



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

**PROCESSAMENTO VISUAL E FONOLÓGICO NA  
ATIVIDADE DE LEITURA COM RECURSO AO *EYE-  
TRACKING* – ESTUDO COM CRIANÇAS PREMATURAS  
COM PERTURBAÇÃO NEUROMOTORA LIGEIRA E  
MODERADA ENTRE OS 7 E 10 ANOS**

Tese apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de  
Doutor em Ciências da Cognição, Linguagem e Neurociências

Por

Iolanda Maria Cortez Lopes Campos Gil

Faculdade de Ciências da Saúde e Enfermagem

Lisboa, 2025



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

**PROCESSAMENTO VISUAL E FONOLÓGICO NA  
ATIVIDADE DE LEITURA COM RECURSO AO *EYE-  
TRACKING* – ESTUDO COM CRIANÇAS PREMATURAS  
COM PERTURBAÇÃO NEUROMOTORA LIGEIRA E  
MODERADA ENTRE OS 7 E 10 ANOS**

Tese apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de  
Doutor em Ciências da Cognição, Linguagem e Neurociências

Por

Iolanda Maria Cortez Lopes Campos Gil

Sob a orientação da Prof. Maria Vânia da Silva Nunes

Faculdade de Ciências da Saúde e Enfermagem

Lisboa, 2025



## AGRADECIMENTOS

### Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar às crianças e suas famílias participantes neste estudo, cerca de 80, pelo envolvimento, participação, pela generosidade e compreensão.

Agradeço à minha orientadora Maria Vânia Nunes pelas sábias palavras e indicações preciosas para levar este “barco a bom porto”. Agradeço ainda ao restante corpo docente da Faculdade pela oportunidade e abertura à discussão das diferentes temáticas sem esquecer a professora Cláudia Silva pela ajuda preciosa ao nível da estatística.

Aos colegas e à Direção do Centro de Reabilitação de Paralisia Cerebral Calouste Gulbenkian das diferentes especialidades, educadoras especializadas, médicos, psicólogos, terapeutas, enfermeiras e assistentes sociais, agradeço o companheirismo, a disponibilidade para trocar impressões e a partilha de saberes. Para além de um trabalho individual este é um trabalho fruto de uma equipa empenhada.

Aos engenheiros de reabilitação Luís Azevedo, Miriam Azevedo e Sara pela orientação e partilha na área das tecnologias.

Aos meus colegas de doutoramento agradeço o companheirismo e a partilha de algumas angústias desta viagem.

## *AGRADECIMENTOS*

Por último, deixo um agradecimento especial à minha Família, aos que já partiram e que me acompanharam desde sempre nesta longa caminhada, me deram as referências, a força e a coragem para não desistir, e aos que no dia a dia estiveram ao meu lado Zé Pedro, Nuno e Catarina, sem eles tão próximo, não teria conseguido.

## RESUMO

### Resumo

Esta tese de doutoramento aborda o impacto da leitura em português em meio digital em crianças com perturbações neuromotoras, sendo composta de três estudos. Dadas as características motoras, neurosensoriais, de linguagem e cognitivas desta população, houve necessidade de utilizar um sistema de avaliação que melhor se adaptasse e facilitasse a avaliação da leitura, tendo-se recorrido ao rastreamento visual (*eye-tracking*) utilizado transversalmente nos três estudos.

No primeiro estudo é analisado o potencial da ferramenta de rastreamento visual, sendo avaliado o aspeto principal, a funcionalidade da atenção visual, nomeadamente a fixação visual, seguimento visual, transferência do olhar e procura visual, por serem funções visuais básicas e indicadoras dos mecanismos visuoperceptivos essenciais para a leitura, sobretudo em crianças com perturbações neuromotoras. Foi ainda determinada a validade de constructo desta ferramenta e realizada a avaliação da sua usabilidade, num grupo de profissionais utilizadores. Nos resultados obtidos deste estudo, encontraram-se dificuldades significativas na atenção visual, sobretudo no seguimento visual de um alvo em movimento, com associação significativa aos níveis de funcionalidade visuomotora e cognição. A ferramenta e todo o sistema utilizado na avaliação da atenção visual apresentou um bom nível de fiabilidade e de usabilidade com confiança por parte dos profissionais utilizadores revelando ser um bom biomarcador da atenção visual nesta população. No segundo estudo, que dá corpo ao título da tese, procura-se compreender o processamento da leitura numa amostra constituída por três grupos de crianças em idade escolar; um de crianças nascidas pré-termo com perturbações neuromotoras, outro de crianças nascidas de termo com perturbações neuromotoras e um terceiro grupo de controlo, de crianças nascidas de termo tipicamente desenvolvidas. Foram encontradas dificuldades nos padrões visuais da leitura analisados pela ferramenta de rastreamento

## RESUMO

visual, em ambos os grupos de perturbações neuromotoras, nascidos pré-termo e de termo, apresentando estes dois grupos cerca de três vezes mais tempo a ler com mais fixações, incluindo fixações de retrocessos e com mais padrões anómalos quando comparados com os tipicamente desenvolvidos de controlo. O impacto da prematuridade na leitura não sobressaiu face à patologia neuromotora, sendo esta patologia mais impactante quando comparada com o grupo de controlo de crianças tipicamente desenvolvidas. Por último, realizou-se um terceiro estudo sobre a leitura de palavras e textos, com o mesmo recurso de rastreamento visual, numa amostra de crianças com necessidades educativas específicas, procurando identificar padrões visuais na leitura, obtidos com a ferramenta de rastreamento visual e associá-los aos níveis de aprendizagem de leitura de palavras e sobretudo de textos. Esta população apresentou igualmente padrões visuais de rastreamento visual com fixações de retrocesso, indicadores da necessidade de reler e consolidar a leitura, mas sobretudo verificou-se uma maior percentagem de padrões anómalos, evidenciando maior dispersão na leitura de frases.

A combinação destes três estudos procura contribuir para o desenvolvimento de novas estratégias de avaliação nas populações com perturbações neuromotoras. Confirma ser o uso da tecnologia de rastreamento visual vantajoso, permitindo suprir dificuldades motoras por um lado e por outro lado facilitar a rapidez na identificação de dificuldades de atenção visual e na leitura. Esta ferramenta, com elevada precisão e eficácia, torna-se uma aliada preciosa para os profissionais (terapeutas ocupacionais, terapeutas da fala, educadores e professores) que diariamente enfrentam dificuldades na análise e planeamento de estratégias para a intervenção com estas crianças. A avaliação precisa feita pelo psicólogo com as ferramentas adequadas, constitui assim uma vantagem para a criança, sendo o primeiro passo para uma intervenção o mais atempada possível.

## *RESUMO*

Palavras chave: perturbações neuromotoras; prematuridade; rastreamento visual; avaliação da atenção visual; avaliação da leitura.

## *RESUMO*

### Abstract

This doctoral thesis deals with the impact of reading Portuguese in a digital environment on children with neuromotor disorders, and is made up of three studies. Given the motor, neurosensory, language and cognitive characteristics of this population, there was a need to use an assessment system that best adapted to and facilitated the assessment of reading, and eye-tracking was used across the three studies.

The first study analysed the potential of the eye-tracking tool, assessing the main aspect, the functionality of visual attention, namely visual fixation, visual tracking, gaze transfer and visual search, as these are basic visual functions and indicators of the visuo-perceptual mechanisms essential for reading, especially in children with neuromotor disorders. The construct validity of this assessment tool was also determined and its usability evaluated in a group of professional users. The results of this study found significant difficulties in visual attention, especially in visual tracking of a moving target, with a significant association with levels of visuomotor functionality and cognition. The tool and the entire system used to assess visual attention showed a good level of reliability and usability with confidence on the part of the professional users, proving to be a good biomarker of visual attention in this population. The second study, which embodies the title of the thesis, seeks to understand reading processing in a sample made up of three groups of school-age children: one of preterm children with neuromotor disorders, another of term children with neuromotor disorders and a control group typically developed at term and with no associated pathology. Difficulties were found in the visual patterns of reading analysed by the eye-tracking tool in both groups of neuromotor disorders, born preterm and term, with these two groups spending around three times

## *RESUMO*

longer reading with more fixations, including backward fixations, and with more anomalous patterns when compared to the typically developed control group. The impact of prematurity on reading did not stand out when compared to neuromotor pathology, with neuromotor pathology having a greater impact when compared to the typically developed control group. Finally, a third study was carried out on the reading of words and texts, using the same eye-tracking tool, on a sample of children with specific educational needs, seeking to identify visual patterns in reading, data obtained with the eye-tracking tool and associating them with learning levels in the reading of words and especially texts. This population also showed visual tracking patterns with backward fixations, indicators of the need to reread and consolidate reading, but above all there was a higher percentage of anomalous patterns showing greater dispersion in sentence reading.

The combination of these three studies seeks to contribute to the development of new assessment strategies in these populations with neuromotor disorders, confirming that the use of eye-tracking technology is advantageous in the assessment of these populations, making it possible to overcome motor difficulties on the one hand, while on the other hand facilitating the rapid identification of visual attention difficulties, as well as difficulties and alterations in reading, providing highly accurate and effective information for professionals (occupational therapists, speech therapists, educators and teachers) who face daily difficulties in analysing and planning strategies for intervention with these children. The precise assessment carried out by the psychologist with the appropriate tools is an advantage for the child and the first step towards the earliest possible intervention, which is crucial for these children with neuromotor disorders.

## *RESUMO*

Keywords: neuromotor disorders; prematurity; eye-tracking; reading assessment, visual attention assessment

## Índice Geral

Agradecimentos .....	i
Resumo.....	iii
<i>Abstract</i> .....	vi
Índice Geral .....	9
Lista de siglas e acrónimos.....	13
Lista de tabelas .....	15
Lista de figuras .....	16
Lista de gráficos.....	17
<b>Capítulo 1 Introdução Geral</b> .....	18
<b>Capítulo 2 – Enquadramento</b> .....	34
2-1- A aprendizagem da leitura e processamento cerebral.....	35
2-2 - Perturbações neuromotoras na criança.....	42
2-2-1- As perturbações neuromotoras decorrentes da prematuridade ...	45
2-2-2- A prematuridade e sequelas neurológicas .....	47
2-2-3- Perturbações neuromotoras e Paralisia Cerebral.....	50
2-3 – Disfunções da leitura do desenvolvimento em crianças prematuras e com paralisia cerebral: Atencional, Visuo Cognitiva e Fonológica .....	57
2-4 - Neurotecnologia – A ferramenta de rastreamento visual- <i>eye-tracking</i> .....	63
2-4-1 -Vantagens deste sistema de rastreamento visual- <i>eye-tracking</i> ...72	
2-4-2-Desafios e limites da tecnologia de rastreamento visual- <i>eye-</i> <i>tracking</i> .....	74

## ÍNDICE

### Capítulo 3 – A ferramenta de rastreamento visual como biomarcador da atenção

<b>visual</b> .....	76
3-1- Introdução.....	77
3-2 -Metodologia.....	81
3-2-1- Sistema integrado de rastreamento ocular	
- <i>eye-tracking</i> .....	82
3-2-2 – Descrição da apresentação dos estímulos na	
avaliação das funções mentais visuais.....	85
3-2-3 Amostra.....	87
3-2-4 - Procedimento.....	89
3-2-4-1 - Estudo de fiabilidade do sistema integrado de	
avaliação das funções da atenção visual.....	89
3-2-4-2 – Estudo de avaliação da usabilidade.....	94
3-3– Discussão dos resultados.....	99

### Capítulo 4 – A leitura em crianças nascidas pré-termo com perturbação

<b>neuromotora</b> .....	102
4-1- Introdução.....	103
4-2 – Metodologia.....	106
4-2-1- Participantes.....	106
4-2-2- Instrumentos e Procedimentos.....	113
4-3 Resultados.....	114
4-4 Discussão.....	120

## ÍNDICE

<b>Capítulo 5 – A Leitura no meio digital de palavras e textos – avaliação de padrões funcionais visuais em crianças com necessidades educativas específicas com recurso ao rastreamento visual.....</b>	<b>124</b>
5-1 -Introdução.....	125
5-2 – Objetivo .....	130
5-3 -Metodologia.....	130
5-4 -Procedimentos.....	131
5-4-1-Materiais .....	131
5-4-2-Estímulos de avaliação .....	132
5-5-Resultados.....	133
5-6-Discussão.....	137
<b>Capítulo 6 – Discussão e Conclusão Geral.....</b>	<b>139</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>187</b>
<b>Pósteres.....</b>	<b>188</b>
<b>Póster 1</b> - Gil, I.& Nunes (2018). Padrões de comportamento Ocular na aquisição da Leitura oral - Uma metodologia de avaliação e análise Póster apresentado no Ciência 2018. 2 a 4 maio 2018, Lisboa.....	188
<b>Póster 2</b> - Gil, I et al (2017). Avaliação e Intervenção das Funções Visuais, Póster apresentado no XIX Simpósio Internacional de Informática Educativa e VIII Encontro do CIED- III Encontro Internacional, 9 a 11 novembro 2017, Lisboa .....	189

## ÍNDICE

**Resumos de comunicações:** ..... 190

**Comunicação 1** - Gil, I. & Nunes, M.V. S. (2020). Digital eye-tracking analysis approach of Portuguese Reading: comparison of cerebral palsy and typically developed children sample. In *Developmental Medicine & Child Neurology*: Volume 62, Issue S4 Special Issue: Abstracts of the 32nd Annual Meeting of the European Academy of Childhood Disability (EACD) – Virtual Meeting, 25 a 28 November 2020, pág. 48..... 190

**Comunicação 2** - Gil, I. & Nunes, M.V.S. (2016). Reading patterns with eye-tracking at school age children with Cerebral palsy. Oral presentation 134 in the Conference Final Program of International Society for Augmentative & alternative Communication – 17th Biennial Conference of ISAAC, 6th to 13th august 2016, pag.176, Toronto, Canada..... 191

## **Lista de Siglas e Acrónimos**

EACD – *European Academy of Childwood Disability*

ISAAC – *International Society for Augmentative and Alternative Communication*

AVFP – Área Visual da Forma de Palavras

PNM – Perturbações Neuromotoras

PC – Paralisia Cerebral

SNG – Síndromes Neurogenéticas

DCD – Perturbações da Coordenação do Desenvolvimento

DVC – Deficiência Visual Cerebral

SPP – Sociedade Portuguesa de Pediatria

IG – Idade de Gestação

MBP – Muito Baixo Peso

EBP – Extremo Baixo Peso

UCIN – Unidades de Cuidados Intensivos Neonatais

HIV – Hemorragias Intra Ventriculares

LPV – Leucomalácia Periventricular

RM – Ressonância Magnética

DTI – Imagem de Tensor de Difusão

RNT – Recém-Nascido de Termo

EHI – Encefalopatia Hipóxico- Isquémica

AVC- Acidentes Vasculares Cerebrais

SCFM - Sistema de Classificação da Função Motora Global

## ÍNDICE

PVNPC – Programa de Vigilância Nacional da Paralisia Cerebral

QI – Quociente Intelectual

SCPE – *Serveillance of Cerebral Palsy in Europa*

HPV – Hemorragias Periventriculares

MACS - Sistema de classificação das atividades de manipulação

AVFP – Área de Reconhecimento Visual da Forma de Palavras

VSS- *Vicking Speech Scale*

ANOVA – Análise de Variância

NEE – Necessidades Educativas Específicas

ALEPE – Avaliação da Leitura em Português Europeu

WISC III – Escala de Inteligência de *Wechsler*

GOL-E – Grelha de Observação da Linguagem em Idade Escolar

**Lista de tabelas**

Tabela 1 - Caraterização da amostra.....	88
Tabela 2 - Resultados das pontuações em médias e desvio padrão obtidas nas funções visuais.....	91
Tabela 3 - Cruzamento das variáveis dependentes e independentes com o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.....	92
Tabela 4 – Resultados obtidos com <i>Alpha Cronbach</i> .....	93
Tabela 5 – Tabela dos resultados em frequências e percentagens do teste de usabilidade .....	96
Tabela 6 - Caraterização dos grupos 1 e 2 quanto ao peso e semanas de gestação .....	108
Tabela 7 - Caraterização dos Grupos 1 e 2 em relação ao diagnóstico em frequências e percentagens .....	109
Tabela 8 - Alterações/lesões cerebrais reportadas em ressonância magnética no G1 e G2 em frequências e percentagens .....	110
Tabela 9 - Alterações visuais no G1 e G2 em frequências e percentagens.....	111
Tabela 10 - Caraterização da amostra em relação às competências visuoperceptivas e de linguagem.....	112
Tabela 11- Qualidade da leitura oral nos três grupos .....	115
Tabela 12 - Padrão de seguimento visual nos três grupos .....	117
Tabela 13 - Comparações múltiplas das variáveis não paramétricas entre grupos através do teste de <i>Kruskal-Wallis</i> .....	119
Tabela 14 - Caracterização da amostra .....	131
Tabela 15 - Cruzamento entre anos de escolaridade e padrões visuais de leitura.....	136

**Lista de figuras**

Figura 1 - Vias cerebrais visuais aferentes..... 39

Figura 2 – Vias visuais eferentes com área visual leitura da forma de palavras (AVFP)  
..... 40

Figura 3 - Materiais para o funcionamento da tecnologia de rastreamento visual ..... 68

Figura 4 - Exemplo de uma boa calibração..... 69

Figura 5 - Exemplo de resultados extraídos numa avaliação de atenção visual e de  
Leitura ..... 70

Figura 6 - Conjunto de itens e sua sequência de aplicação ..... 84

Figura 7 - Exemplos de Padrões de leitura oral no espectrograma ..... 114

Figura 8 - Padrões de leitura de fixação e seguimento visual ..... 116

Figura 9 – Padrões Visuais na Leitura de Palavras..... 134

Figura 10 – Padrões Visuais na Leitura de Frases ..... 134

**Lista de gráficos**

Gráfico 1- Resultados da distribuição em percentagens no teste de usabilidade. .... 97

Gráfico 2 - Categorias dentro do tema Benefícios do sistema de avaliação das funções mentais visuais..... 98

Gráfico 3 - Categorias dentro do tema sugestões de melhoria ..... 99

Gráfico 4 - Resultados observados na leitura de palavras e frases ..... 135

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL**

---

## Capítulo 1 - Introdução Geral

A temática escolhida para este projeto de investigação enquadrado no programa de Doutoramento de Ciências da Cognição, Linguagem e Neurociências, surgiu do interesse despertado a partir de dúvidas e dificuldades sentidas na prática clínica, isto é, na intervenção diária com crianças com perturbações neuromotoras. A prática clínica funciona muitas vezes como um ponto de partida para gerar novas questões que podem ser respondidas pela investigação (Jones & Mehr, 2007; Stricker, 1992). A importância de considerar de forma integrada o contributo dos diferentes *stakeholders*, para o avanço da passagem para a investigação e sobretudo para a passagem para a prática clínica é crescentemente considerada (Ali et al., 2020). As estratégias que melhor têm proporcionado recentemente um aceleração na investigação em crianças com perturbações neuromotoras, nomeadamente paralisia cerebral, envolvem a prática de um trabalho clínico global em rede e em equipa, com particular atenção às necessidades específicas dos indivíduos e utilizando pequenas amostras de ensaios clínicos baseados em desenhos adaptados de modo a responder a questões cada vez mais complexas de forma mais eficiente (Thomas, S., et al., 2024).

No trabalho diário de acompanhamento de crianças com esta patologia, uma das principais dificuldades encontradas foi identificar desde cedo as dificuldades específicas na aquisição da leitura e em simultâneo encontrar e otimizar uma ferramenta de avaliação que pudesse proporcionar maior precisão nessa identificação e proporcionar um menor esforço despendido durante a tarefa de avaliação. Aliada a esta necessidade de procurar soluções práticas, surgiu a necessidade simultânea de aprofundar o conhecimento numa

área tão complexa e de confluência de saberes multidisciplinares, envolvendo aspetos neuropsicológicos do processamento cognitivo e das neurotecnologias aplicadas em populações com multideficiências. As neurotecnologias aplicadas a estas populações com multideficiências sofreram um grande avanço nos últimos 30 anos, ajudando também a ultrapassar obstáculos ao nível da facilitação do acesso à leitura e escrita. Na época anterior à era digital as avaliações tornavam-se muito complicadas, com recursos limitados ao papel e lápis e a máquinas de escrever, sendo impossíveis de concretizar sobretudo em situações de grande dificuldade de realização, essencialmente por apresentarem uma patologia de maior gravidade.

A aquisição da leitura, embora seja um grande marco e conquista para qualquer criança, é também em si mesma um bom preditor de acesso a novas aprendizagens com impacto na evolução da sua escolarização, expondo a criança a novas ideias, conceitos e narrativas (Vygotsky, 1978). Os sistemas simbólicos usados pela criança em resposta aos estímulos do meio ajudam-na a desenvolver e organizar o seu comportamento cognitivo (Goswami, 2020). Em crianças com múltiplas dificuldades, quanto mais cedo se concretizar o acesso à leitura, maior influência terá no seu grau de autonomia e independência pessoal-social, com repercussões imediatas na sua qualidade de vida escolar e nas suas oportunidades profissionais futuras (Dickinson & Neuman, 2013). Atualmente chegam cada vez mais alunos ao ensino superior com perturbações neuromotoras graves, dominando e utilizando recursos digitais, sejam eles computadores adaptados e outras ferramentas de software com ajudas para a comunicação, podendo todas estas tecnologias ter como acesso o olhar, como os usados nos estudos que compõem esta tese. Nos dados recolhidos pelo Observatório da Deficiência e Direitos Humanos em Portugal entre 2017/2018 e 2022/2023, (Pinto, P. et al. 2023) o número de

estudantes com deficiência que obteve um diploma do ensino superior aumentou em 76,6% revelando um esforço de um trabalho conjunto na inclusão dos alunos com deficiência nestes últimos anos.

Nesta tese procura-se enquadrar no segundo capítulo uma revisão de literatura sobre as bases neuronais da leitura, identificando ainda as principais dificuldades de aprendizagem associadas às populações com perturbações neuromotoras. A leitura envolve o processamento fonológico ou sublexical, através da descodificação dos grafemas em fonemas (Shaywitz, B., et al., 2004; Olulade et al., 2013) e também um processamento visual da palavra como uma unidade, via lexical ou ortográfica (Dehaene et al., 2015; Heim et al., 2015 Pegado et al., 2014). Estas duas vias, sublexical e lexical, ao nível do envolvimento cerebral nos processos de leitura, são vistas como um *continuum*. Um modelo em cascata explica que numa fase inicial de aprendizagem, são ativadas e convocadas as competências do processamento fonológico e posteriormente em leitores mais experientes, o acesso ao léxico e à compreensão semântica da leitura quando é utilizado melhora a fluência na leitura (Coltheart et al., 1993; Coltheart et al., 2001; Gerth & Festman, 2021; Hawelka & Wimmer, 2010). Segundo Schwarz et al., (2024), num estudo em língua castelhana com adultos, propõem um modelo de leitura que destaca a natureza do processamento paralelo ou sobreposto de informações sublexicais fonológicas e lexicais. Este modelo também está de acordo com a corrente psicolinguística defendida anteriormente por Kuperman et al. (2009) e Marslen-Wilson (1987). O mesmo acontece em sistemas de escrita não alfabética, tais como escritas logográficas como o Chinês, onde as diferenças se encontram nas unidades de sons representas graficamente (Li et al., 2022, Ziegler & Goswami, 2005).

Os mecanismos cognitivos de atenção visual são também convocados nos processos de descodificação de grafemas para fonemas na leitura de palavras, sendo implicado neste processo um controlo visuoatencional oculomotor (Atkinson & Braddick, 2011; Bellocchi et al., 2013; Fella et al., 2023; Iaconis et al., 2023; Ruffino et al., 2010). Estes mecanismos atencionais visuais são também necessários, numa fase posterior da aprendizagem, na leitura de textos, ajudando à compreensão semântica do conteúdo de cada frase (Bonifacci et al., 2023).

Nas crianças com perturbações do neurodesenvolvimento e com perturbações neuromotoras as dificuldades de controlo visuomotor também se manifestam e interferem neste processo de leitura por comorbidades e imaturidade do processamento visuomotor (Bonifacci et al., 2023; Luna & Sweeny, 2001; Tiadi et al., 2016). Nestas crianças a regulação da atenção visual pode encontrar-se muitas vezes afetada (Borgestig et al., 2021), sendo difícil de regular e estabilizar o olhar numa posição foveal, ponto exato de recolha de informação numa fixação visual, (Rayner, 2022; Rayner et al., 1982). A atenção visuoespacial modula o local da fixação ocular na palavra segundo Rayner (2009), defendendo que existe uma relação direta entre o padrão do movimento dos olhos e a capacidade de leitura. Os movimentos oculares são controlados a nível cerebral por vias pré-motoras com ligações a núcleos de substância cinzenta, Colículo superior, na base do cérebro e núcleos no tronco cerebral, podendo muitas vezes estes circuitos sofrer algum tipo de comprometimento ou imaturidade, disfunções nestes mecanismos neuronais que provocam funcionalmente mais fixações oculares, levando muitas vezes a dismetrias e dificuldades na leitura, exigindo mais movimentos de regressões

(movimentos oculares de retrocesso na leitura da palavra) originando mais tempo a ler e causando por isso mais cansaço e fadiga, em comparação com crianças tipicamente desenvolvidas (Richlan et al., 2010; Thaler et al., 2009).

Algumas das crianças com perturbações neuromotoras graves podem ainda apresentar baixa visão e/ou a visão cerebral afetada, comprometendo todo o processamento visuoperceptivo necessário para a descodificação das palavras. Em crianças com comprometimento cerebral, como distúrbios do neurodesenvolvimento e paralisia cerebral em particular, o comprometimento visual é generalizado, variando de 50% a 90% e pode envolver diferentes graus e dimensões (Fazzi et al., 2012; Kozeis et al., 2007; Kozeis & Jain 2018); Pavlova et al., 2003;). O comprometimento da funcionalidade visual pode envolver a nível neurológico diferentes estruturas e comprometer diferentes aspetos neurofisiológicos das vias visuais, desde o olho, passando pelos nervos óticos, tálamo, vias óticas e córtex visual primário, bem como envolvendo áreas visuais de associação e o sistema oculomotor (Denver et al., 2016; Dufresne et al., 2014).

Existem ainda poucos instrumentos específicos para avaliação da leitura e da atenção visual em crianças com patologia neuromotora, em parte devido aos condicionamentos que esta patologia apresenta com limitações motoras globais que condicionam posicionamentos e posturas, limitações de motricidade fina que dificultam a manipulação, com dificuldades de fala que implicam o uso de sistemas aumentativos e alternativos de comunicação e com limitações neurosensoriais e visuomotoras (Ortibus et al., 2019; Galli et al., 2024). Os estudos englobados nesta tese que implicaram a adaptação de diversos instrumentos e a adequação a esta população com uso de tecnologia

de rastreamento visual, *eye-tracking*, pretendem contribuir para uma melhor identificação dos problemas numa fase precoce do neurodesenvolvimento. Com o uso de materiais apresentados em formato digital, e com a possibilidade de rastreamento visual, com tecnologia *eye-tracking*, preencheu-se uma lacuna que existia na avaliação do processamento cognitivo e da leitura (Ali et al., 2020). Até agora os materiais formais utilizados para a avaliação eram pouco adaptados às dificuldades neuromotoras e neurossensoriais desta população, criando limitações devido à apresentação em formato físico (em formato físico papel e lápis, difícil de manipular e visualizar).

A neurotecnologia evoluiu muito nas últimas duas décadas com o progresso e acessibilidade das tecnologias informáticas. Podemos constatar o seu uso transversalmente ao longo destes três estudos experimentais, na forma como algumas ferramentas informáticas foram integradas e podem gerar um sistema com elevado poder de precisão, na avaliação da leitura e na avaliação da atenção. Estas tecnologias assistidas e adaptadas estão cada vez mais acessíveis e ao alcance de profissionais da saúde e educação. Nos últimos anos com a comercialização e maior divulgação desta tecnologia de ponta, têm surgido novos estudos e grupos de trabalho com uso de diferentes formas de neurotecnologias, desde a avaliação à intervenção, com diferentes materiais, rastreamento visual, realidade virtual, robótica pedagógica, permitindo estabelecer estratégias e critérios a incluir no seguimento destas crianças.

O avanço destas neurotecnologias permitirá avaliar e monitorizar os resultados das intervenções com maior precisão e melhor identificar alterações específicas que possam estar relacionadas com o prognóstico de cada criança. Existe atualmente uma

maior necessidade de compreender melhor o processamento funcional de cada criança, dando-se primazia às observações da funcionalidade de forma a complementar e confirmar os diagnósticos. Para tal, torna-se pertinente utilizar avaliações com ferramentas específicas e adaptadas a estas populações com perturbação neuromotoras. Os dados obtidos nestas avaliações possibilitam pistas para uma intervenção precoce e atempada mais adequada e com ênfase em cada área de competências específicas, fonológicas e visuais, como as relacionadas com os fundamentos da aprendizagem da leitura.

No terceiro capítulo avalia-se o potencial de utilização do instrumento desenvolvido com *eye-tracking*. Neste estudo desenvolveu-se e testou-se uma ferramenta para avaliar a atenção visual, através do uso do rastreamento visual-*eye-tracking*. As questões relacionadas com as dificuldades na atenção visual difíceis de identificar especificamente em populações com perturbações neuromotoras devido aos aspetos instrumentais acima apontados (Borgestig et al., 2016) e à sua estreita ligação com os mecanismos visuomotores implicados da leitura (Galli et al., 2024) levaram ao interesse em desenvolver e adaptar um instrumento de avaliação da atenção visual para 64 estímulos alvo apresentados no écran em formato digital partindo de um modelo prévio em formato físico. Com base na teoria olho-mente desenvolvida inicialmente por Just & Carpenter, (1980) em que a mente processa o que é apreendido pelos olhos ao fixar o olhar. Esta suposição parte do pressuposto de que aquilo em que o olhar se fixa está correlacionado com o processamento da atenção.

O sistema de rastreamento visual, *eye-tracking*, regista respostas oculares que mostram a atenção visual, recorrendo este sistema à integração de hardware específico, material *eye-tracking*, composto de luzes infravermelhas que guiam as câmaras necessárias para filmar os movimentos dos olhos ao observar os estímulos no écran e software com algoritmos específicos e programas de computador que gravam os dados obtidos (Sim & Bond, 2021). Esta ferramenta deu resposta à identificação dos padrões de atenção visual nesta população com patologia neuromotora nas dimensões de fixação visual, seguimento visual, transferência do olhar e procura visual. Foi ainda avaliada a validade de constructo deste sistema e a sua usabilidade em contexto clínico, numa unidade de habilitação e desenvolvimento. Foram identificadas grandes vantagens no seu uso tais como evitar o cansaço da criança, ser facilitador da tarefa para o examinador encurtando o tempo de avaliação, proporcionar uma precisão ainda maior nos dados obtidos, com registos e resultados mais confiáveis.

O uso do rastreamento ocular como biomarcador para funcionalidade visual é um avanço significativo que introduz novas possibilidades para avaliar funções cognitivas visuais (Hokken et al., 2022; Sim & Bond, 2021). Essas tecnologias de rastreamento ocular têm a capacidade de identificar com mais precisão e rapidez dificuldades de atenção relacionadas à fixação, rastreamento de objetos em movimento, mudança de olhar e busca visual nesta população (Karlsson et al., 2017; Tao et al., 2020). Ao monitorizar a funcionalidade visual, para além de ajudar a identificar essas dificuldades, com maior eficácia e precisão, vai facilitar o planeamento das intervenções e a tomada de decisões clínicas e pedagógicas.

O quarto capítulo comporta o estudo experimental que dá o título a esta tese. Este estudo tem como objetivo a identificação das competências implicadas na atividade da leitura em crianças nascidas pré-termo com perturbação neuromotoras, procurando entender o impacto da prematuridade nos padrões de processamento visual e fonológico na atividade de leitura oral em meio digital. Para tal são comparados três grupos, um de crianças nascidas pré-termo com perturbações neuromotoras, outro com crianças com perturbação neuromotora nascidas de termo e um terceiro de controlo, com crianças nascidas de termo e tipicamente desenvolvidas. Sabe-se que há diferenças na leitura entre prematuros e crianças tipicamente desenvolvidas (Doyle et al 2021; Ingvaldsen et al 2023), mas ainda existem poucos estudos que comparem as aquisições da leitura entre nascidos pré-termo e nascidos de termo com patologia neuromotora. Neste estudo sobre a avaliação da leitura, com estas populações com patologia neuromotora, usou-se o meio digital na avaliação da leitura com o Instrumento de Avaliação da Leitura para o Português Europeu – ALEPE (Sucena & Castro 2011) em simultâneo com o rastreamento visual, facilitando a identificação dos diferentes perfis do seguimento visual e detetar a qualidade da leitura oral ao nível da produção e do ritmo em voz gravada. Esta forma de avaliar, constitui uma novidade apresentando a possibilidade de unir no mesmo momento um sistema de captação de voz com o registo da sua gravação e o registo no ecrã dos padrões visuais. Assim, podemos extrair resultados da análise do espectrograma identificando categorias diferentes de produção e ritmo de leitura assim como analisar diferentes padrões desenhados com as sequências de fixações e sacadas.

O último estudo experimental, incluído nesta tese no quinto capítulo, utiliza uma amostra com crianças já com necessidades educativas específicas e perturbações neuromotoras. Muitas das sequelas do neurodesenvolvimento, mesmo que ligeiras,

manifestam-se apenas no período de idade escolar que se traduzem em dificuldades de aprendizagem. As crianças apresentam ritmos de aprendizagem diferentes e específicos, algumas adiam a entrada na escolaridade pois o desenvolvimento progride de uma forma mais imatura. O objetivo deste estudo foi identificar e analisar os padrões visuais na leitura de textos e palavras segundo os níveis de ensino/aprendizagem. A intervenção em meio escolar com crianças implica sempre uma observação criteriosa de forma individual. A identificação do perfil individual evidenciando, com maior rigor, áreas fortes e dificuldades de aprendizagem, promove uma inclusão efetiva de crianças com necessidades educativas específicas de forma atempada. Qualquer inclusão destas crianças com perturbações neuromotoras em idade escolar implica a disponibilização de materiais e recursos adaptados à criança e facilitadores da aprendizagem. É primordial que sejam implementadas medidas contempladas na lei (DL 54/2018) para o aumento da funcionalidade logo desde o início da escolaridade. A implementação e o treino destes materiais e recursos tecnológicos, junto com os apoios terapêuticos, garantirá o acesso à aprendizagem. Todas estas medidas serão tanto mais eficazes quanto mais forem baseadas em evidências sustentadas por trabalhos científicos.

Os três estudos desenvolvidos nesta Tese permitiram ao longo do tempo fazer a sua divulgação e discussão sobre diferentes formas de comunicação com os pares proporcionando a troca de experiências e aprofundamento de diversas temáticas e análise dos resultados obtidos.

## **Artigos publicados e submetidos**

### **Artigo #1:**

Campos-Gil, I., & Nunes, M. V. (2016). A leitura em crianças prematuras com perturbações neuromotoras. *Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación*, 11, 74-79.

A Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación – REIPE encontra-se indexada em bases de dados científicas tais como a Scopus, Dialnet, latindex, ERIHPLUS, MIAR, Redalyc.org., com um fator de impacto em 2022 segundo métricas da Dialnet foi de 0,47. A publicação nesta revista partiu de um convite após a apresentação de uma comunicação sobre o mesmo tema no XIII Congreso Internacional Galego-Portugués de Psicopedagogía realizado em setembro de 2015 na Universidade da Corunha, Espanha. A pertinência desta revista reveste-se do facto de se tratar de um trabalho sobre leitura em português e publicar em língua portuguesa, abrangendo um universo ibero-americano mais vasto de leitores.

### **Artigo # 2:**

Gil, Iolanda & Nunes, M.V.S. (2024). Leitura em Português no meio digital e padrões funcionais visuais: estudo com rastreio visual-*eye-tracking*" publicado na *Revista*

*INFAD de Psicología. International Journal of Developmental and Educational Psychology. 1(2), 247–254. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2024.n2.v1.2759>*

Esta revista encontra-se indexada nas bases de dados: Latindex Redalyc, Dialnet, Psycodoc, ERIHPLUS, Core, Ulrich, Miar, ISOC, DICE, Aura e Sherpa-Romeo e tem o fator de impacto da Dialnet em 2022 de 0.14.

A escolha recaiu nesta revista, na área da psicopedagogia e psicologia educacional, por abranger a publicação em língua portuguesa e revestir-se de particular importância dada a oportunidade de divulgar um modelo de avaliação da leitura em português. O público desta revista abrange a área da psicologia do desenvolvimento e psicologia educacional, podendo esta partilha ser uma mais-valia para os profissionais destas áreas e deste modo fazer a diferença em populações com necessidades educativas específicas.

### **Artigo # 3:**

Gil, Iolanda & Nunes, M. V. S. (2024). *"Eye-tracking a biomarker tool in a digital visual attention assessment in children with neuro-motor disorder – A preliminary study"*. (Manuscrito em processo de submissão). A escolha em publicar em inglês deve-se ao facto desta temática ser mais abrangente uma vez que a questão da avaliação das funções visuais ser transversal a todas as línguas, por ser um sistema de avaliação não

verbal, com respostas visuais com o olhar e que poderão ser reproduzidas em todos os países, independentemente da língua.

Foram ainda realizadas diversas comunicações e pôsteres em temas relacionados com os estudos e projetos de investigação ao longo deste programa de doutoramento, apresentados em congressos nacionais e internacionais de referência, servindo como um ponto de partida para reflexões e sobretudo permitindo a partilha de experiências e recolha de fontes e referências, tendo por base projetos de investigação/ação com outros profissionais investigadores da mesma área que foram publicados no livro de resumos dos respetivos congressos. Estes estudos, através das diferentes formas de divulgação científica, permitiram a possibilidade da sua replicação e ser uma mais-valia para os utentes e profissionais que os atendem.

**Destacam-se as seguintes comunicações e pôsteres:**

Gil, I. & Nunes, M.V. S. (2020). Digital eye-tracking analysis approach of Portuguese Reading: comparison of cerebral palsy and typically developed children sample. In *Developmental Medicine & Child Neurology: Volume 62, Issue S4 Special Issue: Abstracts of the 32nd Annual Meeting of the European Academy of Childhood Disability (EACD) – Virtual Meeting, 25 a 28 November 2020*, pag48.

Gil, I. & Nunes, M.V.S. (2016). Reading patterns with eye-tracking at school age children with Cerebral palsy. in the Conference Final Program of International Society

for Augmentative & alternative Communication – *17th Biennial Conference of ISAAC*,  
6th to 13th august 2016, Toronto, Canada;

Gil, I. & Nunes (2018). Padrões de comportamento Ocular na aquisição da Leitura oral - Uma metodologia de avaliação e análise. Póster apresentado no Ciência 2018. 2 a 4 maio 2018, Lisboa;

Gil, I. et al., (2017). Avaliação e Intervenção das Funções Visuais. Póster apresentado no *XIX Simpósio Internacional de Informática Educativa e VIII Encontro do CIED- III Encontro Internacional*, 9 a 11 novembro 2017, Lisboa.

Para além desta produção de conhecimento referida anteriormente surgiu recentemente, em junho de 2024, a oportunidade de utilizar a ferramenta de avaliação das funções visuais num estudo realizado no Centro de Reabilitação de Paralisia Cerebral Calouste Gulbenkian através de um projeto de colaboração com a Universidade de Milano Bicocca e a Universidade Lusófona, através da neuropsicóloga Cristina Costantini (2025), sobre treino de competências neuro visuais com recurso ao *eye-tracking*. Durante 5 semanas em 10 sessões de 30 minutos, uma pequena amostra de 7 crianças fez um treino neurocognitivo de funcionalidade oculomotora e de atenção visual com uso da ferramenta *eye-tracking* e um *software* específico *Look to Learn eye gaze*. Foram avaliados os participantes em pré e pós teste com a ferramenta de atenção visual, documentada no estudo do capítulo 3. As avaliações da atenção visual, nas dimensões de fixação, seguimento, transferência do olhar e procura visual, mostraram-se robustas, tendo os

resultados ao fim deste treino de atenção visual sido significativos em especial na dimensão de seguimento visual (Costantini, C., 2025).

Apesar de, em todos os estudos que compõem esta Tese, se terem levantado questões pertinentes sobre a avaliação de crianças com perturbações neuromotoras ao nível da atenção visual e leitura com recurso a uma ferramenta de rastreamento visual e de se terem conseguido extrair resultados válidos, o mais importante de todo este trabalho é que estes instrumentos são usados hoje em dia e implementados na prática clínica diária, tendo estas investigações podido servir de alavanca para serem usados com maior frequência na avaliação neuropsicológica da funcionalidade visual, nomeadamente no Centro de Reabilitação de Paralisia Cerebral Calouste Gulbenkian.

Nesta tese para além da revisão da literatura (capítulo 2) e dos três estudos referidos (capítulos 3, 4 e 5) com as respetivas metodologias, resultados, análises e discussões individuais em cada capítulo, apresenta-se ainda uma conclusão final, que constitui uma interpretação e uma articulação conjunta dos resultados dos estudos realizados.

## Capítulo 2 – Enquadramento

---

## Capítulo 2 – Enquadramento

### 2-1- A aprendizagem da leitura e processamento cerebral

A leitura é um processo de extraordinária importância na nossa civilização permitindo que as pessoas acessem a um conjunto de informações únicas, é nela que está sintetizada o grosso da informação acumulada da nossa espécie, constituindo grande parte das nossas aprendizagens formais (De Brito, D.S., 2010). O código escrito permite-nos, em termos de desenvolvimento, aceder ao conhecimento e aprendizagem e dessa forma criar um legado da espécie humana ao longo da sua história evolutiva. Atualmente a leitura enfrenta novos desafios mediados pela tecnologia digital (Berry, D., 2012).

A leitura constitui um processo mediador contribuindo para o desenvolvimento social e psicológico do ser humano (Vygotsky, 1978). Através de processos de mediação sociocultural, a leitura, é uma ferramenta de ensino e aprendizagem, permitindo desde cedo em crianças muito pequenas com o recurso à interação lúdica, jogos de sons e imagens, promover a inclusão social e o desenvolvimento da linguagem e a capacidade de resolução de problemas. A teoria sociocultural de Vygotsky (1978), permite dar sentido à atividade de leitura, expandindo o conhecimento e o desenvolvimento psicológico. A criança internaliza o significado dos textos e apreende-os promovendo a abstração e o pensamento crítico.

Mais recentemente Dickinson & Neuman (2013) defendem no desenvolvimento da prática da leitura as abordagens que privilegiam ambientes positivos e solidários sociais, onde a criança se inclua num meio acolhedor, em que os erros sejam vistos como

oportunidades de aprendizagem e se criem desafios e estratégias inovadoras para crianças com dificuldades, incluindo textos multimodais com livros digitais e interativos.

Apesar da sua importância na nossa vida social e cultural a leitura tem uma história relativamente recente na história da humanidade, sendo uma construção cultural, não se apresenta assim inscrita a nível neuronal, o que de alguma forma constitui um paradoxo. Dehaene (2005, 2014) refere-se a este facto como “*Reading paradox*”, tentando explicar que a nível cerebral o facto de existir uma área especializada para a descodificação da leitura, na zona de associação occipitotemporal esquerda, tão bem adaptada e ajustada para essa função, não poderiam a organização destes circuitos neuronais ter tido tempo suficiente em termos de evolução da espécie humana para serem gerados com esse único propósito. Do ponto de vista da evolução cerebral esse facto torna-se surpreendente. Dehaene & Cohen (2007) tentam explicar este paradoxo através da hipótese da reciclagem neuronal, isto é, estas estruturas e circuitos teriam outra função anterior à leitura. O cérebro dá assim novos usos a circuitos neuronais evolutivos mais antigos através da exposição social e cultural evolutiva. Circuitos neuronais anteriormente utilizados com outros usos, como por exemplo seguir animais, são agora pela neuroplasticidade (Gillick & Zirpel, 2012) reciclados para a interpretação e descodificação da palavra impressa na área visual da leitura (Szwed et al., 2009).

Os estudos de ativação neural mostram ativações em localizações sistematicamente associadas com a leitura, embora tal não implique que essas áreas estejam afetas à leitura desde o início. Como salientam Hruby e Goswami (2011), a maior parte dessas imagens cerebrais revelam o que resulta de processos de desenvolvimento

que decorrem de experiências educativas e aprendizagens que interferem nos resultados. São diferentes os subprocessos desempenhados na compreensão da linguagem durante a leitura variando e dependendo da natureza do texto, das características sintáticas e do significado semântico dos textos assim como das competências e nível educativo do leitor.

Sendo a leitura um processo muito complexo que envolve múltiplos processos neurocognitivos a diferentes níveis, sociais e de aprendizagem, também tem havido diferentes modelizações do mesmo. Se é claro que as pessoas que sabem ler conseguem converter uma representação gráfica num output motor sonoro, conseguindo aceder ao seu significado, os leitores também conseguem aceder à leitura de conjuntos de letras pronunciáveis, mesmo que elas não tenham significado. Isto levou à proposta de que existem duas vias para o processamento da leitura, uma via lexical ou ortográfica e uma via sublexical ou fonológica. Uma das mais influentes publicações é a de Coltheart et al., (1993), que conclui que o modelo dual da leitura parece ser o mais robusto na explicação de vários fenómenos relacionados com a leitura. Este modelo propõe dois caminhos distintos para o reconhecimento de palavras: uma via lexical para palavras familiares e uma via sublexical para palavras desconhecidas ou não palavras. A via não lexical do modelo dupla via processa letras serialmente da esquerda para a direita, explicando o efeito de regularidade decrescente em toda a posição de irregularidade na nomeação de palavras (Rastle & Coltheart, 1999). Este processamento serial pode ser modulado estrategicamente com base nas características de palavras em tarefas de nomeação (Rastle & Coltheart, 1999). Este modelo foi implementado posteriormente computacionalmente como o modelo de dupla via, *Dual Route Cascaded* (DRC), que simula com sucesso vários efeitos em decisões lexicais e tarefas de leitura em voz alta (Coltheart et al., 2001)

vindo a reforçar esta perspectiva dual. Quando lemos, temos acesso às duas vias consoante o tipo de material que estamos a ler e dependendo da nossa familiaridade com o código escrito. O modelo DRC foi extensivamente testado por meio da neuropsicologia cognitiva computacional, onde lesões simuladas no modelo são comparadas a padrões de dislexia adquirida em humanos (Coltheart, M., 2006). Estes processos, apesar de não assentarem numa arquitetura neural especificamente dedicada como já discutido anteriormente, exigem ativação cerebral onde a sua execução se apoia. Os métodos de imagiologia funcional têm sido muito importantes na compreensão dessas bases.

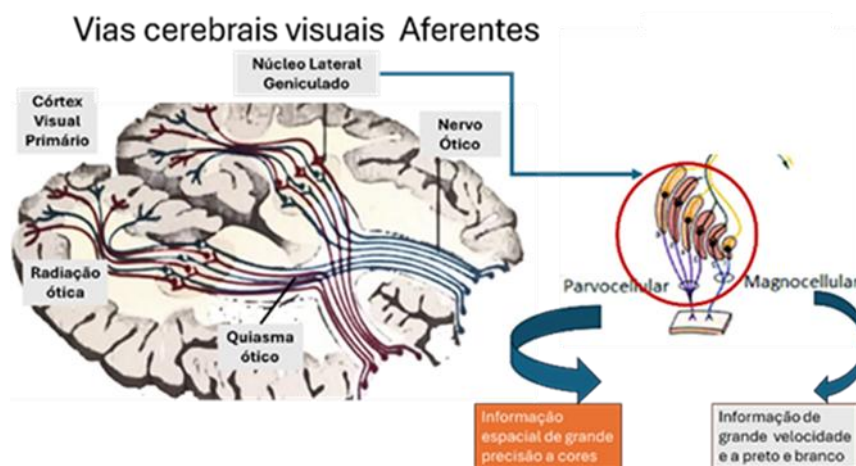
O processamento cerebral da leitura envolve uma série de etapas que requerem a interação de informações visuais, mas também fonológicas, Stanislas Dehaene (2009), no seu livro “*Reading in the Brain*” sobre a leitura e os processamentos cerebrais envolvidos, reforça a importância das vias visuais e fonológicas integradas numa rede neuronal complexa. A leitura é uma função cognitiva constituída por múltiplos processos, implicando a discriminação e reconhecimento visual (processo de análise visual), a descodificação grafema-fonema (processo fonológico), proporcionando o acesso ao sistema de produção da fala e ao sistema semântico, adequando a palavra ao seu significado (Ellis, 1995).

Diversos estudos (Dehane, 2009; Dehaene & Cohen, 2011; Tremblay & Dick 2016; Vandermosten et al., 2012) corroboram a importância da integridade destas vias fonológicas e visuais através de uma rede intrincada neuronal, que se entrecruza em áreas de associação e núcleos na base do cérebro (tálamo-corpo geniculado lateral) envolvidas no processamento da leitura.

Após a entrada do estímulo visual, a informação recebida pelo olho na retina é transportada pelo nervo ótico que a leva ao tálamo pelas vias parvocelulares e magnocelulares fazendo estas as ligações ao córtex visual occipital (figura 1). A neurofisiologia da atenção visual envolve dois mecanismos (Connor et al., 2004): o primeiro constituído por vias aferentes *bottom-up*, (fig.1) responsáveis pela orientação exógena da transferência do olhar (Atkinson & Braddick, 2009) e o segundo por um mecanismo de vias eferentes *top-down*, que envolvem um processamento mais cognitivo e visuoperceptivo (Noudoost et al., 2010; Paneri & Gregoriou, 2017) (fig.2). O processamento visuoperceptivo complexo está envolvido no rastreamento visual, o qual está relacionado com as redes neurais da atenção (Atkinson & Braddick, 2011). As vias dorsais do processamento cortical visuoespacial também estão relacionadas com o processamento do movimento (Braddick et al., 2003).

**Figura 1**

### Vias Cerebrais Visuais Aferentes

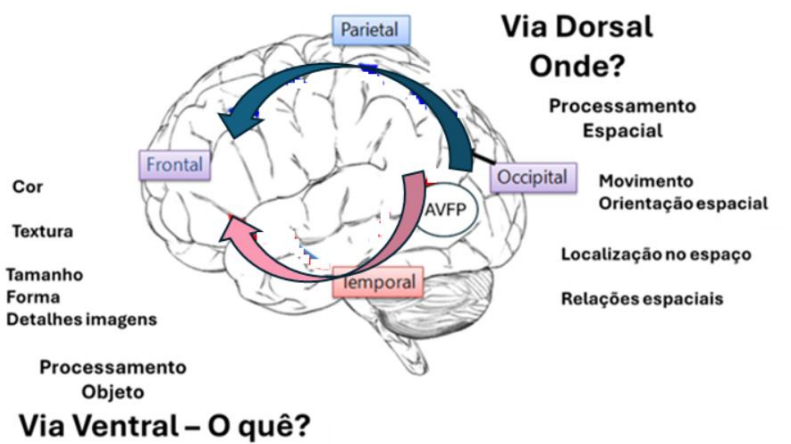


Nota: Imagem adaptada e baseada nos modelos neurofisiológicos do processamento visual (Shatz, C., 1992).

Os processos de leitura implicados em torno da descodificação da palavra estão localizados na já referida VWFA (Área Visual da Forma de Palavras – AVFP) (fig.2) sendo esta a área principal e responsável pela descodificação da leitura (Dehaene et al., 2010). Trata-se a nível estrutural de uma área posterior de conexão temporoparietal (giro fusiforme esquerdo) e permite fazer o reconhecimento dos símbolos visuais das palavras escritas. Tem ligações por meio de um feixe de fibras nervosas às regiões anteriores, formando a via fonológica que é composta pelo fascículo arqueado, ligando as áreas de *Broca* (área da expressão da fala) à área de *Wernicke* (área de compreensão da fala) permitindo a atribuição de um significado às palavras (Dehaene & Cohen, 2011).

**Figura 2**

*Vias Visuais Eferentes com Área Visual Leitura da Forma de Palavras (AVFP)*



Nota: Imagem adaptada e baseada nos modelos neurofisiológicos do processamento visual e nas vias de leitura (Sheth & Young, 2016).

Assim, à luz do conhecimento sobre o funcionamento cerebral durante a atividade da leitura (Hruby & Goswami, 2011; Maisog et al., 2008; Pugh et al., 2000; Richlan et

al., 2009, 2011; Schlaggar & McCandliss, 2007), podemos admitir que a leitura implica principalmente regiões cerebrais lateralizadas no hemisfério esquerdo que envolvem a área temporoparietal e o giro frontal inferior associadas ao circuito dorsal e à via do processamento fonológico e a área occipitotemporal associada ao circuito ventral e à via do processamento lexical (Martins, M., 2022).

Ao lermos, utilizamos ambas as vias em complementaridade, embora quanto mais experientes formos utilizemos mais a via lexical, enquadrando um desenvolvimento da criança num processo típico (Hoeft et al., 2007; Turkeltaub et al., 2003). Diferenças nestes processamentos são encontradas consoante as estruturas e vias funcionais possam ser alteradas por disfunções neurológicas em diferentes patologias (ver Anexo Póster 1-Gil, I.& Nunes, M. V. (2018) ou pela dislexia (Martins, M, 2022).

A maior parte dos trabalhos referidos considera as dificuldades de leitura associados à dislexia, definida como uma perturbação neurobiológica específica e persistente da leitura segundo a Associação Americana de Psiquiatria, (DSM, V., 2013) e a Organização Mundial de Saúde, (World Health Organization, 2018) e que tem sido associada a nível neuronal a défices fonológicos (Olulade et al., 2013; Shaywitz, B., et al., 2004) e lexicais (Dehaene et al., 2015; Heim et al., 2015 Pegado et al., 2014). No entanto, embora estes estudos de neuroimagem associem as respetivas áreas implicadas afetadas na dislexia com uma hipoativação, também há estudos que reportam na dislexia a uma hiperativação, sugerindo mecanismos compensatórios de outras áreas não habituais, como regiões frontais associadas à memória (Shaywitz, S., et al., 2003), redes

fronto/parietais (Hancock et al., 2017) e regiões posteriores no hemisfério direito homólogas (Pugh et al., 2000; Shaywitz, S., & Shaywitz, B., 2004, 2005).

Ao lermos, as capacidades de atenção a nível visual e os movimentos oculomotores implicados são também convocadas (Rayner, 2009; Rayner et al., 1982; Radach & Kennedy, 2004) e apresentam nas perturbações da leitura disfunções de fixação visual, com mais fixações e regressões, mais movimentos oculares de retrocesso, representando mais tempo de leitura (Rayner & Reingold, 2015; Richlan et al., 2010; Thaler et al., 2009). Na leitura o ponto de recolha de informação na retina situa-se numa região chamada de fóvea, só aí é que se registam recolhas de informação da parte cerebral e isto acontece quando fixamos o texto impresso (Guimarães & Guimarães, 2013), podendo alguns problemas de coordenação oculomotora interferir neste processo, levando ao uso da região parafoveal, contígua, implicando uma visão mais periférica e menos nítida.

## **2-2 Perturbações neuromotoras na criança**

As perturbações neuromotoras (PNM) compreendem um conjunto de condições abrangentes que afetam maioritariamente o desenvolvimento motor e o movimento, e estão frequentemente presentes desde o nascimento, ou desenvolvem-se desde muito cedo, sendo exemplos destas perturbações a paralisia cerebral (PC) (Bax et al., 2005; Miller, 2020; O'Brien et al., 2020), os síndromes neurogenéticos (SNG) (Friedman et al., 2022) e a perturbação da coordenação do desenvolvimento (DCD) (Blank et al., 2012; Tiwari et al., 2021).

As perturbações neuromotoras referem-se a um conjunto de alterações no desenvolvimento heterogéneo que afetam o controlo e funcionalidade do sistema nervoso central e periférico (Romero, B. et al., 2021; Zhang, Y., 2008). Estas perturbações variam na sua extensão e natureza, podem afetar diretamente atividade motora nomeadamente da motricidade global e fina, podendo estar afetados ao nível da força, tónus, coordenação e equilíbrio, afetando o desenvolvimento motor ao longo da vida, em particular nos primeiros anos e podem variar a sua expressão em diferentes graus de gravidade (Michel C. & Collins, C., 2020) . As perturbações neuromotoras em termos de etiologia podem ser congénitas, adquiridas e serem permanentes ou degenerativas (Coppedè, F., 2020). Abrangem condições clínicas como a paralisia cerebral (PC) (Bax et al., 2005; Miller, 2020; O'Brien et al., 2020), distrofias musculares genéticas (Reed, U., 2002) e outros síndromes neurogenéticos (Friedman et al., 2022) e perturbações do desenvolvimento da coordenação (Blank et al., 2012; Tiwari et al., 2021). As perturbações neuromotoras também podem estar presentes nos prematuros manifestando-se em atrasos psicomotores com perturbações da coordenação e em situações mais graves num diagnóstico de paralisia cerebral (Lopes et al., 2011).

Ao discutir o comprometimento neuromotor é essencial considerar as funções visuais, que envolvem uma interação complexa de vários aspetos do desenvolvimento e maturação a diferentes níveis cerebrais, estrutural, neurofisiológico e neurocognitivo (Galli et al., 2024). Em populações clínicas, que sofrem comprometimento neurológico precoce, as capacidades visuais podem encontrar alterações pontuais ou múltiplas ao longo das vias neurovisuais, desde as vias aferentes acima referidas, incluindo os nervos

óticos, o tálamo, corpos geniculados, córtex visual primário, vias eferentes, assim como todo o sistema oculomotor (Denver et al., 2016; Dufresne, et al.2014).

A deficiência visual cerebral (DVC) é usada para definir um conjunto de alterações das vias visuais a nível cerebral incluindo estruturas subcorticais, radiações óticas e alterações na substância branca, bem como áreas de processamento visual de ordem superior, incluindo áreas occipitais e áreas visuais associativas (Galli et al., 2024; Itzhak et al., 2021; Itzhak et al., 2023; Merabet et al., 2017; Ortibus et al., 2019). Podem resultar em diversas manifestações clínicas com diferentes graus de gravidade, tais como anormalidades nas funções da atenção visual básicas, destacando-se a incapacidade de fixar um estímulo, a dificuldade em manter a atenção num alvo em movimento ou distúrbios visuais cognitivos, como o reconhecimento e a orientação do movimento (Chang & Borchert, 2021).

A função visual destas crianças pode afetar a sua aprendizagem, especialmente em disciplinas que requerem um processamento visual complexo, como a leitura e a escrita (Galli et al., 2024).

As crianças com PNM moderada e grave podem também não conseguir falar e ter dificuldades de comunicação, podendo utilizar o olhar para comunicar os seus interesses (Borgestig et al., 2021).

### **2-2-1- As perturbações neuromotoras decorrentes da prematuridade**

A prevalência de crianças nascidas pré-termo (antes das 37 semanas) a nível mundial segundo a Organização Mundial de Saúde (World Health Organization, 2023), parecem ter vindo a aumentar, apresentando taxas de incidência de 11%. A nível europeu varia de 5 e 10% e em Portugal, segundo a Sociedade Portuguesa de Pediatria- SPP, é de cerca de 8%. A prevalência é de 1% nos nascidos com menos de 32 semanas. Em Portugal, a prematuridade manteve-se relativamente estável na segunda década do século XXI. Tendo registado um aumento de 59% de RN com BPN desde 1990 (Pinto, F. et al., 2019), acompanhando a tendência dos países mais desenvolvidos e Europeus (Goldenberg, R. et al., 2008)

Algumas das razões que podem explicar este aumento de nascimentos pré-termo são a idade materna que é cada vez mais avançada aquando do nascimento do primeiro filho; o maior recurso a técnicas de procriação medicamente assistida; os avanços nos cuidados nas neonatologias que permite o nascimento e a sobrevivência de RN que antes não tinham essa possibilidade (Correia, S. et al., 2015).

Deficiências neurodesenvolvimentais e problemas de saúde especialmente distúrbios cardiovasculares e metabólicos poderão ser vivenciados por sobreviventes prematuros, embora a maioria das crianças nascidas muito prematuras se adaptem nestes aspetos durante a sua transição até à idade adulta (Saigal & Doyle, 2008).

Segundo indicações da Academia Americana de Pediatria (American Academy of Pediatrics, 2022), podemos classificar os prematuros tendo por base dois parâmetros, a idade gestacional (IG) e o peso ao nascer. Considerando o parâmetro da idade gestacional, são pré-termos os nascidos com menos de 37 semanas de IG. Subdividem-se por subgrupos: o pré-termo extremo < 30 semanas de IG, muito pré-termo de 30 a 33 semanas e 6 dias de IG e o pré-termo tardio de 34 a 36 semanas e 6 dias de IG. Segundo o peso, considera-se muito baixo peso - MBP, os nascidos antes das 32 semanas com peso <1500g, apresentando este grupo já um risco elevado de sequelas do neurodesenvolvimento, devendo por isso necessitar de um seguimento nos primeiros anos de vida. São considerados de extremo baixo peso - EBP com <1000g, nascidos antes das 30 semanas e constituem o grupo maior risco de severidade de sequelas devido à enorme imaturidade dos órgãos vitais nesta fase de gestação. Estas crianças passam cerca de 2 a 3 meses em incubadoras e em unidades de cuidados intensivos neonatais- UCIN. Em Portugal são acompanhadas em rastreios e consultas de desenvolvimento nos hospitais centrais até aos 6 anos de vida, podendo se necessário, ser encaminhadas para equipas multidisciplinares especializadas de intervenção em unidades locais de habilitação e desenvolvimento para que seja efetuada a adequada estimulação. Este é um aspeto muito importante a considerar na medida em que as consequências da prematuridade, são muitas vezes consequências de longo prazo que vão exigir uma intervenção continuada e multidisciplinar ao longo do desenvolvimento. Como destacam Pinto et al. (2019), quando a prematuridade acarreta sequelas neurológicas existe um maior risco de défices sensoriais, cognitivos e motores.

É importante notar que mesmo quando as consequências da prematuridade não foram evidentemente deletérias em termos de desenvolvimento, as “*people born preterm*”, como referido por (Crump, C., 2015) parecem ter fatores de risco para várias doenças na idade adulta.

### **2-2-2- A prematuridade e sequelas neurológicas**

Assim, e embora nem todos os prematuros apresentem alterações neurológicas nos primeiros anos de vida, estas são particularmente importantes em termos de potenciais consequências e estão associados ao grau de prematuridade. Nos nascidos em Portugal segundo o relatório português da Vigilância Nacional da Paralisia Cerebral (Andrada, G. et al., 2012) encontramos nos mais prematuros, isto é, nascidos com menos de 34 semanas de gestação, a principal causa presumível da paralisia cerebral, se nenhuma outra causa for identificada. No período em estudo (crianças nascidas entre 2001 e 2003) 25,2% destes prematuros estão registados com paralisia cerebral.

Sabe-se que a maioria dos eventos identificados resulta de vários fatores decorrentes de alterações genéticas, da imaturidade dos órgãos sobretudo pulmonares e do equilíbrio hemodinâmico para manter os níveis de nutrientes e oxigenação exigidos a nível cerebral. As lesões na substância branca no pré-termo estão relacionadas com uma confluência de fatores de maturação que tornam a substância branca prematura suscetível a lesões ou alterações (Agut et al., 2020).

A maioria dos eventos mais complicados deve-se a uma imaturidade dos vasos capilares e à dificuldade em manter o equilíbrio hemodinâmico, sendo por vezes difícil evitar as hemorragias intraventriculares - HIV, podendo variar em grau de complexidade crescente I a III (Volpe, J.,2009) resultando em alterações na substância branca, leucomalácia periventricular - LPV, com lesões na substância branca císticas ou difusas de maior ou menor extensão (Knight et al., 2018).

Recentemente, o desenvolvimento da tecnologia de ressonância magnética funcional e da tractografia permitem visualizar com maior precisão a atividade cerebral e assim poder associar as alterações estruturais cerebrais às perturbações no neurodesenvolvimento nas crianças nascidas pré-termo. As alterações estruturais tais como a redução do volume global cortical, leucomalácia periventricular, espessura do corpo caloso e alterações na cápsula interna são frequentemente associadas às dificuldades a nível das competências cognitivas e de linguagem destas crianças prematuras (Andrews et al., 2009; Anjari et al., 2007; De Bruïne et al., 2010; Sripada et al., 2015; Volpe, 2009).

Por vezes, as lesões cerebrais poderão atingir as regiões subcorticais e corticais originando diferentes danos, consoante as áreas corticais e regiões comprometidas. Nas Hemorragias intraventriculares - HIV, segundo a classificação mais utilizada de Volpe (2009), o Grau 1 mais ligeiro corresponde à Hemorragia subependimária/matriz germinal, sem ou com hemorragia intraventricular mínima (<10% área ventricular no plano parassagital); o Grau 2 com hemorragia intraventricular (10-50% área ventricular no plano parassagital); o grau de maior gravidade, Grau 3, apresenta hemorragia

intraventricular (> 50% área ventricular no plano parassagital) - Habitualmente há dilatação ventricular com compromisso de áreas e vias subjacentes.

As Leucomalácias periventriculares - LPV correspondem a lesões típicas do prematuro com <35 semanas de IG. Estas podem ser difusas envolvendo maiores áreas sendo observáveis na avaliação por ressonância magnética - RM e císticas variando em grau de gravidade (De Vries et al., 2011). A RM é assim considerada um bom biomarcador podendo as lesões ser classificadas (classificação De Vries mais usada) de Grau 1 - com Ecogenicidade periventricular aumentada, mantida durante 7 dias ou mais, o Grau 2 - com Ecogenicidade periventricular aumentada evoluindo para pequenos cistos frontoparietais, o Grau 3 - com Ecogenicidade periventricular aumentada evoluindo para cistos grandes na substância branca occipital e frontoparietal e o Grau 4 - mais grave, com Ecogenicidade periventricular extensa desenvolvendo cistos que atingem a área subcortical (Martinez-Biarge et al., 2019).

Estudos neurológicos de seguimento de prematuros em idade escolar, adolescência e idade adulta, remetem para a existência de alterações ao nível da conectividade na substância branca com comprometimento do neurodesenvolvimento da linguagem, funcionamento cognitivo e motor (Kennedy et al., 2021; Keunen et al., 2017; Thompson et al., 2014). Outros estudos reportam alterações da substância cinzenta a nível subcortical e volume estrutural cortical (Kelly et al., 2020; Rose et al., 2015; Young et al., 2018), mostrando que os efeitos da prematuridade podem permanecer ao longo da vida e alteram as competências cognitivas incluindo as pontuações do QI, linguagem e aspetos visuomotores.

A evolução do neurodesenvolvimento das crianças nascidas pré-termo na idade escolar, pode manifestar-se por sequelas *major* como paralisia cerebral, dificuldades cognitivas e alterações neuro sensoriais graves, mas também por disfunções cerebrais *minor*, como perturbações específicas da linguagem e alterações neuro comportamentais associadas, tais como as disfunções mentais executivas. Estas disfunções executivas apresentam sintomas de carácter cognitivo e emocional levando a dificuldades de autorregulação e da atenção, à fraca flexibilidade cognitiva e labilidade emocional em idade pré-escolar (Sandoval, C. et al., 2022) e idade escolar (Schnider, B. et al., 2020). O seu diagnóstico surge, a maior parte das vezes em idade escolar, por se tornarem as dificuldades mais evidentes nesta fase, sendo esse o período no qual se acumulam as perturbações Stålnacke, J. et al., 2019).

Nos grandes prematuros a imaturidade da retina é exposta a oscilações hemáticas e de aporte de oxigénio que travam o seu crescimento neuro vascular, pelo que importa controlar e prevenir a infeção e inflamação nas incubadoras e cuidados neonatais de forma a prevenir evitar sequelas, tais como a retinopatia (Hellström, A. et al., 2013).

### **2-2-3- Perturbações neuromotoras e Paralisia Cerebral**

A Paralisia Cerebral (PC) é uma das principais complicações neurológicas *major* associadas à prematuridade. Num estudo com uma grande amostra de prematuros N= 5170 avaliados aos 24 meses de idade verificou-se que a PC tinha uma taxa de 6,9% nos mais imaturos nascidos entre 24 e 26 semanas de gestação, 4,3% nos nascidos de 27 a 31

semanas e de 1% nos nascidos de 32 a 34 semanas (Pierrat, V., et al., 2017). A PC, num estudo de base populacional realizado na Suécia entre 95-98, representou uma prevalência de 1,92 por 1000 (Himmelman, K. et al., 2005) tendo se mantido estável passado uma década, quando entre 2007 e 2010 se fez novo estudo, a prevalência correspondeu a 1,96 por 1000 (Himmelman & Uvebrant, 2018).

Estima-se que a paralisia cerebral afete 2 em cada 1.000 nascimentos, enquanto as dificuldades mais ligeiras, como a perturbação da coordenação do desenvolvimento, afetam cerca de 5 a 6% da população infantil, segundo o grupo de Seguimento da Paralisia Cerebral na Europa - *Surveillance of Cerebral Palsy in Europe*- SCPE (Arnau et al. 2023).

Em Portugal no estudo do Programa de Vigilância Nacional da Paralisia Cerebral-PVNPC (Virella, D. et al., 2018) aos 5 anos de idade da criança com um registo de 1719 crianças com PC nascidas entre 2001 e 2010, os resultados remetem para uma prevalência de 1,65 por 1000 nados-vivos, revelando resultados comparáveis com os indicadores do *Global CP Prevalence Group* (McIntyre, S. et al., 2022) com prevalência estudada em 27 países de 5 continentes 1.6 por 1000 nados vivos em países de rendimentos elevados e de 3,4 por 1.000 de rendimentos baixos e médios, revelando-se estes resultados como um indicador do impacto dos cuidados de saúde e do desenvolvimento socioeconómico.

A PC é uma perturbação neuromotora que representa um conjunto amplo de situações caracterizadas por serem permanentes, mas que não são inalteráveis ao longo da vida, pois variam consoante a intervenção precoce e evolução do estado clínico. Estas

perturbações envolvem uma alteração do movimento, da postura motora e da funcionalidade e autonomia (Bax et al., 2005; Miller, 2020; O'Brien et al., 2020; Rosenbaum et al., 2007).

A PC ligeira e moderada, correspondendo aos níveis I, II e III do sistema de classificação da função motora global (SCFM) (Palisano et al., 1997; Rosenbaum et al., 2008) atinge em Portugal 52% das crianças com paralisia cerebral, segundo o Programa de Vigilância Nacional da Paralisia Cerebral - PVNPC aos 5 anos; o nível cognitivo com quociente intelectual - QI superior a 70 atinge 41% neste estudo em Portugal. As alterações neurooftalmológicas e visuoperceptivas nos prematuros quer a nível cortical, área visual da leitura de palavras, quer a nível da substância branca, têm sido reportadas como um importante fator a influenciar as aprendizagens escolares da leitura (Bassi et al., 2008; Fazzi et al., 2012; Dehaene et al., 2010; Dehaene & Cohen, 2011; Narberhaus et al., 2009; O'Reilly et al., 2010; Ortibus et al., 2011; Ricci et al., 2010).

Em termos etiológicos podem ter diferentes fatores, por vezes multifatoriais em cascata, podendo estes ser genéticos, por infeções ou eventos hemodinâmicos durante a gravidez e parto. Estes fatores podem causar uma interferência, lesão ou anomalia não progressiva do cérebro em desenvolvimento. Descobertas recentes sobre mutações genéticas relacionadas com a paralisia cerebral (PC) podem ter implicações importantes para o seu diagnóstico. Num estudo de McMichael et al. (2015), a sequenciação do *exoma* completo revelou mutações genéticas associadas à PC em 14% de coortes não selecionadas. O estudo identificou vários genes candidatos, incluindo AGAP1, JHDM1D, MAST1, NAA35, RFX2 e WIPI2, como potenciais mutações De Novo ligadas à PC.

Além disso, as variantes homozigóticas (quando apenas uma cópia está presente) conhecidas e ligadas ao cromossoma X foram identificadas como L1CAM e PAK3, juntamente com os novos genes CD99L2 e TENM1 herdados de mães não afetadas. Esta diversidade de achados genéticos sugere que as mutações De Novo podem desempenhar um papel significativo no desenvolvimento da paralisia cerebral, sublinhando a complexidade dos fatores genéticos envolvidos na sua etiopatogênese e funcionalidade (Friedman et al., 2022).

Na paralisia cerebral o diagnóstico envolve diferentes subtipos clínicos consoante as alterações do tônus e a área do corpo envolvida (Rosenbaum, P. et al., 2007). Os tipos clínicos de PC são caracterizados tendo em conta o exame neurológico e são três, Espástica, Discinética e Atáxica. A PC Espástica apresenta dois subtipos tendo em conta as áreas do corpo envolvidas, a Espástica Bilateral (comprometendo os dois lados do corpo) e a Espástica Unilateral (designada também por hemiplegia, podendo ser esquerda ou direita consoante o hemicorpo afetado). A PC Espástica é caracterizada por um aumento do tônus, com reflexos patológicos persistentes para lá dos 3 meses de vida como por exemplo o reflexo tónico cervical assimétrico, entre outros, resultando num padrão anormal de movimento e postura. A PC Discinética, Distónica e Coreoatetósica é caracterizada por apresentar movimentos involuntários, descontrolados, recorrentes, predominando os padrões reflexos primitivos sendo o tônus muscular variável entre hiper e hipotonia. A PC Atáxica é uma condição caracterizada por uma descoordenação muscular com movimentos anormais ao nível da força, ritmo e precisão (Bax, M. et al., 2005).

Segundo dados do registo do PVNPC (Virella, D. et al., 2018) que abrange um universo com 2188 de crianças aos 5 anos nascidas entre 2001 e 2012, o diagnóstico de PC Espástica representa 77%, a PC Discinética – 10% e a PC Atáxica – 5%.

Em termos de anomalias cerebrais, as ressonâncias magnéticas permitem a identificação de malformações estruturais cerebrais, eventos de natureza genética com perturbações de agenesia do corpo caloso, lisencefalias, hipoplasias cerebelares ou perturbações da proliferação ou migração neuronal. As lesões de substância branca são interpretadas como as lesões típicas do prematuro, LPV, podendo ocorrer por volta da 30<sup>a</sup> à 32<sup>a</sup> semana de gestação, variar de ligeira a grave e ser difusa ou cística. Também se reportam sequelas de eventos hemorrágicos, alguns intraventriculares HIV outros periventriculares HPV.

Consideram-se ainda muito associadas a eventos e lesões de recém nascidos de termo (RNT), as encefalopatias hipóxico-isquémica (EHI), que são alterações estruturais e hemodinâmicas que implicam a presença de edema cerebral. Esta patologia é inconstante e inespecífica nos primeiros dias de vida estando associadas a eventos ocorridos durante o período neonatal. Nas ecografias observa-se um aumento difuso da ecogenicidade, ventrículos laterais colapsados e pouca definição das estruturas anatómicas. Outro tipo de patologia muito frequente no RNT é a paralisia cerebral discinética, com lesões dos núcleos da base e tálamos sendo geralmente visíveis a partir do 3<sup>o</sup> dia em ecografia (Greco et al., 2020). As lesões extensíveis ao parênquima (isquémicas ou hemorrágicas) evoluem de uma hiperecogenicidade inicial para uma lesão estabelecida após algumas semanas, configurando lesões múltiplas numa encefalomalacia

multicística (Fan et al., 2024). Os acidentes vasculares cerebrais (AVC) isquémicos neonatais estão localizados mais frequentemente no território de irrigação da artéria cerebral média esquerda, e as hemorragias atípicas podem ocorrer a nível epidural, subdural e subaracnoide (Cans et al., 2004).

Outras anomalias podem estar associadas a eventos genéticos ou infecciosos, como as microcefalias com atrofia, atrofia cerebelar, atrofia cerebral e mielinização retardada, originando frequentemente grande atraso cognitivo. Num estudo sobre a genética na paralisia cerebral (Zarrei, M. et al.2018) identificaram-se alterações num conjunto de genes que podem resultar em distúrbios que afetam a motricidade e também o sistema nervoso. Os genes envolvidos na construção de partes do sistema nervoso, na criação de músculos e na formação vascular, apresentaram mutações. Neste estudo, cerca de 1 em cada 14 crianças, (7%) apresentou uma alteração “de novo”, o que significa que não foi herdada de nenhum dos pais. As alterações estruturais encontradas nos genes foram caracterizadas por falta de genes (deleções), com material genético extra (duplicação) ou por troca de posição de genes nos cromossomas, translocações e inversões.

Nas crianças com paralisia cerebral, o movimento funcional é claramente identificador e apresenta uma grande variação em termos de gravidade, o que faz com que cerca de 1 em cada 4 ou mais crianças apresente maior grau de gravidade ao nível da funcionalidade motora e utilize uma cadeira de rodas, enquanto outras podem ter dificuldade em tarefas de motricidade fina, dificuldades de comunicação, linguagem, dificuldades de aprendizagem e de autonomia na vida diária.

A medida de funcionalidade motora global para classificar a motricidade global na PC mais utilizada é o Sistema de Classificação da Função Motora Global – SCFM (Palisano et al.1997). Este sistema classifica a função motora global em 5 níveis, desde o mais ligeiro, nível I, com deambulação sem nenhuma necessidade de ajuda de adulto ou aparelho à locomoção até ao mais grave, nível V, com necessidade completa de ajuda para se deslocar, precisando da ajuda total de um adulto ou de uma cadeira de rodas elétrica. Outro sistema muito utilizado na PC é o Sistema de classificação das atividades de manipulação – MACS (Eliasson et al., 2006), também classificada em 5 níveis como a anterior, nível I agarra objetos de forma independente ao nível V sem funcionalidade na preensão necessitam ajuda total do cuidador. A escala *Vicking* da fala (Pennington et al. 2010) é muito usada para classificar a expressão oral na PC (apresenta 4 níveis), com nível I alterações muito ligeiras da fala e nível IV sem possibilidade de fala inteligível. Nesta escala, a fala encontra-se comprometida a nível grave e moderado em cerca de 50% de crianças aos 5 anos, segundo os dados do PVNPC e apresenta ainda alterações ligeiras em 20% destas crianças. As dificuldades cognitivas estão presentes entre 60% a 70% nas crianças com PC aos 5 anos, segundo dados do Programa Vigilância Nacional da Paralisia Cerebral - PVNPC. As perturbações visuais afetam 49% das crianças com PC aos 5 anos, segundo dados do PVNPC. Muitas das crianças com perturbações neuromotoras apresentam dificuldades práxicas, planeamento do movimento. A regulação do movimento dos olhos para parar no momento exato e fixar a visão, exige autocontrolo e regulação motora e implica atenção e coordenação oculomotora.

### **2-3 Disfunções da leitura do desenvolvimento em crianças prematuras e com paralisia cerebral - uma perspetiva múltipla: Atencional, Visuo Cognitiva e Fonológica**

As disfunções da leitura do desenvolvimento também chamadas de dislexia de desenvolvimento são caracterizadas por aparecerem logo nos primeiros anos e implicarem alterações na descodificação de palavras, que afetam a fluência e a compreensão da leitura (Coltheart, M., 2006). O facto de serem multifatoriais as disfunções de leitura do desenvolvimento, nomeadamente da atenção visual e fonológico (Dehanne, 2009; Dehaene & Coen, 2011; Tremblay & Dick, 2016; Vandermosten et al., 2012), têm-se afirmado na última década, como uma área de investigação multifacetada e intrincada dependendo das áreas cerebrais, mecanismos neurofisiológicos envolvidos na leitura e que possam estar implicados nas diversas patologias neurológicas e diferentes graus de extensão e gravidade (Martins, M., 2022).

Crianças com perturbações neuromotoras e neuropsicológicas decorrentes de nascimento pré-termo e com paralisia cerebral, podem apresentar alterações visuoperceptivas (Butcher, et al., 2012; Ortibus et al., 2011), e alterações neuro oftalmológicas e de processamento visual (Fazzi et al., 2012). Estas alterações neurológicas em idade escolar causam perturbações diversas na aprendizagem da leitura. Segundo Downie et al. (2002), detetaram alterações cerebrais a nível do córtex temporal, nas crianças nascidas pré-termo, associadas ao processamento auditivo e fonológico, assim como alterações nas vias cerebrais magnocelulares (vias visuoperceptivas), relacionando-as com as alterações na leitura. Neste estudo, o comprometimento a nível do córtex temporal auditivo relacionado com o processamento fonológico e a velocidade

de processamento, o processo de recuperação de palavras e a memória de trabalho, interferiram nesta amostra de pré-termos com as dificuldades encontradas de maior lentidão ao nível da leitura.

Existe assim, uma interdependência entre os diferentes diagnósticos que as crianças com perturbações neuromotoras apresentam e que na idade escolar afetam a proficiência da leitura. Este facto implica a necessidade de se analisarem as disfunções da leitura do desenvolvimento sobre múltiplos aspetos, em especial nos níveis da atenção visual, visuoperceptivo e fonológico (Bellocchi et al., 2013; Munoz et al., 2003; Thaler et al., 2009). As disfunções da leitura apresentam uma complexidade multifacetada, não sendo um fenómeno unidimensional, mas antes um conjunto de condições que interagem entre si, desafiando a visão tradicional que frequentemente coloca o processamento fonológico como o principal fator limitante na leitura quer para o processamento lexical quer sub-lexical (Schwarz J. et al., 2024).

Provazza et al. (2019), realizaram uma análise abrangente das dificuldades de leitura associadas à dislexia, focando-se em aspetos específicos como a perceção auditiva temporal, a consciência fonológica e as deficiências de processamento visual. Através de estudos de caso, os autores demonstram que as disfunções fonológicas e visuais não se podem dissociar na dislexia do desenvolvimento, sugerindo uma complexidade nas manifestações das perturbações de aprendizagem. Estes autores defendem que a dislexia não deve ser vista apenas como um problema de processamento fonológico, mas também como um distúrbio de atenção visual, o que amplia a compreensão sobre as dificuldades enfrentadas por estas crianças. Diferentes subtipos mistos podem estar presentes. Essa

perspetiva é particularmente relevante, pois desafia a visão tradicional que frequentemente coloca a consciência fonológica como o principal fator limitante na leitura. Neste estudo é destacada a heterogeneidade dos perfis de leitura e a importância de considerar as diferenças individuais nas capacidades cognitivas. A análise destes autores sobre a percepção categórica de fonemas e a consciência fonológica em relação à atenção visual, reforça a ideia de que múltiplos sistemas cognitivos estão envolvidos na leitura e que as intervenções devem ser adaptadas para atender a essas diversas necessidades. Além disso, os autores neste artigo fazem uma revisão da literatura existente sobre a dislexia, destacando a heterogeneidade dos perfis de leitura e a importância de considerar as diferenças individuais nas capacidades cognitivas, o que nas perturbações do neurodesenvolvimento se torna evidente.

Segundo Vidyasagar, (2013), a discussão aprofunda-se na relação entre a leitura e os circuitos neurológicos envolvidos na percepção visual. O autor argumenta que a área de reconhecimento visual da forma de palavras (AVFP) que discutimos acima é crucial para a formação de palavras e que a leitura pode sobrecarregar os mecanismos de atenção visuo-espacial. A hipótese de que défices na via magnocelular podem estar relacionados a dificuldades de atenção visual em disléxicos é particularmente relevante, pois sugere que a dislexia pode ser vista não apenas como um problema de identificação de letras, mas também como uma dificuldade em focar a atenção visual num ambiente visual distrator. Isso implica que as intervenções devem considerar a capacidade de atenção visual como um fator chave no desenvolvimento de estratégias de leitura. Vidyasagar, (2013) argumenta que a leitura envolve múltiplas etapas de processamento visual e da atenção, sendo a identificação correta de cada letra e sua combinação em palavras um desafio crítico. Um ponto central da discussão é a hipótese de que, durante a fixação

ocular na leitura, os sinais de feedback direcionam a atenção encoberta através das letras. Essa dinâmica sugere que défices nos recursos relacionados com a atenção podem resultar em dificuldades de leitura, um aspeto que é particularmente relevante para a compreensão das disfunções da atenção associadas à dislexia. Este autor menciona a via magnocelular na sua relação com a dislexia. Embora muitos estudos tenham indicado que défices nessa via magnocelular estão associados à dislexia, Vidyasagar, (2013) observa que essa correlação nem sempre é encontrada. Isso levanta questões sobre a especificidade e a complexidade dos défices visuo-espaciais. A presença de uma lesão nas estruturas da via dorsal pode resultar em défices na atenção visual que impactam a leitura. O artigo destaca que a simples presença de um défice magnocelular não é suficiente para prever dificuldades de leitura, enfatizando que a localização e a natureza dos défices são determinantes. Essa perspetiva sugere que intervenções na dislexia devem considerar também as nuances dos processamentos da atenção visual e visuoperceção.

Uma meta-análise recente confirma uma forte associação entre a atenção visual e o desenvolvimento da leitura, sugerindo que a atenção visual e o processamento visuoespacial podem desempenhar um papel causal na aquisição da leitura (Gavril et al., 2021). Uma outra meta-análise ainda mais recente, revela que os indivíduos com dislexia demonstram dificuldades significativas na capacidade de leitura visual, com maiores deficiências observadas em línguas mais opacas (Liu et al., 2023). Embora o processamento fonológico tenha sido considerado durante muito tempo o fator primário da dislexia, há cada vez mais provas que sugerem que vários problemas visuais, incluindo o processamento da atenção visual, podem contribuir para esta perturbação (Kristjánsson & Sigurdardottir, 2023). Estes resultados sublinham a importância de considerar

múltiplos fatores, incluindo a atenção visual, para compreender e tratar a dislexia de desenvolvimento, em vez de se concentrar numa única causa principal.

Nos últimos anos destaca-se a necessidade do uso de métodos de investigação que permitam uma análise mais precisa das interações entre deficiências visuais e outros aspetos fonológicos da leitura (Lovett et al., 2000).

Segundo Perry & Long, (2022) a sugestão de comparar grupos disléxicos com grupos de controlo em idade de aprendizagem da leitura tendo em conta a idade cronológica, pode oferecer novas perspetivas sobre as suas complexidades. Neste estudo a compreensão da dislexia tem uma abordagem mais abrangente, considerando a interação entre diferentes tipos de deficiências e enfatizando a importância da atenção visual como uma componente crítica na leitura. Estes autores, apoiando-se em grandes amostras, destacam que as perturbações encontradas nas crianças estão significativamente correlacionadas com as dificuldades da leitura. Essa correlação é crucial, pois a ausência de variáveis de controle analisadas simultaneamente pode dificultar a determinação de componentes causais em algumas tarefas. Os autores demonstram que padrões semelhantes de taxas de erro médio entre leitores disléxicos e normais podem ser obtidos utilizando um modelo que simula défices relacionados à fonologia e à visão. Essas observações sugerem que a identificação da variabilidade de uma alteração visual pode alterar o desempenho na leitura.

Segundo Kristjánsson & Sigurdardottir, (2023) numa revisão crítica das provas do papel dos fatores visuais na etiologia da dislexia do desenvolvimento, argumentam que a dislexia é provavelmente uma perturbação multifacetada com vários fatores contribuintes, incluindo défices fonológicos, visuais e de atenção visual.

A literatura revista na área da leitura, sublinha a necessidade de uma abordagem holística e multidisciplinar para compreender as disfunções da leitura. A inter-relação entre os níveis de atenção visual, visual-visuoperceptivo e fonológico é crucial para uma compreensão mais completa das dificuldades enfrentadas por leitores com dificuldade de leitura do desenvolvimento. As intervenções devem, portanto, ser adaptadas para atender a essa complexidade, considerando as diversas manifestações dos défices envolvidos. A atenção visual enquanto pré-requisito na aprendizagem da leitura reveste-se de grande importância (Gavril et al., 2021; Kristjánsson & Sigurdardottir, 2023; Perry & Long, 2022) sendo por isso um fator a ter em conta na identificação de alterações em populações que revelem fragilidades nesta área (Galli et al., 2024; Itzhak et al., 2021; Itzhak et al., 2023; Merabet et al., 2017; Ortibus et al., 2019), ver também em Anexos – Resumos de comunicações - Comunicação 1 - EACD 2020 - (Gil, I. & Nunes, M.V. S., 2020).

O diagnóstico precoce das disfunções da leitura é de extrema importância para garantir que a criança receba a intervenção necessária o mais cedo possível. Identificar possíveis alterações de leitura desde cedo, consideradas na perspectiva lata apresentada anteriormente, pode ajudar a evitar que essas dificuldades se acentuem e causem um impacto maior no desenvolvimento da criança. Além disso, o diagnóstico precoce permite que sejam adotadas estratégias de intervenção mais eficazes, proporcionando melhores resultados a longo prazo. Assim, é fundamental que profissionais da área da saúde e da educação estejam atentos aos sinais de possíveis disfunções da leitura, nomeadamente de atenção visual, e atuem rapidamente para realizar o diagnóstico e iniciar o tratamento de forma precoce. No entanto nem sempre é fácil realizar essa avaliação e os instrumentos existentes não proporcionam as adaptações necessárias a uma população clínica com perturbações neuromotoras, havendo necessidade de se criar um sistema que permita a identificação da atenção visual e a leitura nas suas diferentes dimensões com uma tecnologia de rastreamento visual – *eye-tracking*.

#### **2.4.- Neurotecnologia – A ferramenta de rastreamento visual-*eye-tracking***

As neurotecnologias, definidas como ferramentas tecnológicas que permitem analisar e entender o processamento cerebral, facilitando a forma como o cérebro se pode reparar (White, S. W. et al., 2015) evoluíram muito nas últimas duas décadas com o progresso e acessibilidade das tecnologias informáticas. São exemplos de neurotecnologias aplicadas à neuroreabilitação pedagógica e de comunicação (Donmez, M., 2024). tais como os sistemas de rastreamento visual, *eye-tracking* (Borgestig et al

2016, 2017; Donmez, M., 2023; Karlsson, P. et al., 2019; Lindsay, S., & Hounsell, K. G. 2017), sistemas de realidade virtual (Ouherrou, et al., 2019), robótica pedagógica (Adams & Cook, 2016; Khan et al., 2024) assim como aplicações neuroreabilitação clínica tais como próteses neurais implantáveis, estimulação cerebral profunda e interfaces cérebro-computador (Berger et al., 2008).

Consideradas como tal, as neurotecnologias *eye-tracking* têm várias vantagens, nomeadamente permitem avaliar e intervir em neuroreabilitação (usadas no diagnóstico e intervenção), facilitando o acesso ao computador (providencia *inputs* controlando o rato no écran do computador) adaptando métodos e sistemas que permitam o desenvolvimento de programas digitais de reabilitação de competências específicas e facilitadores de avaliação e ensino das aprendizagens escolares (Borgestig, M. et al., 2016; Galli J. et al., 2024). Estas tecnologias *eye-tracking*, assistidas e adaptadas, estão cada vez mais acessíveis e ao alcance de profissionais da saúde e educação.

Nos últimos anos com a comercialização e maior divulgação da tecnologia *eye-tracking* de ponta, têm surgido novos estudos e grupos de trabalho com uso de diferentes formas de neurotecnologias, desde a avaliação à intervenção com diferentes materiais, permitindo estabelecer estratégias e critérios a incluir no seguimento destas crianças (Karlsson et al., 2017). O avanço contínuo destas tecnologias permitirá avaliar e monitorizar os resultados das intervenções com maior precisão e identificar melhor as alterações específicas que possam estar relacionadas com o prognóstico de cada criança. Desta forma é essencial o seguimento em todas as fases do seu desenvolvimento, em

particular durante o início da idade escolar, para se poder intervir o mais precocemente possível na raiz dos problemas escolares.

Importa também destacar que qualquer inclusão de crianças com perturbações neuromotoras na escola deve implicar a disponibilização de materiais e recursos adaptados à criança e facilitadores da aprendizagem (Miller & Defina, 2009). É primordial que sejam implementadas medidas contempladas na lei (DL 54/2018) para o aumento da funcionalidade logo desde o início da escolaridade. Também aqui estas tecnologias podem ter muito impacto. A implementação e o treino destes materiais e recursos tecnológicos, junto com os apoios terapêuticos, facilitarão o acesso à aprendizagem com medidas que serão tanto mais eficazes quanto mais forem baseadas em evidências sustentadas por trabalhos científicos (Thomas, M. S. et al., 2019; Traugher & D'Amato, 2005).

A leitura de um livro, enquanto objeto físico está a ser inevitavelmente ultrapassada pelo objeto digital, telemóvel, computador ou qualquer tela onde se projete um texto; já não se pode negar o papel das novas tecnologias associadas à leitura digital na população em geral, complementando a leitura em meio físico. A leitura neste formato digital, quando utilizada por crianças com perturbações neuromotoras representa uma mais-valia essencial, permitindo suprir dificuldades de comunicação, aprendizagem e autonomia (Bradshaw, J. 2013; Richardson, J., 2014; Wolf, M. et al., 2012).

A tecnologia *eye-tracking* oferece uma excelente oportunidade para avaliar e monitorizar de forma precisa e objetiva a atenção visual em crianças com perturbações neuromotoras (Hokken et al., 2022; Sim & Bond, 2021). Ao rastrear meticulosamente os movimentos oculares, esta tecnologia fornece valiosas informações sobre o foco e a atenção da criança, revelando os padrões de fixação no écran e a eficiência do processamento visual (Ali, Q. et al., 2020; Karlsson et al., 2017; Tao et al., 2020). Esta tecnologia torna-se uma ferramenta altamente promissora e indispensável para compreender, apoiar e aprimorar a atenção visual em crianças que enfrentam perturbações neuromotoras. É um avanço revolucionário que abre portas e oferece um mundo de possibilidades para o desenvolvimento e o bem-estar dessas crianças.

Estudos com patologia neuromotora são pouco frequentes dada a dificuldade da tarefa experimental (exigência de conhecimentos e experiência específicos) e da acessibilidade a estes instrumentos. Recentemente, foram realizados estudos sobre avaliações perceptivas visuais com recurso ao rastreamento visual em crianças com PNM (Borgestig et al., 2021; Karlsson et al., 2019) e estudos que exploram este dispositivo no que se refere à comunicação, linguística e funcionalidade (Attardo & Pickering, 2023; Vancleef et al., a) 2020; Vancleef et al., b) 2020). Outro estudo examina questões de acuidade visual com recurso ao sistema de Rastreamento Visual (Chang et al., 2021), enquanto outras pesquisas utilizam o rastreamento visual em intervenções cognitivas para distúrbios do neurodesenvolvimento (Lee et al., 2020).

O uso de algumas ferramentas com recurso à tecnologia *eye-tracking*, partindo da teoria inicial de olho-mente defendida por Just & Carpenter (1980) em que tudo o que é

fixado pelo olho está a ser processado a nível cerebral, evoluiu ao longo das últimas décadas, vindo a tornar-se um aliado importante da avaliação da leitura (Gwizdka & Dillon, 2020). Torna-se uma ferramenta particularmente útil, quando na avaliação da leitura, a motricidade e fala se encontram comprometidas. O recurso ao uso destas ferramentas levou à criação de um conjunto de soluções tecnológicas informáticas que permitiram suprir estas dificuldades, implicando assim estudos mais aprofundados destas ferramentas que atuam na leitura em meio digital (Attardo & Pickering, 2023; Rayner, 1986, 2022; Reichle, 2021; Reichle et al., 2013).

Segundo Ellis (1995), o padrão dos movimentos oculares na leitura varia consoante a idade e experiência do leitor e envolve: fixações para extração da informação, movimentos sacádicos (percurso entre fixações, num sentido geralmente da esquerda para a direita com duração de 20 a 50ms) e ainda regressões (retorno do movimento ocular a pontos de fixação anteriores que traduz a necessidade de reler para melhor compreender o material lido). As fixações apresentam um tempo variável de 200 a 250ms (Spinelli & Ferrand, 2005). Do ponto de vista do movimento, o seguimento ocular necessário neste processo exige uma praxia fina oculomotora, uma coordenação com planeamento da deslocação no espaço, que vai da esquerda para a direita e de cima para baixo, no sentido da leitura com materiais cada vez mais otimizados.

As tecnologias de informação para além de aumentarem a funcionalidade nas pessoas afetadas a nível motor, conforme referido anteriormente, facilitam também a investigação experimental sobretudo nas áreas das funções cognitivas e visuais, através dos movimentos oculares produzidos e gravados (fixações, tempos de fixação,

movimentos sacádicos e seus padrões). A investigação em psicologia do desenvolvimento das funções cognitivas em idades precoces tem utilizado programas de computador com recurso a estas técnicas.

Os materiais usados no sistema de rastreamento visual implicam um equipamento para recolha dos movimentos oculares. Existem dois tipos de equipamentos, os que são usados como óculos, integrados na face do examinando, geralmente usados em estudos de marketing, permitindo registar objetos físicos a 3 dimensões e os baseados em écran, integrados em computadores e que foram usados nos estudos desta tese. No caso do presente trabalho (capítulos 3,4 e 5) foi usado o Tobii X2 que se liga por uma porta USB de um computador portátil com écran 17 polegadas (fig.3), incorporando um software de registo como o *Gaze Viewer* (Tobii).

### Figura 3

*Materiais para o Funcionamento da Tecnologia de Rastreamento Visual*



A atenção visual, a velocidade de processamento, a autorregulação e autocontrolo, assim como a perceção visuoespacial, são funções cognitivas e comportamentais que

podem ser avaliadas com recurso um sistema de *eye-tracking* (Ali, et al., 2020). A análise dos resultados gravados pode fornecer pistas para elaborar estratégias e padrões de exploração visual e fonológica durante a atividade de leitura em formato digital. Ao investigar os mecanismos de seguimento visual podemos obter indicadores de padrões de funcionalidade e competências leitoras que nos poderão ajudar a estabelecer programas individuais de intervenção em crianças com dificuldades de leitura.

A calibração destes sistemas, assim como a montagem do desenho de avaliação, constitui a maior dificuldade deste tipo de investigação, necessitando experiência do investigador na avaliação desta população (fig.4).

#### Figura 4

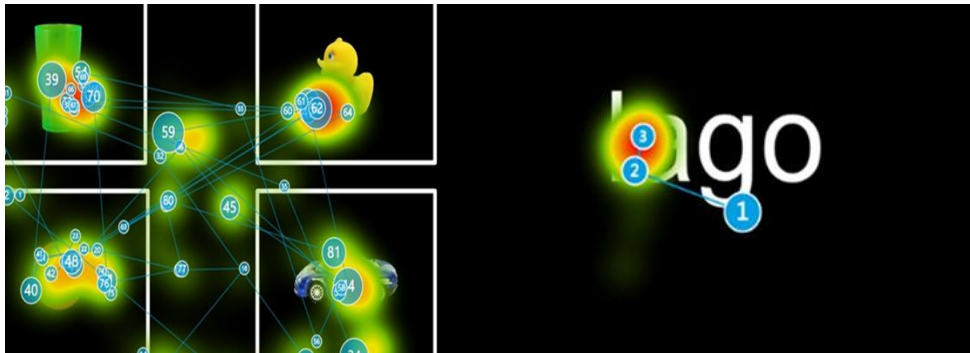
##### *Exemplo de uma Boa Calibração*



A análise dos resultados permite obter diferentes medidas, tais como o número de fixações em cada palavra e a sua sequência, visualizando-se os padrões sacádicos entre fixações (fig.5) (Rayner, 1997, 1998).

**Figura 5**

*Exemplo de Resultados Extraídos numa Avaliação de Atenção Visual e de Leitura*



Nos anos noventa do século XX, surgiu uma grande variedade de estudos sobre movimentos oculares na leitura (Rayner,1998) que explicitam o modelo teórico (E-Z), permitindo fundamentar o papel dos movimentos oculares (para onde olham e quando se movem) como identificadores do processamento mental na leitura. Estes estudos relacionam ainda o processamento visual, a atenção visual e a identificação e descodificação das palavras. Estudos posteriores focam ainda a importância da visão parafoveal/periférica associada aos aspetos fonológicos na leitura (Clifton et al., 2007; Dambacher et al., 2013; Rayner, 2009).

Reichle et al. (2003) analisaram e compararam 11 modelos computacionais da leitura, desde a dimensão oculomotora à cognitiva. Entre estes modelos descreveram o modelo E-Z *reader 7*, que é baseado nos movimentos oculares na leitura recorrendo à

ferramenta *eye-tracking*. Este modelo consiste numa explicação do movimento dos olhos na leitura baseada em quando e para onde os olhos se movem durante a leitura. O que determina uma fixação e uma sacada (movimento dos olhos para a fixação seguinte) depende de fatores de alto nível de processamento cognitivo lexical, semântico e sintático e baixo nível sub-lexical fonológico de descodificação grafema-fonema. Estes dois níveis encontram-se envolvidos nos processos de fixação numa palavra ao longo de uma frase e no tamanho das sacadas determinando a forma o local de cada fixação e como é afetada pelo comprimento da sacada (ou seja, erro de alcance sistemático) e pela duração da fixação. Este modelo permite analisar durante a leitura ainda outros efeitos tais como efeito da posição de visualização ideal e a probabilidade de fazer uma refixação; os efeitos da pré-visualização parafoveal durante as fixações, o efeito de arrastamento com refixações e a previsibilidade dos saltos de palavras, constituindo um dos modelos computacionais mais completos (Reichle et al., 2003)

Segundo Reilly & Radach, (2006) o Modelo Interativo explica os movimentos oculares, as regressões, as fixações e as progressões, durante a atividade de leitura e a sua relação direta com o processamento cognitivo. Blythe et al., (2009) fazem menção ao que se passa no processamento visual durante as fixações reforçando a ideia do importante papel da cognição visual no processamento das informações visuais percebidas durante a leitura.

Mais recentemente, foi publicado um estudo sobre a evolução das fixações e movimentos sacádicos na leitura, caracterizando 6 grupos normativos com idades compreendidas entre os 6 anos e a idade adulta (Seassau & Bucci, 2013). Este estudo foi

realizado com 69 crianças e 10 adultos tipicamente desenvolvidos. Foram utilizadas duas tarefas uma de leitura e outra de procura visual. As principais conclusões foram que em ambas as tarefas o número de sacadas, quer progressivas quer regressivas, diminui com a idade, a amplitude das sacadas aumenta na tarefa de leitura com a idade, em ambas as tarefas a duração das fixações e duração geral diminui com a idade e que as crianças após os 10 anos leem com maior precisão. Estes resultados acompanham os estudos anteriores de Blythe et al., (2006) e McConkie et al., (1991). A nova descoberta é que crianças mais novas apresentam uma coordenação visual mais fraca que os adultos em ambas as tarefas, melhorando essa coordenação binocular com a idade e a partir dos 10 anos torna-se semelhante à dos adultos. Os autores consideram que isso se deve a fatores de aprendizagem durante a infância.

#### **2-4-1- Vantagens deste sistema de rastreamento visual-*eye-tracking***

A utilização da tecnologia de rastreamento visual oferece assim múltiplas vantagens na avaliação da atenção visual em crianças, particularmente naquelas com perturbações neuromotoras. A principal característica da tecnologia de rastreamento visual é a objetividade e a precisão da medição, reduzindo o esforço necessário para interpretar os resultados. Os dados são recolhidos e analisados em tempo real, permitindo a identificação e, conseqüentemente, a intervenção precoce em crianças com problemas de atenção visual. A tecnologia *eye-tracking* é não-invasiva, precisa, fácil de executar por leigos e de fácil utilização do ponto de vista das crianças. Os participantes não se lembram de pormenores específicos do teste, o que garante a fiabilidade do teste-reteste e, em última análise, um enviesamento mínimo do investigador. Estas características conduzem a uma experiência mais suave e natural para os examinandos, aumentando a concentração

e a motivação do sujeito para continuar a participar nos testes com maior atenção aos pormenores. (Ali et al., 2020; Coskun & Cagiltay, 2022; Jarodzka et al., 2021; Wang et al., 2021).

Os resultados dos estudos realizados com recurso ao rastreamento visual são objetivos e menos dependentes da capacidade e do esforço do profissional para interpretar e avaliar o participante no teste, o que pode aumentar o sucesso global do diagnóstico. O rastreio ocular pode ser utilizado como exame auxiliar de uma bateria de testes subjetivos mais ampla ou, no futuro, como ferramenta de apoio à criação de uma intervenção personalizada adaptada à perturbação específica da atenção apresentada pelo examinando com base na avaliação através de testes de atenção visual. Por último, o rastreamento ocular pode permitir uma mudança de paradigma necessária para uma atualização e modernização dos meios de diagnóstico (Wolf & Ueda, 2021).

Para além do potencial para fornecer informações substanciais sobre as capacidades cognitivas, percetivas e motoras, a sua natureza não invasiva promove o seu uso, devido à ausência ou diminuição de desconforto, tais como cansaço e fadiga. Consequentemente, a tecnologia de rastreamento visual, fazendo parte integrante da avaliação funcionalidade visual, pode promover seguimentos de casos clínicos ao longo do tempo, ver Anexos Póster 2 – (Gil, I et al. 2017), facilitando reavaliações sucessivas e a monitorização dos progressos da intervenção (Ali et al., 2020; Ekstrand et al., 2021; Stokes et al., 2022).

### **2-4-2-Desafios e limites da tecnologia de rastreamento visual-*eye-tracking***

A aplicação da tecnologia de rastreamento visual utilizada para avaliar a atenção visual em crianças, em geral, e em crianças com deficiências intelectuais ou de neurodesenvolvimento, em particular, pode ser difícil e problemática por várias razões. Em primeiro lugar, os dados dos sistemas de rastreamento visual só podem ser gerados com uma calibração, ajustando o sistema informático a cada olho humano, que tem por isso de ser realizada individualmente para cada participante. Esta calibração pode estar condicionada pelas deficiências oculomotoras graves, tais como o nistagmo e estrabismo grave (Ali et al., 2020). Em segundo lugar, analisar e interpretar os dados obtidos requer algum conhecimento e experiência prévia, para a sua interpretação. Em terceiro lugar e mais importante ainda, é necessária a cooperação dos participantes; assim, as crianças que são demasiado jovens para compreender as tarefas ou as crianças com graves défices comportamentais ou de atenção podem não cooperar (Lee et al., 2020). Os dados de rastreamento ocular podem variar entre sessões, o que também pode ser um problema, especialmente com populações mais vulneráveis e que apresentem pouca consistência nas suas realizações (Munoz et al., 2003).

Apesar do desenvolvimento da tecnologia de rastreamento visual nos últimos anos, há ainda muitos desafios a enfrentar que incluem o desenvolvimento de métodos para a deteção precisa de fixações e a interpretação de dados. É crucial disseminar o conhecimento sobre os benefícios e as limitações do rastreamento ocular nos contextos clínico e de investigação, para permitir uma interpretação exata dos resultados e

maximizar as possibilidades deste método (Chang & Borchert, 2021; Jarodzka et al., 2021; Schneider & Bryant, 2024; Sim & Bond, 2021).

Podemos constatar o seu uso transversalmente ao longo dos três estudos que compõem esta tese, seguindo a forma como algumas ferramentas informáticas foram integradas e podem gerar um sistema com elevado poder de precisão, na avaliação da atenção e na avaliação da leitura, particularmente em crianças com perturbação neuromotora. Os materiais tecnológicos de rastreamento visual desenvolvidos nesta Tese serão explicados em pormenor no capítulo seguinte.

## **Capítulo 3 – A ferramenta de rastreamento visual como biomarcador da atenção**

**visual**

---

### **Capítulo 3 – A ferramenta de rastreamento visual como biomarcador da atenção visual em crianças com perturbação neuromotora**

(A informação deste capítulo foi organizada e utilizada para a escrita de: Gil, I & Silva Nunes, M. V. *”Eye-tracking: a biomarker tool in a digital visual attention assessment in children with neuro-motor disorder – A preliminary study”*(em processo de submissão).

#### **3-1 Introdução**

Nas crianças com comprometimento neuromotor, as funções visuais podem estar afetadas comprometendo as aprendizagens escolares, sobretudo as que exigem uma maior complexidade do processamento visual, como é o caso da leitura (Dambacher et al., 2013; Henderson & Luke, 2014; Kliegl et al., 2006; Lampe et al., 2014; Radach et al., 2008; Rayner, 1998; Ricci et al., 2010). Nas crianças com comprometimento cerebral como nas perturbações neuromotoras e em particular na paralisia cerebral, as perturbações visuais são muito frequentes variando de 50% a 90% podendo implicar diferentes graus e dimensões (Fazzi et al., 2012; Kozeis & Jain, 2018; Kozeis et al., 2007; Pavlova et al., 2003; Stiers et al., 2002). Nestas populações clínicas, que sofrem compromisso neurológico precoce, as capacidades visuais podem estar assim comprometidas até em comorbilidade ao longo de todo o percurso visual, desde o olho, passando pelos nervos

óticos, tálamo, vias óticas e córtex visual primário, assim como envolver áreas visuais de associação e o sistema oculomotor (Dufresne et al., 2014; Denver et al., 2016).

As funções mentais visuais consistem numa resposta natural adaptativa ao longo do desenvolvimento envolvendo uma complexidade de aspetos de diversa natureza, estruturais, neurofisiológicos e neurocognitivos que exigem maturação, tais como a acuidade visual, a integridade estrutural das vias visuais cerebrais e os movimentos oculares que em conjunto, condicionam as respostas básicas da atenção, assim como as mais elaboradas de processamento visuoperceptivo. A identificação das funções mentais visuais no contexto da atenção visual, tais como a fixação visual a transferência do olhar, a atenção mantida e a atenção dividida, estão descritas por Mirsky et al., (1991). Outros contributos foram identificados (Posner & Peterson, 1990; Posner & Rothbart, 2007) ao nível dos aspetos neurológicos e das redes neuronais implicadas nos processos de atenção, tais como a orientação espacial relacionada com a atenção seletiva, a sensibilidade aos estímulos relacionada com a atenção mantida e o controlo da atenção desenvolvido por mecanismos corticais superiores. Podemos encontrar na capacidade de seguimento visual, para além dos mecanismos de atenção mantida, ou oculomotores, o processamento visuoperceptivo mais complexo, assim as vias dorsais do processamento cortical visuoespacial, interferem também no processamento do movimento (Braddick, Atkinson & Wattam-Bell, 2003) e estão relacionadas com as redes neuronais da atenção (Atkinson & Braddick, 2011).

Toda esta panóplia de interferências nos mecanismos de interpretação e processamento visual vai originar uma necessidade minuciosa e atempada da parte

clínica, com uma avaliação e interpretação diagnóstica precoce, desencadeando e ajudando a eleger as medidas mais adequadas, como recursos materiais e humanos tão importantes para o planejamento dos planos de intervenção individuais de cada criança (Borgestig et al., 2016). Estas crianças podem apresentar défices consideráveis da atenção sendo difícil de utilizar testes convencionais, sobretudo devido às dificuldades motoras e de coordenação olho-mão, mas também devido a problemas graves de comunicação oral que condicionam a aplicação dessas avaliações (Cook et al., 2020). A utilização de sistemas de avaliação com recurso ao rastreamento ocular por vezes reveste-se como a única alternativa devido ao esgotamento das vias de avaliação mais convencionais estarem esgotadas e não se poderem aplicar, constituindo estes dispositivos a principal forma única forma de recolha de respostas em crianças afetadas a nível motor (Karlsson et al., 2017).

O recurso ao rastreamento visual biomarcador da funcionalidade visual reveste-se assim de grande utilidade na avaliação das funções mentais visuais evitando a fadiga da criança e facilitando a tarefa do examinador encurtando o seu tempo de avaliação, originando ainda maior precisão nos dados obtidos, com registos e resultados mais fiáveis resultante de associações a algoritmos e programas de computação.

Apesar disso encontram-se ainda poucos estudos de avaliações das funções mentais visuais com sistemas integrando o rastreamento visual-*eye-tracking* em populações clínicas, talvez por estarmos na presença de um sistema que exige por um lado a necessidade de acesso a materiais de alguma tecnologia, que por vezes pode não estar acessível e por outro lado a necessidade de experiência com estes materiais da parte

dos técnicos que lidam com estas populações clínicas. Nesta área, destacam-se alguns estudos relativamente recentes sobre avaliações visuoperceptivas com rastreamento visual (Attardo & Pickering, 2023; Borgestig et al., 2021; Karlsson et al., 2019; Vancleef et al a)2020; Vancleef et al b) 2020) e um outro explorando as questões da acuidade visual com o sistema de *eye tracking* (Chang & Borchert, 2021).

Neste estudo, partiu-se do paradigma de que usando a tecnologia *eye-tracking* se consegue identificar e analisar o comportamento visual em várias dimensões básicas, através do registo dos movimentos oculares e do seu comportamento na reação aos estímulos apresentados no écran do computador, com pontos de fixação e percursos de sequências entre pontos de fixações (sacadas). Estas dimensões da atenção visual incluem as fixações visuais, o seguimento de um alvo em movimentos, transferência do olhar de um estímulo para o outro e a pesquisa visual. As respostas pretendem observar diretamente o modo como o cérebro reage e processa a atenção visual, sendo registadas pelo sistema de rastreamento ocular através de um algoritmo de configuração e processamento de análise dos dados recolhidos.

Concretizando, neste estudo interessa-nos como objetivo primário desenvolver uma ferramenta de avaliação da atenção visual em crianças com perturbação neuromotora, recorrendo a um sistema de rastreamento visual, para perceber como as crianças focam as imagens a duas dimensões, se as conseguem seguir quando se movimentam num écran, como transferem o olhar de uma imagem para a outra e se as procura num conjunto de outras distratoras, mesmo na presença de dificuldades de comunicação.

Foi nosso objetivo principal desenvolver uma ferramenta que medisse as competências de atenção visual em crianças com perturbação neuromotora, que fosse fiável em termos de validade de construto.

Tentámos adicionalmente perceber, com esta ferramenta, se existe um perfil de dificuldades de atenção visual associado a estas crianças e se esse perfil está associado a competências de funcionalidade visuomotora e cognitiva.

Por último explorou-se a usabilidade desta ferramenta para os propósitos de avaliação e se foi considerada útil pelo grupo de profissionais que, depois do seu desenvolvimento e estudo, a usaram na prática clínica.

### **3-2 -Metodologia**

#### **Materiais:**

O Sistema integrado de rastreamento visual-*eye-tracking* utilizado foi composto por um conjunto de materiais de *HardWare* como um computador portátil, o instrumento de recolha da informação relativa ao rastreamento do olhar (tecnologia *eye-tracking* e o *Software Gaze Viewer* de recolha e gravação da prova de avaliação, registo das fixações

e padrões de movimento ocular resultantes das sacadas, isto é, percursos em sequência entre cada ponto de fixação ao qual é atribuído um número sequencial).

Os itens estímulo foram apresentados em formato *Power Point* num conjunto de sucessivos 64 itens de estímulos de atenção e percepção visual (fixação atenção mantida num estímulo fixo, seguimento visual – atenção mantida num estímulo em movimento, transferência olhar e procura visual-atenção seletiva),

### **3-2-1- Sistema integrado de rastreamento ocular - *eye-tracking***

Nesta versão utilizou-se um computador portátil com um écran de 17 polegadas processador Intel Core i7-4700MQ 4 x 2.4 - 3.4 GHz, Haswell e placa gráfica Graphics card. Intel HD Graphics 4600, Reviews: 1150 MHz, 9.18.10.3107. Para o sistema *eye-tracking* utilizou-se uma técnica não invasiva com a versão Tobii X2 *Eye Tracker*, combinada com o *software* de gravação *Gaze Viewer* da Tobii que permite gravar as fixações e o seguimento ocular entre cada fixação. Neste sistema é necessário realizar inicialmente uma calibração para cada utilizador.

A calibração é importante porque permite fazer os ajustes necessários dos mecanismos da tecnologia às condições biológicas de cada pessoa. É necessária esta calibração porque permite converter as características da imagem dos olhos em estimativas do ponto de olhar no écran (Hansen & Ji, 2010). Utilizou-se o teste de calibração do próprio sistema com um valor de 9 pontos de forma a assegurar uma boa calibração, com a frequência de dados visuais de 60HZ e uma precisão do olhar de 0,2° de fiabilidade e 0,1° de desvio padrão, conforme especificações técnicas desta tecnologia.

Para a aplicação do teste em formato digital é necessário um ambiente sem reflexos de luz no écran do computador, de modo a não causar reflexos de luz parasitas na pupila-córnea.

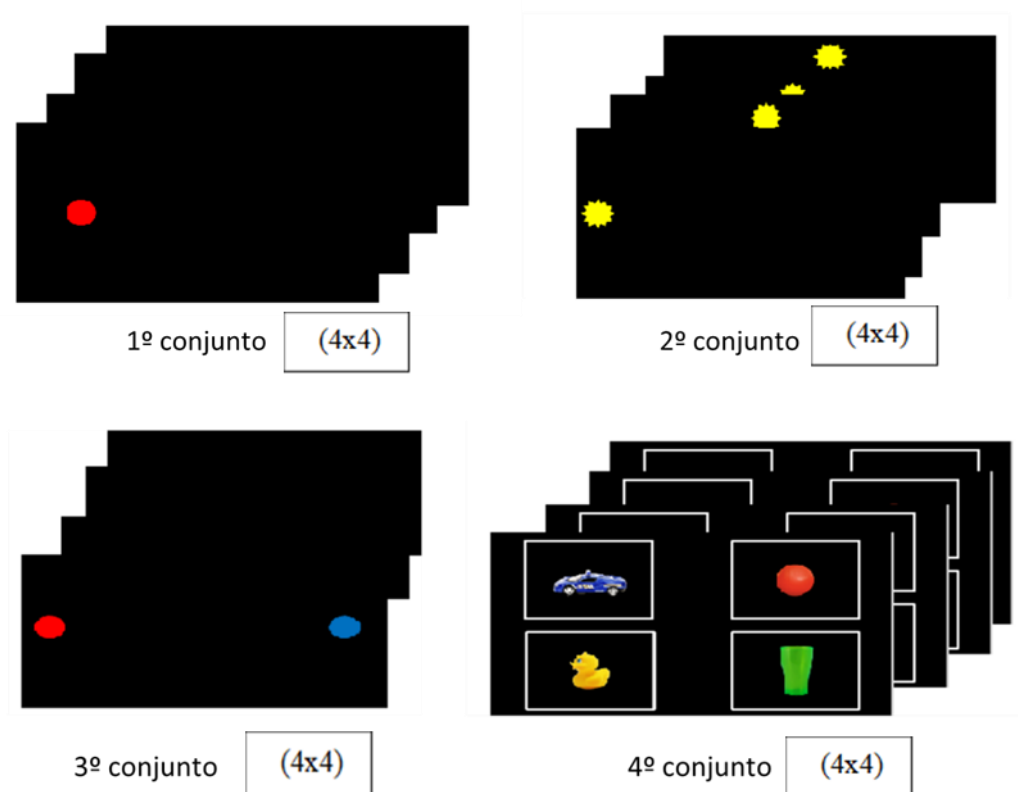
Os estímulos selecionados num fundo preto foram apresentados em formato digital em *PowerPoint* com 64 itens apresentados individualmente em sequência a um ritmo cadenciado de 9 segundos, agrupados em 4 conjuntos (Fixação, Seguimento, Competição e Procura visual (conforme fig.7) que correspondem às diferentes dimensões das funções visuais, compostas por 16 itens cada. Estes estímulos foram adaptados para o formato digital a partir de uma adaptação autorizada do original em formato físico, que se encontra de livre acesso na internet “*Assessment of Functional Gaze Control*” (Gaze Project n.d. ‘a’ [www.ucl.ac.uk/gaze-project/gaze-assessment](http://www.ucl.ac.uk/gaze-project/gaze-assessment) e os materiais em Gaze Project n.d. ‘b’ [www.ucl.ac.uk/gaze/pdfs/gaze-materials](http://www.ucl.ac.uk/gaze/pdfs/gaze-materials)).

As imagens digitais foram criadas através de formas geométricas simples como os círculos coloridos e estrelas, com 3 cm diâmetro, sobre um fundo de contraste negro realizado. As figuras estímulo escolhidas para os alvos de procura visual foram recolhidas de imagens de objetos do quotidiano disponibilizadas de forma acessível e livre com tamanho entre 3 cm a 6 cm, enquadradas numa grelha, também sobre um fundo negro de grande contraste. Estes estímulos foram compilados no programa *PowerPoint*.

Foram mantidos e respeitados os 64 itens, conforme o original em formato físico e respeitadas a sua sequência de apresentação, conforme descrito nos manuais do formato físico.

**Figura 6**

*Conjunto de itens e sua sequência de aplicação*



O computador foi colocado a uma distância de aproximadamente 50 cm numa mesa em frente à criança. Apenas é necessário um aplicador para colocar o sistema a funcionar.

Para testar este sistema, utilizou-se um teste piloto com 5 crianças com desenvolvimento típico e média de idades de 5 anos, (variando entre 2 e 8 anos) com

sucesso a 100%, tendo servido esta experiência de base para a construção e planeamento da avaliação com este sistema e demonstrado que esta é uma tarefa que apresenta um efeito de teto em crianças de desenvolvimento típico.

### **3-2-2- Descrição da apresentação dos estímulos na avaliação das funções mentais visuais`:**

Primeiro foi apresentado um 1º conjunto de 16 itens - Fixação que avalia a capacidade de fixação do olhar num alvo estático (uma imagem a duas dimensões com forma de um círculo vermelho) em 4 posições em cima e em baixo, à esquerda e à direita, num fundo preto. Os alvos foram apresentados 4 vezes em cada posição, observando um total de 16 itens. Atribuiu-se na cotação 1 ponto para cada sucesso (fixar o alvo) podendo atingir-se um máximo de 16 pontos.

Seguiu-se um 2º conjunto de 16 itens - Seguimento que avalia a capacidade de seguir um alvo em movimento com ou sem movimentos da cabeça (o alvo utilizado foi uma imagem a duas dimensões de cor amarela e em forma de estrela). O alvo foi apresentado num écran totalmente preto; o alvo apresenta movimento nas direções esquerda-direita e vice-versa e cima-baixo e vice-versa. A criança recebe uma pontuação de 1 ponto por seguir o percurso completo e 0 pontos no caso de não seguir o objeto ou o fizer de forma incompleta, somando um máximo de 16 pontos.

A este conjunto seguiu-se um 3º conjunto de 16 itens - Transferência do olhar que explora a capacidade de transferência do olhar de um alvo para outro perante uma situação de competição e não competição. Na situação de competição inicialmente foi apresentado

apenas um alvo (uma imagem de um círculo vermelho) e após a criança fixar este alvo é mostrado um segundo alvo (uma imagem de um círculo azul) permanecendo ambos à vista no écran preto. Neste caso entra este segundo alvo em competição com o primeiro. Na situação de não competição, o primeiro alvo é removido quando aparece o segundo alvo, assim o segundo alvo fica isolado e não entra em competição com o primeiro; 16 situações são criadas e pontuadas com 1 ponto em caso de acerto e 0 pontos em caso de erro, somando um total máximo de 16 pontos.

Por último, seguiu-se um 4º conjunto de 16 itens -Procura Visual que avalia a capacidade de procurar e selecionar um alvo de entre mais outros três, a pedido do examinador (por ex. um carro). A imagem do objeto alvo e mais 3 são apresentados no écran com fundo preto, enquadrados por uma grelha branca 2x2, dois em cima e dois em baixo. O alvo é apresentado e solicita-se que seja procurado com o olhar entre os outros 3. São utilizadas 16 ocasiões em diferentes localizações, sendo que em 4 destas o alvo desaparece, sendo cotada a procura da célula livre de estímulos. São pontuados 1 ponto acerto e 0 pontos o erro na localização. A pontuação máxima deste conjunto é 16. Pontos.

Todos os itens foram apresentados respeitando um seguimento cadenciado de 9 segundos, estando esta apresentação programada em formato PowerPoint. Durante a aplicação e dependendo de cada situação clínica estavam presentes sempre os pais/cuidadores e os profissionais que realizam intervenções semanais com as crianças envolvidas, proporcionando ajuda na adequação de posturas e posicionamentos, assim como na regulação comportamental.

Após aplicados os quatro conjuntos de 16 itens, totalizando 64 itens, foram registadas em formato de gravação com o *software Gaze Viewer*. As informações dos dados relativos às fixações e sacadas registadas foram armazenadas em pastas individuais para análise e cotação de cada item.

Posteriormente procedeu-se à cotação revendo o filme de cada gravação. Todas as sessões foram gravadas com o *software Gaze Viewer* permitindo a avaliação através da sua visualização. A Análise dos resultados foi realizada pelo examinador. A recolha dos dados da avaliação e o seu armazenamento em formato digital ficou no serviço de psicologia.

### **3-2-3- Amostra:**

Procedimento de recolha da amostra: Foram elegíveis aleatoriamente 43 crianças que frequentavam regularmente um estabelecimento especializado na área de Lisboa (tabela 1); os protocolos foram recolhidos com consentimento informado, de acordo com os princípios éticos aplicados na prática clínica e com a autorização escrita da Direção do estabelecimento.

CAPÍTULO 3 – A FERRAMENTA DE RASTREAMENTO VISUAL COMO BIOMARCADOR DA ATENÇÃO VISUAL

**Tabela 1**  
*Caraterização da Amostra*

		Frequência	%
Sexo	Fem.	18	41.90
	Masc.	25	58.10
	Total	43	100.00
Idade (a.m)		Min = 2:2	Max=13:0
		$\bar{X}$ = 5:11	SD = 2:6
Diagnóstico	Paralisia Cerebral - Disquinésia	16	37.20
	Paralisia Cerebral - Espástica	14	32.60
	Síndrome Genético com Alterações Neuromotoras	13	30.20
	Total	43	100.00
Alterações Visuomotoras (VFCS)	Sem alterações	10	23.30
	Level II	15	34.90
	Level III	10	23.30
	Level IV	8	18.60
	Total	43	100.00
Cognição (Leiter I. P. S.)	Sem défice	9	20.90
	Défice lieiro	10	23.30
	Défice Moderado	15	34.90
	Défice Grave	9	20.90
Função Motora Global (FMG)	Total	43	100.00
	Level I	2	4.70
	Level II	16	37.20
	Level III	11	25.60
	Level IV	5	11.60
	Level V	9	20.90
Comunicação- VSS	Total	43	100.00
	Level I	1	2,30
	Level II	7	16.30
	Level III	13	30.20
	Level IV	22	51.20
Total	43	100.00	

A função cognitiva foi avaliada com a Escala Internacional Leiter (Levine, & Leiter, 1989) a Função motora Global com a Escala de Classificação da Função motora Global (Palisano, et al., 1997) e as Alterações visuo-motoras com o Sistema de Classificação das Funções Visuais (Baranello, G. et al, 2020).

Os critérios de elegibilidade considerados são: apresentar dificuldades motoras, visuomotoras e de comunicação. Foram excluídos os casos de impossibilidade de calibração. As informações recolhidas das características clínicas de cada sujeito, não referentes à parte da psicologia, resultaram de avaliações prévias individuais por cada técnico da sua área específica.

#### **3-2-4- Procedimento**

Todas as crianças elegíveis foram avaliadas nas funções mentais visuais com o sistema integrado digital no mesmo local, numa sala livre de estímulos externos ou luz refletora; as avaliações foram efetuadas individualmente. Antes de se proceder às avaliações, os participantes necessitavam estar bem sentados e posicionados em frente aos respetivos materiais.

##### **3-2-4-1-- Estudo de fiabilidade do sistema integrado de avaliação das funções da Atenção Visual**

Estudar a fiabilidade deste sistema de formato digital tornou-se fulcral de forma a permitir estabelecer a precisão dos resultados fornecidos. Na prática quanto mais confiável, mais preciso é, e menor se torna o erro de medição. Ao utilizar o *Alfa de*

*Cronbach* permite-nos analisar em que medida os resultados obtidos são consistentes entre si e representam o respetivo constructo, apresentando consistência interna com este sistema integrado. (Pestana & Gageiro, 2003).

No sentido de avaliar o grau de consistência interna com o *Alpha de Cronbach* permite-se verificar se neste sistema de avaliação se medem os constructos de fixação visual, seguimento visual, transferência do olhar e procura visual. É assim determinado o grau em que este sistema mede acuradamente o constructo teórico subjacente para cada conjunto de itens e na sua globalidade. Com esta análise é possível perceber as qualidades psicométricas deste sistema de avaliação.

### **Resultados obtidos na Avaliação das Funções Visuais**

Segundo a estatística descritiva, os valores mais baixos encontram-se no seguimento de um alvo em movimento, seguimento visual. Esta população com défice motor tem dificuldades também em dissociar os movimentos dos olhos para acompanhar um alvo em movimento, nesta situação em particular, são implicados em simultâneo os mecanismos relacionados com a retina, mas também os relacionados com o processamento visual, como a atenção (Attardo & Pickering, 2023).

Foi usado para o cálculo da estatística descritiva e inferencial com a versão 28 do programa de estatística IBM SPSS, ver tabela 2.

**Tabela 2**

*Resultados das Pontuações em Médias e Desvio Padrão Obtidas nas Funções Visuais*

	Nº itens	Média	Desvio padrão
Fixação visual	16	12.81	3.48
Seguimento visual	16	9.21	4.36
Transferência olhar	16	13.67	2.69
Procura visual	16	13.70	3.21
Geral	64	47.93	10.70

As respostas foram analisadas e validadas, cotando-as com sucesso com um ponto e em caso de erro com zero pontos; por exemplo cota-se positivo quando se consegue seguir o estímulo alvo em movimento de baixo para cima, erra se não conseguir seguir o alvo com sacadas e pontos de fixação ao longo desse trajeto de baixo para cima. O erro surge quando há distração ou a fixação se realiza para fora do écran sem regulação visuomotora. A diferença dos erros em termos qualitativos varia consoante o nível cognitivo e dificuldades visuomotoras. Para explicar estes resultados sobretudo os resultados mais baixos de seguimento visual, usou-se a estatística inferencial analisando as médias dos resultados obtidos nas funções mentais (fixação, seguimento, transferência e procura visual) como variáveis dependentes com as diferentes variáveis independentes

que mais pudessem interferir nos resultados (tipologia diagnóstica, alterações visuomotoras, motricidade global, fala e cognição).

Foi utilizado o teste não paramétrico porque as variáveis não seguem a tendência da distribuição de normalidade e pelo facto de a amostra ser pequena e ser uma alternativa não paramétrica à Análise de Variância – ANOVA conforme recomendação por Maroco (2007) ver tabela 3 do cruzamento destas variáveis.

**Tabela 3**

*Cruzamento das Variáveis Dependentes e Independentes com o Teste Não Paramétrico de Kruskal-Wallis*

	Fixações visuais	Seguimento	Transferência	Procura visual
	Kruskal-Wallis <i>p</i>	Kruskal-Wallis <i>p</i>	Kruskal-Wallis <i>p</i>	Kruskal-Wallis <i>p</i>
Diagnóstico	,188	,329	,522	,268
Alterações visuomotoras	<b>,002</b>	<b>,017</b>	<b>&lt;,001</b>	<b>&lt;,001</b>
Motricidade global -GMF	,120	,463	,118	,054
Fala- Vicking scale	,377	,232	,259	,501
Cognição	<b>,007</b>	<b>,039</b>	<b>,002</b>	<b>,050</b>

Nível significância  $p \leq ,050$

A negrito encontram-se as variáveis que interferem significativamente nos resultados das funções mentais visuais ( $p \leq ,050$ ), sendo evidente nesta amostra que as alterações visuomotoras e cognitivas interferem nos resultados na avaliação destas funções mentais da atenção e percepção visual. O grau de alterações visuomotoras e

cognitivas acentua as dificuldades de funcionalidade visual tal como seria expectável. Podemos assim reconhecer que as diferenças entre as médias na amostra refletem uma diferença real nesta população clínica, correspondendo com a observação empírica da experiência clínica e da literatura (Attardo & Pickering, 2023).

### Resultados da Análise da consistência interna

Calculou-se o *Alpha de Cronbach*, ver tabela 4, no sentido de avaliar a consistência interna deste sistema integrado de funções mentais da escala geral revelando um *Alpha de Cronbach* de 0,932 qualitativamente, quase perfeito. Por dimensões, como podemos ver na tabela 4, todos apresentam uma consistência quase perfeita, apenas a procura visual apresenta menor variância com um grau de consistência interna substancial.

**Tabela 4**

*Resultados Obtidos com Alpha Cronbach*

	Média	Variância	Desvio padrão	N de itens	Alpha de Cronbach
Geral - Funções Mentais Visuais	47.93	114.49	10.70	64	.932
Fixação visual	12.81	14.208	3.48	16	.876
Seguimento Visual	9.21	21.833	4.36	16	.920
Transferência Visual	13.67	15.346	2.69	16	.928
Procura Visual	13.70	5.421	4.21	16	.682

Assim, respondendo aos objetivos iniciais, a ferramenta desenvolvida parece medir as competências de atenção visual em crianças com perturbação neuromotora, e ser fiável em termos de validade de construto. Adicionalmente parece existir um perfil de dificuldades de atenção visual com esta ferramenta associado a estas crianças, que apresentam maiores dificuldades ao nível do seguimento visual. Foi ainda possível verificar que esse perfil está associado a competências de funcionalidade visuomotora e cognitiva.

Depois do desenvolvimento, e numa lógica de transferência para a prática, o sistema tem sido disponibilizado na avaliação clínica das crianças no serviço de psicologia.

#### **3-2-4-2 Estudo de Avaliação de Usabilidade**

Com o objetivo de perceber se os utilizadores consideraram este sistema de utilidade na sua prática clínica, foi aplicado um Teste de usabilidade (Martins, A. et al., 2015) a 10 técnicos utilizadores, com experiência de trabalho com crianças com PC variando de 5 a 39 anos e com experiência nesta tecnologia *eye-tracking* variando de 5 a 12 anos. Este teste era composto por 10 questões com respostas em escala de *likert* ao qual foram adicionadas duas questões abertas, uma sobre benefícios deste sistema integrado e outra sobre sugestões de melhorias. As respostas foram sujeitas a estatística

descritiva. As duas últimas questões abertas foram objeto de análise de conteúdo, sendo as respostas agregadas por unidades de categorias temáticas tendo em conta as respostas relevantes acerca de cada assunto (Barelson, citado por Bardin, 1977). Cada categoria obedeceu à contagem de frequências.

Os resultados descritivos das respostas ao teste de Usabilidade, composto de 10 questões realizadas aos 10 utilizadores profissionais, são apresentados na tabela 5 e gráfico 1. Estes profissionais que atuam com pessoas com paralisia cerebral há no mínimo 5 anos e no máximo 39 anos e possuem experiência no uso de sistemas de rastreamento ocular, com mínimo de 5 anos e máximo de 10 anos de experiência.

Podemos verificar que os utilizadores concordam com a facilidade de utilização do sistema; os resultados são consistentes, facilmente acessíveis e apresentam confiança. Considera-se ainda a necessidade de ter conhecimentos prévios, mas com ajuda inicial facilmente ultrapassaram as dificuldades. Esta necessidade variou naturalmente consoante os anos de experiência dos técnicos.

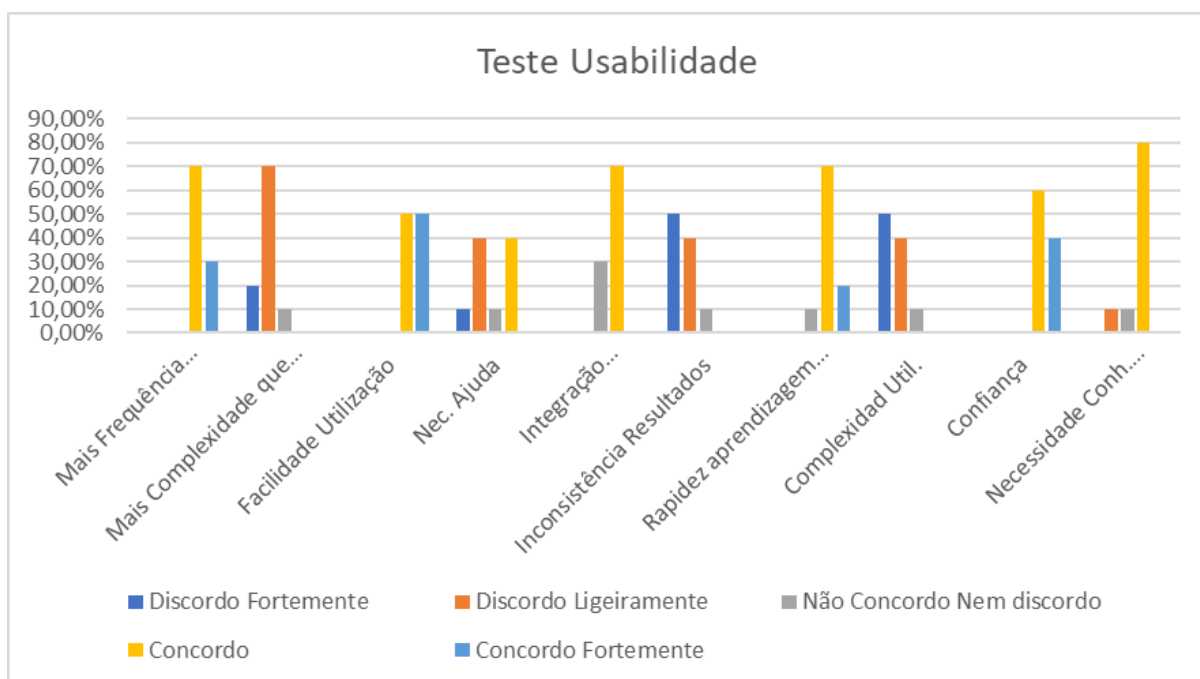
**Tabela 5**

*Tabela dos Resultados em Frequências e Percentagens do Teste de Usabilidade*

	Discordo Fortemente 1		2		3		4		Concordo Fortemente 5	
	utilizador	%	utilizador	%	utilizador	%	utilizador	%	utilizador	%
<b>Penso que este teste deveria ser usado com maior frequência em mais situações</b>	0	0	0	0	0	0	7	70,00	3	30,00
<b>Considero um pouco mais complexo do que necessário</b>	2	20,00	7	70,00	1	10,00	0	0	0	0
<b>Acho que é fácil de utilizar</b>	0	0	0	0	0	0	5	50,00	5	50,00
<b>Se o usasse precisaria de ajuda para o utilizar</b>	1	10,00	4	40,00	1	10,00	4	40,00	0	0
<b>As várias funcionalidades deste instrumento estão bem integradas</b>	0	0	0	0	3	30,00	7	70,00	0	0
<b>Achei que o instrumento tem muitas inconsistências</b>	5	50,00	4	40,00	1	10,00	0	0	0	0
<b>Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizá-lo rapidamente</b>	0	0	0	0	1	10,00	7	70,00	2	20,00
<b>Considero muito complicado de utilizar</b>	5	50	4	40,00	0	0	0	0	1	10,00
<b>Senti confiança na sua utilidade em termos de resultados</b>	0	0	0	0	0	0	6	60,00	4	40,00
<b>Para compreender a sua utilização tive de aprender muito antes</b>	0	0	1	10,00	1	10,00	8	80,00	0	0

### Gráfico 1

Resultados da Distribuição em Percentagens no Teste de Usabilidade

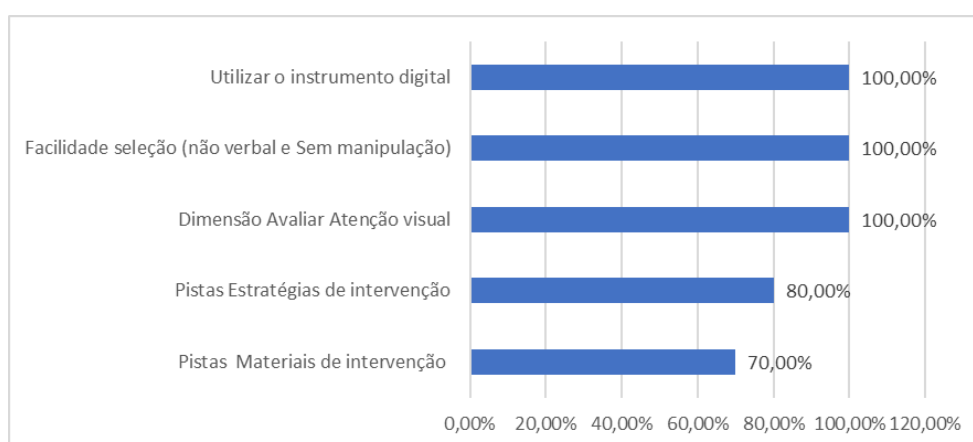


Nos gráficos 2 e 3 estão representados os resultados da análise de conteúdo das duas perguntas abertas, referentes à identificação de benefícios e sugestões de melhoria.

Na análise sistemática de conteúdo no que diz respeito ao tema Benefícios para esta população, as respostas foram agrupadas em frequências por 5 categorias, conforme gráfico 2. A facilidade de seleção na utilização de um instrumento em formato digital para avaliar a dimensão da atenção nestas populações é considerada de grande utilidade, permitindo ainda fornecer pistas de trabalho para intervir, assim como fornecer ideias de construção de materiais para treinos de modo a suprir dificuldades específicas.

## Gráfico 2

*Categorias Dentro do Tema Benefícios do Sistema de Avaliação das Funções Mentais Visuais*

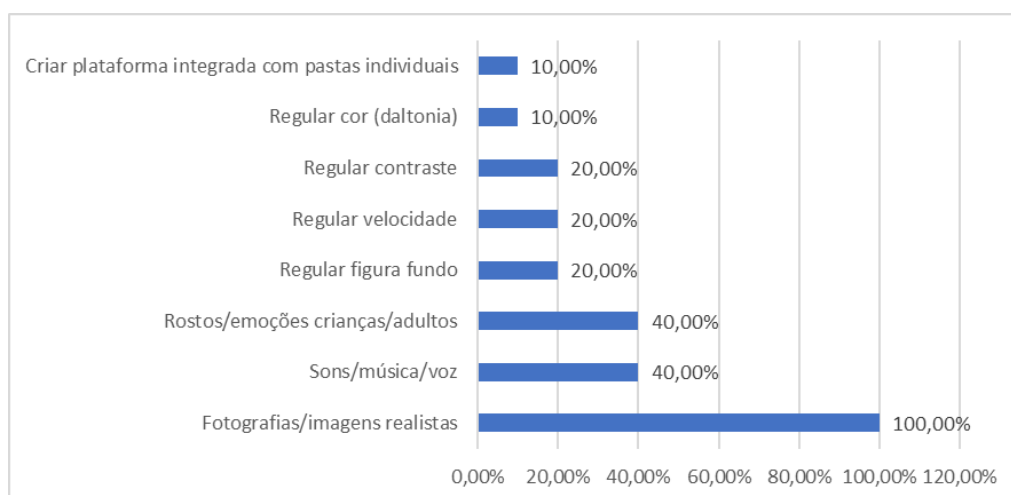


Na análise de conteúdo relativa ao Tema Sugestões de melhoria foram identificadas e agrupadas em oito categorias conforme gráfico 3. As sugestões de melhoria vão no sentido de funcionalidades acrescidas de regulação de aspetos visuoperceptivos (imagens, cor, fundo, luminosidade) que poderão tornar mais flexível e

criar mais níveis de dificuldade, podendo despertar uma oportunidade futura de aumentar o leque de idades de desenvolvimento mental. Sugere-se ainda a associação a outras dimensões relacionadas com a percepção auditiva e com as emoções; nestes casos seria criar com este sistema outras temáticas de avaliação.

### Gráfico 3

*Categorias Dentro do Tema Sugestões de Melhoria:*



### 3-3- Discussão dos resultados

Os resultados encontrados revelam que o sistema é sensível para a avaliação das funções da atenção e percepção visual, sendo possível fazer inferências para a população clínica com alterações visuomotoras e cognitivas. Por outro lado, a análise de fiabilidade

revelou bons resultados do grau de consistência interna sendo os constructos adequados ao contexto teórico podendo ser generalizáveis a uma população com estas características.

No estudo de usabilidade com profissionais que atuam com crianças com paralisia cerebral e apresentam conhecimentos da tecnologia *eye-tracking* verificaram-se bons resultados com reconhecimento da sua utilidade, tendo havido sugestões de melhoria deste sistema com introdução de diferentes materiais e funções a explorar em futuras investigações.

Considera-se que existem bons indícios deste sistema integrado em formato digital com rastreamento visual por fornecer perfis funcionais do controlo visual, isto é fornecer pistas para a intervenção em ambientes digitais, sendo um sistema prático portátil de fácil mobilidade, menos demorado a aplicar e por consequência menos cansativo para aplicadores e sujeitos avaliados, indo ao encontro de outros estudos (Kulke, Atkinson e Braddick, 2015, Attardo & Pickering, 2023).

Os resultados gravados com o *software Gaze Viewer* e visualizados de imediato permitem uma mais-valia com a quantificação do número e tempo de fixações, a sua localização exata em relação ao alvo, os padrões de movimentos dos olhos no ecrã entre fixações (sacadas) e vieram fornecer uma grande precisão, rigor e objetividade. A gravação automática destes dados facilita ainda o recurso a visualizações sucessivas, investigações longitudinais e estudos de seguimento de caso, constituindo evidências para posterior comparação com maior precisão.

Este sistema integrado digital pode, para além das vantagens enumeradas anteriormente, apresentar algumas limitações, nomeadamente para quem tem patologia muito grave/severa, motora e cognitiva, pois é particularmente sensível a estas variáveis. Considera-se também que o material, por envolver alguma tecnologia, exige conhecimento prévio quer com os materiais quer com a população em causa.

A avaliação de usabilidade revelou ser um sistema muito útil servindo de ajuda ao processo de decisão e intervenção, com algumas sugestões de melhoria a desenvolver possivelmente no futuro, evoluindo para uma versão com mais algumas propriedades acrescidas, tais como a utilização de imagens de objetos mais realistas e a introdução de mais movimento e sons. Estas alterações exigem uma maior reflexão sobre os constructos implicados e se a sobreposição de vias neuro sensoriais não mascara o efeito pretendido da atenção visual. Assim, a maior vantagem desta interface entre computador e olho humano constitui a preciosa ajuda na precisão do diagnóstico das dificuldades da atenção visual (Attardo & Pickering, 2023).

Constitui sempre uma mais-valia para o técnico (terapeuta, psicólogo ou professor) no momento real em que está a avaliar a criança, isto é, a identificar as suas capacidades em termos de atenção aos estímulos e identificar as suas respostas cognitivas, podendo estas ser mais básicas ou elaboradas, sendo esta avaliação fundamental para planear os desafios inerentes a todas as atividades a programar especificamente para cada criança.

**Capítulo 4- A leitura em crianças nascidas pré-termo com perturbação  
neuromotora**

---

## **Capítulo 4 - A leitura em crianças nascidas pré-termo com perturbação neuromotora**

(Parte da informação constante deste capítulo foi publicada no artigo: Campos-Gil, I., & Nunes, M. V. (2016). A leitura em crianças prematuras com perturbações neuromotoras. *Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación*, 11, 74-79.)

### **4-1-Introdução**

Os avanços científicos das últimas décadas nos cuidados neonatais sobretudo com a introdução de metodologias de regulação neurocomportamental e hemodinâmica do recém-nascido pré-termo proporcionaram uma sobrevivência cada vez maior desta população. Segundo dados do Instituto Nacional de Estatística em Portugal, os prematuros representam 7,8% dos nados vivos.

A paralisia cerebral e as perturbações do neurodesenvolvimento são as sequelas mais temidas nesta população, estando a prevalência da paralisia cerebral estável à custa dos nascimentos pré-termo (Himmelman, et al., 2010; Platt M. J., 2014). Esta etiologia representa 45% dos casos registados aos 5 anos com paralisia cerebral em Portugal.

O risco dos nascidos pré-termo virem a desenvolver paralisia cerebral aumenta proporcionalmente relativamente ao grau de prematuridade, quer em peso ao nascer quer em semanas de gestação (Programa de Vigilância da Paralisia Cerebral aos 5 anos de idade – PVNPC). Atualmente o diagnóstico de paralisia cerebral reporta-se às

alterações/perturbações/lesões neurológicas do movimento e da postura comprometendo predominantemente o domínio motor (Bax et al., 2005), mas podendo englobar outros défices em comorbilidade como a cognição (Kerr-Wilson et al., 2012), nomeadamente aspetos visuoperceptivos, da comunicação e linguagem e consequentemente perturbações da aprendizagem na idade escolar (Anderson, 2003; Bhutta et al., 2002; Guarini et al., 2010; Litt et al., 2005; Keller-Margulis et al., 2011; Olivieri et al., 2012) que podem prevalecer até mais tarde na adolescência e idade adulta (Saigal & Doyle, 2008).

A leitura é uma das primeiras aquisições na idade escolar e por isso constitui um forte indicador das dificuldades cognitivas nesta idade. A leitura de palavras é um processo complexo que para além de implicar o processamento fonológico a nível da linguagem (Downie et al., 2002; Landerl et al., 1997; Wagner & Torgesen, 1987) envolve o processamento cognitivo a atenção visual o processamento visuoperceptivo e visuomotor (Blythe et al., 2009; Dambacher et al., 2013; Nazir & Huckauf, 2008).

A investigação para avaliar a atividade da leitura tem recorrido à tecnologia *eye-tracking*, sendo esta técnica uma forte aliada dos investigadores sobretudo na visualização do padrão de processamento visual ao nível dos aspetos visuomotores (Hand et al., 2012; Rayner, 2009; Rayner et al., 2011). No entanto, nas crianças nem sempre é fácil utilizar esta técnica devido às implicações e exigências decorrentes do desenho experimental em

estudos de leitura, assim como na calibração e controlo postural necessários durante os procedimentos de avaliação.

A atenção visual, a velocidade de processamento, o controlo visuomotor, assim como a perceção visuoespacial, são funções que podem ser avaliadas com recurso ao *eye-tracking* e a análise do material pode fornecer pistas para elaborar estratégias e padrões de exploração visual e fonológica na leitura.

A utilização desta ferramenta digital, aliada à avaliação da leitura, constitui um forte contributo para a compreensão dos processos de leitura, sobretudo em grupos com dificuldades de realização e maior fragilidade neuromotora, ver em Anexos- Resumos de Comunicações- Comunicação 2-ISAAC 2016 (Gil, I. & Nunes, M.V.,2016).

Procurámos responder às seguintes questões e que correspondem às principais preocupações levantadas:

- Existe impacto do nascimento pré-termo no desenvolvimento da competência da leitura?
- Este impacto é superior à perturbação neuromotora?
- Quais os aspetos que mais influência têm no desenvolvimento da leitura?
- Quais os padrões de desenvolvimento da leitura encontrados entre as crianças de idade escolar nascidas pré-termo? Será que são diferentes das crianças tipicamente desenvolvidas? E será que são diferentes das crianças com PNM nascidas de termo?

- Como são os padrões visuais e os padrões de produção oral da leitura quando comparados com os desempenhos das crianças tipicamente desenvolvidos e com os das crianças com PNM nascidos de termo?

O objetivo final deste estudo é assim analisar o perfil do processamento visual e fonológico na atividade de leitura, numa amostra de crianças nascidas pré-termo e compará-lo com um grupo com idênticas perturbações neuromotoras, nascidas de termo e compará-las com um grupo de controlo com crianças tipicamente desenvolvidas.

## **4-2-Metodologia**

### **4-2-1-Participantes**

. Na primeira fase recorreu-se à seleção de uma amostra de conveniência, recolhida de uma coorte de 156 crianças com idades entre os 7 e os 10 anos atendidos num Centro especializado de onde foram retirados dois grupos. Um (G1) com idade de gestação <37 semanas constituindo o grupo de crianças nascidas pré-termo (N=25) e outro (G2) de crianças nascidas de termo  $\geq 37$  semanas (N= 25), ambos com níveis cognitivos com  $QI > 70$  e níveis de perturbação neuromotora ligeira a moderada, segundo o Sistema de Classificação da Função Motora Global (SCFM) e a frequentar o ensino regular (1º ciclo), com apoios ao abrigo da legislação em vigor em Portugal, DL 3/2008 para crianças com necessidades educativas específicas (NEE). Foi ainda constituído um outro grupo de crianças tipicamente desenvolvidas, nascidas de termo sem patologias cognitivas ou neuromotoras e sem NEE, a frequentar a escola regular (N=32). os

protocolos foram recolhidos com consentimento informado, de acordo com os princípios éticos vigentes, tendo sido obtidas todas as autorizações necessárias.

Os três grupos foram constituídos de forma homogénea em relação ao sexo, idade frequência escolar e escolaridade materna.

Todas as crianças envolvidas foram avaliadas ao longo de três sessões ao nível da inteligência com as Escalas de Inteligência de *Wechsler* - WISC III (Wechsler, D., 2003) sendo possível obter os respetivos índices perceptivo e verbal. O Índice Perceptivo permite avaliar as competências cognitivas não verbais em diferentes níveis visuoperceptivos, visuoespaciais e estruturação temporal. O Índice Verbal permite avaliar competências verbais relacionadas com a compreensão do material verbal e expressão de vocabulário. Foi ainda usado o teste da Figura Complexa de Rey (Rey, 2002) para a avaliação das competências de representação visuo-espacial e ao nível do Desenvolvimento da linguagem utilizou-se a Grelha de observação da linguagem-Gol-E (Kay & Santos, 2014) que nos permite dar indicadores específicos da linguagem em crianças em idade escolar. Todas estas avaliações estão validadas para a população portuguesa e apresentam resultados expressos em percentis. Foram avaliados numa quarta sessão ao nível da leitura com o teste ALEPE (Sucena & Castro, 2011) com recurso ao *eye-tracking*. Nesta fase foram excluídos 4 elementos do G1 e 5 do G2, por limitações inerentes ao nível de leitura apresentado (sub-silábica) e 4 elementos do G3 faltaram à avaliação ficando assim constituídos os grupos: G1 N= 21; G2 N=20; G3 N= 28.

Seguem-se as tabelas 6, 7, 8 e 9 com a análise descritiva que caracterizam os dois grupos com perturbação neuromotora ligeira a moderada, que frequentam a escola



**Tabela 7**

*Caraterização dos Grupos 1 e 2 em Relação ao Diagnóstico em Frequências e Percentagens*

<b>Diagnóstico</b>	G1		G2	
	Freq	Perc	Freq	Perc
	(n)	(%)	(n)	(%)
ADPM	7	33.3	13	65.0
ADPM c/ atraso de Linguagem	3	14.3	0	0.0
PC Ataxia	1	4.8	1	5.0
PC Espástica Bilateral	8	38.1	1	5.0
PC Espástica Unilateral	2	9.5	4	20.0
PC Atetose	0	0.0	1	5.0
Total	21	100.0	20	100.0

ADPM=Atraso do Desenvolvimento Psicomotor;

PC =paralisia cerebral

Conforme a tabela 8, o tipo de alterações identificadas nos pré-termo é significativamente maior em relação às lesões da substância branca, representando 52,4%, enquanto nos nascidos de termo aparecem associadas a lesões também da substância cinzenta e corpo caloso e representam 30%.

**Tabela 8**

*Alterações/lesões cerebrais reportadas em ressonância magnética no G1 e G2 em frequências e percentagens*

RM	G1		G2	
	Freq (n)	Perc (%)	Freq (n)	Perc. (%)
Lesões Cerebelo	1	4.8	1	5.0
LPV	10	47.6	0	0.0
LPV+ Lesões Corticais	1	4.8	3	15.0
Malformações	2	9.5	1	5.0
LPV + Lesões Talâmicas	0	0	2	10.0
LPV+ Corpo Caloso	0	0	1	5.0
Sem Alterações RM	0	0	2	10.0
Sem RM	7	33.3	10	50.0
Total	21	100.0	20	100.0

LPV= leucomalácia periventricular

Em relação às alterações visuais diagnosticadas em oftalmologia, o grupo dos pré-termo apresenta mais alterações no seu conjunto 57,1% comparado com 40% no grupo de nascidos de termo (tabela 9).

**Tabela 9**

*Alterações Visuais no G1 e G2 em Frequências e Percentagens*

Alterações Visuais	G1		G2	
	Freq	Perc	Freq	Per
	(n)	(%)	(n)	(%)
Estrabismo	6	28.6	7	35.0
Estrabismo + Hipermetropia	2	9.5	0	0
Estrabismo + Miopia	2	9.5	0	0
Estrabismo + Nistagmo	1	4.8	1	5.0
Miopia	1	4.8	0	0
Sem Alterações	9	42.9	12	60.0
Total	21	100.0	20	100.0

Os três grupos, na análise descritiva da tabela 10, caracterizam-se em relação ao desenvolvimento visuoperceptivo e da linguagem de forma diferente, tendo o G1 dos pré-termo na área visuoperceptiva resultados mais baixos na Figura Complexa de Rey e na *WISC III- IOP* (índice de organização perceptiva) em relação ao G2 de termo; o mesmo

não aconteceu na área da linguagem. Ambos os grupos apresentam percentis inferiores ao G3, crianças tipicamente desenvolvidas, em todas as áreas avaliadas.

**Tabela 10**

*Caraterização da Amostra em Relação às competências Visuoperceptivas e de Linguagem*

	Desenvolvimento	N	Mín.	Máx.	Média	Desvio
	Visuoperceptivo e					padrão
	Linguagem					
G1	WISC III - IOP	21	1	65	19.05	19.449
	F.C.Rey	21	1	30	12.52	8.394
	WISC III - ICV	21	3	97	42.00	27.593
	GOL-E	21	5	75	27.62	22.339
G2	WISC III - IOP	20	2	82	25.45	24.334
	F.C.Rey	20	1	99	27.25	24.895
	WISC III - ICV	20	2	93	51.05	31.889
	GOL-E	20	5	75	23.75	22.117
G3	WISC III - IOP	28	5	99	68.31	25.384
	F.C.Rey	28	20	99	80.42	25.757
	WISC III - ICV	28	47	99	83.81	15.144
	GOL-E	28	25	90	67.85	17.020

#### 4-2-2-Instrumentos e Procedimentos

Na avaliação da leitura com avaliação simultânea do processamento fonológico e visual, recorreu-se à tecnologia de rastreamento *visual-eye-tracking*. Para calibrar e detetar a capacidade de utilização do sistema fez-se um teste ao nível da atenção visual, prévio à avaliação da leitura, permitindo avaliar a fixação e o seguimento visual. Este teste foi referido no capítulo anterior, constituindo um bom ponto de partida na avaliação para se poder usar esta ferramenta.

Procedeu-se à avaliação da leitura, tendo sido os três grupos avaliados a nível da Leitura com o teste Avaliação da Leitura em Português Europeu – ALEPE (Sucena & Castro, 2011), permitindo ler 48 palavras e 24 pseudopalavras. Foi usado o software ALEPE em computador disponível numa Pen drive com entrada USB. Cada palavra escrita em letra de imprensa tamanho 36 em cor branca é apresentada individualmente durante 10s no centro do écran de contraste totalmente negro, desaparecendo de seguida e surgindo uma nova palavra. O *software* da ALEPE permite registar a gravação da voz e o tempo de reação, sendo este o tempo real de leitura do estímulo em voz alta. Este *software* regista ainda, a cotação da resposta que o examinador realiza, clicando o botão do rato do lado esquerdo para a resposta incorreta e lado direito para a resposta correta, durante a avaliação. Em simultâneo, registou-se a fixação e a sequência do seguimento visual durante a leitura de palavras com outro a funcionar em simultâneo, *software Gaze*

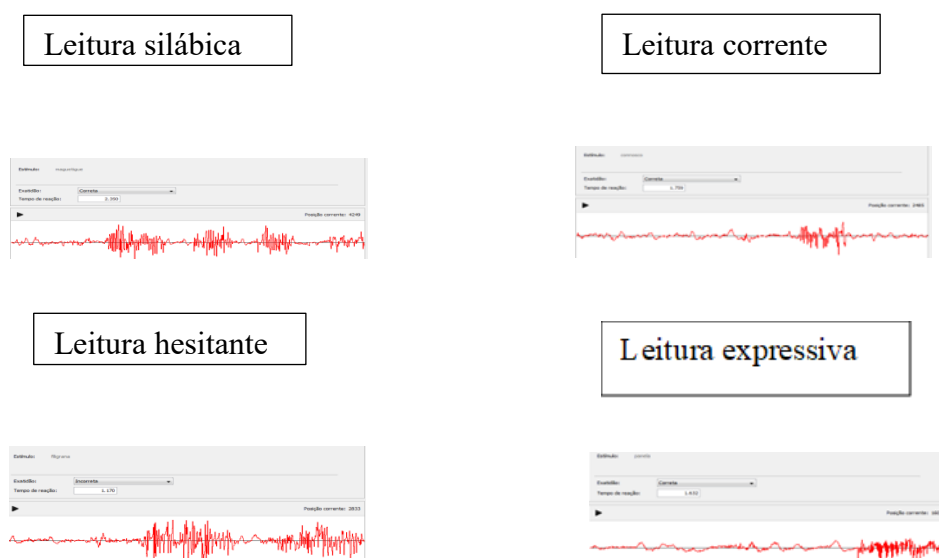
*Viewer*, com a tecnologia *eye-tracking*. Analisou-se o número de fixações e o desenho do seguimento entre fixações durante a leitura da palavra, desde a exposição ao estímulo visual, até terminar a leitura da palavra.

### 4-3-Resultados

A qualidade da leitura foi classificada segundo a audição da voz gravada com visualização do espectrograma, gravado no *software* da ALEPE, em 4 parâmetros, silábica (sílabas a sílabas), hesitante (pausa a meio da palavra), corrente (sem pausas) e expressiva (sem pausas e com entoação), com acordo entre observadores (fig.7).

### Figura 7

#### *Exemplos de Padrões de Leitura Oral no Espectrograma*



A distribuição da qualidade da leitura oral dos três grupos encontra-se na tabela 11, evidenciando o G1 maior imaturidade de leitura, com 52,4% sendo predominantemente silábica, isto é, estavam no nível inicial. Qualitativamente o G2 já estava dividido entre a leitura silábica, hesitante e corrente. O G3 tipicamente desenvolvido, encontrava-se maioritariamente no nível de leitura expressiva com 67,9%. A progressão na leitura oral segue a evolução inicial com o padrão silábico, evoluindo progressivamente à medida do aumento da experiência do leitor, para hesitante, corrente e por fim, expressiva com uma leitura de melhor fluência já com entoações.

**Tabela 11**

*Qualidade da Leitura Oral nos Três Grupos*

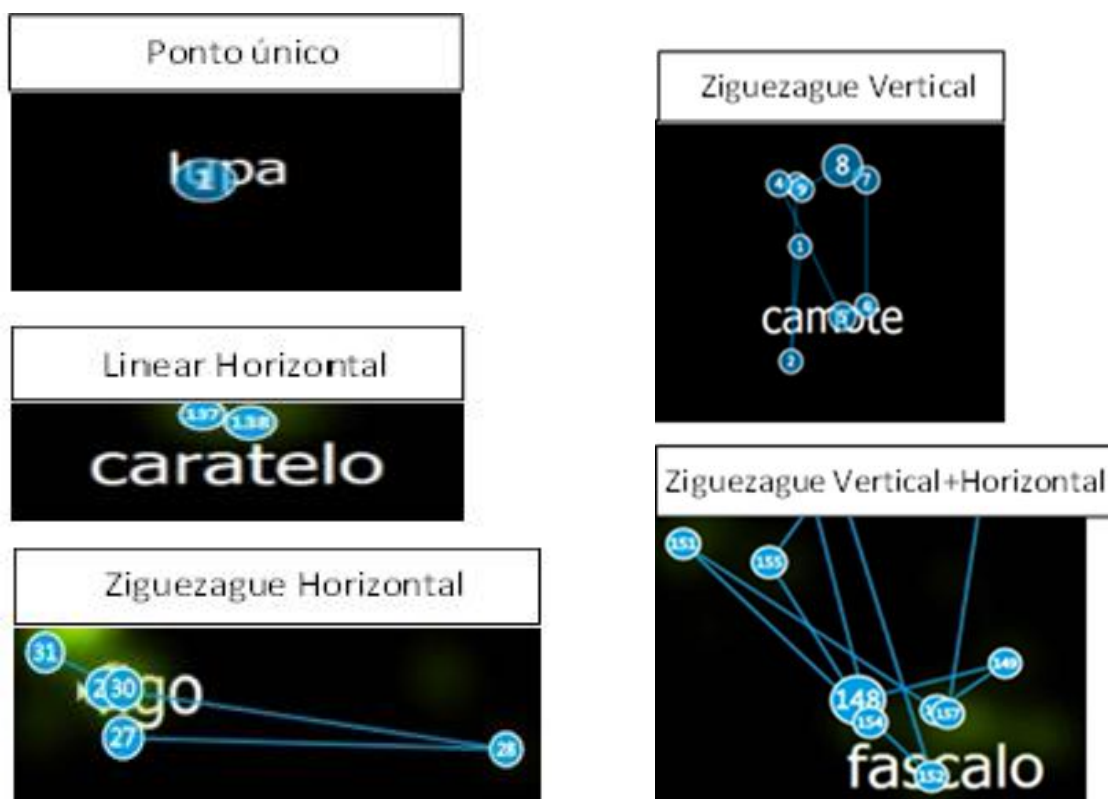
Qualidade da Leitura	G1		G2		G3	
	Freq	Perc	Freq	Perc	Freq	Perc
	(N)	(%)	(N)	(%)	(N)	(%)
Silábica	11	52.4	7	35.0	0	0.0
Hesitante	3	14.3	4	20.0	0	0.0
Corrente	5	23.8	9	45.0	9	32.1
Expressiva	2	9.5	0	0.0	19	67.9
Total	21	100.0	20	100.0	28	100.0

Os padrões visuais de leitura foram também classificados qualitativamente através da observação dos registos nos vídeos, com o *software Gaze Viewer*, em cinco padrões.

O padrão do “ponto único” é caracterizado por uma fixação por palavra; o padrão linear horizontal caracteriza-se por fixações múltiplas ao longo da palavra progredindo horizontalmente da esquerda para a direita; o padrão em ziguezague horizontal (com fixações e regressões horizontais da esquerda para a direita e da direita para a esquerda); o padrão ziguezague vertical (com fixações e regressões verticais de cima para baixo e de baixo para cima); o padrão ziguezague vertical + horizontal (com fixações e regressões em ambas as direções). Estes padrões tiveram o acordo entre observadores na sua classificação (ver exemplos na fig. 8).

**Figura 8**

*Padrões de Leitura de Fixação e Seguimento Visual*



Conforme se observa na tabela 12, o G1 mantém um padrão qualitativo de maior dificuldade na coordenação visuomotora, com uma grande percentagem do padrão de ziguezague horizontal, representando a necessidade de retrocessos visuais na leitura e necessitando de um maior número de fixações visuais. O grupo de controlo é o que apresenta uma percentagem maior com um padrão único 7,1% e linear horizontal 64,3% próximo do padrão de um leitor mais experiente. Este grupo tipicamente desenvolvido apresenta também um menor número de fixações visuais.

**Tabela 12**

*Padrão de Seguimento Visual nos Três Grupos*

Padrão de seguimento visual	G1		G2		G3	
	Freq	Perc	Freq	Perc	Freq	Perc
	(N)	(%)	(N)	(%)	(N)	(%)
Ponto único	0	0.0	0	0.0	2	7.1
Linear horizontal	5	23.8	10	50.0	18	64.3
Ziguezague horizontal	15	71.4	10	50.0	1	3.6
Ziguezague vertical	0	4.8	0	0.0	5	17.9
Ziguezague vertical + horizontal	0	0.0	0	0.0	2	7.1
Total	21	100.0	20	100.0	28	100.0

Foram ainda avaliados os grupos quanto ao nº de fixações, acertos na leitura de palavras e pseudopalavras e tempos de reação da leitura de palavras e pseudopalavras. Quando comparadas as variáveis visuais e de leitura entre os três grupos, conforme tabela 13, não se encontrando alterações significativas entre os dois grupos com patologia (G1 Pré-termo e G2 de Termo), mas sim em ambos quando comparados com o grupo tipicamente desenvolvidos, G3.

O G1 tem desvantagem nos acertos quer de palavras quer de pseudopalavras, tempos de reação, revelando clara dificuldade quer nos processos lexicais, quer nos fonológicos.

O G2 apresenta um melhor desempenho na leitura de pseudopalavras aproximando-se de G3, revelando que o processo de descodificação fonológico foi mais usado e conseguido. A leitura de pseudopalavras está diretamente associada ao processamento fonológico com descodificações grafemas-fonemas podendo ser avaliada pela sua leitura (Landerl et al., 1997; Wagner & Torgesen, 1987). O G2, nos tempos de reação na leitura aproximou-se também deste grupo G3, de crianças tipicamente desenvolvidas.

**Tabela 13**

*Comparações Múltiplas das Variáveis Não Paramétricas Entre Grupos Através do Teste de Kruskal-Wallis*

Variáveis	Comparação	P	Sig
	G1-G2	0.297	Ns
Nº fixações visuais	G1-G3	0.000	***
	G2-G3	0.000	***
Acertos na Leitura de palavras	G1-G2	0.957	Ns
	G1-G3	0.009	***
	G2-G3	0.001	***
Acertos na Leitura de pseudopalavras	G1-G2	0.249	Ns
	G1-G3	0.004	***
	G2-G3	0.145	Ns
Tempo de reação leitura de palavras	G1-G2	0.094	Ns
	G1-G3	0.000	***
	G2-G3	0.071	Ns
Tempo de reação leitura de pseudopalavras	G1-G2	0.382	Ns
	G1-G3	0.001	***
	G2-G3	0.013	**

\*\*\* $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$

#### 4-4- Discussão

Os resultados encontrados neste estudo sobre a leitura de palavras sugerem, a existência de um padrão do G1, crianças nascidas pré-termo, com maior fragilidade inicial quer na patologia diagnosticada, nas lesões cerebrais e visuais, apresentando repercussões mais evidentes no neurodesenvolvimento visuoperceptivo com repercussões na leitura.

Estes resultados, vão no sentido da literatura encontrada em estudos anteriores de seguimento de prematuros (Anderson, 2003; Bhutta, et al., 2002; Guarini et al., 2010; Litt et al., 2005; Keller-Margulis et al., 2011; Olivieri et al., 2012). Contudo, não se encontram diferenças significativas entre crianças com perturbações neuromotoras pré-termos (G1) e de termo G2, quer ao nível do número médio de fixações, quer ao nível dos acertos na leitura e tempos de reação, embora com valores mais baixos de percentis no G1, estes não diferem de forma significativa. No entanto, estes grupos (G1 e G2) comparados com o grupo de controlo (G3), diferem sempre, exceto o G2 que tem melhores resultados na leitura de pseudopalavras e nos tempos de reação na leitura de palavras, aproximando-se dos resultados obtidos pelo grupo de controlo e não diferindo deste de forma significativa. Podemos assim admitir que o G1 de pré-termos que apresentou um perfil de maior fragilidade do neurodesenvolvimento perceptivo, revelou maiores dificuldades na leitura ao nível do processamento fonológico, com uma leitura maioritariamente silábica e nos resultados de acertos de leitura sobretudo das pseudopalavras, apresentando ao mesmo

tempo também maiores dificuldades no processamento visual, registrando um padrão de seguimento visual majoritariamente em ziguezague horizontal, associado a regressões e um maior número de fixações em relação ao grupo de termo, com uma maior diferença em relação ao grupo de controlo em todas as variáveis desta comparação.

O processamento visuoperceptivo nos grupos com perturbações neuromotoras e em especial pré-termos, surge como um bom indicador das dificuldades na leitura, devendo por isso ser também trabalhado em intervenção com treinos específicos nestas populações em idades escolares. Por outro lado, o recurso ao material digital, com esta ferramenta *eye-tracking* em particular, facilita a realização de avaliações, dando um *feedback* imediato para onde a criança esteve a olhar e poderá ainda ser facilitador a nível da motricidade complementando o que o papel e lápis não permite, na maioria das vezes nesta população com perturbação neuromotora e necessidades educativas especiais.

Em relação ao impacto do nascimento pré-termo no desenvolvimento da competência da leitura não se verificou neste estudo um nível significativo do ponto de vista estatístico, quando comparados G1 e G2, apresentando dificuldades de processamento lexical e fonológico, possivelmente com uma amostra maior poderia ser mais significativo uma vez que o G2 se aproximou dos resultados dos tipicamente desenvolvidos na leitura de pseudopalavras (processamento fonológico).

No que diz respeito à predominância das competências que mais influência apresentam na leitura, verifica-se que as alterações visuoperceptivas foram mais exuberantes em detrimento da linguagem e cognitivas verbais.

Dos dados obtidos podemos admitir que crianças com perturbações neuromotoras nascidas pré-termo, que apresentaram dificuldades na atenção visual e visuopercepção e na leitura de palavras e pseudopalavras têm uma maior imaturidade na leitura inicial a nível sublexical (fonológica), assim como na leitura lexical, mais avançada. Estas dificuldades foram manifestas com mais tempo na leitura de palavras (velocidade de leitura) e mais dificuldades na leitura de pseudopalavras (descodificação grafema-fonema) quando comparadas com os seus pares de termo tipicamente desenvolvidos e nessa comparação os nascidos de termo, com perturbações neuromotoras, não apresentaram diferenças significativas, sendo rápidos a ler palavras e eficazes a ler pseudopalavras com leitura sublexical sem diferenças significativas com os tipicamente desenvolvidos. Também no que diz respeito aos padrões de fixações e sacadas visuomotores os pré-termos (G1) apresentaram mais regressões (71.4% zigzag horizontal) e mais dificuldades na fluência da leitura, produção oral com um padrão maioritário de leitura silábica (52.4%). Estas crianças nascidas prematuras apresentaram também uma correspondente maior fragilidade a nível neurológico relativamente às lesões de substância branca, com mais lesões periventriculares reportadas em ressonância magnética. Podemos admitir que o padrão desenvolvimento da leitura encontrado neste estudo está conforme os modelos de desenvolvimento da leitura de dupla via de leitura de (Coltheart et al., 2001) assim como com os modelos de padrões de desenvolvimento

do controlo visual e aprendizagem da leitura de Rayner (1986) e Reichle et al. (2003) e desenvolvimento da leitura (Ellis, 1995; Sprenger-Charolles et al., 2003).

**Capítulo 5 – A Leitura no meio digital de palavras e textos - avaliação de padrões  
funcionais visuais em crianças com necessidades educativas específicas com  
recurso ao rastreamento visual**

---

**Capítulo 5 – A Leitura no meio digital de palavras e textos - avaliação de padrões funcionais visuais em crianças com necessidades educativas específicas decorrentes de perturbação neuromotora com recurso ao rastreamento visual**

(A informação constante deste capítulo foi apresentada sob a forma de artigo em Gil, Iolanda & Nunes, M.V.S. (2024). *Leitura em Português no meio digital e padrões funcionais visuais: estudo com rastreio visual-eye-tracking*" publicado na *Revista INFAD de Psicologia*. International Journal of Developmental and Educational Psychology. 1(2), 247–254. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2024.n2.v1.2759>

**5-1-Introdução**

As dificuldades na leitura são um dos maiores obstáculos ao desempenho escolar futuro de qualquer criança, mas são maiores e mais disruptivas em crianças com necessidades educativas específicas - NEE (Dahlin, 2010). Nas crianças com NEE estão diretamente relacionadas com as diferentes alterações que possam ter, individualmente ou em comorbidade, a nível sensorial, motor, de comunicação, linguagem e interação social (Mattos & Araújo, 2020).

As competências de leitura em crianças com perturbações do neurodesenvolvimento encontram-se comprometidas devido às condicionantes decorrentes das múltiplas limitações que apresentam a diferentes níveis, motores, visuomotores, cognitivos, comunicação e linguagem. O processamento visual na leitura (Dehaene, 2009), envolve diferentes estruturas cerebrais e mecanismos neuro funcionais

do sistema nervoso central, o que significa que, nas crianças com perturbações do neurodesenvolvimento, são frequentemente observadas diversas perturbações visuomotoras como o estrabismo, as disfunções oculomotoras, visuoperceptivas e neurovisuais (Ben Itzhak et al., 2021; Ortibus et al., 2011; Fazzi et al., 2012).

As dificuldades na leitura variam consoante as línguas de cada país, tendo em conta o nível de facilidade de correspondência grafema-fonema. A leitura em português ocupa um nível intermédio, tal como a leitura em francês. A língua inglesa é considerada uma das línguas mais opacas relativamente a este tipo de correspondência grafema fonema e o finlandês situa-se no outro extremo, apresentando um nível mais transparente com uma correspondência mais direta (Dehaene, 2009).

Para os profissionais de ensino que trabalham com estas crianças, torna-se um desafio avaliar o seu nível de aprendizagem da leitura, pelas dificuldades e limites das respostas que estas crianças conseguem dar (Plaza, et al., 2015). Na sua maioria, recorrem ao uso da tecnologia, usando o computador com diferentes formas de acesso, dando respostas por escrito. Quando não falam ou apresentam problemas articulatórios ou de comunicação, estas crianças optam na sua maioria pela leitura silenciosa. A avaliação da leitura silenciosa, é realizada através das respostas que a criança vai dando à medida que lhe são feitas questões sobre o texto que leu em silêncio. Este processo é demorado e é difícil de fazer na fase inicial de leitura, devido ao facto do foco na criança ainda estar na descodificação grafema-fonema e leitura silábica. Nesta fase inicial de aprendizagem da leitura ainda não tem acesso ao léxico e ao significado semântico, sendo a compreensão do material lido um processo posterior (Ellis, 1995; Santamaria, 2019; Sprenger-Charolles et al., 2003).

O processamento visual realizado para fazer a leitura de letras, juntando-as e formando sílabas que formam palavras e frases, passa por diferentes níveis, desde a entrada sensorial à cognição mais complexa, através da interpretação e atribuição de um código fonológico ao qual se dá um significado linguístico (Reichle et al., 2003).

Este processamento cognitivo, constitui uma das primeiras grandes abstrações e conquistas da criança. A cada imagem visual é atribuído um significado, ao desenho de uma letra, por exemplo uma vogal, é atribuído um som que combinado com uma consoante resulta noutro som com outro significado. Estes três estádios, o primeiro pictográfico, o segundo fonológico e o terceiro ortográfico, constituem as fases da aquisição da leitura e apresentam, em termos cerebrais, dois grandes circuitos, o do reconhecimento dos objetos e o da linguagem, que convergem no cérebro na área visual da leitura occipito-temporal esquerda (Dehaene, 2009).

Para se avaliar com precisão e monitorizar as aprendizagens da leitura e identificar precocemente as dificuldades que apresentam estas crianças usaram-se sistemas integrados de rastreamento visual “*eye-tracking*” (Duchowski, 2003; Majaranta & Bulling, 2014). Estas tecnologias usadas em meios digitais proporcionam uma economia de tempo e uma facilidade de recolha da informação registada em tempo real por um lado e gravada para posterior análise, permitindo detetar com grande precisão, quer os progressos quer os erros específicos de cada criança, para se elaborar programas individuais de intervenção (Attardo & Pickering, 2023). Estes sistemas tornam-se uma ferramenta adicional cada vez mais acessível e portátil.

Estudos com recurso ao rastreio visual através da tecnologia digital *eye-tracking* permitiram identificar a perceção visual e o controlo oculomotor como dois aspetos principais que influenciam a capacidade de leitura de palavras. As fixações visuais registadas e as sacadas (movimentos dos olhos entre fixações) evidenciam padrões na leitura em populações tipicamente desenvolvidas. Os padrões identificados em populações normativas evoluem à medida que o leitor se torna mais experiente, realizando cada vez menos fixações na palavra e sem necessidade de retrocessos; de igual modo o tempo de fixações diminui à medida que se tornam mais rápidos (Radach et al., 2008; Rayner, 1986, 1997, 2009; Rayner et al., 2010).

Reichle et al. (2003, 2006, 2013) estudaram modelos de controlo visual na leitura de textos em amostras normativas. Analisaram e compararam 11 modelos da leitura, desde a dimensão oculomotora à cognitiva, descrevendo o modelo E-Z de leitura de textos, constituído por um padrão de fixações e sacadas em que a fixação segue um varrimento contínuo das palavras no texto operando a um nível cognitivo de processamento mais simples, L1 e outro em que apela a um nível mais complexo, lexical L2, -procurando fixar-se em palavras que tenham significado. Este modelo, para além de analisar o padrão descrito tem em conta o tempo em cada fixação.

Tirar partido do uso de ferramentas de rastreio visual para identificar perturbações na leitura constitui um grande desafio para profissionais que trabalham em avaliação das necessidades educacionais em contexto escolar. A maioria dos estudos com crianças tem permitido verificar que este método de deteção dos padrões visuais em crianças com

perturbações da leitura oral, constitui uma ferramenta eficaz e torna-se num aliado do professor de forma a monitorizar as aprendizagens em tempo real, áreas fortes e fracas e desenvolve os respetivos programas de desenvolvimento individual.

As crianças com Necessidades Educativas Específicas (NEE) apresentam necessidades resultantes de uma deficiência ou dificuldade específica de aprendizagem, podendo ainda terem alterações a nível físico, comportamental, intelectual, emocional e social (Dias & Cadime, 2022).

O Decreto-Lei n.º 54/2018 estabelece o regime jurídico da educação inclusiva e a aplicação de diferentes medidas para a inclusão, podendo estas ser universais, seletivas e adicionais que requerem a intervenção de recursos especializados tais como materiais (adaptações específicas) e humanos. A colaboração e intervenção do docente de educação especial torna-se crucial, enquanto especialista na diferenciação e adaptação de estratégias e materiais de aprendizagem, sendo preferencialmente implementadas em contexto de sala de aula (Vieira-Rodrigues et al., 2017).

O estudo aqui apresentado tem um carácter exploratório e tem por base a observação do comportamento visual durante a leitura de palavras e pequenos textos, para ajudar a uma melhor compreensão nas dificuldades encontradas nesta tarefa em crianças com NEE e relacioná-las com o nível de desenvolvimento das aprendizagens da leitura.

## 5-2-Objetivo

Este estudo tem como objetivo a identificação de padrões de processamento visual através de um sistema integrado de rastreamento visual e a sua associação com o desempenho na leitura de palavras e frases em português, em crianças com necessidades educativas específicas. As dificuldades sentidas pelos profissionais nestas avaliações das potencialidades e capacidades na leitura deve-se às limitações e constrangimentos dos sistemas de avaliação com textos impressos (Attardo & Pickering2023).

## 5-3-Metodologia

Participantes: A amostra foi constituída por 12 crianças em idade escolar dos 6 aos 13 anos (Média 9,67 anos de idade) com necessidades educativas específicas e recrutadas de uma unidade de habilitação e desenvolvimento, com frequência escolar entre o 2º e 4º anos de escolaridade média de frequência escolar 3,50. Os protocolos foram recolhidos com consentimento informado, de acordo com os princípios éticos da atividade clínica, tendo sido obtidas todas as autorizações necessárias.

A cognição foi avaliada com a Escala de Inteligência de *Wechsler* - WISCIII (Percentil Média 43,17 Desvio Padrão 3,50) e a linguagem com Grelha de observação da linguagem em idade escolar GOL-E (Percentil Média 38,75 Desvio Padrão 2,30) já descritas atrás. Esta amostra não apresenta défice cognitivo nem de linguagem sendo critério de exclusão. No Sistema de Função Motora Global a maioria (66,7%) apresentou dificuldades ligeiras, sendo estas ao nível da Coordenação Motora Global. São crianças

cujos principais problemas são a nível neuromotor, sendo afetadas maioritariamente numa forma ligeira, em 66,7%, conforme tabela 14.

**Tabela 14**

*Caracterização da Amostra*

	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Idade (anos)	9.67	3.4
Escala Inteligência em percentil WISCIII QI	43.17	3.50
Escala Linguagem em percentil Gol-E	38.75	2.30
Escala Função motora Global N=12	N (%)	
Nível I e II	8 (66.7)	
Nível III	4 (33.3)	

## 5-4-Procedimentos

**5-4-1- Materiais:** Utilizou-se o meio digital com recurso a um rastreador visual para a avaliação da leitura e os estímulos foram todos administrados em meio digital. Cada vez mais estes meios vão sendo de uso frequente e tornaram-se menos dispendiosos, sendo também usados na investigação e avaliação das capacidades de leitura sobretudo com crianças com perturbações neuromotoras ou outras perturbações do neurodesenvolvimento. Recorreu-se à ferramenta de *Tobii X2 Eye-Tracker* da *Tobii Dynavox*. Esta tecnologia tem nas suas especificações técnicas uma frequência de 60HZ e uma acuidade 0.2° com uma fidelidade de 0.1° de desvio padrão. Este sistema de *hardware* é muito portátil e de pequenas dimensões ficando seguro ao écran e é integrado

num computador portátil através de uma porta USB. Está equipado com um emissor de luz infravermelha e duas câmaras, regista o movimento ocular através da pupila, recolhe as reflexões na córnea e calcula a direção do olhar, os seus movimentos e tempos de fixações através de um algoritmo em *software*. A momentos de maior atenção e interesse no estímulo que é projetado no écran correspondem as fixações e aos movimentos entre fixações correspondem as sacadas. Em simultâneo, outro *software*, *Gaze Viewer*, grava estas fixações e movimentos visuais dos estímulos no écran e regista os tempos executados na realização da tarefa. A visualização destes resultados gravados permite identificar os padrões encontrados nas fig. 9 e 10.

**5-4-2- Estímulos de avaliação:** Foram colocados estímulos de desafio crescentes e adequados a cada grau de ensino/aprendizagem da leitura de modo a poder ser identificada a respetiva dificuldade. Estes estímulos foram palavras individuais do teste ALEPE-Avaliação da leitura em Português Europeu (Sucena & Castro, 2011) e frases escritas de material idêntico ao apresentado em manuais escolares do 2º ao 4º ano de escolaridade.

Num primeiro momento foi realizado o teste de leitura de palavras, ALEPE em formato de edição digital tal como já é comercializado. Cada palavra foi apresentada num écran num fundo totalmente negro e escrita em cor branca. Num segundo momento foi colocado como estímulo um texto com 3 a 6 frases em PowerPoint escrito com letra de formato Ariel e tamanho 32 com fundo negro e as letras em cor branca.

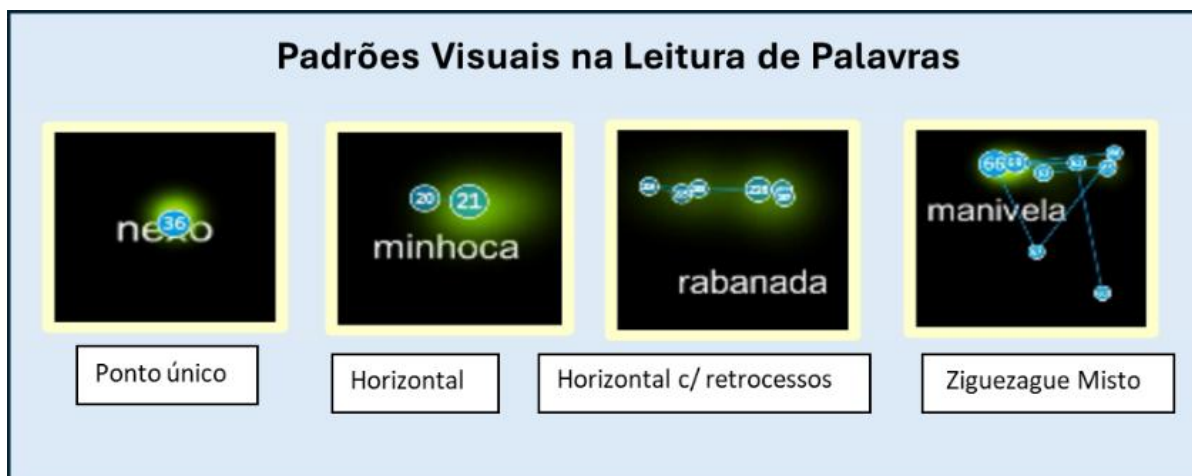
Foram visualizadas as respostas gravadas pelo *software Gaze Viewer* no momento de avaliação e classificados os padrões visuais. Atribuindo-se a classificação desde ponto único, para leitores experientes, passando por padrões intermédios de seguimento horizontal a seguimento horizontal com retrocessos, até se chegar a padrões mistos com menor sucesso na leitura. Estes últimos padrões mistos são mais desorganizados a nível visuomotor e de leitura, conforme literatura (Rayner, 1986, 1997, 2009; Rayner et al., 2010). O mesmo se processou com a leitura de textos utilizando-se o modelo normativo de EZ Reichle et al. (2003, 2006, 2013) de análise interpretativa em que o padrão Z corresponde aos níveis dos leitores mais experientes e rápidos e padrões de retrocessos e mistos aos leitores mais lentos e inexperientes

### **5-5-Resultados**

Foram identificados, através dos dados extraídos e observados, quatro padrões de fixações na leitura de palavras, o primeiro constituído por uma única fixação geralmente no meio da palavra, ponto único; o segundo de fixações horizontais com duas ou mais fixações seguidas da esquerda para a direita, padrão fixações horizontais; um terceiro padrão de fixações horizontais com retrocesso da direita para a esquerda; por último o quarto padrão correspondendo a fixações em várias direções sem ser na horizontal, sendo este o padrão zigzague misto. Estes padrões estão ilustrados com exemplos tipo na fig.9.

**Figura 9**

*Padrões Visuais na Leitura de Palavras*



Na leitura de um texto observaram-se três padrões, um com as fixações, da esquerda para a direita, formando um padrão em Z, um segundo padrão que englobava o anterior, mas que apresentava vários retrocessos de confirmação, padrão em z com retrocessos horizontais, e um terceiro padrão mais desorganizado, com fixações em várias linhas e em várias direções, padrão ziguezague misto como se pode visualizar na fig.10.

**Figura 10**

*Padrões Visuais na Leitura de Frases*



Estes padrões foram analisados quantitativamente, estando distribuídos nesta amostra sendo maioritariamente quer na leitura de palavras quer na leitura de textos os padrões mistos, mais desorganizados a surgirem conforme gráfico 4

#### Gráfico 4

*Resultados Observados na Leitura de Palavras e Frases*



Para verificar se estes padrões encontrados interferem no resultado da leitura, cruzaram-se os anos de escolaridade com o tipo de padrão visual (tabela 15) no sentido de perceber se a evolução correspondia ao descrito na literatura, isto é, a um leitor mais experiente correspondem menores fixações e menos frequência de retrocessos.

**Tabela 15**

*Cruzamento Entre Anos de Escolaridade e Padrões Visuais de Leitura*

		Padrão Leitura de palavras				Padrão Leitura de Texto		
		Ponto único	Horizontal	Horizontal com retrocesso	Zigue-zague Misto	Z	Z com retrocesso	Misto
<b>Anos</b>	1º/2º anos	Freq. 0 (00.00)	0 (00.00)	1 (25.00)	3 (75.00)	2 (50.00)	1 (25.00)	1 (25.00)
	N=4							
<b>Escolaridade</b>	3º e 4º anos	Freq. 2 (25.00)	1 (12.50)	2 (25.00)	3 (37.50)	5 (62.50)	2 (25.00)	1 (12.50)
	N=8							
<b>Total</b>		Freq. 2 (16.70)	1 (08.30)	3 (35.00)	6 (50.00)	7 (58.30)	3 (35.00)	2 (16.70)
N=12								

Conseguiu-se medir o tempo de leitura em segundos e as fixações, através da observação dos vídeos registados no *software Gaze Viewer*, quer de palavras, quer de textos. Podemos verificar conforme a tabela 16 que a tendência é a de que mais fixações correspondem a mais tempo despendido e estes padrões correspondem igualmente aos anos iniciais de desenvolvimento da leitura.

## **5-6- Discussão**

Neste estudo, através da análise descritiva, foi possível inferir uma predominância de padrões visuais mistos durante a leitura de palavras e textos nesta amostra tão específica. Nos primeiros dois anos de escolaridade, estas crianças apresentam uma maioria de padrões visuais de leitura de palavras em ziguezague e um padrão misto em ziguezague, significando estes padrões a necessidade de repetição na leitura para verificação ou fazer mesmo tentativas de compreensão do significado da palavra. Estes padrões caracterizados por regressões já não se verificam nos dois anos seguintes com tanta frequência. É precisamente durante o 3º e 4º anos que os textos também se complexificam e o padrão visual na leitura ocorre da esquerda para a direita, saltando de linha em linha, descrevendo um Z. Este padrão prevaleceu nos leitores mais experientes, enquanto o padrão misto revelou maiores dificuldades de orientação no texto e foi predominante nos dois anos iniciais e está conforme o descrito na literatura em Reichle et al. (2003, 2013).

O tempo de leitura e o número de fixações diminuem à medida que o nível escolar aumenta, sendo o aumento da velocidade de leitura o aspeto mais relevante, conforme referido na literatura com populações normativas (Reichle et al., 2003, 2013; Rayner, 1986, 1997, 2009).

Os padrões de leitura visuomotora vão melhorando com o aumento da experiência de leitura, razão pela qual um programa de intervenção precoce na aprendizagem destas competências influencia as aprendizagens e tem um papel fundamental nesta população específica. Estas crianças adquirem a ritmo mais lentos as competências dos seus pares necessitando de mais tempo por isso para a consolidação das suas aprendizagens.

A avaliação das competências da leitura nestas populações, embora seja considerada um grande desafio, com estas técnicas e ferramentas disponíveis no mercado tornou-se mais acessível e portátil para facilitar a monitorização em tempo real das aquisições da leitura sendo uma mais-valia para os profissionais na exatidão que fornecem e no tempo despendido durante a atividade de avaliação. A utilização desta ferramenta constitui uma forma que melhor identifique e ajude a medir e a classificar as características das fixações visuais e a descodificação associadas durante à leitura.

Em populações com perturbações neuromotoras e sobretudo em situações de maior gravidade, com comprometimento da fala, a associação deste sistema de rastreio visual para acionar um computador com programas de saída de voz permite aceder à leitura e à escrita para comunicarem. Ao identificarmos o mais cedo possível os padrões visuomotores alterados permite-nos intervir de forma atempada com treino individual específico, de forma a melhorar as competências de aprendizagem da leitura em idade escolar.

## **Capítulo 6 - Discussão e Conclusão Geral**

---

## Capítulo 6 - Discussão e Conclusão Geral

A discussão dos resultados relativos aos vários estudos aqui apresentados tem em conta a análise realizada segundo os objetivos delimitados nestes estudos. Os três estudos que constituem esta tese apresentam um fio condutor que tenta contribuir para uma melhor compreensão da avaliação da leitura em português com recurso a uma ferramenta de rastreamento visual – *eye-tracking*.

No primeiro estudo (capítulo 3), a ferramenta de rastreamento visual usada nos dois estudos seguintes é analisada realizando-se a avaliação da atenção visual. É validado este sistema com uma amostra clínica significativa e realiza-se o estudo de usabilidade junto dos profissionais que o utilizam na prática clínica. Os resultados indicam que esta ferramenta apresenta uma boa capacidade de caracterização das dificuldades do funcionamento da atenção visual nestas populações com perturbações neuromotoras sendo globalmente fidedigno e possuidor uma grande validade de constructo. Este instrumento foi considerado pelos técnicos que assistiram à aplicação e que conheciam as crianças no estudo de usabilidade como muito útil, pois para além de ser um biomarcador fiável de diagnóstico das características de funcionalidade visual das crianças com perturbações neuromotoras, serve também para monitorizar aquisições em programas de intervenção terapêutica e aprendizagem escolar, nomeadamente da leitura. Foi ainda considerada como uma ferramenta facilmente adaptável a qualquer

computador, por meio de uma entrada USB e com a junção de um *software* de gravação, origina um instrumento poderoso de visualização e análise de tudo quanto possa aparecer num ecrã, palavras, textos, imagens, jogos, entre outros. Os utilizadores consideraram também que, embora de uso fácil, poderia requerer alguns conhecimentos prévios no uso de tecnologias informáticas na ótica do utilizador sobretudo para quem não tem nenhuma experiência nesta área. Esta ferramenta quando usada em crianças com patologia de maior gravidade, como aquelas que são suscetíveis de apresentar maiores perturbações do neurodesenvolvimento, permite a deteção precoce facilitando prognósticos com estes biomarcadores e agilizando a programação da intervenção atempada.

No segundo estudo (capítulo 4), testou-se o impacto do nascimento pré-termo e suas repercussões na fase de idade escolar analisando os padrões visuais e fonológicos. Neste estudo compararam-se as crianças prematuras com um grupo com características semelhantes, mas nascidos de termo e verificamos que o facto de nascer pré-termo embora aponte para maiores fragilidades com repercussões quantitativas e qualitativas nos padrões visuais e fonológicos nas atividades de leitura, não foi significativo em termos estatísticos. As variáveis decorrentes da funcionalidade neuromotora e visuomotora são mais marcantes e apresentam maior impacto que o nascimento pré-termo. Crianças nascidas de termo com perturbações neuromotoras apresentam semelhanças nas suas competências na leitura relativamente às nascidas pré-termo em termos estatísticos, os dois grupos não diferem significativamente na leitura. No entanto, ambos os grupos clínicos apresentam diferenças significativas quando comparados com crianças nascidas de termo, tipicamente desenvolvidas na atividade da leitura. De destacar ainda que o grupo de nascidos de termo, com perturbações neuromotoras, não apresente

diferenças significativas com o grupo tipicamente desenvolvido na velocidade, tempo de reação da leitura de palavras (leitura lexical), nem na leitura de pseudopalavras (descodificação fonológica), mostrando-se nestes dois parâmetros mais próximo dos tipicamente desenvolvidos.

No último estudo (capítulo 5) surge a necessidade de avaliar características dos padrões visuais de leitura ao ler, não apenas palavras, mas também ao ler um texto, tendo em conta os níveis de ensino/aprendizagem. Concluiu-se que as crianças apresentam padrões visuais mistos com mais fixações e retrocessos, demorando mais tempo correspondendo aos níveis iniciais de leitura e à sua inexperiência. Uma característica particular neste estudo foi a da associação entre anos de escolaridade e a idade cronológica, pois muitas fazem adiamentos de escolaridade quando apresentam imaturidade e não apresentam competências pré-escolares, pelo que a dimensão ano de frequência, revela a experiência e é um marcador de ensino/aprendizagem mais realista. Por outro lado, este estudo também evidencia a utilidade do uso da ferramenta de rastreamento visual para avaliação da leitura, fornecendo dados preditivos da qualidade da leitura, sobretudo nos casos mais graves de patologia neuromotora, quando há apenas leitura silenciosa ou a leitura oral está comprometida por problemas articatórios. Os resultados deste estudo indicam que as crianças conseguem desenvolver a leitura a um ritmo mais lento de aprendizagem quando comparadas com a sua idade cronológica (Rayner et al., 2010; Reichle et al., 2013). Estes resultados ajudam na elaboração de programas e estratégias específicas de intervenção, sobretudo no tamanho da extensão dos enunciados de leitura e na apresentação visual dos mesmos, por exemplo tamanho de letras. O tamanho da amostra embora não sendo muito grande, dado ser uma população

clínica bem caracterizada e estudada, foi representativo qualitativamente destas populações com perturbações neuromotoras podendo haver necessidade de ser usada uma maior amostra.

Nestes dois estudos sobre a leitura (capítulos 4 e 5) o processamento visuoperceptivo está intimamente ligado à qualidade da leitura, os padrões visuomotores dos leitores em fase inicial, leitura silábica, são caracterizados por mais fixações com um padrão de sacadas em ziguezague com mais retrocessos. Estes resultados nos padrões visuais de leitura de palavras e textos, acompanham e estão relacionados com a maturidade neurológica e respetiva evolução das competências da atenção visual, visuoperceção e fonologia, estando estes circuitos neuro funcionais interligados na leitura, tal como descrita por Dehanne, (2009).

Os resultados obtidos e integrados dos três estudos identificam a permanência de padrões visuomotores proporcionais em grau de perturbação às maiores dificuldades visuomotores e cognitivas, encontradas nestas populações com perturbações neuromotoras. Por outro lado, as soluções tecnológicas e informáticas encontradas ajudam a identificar precocemente e conseqüentemente a ultrapassar/suprir dificuldades inerentes às graves perturbações do neuromotoras, como é o caso da paralisia cerebral.

As soluções encontradas no paradigma de avaliação das funções da atenção visual com recurso ao rastreamento visual servem atualmente de modelo de avaliação e através

de formação junto dos técnicos e professores são constantemente partilhados e generalizáveis nesta população com perturbações neuromotoras. Este instrumento já tem sido usado com novas dimensões ou adaptações de formato de estímulos alvo, como as sugeridas no estudo de usabilidade. A replicação deste sistema de avaliação em trabalhos futuros da atenção visual e leitura, como implica um instrumento com uma ferramenta aberta e flexível, pode sempre ser modificável a outros paradigmas de avaliação possíveis, como a teoria da mente. Os estímulos alvo adaptáveis a cada situação permitem auxiliar no diagnóstico e prognóstico da atenção visual e leitura. Atualmente tem sido usado num Centro de Reabilitação da área de Lisboa, para monitorizar intervenções e planear o treino de competências neuro cognitivas e de comunicação, tendo na prática, até agora, tido uma grande implementação. Este modelo de avaliação também pode ser utilizado para monitorização das funções da atenção visual no treino destas competências (Costantini, C., 2025) ver também Iolanda Gil et al. (2017) em anexos póster-2-“Avaliação e Intervenção das Funções Visuais”.

Algumas limitações encontradas constituem um desafio para a melhoria a ter em conta em investigações futuras. Uma necessidade que ainda persiste é a adaptabilidade desta ferramenta a situações de maior grau de gravidade na patologia clínica, nomeadamente aquelas com graves perturbações visuais, visuomotoras, tais como atrofias do nervo ótico, défices de atenção grave com alterações de comportamento associadas, nistagmo grave ou com níveis cognitivos muito baixos. Nestas circunstâncias de fraca colaboração ou possibilidades, o maior desafio surge logo na fase de calibração do equipamento às características pessoais.

A tecnologia informática tem tido avanços incríveis nos últimos anos, e irá continuar a desenvolver-se a um grande ritmo, pelo que se acredita que estes sistemas e algoritmos de avaliação por rastreio visual irão e evoluir também com a ciência tecnológica. Espera-se naturalmente que num futuro próximo também se melhore e adapte a avaliação e intervenção na área digital, sobretudo nesta população com problemas neuromotores. Existe ainda um caminho a percorrer neste domínio, aguardando-se novos avanços tecnológicos nos próximos anos.

A identificação precoce de biomarcadores fiáveis, vem facilitar o prognóstico e o planeamento de programas de reabilitação atempadamente, tornando-os igualmente mais específicos e adequados a cada criança. A compreensão da capacidade natural do cérebro para mudar e adaptar-se (neuroplasticidade), indica que o cérebro da criança tem maior probabilidade de responder à intervenção e reabilitação durante os primeiros anos de vida, devendo assim ser aproveitadas essas janelas de oportunidade para a neuroreabilitação cognitiva atempadamente. Nas perturbações neuromotoras embora apresentem diferentes alterações clínicas, estas manifestam-se de forma mais exuberante no desenvolvimento motor, centrando-se por isso a avaliação e intervenção da neuroreabilitação nesses aspetos, sendo importante cada vez mais considerar que possam existir na presença de alteração neurológica cerebrais outras funções comprometidas e fazer uma precisa identificação das perturbações a nível cognitivo nomeadamente da atenção visual e neuroperceção implicadas nos pré-requisitos da leitura.

. Em conclusão, uma das implicações do trabalho desenvolvido ao longo destes estudos é poder contribuir para colmatar uma lacuna na avaliação de competências cognitivas da atenção visual e da avaliação da leitura em crianças com perturbações neuromotoras e poder com estes instrumentos tecnológicos robustecer a avaliação neuropsicológica.

Ao idealizar, desenvolver, testar e implementar sistemas conjugados de *hardware* e *software* adaptados de forma a ajudar a suprir as dificuldades da população alvo, respondeu-se a uma necessidade sentida diariamente na prática clínica e pedagógica.

Com estes estudos contribuiu-se com um conjunto de ferramentas tecnológicas ao qual se deu um novo uso para além da acessibilidade, constituindo instrumentos de avaliação neuropsicológica com formas de ultrapassar os obstáculos encontrados pelos défices nas funções motoras, contribuindo para a avaliação das competências cognitivas da atenção visual e da leitura. A novidade de adaptar e reunir num sistema digital, com controlo ocular relativamente acessível, um conjunto de estímulos alvo agrupados num corpo teórico sólido e adequado a estas populações, torna estes instrumentos validados para estas populações de grande utilidade. Estes instrumentos permitem medir e diferenciar a atenção visual assim como os níveis de leitura fornecendo pistas para a intervenção junto de profissionais da prática clínica, nomeadamente neuropsicólogos, e restante equipa de reabilitação psicopedagógica, ajudando à inclusão destas crianças. Sabemos a importância da intervenção precoce e da necessidade de não se perder janelas de oportunidade para a estimulação e integração visuoperceptiva, tão importante na

consolidação dos pré-requisitos da leitura nestas crianças com PNM. Cada vez nos últimos anos os profissionais estão mais sensibilizados na complementaridade desta componente mais cognitiva e no seu treino em idades precoces quando se pensa na literacia em idade pré-escolar. Estes novos sistemas com este conjunto de ferramentas tecnológicas permitem robustecer os resultados das ferramentas já existentes na avaliação neuropsicológica, permitem fazer a identificação do perfil visual com maior exatidão na atenção, assim como na leitura de palavras e de textos, facilitando a avaliação a nível individual, a observação das características específicas de cada criança, muitas vezes impossíveis de realizar com os métodos tradicionais, podendo surpreender-nos mesmo pela positiva, quando aparentemente não dão respostas consistentes ou ainda identificar dificuldades subtis que poderiam passar despercebidas.

Assim, este trabalho no seu conjunto torna-se inovador tendo em conta a temática envolvida, a população implicada com alterações neurológicas, na conjugação dos materiais tecnológicos escolhidos e pelo impacto e alcance destas avaliações na vida diária destas populações. Constatar que este estudo se tornou numa mais-valia para os utentes e suas famílias, na sua funcionalidade e para os profissionais, nomeadamente neuropsicólogos, na sua intervenção, pode levar a concluir-se que os anos dedicados ao estudo baseado em evidências desta matéria, foram bastante profícuos.

## Referências Bibliográficas

---

### Referências Bibliográficas

Adams, K., & Cook, A. (2016). Using robots in “hands-on” academic activities: a case study examining speech-generating device use and required skills. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 11(5), 433-443.

<https://doi.org/10.3109/17483107.2014.986224>

Agut, T., Alarcon, A., Cabañas, F., Bartocci, M., Martinez-Biarge, M., & Horsch, S. (2020). Preterm white matter injury: ultrasound diagnosis and classification. *Pediatric Research*, 87(Suppl 1), 37-49. <https://doi.org/10.1038/s41390-020-0781-1>

Ali, Q., Heldal, I., Helgesen, C. G., Costescu, C., Kovari, A., Katona, J., & Thill, S. (2020). Eye-tracking technologies supporting vision screening in children. In *2020 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)* (pp. 000471-000478). IEEE. doi: 10.1109/CogInfoCom50765.2020.9237913.

American Academy of Pediatrics. (2022) Recommendations for preventive pediatric health care. *Pediatrics*. 2022;150(1):e2022058044

Anderson, P. (2003). Neurobehavioral Outcomes of School-age Children Born Extremely Low Birth Weight or Very Preterm in the 1990s. *JAMA*, 289(24), 3264. <https://doi:10.1001/jama.289.24.3264>

Andrada, G., Virella, D., Folha, T., Gouveia, R., Cadete, A., Alvarelhão, J. J., & Calado, E. (2012). Vigilância Nacional da Paralisia Cerebral aos 5 anos de idade-Crianças nascidas entre 2001 e 2003.

Andrews, J., Ben-Shachar, M., Yeatman, J., Flom, L., Luna, B., & Feldman, H. (2009). Reading performance correlates with white-matter properties in preterm and term children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(6), e94-e100. <https://doi:10.1111/j.1469-8749.2009.03456.x>

Anjari, M., Srinivasan, L., Allsop, J., Hajnal, J., Rutherford, M., Edwards, A., & Counsell, S. (2007). Diffusion tensor imaging with tract-based spatial statistics reveals local white matter abnormalities in preterm infants. *Neuroimage*, 35(3), 1021-1027. <https://doi:10.1016/j.neuroimage.2007.01.035>

Arnaud, C., Ehlinger, V., Perraud, A., Kinsner-Ovaskainen, A., Klapouszczak, D., Himmelmann, K., ... & Delobel-Ayoub, M. (2023). Public health indicators for cerebral palsy: A European collaborative study of the Surveillance of Cerebral Palsy in Europe network. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 37(5), 404-412. <https://doi.org/10.1111/ppe.12950>

Atkinson, J. & Braddick, O. (2009) *Vision disorders and visual impairment*. edited by Benson, J. & Haith, M. Diseases and Disorders in Infancy and Early Childhood. Elsevier, USA.

Atkinson, J.& Braddick, O. (2011). From genes to brain development to phenotypic behavior: "Dorsal-stream vulnerability" in relation to spatial cognition, attention, and planning of actions in Williams syndrome (WS) and other developmental disorders. *Progress in Brain Research*, 189, (15), 261-283. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53884-0.00029-4>

Attardo, S. & Pickering, L. (2023). *Eye Tracking in Linguistics*. Bloomsbury Academic, UK ISBN: HB: 978-1-3501-1750-1

Baranello, G., Signorini, S., Tinelli, F., Guzzetta, A., Pagliano, E., Rossi, A., Foscan, M., Tramacere, I., Romeo, D., & Ricci, D. (2020). Visual Function Classification System for children with cerebral palsy: development and validation. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 62(1), 104-110. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14270>

Bardin, L., (1977) *Análise de Conteúdo*. [Content analysis] Edições 70, Lisboa.

Bassi, L., Ricci, D., Volzone, A., Allsop, J., Srinivasan, L., & Pai, A. et al. (2008). Probabilistic diffusion tractography of the optic radiations and visual function in preterm infants at term equivalent age. *Brain*, 131(2), 573-582. <https://doi.org/10.1093/brain/awm327>

Bax, M., Goldstein, M., Rosenbaum, P., Leviton, A., Paneth, N., & Dan, B. et al. (2005). Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(8), 571-576. <https://doi.org/10.1017/S001216220500112x>

Bellocchi, S., Muneaux, M., Bastien-Toniazzo, M., & Ducrot, S. (2013). I can read it in your eyes: What eye movements tell us about visuo-attentional processes in developmental dyslexia. *Research in developmental disabilities*, 34(1), 452-460. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.09.002>

Ben Itzhak, N., Vancleef, K., Franki, I., Laenen, A., Wagemans, J., & Ortibus, E. (2021). Quantifying visuoperceptual profiles of children with cerebral visual impairment. *Child Neuropsychology*, 27(8), 995-1023 <https://doi.org/10.1080/09297049.2021.1915265>

Berger, T. W., Gerhardt, G., Liker, M. A., & Soussou, W. (2008). The impact of neurotechnology on rehabilitation. *IEEE reviews in biomedical engineering*, 1, 157-197. DOI: 10.1109/RBME.2008.2008687

- Berry, D. M. (2012). Introduction: Understanding the digital humanities. In *Understanding digital humanities* (pp. 1-20). London: Palgrave Macmillan, UK.
- Bhutta, A., Cleves, M., Casey, P., Craddock, M., & Anand, K. (2002). Cognitive and Behavioral Outcomes of School-Aged Children Who Were Born Preterm. *JAMA*, 288(6), 728-737. Doi:10.1001/jama.288.6.728
- Blank, R., Smits-Engelsman, B., Polatajko, H., Wilson, P. (2012). European Academy for Childhood Disability (EACD): recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Developmental Medicine and Child Neurology*, 54(1):54–93. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2011.04171.x>
- Blythe, H., Liversedge, S., Joseph, H., White, S., Findlay, J., et al. (2006) The binocular coordination of eye movements during reading in children and adults. *Vision Research* 46(22): 3898–3908. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2006.06.006>
- Blythe, H., Liversedge, S., Joseph, H., White, S., & Rayner, K. (2009). Visual information capture during fixations in reading for children and adults. *Vision Research*, 49(12), 1583-1591. <https://doi/10.1016/j.visres.2009.03.015>
- Bonifacci, P., Tobia, V., Sansavini, A., & Guarini, A. (2023). Eye-Movements in a Text Reading Task: A Comparison of Preterm Children, Children with Dyslexia and Typical Readers. *Brain Sciences*, 13(3), 425. <https://doi.org/10.3390/brainsci13030425>
- Borgestig, M., Sandqvist, J., Parsons, R., Falkmer, T., & Hemmingsson, H. (2016). Eye gaze performance for children with severe physical impairments using gaze-based assistive technology—A longitudinal study. *Assistive technology*, 28(2), 93-102. <https://doi.org/10.1080/10400435.2015.1092182>

Borgestig, M., Sandqvist, J., Ahlsten, G., Falkmer, T., & Hemmingsson, H. (2017). Gaze-based assistive technology in daily activities in children with severe physical impairments—An intervention study. *Developmental Neurorehabilitation*, 20(3), 129–141. <https://doi.org/10.3109/17518423.2015.1132281>

Borgestig, M., Al Khatib, I., Masayko, S., & Hemmingsson, H. (2021). The impact of eye-gaze controlled computer on communication and functional independence in children and young people with complex needs—a multicenter intervention study. *Developmental Neurorehabilitation*, 24(8), 511-524. <https://doi.org/10.1080/17518423.2021.1903603>

Braddick, O., Atkinson, J., & Wattam-Bell, J. (2003). Normal and anomalous development of visual motion processing: motion coherence and 'dorsal-stream vulnerability'. *Neuropsychologia*, 41(13), 1769-1784. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(03\)00178-7](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(03)00178-7)

Bradshaw, J. (2013). The use of augmentative and alternative communication apps for the iPad, iPod and iPhone: an overview of recent developments. *Tizard Learning Disability Review*, 18(1), 31–37. <https://doi.org/10.1108/13595471311295996>

Butcher, P., Bouma, A., Stremmelaar, E., Bos, A., Smithson, M., & Van Braeckel, K. (2012). Visuospatial perception in children born preterm with no major neurological disorders. *Neuropsychology*, 26(6), 723-734. doi:10.1037/a0029298

Cans, C., McManus, V., Crowley, M., Guillem, P., Platt, M. J., Johnson, A., Arnaud, C. & SCPE (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe) collaborative group. (2004). Cerebral palsy of post-neonatal origin: characteristics and risk factors. *Paediatric and perinatal epidemiology*, 18(3), 214-220. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3016.2004.00559.x>

Chang, M. & Borchert, M. (2021). Validity and reliability of eye tracking for visual acuity assessment in children with cortical visual impairment. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 25(6), 334-e1. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2021.07.008>

Clifton Jr, C., Staub, A., & Rayner, K. (2007). Eye movements in reading words and sentences. *Eye movements*, 341-371. <https://doi.org/10.1016/B978-008044980-7/50017-3>

Coltheart, M. (2006). Dual route and connectionist models of reading: An overview. *London review of education*, 4(1). doi: <https://doi.org/10.1080/13603110600574322>

Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed-processing approaches. In *Exploring cognition: Damaged brains and neural networks* (pp. 367-407). Psychology Press.

Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological review*, 108(1), 204-256. DOI: I0.1037//0033-295X.108.1.204

Connor, C. E., Egeth, H. E., & Yantis, S. (2004). Visual attention: bottom-up versus top-down. *Current biology*, 14(19), R850-R852. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.09.041>

Cook, A. M., Polgar, J. M., & Encarnação, P. (2020). *Assistive Technologies: Principles & Practice*, Fifth Edition. Elsevier, USA. ISBN:978-0-323523387

Coppedè, F. (2020). Epigenetics of Neuromuscular Disorders. *Epigenomics*, 12(23), 2125–2139. <https://doi.org/10.2217/epi-2020-0282>

Correia, S., Rodrigues, T., & Barros, H. (2015). Assessing the effect on outcomes of public or private provision of prenatal care in Portugal. *Maternal and child health journal*, 19, 1574-1583. DOI 10.1007/s10995-015-1667-4

Coskun, A., & Cagiltay, K. (2022). A systematic review of eye-tracking-based research on animated multimedia learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(2), 581-598. <https://doi.org/10.1111/jcal.12629>

Costantini, C. (2025). *Utilizzo della tecnologia per la valutazione neuropsicologica e il potenziamento di abilità visive in differenti popolazioni*. Tesi di dottorato, Università Milano-Bicocca. <https://hdl.handle.net/10281/542302>

Crump, C. (2015). Birth history is forever: implications for family medicine. *The Journal of the American Board of Family Medicine*, 28(1), 121-123. DOI: <https://doi.org/10.3122/jabfm.2015.01.130317>

Dahlin, K. I. E. (2010). Effects of working memory training on reading in children with special needs. *Reading and Writing*, Vol. 24, pp. 479-491. <https://doi.org/10.1007/s11145-010-9238-y>

Dambacher, M., Slattery, T., Yang, J., Kliegl, R., & Rayner, K. (2013). Evidence for direct control of eye movements during reading. *Journal Of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39(5), 1468-1484. doi:10.1037/a0031647

De Brito, D. S. (2010). A importância da leitura na formação social do indivíduo. *Periódico de Divulgação Científica da FALS*, Ano IV-Nº VIII-JUN.

De Bruïne, F., van Wezel-Meijler, G., Leijser, L., van den Berg-Huysmans, A., van Steenis, A., van Buchem, M., & van der Grond, J. (2010). Tractography of developing

white matter of the internal capsule and corpus callosum in very preterm infants. *European Radiology*, 21(3), 538-547. <https://doi.org/10.1007/s00330-010-1945-x>

De Vries, L., Van Haastert, I., Benders, M. & Groenendaal, F. (2011). Myth: cerebral palsy cannot be predicted by neonatal brain imaging. In *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine* (Vol. 16, No. 5, pp. 279-287). WB Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2011.04.004>

Dehaene, S. (2005). Evolution of human cortical circuits for reading and arithmetic: The neuronal recycling hypothesis. In *From monkey brain to human brain* <https://doi.org/10.7551/mitpress/3136.003.0012>

Dehaene, S. (2009). *Reading in the brain: The new science of how we read*. Penguin. USA

Dehaene, S. (2014). Reading in the brain revised and extended: response to comments. *Mind & Language*, 29(3), 320-335. <https://doi.org/10.1111/mila.12053>

Dehaene, S., & Cohen, L. (2007). Cultural recycling of cortical maps. *Neuron*, 56(2), 384-398. DOI: 10.1016/j.neuron.2007.10.004

Dehaene, S., & Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends In Cognitive Sciences*, 15(6), 254-262. doi: 10.1016/j.tics.2011.04.003

Dehaene, S., Cohen, L., Morais, J., & Kolinsky, R. (2015). Illiterate to literate: behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(4), 234-244. <https://doi.org/10.1038/nrn3924>

Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L., Ventura, P., Filho, G., & Jobert, A. et al. (2010). How Learning to Read Changes the Cortical Networks for Vision and Language. *Science*, 330(6009), 1359-1364. doi:10.1126/science.1194140

Denver, B., Froude, E., Rosenbaum, P., Wilkes-Gillan, S., & Imms, C. (2016). Measurement of visual ability in children with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 58(10), 1016-1029. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13139>

Dias, P. & Cadime, I. (2022). Predictors of adolescents' attitudes towards the inclusion of peers with special educational needs. *International Journal of Disability, Development and Education*, 69(5), <https://doi.org/10.1080/1034912X.2020.1822517>

Dickinson, D. K., & Neuman, S. B. (Eds.). (2013). *Handbook of Early Literacy Research*, Volume 2 (Vol. 2). Guilford Publications.

Donmez, M. (2023). A systematic literature review for the use of eye-tracking in special education. *Education and Information Technologies*, 28(6), 6515-6540. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11456-z>

Donmez, M. (2024). Educational technology for physically disabled people: A systematic literature review. *Kocaeli Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 7(2), 581-606. <https://doi.org/10.33400/kuje.1506082>

Downie, A., Jakobson, L., Frisk, V., & Ushycky, I. (2002). Auditory temporal processing deficits in children with periventricular brain injury. *Brain and language*, 80(2), 208-225. <https://doi.org/10.1006/brln.2001.2594>

Doyle, L. W., Spittle, A., Anderson, P. J., & Cheong, J. L. Y. (2021). School-aged neurodevelopmental outcomes for children born extremely preterm. *Archives of Disease in Childhood*, 106(9), 834-838. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2021-321668>

DSM, V. (2013). Manual de diagnóstico e estatística das perturbações mentais. Lisboa: Climepsi Editores.

Duchowski, A. (2003). *Eye Tracking Methodology Theory and Practice*. Springer. Verlag. Berlin.

Dufresne, D., Dagenais, L., Shevell, M. & REPACQ Consortium (2014). Spectrum of visual disorders in a population-based cerebral palsy cohort. *Pediatric neurology*, 50(4), 324-328. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2013.11.022>

Ekstrand A., Benfatto, M., & Seimyr, G. (2021). Screening for reading difficulties: comparing eye tracking outcomes to neuropsychological assessments. In *Frontiers in Education* (Vol. 6, p. 643232). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.643232>

Eliasson, A., Krumlinde-Sundholm, L., Rösblad, B., Beckung, E., Arner, M., Öhrvall, A. M., & Rosenbaum, P. (2006). The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Developmental medicine and child neurology*, 48(7), 549-554. <https://doi.org/10.1017/S0012162206001162>

Ellis, A. (1995) *Leitura, Escrita e Dislexia*. Artes Médicas: Porto Alegre

Fan, L., Feng, L., Gan, J., Luo, R., Qu, H., & Chen, X. (2024). Clinical characteristics of cystic encephalomalacia in children. *Frontiers in Pediatrics*, 12, 1280489. <https://doi.org/10.3389/fped.2024.1280489>

Fazzi, E., Signorini, S., La Piana, R., Bertone, C., Misefari, W., & Galli, J. et al. (2012). Neuro-ophthalmological disorders in cerebral palsy: ophthalmological, oculomotor, and visual aspects. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(8), 730-736.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2012.04324.x>

Fella, A., Loizou, M., Christoforou, C., & Papadopoulos, T. C. (2023). Eye Movement Evidence for Simultaneous Cognitive Processing in Reading. *Children*, 10(12), 1855.

<https://doi.org/10.3390/children10121855>

Friedman, J. M., van Essen, P., & van Karnebeek, C. D. (2022). Cerebral palsy and related neuromotor disorders: Overview of genetic and genomic studies. *Molecular genetics and metabolism*, 137(4), 399-419. <https://doi.org/10.1016/j.ymgme.2021.11.001>

Galli J., Loi E., Calza S, Micheletti S., Molinaro A., Franzoni A., Rossi A., Semeraro F., Merabet L., Fazzi E.(2024). Natural history of cerebral visual impairment in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 00: 1–10.

<https://doi.org/10.1111/dmcn.16096>

Gavril, L., Roşan, A., & Szamosközi, Ş. (2021). The role of visual-spatial attention in reading development: a meta-analysis. *Cognitive Neuropsychology*, 38(6), 387-407.

<https://doi.org/10.1080/02643294.2022.2043839>

Gaze Project n.d. 'a', Assessment of Functional Gaze (available at: <https://www.ucl.ac.uk/gaze/gaze-project/gaze-assessment>)

Gaze Project n.d. 'b', Functional Gaze Control (available at: <https://www.ucl.ac.uk/gaze/pdfs/gaze-materials-pdf>)

Gerth, S., & Festman, J. (2021). Reading development, word length and frequency effects: An eye-tracking study with slow and fast readers. *Frontiers in Communication*, 6, 743113. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2021.743113>

Gillick, B. T., & Zirpel, L. (2012). Neuroplasticity: an appreciation from synapse to system. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 93(10), 1846-1855. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.04.026>

Goldenberg, R., Culhane, J. , Iams, J., & Romero, R. (2008). Epidemiology and causes of preterm birth. *The lancet*, 371(9606), 75-84. DOI: 10.1016/S0140-6736(08)60074-4

Goswami, U. (2020). *Cognitive development and cognitive neuroscience: The learning brain*. Second Edition, Routledge, UK&USA

Greco, P., Nencini, G., Piva, I., Scioscia, M., Volta, C. A., Spadaro, S., Neri M., Bonaccorsi G., Coco, I., Sorrentino, F., D'Antonio, F.,& Nappi, L. (2020).

Pathophysiology of hypoxic–ischemic encephalopathy: a review of the past and a view on the future. *Acta Neurologica Belgica*, 120, 277-288. <https://doi.org/10.1007/s13760-020-01308-3>

Guarini, A., Sansavini, A., Fabbri, C., Savini, S., Alessandrini, R., Faldella, G., & Karmiloff-Smith, A. (2010). Long-term effects of preterm birth on language and literacy at eight years. *Journal of child language*, 37(04), 865-885. doi:10.1017/S0305000909990109

Guimarães, M. R., & Guimarães, I. R. (2013). Aprendizagem e leitura-Síndrome de Irlen. *Neurociência e Educação* (1ª edição, p. 350). Book Editora.

Gwizdka, J., & Dillon, A. (2020). Eye-tracking as a method for enhancing research on information search. In: Fu, W., van Oostendorp, H. (eds) *Understanding and Improving*

*Information Search: A Cognitive Approach*, 161-181. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38825-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38825-6_9)

Hancock, R., Richlan, F., & Hoeft, F. (2017). Possible roles for fronto-striatal circuits in reading disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 72, 243-260. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.10.025>

Hand, C., O'Donnell, P., & Sereno, S. (2012). Word-Initial Letters Influence Fixation Durations during Fluent Reading. *Front. Psychology*, 3. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00085>

Hansen, D. W., & Ji, Q. 2010. In the eye of the beholder: A survey of models for eyes and gaze. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 32, 3, 478-500. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2009.30>

Hawelka, S., Gagl, B., & Wimmer, H. (2010). A dual-route perspective on eye movements of dyslexic readers. *Cognition*, 115(3), 367-379. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.11.004>

Heim, S., Pape-Neumann, J., van Ermingen-Marbach, M., Brinkhaus, M., & Grande, M. (2015). Shared vs. specific brain activation changes in dyslexia after training of phonology, attention, or reading. *Brain Structure and Function*, 220, 2191-2207. <https://doi.org/10.1007/s00429-014-0784-y>

Hellström, A., Smith, L. E., & Dammann, O. (2013). Retinopathy of prematurity. *The lancet*, 382(9902), 1445-1457. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)60178-6

Henderson, J. M., & Luke, S. G. (2014). Stable individual differences in saccadic eye movements during reading, pseudoreading, scene viewing, and scene search. *Journal of*

*Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40(4), 1390.  
<https://doi.org/10.1037/a0036330>

Himmelmann, K., Hagberg, G., Beckung, E., Hagberg, B., & Uvebrant, P. (2005). The changing panorama of cerebral palsy in Sweden. IX. Prevalence and origin in the birth-year period 1995–1998. *Acta Paediatrica*, 94(3), 287-294. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2005.tb03071.x>

Himmelmann, K., Hagberg, G., & Uvebrant, P. (2010). The changing panorama of cerebral palsy in Sweden. X. Prevalence and origin in the birth-year period 1999-2002. *Acta Paediatrica*, 99(9), 1337-1343. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2010.01819.x>

Himmelmann, K., & Uvebrant, P. (2018). The panorama of cerebral palsy in Sweden part XII shows that patterns changed in the birth years 2007–2010. *Acta Paediatrica*, 107(3), 462-468. <https://doi.org/10.1111/apa.14147>

Hoelt, F., Ueno, T., Reiss, A. L., Meyler, A., Whitfield-Gabrieli, S., Glover, G. H., ... & Gabrieli, J. D. (2007). Prediction of children's reading skills using behavioral, functional, and structural neuroimaging measures. *Behavioral neuroscience*, 121(3), 602. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.121.3.602>

Hokken, M. J., Krabbendam, E., van der Zee, Y. J., & Kooiker, M. J. G. (2022). Visual selective attention and visual search performance in children with CVI, ADHD, and Dyslexia: a scoping review. *Child Neuropsychology*, 29(3), 357–390. <https://doi.org/10.1080/09297049.2022.2057940>

Hruby, G. G., & Goswami, U. (2011). Neuroscience and reading: A review for reading education researchers. *Reading Research Quarterly*, 46(2), 156-172. <https://doi.org/10.1598/RRQ.46.2.4>

Iaconis, F. R., Meo, M., Del Punta, J. A., & Gasaneo, G. (2023). Modelling the eye movements of dyslexic children during reading as a continuous time random walk. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 33(8). <https://doi.org/10.1063/5.014088>

Ingvaldsen, S. H., Hansen, T. I., Håberg, A. K., Moholdt, V., Evensen, K. A. I., Dammann, O., Austeng, D. & Morken, T. S. (2023). Visual function correlates with neurodevelopment in a population cohort of school-aged children born extremely preterm. *Acta Paediatrica*, 112(4), 753-761. <https://doi.org/10.1111/apa.16667>

Itzhak, N. B., Stijnen, L., & Ortibus, E. (2023). The relation between visual orienting functions, visual perception, and functional vision in children with (suspected) cerebral visual impairment. *Research in Developmental Disabilities*, 142, 104619. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2023.104619>

Itzhak, N. B., Vancleef, K., Franki, I., Laenen, A., Wagemans, J., & Ortibus, E. (2021). Quantifying visuoperceptual profiles of children with cerebral visual impairment. *Child Neuropsychology*, 27(8), 995–1023. <https://doi.org/10.1080/09297049.2021.1915265>

Jarodzka, H., Skuballa, I., & Gruber, H. (2021). Eye-tracking in educational practice: Investigating visual perception underlying teaching and learning in the classroom. *Educational psychology review*, 33(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09565-7>

Jones, J. L., & Mehr, S. L. (2007). Foundations and assumptions of the scientist-practitioner model. *American Behavioral Scientist*, 50(6), 766-771. <https://doi.org/10.1177/0002764206296454>

Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: from eye fixations to comprehension. *Psychological review*, 87(4), 329. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.87.4.329>

Karlsson, P., Allsop, A., Dee-Price, B. J., & Wallen, M. (2017). Eye-gaze control technology for children, adolescents and adults with cerebral palsy with significant physical disability: Findings from a systematic review. *Developmental Neurorehabilitation*, 21(8), 497–505. <https://doi.org/10.1080/17518423.2017.1362057>

Karlsson, P., Bech, A., Stone, H., Vale, C., Griffin, S., Monbaliu, E., & Wallen, M. (2019). Eyes on communication: trialling eye-gaze control technology in young children with dyskinetic cerebral palsy. *Developmental Neurorehabilitation*, 22(2), 134–140. <https://doi.org/10.1080/17518423.2018.1519609>

Kay, E. & Santos, M. E. (2014). Grelha de observação da Linguagem – Nível Escolar – GOL –E. Editora: Oficina Didática, Lisboa.

Keller-Margulis, M., Dempsey, A., & Llorens, A. (2011). Academic Outcomes for Children Born Preterm: A Summary and Call for Research. *Early Childhood Education Journal*, 39(2), 95-102. <https://doi.org/10.1007/s10643-011-0446-0>

Kelly, C., Thompson, D., Spittle, A., Chen, J., Seal, M., Anderson, P., Doyle, L & Cheong, J. (2020). Regional brain volumes, microstructure and neurodevelopment in moderate–late preterm children. *Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition*, 105(6), 593-599. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2019-317941>

Kennedy, E., Poppe, T., Tottman, A., & Harding, J. (2021). Neurodevelopmental impairment is associated with altered white matter development in a cohort of school-

aged children born very preterm. *NeuroImage: Clinical*, 31, 102730.  
<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2021.102730>

Kerr-Wilson, C. O., Mackay, D. F., Smith, G. C. S., & Pell, J. P. (2012). Meta-analysis of the association between preterm delivery and intelligence. *Journal of Public Health*, 34(2), 209-216. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdr024>

Keunen, K., Benders, M. J., Leemans, A., Fieret-Van Stam, P. C., Scholtens, L. H., Viergever, M. A., ... & Van den Heuvel, M. P. (2017). White matter maturation in the neonatal brain is predictive of school age cognitive capacities in children born very preterm. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59(9), 939-946.  
<https://doi.org/10.1111/dmcn.13487>

Khan, O., Singh, T., Barany, D., Modlesky, C. (2024). Accuracy deficits during robotic time-constrained reaching are related to altered prefrontal cortex activity in children with cerebral palsy. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 21, 216  
<https://doi.org/10.1186/s12984-024-01502-x>

Kliegl, R., Nuthmann, A., & Engbert, R. (2006). Tracking the mind during reading: the influence of past, present, and future words on fixation durations. *Journal of experimental psychology: General*, 135(1), 12. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.135.1.12>

Knight, M., Smith-Collins, A., Newell, S., Denbow, M., & Kauppinen, R. (2018). Cerebral white matter maturation patterns in preterm infants: an MRI T2 relaxation anisotropy and diffusion tensor imaging study. *Journal of Neuroimaging*, 28(1), 86-94.  
<https://doi.org/10.1111/jon.12486>

Kozeis, N., Anogeianaki, A., Mitova, D. T., Anogianakis, G., Mitov, T., & Klisarova, A. (2007). Visual function and visual perception in cerebral palsied children. *Ophthalmic*

and *Physiological Optics*, 27(1), 44-53. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2006.00413.x>

Kozeis, N., & Jain, S. (2018). Visual impairment in cerebral palsy. *Cerebral Palsy: A Multidisciplinary Approach*, 295-302. In: Panteliadis, C. (eds) *Cerebral Palsy*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67858-0\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67858-0_28)

Kristjansson, A., & Sigurdardottir, H. M. (2023). The role of visual factors in dyslexia. *Journal of Cognition*, 6(1). DOI: 10.5334/joc.287

Kulke, L., Atkinson, J., & Braddick, O. (2015). Automatic detection of attention shifts in infancy: Eye tracking in the fixation shift paradigm. *PloS one*, 10(12), e0142505. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142505>

Kuperman, V., Schreuder, R., Bertram, R., & Baayen, R. H. (2009). Reading polymorphemic Dutch compounds: toward a multiple route model of lexical processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(3), 876. <https://doi.org/10.1037/a0013484>

Lampe, R., Turova, V., Blumenstein, T., & Alves-Pinto, A. (2014). Eye movement during reading in young adults with cerebral palsy measured with eye tracking. *Postgraduate medicine*, 126(5), 146. <https://doi.org/10.3810/pgm.2014.09.2809>

Landerl, K., Wimmer, H., & Frith, U. (1997). The impact of orthographic consistency on dyslexia: A German-English comparison. *Cognition*, 63(3), 315-334. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(97\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(97)00005-X)

Levine, M. N., & Leiter, R. G. (1989). *Leiter international performance scale: A handbook*. Western Psychological Services. USA

Lee, T., Yeung, M., Sze, S., & Chan, A. (2020). Computerized eye-tracking training improves the saccadic eye movements of children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Brain sciences*, 10(12), 1016. <https://doi.org/10.3390/brainsci10121016>

Li, X., Huang, L., Yao, P., & Hyönä, J. (2022). Universal and specific reading mechanisms across different writing systems. *Nature Reviews Psychology*, 1(3), 133-144. <https://doi.org/10.1038/s44159-022-00022-6>

Litt, J., Taylor, H., Klein, N., & Hack, M. (2005). Learning Disabilities in Children with Very Low Birthweight: Prevalence, Neuropsychological Correlates, and Educational Interventions. *Journal Of Learning Disabilities*, 38(2), 130-141. <https://doi.org/10.1177/00222194050380020301>

Lindsay, S., & Hounsell, K. G. (2017). Adapting a robotics program to enhance participation and interest in STEM among children with disabilities: a pilot study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 12(7), 694–704. <https://doi.org/10.1080/17483107.2016.1229047>

Liu, J., Ren, X., Wang, Y., & Zhao, J. (2023). Visual attention span capacity in developmental dyslexia: A meta-analysis. *Research in Developmental Disabilities*, 135, 104465. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2023.104465>

Lovett, M. W., Steinbach, K. A., & Frijters, J. C. (2000). Remediating the core deficits of developmental reading disability: A double-deficit perspective. *Journal of learning disabilities*, 33(4), 334-358. <https://doi.org/10.1177/002221940003300406>

Lopes, A. A. T., Tani, G., & Maia, J. A. R. (2011). Desempenho neuromotor, prematuridade e baixo peso à nascença. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 13, 73-81. <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2011v13n1p73>

- Luna, B., & Sweeney, J. A. (2001). Studies of brain and cognitive maturation through childhood and adolescence: a strategy for testing neurodevelopmental hypotheses. *Schizophrenia bulletin*, 27(3), 443-455.  
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.schbul.a006886>
- Maisog, J. M., Einbinder, E. R., Flowers, D. L., Turkeltaub, P. E., & Eden, G. F. (2008). A meta-analysis of functional neuroimaging studies of dyslexia. *Annals of the new York Academy of Sciences*, 1145(1), 237-259. <https://doi.org/10.1196/annals.1416.024>
- Majaranta, P., & Bulling, A. (2014). *Eye tracking and eye-based human-computer interaction*. In *Advances in physiological computing* (pp. 39-65). Springer, London
- Maroco, J. (2007). *Análise Estatística com utilização do SPSS* [Statistical Analysis using SPSS] Lisboa: Edições Sílabo.
- Marslen-Wilson, W. D. (1987). Functional parallelism in spoken word-recognition. *Cognition*, 25(1-2), 71-102. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(87\)90005-9](https://doi.org/10.1016/0010-0277(87)90005-9)
- Martinez-Biarge, M., Groenendaal, F., Kersbergen, K. J., Benders, M. J., Foti, F., Van Haastert, I. C., ... & De Vries, L. S. (2019). Neurodevelopmental outcomes in preterm infants with white matter injury using a new MRI classification. *Neonatology*, 116(3), 227-235. <https://doi.org/10.1159/000499346>
- Martins, A., Rosa, A., Queirós, A., Silva, A., & Rocha, N. (2015). European Portuguese validation of the system usability scale (SUS). *Procedia computer science*, 67, 293-300. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.273>
- Martins, M., (2022) As bases neurobiológicas da Leitura. In Alves, R. Leite, I.(Eds). *Ensino da leitura e da escrita baseado em evidências*. pp 47-64. Fundação Belmiro de Azevedo. Porto

Mattos, J., & Araújo, C. (2020). Inter-relação entre duas teses de doutorado que Incluíram em suas amostras de pesquisa crianças com transtorno do espectro autista (tea). *Revista Psicopedagogia*, 37(113), 243-258. <https://doi.org/10.5935/0103-8486.20200017>

McConkie G., Zola D., Grimes J., Kerr P., Bryant N. & Wolff, P. M. (1991) Children's eye movements during reading. In J. F. Stein (Ed.), *Vision and visual dyslexia* (pp. 251–262). London: Macmillan.

McIntyre, S., Goldsmith, S., Webb, A., Ehlinger, V., Hollung, S. J., McConnell, K., Arnaud, C., Smithers-Sheedy, H., Oskoui, M., Khandaker, G. & Global CP Prevalence Group\*. (2022). Global prevalence of cerebral palsy: A systematic analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 64(12), 1494-1506. <https://doi.org/10.1111/dmcn.15346>

McMichael, G., Bainbridge, M. N., Haan, E., Corbett, M., Gardner, A., Thompson, S., Van Bon, B. Van Eyk, C., Broadbent, J., Reynolds, C., O'Callaghan, M., Nguyen, L., Adelson, D., Russo, R., Jhangiani, S., Doddapaneni, H., Muzny, D., Gibbs, R., Gecz, J., & MacLennan, A. (2015). Whole-exome sequencing points to considerable genetic heterogeneity of cerebral palsy. *Molecular psychiatry*, 20(2), 176-182. <https://doi.org/10.1038/mp.2014.189>

Merabet, L., Mayer, D., Bauer, C., Wright, D. & Kran, B. (2017). Disentangling how the brain is “wired” in cortical (cerebral) visual impairment. In *Seminars in pediatric neurology*, (Vol. 24, No. 2, pp. 83-91). WB Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2017.04.005>

Michel, C. & Collins, C. (2020) Pediatric Neuromuscular Disorders. *Pediatric Clinics of North America*, Volume 67, Issue 1, 45-57. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2019.09.002>

Miller, D., & Defina, P. (2009). The application of neuroscience to the practice of school neuropsychology. In Daniel C. Miller (Ed.), *Best Practices in School Neuropsychology: Guidelines for Effective Practice, Assessment, and Evidence-Based Intervention*, 141-157. John Wiley & Sons, Inc. USA

Miller, F. (2020). Motor Control and Muscle Tone Problems in Cerebral Palsy. In: Miller, F., Bachrach, S., Lennon, N., O'Neil, M.E. (eds) *Cerebral Palsy*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74558-9\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74558-9_39)

Mirsky, A., Anthony, B., Duncan, C., Ahearn, M., & Kellam, S. (1991). Analysis of the elements of attention. *Neuropsychology Review*, 2(2), 109-146. <https://doi.org/10.1007/BF01109051>

Munoz, D., Armstrong, I., Hampton, K., & Moore, K. (2003). Altered control of visual fixation and saccadic eye movements in attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of neurophysiology*, 90(1), 503-514. <https://doi.org/10.1152/jn.00192.2003>

Narberhaus, A., Lawrence, E., Allin, M., Walshe, M., McGuire, P., & Rifkin, L. et al. (2009). Neural substrates of visual paired associates in young adults with a history of very preterm birth: Alterations in fronto-parieto-occipital networks and caudate nucleus. *Neuroimage*, 47(4), 1884-1893. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.04.036>

Nazir, T. & Huckauf, A. (2008). *The visual skill reading. Single word reading: Cognitive, behavioral and biological perspectives*, 25-42. Psychology Press. eBook ISBN9780429235467

Noudoost, B., Chang, M. H., Steinmetz, N. A., & Moore, T. (2010). Top-down control of visual attention. *Current opinion in neurobiology*, 20(2), 183-190. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2010.02.003>

- O'Brien, S., Lichtwark, G., Carroll, T., & Barber, L. (2020). Impact of lower limb active movement training in individuals with spastic type cerebral palsy on neuromuscular control outcomes: a systematic review. *Frontiers in Neurology*, 11, 581892. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.581892>
- Olivieri, I., Bova, S., Urgesi, C., Ariaudo, G., Perotto, E., & Fazzi, E. et al. (2012). Outcome of extremely low birth weight infants: What's new in the third millennium? Neuropsychological profiles at four years. *Early Human Development*, 88(4), 241-250. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2011.08.012>
- Olulade, O., Flowers, D., Napoliello, E., & Eden, G. (2013). Developmental differences for word processing in the ventral stream. *Brain and language*, 125(2), 134-145. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.04.003>
- O'Reilly, M., Vollmer, B., Vargha-Khadem, F., Neville, B., Connelly, A., & Wyatt, J. et al. (2010). Ophthalmological, cognitive, electrophysiological and MRI assessment of visual processing in preterm children without major neuromotor impairment. *Developmental Science*, 13(5), 692-705. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00925.x>
- Ortibus, E., De Cock, P., & Lagae, L. (2011). Visual Perception in Preterm Children: What Are We Currently Measuring?. *Pediatric Neurology*, 45(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2011.02.008>
- Ortibus, E., Fazzi, E., & Dale, N. (2019). Cerebral visual impairment and clinical assessment: the European perspective. In *Seminars in paediatric neurology*, 31, 15-24. WB Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2019.05.004>

- Ouherrou, N., Elhammoumi, O., Benmarrakchi, F., & El Kafi, J. (2019). Comparative study on emotions analysis from facial expressions in children with and without learning disabilities in virtual learning environment. *Education and Information Technologies*, 24(2), 1777–1792. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-09852-5>
- Palisano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., & Galuppi, B. (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 39(4), 214-223. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x>
- Paneri, S., & Gregoriou, G. G. (2017). Top-down control of visual attention by the prefrontal cortex. Functional specialization and long-range interactions. *Frontiers in neuroscience*, 11, 302586. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00545>
- Pavlova, M., Staudt, M., Sokolov, A., Birbaumer, N., & Krägeloh-Mann, I. (2003). Perception and production of biological movement in patients with early periventricular brain lesions. *Brain*, 126(3), 692-701. <https://doi.org/10.1093/brain/awg062>
- Pegado, F., Nakamura, K., & Hannagan, T. (2014). How does literacy break mirror invariance in the visual system? *Frontiers in Psychology*, 5, 703. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00703>
- Pennington, L., Mjølén, T., da Graça Andrada, M., & Murray, J. (2010). *Viking speech scale*. Newcastle: Newcastle University UK.
- Perry, C., & Long, H. (2022). What is going on with visual attention in reading and dyslexia? A critical review of recent studies. *Brain Sciences*, 12(1), 87. <https://doi.org/10.3390/brainsci12010087>

Pestana, M., & Gageiro, J. (2003). *Análise factorial. Análise de dados para Ciências Sociais: a complementaridade do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo, 31-45.

Pierrat, V., Marchand-Martin, L., Arnaud, C., Kaminski, M., Resche-Rigon, M., Lebeaux, C., Bodeau-Livinec, F., Morgan, A., Goffinet, F., Marret, S., Ancel, P. & EPIPAGE-2 Writing Group. (2017). Neurodevelopmental outcome at 2 years for preterm children born at 22 to 34 weeks' gestation in France in 2011: EPIPAGE-2 cohort study. *bmj*, 358. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.j3448>

Pinto, F., Fernandes, E., Virella, D., Abrantes, A., & Neto, M. T. (2019). Born preterm: a public health issue. *Portuguese Journal of Public Health*, 37(1), 38-49. <https://doi.org/10.1159/000497249>

Pinto, P., Bento, S., Janela Pinto, T. & Neca, P. (2023). Pessoas com Deficiência em Portugal—Indicadores de Direitos Humanos 2023, in Observatório da Deficiência e Direitos humanos, ISCSP – Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas. <http://oddh.iscsp.ulisboa.pt>

Platt, M. (2014). Outcomes in preterm infants. *Public health*, 128(5), 399-403. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2014.03.010>

Plaza, C., Adrián, M. & Castro, F. V. (2015). La lectura en vista de los alumnos con diversidad funcional visual. características e intervención educativa. *International Journal of Developmental and Educational Psychology/INFAD*, 2(1), 345-354. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2015.n1.v2.263>

Posner, M., & Petersen, S. (1990). The attention system of the human brain. *Annual review of neuroscience*, 13(1), 25-42.

<https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>

Posner, M. & Rothbart, M. (2007). Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annual Review Psychology.*, 58, 1-23.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085516>

Provazza, S., Adams, A. M., Giofrè, D., & Roberts, D. J. (2019). Double trouble: visual and phonological impairments in English dyslexic readers. *Frontiers in psychology*, 10, 2725. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02725>

Pugh, K., Mencl, W., Shaywitz, B., Shaywitz, S., Fulbright, R., Constable, R., ... & Gore, J. C. (2000). The angular gyrus in developmental dyslexia: task-specific differences in functional connectivity within posterior cortex. *Psychological science*, 11(1), 51-56.  
<https://doi.org/10.1111/1467-9280.00214>

Radach, R., Huestegge, L. & Reilly, R. (2008). The role of global top-down factors in local eye-movement control in reading. *Psychological Research*, 72. pp. 675-688.  
<https://doi.org/10.1007/s00426-008-0173-3>

Radach, R., & Kennedy, A. (2004). Theoretical perspectives on eye movements in reading: Past controversies, current issues, and an agenda for future research. *European journal of cognitive psychology*, 16(1-2), 3-26.  
<https://doi.org/10.1080/09541440340000295>

Rastle, K., & Coltheart, M. (1999). Serial and strategic effects in reading aloud. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, 25(2), 482. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.25.2.482>

Rayner, K. (1986). Eye movements and the perceptual span in beginning and skilled readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 41(2), 211-236. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(86\)90037-8](https://doi.org/10.1016/0022-0965(86)90037-8)

Rayner, K., Well, A. D., Pollatsek, A., & Bertera, J. H. (1982). The availability of useful information to the right of fixation in reading. *Perception & Psychophysics*, 31(6), 537-550. <https://doi.org/10.3758/BF03204186>

Rayner, K. (1997). Understanding eye movements in reading. *Scientific Studies of Reading*, 1(4), 317-339. [https://doi.org/10.1207/s1532799xssr0104\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532799xssr0104_2)

Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological bulletin*, 124(3), 372. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372>

Rayner, K. (2009). The 35th Sir Frederick Bartlett Lecture: Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Quarterly journal of experimental psychology*, 62(8), 1457-1506. <https://doi.org/10.1080/17470210902816461>

Rayner, K. (2022). *Foveal and parafoveal cues in reading*. In Attention and performance VII (pp. 149-161). Routledge

Rayner, K., Slattery, J. & Belanger, N. N. (2010). Eye movements, the perceptual span, and reading speed. *Psychonomic Bulletin & Review*. 17 (6), pp. 834-839. <https://doi.org/10.3758/PBR.17.6.834>

Rayner, K., & Reingold, E. M. (2015). Evidence for direct cognitive control of fixation durations during reading. *Current opinion in behavioral sciences*, 1, 107-112. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2014.10.008>

- Rayner, K., Slattery, T., Drieghe, D., & Liversedge, S. (2011). Eye movements and word skipping during reading: Effects of word length and predictability. *Journal Of Experimental Psychology: Human Perception And Performance*, 37(2), 514-528. doi:10.1037/a0020990
- Reed, U. C. (2002). Neuromuscular disorders. *Jornal de Pediatria*, 78, S89-S103. <https://doi.org/10.1590/S0021-75572002000700012>
- Reichle, E. D. (2021). *Computational models of reading: A handbook*. Oxford University Press.
- Reichle, E. D., & Laurent, P. A. (2006). Using reinforcement learning to understand the emergence of "intelligent" eye-movement behavior during reading. *Psychological Review*, 113(2), 390. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.113.2.390>
- Reichle, E. D., Liversedge, S. P., Drieghe, D., Blythe, H. I., Joseph, H. S., White, S. J., & Rayner, K. (2013). Using EZ Reader to examine the concurrent development of eye-movement control and reading skill. *Developmental Review*, 33(2), 110-149. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2013.03.001>
- Reichle, E. D., Rayner, K., & Pollatsek, A. (2003). The EZ Reader model of eye-movement control in reading: Comparisons to other models. *Behavioral and brain sciences*, 26(4), 445-476. doi:10.1017/S0140525X03000104
- Reilly, R. G., & Radach, R. (2006). Some empirical tests of an interactive activation model of eye movement control in reading. *Cognitive Systems Research*, 7(1), 34-55. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2005.07.006>

Rey, A. (2002). *Teste de Cópia de Figuras Complexas*. Centre de Psychologie Appliquée (Paris). Adaptação Portuguesa: Departamento de Investigação e Publicações Psicológicas-CEGOC-TEA.

Ricci, D., Cesarini, L., Gallini, F., Serrao, F., Leone, D., & Baranello, G. et al. (2010). Cortical Visual Function in Preterm Infants in the First Year. *The Journal Of Pediatrics*, 156(4), 550-555. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.10.042>

Richardson, J. (2014). Maryanne Wolf: Balance technology and deep reading to create biliterate children. *Phi Delta Kappan*, 96(3), 14-19. <https://doi.org/10.1177/0031721714557447>

Richlan, F., Kronbichler, M., & Wimmer, H. (2009). Functional abnormalities in the dyslexic brain: A quantitative meta-analysis of neuroimaging studies. *Human brain mapping*, 30(10), 3299-3308. <https://doi.org/10.1002/hbm.20752>

Richlan, F., Kronbichler, M., & Wimmer, H. (2011). Meta-analyzing brain dysfunctions in dyslexic children and adults. *Neuroimage*, 56(3), 1735-1742. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.02.040>

Richlan F, Sturm D, Schurz M, Kronbichler M, Ladurner G, Wimmer H (2010) A Common Left Occipito-Temporal Dysfunction in Developmental Dyslexia and Acquired Letter-By-Letter Reading? *PLoS ONE* 5(8): e12073. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012073>

Romero, B., Robinson, K. G., Batish, M., & Akins, R. E. (2021). An emerging role for epigenetics in cerebral palsy. *Journal of Personalized Medicine*, 11(11), 1187. <https://doi.org/10.3390/jpm11111187>

Rose, J., Cahill-Rowley, K., Vassar, R., Yeom, K. W., Stecher, X., Stevenson, D. K., ... & Barnea-Goraly, N. (2015). Neonatal brain microstructure correlates of neurodevelopment and gait in preterm children 18–22 month of age: an MRI and DTI study. *Pediatric research*, 78(6), 700-708. <https://doi.org/10.1038/pr.2015.157>

Rosenbaum, P., Palisano, R., Bartlett, D., Galuppi, B., & Russell, D. (2008). Development of the Gross Motor Function Classification System for cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 50(4), 249-253. doi:10.1111/j.1469-8749.2008.02045.x

Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D., & Jacobsson, B. (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Developmental Medicine and Child Neurology Suppl*, 109(suppl 109), 8-14. PMID: 17370477.

Ruffino, M., Trussardi, A. N., Gori, S., Finzi, A., Giovagnoli, S., Menghini, D., & Facoetti, A. (2010). Attentional engagement deficits in dyslexic children. *Neuropsychologia*, 48(13), 3793-3801. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.002>

Saigal, S., & Doyle, L. (2008). An overview of mortality and sequelae of preterm birth from infancy to adulthood. *The Lancet*, 371(9608), 261-269. doi:10.1016/s0140-6736(08)60136-1

Sandoval, C. C., Gasparido, C. M., & Linhares, M. B. M. (2022). The impact of preterm birth on the executive functioning of preschool children: A systematic review. *Applied Neuropsychology: Child*, 11(4), 873-890. <https://doi.org/10.1080/21622965.2021.1915145>

Santamaría, V. G. (2019). Prueba colectiva sin producción oral para la evaluación de los procesos de reconocimiento de la palabra escrita. *PIPE. International Journal of Developmental and Educational Psychology/INFAD*, 3(1), 363-372. <http://hdl.handle.net/10662/11145>

Schneider, B., & Bryant, T. (2024). Using Mobile Dual Eye-Tracking to Capture Cycles of Collaboration and Cooperation in Co-located Dyads. *Cognition and Instruction*, 42(1), 26–55. <https://doi.org/10.1080/07370008.2022.2157418>

Schnider, B., Disselhoff, V., Held, U., Latal, B., Hagmann, C. F., & Wehrle, F. M. (2020). Executive function deficits mediate the association between very preterm birth and behavioral problems at school-age. *Early human development*, 146, 105076. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2020.105076>

Schlaggar, B. L., & McCandliss, B. D. (2007). Development of neural systems for reading. *Annual Review of Neuroscience*, 30(1), 475-503. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.28.061604.135645>

Schwarz, J., Lizarazu, M., Lallier, M., & Klimovich-Gray, A. (2024). Phonological deficits in dyslexia impede lexical processing of spoken words: Linking behavioural and MEG data. *Cortex*, 171, 204-222. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2023.10.003>

Seassau, M., & Bucci, M. P. (2013). Reading and visual search: a developmental study in normal children. *PLoS One*, 8(7), e70261. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070261>

Shatz, C. J. (1992). The developing brain. *Scientific American*, 267(3), 60-67. <https://www.jstor.org/stable/24939213>

Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Blachman, B. A., Pugh, K. R., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., ... & Gore, J. C. (2004). Development of left occipitotemporal systems for

skilled reading in children after a phonologically-based intervention. *Biological psychiatry*, 55(9), 926-933. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2003.12.019>

Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2004). *Reading disability and the brain*. Educational leadership, 61(6), 7. ISSN-0013-1784

Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2005). Dyslexia (specific reading disability). *Biological psychiatry*, 57(11), 1301-1309. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.01.043>

Shaywitz, S. E., Shaywitz, B. A., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., Mencl, W. E., Constable, R. T., ... & Gore, J. C. (2003). Neural systems for compensation and persistence: young adult outcome of childhood reading disability. *Biological psychiatry*, 54(1), 25-33. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(02\)01836-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(02)01836-X)

Sheth, B. R., & Young, R. (2016). Two visual pathways in primates based on sampling of space: exploitation and exploration of visual information. *Frontiers in integrative neuroscience*, 10, 37. <https://doi.org/10.3389/fnint.2016.00037>

Sim, G., & Bond, R. (2021). Eye tracking in child computer interaction: challenges and opportunities. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 30, 100345. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100345>

Spinelli, E. & Ferrand, L.(2005). *Psicologia da Linguagem. O escrito e o falado, do sinal à significação*. Ed. Instituto Piaget. Lisboa.

Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. S., Béchenec, D., & Serniclaes, W. (2003). Development of phonological and orthographic processing in reading aloud, in silent reading, and in spelling: A four-year longitudinal study. *Journal of experimental child psychology*, 84(3), 194-217. [https://doi.org/10.1016/S0022-0965\(03\)00024-9](https://doi.org/10.1016/S0022-0965(03)00024-9)

- Sripada, K., Løhaugen, G. C., Eikenes, L., Bjørlykke, K. M., Håberg, A. K., Skranes, J., & Rimol, L. M. (2015). Visual–motor deficits relate to altered gray and white matter in young adults born preterm with very low birth weight. *Neuroimage*, 109, 493-504. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.01.019>
- Stålnacke, J., Lundequist, A., Böhm, B., Forssberg, H., & Smedler, A. C. (2019). A longitudinal model of executive function development from birth through adolescence in children born very or extremely preterm. *Child Neuropsychology*, 25(3), 318-335. <https://doi.org/10.1080/09297049.2018.1477928>
- Stiers, P., Vanderkelen, R., Vanneste, G., Coene, S., De Rammelaere, M., & Vandebussche, E. (2002). Visual-perceptual impairment in a random sample of children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 44(6), 370-382. doi:10.1017/S0012162201002249
- Stokes, J. D., Rizzo, A., Geng, J. J., & Schweitzer, J. B. (2022). Measuring Attentional Distraction in Children With ADHD Using Virtual Reality Technology With Eye-Tracking. *Frontiers in Virtual Reality*, 3. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.855895>
- Sucena, A., & Castro, S. L. (2011). *ALEPE-Avaliação da leitura em Português Europeu*. Lisboa: CEGOC-TEA.
- Stricker, G. (1992). The relationship of research to clinical practice. *American Psychologist*, 47(4), 543. DOI:10.1037/0003-066X.47.4.543
- Szwed, M., Cohen, L., Qiao, E., & Dehaene, S. (2009). The role of invariant line junctions in object and visual word recognition. *Vision research*, 49(7), 718-725. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.01.003>

Tao, L., Wang, Q., Liu, D., Wang, J., Zhu, Z., & Feng, L. (2020). Eye tracking metrics to screen and assess cognitive impairment in patients with neurological disorders. *Neurological Sciences*, 41, 1697-1704. <https://doi.org/10.1007/s10072-020-04310-y>

Thaler, V., Urton, K., Heine, A., Hawelka, S., Engl, V., & Jacobs, A. M. (2009). Different behavioral and eye movement patterns of dyslexic readers with and without attentional deficits during single word reading. *Neuropsychologia*, 47(12), 2436-2445. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.04.006>

Thomas, M. S., Ansari, D., & Knowland, V. C. (2019). Annual research review: Educational neuroscience: Progress and prospects. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 60(4), 477-492. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12973>

Thomas, S. P., Novak, I., Ritterband-Rosenbaum, A., Lind, K., Webb, A., Gross, P., ... & CP Global Clinical Trials Network. (2024). The critical need to accelerate cerebral palsy research with consumer engagement, global networks, and adaptive designs. *Journal of Pediatric Rehabilitation Medicine*, 17(1), 9-17. <https://doi.org/10.3233/PRM-240014>

Thompson, D. K., Lee, K. J., Egan, G. F., Warfield, S. K., Doyle, L. W., Anderson, P. J., & Inder, T. E. (2014). Regional white matter microstructure in very preterm infants: predictors and 7-years outcomes. *Cortex*, 52, 60-74. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.11.010>

Tiadi, A., Gérard, C. L., Peyre, H., Bui-Quoc, E., & Bucci, M. P. (2016). Immaturity of visual fixations in dyslexic children. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 58. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00058>

Tiwari, A., Singh, O. P., & Bhatia, D. (2021). A review on motor neuron disabilities and treatments. *International Journal of Biomedical Engineering and Technology*, 37(2), 154-175. <https://doi.org/10.1504/IJBET.2021.119502>

Traugher, M. C., & D'Amato, R. C. (2005). Integrating Evidence-Based Neuropsychological Services into School Settings: Issues and Challenges for the Future. In RC D'Amato, E. Fletcher-Janzen, & CR Reynolds (Eds.), *Handbook of school neuropsychology* (pp. 827–857). John Wiley & Sons, Inc. USA

Tremblay, P., & Dick, A. S. (2016). Broca and Wernicke are dead, or moving past the classic model of language neurobiology. *Brain and language*, 162, 60-71. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.08.004>

Turkeltaub, P. E., Gareau, L., Flowers, D. L., Zeffiro, T. A., & Eden, G. F. (2003). Development of neural mechanisms for reading. *Nature neuroscience*, 6(7), 767-773. <https://doi.org/10.1038/nn1065>

Vancleef, K., Janssens, E., Petré, Y., Wagemans, J., & Ortibus, E. (2020a). Assessment tool for visual perception deficits in cerebral visual impairment: development and normative data of typically developing children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 62(1), 111-117. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14303>

Vancleef, K., Janssens, E., Petré, Y., Wagemans, J., & Ortibus, E. (2020b). Assessment tool for visual perception deficits in cerebral visual impairment: reliability and validity. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 62(1), 118-124. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14304>

Vandermosten, M., Boets, B., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2012). A qualitative and quantitative review of diffusion tensor imaging studies in reading and dyslexia.

*Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(6), 1532-1552.

<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.04.002>

Vidyasagar, T. R. (2013). Reading into neuronal oscillations in the visual system: implications for developmental dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 811.

<https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00811>

Vieira-Rodrigues, M. M. D. M., & Sanches-Ferreira, M. M. P. (2017). A inclusão de crianças com necessidades educativas especiais no ensino regular em Portugal: a opinião de educadores de infância e de professores do 1º ciclo do ensino público e privado. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 23, 37-52. <https://doi.org/10.1590/S1413-65382317000100004>

Virella, D., Folha, T., Andrada, M- G., Cadete, A., Gouveia, R., Gaia, T., Alvarelhão, J., Calado, E. (2018). *Paralisia Cerebral em Portugal no século XXI – Indicadores Regionais Crianças Nascidas entre 2001 e 2010, Registos de 2006 a 2015*. Federação das Associações Portuguesas de Paralisia Cerebral.

Volpe, J. J. (2009). Brain injury in premature infants: a complex amalgam of destructive and developmental disturbances. *The Lancet Neurology*, 8(1), 110-124. DOI: 10.1016/S1474-4422(08)70294-1

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (Vol. 86). Harvard university press.USA.

Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological bulletin*, 101(2), 192. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.101.2.192>

Wang, Y., Lu, S., & Harter, D. (2021). Multi-sensor eye-tracking systems and tools for capturing Student attention and understanding engagement in learning: A review. *IEEE Sensors Journal*, 21(20), 22402-22413. DOI: 10.1109/JSEN.2021.3105706

Wechsler, D. (2003). *Escala de Inteligência para Crianças-Terceira Edição (WISC-III): Manual*. Lisboa: Cegoc-Tea.

White, S. W., Richey, J. A., Gracanin, D., Bell, M. A., LaConte, S., Coffman, M., Trubanova, A. & Kim, I. (2015). The promise of neurotechnology in clinical translational science. *Clinical Psychological Science*, 3(5), 797-815. <https://doi.org/10.1177/2167702614549801>

Wolf, A., & Ueda, K. (2021). Contribution of eye-tracking to study cognitive impairments among clinical populations. *Frontiers in psychology*, 12, 590986. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.590986>

Wolf, M., Ullman-Shade, C., & Gottwald, S. (2012). The emerging, evolving reading brain in a digital culture: Implications for new readers, children with reading difficulties, and children without schools. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 11(3), 230-240. DOI: 10.1891/1945-8959.11.3.230

World Health Organization. (2018) International statistical classification of diseases and related health problems (11th Revision) <https://icd.who.int/browse11/l-m/en>

World Health Organization. (2023). *Born too soon: decade of action on preterm birth*.

World Health Organization. <https://researchonline.lshtm.ac.uk/id/eprint/4675002>

Young, J. M., Vandewouw, M. M., Morgan, B. R., Smith, M. L., Sled, J. G., & Taylor, M. J. (2018). Altered white matter development in children born very preterm. *Brain Structure and Function*, 223, 2129-2141. <https://doi.org/10.1007/s00429-018-1614-4>

Zarrei, M., Fehlings, D. L., Mawjee, K., Switzer, L., Thiruvahindrapuram, B., Walker, S., ... & Scherer, S. W. (2018). De novo and rare inherited copy-number variations in the hemiplegic form of cerebral palsy. *Genetics in Medicine*, 20(2), 172-180. <https://doi.org/10.1038/gim.2017.83>

Zhang, Y. (2008). Neuromuscular disorders. In *Encyclopedia of Global Health* (Vol. 4, pp. 1233-1233). SAGE Publications, Inc.


Ziegler, J. C., & Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: a psycholinguistic grain size theory. *Psychological bulletin*, 131(1), 3. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.3>

**ANEXOS**


Pósteres:

Póster - 1

Gil, I. & Nunes, M. V. (2018). Padrões de comportamento Ocular na aquisição da Leitura oral - Uma metodologia de avaliação e análise. Póster apresentado no Congresso Nacional de Psicologia da Educação 2018. 2 a 4 maio 2018, Lisboa;



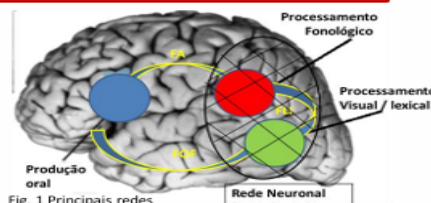
ENCONTRO  
COM A CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA  
2-4  
maio 2018



**Padrões de Comportamento Ocular na aquisição da Leitura oral - Uma metodologia de avaliação e análise**

**Autores:** Iolanda Gil & Maria Vânia Nunes  
**Contacto:** iolanda.cgil@gmail.com

**Objetivo**  
 Encontrar uma metodologia de avaliação e análise do processamento da leitura, de fácil acesso, o mais objetiva possível e que forneça resultados imediatos, para se tomarem decisões atempadas, quer no plano de diagnóstico clínico, quer a nível pedagógico



**Fig. 1** Principais redes neuronais na leitura

**Introdução:** O comportamento ocular durante a leitura apresenta uma grande variabilidade estando diretamente dependente de múltiplos aspetos, sendo os mais relevantes ligados ao reconhecimento lexical e fonológico (Dehaene & Cohen 2011; Tremblay & Dick 2016; Vandermosten et al. 2012). A leitura de palavras organiza-se assim em torno de duas grandes componentes visual e fonológica. Se por um lado o processamento visual direto se encontra ligado diretamente ao reconhecimento lexical de palavras por outro lado o processamento fonológico pode ser inferido da análise das competências na leitura de pseudopalavras. As questões metodológicas para avaliar e monitorizar terapias ou progressos escolares beneficiam um maior número de crianças se forem mais acessíveis e fáceis de utilizar. A tecnologia *eye-tracking* constitui um paradigma experimental que permite identificar padrões visuais na leitura de palavras, quando associada a um *setting* controlado (Rayner, Slattery & Bélanger 2010).

**Metodologia:**  
 Amostra: N= 28 crianças tipicamente desenvolvidas  
 Idades: 7 aos 10 anos  
 Escolaridade: 2º ao 4º ano  
 Paradigma experimental: Aplicou-se o teste de Avaliação da leitura de palavras para o Português Europeu – ALEPE em formato digital com o sistema de recolha do movimento ocular *eye-tracking* (*Gaze in interaction settings Tobii eye go*). Para além do registo das competências na leitura foi possível registar o padrão visual dos movimentos oculares através do *software Gaze Viewer* que permitiu monitorizar com precisão o nº de fixações, o seu padrão sequencial e analisar em simultâneo para cada palavra a fluência da produção oral da voz gravada em espectrograma com o *software* da ALEPE.


**Fig. 3** Padrões Visuais observados

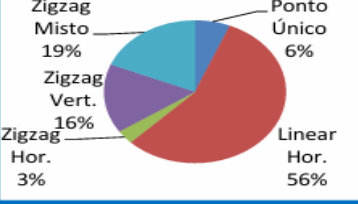


**Resultados das competências na leitura oral por ano de escolaridade**

Ortografia	2º Ano Escolar (n=9)		3º ano Escolar (n=7)		4º ano Escolar (n=12)	
	M	DP	M	DP	M	DP
Palavras simples	94.44	3.61	94.64	3.96	98.26	2.15
Palavras consistentes	89.87	9.98	94.28	7.87	99.31	2.40
Ppalavras inconsistentes	49.07	23.37	57.14	13.11	70.14	11.49
Total palavras	82.38	7.37	84.82	5.61	88.99	9.60
Pseudopalavras simples	87.04	11.11	85.86	12.21	92.38	9.70
Pseudopalavras consistentes	85.31	10.64	80.96	15.01	91.70	11.14
Total pseudopalavras	87.11	6.95	83.33	10.75	88.53	9.08

**Fig.2** Setting e Output





**Conclusão:** A interpretação dos resultados obtidos com este procedimento experimental foi de encontro aos trabalhos publicados sobre a leitura de palavras das áreas da psicolinguística e movimento ocular (Liversedge, Gilchrist & Everling 2011; Radach, Huestegge & Reilly 2008). As médias de desempenho na leitura nos anos iniciais são melhores na leitura de pseudopalavras usando preferencialmente o processamento fonológico e à medida que a escolaridade avança os dois processamentos lexical e fonológico aperfeiçoam-se. Estes resultados estando de acordo com anteriores estudos (Sucena & Castro 2012) contribuem para o uso desta metodologia, facilitando por um lado o diagnóstico clínico, indicando com precisão em que área intervir e a monitorização rápida e objetiva dos progressos de aprendizagem da leitura.


**Referências**  
 Dehaene, S., & Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in cognitive sciences*, 15(6), 254-262.  
 Liversedge, S. P., Gilchrist, I. D., & Everling, S. (Eds.). (2011). *The Oxford handbook of eye movements*. Oxford, UK: Oxford University Press.  
 Radach, R., Huestegge, L. & Reilly, R. (2008). The role of global top-down factors in local eye-movement control in reading. *Psychological Research*, 72, pp. 675-688.  
 Rayner, K., Slattery, T. J., & Bélanger, N. N. (2010). Eye movements, the perceptual span, and reading speed. *Psychonomic bulletin & review*, 17(6), 834-839.  
 Sucena, A., & Castro, S. L. (2012). ALEPE-Avaliação da Leitura em Português Europeu. *Lisboa: CEGOC*.  
 Tremblay, P., & Dick, A. S. (2016). Broca and Wernicke are dead, or moving past the classic model of language neurobiology. *Brain and language*, 162, 60-71.  
 Vandermosten, M., Boets, B., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2012). A qualitative and quantitative review of diffusion tensor imaging studies in reading and dyslexia. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(6), 1532-1552.

## Póster - 2


Gil, I et al. (2017). Avaliação e Intervenção das Funções Visuais, Póster apresentado no XIX Simpósio Internacional de Informática Educativa e VIII Encontro do CIED- III Encontro Internacional, 9 a 11 novembro 2017, Lisboa.



**SANTA CASA**  
Misericórdia de Lisboa. For both casual.  
CENTRO DE REABILITAÇÃO DE  
PARALISIA CEREBRAL  
CALOUSTE GUILMÉNRIAN -  
CIRCUITO UTAAC



**SIIE-CIED** 9, 10, 11 novembro  
XIX Simpósio Internacional de Informática Educativa  
VIII Encontro do CIED - III Encontro Internacional



**INSTITUTO DE  
CIÊNCIAS DA SAÚDE**

### AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO DAS FUNÇÕES VISUAIS

Autores: Iolanda Gil; Anabela Calado; Sofia Tavares; Margarida Ribeiro; M<sup>a</sup> Vânia Nunes.

#### INTRODUÇÃO

A UTAAC é um serviço integrado no CRPCCG, para apoiar pessoas com paralisia cerebral ou outras perturbações do neurodesenvolvimento nomeadamente disfunções da comunicação. Neste serviço avalia-se e implementa-se o sistema aumentativo e alternativo de comunicação (SAAC) mais adequado a cada situação.

A abordagem implica as necessidades da pessoa, família e diferentes contextos ambientais com um modelo de intervenção em Equipa Transdisciplinar atuando em rede e parceria com a comunidade (Bronfenbrenner, 1989; Turnbull, Turbiville & Turnbull, 2000).

Após a avaliação desenvolvimento inicial com instrumentos adaptados, implementa-se um Plano de Intervenção Individual com a definição dos objetivos, estratégias e recursos delineados e construídos com o envolvimento da família e da comunidade. Considera-se importante o estudo e monitorização das aquisições ao longo destes programas com recurso a instrumentos específicos.


#### METODOLOGIA

**Objetivos:** Monitorizar as funções visuais em actividades digitais: atenção mantida, coordenação visuomotora, memória de trabalho, flexibilidade cognitiva e percepção visual durante um período restrito de intervenção com utentes na UTAAC.

**Descrição do estudo:** Foram avaliadas as funções visuais com o *Assesment of Functional Gaze* (Wallis et.al. 2013) - Formato Digital, aplicado a 7 crianças com perturbações neuromotoras com idades compreendidas entre os 3 e os 6 anos, no início e no final do programa de intervenção bissetmanal da UTAAC. Neste programa com duração de 8 meses (média de 45 horas de intervenção) foram implementadas estratégias de desenvolvimento das funções visuais com as diferentes atividades, em meio digital, como histórias e canções adaptadas, jogos de computador, atividades em grupo de comunicação com tabelas e cadernos de comunicação, uso do computador e digitalizadores como recurso de Comunicação Aumentativa e Alternativa.


#### AVALIAÇÃO

Assesment of Functional Gaze Test—Formato Digital



#### INTERVENÇÃO

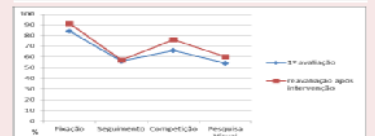
Média de 45 horas ao longo de 8 meses de intervenção com material digital diverso



#### RESULTADOS

Estatística descritiva por subteste nos dois momentos de avaliação  
N=7

		início	depois intervenção	melhoria	estabilidade
Fixação	1ª Avaliação	23	22	44	100
	Reavaliação	22	20	81	100
Seguimento	1ª Avaliação	9	11	18	100
	Reavaliação	9	22	38	100
Competição	1ª Avaliação	31	37	51	94
	Reavaliação	32	22	59	100
Percepção Visual	1ª Avaliação	11	21	10	100
	Reavaliação	20	39	18	79



#### DISCUSSÃO

- Em ambas as avaliações verificaram-se melhores resultados no subteste de fixação visual e maiores dificuldades no subteste de seguimento implicando esta maior atenção visual mantida associada à coordenação dos olhos e movimentos da cabeça.
- Entre as avaliações verificaram-se diferenças ligeiras com melhoria dos resultados após a intervenção.
- É fundamental uma calibração eficaz para realizar a avaliação com tecnologia eye-tracking.
- Fatores que podem interferir na avaliação e importa controlar:
  - Comportamental/Atenção (Fadiga (Posturas/Posicionamentos/Iluminação ambiente
  - Graves dificuldades visuo-motoras (estrabismo e nistagmo)
  - Uso lentes com elevada graduação e/ou bifocais
  - Conhecimentos prévios em TIC
- Pontos fortes da avaliação digital: Facilidade na cotação, análise e fidelidade dos resultados.

**BIBLIOGRAFIA**

Bronfenbrenner, U. (1986). Ecological Systems Theory. *Annals of Child Development*, 6, 187-248.

Chen, W. T., Logothetis, D., & Sengcoff, J. (2010). Assessing eye and head saccades in young children with cerebral palsy through anticipatory gaze behaviour: A pilot study. *Research in developmental disabilities*, 31(8), 2058-2068.

Sergent, Charles, Pica, Michel, Giffels, Judie, Swettenham (2013). Functional use of gaze as a communicative modality in children with severe cerebral palsy: what are we seeing? *Dev Med and Child Neurol*, 55, 12, 19.

Turnbull, A. P., Turbiville, V., & Turnbull, H. R. (2000). Evaluation of family-professional partnerships: Collocative empowerment as the model for the early twenty-first century. *Handbook of Early Childhood Intervention*, 2, 433-460.

Wallis, Edward, Short, Gillian, Pica, Judie, Sergent, Swettenham, Charles (2013). The Assessment of Functional Gaze Control in Young Children with Cerebral Palsy. *Communication Medicine*, 7, 3, 28-30.

**CONTACTO:**

Equipa de UTAAC do CRPCCG/SCM.

Email: crpccg.utaac2@scml.pt

## Resumos de Comunicações - Comunicação 1

Gil, I. & Nunes, M.V. S. (2020). Digital eye-tracking analysis approach of Portuguese Reading: comparison of cerebral palsy and typically developed children sample. In *Developmental Medicine & Child Neurology: Volume 62, Issue S4 Special Issue: Abstracts of the 32nd Annual Meeting of the European Academy of Childhood Disability (EACD) – Virtual Meeting, 25 a 28 November 2020, 40-41.*

### Oral presentation 101

#### Digital eye-tracking analysis approach on Portuguese reading: a comparison of cerebral palsy and typically developed children sample

I GIL<sup>1,2</sup>, MV NUNES<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Reabilitação de Paralisia Cerebral Calouste Gulbenkian/SCML, Lisbon, Portugal; <sup>2</sup>Instituto Ciências da Saúde – Universidade Católica Portuguesa (ISC-UCP), Lisbon, Portugal

*Introduction:* Children with cerebral palsy may have different visual functions that interfere with reading learning. Objectivity tools are needed to monitor and set more appropriate goals for learning intervention programs. In this study, we assessed the reading performance profile of a digital version reading tool for Portuguese (ALEPE) and visual fixation performance profile in children with CP. The aim of this study verifies an association between reading visuomotor behaviour and reading performance levels in a sample of children with cerebral palsy compared with a typically developed sample.

*Patients and Methods:* 20 children with CP age (mean 9y) were enrolled in a Cerebral Rehabilitation Centro, with the gross motor function test (mean level II), cognition with (mean average); 28 typically developing children enrolled in the schools. They have assessed with a digital version reading tool for Portuguese (ALEPE) with a simultaneous visual assessment recording system with an eye-tracking camera.

*Results:* Eye movements have revealed the following pattern: readers of cerebral palsy do not read in the ordinary sense. The CP children scan profile presented the highest number of fixation points with fast saccades in different directions. These patterns show reading regressions with zigzag movements and are associated with greater reading difficulties with the Spearman correlation coefficient, indicating a moderate positive correlation,  $\alpha=0.05$  significant ( $r=0.516$ ,  $p=0.020$ , test bilateral).

*Conclusion:* Some advantage was identified in the usability of this digital version assessment and the most evident was the quick visualization of children reading patterns and its correspondence with eye movements.

## Comunicação 2

Gil, I. & Nunes, M.V.S. (2016). Reading patterns with eye-tracking at school age children with Cerebral palsy. Oral presentation 134 abstract in the Conference Final Program of International Society for Augmentative & alternative Communication – 17th Biennial Conference of ISAAC, Toronto, Canada, 6th to 13th August 2016, 176.

**Aim:** To identify a visual attention processing and quality of performance in reading words **Method:** Research question - What is the pattern of visual performance of children's with cerebral palsy compared with her pairs group in a reading task? Sample: 20 children with Cerebral palsy, with Gross Motor Function mild and moderate level, and 28 typically developed children, from 7 to 10 years old, were included in the study. We used the eye-tracking technology combined with software gaze viewer and one assessment tool for Portuguese reading (ALEPE). **Results:** The video analysis from the scanning of visual fixations and spectrogram of oral reading permitted to identify significant differences in the rhythm of fluency, decoding reading with phonological difficulties and a regressions design pattern of visual attention scanning between the children's with Cerebral Palsy. They had poor performance in reading compared with their pairs. **Conclusion:** The visual motor and visual attention pattern performance of this population could cause a slowly pattern of reading performance at school age. This kind of visual skills needs to have more attention in early intervention, therapeutic and work before with the help of AAC. The eye-tracking technologies could be a useful tool to access skills in children's with disabilities and origin a high level of opportunities for self-realization. This technology help us to understand the capture an maintenance of visual attention (as reflected through fixation and time's patterns) that was essential to reading performance.

## Índice Remissivo

### A

atenção visual, 22, 23, 25, 26, 33, 40, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 71, 73, 75  
avaliação da atenção visual, 26, 75, 84, 146

### C

classificação da função motora global, 54

### D

deficiência visual cerebral, 45  
disfunções da leitura, 59, 60, 64, 65

### F

ferramenta *eye-tracking*, 33, 73, 126  
fixação visual, 22, 26, 43, 81, 94  
fóvea, 43  
funções da atenção visual, 10, 46, 150

### M

modelo de dupla via, 38

### N

neurodesenvolvimento, 22, 23, 24, 28, 48, 50, 51, 61, 69, 76, 107, 125, 130, 137, 147

### P

padrões de leitura, 143

padrões visuais na leitura, 28  
paralisia cerebral, 9, 19, 23, 44, 45, 49, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 80, 99, 104, 107, 113, 150  
perturbações neuromotoras, 44, 46, 58, 59, 60, 65, 67, 68, 75  
processamento fonológico, 21, 42, 59, 60, 62, 108, 117, 123, 126, 127  
processamento visual, 21, 27, 41, 42, 45, 46, 59, 60, 62, 68, 73, 74, 80, 82, 94, 108, 110, 126, 131, 132, 135  
processamento visuoperceptivo, 23, 40, 81, 108, 126, 149  
procura visual, 26, 33, 74, 85, 87, 94, 95, 97  
Programa Vigilância Nacional da Paralisia Cerebral, 58

### R

rastreamento visual, 24, 25, 26, 27, 33, 40, 65, 66, 68, 70, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 104, 117, 129, 130, 132, 135, 146, 148, 150

### S

sacada, 73  
seguimento visual, 26, 27, 33, 71, 81, 85, 94, 95, 98, 117, 118, 121, 126

### T

tecnologias *eye-tracking*, 66  
tecnologias informáticas, 24, 66, 147

## ÍNDICE REMISSIVO BIBLIOGRÁFICO

### A

Adams, K., 67  
Agut, T., 50  
Ali, Q., 19, 24, 69, 72, 77, 78,  
Anderson, P., 109, 126  
Andrada, G., 49  
Andrews, J., 50  
Anjari, M., 50  
Arnaud, C., 54  
Atkinson, J., 22, 40, 82, 105,  
Attardo, S., 70, 71, 84, 95, 98, 105, 106, 134, 136

### B

Baranello, G., 94  
Bardin, L., 100  
Bassi, L., 55  
Bax, M., 44, 45, 54, 56, 109  
Bellocchi, S., 22, 61  
Ben Itzhak, N., 132  
Berger, T. W., 67  
Berry, D. M., 36  
Bhutta, 109, 126  
Blank, 44, 45  
Blythe, 75, 76, 110  
Bonifacci, P., 22  
Borgestig, M., 22, 26, 46, 67, 68, 70, 83, 84  
Braddick, O., 22, 40, 82, 105  
Bradshaw, J., 69  
Butcher, P., 60

### C

Cans, C., 58,  
Chang, 46, 70, 79, 84  
Clifton Jr, C., 74  
Coltheart, M., 21, 38, 39, 60, 129  
Connor, C., 40  
Cook, A., 67, 83  
Coppedè, 45  
Coppedè, F., 45  
Correia, 47  
Correia, S., 47  
Coskun, A. 77  
Crump, 49  
Crump, C., 49

### D

Dahlin, K., 131  
Dambacher, M., 74, 81, 110  
De Brito, D., 36  
De Bruine, F., 51  
De Vries, L., 51  
Dehaene, S., 21, 37, 39, 40, 41, 43, 55, 60, 132,  
133  
Denver, B., 24, 46, 82  
Dias, 135

Dickinson, D., 20, 36  
Donmez, M., 67  
Downie, A., 60, 109  
Doyle, L., 28, 48, 109  
DSM, V., 43  
Duchowski, A., 133  
Dufresne, D., 24, 46, 82

### E

Ekstrand, 78  
Eliasson, A., 59  
Ellis, 39, 71, 129, 133

### F

Fan, L., 57  
Fazzi, E., 23, 55, 60, 81, 132  
Fella, A., 22  
Friedman, J., 44, 45, 56

### G

Galli, J24, 26, 45, 46, 65, 68  
Gavril, L., 64, 65  
Gerth, S., 21  
Gillick, B., 37  
Goldenberg, R., 47  
Goswami, U., 20, 22, 38, 42  
Greco, P., 57  
Guarini, A., 109, 126  
Guimarães, M., 44  
Gwizdka, J., 70

### H

Hancock, R., 43  
Hand, C., 110  
Hansen, D., 87  
Hawelka, S., 21  
Heim, S., 21, 43  
Hellström, A., 53  
Henderson, J., 81  
Himmelmann, K., 53, 108  
Hoeft, F., 43  
Hokken, M., 27, 69  
Hruby, G., 38, 42

### I

Iaconis, F., 22  
Ingvaldsen, S., 28  
Itzhak, N., 46, 65

### J

Jarodzka, H., 77, 79  
Jones, J., 19  
Just, M., 26, 70

**K**

Karlsson, P., 27, 67, 68, 69, 70, 83, 84  
 Kay, E., 113  
 Keller-Margulis, M., 109, 126  
 Kelly, C., 52  
 Kennedy, E., 43, 52  
 Kerr-Wilson, C., 109  
 Keunen, K., 52  
 Khan, O., 67  
 Kliegl, R., 81  
 Knight, M., 50  
 Kozeis, N., 23, 81  
 Kristjansson, 175  
 Kristjansson, A., 175  
 Kulke, L., 105  
 Kuperman, V., 22

**L**

Lampe, R., 81  
 Landerl, K., 109, 124  
 Lee, T., 70, 78  
 Levine, M., 94  
 Li, X., 22  
 Lindsay, S., 67  
 Litt, J., 109, 126  
 Liu, J., 64  
 Lopes, A., 45  
 Lovett, M., 64  
 Luna, B., 22

**M**

Maisog, J., 42  
 Majoranta, P., 133  
 Maroco, J., 97  
 Marslen-Wilson, W., 22  
 Martinez-Biarge, M., 51  
 Martins, A., 99  
 Martins, M., 42, 43, 60  
 Mattos, J., 131  
 McConkie, 76  
 McIntyre, S., 54  
 McMichael, G., 55  
 Merabet, L., 46, 65  
 Michel C., 45  
 Miller, F., 44, 45, 54  
 Miller, D., 68  
 Mirsky, A., 82  
 Munoz, D., 61, 78

**N**

Narberhaus, A., 55  
 Nazir, T., 110  
 Noudoost, B., 40

**O**

Olivieri, I., 109, 126

Olulade, O., 21, 43  
 Ortibus, E., 24, 46, 55, 60, 66, 132  
 Ouherrou, N., 67

**P**

Palisano, R., 55, 59, 94  
 Paneri, S., 40  
 Pavlova, M., 23, 81  
 Pegado, F., 21, 43  
 Pennington, L., 59  
 Perry, C., 64, 65  
 Pestana, M., 95  
 Pierrat, V., 53  
 Pinto, F., 47  
 Pinto, P., 21  
 Platt, M., 108  
 Plaza, C., 132  
 Posner, M., 82  
 Provazza, S., 61  
 Pugh, K., 42, 43

**R**

Radach, R., 43, 75, 81, 134  
 Rastle, K., 38  
 Rayner, K., 23, 43, 71, 73, 74, 81, 110, 129, 134, 139, 144, 149  
 Reed, U., 45  
 Reichle, E., 71, 74, 129, 133, 134, 139, 143, 144, 149  
 Reilly, R., 55, 75  
 Rey, A., 113, 117  
 Ricci, D., 55, 81  
 Richardson, J., 69  
 Richlan, F., 23, 40, 42  
 Romero, B., 44  
 Rose, J., 52  
 Rosenbaum, P., 54, 55, 56  
 Ruffino, M., 22

**S**

Saigal, S., 48, 109  
 Sandoval, C., 52  
 Santamaría, V., 133  
 Schlaggar, B., 42  
 Schneider, B., 79  
 Schwarz, J., 21, 61  
 Seassau, M., 75  
 Shatz, C., 41  
 Shaywitz, B., 21, 43  
 Shaywitz, S., 43  
 Sheth, B., 42  
 Sim, G., 26, 27, 69, 79  
 Spinelli, E., 71  
 Sprenger-Charolles, L., 129, 133  
 Sripada, K., 51  
 Stålnacke, J., 53  
 Stiers, P., 81  
 Stokes, J., 78  
 Stricker, G., 19

*ÍNDICE REMISSIVO BIBLIOGRÁFICO*

Sucena, A., 28, 113, 119, 138  
Szwed, M., 37

**T**

Tao, L., 27, 69  
Thaler, V., 23, 44, 61  
Thomas, M., 69  
Thomas, S., 19  
Thompson, D., 52  
Tiadi, A., 22  
Tiwari, A., 44, 45  
Traugher, M., 69  
Tremblay, P., 40, 60  
Turkeltaub, P., 43

**V**

Vancleef, K., 70, 84  
Vandermosten, M., 40, 60  
Vidyasagar, T., 62  
Vieira-Rodrigues, M., 135  
Virella, D., 54, 57  
Volpe, J., 50, 51

Vygotsky, L., 20, 36

**W**

Wagner, R., 109, 124  
Wang, Y., 77  
Wechsler, D., 113, 137  
White, S., 67  
Wolf, A., 77  
Wolf, M., 69,  
World Health Organization, 43, 47

**Y**

Young, J., 42, 52

**Z**

Zarrei, M., 58  
Zhang, Y., 45  
Ziegler, J., 22