Alketbi, Mohamed; Baillif, Stéphanie (2021)	Scopus
E25	Quantitative and objective diagnosis of color vision deficiencies based on steady-state visual evoked potentials	Zheng, Xiaowei <i>et al.</i> (2021)	Embase
E26	Testing a popular smartphone application for colour vision assessment in healthy volunteer subjects	Fliotsos, Michael J. <i>et al.</i> (2021)	Embase
E27	Usefulness of handheld electroretinogram system for diagnosing blue-cone monochromatism in children	Haseoka, Takashi <i>et al.</i> (2021)	Embase
E28	Clinically relevant colour album test for the colour defective medical student	Singh, Kirti; Gotmare, Nikhil; Bhattacharyya, Mainak (2022)	Embase

E29	Cone Contrast Sensitivity and Color Naming: A New Color Vision Test	Silva, Frances <i>et al.</i> (2022)	Embase
E30	<i>ColourSpot</i> , a novel gamified tablet-based test for accurate diagnosis of color vision deficiency in young children	Tang, Teresa <i>et al.</i> (2022)	Scopus
E31	Color vision devices for color vision deficiency patients: A systematic review and meta-analysis	Male, Shiva Ram <i>et al.</i> (2022)	Embase
E32	Diagnosis of colour vision deficits using eye movements	Taore, Aryaman <i>et al.</i> (2022)	Embase
E33	Evaluation of the Third edition of the City University Colour Vision Test	Almustanyir, Ali <i>et al.</i> (2022)	Embase
E34	Identifiable universal fluorescent multiplex PCR equipped with capillary electrophoresis for genotyping of exons 1 to 5 in human red and green pigment genes	Pan, Tzu-Yu <i>et al.</i> (2022)	El Compendex
E35	Relationship between pseudoisochromatic plates and cone contrast thresholding to evaluate red and green color vision	Akbarpour, Meleeka <i>et al.</i> (2022)	Embase
E36	Virtual Reality Enables Rapid, Multi-Faceted Retinal Function Screenings	Labkovich, Margarita <i>et al.</i> (2022)	Embase
E37	Color vision testing, standards, and visual performance of the US military	Gao, Hong <i>et al.</i> (2023)	Scopus

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Logo em seguida, procedeu-se à análise de qualidade dos estudos, conforme os critérios relacionados à pertinência à questão da revisão, ao foco da pesquisa e à qualidade da execução metodológica. Para serem incluídos nesta fase da Revisão Sistemática de Literatura (RSL), os estudos precisavam atingir um mínimo de seis pontos. Os resultados detalhados desta análise são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Análise da Qualidade dos Estudos

Título	Foco da Revisão	Foco da Revisão	Execução do Estudo	Score
A tunable digital Ishihara plate for pre-school aged children	Alta (3.0)	Alta (3.0)	Alta (3.0)	9.0
<i>ColourSpot</i> , a novel gamified tablet-based test for accurate diagnosis of color vision deficiency in young children	Alta (3.0)	Alta (3.0)	Alta (3.0)	9.0
Assessment of color vision among school children: a comparative study between the ishihara test and the farnsworth D-15 test	Média (2.0)	Alta (3.0)	Alta (3.0)	8.0

Clinically relevant colour album test for the colour defective medical student	Alta (3.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	8.0
Cone Contrast Sensitivity and Color Naming: A New Color Vision Test	Alta (3.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	8.0
Dalton's pseudo-isochromatic plates and congenital colour vision deficiency	Alta (3.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	8.0
Detection of dichromacy and achromatopsia using LabVIEW	Alta (3.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	8.0
Diagnosis of colour vision deficits using eye movements	Alta (3.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	8.0
Diagnosis of normal and abnormal color vision with cone-specific {VEPs}	Alta (3.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	8.0
Evaluation of a New Test for the Diagnosis of Congenital Dyschromatopsia in Children: the Color Vision Evaluation Test	Média (2.0)	Alta (3.0)	Alta (3.0)	8.0
Evaluation of the Third edition of the City University Colour Vision Test	Alta (3.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	8.0
Identifiable universal fluorescent multiplex PCR equipped with capillary electrophoresis for genotyping of exons 1 to 5 in human red and green pigment genes	Alta (3.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	8.0
New iPad-based test for the detection of color vision deficiencies	Alta (3.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	8.0
Quantitative and objective diagnosis of color vision deficiencies based on steady-state visual evoked potentials	Alta (3.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	8.0
Relationship between pseudoisochromatic plates and cone contrast thresholding to evaluate red and green color vision	Média (2.0)	Alta (3.0)	Alta (3.0)	8.0
Usefulness of handheld electroretinogram system for diagnosing blue-cone monochromatism in children	Média (2.0)	Alta (3.0)	Alta (3.0)	8.0
Are currently available tests satisfactory for color vision assessment?	Média (2.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	7.0
Color vision testing, standards, and visual performance of the US military	Média (2.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	7.0
Comparing the validity of an online Ishihara colour vision test to the traditional Ishihara handbook in a South African university population	Média (2.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	7.0
Comparison of a smartphone application with Ishihara pseudoisochromatic plate for testing colour vision	Média (2.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	7.0
Effect of EnChroma glasses on color vision screening using	Média (2.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	7.0

Ishihara and Farnsworth D-15 color vision tests				
Evaluation of Computerized Color Vision Testing in Ocular Pathologies.	Média (2.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	7.0
Genetic testing as a new standard for clinical diagnosis of color vision deficiencies	Média (2.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	7.0
iPad colour vision apps for dyschromatopsia screening	Média (2.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	7.0
Limitations and precautions in the use of the Farnsworth-Munsell Dichotomous D-15 test	Média (2.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	7.0
Military research ColorDx and printed color vision tests	Média (2.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	7.0
Quantification of color vision using a tablet display	Média (2.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	7.0
Virtual Reality Enables Rapid, Multi-Faceted Retinal Function Screenings	Média (2.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	7.0
Clinical color vision testing and correlation with visual function	Média (2.0)	Baixa (1.0)	Alta (3.0)	6.0
Color vision devices for color vision deficiency patients: A systematic review and meta-analysis	Baixa (1.0)	Média (2.0)	Alta (3.0)	6.0
Color vision assessment-1: Visual signals that affect the results of the Farnsworth D-15 test	Média (2.0)	Média (2.0)	Média (2.0)	6.0
Color vision assessment-2: Color assessment outcomes using single and multi-test protocols	Média (2.0)	Média (2.0)	Média (2.0)	6.0
Testing a popular smartphone application for colour vision assessment in healthy volunteer subjects	Média (2.0)	Média (2.0)	Média (2.0)	6.0
Applications of augmented reality in ophthalmology	Média (2.0)	Baixa (1.0)	Média (2.0)	5.0
An Eye on Vision: Five Questions About Vision Screening and Eye Health-Part 2	Baixa (1.0)	Alta (3.0)	Baixa (1.0)	5.0
Is screening for congenital colour vision deficiency in school students worthwhile?	Baixa (1.0)	Alta (3.0)	Baixa (1.0)	5.0
Is screening for congenital colour vision deficiency in school students worthwhile? A review	Baixa (1.0)	Alta (3.0)	Baixa (1.0)	5.0

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Os estudos "A tunable digital Ishihara plate for pre-school aged children", de Gambino *et al.* (2016), e "ColourSpot, a novel gamified tablet-based test for accurate diagnosis of color vision deficiency in young children", de Tang *et al.* (2022), alcançaram a pontuação máxima de 9 pontos,

satisfazendo plenamente os critérios estabelecidos na revisão. Outros estudos atenderam parcialmente aos critérios de qualidade, resultando em 12 estudos com 8 pontos, 12 com 7 pontos e 5 com 6 pontos. No entanto, quatro estudos receberam apenas 5 pontos, sendo desconsiderados. Um total de 33 estudos (Figura 2) foram selecionados para análise e discussão nesta Revisão Sistemática da Literatura (RSL).

Figura 2 - Filtragem dos Estudos



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Na próxima seção, é apresentada uma síntese dos resultados, incluindo a classificação por ano, objetivo do estudo e relevância para as questões abordadas nesta Revisão Sistemática de Literatura.

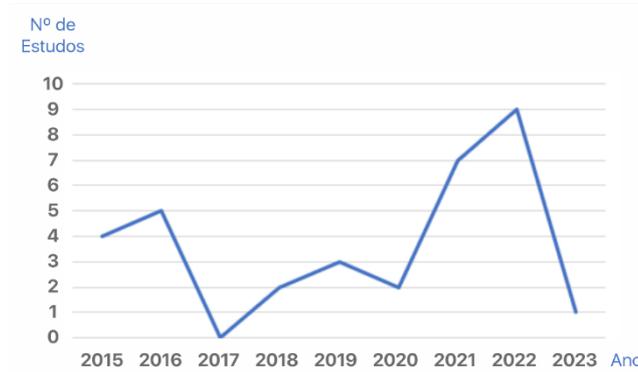
4 Síntese dos Resultados

Os resultados obtidos por meio desta Revisão Sistemática de Literatura foram sintetizados de acordo com critérios específicos, incluindo a distribuição temporal dos estudos, a classificação por objetivo dos estudos e a classificação em relação às três questões de pesquisa que este estudo buscou responder.

4.1 Distribuição Temporal dos Estudos

A distribuição por ano de publicação dos 33 estudos selecionados (Figura 3) é a seguinte: 4 em 2015; 5 em 2016; 2 em 2018; 3 em 2019; 2 em 2020; 7 em 2021; 9 em 2022; e 1 em 2023.

Figura 3 – Número de Estudos Publicados por Ano



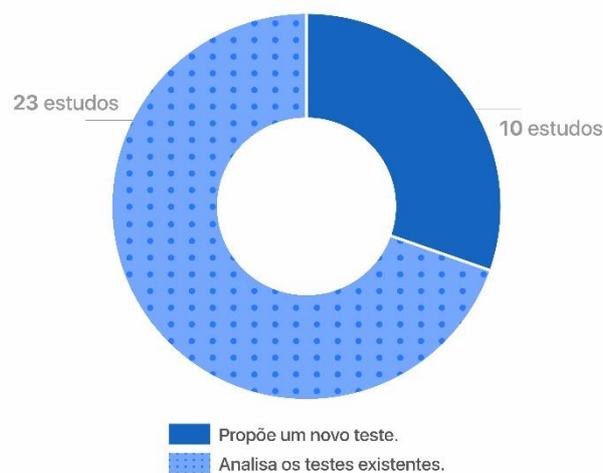
Fonte: elaborado pelos autores (2024).

A análise da distribuição temporal dos estudos mostra um aumento significativo no número de publicações a partir de 2021. Este aumento sugere um interesse crescente na pesquisa sobre daltonismo e no desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de diagnóstico, possivelmente impulsionado por avanços tecnológicos e maior conscientização sobre a importância do diagnóstico precoce.

4.2 Classificação por Objetivo dos Estudos

Os estudos foram classificados de acordo com seus objetivos, divididos em duas categorias principais: desenvolvimento de novos artefatos para identificar daltonismo e investigação de testes já existentes (Figura 4). Dos 33 estudos analisados, 10 propuseram a construção de novos artefatos, enquanto 23 focaram na análise e comparação de testes já utilizados em contextos clínicos ou em triagens em ambientes institucionais, como escolas, hospitais e o meio militar.

Figura 4 – Classificação por Objetivo dos Estudos



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

A predominância de estudos dedicados à análise de testes existentes (23 estudos) em comparação com aqueles que propõem novos artefatos (10 estudos) sugere que a comunidade científica tem priorizado a validação e comparação de métodos tradicionais. Contudo, a existência de dez estudos voltados ao desenvolvimento de novos artefatos demonstra um esforço contínuo em inovar e melhorar as ferramentas de diagnóstico disponíveis.

4.3 Classificação das Questões de Pesquisa

Os resultados desta RSL foram sintetizados em relação às questões de pesquisa propostas, que incluem o escopo dos estudos, as tecnologias e ferramentas utilizadas no diagnóstico e as contribuições do design.

4.3.1 Escopo dos Estudos sobre Diagnóstico do Daltonismo

Os estudos sobre artefatos usados para identificar daltonismo abrangem diversas áreas, como medicina, física, química, engenharia e psicologia (Quadro 7). Na medicina, destacam-se as especialidades de oftalmologia, optometria, neurologia e medicina militar. Em relação à distribuição por área de estudo, foram identificadas 27 pesquisas na medicina, abrangendo as especialidades mencionadas; 3 em física e química; 2 na engenharia médica; e 1 na psicologia experimental.

Quadro 7 – Escopo dos Estudos

Escopo da Medicina			
Título	Área	Journal	Score
Assessment of color vision among school children: a comparative study between the ishihara test and the farnsworth D-15 test	Oftalmologia	Journal of the Nepal Medical Association	8.0
Clinically relevant colour album test for the colour defective medical student	Oftalmologia	Indian J Ophthalmol	8.0
Cone Contrast Sensitivity and Color Naming: A New Color Vision Test	Oftalmologia	Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.	8.0
Dalton's pseudo-isochromatic plates and congenital colour vision deficiency	Optometria	Clin Exp Optom	8.0
Diagnosis of colour vision deficits using eye movements	Oftalmologia	Sci Rep	8.0
Diagnosis of normal and abnormal color vision with cone-specific {VEPs}	Oftalmologia	Translational Vis. Sci. Technol.	8.0
Evaluation of a New Test for the Diagnosis of Congenital Dyschromatopsia in Children: the Color Vision Evaluation Test	Oftalmologia	American Journal of Ophthalmology	8.0
Evaluation of the Third edition of the City University Colour Vision Test	Oftalmologia	Ophthalmic Physiol Opt	8.0

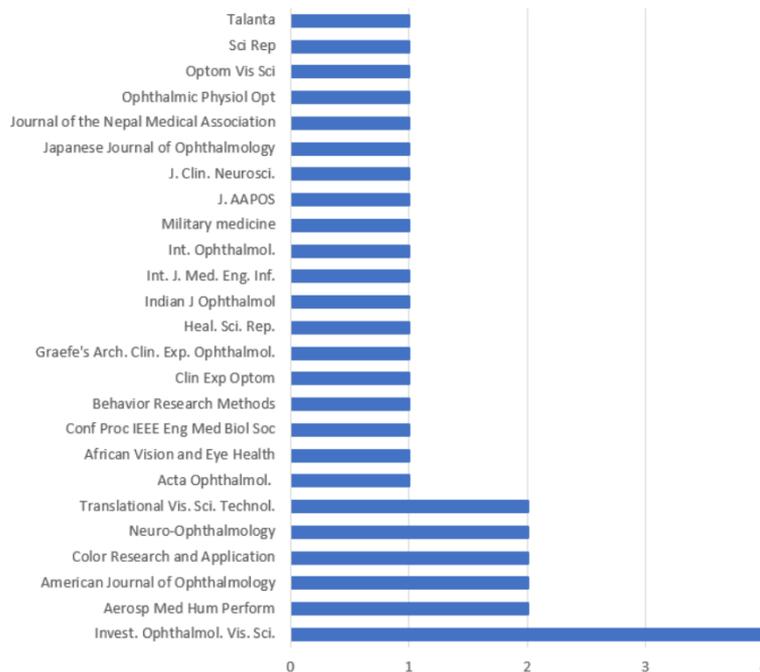
New iPad-based test for the detection of color vision deficiencies	Oftalmologia	Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.	8.0
Quantitative and objective diagnosis of color vision deficiencies based on steady-state visual evoked potentials	Oftalmologia	Int. Ophthalmol.	8.0
Relationship between pseudoisochromatic plates and cone contrast thresholding to evaluate red and green color vision	Oftalmologia	Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.	8.0
Usefulness of handheld electroretinogram system for diagnosing blue-cone monochromatism in children	Oftalmologia	Japanese Journal of Ophthalmology	8.0
Are currently available tests satisfactory for color vision assessment?	Oftalmologia	Acta Ophthalmol.	7.0
Color vision testing, standards, and visual performance of the US military	Medicina Militar	Military medicine	7.0
Comparing the validity of an online Ishihara colour vision test to the traditional Ishihara handbook in a South African university population	Oftalmologia	African Vision and Eye Health	7.0
Comparison of a smartphone application with Ishihara pseudoisochromatic plate for testing colour vision	Oftalmologia	Neuro-Ophthalmology	7.0
Effect of EnChroma glasses on color vision screening using Ishihara and Farnsworth D-15 color vision tests	Oftalmologia	J. AAPOS	7.0
Evaluation of Computerized Color Vision Testing in Ocular Pathologies.	Oftalmologia	Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.	7.0
Genetic testing as a new standard for clinical diagnosis of color vision deficiencies	Oftalmologia	Translational Vis. Sci. Technol.	7.0
iPad colour vision apps for dyschromatopsia screening	Neurologia e Oftalmologia	J. Clin. Neurosci.	7.0
Limitations and precautions in the use of the Farnsworth-Munsell Dichotomous D-15 test	Optometria	Optom Vis Sci	7.0
Military research ColorDx and printed color vision tests	Medicina Militar	Aersp Med Hum Perform	7.0
Quantification of color vision using a tablet display	Medicina Militar	Aersp Med Hum Perform	7.0
Virtual Reality Enables Rapid, Multi-Faceted Retinal Function Screenings	Oftalmologia	Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.	7.0
Clinical color vision testing and correlation with visual function	Oftalmologia	American Journal of Ophthalmology	6.0

Color vision devices for color vision deficiency patients: A systematic review and meta-analysis	Oftalmologia	Heal. Sci. Rep.	6.0
Testing a popular smartphone application for colour vision assessment in healthy volunteer subjects	Neurologia e Oftalmologia	Neuro-Ophthalmology	6.0
Escopo da Física e Química			
Título	Área	Journal	Score
Identifiable universal fluorescent multiplex PCR equipped with capillary electrophoresis for genotyping of exons 1 to 5 in human red and green pigment genes	Química	Talanta	8.0
Color vision assessment-1: Visual signals that affect the results of the Farnsworth D-15 test	Física e Química	Color Research and Application	6.0
Color vision assessment-2: Color assessment outcomes using single and multi-test protocols	Física e Química	Color Research and Application	6.0
Escopo da Engenharia			
Título	Área	Journal	Score
A tunable digital ishihara plate for pre-school aged children	Engenharia Médica	Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc	9.0
Detection of dichromacy and achromatopsia using LabVIEW	Engenharia Médica	Int. J. Med. Eng. Inf.	8.0
Escopo da Psicologia			
Título	Área	Journal	Score
{ColourSpot}, a novel gamified tablet-based test for accurate diagnosis of color vision deficiency in young children	Psicologia Experimental	Behavior Research Methods	9.0

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

A diversidade das áreas de estudo envolvidas, com predominância na medicina, evidencia a natureza interdisciplinar da pesquisa sobre daltonismo. A concentração de estudos na oftalmologia é compreensível, dado o impacto direto do daltonismo na visão. A presença de pesquisas em engenharia e psicologia sugere abordagens inovadoras e multidisciplinares para o diagnóstico e estudo do daltonismo. Além disso, os periódicos nos quais os estudos foram publicados foram identificados (Figura 5).

Figura 5 – Estudos por Periódico



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

A predominância de artigos em periódicos especializados como "Investigative Ophthalmology & Visual Science" destaca a relevância e o rigor dos estudos nessa área específica. A diversidade de periódicos especializados também evidencia a natureza interdisciplinar do campo científico na pesquisa sobre o diagnóstico do daltonismo.

4.3.2 Tecnologias e Ferramentas Utilizadas para o Diagnóstico do Daltonismo

Nesta RSL, diversas tecnologias, ferramentas e recursos foram investigados para o diagnóstico do daltonismo, abrangendo uma variedade de métodos quantitativos e qualitativos. Entre as tecnologias mais estudadas, destacam-se as placas pseudoisocromáticas (PIP), com ênfase nas placas de *Ishihara*, amplamente utilizadas tanto em contextos clínicos quanto em pesquisas acadêmicas. Van Staden *et al.* (2018) compararam a validade de uma versão online do teste de *Ishihara* com a versão tradicional, enquanto Flitsos *et al.* (2021) exploraram sua aplicação no aplicativo "EyeHandBook".

Além das placas de *Ishihara*, também foram analisadas outras variantes das placas pseudoisocromáticas, como as pranchas pseudoisocromáticas da American Optical *Hardy-Rand-Rittler* (AO-HRR). Zhao *et al.* (2015) investigaram a precisão diagnóstica dos testes *Hardy-Rand-Rittler* em comparação com o *Ishihara*. Por outro lado, Almustanyr e Hovis (2015) verificaram a equivalência do teste *Hardy-Rand-Rittler*, juntamente com o de *Ishihara*, ao "ColorDx Military Research version (mColorDx)", aplicado em triagens no contexto militar.

Além disso, testes de ordenamento de matrizes são frequentemente empregados na complementação da avaliação clínica de visão de cores, em que os pacientes são solicitados a organizar ou agrupar matizes que percebem como semelhantes. Este método proporciona uma análise detalhada na discriminação de cores. Um exemplo comum é o teste de *Farnsworth-Munsell 100 Hue (FM100)*, usado em conjunto com testes de placas pseudoisocromáticas durante a

avaliação clínica. Outra variação útil é o teste de *Farnsworth-Munsell D-15*, geralmente aplicado posteriormente para maior precisão diagnóstica.

Outros métodos menos comuns, porém igualmente importantes, incluem testes de equalização, com aplicação restrita ao contexto clínico, como o Anomaloscópio de *Nagel* e o Teste de *Neitz*, e testes de nomeação de cores, como o *Farnsworth Lantern (FaLant)* e o *Holmes-Wright Lantern (H-W)*. Esses métodos têm sido explorados em estudos recentes, como o de *Gao et al.* (2023), que examinou suas aplicações em triagens militares, investigando critérios de aprovação e desempenho, especialmente com o uso do *Holmes-Wright Lantern*.

Além dos métodos tradicionais, novas tecnologias emergentes foram identificadas, como o *Color Dx*, *Opsin Genes*, *Colour Assessment and Diagnosis (CAD)*, *Waggoner Computerized Color Vision Test (WCCVT)*, *Cone Contrast Threshold (CCT)*, *Color Album Test (CAT)*, Eletrorretinogramas de Cone S, *RETeval® Complete*, aplicativos de celular como o “*EyeHandBook*”, e o uso de realidade virtual e aumentada, cada um oferecendo novas possibilidades de diagnóstico e triagem.

4.3.3 Contribuições do Design para a Melhoria do Diagnóstico de Daltonismo

Embora não tenham sido identificados estudos específicos em periódicos de design, o design desempenha um papel crucial na adaptação e aprimoramento de tecnologias, incluindo aquelas relacionadas ao diagnóstico de daltonismo, por meio de ferramentas apropriadas. Foram identificados dez estudos que propuseram artefatos com diferentes objetivos (Quadro 8), abrangendo desde pesquisas voltadas para crianças até investigações clínicas. Esses estudos se destacaram pela construção de testes que incorporaram recursos inovadores e ainda não explorados.

Quadro 8 – Novos Artefatos para a Identificação do Daltonismo

Artefato Proposto	Título do Estudo	Objetivo do Estudo
Aplicação web em <i>Javascript</i>	A tunable digital Ishihara plate for pre-school aged children	Apresentar uma aplicação web escrita em javascript, que implementa um teste digital do tipo Ishihara para crianças em idade pré-escolar.
<i>ColourSpot</i>	{ColourSpot}, a novel gamified tablet-based test for accurate diagnosis of color vision deficiency in young children	Apresentar e avaliar o ColourSpot, um aplicativo baseado em tablet autoadministrado, gamificado e calibrado em cores, que diagnostica a deficiência visual das cores a partir dos 4 anos de idade.
Cone Contrast Naming Test	Cone Contrast Sensitivity and Color Naming: A New Color Vision Test	Desenvolver um teste clinicamente conveniente de cone CS que inclui uma pontuação de nomeação de cores (teste de nomeação de contraste de cone; CCNT).
Dalton’s PIP	Dalton's pseudo-isochromatic plates and congenital colour vision deficiency	Construir e validar uma nova ferramenta de triagem, as placas pseudoisocromáticas de Dalton (PIP), abordando as desvantagens dos métodos convencionais.
LabVIEW	Detection of dichromacy and achromatopsia using {Lab} {View}	Propor um teste de visão de cores usando o LabVIEW para a detecção precoce do daltonismo e

a prevenção da acromatopsia.

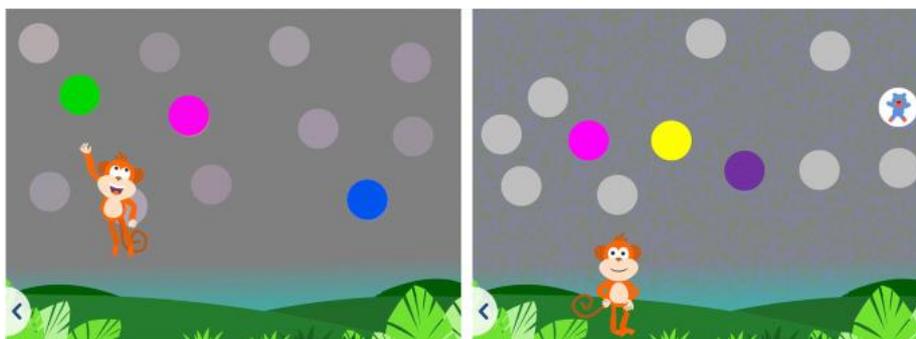
Rastreador Ocular Infravermelho	Diagnosis of colour vision deficits using eye movements	Desenvolver um teste objetivo simples de visão de cores funcional com base em movimentos oculares feitos em resposta a padrões de movimento.
Visual-Evoked Potential (VEP)	Diagnosis of normal and abnormal color vision with cone-specific {VEPs}	Desenvolver um teste objetivo de deficiência visual das cores com sensibilidade e especificidade comparáveis aos testes atuais.
FSIUFM-PCR	Identifiable universal fluorescent multiplex PCR equipped with capillary electrophoresis for genotyping of exons 1 to 5 in human red and green pigment genes	Desenvolver um método rápido para a genotipagem dos genes dos pigmentos vermelho e verde.
Optoped	New {iPAD}-based test for the detection of color vision deficiencies	Desenvolver e validar um novo teste de visão de cores baseado em iPad
Steady-state visual evoked potentials (sweep SSVEPs)	Quantitative and objective diagnosis of color vision deficiencies based on steady-state visual evoked potentials	Explorar um método de teste de visão colorida objetivo e quantitativo baseado em potenciais evocados visuais de estado estacionário de varredura e comparar os resultados com os resultados subjetivos do teste Farnsworth-Munsell (FM) de 100 matizes.

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Um exemplo é o trabalho de Gambino *et al.* (2016), que propuseram uma aplicação web em *JavaScript* projetada para crianças em idade pré-escolar, transformando o teste de Ishihara em um formato lúdico e acessível. Este caso ilustra como o design pode simplificar complexidades técnicas para públicos específicos, melhorando a eficácia do diagnóstico precoce.

Tang *et al.* (2022) criaram o aplicativo “ColourSpot”, otimizado para *iPads* e projetado para envolver crianças de 4 a 7 anos em um jogo educativo que avalia a capacidade de distinguir cores (Figura 6). Essa abordagem torna a experiência mais envolvente para as crianças, adaptando-se às suas habilidades cognitivas e preferências de aprendizado.

Figura 6 – ColourSpot



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Outra inovação importante é o uso de testes de visão de cores baseados em “LabVIEW”, conforme demonstrado por Kandaswamy *et al.* (2021), que destaca como o design de software pode facilitar triagens em larga escala, oferecendo uma alternativa prática para instituições educacionais e clínicas.

No entanto, apesar dos avanços significativos em termos de acessibilidade e eficiência diagnóstica proporcionados por esses artefatos, ainda há desafios significativos em termos de adaptação cultural, viabilidade econômica e adequação para diferentes grupos etários e contextos educacionais específicos, especialmente no contexto da Educação Infantil no Brasil, foco desta revisão.

5 Considerações Finais

Este estudo constituiu-se como uma Revisão Sistemática de Literatura com o objetivo de reconhecer artefatos utilizados para a identificação do daltonismo. As questões de pesquisa foram: a) qual é o escopo das pesquisas sobre o diagnóstico de daltonismo em relação às áreas de estudo?; b) quais tecnologias, ferramentas e recursos são utilizados para o diagnóstico do daltonismo?; c) quais são as contribuições do design para o desenvolvimento de artefatos no diagnóstico do daltonismo?

Inicialmente, foram identificados 586 estudos. Após a aplicação dos critérios de exclusão, 127 estudos foram selecionados. Na fase de elegibilidade, resumos, introduções e conclusões foram lidos, resultando em 37 estudos. Após a aplicação dos critérios de qualidade, 33 estudos foram incluídos para análise e discussão.

Quanto ao escopo, foram identificados 27 estudos na medicina (abrangendo oftalmologia, optometria, neurologia e medicina militar), 3 em física e química, 2 na engenharia médica e 1 na psicologia experimental. Dos 33 estudos, 23 analisaram testes tradicionais, enquanto 10 propuseram novos artefatos. Entre os estudos propositivos, os de Gambino *et al.* (2016) e Tang *et al.* (2022) foram os mais relevantes para esta revisão.

Uma limitação foi a ausência da adoção de uma das estratégias sugeridas por Dresch, Lacerda e Júnior (2015) para a redução de viés, que é a indicação de bibliografia complementar por especialistas. Contudo, essa recomendação foi atendida parcialmente após a banca de qualificação da dissertação a qual esta revisão pertence, em que as sugestões obtidas, que englobam a utilização das palavras-chave “daltonismo” e “educação infantil” no portal de periódicos da CAPES, foram incorporadas ao referencial teórico do trabalho.

Esta revisão sistemática pretende servir como guia para pesquisadores interessados em artefatos e soluções para a identificação do daltonismo, especialmente em áreas como design, educação, psicologia e engenharia de produção. Pesquisas futuras são necessárias sobre a inclusão de novos artefatos no processo de identificação do daltonismo em contextos educacionais, considerando fatores como adaptação cultural, viabilidade econômica e adequação para diferentes grupos etários e ambientes específicos, integrando princípios do design para desenvolver artefatos mais inclusivos e eficazes. Recomenda-se uma análise dos artefatos identificados por esta RSL, a fim de avaliar mais profundamente as vantagens e desvantagens de cada tipo de artefato. Esta análise não foi realizada neste estudo devido à adequação à faixa etária das crianças (4 a 5 anos e 11 meses), focando-se em artefatos lúdico-pedagógicos.

6 Agradecimentos

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

7 Referências

- ALMUSTANYIR, Ali; HOVIS, Jeffery. Military research ColorDx and printed color vision tests. **Aerospace Medicine and Human Performance**, v. 86, n. 10, p. 852-859, 2015.
- ALMUSTANYIR, Ali et al. Evaluation of the Third edition of the City University Colour Vision Test. **Ophthalmic and Physiological Optics**, v. 42, n. 1, p. 123-132, 2022.
- AKBARPOUR, Meleeka et al. Relationship between pseudoisochromatic plates and cone contrast thresholding to evaluate red and green color vision. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 63, n. 7, p. 2241–F0449-2241–F0449, 2022.
- BESSLER, LeRoy. Principles of Communication-Effective Use of Color. In: **Visual Data Insights Using SAS ODS Graphics: A Guide to Communication-Effective Data Visualization**. Berkeley, CA: Apress, 2023. p. 31-52.
- BIRCH, Jennifer. **Diagnosis of defective colour vision**. 2001.
- BRUNI, Lígia Fernanda; CRUZ, Antonio Augusto Velasco. Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, v. 69, p. 766-775, 2006.
- CAMPBELL, Thomas Gordon et al. iPad colour vision apps for dyschromatopsia screening. **Journal of Clinical Neuroscience**, v. 29, p. 92-94, 2016.
- CHACON, Alicia et al. Quantification of color vision using a tablet display. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 86, n. 1, p. 56-58, 2015.
- CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, Sergio Luis da. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos**. Trabalho apresentado, v. 8, 2011.
- DAIN, Stephen; ATCHISON, David; HOVIS, Jeffery. Limitations and precautions in the use of the Farnsworth-Munsell Dichotomous D-15 test. **Optometry and Vision Science**, v. 96, n. 9, p. 695-705, 2019.
- DAVIDOFF, Candice; NEITZ, Maureen; NEITZ, Jay. Genetic testing as a new standard for clinical diagnosis of color vision deficiencies. **Translational vision science & technology**, v. 5, n. 5, p. 2-2,
- DE FEZ, Dolores et al. New iPad-based test for the detection of color vision deficiencies. **Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology**, v. 256, p. 2349-2360, 2018.
- DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JUNIOR, José Antonio Valle Antunes. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015. 181 p.
- EVANS, Benjamin; RODRIGUEZ-CARMONA, Marisa; BARBUR, John. Color vision assessment-1: Visual signals that affect the results of the Farnsworth D-15 test. **Color Research & Application**, v. 46, n. 1, p. 7-20, 2021.
- FISH, Anne-Laure; ALKETBI, Mohamed; BAILLIF, Stéphanie. Evaluation of a New Test for the Diagnosis of Congenital Dyschromatopsia in Children: the Color Vision Evaluation Test. **American**

Journal of Ophthalmology, v. 223, p. 348-358, 2021.

FLIOTSOS, Michael et al. Testing a popular smartphone application for colour vision assessment in healthy volunteer subjects. **Neuro-Ophthalmology**, v. 45, n. 2, p. 99-104, 2021.

GALVÃO, Taís Freire; PANSANI, Thais de Souza Andrade; HARRAD, David. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e serviços de saúde**, v. 24, p. 335-342, 2015.

GAMBINO, Orazio et al. A tunable digital ishihara plate for pre-school aged children. In: **2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)**. IEEE, 2016. p. 5628-5631.

GAO, Hong et al. Color vision testing, standards, and visual performance of the US military. **Military medicine**, v. 188, n. 1-2, p. 49-57, 2023.

HASEOKA, Takashi et al. Usefulness of handheld electroretinogram system for diagnosing blue-cone monochromatism in children. **Japanese Journal of Ophthalmology**, v. 65, p. 23-29, 2021.

HASROD, Nabeela; RUBIN, Alan. Colour vision: A review of the Cambridge Colour Test and other colour testing methods. **African Vision and Eye Health**, v. 74, n. 1, p. 7, 2015.

IŞIK, Merve et al. Are Currently Available Tests Satisfactory for Color Vision Assessment?. **Acta Ophthalmologica**, v. 94, 2016.

KANDASWAMY, Arumugam et al. Detection of dichromacy and achromatopsia using LabVIEW. **International Journal of Medical Engineering and Informatics**, v. 13, n. 4, p. 334-345, 2021.

KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. In: Technical report, Ver. 2.3 **EBSE Technical Report**. EBSE, 2007.

LABKOVICH, Margarita et al. Virtual Reality Enables Rapid, Multi-Faceted Retinal Function Screenings. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 63, n. 7, p. 713-F0441-713-F0441, 2022.

MASHIGE, Khathutshelo Percy. Impact of congenital color vision defect on color-related tasks among schoolchildren in Durban, South Africa. **Clinical Optometry**, p. 97-102, 2019.

MALE, Shiva Ram et al. Color vision devices for color vision deficiency patients: A systematic review and meta-analysis. **Health Science Reports**, v. 5, n. 5, p. e842, 2022.

MATY, Shauna; SANTANA, Kristen; HAGE, Robert. Strategies for Management of Color Vision Deficiency in an Educational Setting. In: **JOURNAL OF ANATOMY**. 111 RIVER ST, HOBOKEN 07030-5774, NJ USA: WILEY, 2020. p. 268-269.

MELO, Débora Gusmão; GALON, José Eduardo Vitorino; FONTANELLA, Bruno José Barcellos. Os "daltônicos" e suas dificuldades: condição negligenciada no Brasil?. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 24, p. 1229-1253, 2014.APA

NARAYANAN, Anuradha et al. Dalton's pseudo-isochromatic plates and congenital colour vision deficiency. **Clinical and Experimental Optometry**, v. 103, n. 6, p. 853-857, 2020.

PAN, Tzu-Yu et al. Identifiable universal fluorescent multiplex PCR equipped with capillary electrophoresis for genotyping of exons 1 to 5 in human red and green pigment genes. **Talanta**, v. 241, p. 123199, 2022.

PETTICREW, Mark; ROBERTS, Helen. Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide. **Blackwell Publishing**, 2005, ISBN 1405121106.

- RABIN, Jeff; KRYDER, Andrew; LAM, Dan. Diagnosis of normal and abnormal color vision with cone-specific VEPs. **Translational vision science & technology**, v. 5, n. 3, p. 8-8, 2016.
- RODRIGUEZ-CARMONA, Marisa; EVANS, Benjamin; BARBUR, John. Color vision assessment-2: Color assessment outcomes using single and multi-test protocols. **Color Research & Application**, v. 46, n. 1, p. 21-32, 2021.
- SHRESTHA, Rajesh Kishor et al. Assessment of color vision among school children: a comparative study between the Ishihara test and the Farnsworth D-15 test. **J Nepal Med Assoc**, v. 53, p. 266-269, 2015.
- SILVA, Frances et al. Cone Contrast Sensitivity and Color Naming: A New Color Vision Test. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 63, n. 7, p. 2238–F0446-2238–F0446, 2022.
- SINGH, Kirti; GOTMARE, Nikhil; BHATTACHARYYA, Mainak. Clinically relevant colour album test for the colour defective medical student. **Indian Journal of Ophthalmology**, v. 70, n. 1, p. 261, 2022.
- TAI, Katy et al. Evaluation of Computerized Color Vision Testing in Ocular Pathologies. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 60, n. 9, p. 1307-1307, 2019.
- TANG, Teresa et al. ColourSpot, a novel gamified tablet-based test for accurate diagnosis of color vision deficiency in young children. **Behavior Research Methods**, v. 54, n. 3, p. 1148-1160, 2022.
- TAORE, Aryaman et al. Diagnosis of colour vision deficits using eye movements. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 7734, 2022.
- VAN STADEN, Diane et al. Comparing the validity of an online Ishihara colour vision test to the traditional Ishihara handbook in a South African university population. **African Vision and Eye Health**, v. 77, n. 1, p. 1-4, 2018.
- VARIKUTI, Venkata et al. Effect of EnChroma glasses on color vision screening using Ishihara and Farnsworth D-15 color vision tests. **Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus**, v. 24, n. 3, p. 157. e1-157. e5, 2020.
- ZHAO, Jiawei et al. Clinical color vision testing and correlation with visual function. **American journal of ophthalmology**, v. 160, n. 3, p. 547-552. e1, 2015.
- ZHAO, Jiawei et al. Comparison of a smartphone application with Ishihara pseudoisochromatic plate for testing colour vision. **Neuro-Ophthalmology**, v. 43, n. 4, p. 235-239, 2019.
- ZHENG, Xiaowei et al. Quantitative and objective diagnosis of color vision deficiencies based on steady-state visual evoked potentials. **International Ophthalmology**, v. 41, p. 587-598, 2021.