

A INFLUÊNCIA DE MÍDIAS MULTISSENSÓRIAS NA APRENDIZAGEM DE CRIANÇAS COM DISLEXIA

Ellen Paixão Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre.

Orientadores:
Joel dos Santos
Glauro Amorim

Rio de Janeiro,
Novembro de 2020

A Influência de Mídias Multissensoriais na Aprendizagem de Crianças com Dislexia

Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ.

Ellen Paixão Silva

Aprovada por:

Presidente, Prof. Joel dos Santos, D.Sc. (orientador)

Prof. Glauco Amorim, D.Sc. (co-orientador)

Prof. Gustavo Guedes, D.Sc.

Prof. Renata Mousinho, D.Sc. (UFRJ)

Prof. Maria da Graça Campos Pimentel, D.Sc. (USP)

Rio de Janeiro,
Novembro de 2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

S586 Silva, Ellen Paixão
A influência de mídias multissensoriais na aprendizagem de
crianças com dislexia / Ellen Paixão Silva – 2020.
xiv, 67f il.color. + anexos , enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2020.

Bibliografia : f. 62-67

Orientador: Joel dos Santos

Orientador: Glauco Amorim

1. Distúrbios da aprendizagem. 2. Dislexia. 3. Ensino – Meios
auxiliares. 4. Sistemas de hipermídia. 5. Sistemas de hipertexto.
6. Rastreamento ocular. I. Santos, Joel dos (Orient.). II. Amorim,
Glauco (Orient.). III. Título.

CDD 371.9

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha filha Maria Eduarda. Minha inspiração e fonte de alegria.

AGRADECIMENTOS

Ao SER SUPREMO, pela vida e a possibilidade de empreender esse caminho evolutivo, por proporcionar tantas oportunidades de estudos e por colocar em meu caminho pessoas amigas e preciosas.

A MINHA FAMÍLIA, especialmente a minha amada filha, incondicional companheira, Maria Eduarda. Aos meus pais, Adalberto e Aurea, e irmã, Elaine, por suportarem as minhas ausências. Ao meu amigo e amor, Rodolpho, que se manteve incansável em suas manifestações de apoio e carinho.

A TODOS QUE PARTICIPARAM de alguma forma deste estudo, em especial aos alunos do ensino médio do CEFET/RJ que foram voluntários para a realização do estudo de usabilidade, aos profissionais do Ambulatório de Fonoaudiologia do Instituto Deolindo Couto - UFRJ que viabilizaram e incentivaram este projeto e as crianças e seus responsáveis que aceitaram o convite para participar deste projeto e o tornaram realidade.

RESUMO

A Influência de Mídias Multissensoriais na Aprendizagem de Crianças com Dislexia

Ellen Paixão Silva

Orientadores:

Joel dos Santos

Glauco Amorim

Resumo da Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre.

A dislexia é um transtorno específico de aprendizagem que pode afetar as habilidades de leitura e escrita prejudicando, principalmente, o processo de alfabetização. Na leitura, a sobrecarga na memória de trabalho prejudica a compreensão de textos sendo observado sintomas como erros de reconhecimento de palavras e dificuldade de decodificação de palavras. Pesquisas publicadas na literatura indicam que a formação da memória engloba diferentes sentidos humanos e que estímulos provenientes de conteúdos multimídia melhoram o desempenho de escolares com dislexia. No entanto, a maioria das aplicações multimídia estimulam apenas dois dos cinco sentidos humanos: a visão e a audição. Pesquisas recentes buscam adicionar estímulos aos demais sentidos em aplicações multimídia, na forma das chamadas aplicações mulsemídia (multimídia multissensorial). Na forma de um livro multissensorial, este trabalho propõe o uso de conteúdos multissensoriais incorporando sons, variação cores e intensidade da luz do ambiente, vento e cheiro ao conteúdo do texto. Tais conteúdos são sincronizados à leitura com o uso de um rastreador ocular.

O *MBook* é um aplicativo desenvolvido neste trabalho capaz de armazenar e apresentar livros multissensoriais. Ele utiliza um rastreador ocular para mapear a posição dos olhos no *display* que exibe o texto e assim identificar instantaneamente qual a palavra está sendo lida. Com essa informação é possível verificar se aquela palavra ou sequência de palavras possuem conteúdos multissensoriais associados e com isso executar os conteúdos correspondentes. O *MBook* desacopla o conteúdo textual do livro da lógica da experiência multissensorial. Dessa forma, permite que os autores se concentrem na história e marquem os locais da história em que um conteúdo multissensorial pode ser apresentado, e os produtores de conteúdo explorem as histórias existentes para aumentar a experiência do leitor, incluindo conteúdo multimídia tradicional e efeitos sensoriais.

Neste trabalho, partimos da hipótese de que *“o uso de conteúdos multissensoriais sincronizados com a leitura diminui a sobrecarga na memória de trabalho necessária para a leitura, auxiliando assim, um indivíduo com dislexia a compreender e memorizar o conteúdo que esta sendo lido”*. Para avaliar essa hipótese foram realizados dois estudos: *(i)* uma análise comparativa entre dois estudos de caso individuais, sendo um com uma criança com dislexia e um com uma criança sem dislexia com o perfis pareados; e *(ii)* uma análise de um estudo de caso coletivo com cinco crianças com dislexia. Os resultados obtidos indicam um aumento da motivação intrínseca de leitura, um ganho de velocidade na leitura e um aumento da compreensão de texto quando conteúdos multissensoriais são incluídos na leitura. Os resultados também indicam que o *MBook* pode ser uma ferramenta terapêutica importante para o tratamento de escolares com dislexia minimizando assim os prejuízos

causados por esse transtorno.

Palavras-chave:

Rastreamento Ocular; Multimídia, Sincronização Temporal, Interatividade, Dislexia, Multisensorial.

ABSTRACT

A Influência de Mídias Multissensoriais na Aprendizagem de Crianças com Dislexia

Ellen Paixão Silva

Advisors:

Joel dos Santos

Glauco Amorim

Abstract of dissertation submitted to Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of master.

Dyslexia is a specific learning disorder that can affect reading and writing skills, mainly affecting the literacy process. In reading, the overload in working memory impairs the comprehension of texts, with symptoms such as word recognition errors and difficulty in decoding words being observed. Research published in the literature indicates that the formation of memory encompasses different human senses and that multisensory stimuli from multimedia content improve the performance of students with dyslexia. However, most multimedia applications stimulate only two of the five human senses: sight and hearing. Recent research in multimedia applications seek to include stimuli to the remaining senses in the form of the so-called mulsemmedia applications (multiple sensorial media). In the form of a multisensory book, this work proposes the use of multisensory content incorporating sounds, variation colors and intensity of the ambient light, wind and smell to the textual content. Multissensory content are synchronized to reading using an eye tracker.

MBook is an application developed in this work capable of storing and presenting multisensory books. It uses the eye tracker to map the position of the eyes on the display that displays the text and instantly identify which word is being read. With this information, it is possible to check whether that word or sequence of words has associated multisensory content and thus execute the corresponding content. *MBook* decouples the textual content of the book from the logic of multisensory experience. In this way, it allows authors to focus on the story and mark the locations in the story where multisensory content can be presented, and content producers to explore existing stories to enhance the reader's experience, including traditional multimedia content and sensory effects.

In this work we start from the hypothesis that *“the use of multisensory content synchronized with reading reduces the overload in working memory necessary for reading, thus helping an individual with dyslexia to understand and memorize the content being read”*. To evaluate the hypothesis, two studies were carried out: (i) a comparative analysis between two individual case studies, one with a child with dyslexia and another with a child without dyslexia with paired profiles; and (ii) an analysis of a collective case study with five children with dyslexia. The results obtained indicate an increase in the intrinsic motivation for reading, a gain in reading speed, and an increase in text comprehension when multisensory content are included. The results obtained also indicate that *MBook* can be an important therapeutic tool for the treatment of students with dyslexia thus minimizing the damage caused by this disorder.

Key-words:

Eye Tracker, Multimedia, Temporal Synchronization, Interactivity, Dyslexia, Multisensory.

Rio de Janeiro,
Novembro de 2020

Sumário

I	Introdução	1
I.1	Motivação	2
I.2	Objetivos	3
I.3	Contribuições	4
I.4	Estrutura	5
II	Referencial Teórico	7
II.1	Dislexia, Memória e Compreensão de texto	7
II.2	Motivação intrínseca e extrínseca	9
II.3	Rastreamento ocular	10
II.4	Linguagem multimídia	11
II.5	Considerações finais	12
III	Trabalhos relacionados	13
III.1	Leitura multissensorial	13
III.2	Multimídia aplicada a dislexia	15
III.3	Considerações finais	17
IV	MBook	18
IV.1	Requisitos do aplicativo	18
IV.2	Arquitetura do aplicativo	19
IV.2.1	Formatos XML da biblioteca	20
IV.2.2	O componente Leitor	23
IV.3	Implementação	26
IV.3.1	Controlador	29
V	Avaliação de Usabilidade do <i>MBook</i>	31
V.1	Amostra	31
V.2	Instrumentos	32
V.2.1	História utilizada	32

V.2.2	Questionários de avaliação	34
V.3	Procedimentos	36
V.4	Resultados	37
VI	Avaliação da Influência das Mídias Multissensoriais	39
VI.1	Amostra	39
VI.2	Instrumentos	40
VI.2.1	Questionário de motivação pela leitura	41
VI.2.2	Questionário de compreensão do texto	42
VI.3	Procedimentos	43
VI.4	Resultados do Estudo 1	44
VI.4.1	Estudo de caso individual com CCD	44
VI.4.2	Estudo de caso individual com CND	46
VI.4.3	Análise Comparativa entre CCD e CND	48
VI.5	Resultados do Estudo 2	51
VI.6	Considerações Finais	54
VII	Conclusão	57
VII.1	Contribuições	58
VII.2	Limitações	59
VII.3	Trabalhos Futuros	60
	Referências Bibliográficas	61
A	Escala para Avaliação da Motivação Escolar Infantojuvenil (EAME-IJ)	68
B	Questionário de compreensão	70
C	Questionário de motivação pela leitura	71
D	Dados brutos dos experimentos	72
D.0.1	Usabilidade do <i>MBook</i>	72
D.0.2	Influência da mídias multissensoriais	73

Lista de Figuras

II.1	Fonte da informação por meio do sistema da memória. Figura adaptada de Atkinson and Shiffrin [1968].	8
II.2	Taxonomia humana de motivação. Figura adaptada de Ryan and Deci [2000]	9
II.3	Mapa de traçado de olhar. Figura retirada de Blascheck et al. [2014].	11
IV.1	Arquitetura do aplicativo <i>MBook</i> .	19
IV.2	Estrutura do arquivo do livro. A estrutura XML é representada como uma árvore, com cada elemento conectado ao seu pai. Os atributos do elemento são apresentados entre parênteses. Cada cardinalidade de elemento é representada em subscrito.	21
IV.3	Estrutura do arquivo lógico. A estrutura XML é representada como uma árvore, com cada elemento conectado ao seu pai. Os atributos do elemento são apresentados entre parênteses. Cada cardinalidade de elemento é representada em subscrito.	22
IV.4	Tela inicial do <i>MBook</i> . Apresenta a imagem da capa de todos os livros da biblioteca (A), informações sobre um livro específico (B), quando o usuário fixa a visualização em uma capa do livro e (C) mancha do rastreador ocular sobre o botão “Iniciar”.	24
IV.5	Tela de leitura de texto criada para a página 20 do livro <i>H1</i> . A figura destaca o título do livro (A), o número da página atual e o total de páginas do livro (B) e três botões para retornar à página anterior (C), avançar para a página seguinte (D) ou parar de ler e sair do livro (E).	25
IV.6	Tela de leitura de texto destacando a posição dos botões invisíveis (na cor verde), criados para cada âncora da página.	25
IV.7	Tela de leitura de texto destacando a parte do texto em que cada efeito é executado.	26
IV.8	Diagrama de classes do leitor.	27
IV.9	Classes de armazenamento da estrutura do texto.	28
IV.10	Controlador dos atuadores de vento e cheiro, atuador de luz e atuador de cheiro.	30
V.1	Boxplot da idade dos participantes.	31

V.2	Linha do tempo com as mídias executadas ao longo da história <i>H1</i> com cada página dividida em linhas (linhas tracejadas). Na parte superior da linha do tempo, tons de cinza representam o brilho da luz branca e outras cores representam efeitos de luz colorida. Abaixo dos efeitos de luz, as marcas verde-escuras representam efeitos de cheiro, as azuis representam efeitos de vento e os amarelos representam áudios.	32
V.3	Configurações de diferentes cores das páginas 4 e 8.	33
V.4	Linha do tempo com as mídias da página 20 (esquerda) e pontos do texto em que cada mídias é apresentada (direita).	33
V.5	Montagem do experimento com a utilização de computador para ler o texto, lâmpadas RGB, ventilador e difusor de cheiro.	34
V.6	Etapas do teste de usabilidade.	36
V.7	Boxplot para a pontuação do SUS e para as perguntas nas três dimensões restantes.	37
VI.1	Montagem dos estudos com a utilização de computador para ler o texto, lâmpadas RGB, ventilador e difusor de cheiro.	40
VI.2	Esquema da condução do experimento.	43
VI.3	Avaliação da compreensão da leitura primeira leitura (A), da segunda leitura (B) e da terceira leitura (C).	45
VI.4	Avaliação da motivação pela leitura inicial (A) e final (B).	46
VI.5	Avaliação da compreensão da leitura primeira leitura (A), da segunda leitura (B) e da terceira leitura (C).	47
VI.6	Avaliação da motivação pela leitura inicial (A) e final (B).	48
VI.7	Posição do olhar da <i>CCD</i> (A) e posição da <i>CND</i> (B) na primeira leitura.	51
VI.8	Posição do olhar da <i>CCD</i> na primeira (A), na segunda (B) e na terceira (C) leituras.	52
B.1	Questionário de avaliação da compreensão.	70
C.1	Questionário de avaliação da motivação pela leitura.	71
D.1	Dados brutos do experimento de usabilidade do <i>MBook</i> .	72
D.2	Dados brutos do Estudo 1.	74
D.3	Dados brutos do Estudo 2.	75

Lista de Tabelas

III.1 Comparação dos trabalhos com livros multissensoriais	14
III.2 Comparação dos trabalhos com multimídia aplicada a dislexia	15
VI.1 Tabela com as informações dos participantes do estudo de caso coletivo.	40
VI.2 Comparação do tempo de leitura (minutos)	49
VI.3 Comparação da compreensão	49
VI.4 Comparação da motivação inicial e final	50
VI.5 Normalidade dos dados pela análise de Shapiro-Wilk.	53
VI.6 Teste t para amostras pareadas com 4 graus de liberdade para comparação do tempo entre as três leituras.	53
VI.7 Teste t para amostras pareadas com 4 graus de liberdade para comparação da compreensão entre as três leituras.	54
VI.8 Teste t para amostras pareadas com 4 graus de liberdade para comparação entre a motivação inicial e final.	54

Lista de Abreviações

QOE	Qualidade De Experiência	1, 2, 13, 17
SUS	Escala De Usabilidade Do Sistema	34
UART	Universal Asynchronous Receiver/transmitter	29
USB	Universal Serial Bus	29

Capítulo I Introdução

A importância de aumentar a imersão do usuário e a Qualidade de Experiência (QoE) de aplicações multimídia é bem reconhecida [Yuan et al., 2015]. Estudos em multimídia melhoraram a QoE, adicionando efeitos sensoriais (por exemplo, hápticos) de forma integrada ao conteúdo multimídia tradicional (como áudio, vídeo, imagem e texto) [Alam et al., 2013]. Aplicações multimídia (multimídia multissensorial) [Ghinea et al., 2014] também combinam efeitos sensoriais com o conteúdo multimídia tradicional. Porém estimulam pelo menos três sentidos humanos, o que geralmente implica que estímulos aos sentidos de tato, olfato ou paladar devem ser utilizados além dos sentidos tradicionais da visão e da audição.

A sincronização entre objetos de mídia (conteúdo multimídia tradicional ou efeitos sensoriais) em aplicações multimídia é comumente definida em relação ao conteúdo audiovisual. No entanto, aplicações que visam aumentar o interesse de jovens pela leitura [Borgstrom, 2011; Gökbulut and Yeniasir, 2017], ou os chamados *e-books* aumentados/estendidos [Alam et al., 2013; Sánchez-Azqueta et al., 2016], têm usado o texto como componente principal em relação ao qual objetos de mídia são sincronizados. Embora esses estudos proponham a sincronização de diferentes conteúdos com o texto do *e-book*, além de conteúdo multimídia tradicional eles, em geral, consideram somente estímulos táteis. Por outro lado, estudos como [Sanchez et al., 2016; Ribeiro et al., 2017; Guedes, 2018; Vieira et al., 2018] propõem enriquecer *e-books* com uma gama mais ampla de conteúdo multissensorial, criando uma experiência de leitura multissensorial. Essa experiência é destinada a auxiliar os leitores a criar uma imagem mental multissensorial durante a leitura [Spence, 2020]. Ribeiro et al. [2017] apresentam a seguinte descrição de uma experiência de leitura multissensorial.

À medida que o leitor alcança uma passagem em que o personagem principal chega a uma ilha selvagem, ... [ela escuta] sons de gaivotas, ondas, etc. As paredes do ambiente de leitura assumem uma tonalidade azulada, uma música de mistério intensifica a narrativa e a difusão de um aroma marinho estimula o sentido olfativo do leitor.

Ao criar uma experiência de leitura multissensorial, o rastreamento da posição de leitura desempenha um papel importante. Diferentes estratégias podem ser vistas na literatura, variando de alterações de página/parágrafo [Alam et al., 2013; Lin et al., 2016; Vieira et al., 2018], rastreamento da posição do dedo [Ribeiro et al., 2018], reconhecimento de fala e uso de dispositivos controlado-

res adicionais [Ribeiro et al., 2017], até rastreamento ocular [Bottos and Balasingam, 2019]. Das estratégias anteriores, o rastreamento ocular é uma solução comum que permite um rastreamento detalhado da posição de leitura e sincronização de conteúdo adicional com o texto. Outro recurso importante é a capacidade de desacoplar o conteúdo textual do livro e seu conteúdo adicional de sua sincronização e renderização. Isso permite que a mesma história seja lida em diferentes *ambientes de leitura multissensorial*, sem a necessidade de um redesenho de toda a experiência de leitura multissensorial.

I.1 Motivação

Avanços tecnológicos possibilitaram a inclusão de inúmeros indivíduos com os mais diferentes tipos de necessidades especiais. Neste contexto, a contribuição da tecnologia na área das necessidades educacionais especiais abre novas possibilidades de inclusão de indivíduos com transtornos de aprendizagem. De acordo com Frota D’Abreu and Marturano [2010], o mau desempenho de um aluno pode ser causado por diversos motivos e distintas origens. Entretanto, uma vez diagnosticado como um transtorno de aprendizagem, o uso de recursos tecnológicos em atividades educacionais surgem como estratégia para promover uma redução dos danos causados por esta condição [Sidhu and Manzura, 2010; Ekhsan et al., 2012; Kast et al., 2007].

Dentre os transtornos caracterizados pela dificuldade de aprendizagem, a dislexia é o de maior incidência e estima-se que de 7 a 15% da população mundial seja acometida por esse transtorno [Rochelle and Talcott, 2006]. Em indivíduos com dislexia, as dificuldades em interpretação de textos são frequentemente relacionadas com a sobrecarga da memória de trabalho [Habib, 2000]. A leitura não automatizada, ou seja, lenta e silabada, demanda um esforço tão grande que o leitor não consegue reter e associar as informações do parágrafo lido, tendo com isso, dificuldades de compreensão. O uso da tecnologia associada à dislexia pode estimular o desenvolvimento de habilidades de leitura principalmente em crianças que apresentam dificuldades já no início da alfabetização. Nesta etapa, a persistência dessa condição sem qualquer intervenção resulta em prejuízo no desempenho escolar.

Além do aumento da QoE, os benefícios de incluir efeitos sensoriais em aplicações multimídia são reforçados por pesquisas psicológicas que indicam que vários estímulos sensoriais têm um impacto aprimorado na memória e na aprendizagem [Shams and Seitz, 2008; Heikkilä et al., 2015]. Pesquisas como as de Kast et al. [2007] e Ekhsan et al. [2012] apontam uma melhora no desempenho de escolares com dislexia quando recursos multimídia são utilizados. Apesar de usarem recursos multimídia como estímulo no tratamento de indivíduos com dislexia, tal uso foi limitado a dois sentidos: a visão e audição.

Uma aplicação multissensorial é apresentada em [Alam et al., 2013], onde os autores propõem

um *e-book* capaz de apresentar imagens, sons e produzir efeitos de vibração sincronizados com um conteúdo textual. O trabalho teve como objetivo examinar se o aumento de modalidades de mídia influencia os padrões de aprendizado do usuário. Foram realizados cinco experimentos e seus resultados indicaram uma melhoria considerável na experiência dos leitores, seja na aprendizagem ou no entretenimento. Porém, o experimento não envolveu indivíduos com dislexia.

I.2 Objetivos

A formação de memória engloba diferentes sentidos [Kast et al., 2007; Cahill et al., 2003] sendo apontada uma melhoria no aprendizado quando este é acompanhado de estímulos multissensoriais [Carey, 2014]. Tais elementos promovem um contexto na formação da memória, facilitando sua recuperação [Carey, 2014]. Com base nos resultados de [Kast et al., 2007; Ekhsan et al., 2012; Alam et al., 2013], espera-se que a incorporação de estímulos a outros sentidos além de visio-auditivos ajudem na formação da memória de indivíduos com dislexia, diminuindo a sobrecarga da memória de trabalho, possibilitando assim uma melhor compreensão do texto lido.

Dessa forma, pretende-se por meio dos experimentos, avaliar a hipótese do potencial do uso de livros multissensoriais para a diminuição da sobrecarga na memória de trabalho pelo indivíduo com dislexia, favorecendo a compreensão. Para isso será verificado se há aumento no desempenho da aprendizagem, ou seja, verificar se há aumento da capacidade de interpretação do conteúdo do texto lido quando o mesmo é feito sob a influência de mídias multissensoriais¹. Além da capacidade de interpretação será avaliada a velocidade de leitura para verificar se tais mídias facilitaram o processo de leitura.

Para viabilizar a execução de tais experimentos, este trabalho apresenta um aplicativo chamado *MBook*, que oferece ao leitor uma leitura multissensorial. O *MBook* estende o protótipo apresentado em [Vieira et al., 2018] em duas frentes. Primeiro, desacopla o conteúdo textual do livro do conteúdo multissensorial, sua sincronização e renderização². Segundo, permite uma sincronização refinada das mídias multissensoriais com o texto usando um rastreador ocular.

A separação proposta segue uma abordagem declarativa e é realizada em duas partes. Primeiro, o *MBook* permite desacoplar o texto do livro de sua lógica, ou seja, a definição de qual mídia deve ser apresentada ao longo do texto. A ideia é que os autores do livro se concentrem apenas em escrever a história e em marcar as partes da história em que mídias multissensoriais poderão ser apresentadas. A lógica multissensorial do livro é definida em um arquivo separado que relaciona as mídias à marcação contida no texto. Essa separação permite que a lógica do livro seja alterada ou

¹Deste ponto em diante utilizaremos o termo *mídias multissensoriais*, ou apenas *mídias*, como referência para o conjunto de conteúdos multimídia tradicional e efeitos sensoriais a serem incluídos em livros multissensoriais.

²Considera-se como renderização o processo de execução de mídias multissensoriais que pode incluir um ou mais dispositivos.

atualizada sem exigir que sejam feitas alterações no conteúdo do livro. Segundo, o *MBook* permite a separação da descrição do livro multissensorial de sua renderização. Assim, quando fornecido o conteúdo do livro (juntamente com suas marcações), as mídias multissensoriais a serem apresentadas e a lógica do livro, o *MBook* renderiza o texto e captura a posição de leitura. Quando o leitor atinge uma das marcações providas pelo autor do livro, o *MBook* dispara comandos de ativação para dispositivos presentes no ambiente de leitura, que renderizam a mídia correspondente.

Apesar do *MBook* ser utilizado como base para analisar a influência de mídias multissensoriais na compreensão de textos por crianças com transtorno de leitura, ele pode ser utilizado por qualquer usuário que queira experimentar uma leitura multissensorial. Pela sua utilização com crianças, é importante que o *MBook* apresente uma interface aprazível. Assim, a ferramenta também será avaliada quanto a sua usabilidade e potencial de imersão dos usuários.

Um estudo realizado por Wang and Guthrie [2004] em escolares da quarta série do ensino fundamental, examinou até que ponto os processos motivacionais facilitam a compreensão de textos. Este estudo concluiu que a motivação intrínseca se correlaciona positivamente com a compreensão de textos e promove a melhora na leitura ao longo do tempo. Estudantes intrinsecamente motivados tendem a explorar o mundo da leitura encontrando uma variedade de tópicos que lhes interessam [Hidi, 2000]. Eles persistem em lidar com as dificuldades e desejam dominar as habilidades necessárias para a leitura [Deci, 1992]. Por outro lado, após realizar estudo utilizando uma estrutura de metas para avaliar as mudanças na motivação dos alunos para leitura e escrita em escolares do ensino fundamental, Meece and Miller [1999] concluíram que a motivação extrínseca se relaciona ao uso de estratégias para a leitura. Por exemplo, a simples memorização no desejo de concluir uma tarefa para obter uma nota em vez de efetivamente entendê-la.

Dado o potencial da motivação intrínseca na melhoria da leitura e interpretação, o objetivo secundário consiste em avaliar se os livros multissensoriais são fator motivador para a leitura. Espera-se que o *MBook* aumente a motivação intrínseca pela leitura, em especial em indivíduos com dislexia, para os quais uma maior motivação pela leitura poderia vir a auxiliar em seu tratamento e desenvolvimento.

I.3 Contribuições

As principais contribuições esperadas para este trabalho são:

1. O estudo do impacto de mídias multissensoriais na leitura. Este estudo visa corroborar com a hipótese de que a leitura multissensorial ajuda na diminuição da sobrecarga na memória de trabalho por indivíduos com dislexia, favorecendo a compreensão do texto lido. O impacto esperado se manifesta com:

- (a) a diminuição do tempo de leitura do texto, indicando um aumento no automatismo da leitura;
 - (b) um aumento da qualidade das respostas à perguntas relativas a história lida, indicando um aumento da compreensão do texto lido.
2. O estudo do impacto de livros multissensoriais na motivação pela leitura. Esse estudo visa corroborar com a hipótese secundária de que a leitura multissensorial aumenta a motivação intrínseca pela leitura.
 3. A extensão da proposta apresentada em [Vieira et al., 2018] para leitura de livros multissensoriais, por meio da construção do aplicativo *MBook*. Tal extensão apresenta as seguintes contribuições:
 - (a) A apresentação de uma arquitetura para o armazenamento e execução de livros multissensoriais;
 - (b) O uso de um dispositivo rastreador ocular para a sincronização de conteúdo com a leitura;
 - (c) A separação da descrição da experiência de leitura multissensorial de sua execução, seguindo uma abordagem declarativa;
 - (d) A definição de um modelo para anotação do conteúdo textual de livros de forma a indicar sua melhor disposição na tela, quando considerado o uso em conjunto com o dispositivo rastreador ocular, e as mídias a serem executadas em um dado momento.
 4. A avaliação da usabilidade e da imersão promovida pela leitura utilizando a ferramenta *MBook*, por escolares na faixa de 15 a 17 anos.

I.4 Estrutura

O restante deste trabalho está estruturado da seguinte forma. O Capítulo II conceitua assuntos abordados neste trabalho que são base para o entendimento da proposta apresentada. Neste capítulo são apresentados maiores detalhes sobre dislexia, motivação intrínseca e extrínseca e a técnica de rastreamento ocular.

O Capítulo III apresenta trabalhos publicados na literatura relacionados à proposta aqui apresentada. Os trabalhos relacionados são divididos entre aqueles que propõem técnicas e ferramentas para leitura multissensorial e aqueles que propõem ou avaliam o uso de conteúdo multissensorial aplicado à dislexia.

O Capítulo IV apresenta o *MBook* em mais detalhes. O capítulo introduz os requisitos levantados para o desenvolvimento do *MBook* e sua arquitetura, baseada na interação do usuário com

o livro por meio do rastreador ocular. São apresentados os formatos XML criados para a especificação dos pontos de interesse do texto e para especificação da sincronização do texto com as mídias multissensoriais.

O Capítulo V descreve o experimento de usabilidade conduzido com o *MBook*. Nesse capítulo é descrito em detalhes a história multissensorial criada para a condução de experimentos com o *MBook*, incluindo as mídias utilizadas. O experimento foi conduzido com 13 voluntários na faixa de 15 a 17 anos. A discussão relativa a esse experimento avalia a usabilidade e imersão reportada pelos participantes.

O Capítulo VI descreve o experimento conduzido para avaliação da hipótese principal deste trabalho. O capítulo apresenta os resultados do experimento com uma indicação do impacto das mídias multissensoriais sincronizadas com a leitura na compreensão e motivação pela leitura.

Por fim, o Capítulo VII conclui essa dissertação, ressaltando as contribuições alcançadas e a produção científica realizada ao longo deste trabalho.

Capítulo II Referencial Teórico

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos relacionados à proposta aqui apresentada. Na Seção II.1 são apresentadas as principais características da dislexia, com enfoque em sua relação com a memória de trabalho e compreensão de texto. A Seção II.2 apresenta a definição clássica de motivação e a diferença funcional entre motivação intrínseca e extrínseca. A Seção II.3 descreve o funcionamento básico de dispositivos rastreadores oculares.

II.1 Dislexia, Memória e Compreensão de texto

De acordo com o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - DSM-5 [Association, 2014], a dislexia é um transtorno específico de aprendizagem inserida dentro de uma categoria mais ampla de transtornos do neurodesenvolvimento. Calcula-se que cerca de 3 a 15% [Antonio, 2010] da população mundial e cerca de 5% [ABD, 2020] da população brasileira possuem esse transtorno, acometendo pessoas de todas as origens e níveis intelectuais. A dislexia caracteriza-se por dificuldade na precisão (e/ou fluência) no reconhecimento de palavras e baixa capacidade de decodificação e de soletração. Essas dificuldades são resultado de *déficit* no processamento fonológico, que normalmente está abaixo do esperado em relação a outras habilidades cognitivas. Problemas na compreensão e reduzida experiência de leitura normalmente são as consequências secundárias desse transtorno [Rodrigues and Ciasca, 2016].

Segundo o DSM-5, o seu diagnóstico requer a identificação de pelo menos um dos seguintes sintomas:

1. Leitura de palavras é feita de forma imprecisa ou lenta, demandando muito esforço. A criança pode, por exemplo, ler palavras isoladas em voz alta, de forma incorreta (ou lenta e hesitante); frequentemente, tenta adivinhar as palavras e tem dificuldade para soletrá-las;
2. Dificuldade para compreender o sentido do que é lido. Pode realizar leitura com precisão, porém não compreende a sequência, as relações, as inferências ou os sentidos mais profundos do que é lido;
3. Dificuldade na ortografia, sendo identificado, por exemplo, adição, omissão ou substituição de vogais e/ou consoantes;

4. Dificuldade com a expressão escrita, podendo ser identificados múltiplos erros de gramática ou pontuação nas frases; emprego ou organização inadequada de parágrafos; expressão escrita das ideias sem clareza.

Não é incomum que crianças com dislexia que adquiriram habilidade suficiente para codificar e decodificar palavras e textos apresentem dificuldade na compreensão da leitura. O problema de compreensão normalmente é atribuído à lentidão e a pouca precisão na leitura de palavras, mas na prática clínica, o que se observa é que o aumento da demanda da memória de trabalho (com textos mais longos, por exemplo) é um dos principais fatores que levam o sujeito a ter dificuldade de compreensão [Rodrigues and Ciasca, 2016].

Segundo Rotta et al. [2016], a memória de trabalho é composta por um conjunto de sistemas cognitivos. Estes sistemas funcionam como um espaço de trabalho no qual a representação mental das informações sensoriais e eventos externos, que não mais existem, são mantidos para a realização de uma tarefa proposta. Para a compreensão de textos a memória de trabalho é essencial. Durante a leitura há a necessidade do leitor ir adquirindo o entendimento do que está sendo lido e, de forma simultânea, recorrer a informações anteriores. Informações referentes aos parágrafos lidos anteriormente são armazenadas na memória de curta duração, enquanto aquelas que permitem associações com outras leituras são armazenadas na memória de longa duração. Dessa forma, prejuízos na memória de trabalho tornam a leitura menos rica e menos proveitosa. A Figura II.1 apresenta a relação destes componentes de memória.

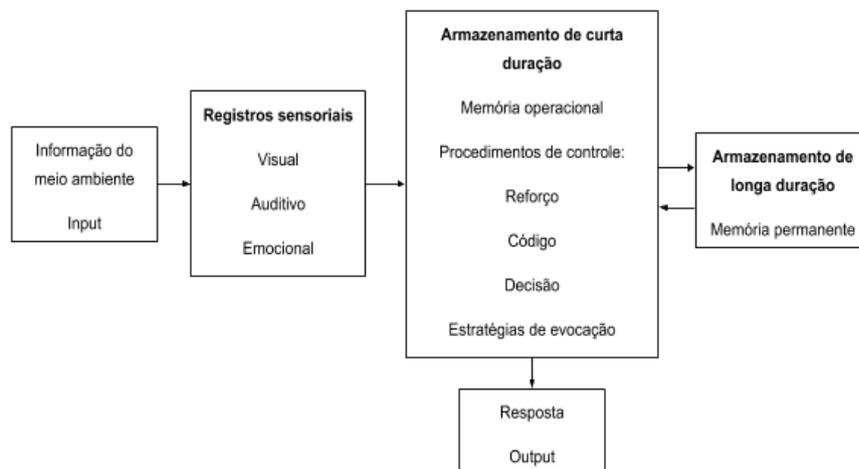


Figura II.1: Fonte da informação por meio do sistema da memória. Figura adaptada de Atkinson and Shiffrin [1968].

De acordo com a Figura II.1, o processamento da informação se inicia com sua entrada a partir do ambiente na memória sensorial. Segundo Baddeley et al. [2011], a memória sensorial está ligada ao breve armazenamento de informação relacionado à percepção (visual, auditiva e emotiva). Em seguida, a informação é transferida para um sistema de curta duração, a memória de trabalho ou

operacional, que retém mais itens que a memória sensorial e utiliza estratégias de evocação para acessar e armazenar informações na memória de longo prazo. A memória de longo prazo mantém todo o conhecimento por um período indefinido de tempo [Sorden, 2012] e é considerada a estrutura cognitiva que armazena a base do conhecimento [Sweller, 2005].

Em indivíduos com dislexia, as dificuldades em interpretação de textos são frequentemente relacionadas com a sobrecarga da memória de trabalho [Habib, 2000]. De acordo com [Dowhower, 1987], o elo de ligação entre o reconhecimento de palavras e a compreensão é a fluência. Os leitores fluentes são capazes de identificar com precisão as palavras e assim despendem a maior parte da sua atenção na compreensão, por sua vez, os leitores menos fluentes necessitam de concentrar grande parte da sua atenção no reconhecimento de palavras, lendo palavra por palavra, ou fazendo repetições ou omissões de palavras. Por despendem grande parte da concentração no reconhecimento de palavras, estes têm dificuldades na compreensão do texto [(US) et al., 2000].

II.2 Motivação intrínseca e extrínseca

A motivação é caracterizada por um processo ativo, intencional e dirigido a uma determinada meta na qual apresenta fatores pessoais (intrínsecos) e ambientais (extrínsecos) [Samulski, 1992]. Na Figura II.2 é apresentada a taxonomia humana de motivação criada por Ryan and Deci [2000]. Essa taxonomia descreve um espectro da motivação para o comportamento que pode variar do estado de desmotivação, mais à esquerda, até a motivação intrínseca, mais à direita na figura.

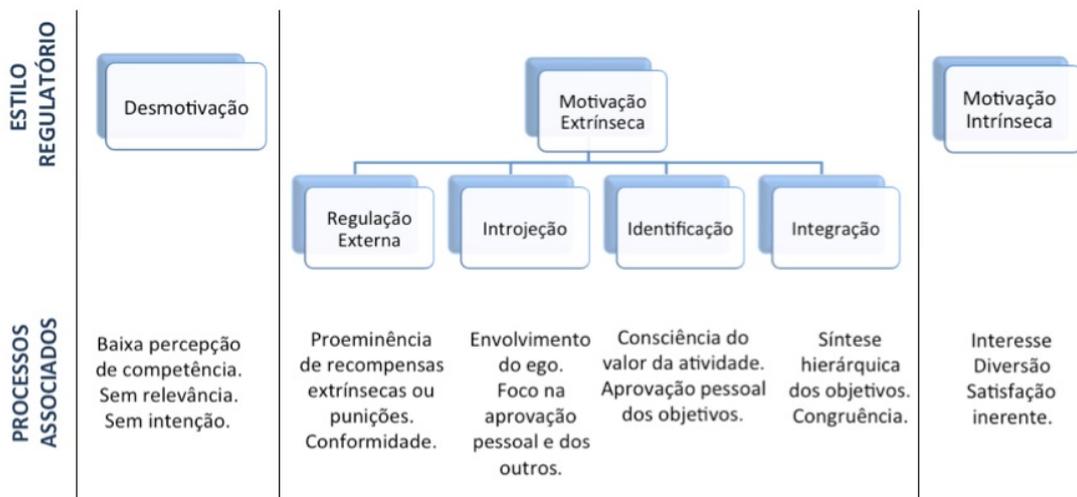


Figura II.2: Taxonomia humana de motivação. Figura adaptada de Ryan and Deci [2000]

A motivação intrínseca é definida como o ato de executar uma atividade por satisfação, ao invés de executar devido a alguma consequência externa. Uma pessoa intrinsecamente motivada é movida a agir por diversão ou um desafio, e não devido a pressões ou prêmios. Assim, atividades que permitem que o indivíduo experimente sentimentos de competência e autodeterminação, que é

o ato ou fato de se determinar por si mesmo, estará relacionada na causa de motivação intrínseca [van der Vlist et al., 2011]. A motivação intrínseca esta relacionada com exploração, curiosidade e metas de aprendizado voltada para o simples saber, com a vontade de exercer uma atividade pelo prazer e satisfação de tentar realizar ou criar algo novo, ou quando uma pessoa se engaja em uma atividade a fim de experimentar sensações estimulantes como emoção, diversão e experiências estéticas [Pelletier et al., 1995].

A motivação extrínseca ao contrário da intrínseca pertence a uma grande variedade de comportamentos que são realizados para um determinado fim e não para benefício próprio [Pelletier et al., 1995]. São quatro os tipos de motivação extrínseca. A *regulação externa* é definida como sendo um comportamento regulado por meios como premiação material ou medo de consequências negativas [Pelletier et al., 1995]. Por exemplo, uma criança que realiza uma atividade por medo de ser penalizada pelos pais se não a fizer ou apenas porque vai receber um prêmio em troca. A *regulação interiorizada/introjeção* é definida como sendo uma fonte de motivação externa que é internalizada e o individuo pressiona a si mesmo para executar a atividade [Ryan and Deci, 2000]. Na introjeção a pessoa realiza a atividade com sentimento de pressão, de ansiedade, para evitar culpa ou para satisfazer o ego ou o orgulho. Aqui é a autoestima que regula o comportamento. Por exemplo, participar de uma atividade não porque acha importante, mas para mostrar às outras pessoas que está participando. A *regulação identificada* é definida como sendo a realização de uma atividade porque a pessoa identifica como importante, mesmo que não goste ou não ache interessante fazer. Por exemplo, uma pessoa praticar corrida pelos bons resultados que trás para a saúde mesmo não sendo intrinsecamente motivada a correr. A *integração* é definida como sendo o comportamento totalmente aceito pelo individuo [Pelletier et al., 1995]. Nela, a regulação para ter o comportamento é assimilada pelo indivíduo. Quanto mais a pessoa internaliza a razão para a execução da atividade, mais as ações motivadas extrinsecamente se tornam autodeterminadas.

A desmotivação, ou amotivação, está ligada ao estado da falta de intenção em agir, no qual as pessoas não agem, ou se realizam a ação, é de forma forçada e devido aos meios externos. Pode ocorrer quando a pessoa acredita que a atividade que ela deve realizar não tem valor e que não lhe trará nenhum benefício ou ela acredita que não tem competência para realizá-la de modo satisfatório [Brière et al., 1995]. A desmotivação é percebida em indivíduos que não são aptos a identificar nenhum bom motivo para realizar alguma atividade [Ryan and Deci, 2000].

II.3 Rastreamento ocular

O rastreamento ocular – *Eye tracking* – é a técnica utilizada para identificar a posição dos olhos e o comportamento dos seus movimentos. Essa técnica pode ser aplicada como ferramenta para identificação de padrões e para suporte à tomada de decisão. Outras aplicações são voltadas para

a interação em sistemas baseados em comunicação pelo olhar para jogos ou para indivíduos com necessidades especiais.

Existem diversas formas de realizar o rastreamento ocular: mecânica, eletrônica e por vídeo. No entanto, por serem não invasivos, os sistemas de vídeo são amplamente usados e aplicados em pesquisas onde se pretende investigar o olhar fixo. O funcionamento desse sistema se dá pelo envio de luzes infravermelhas para os olhos e pela captura das variações dos reflexos dessas luzes na córnea por uma câmera de vídeo. Dessa forma, é possível determinar a posição do olhar e rastrear seu movimento [Blascheck et al., 2014].

Em sistemas de vídeo mais sofisticados, o rastreamento ocular é realizado pelo software de processamento de imagem do rastreador ocular que utiliza o centro da pupila e a localização do reflexo da córnea para formar um vetor e assim determinar o ponto de visualização na tela. O centro da pupila é identificado pelo processo de calibração, onde um ponto é exibido na tela e os olhos devem ficar fixados por um tempo determinado sobre este ponto. A calibração da fixação ocular permite que os movimentos oculares sejam sistematicamente ajustados às particularidades de cada pessoa e que sejam dissociados dos movimentos da cabeça, permitindo assim, maior mobilidade ao usuário durante a interação [Goldberg and Wichansky, 2003; Duchowski, 2007].

Existem duas medidas básicas de movimentos oculares: fixações e sacadas. A fixação refere-se ao momento em que os olhos estão relativamente fixos em algum ponto e a sacada é a movimentação dos olhos para a próxima posição visual. De forma geral, o movimento ocular durante a leitura é composto de fixações e sacadas intercaladas, conforme apresentado na Figura II.3. Essas duas métricas fornecem informações importantes sobre a atividade cognitiva [Blascheck et al., 2014].

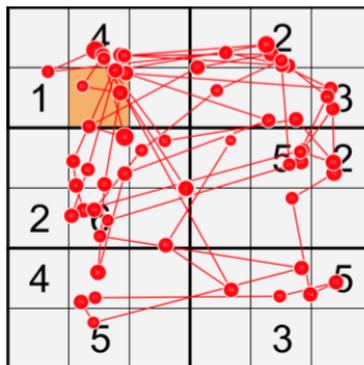


Figura II.3: Mapa de traçado de olhar. Figura retirada de Blascheck et al. [2014].

II.4 Linguagem multimídia

Conforme descrito por dos Santos [2016], linguagens de autoria multimídia, como NCL (*Nested Context Language*) é uma linguagem XML modular que permitem a especificação de documentos multimídia como um conjunto de nós e elos. Nós representam objetos de mídia utilizados num

documento individualmente (nó de conteúdo) ou em grupo (nó de composição). A ideia de um nó de composição é de tanto estruturar um documento quanto permitir o reuso de parte de uma aplicação.

Elos (par *link-connector* de NCL) definem relacionamentos de sincronização temporal entre os nós de um documento. Estes elos possuem um conjunto de condições que quando satisfeitas disparam um conjunto de ações. As condições e ações são definidas em termos de eventos que acontecem durante a apresentação de um nó (início, pausa, retorno e fim), a mudança de valor de uma de suas variáveis ou sua seleção pelo usuário.

Visando uma sincronização fina, os elos podem relacionar também subpartes de um nó. Para o caso de um nó de composição, isso significa relacionar um de seus nós internos. Para o caso de um nó de conteúdo, isso significa relacionar um subintervalo de uma mídia, como uma sequência de quadros de um vídeo, uma sequência de amostras de um áudio, ou um conjunto de *pixels* contíguos de uma imagem. Estas subpartes do conteúdo de um nó são chamadas de âncoras, podendo serem temporais (sequência de amostras) ou espaciais (conjunto de *pixels* contíguos).

II.5 Considerações finais

Como foi apresentado na Seção I.2, o objetivo principal deste trabalho é avaliar o potencial do uso de livros multissensoriais para a diminuição da sobrecarga na memória de trabalho pelo indivíduo com dislexia, favorecendo a compreensão de texto. O objetivo secundário é avaliar se o uso de livros multissensoriais são um fator motivador para a leitura. Nesse sentido, foram apresentados neste capítulo os conceitos de dislexia e memória de trabalho e como eles se relacionam com a compreensão de texto, e ainda, os conceitos de motivação intrínseca e extrínseca.

O rastreador ocular foi utilizado neste trabalho para obtenção de dados sobre as fixações e sacadas dos usuários durante a leitura. Com base nessas informações o *MBook* é capaz de sincronizar as mídias multissensoriais com a história sendo lida de acordo com o ritmo de leitura de cada leitor. Por fim, a sincronização a ser obtida para um determinado livro é especificada de forma similar àquela usada em linguagens de autoria multimídia. Assim, uma revisão dos principais conceitos de autoria multimídia foi apresentada como suporte teórico para a compreensão da arquitetura do livro multissensorial desenvolvido neste trabalho.

Capítulo III Trabalhos relacionados

Este capítulo apresenta os trabalhos relacionados à proposta apresentada nessa dissertação separados em duas frentes. Na Seção III.1 são apresentados estudos focados no enriquecimento de *e-books* com conteúdo multissensorial, seja para o aumento da motivação de leitura, da QoE ou para a avaliação da influência de tais conteúdos na leitura e aprendizagem. Por fim, na Seção III.2 são apresentados os trabalhos que avaliaram a influência de conteúdo multimídia e/ou multissensorial no desempenho de atividades envolvendo a leitura e na obtenção de conhecimento para crianças com transtorno de aprendizado.

III.1 Leitura multissensorial

Esta seção apresenta trabalhos com foco no enriquecimento de *e-books* para criação de uma leitura multissensorial [Alam et al., 2013; Lin et al., 2016; Sánchez-Azqueta et al., 2016; Sanchez et al., 2016; Ribeiro et al., 2017, 2018]. Tais trabalhos foram encontrados com a *string* de busca “(*augmented* \vee *extended* \vee *multisensory*) \wedge (*e-books* \vee *reading*)” na base Scopus. Os resultados foram limitados a trabalhos da área de ciência da computação publicados nos últimos cinco anos (2016 – 2020). Ainda, dois trabalhos foram incluídos de uma busca preliminar. A Tabela VI.3 apresenta um resumo das principais características dos trabalhos apresentados nessa seção e uma comparação com a ferramenta *MBook*.

Alam et al. [2013] propõem um livro eletrônico capaz de apresentar imagens, áudio e produzir efeitos de vibração sincronizados com o conteúdo textual. Os efeitos de vibração são fornecidos através de uma jaqueta e um sofá, enquanto as imagens são apresentadas usando uma segunda tela conectada ao *e-book*. Os autores também incluíram uma pulseira háptica, sistema de áudio e TV. O conteúdo adicional é apresentado sempre que o leitor acessa uma determinada página, e as informações sobre o conteúdo a ser entregue são definidas de forma dissociadas do conteúdo do livro. Cinco experimentos foram realizados e seus resultados indicam uma melhoria considerável na experiência dos leitores, seja no aprendizado ou no entretenimento.

Lin et al. [2016] propuseram o uso de agentes físicos para enriquecer um conteúdo textual e proporcionar uma experiência de aprendizado mais profunda. O agente físico utilizado no trabalho foi um robô que interagia com o leitor de acordo com o conteúdo em uma determinada página do

Tabela III.1: Comparação dos trabalhos com livros multissensoriais

	Rastreamento da leitura	Conteúdo adicional	Desacoplamento Conteúdo/Lógica	Dependência da Plataforma
Alam et al. [2013]	Troca de página	Áudio, Imagem e Háptica	Sim	Independente
Lin et al. [2016]	Troca de página	Áudio, Vídeo e Feedback tátil	Não informado	Dependente
Sánchez-Azqueta et al. [2016]	Troca de página	Áudio e Vídeo	Não informado	Independente
Sanchez et al. [2016]	Eye-tracker	Áudio, Animação, Háptica	Não informado	Dependente
Ribeiro et al. [2018]	Toque	Áudio, Vídeo e Efeitos de luz	Não	Dependente
Vieira et al. [2018]	Troca de página	Não fixado	Não	Dependente
MBook	Eye-tracker	Não fixado	Sim	Independente

livro. Embora os autores enfatizem que sua proposta auxilia na compreensão do texto, nenhuma avaliação quantitativa foi apresentada.

Sánchez-Azqueta et al. [2016] apresentam um livro digital, escrito em um formato de código aberto que inclui recursos de multimídia, como vídeo, áudio, interconectividade e navegação avançada para uso em dispositivos móveis. A ideia principal é aperfeiçoar o ensino de Eletrônica no contexto de uma Licenciatura em Física. Foram selecionados *podcasts*, infográficos, *hiperlinks* e atividades interativas para aprimorar o livro digital, o que permite ao aluno entrar em contato com diferentes fontes de aprendizagem. Os autores apresentam uma metodologia de avaliação de projetos com base nas tarefas realizadas pelos alunos, mas nenhum resultado é apresentado.

Sanchez et al. [2016] estendem o protótipo apresentado por [Gu et al., 2015] para fornecer conteúdo adicional durante a leitura. A ideia principal é melhorar a experiência de leitura e aumentar o envolvimento na leitura. Ele permite que um leitor de *e-book* para *tablet* ofereça estímulos visuais, auditivos e hápticos com base no conteúdo lido. A posição de leitura é capturada usando um rastreador ocular.

Ribeiro et al. [2017] apresentam o STREEN (*Story Reading Environmental Enrichment*), um ambiente inteligente para leitura de histórias. Ele considera um ambiente com uma infraestrutura capaz de apresentar conteúdo multimídia tradicional e/ou efeitos sensoriais. STREEN foi projetado para explorar duas abordagens diferentes para obter a posição de leitura, via reconhecimento de fala e rastreamento ocular. No entanto, em sua versão atual [Ribeiro et al., 2018], o trabalho considera que o leitor usa seu dedo para marcar a posição atual de leitura e obtém a posição de leitura via o toque na tela. Além disso, a ferramenta atualmente suporta apenas efeitos de luz, áudio e vídeo.

Com o objetivo de avaliar a influência da inclusão de mídias multissensoriais na leitura, Vieira et al. [2018] apresentaram um protótipo capaz de promover esse tipo de leitura. Ainda, os autores realizaram um experimento com alunos do curso de Computação do CEFET/RJ. O componente leitor é responsável pela interface com o usuário, apresentando os trechos da história e a medida que a leitura se desdobra, eventos relativos à mudança de trechos são enviados para o componente servidor de efeitos, que atua como interface com atuadores presentes no ambiente físico. O experimento realizado sincronizou elementos de áudio, vento e efeitos de luz com o conteúdo textual de uma história. Ao final do experimento, os participantes responderam um questionário que tinha a finalidade de medir a percepção sobre o ambiente da história em diferentes pontos do texto. Os resultados indicaram que em alguns pontos as mídias multissensoriais utilizadas influenciaram na percepção do ambiente. Porém, em outros pontos, tais mídias não promoveram diferença. Tal fato foi justificado pela descrição precisa do ambiente nestes pontos e foi vislumbrado que uma descrição vaga possibilitaria uma maior influência das mídias multissensoriais associadas.

III.2 Multimídia aplicada a dislexia

Pesquisas publicadas na literatura identificam que, normalmente, em atividades de longa duração crianças ficam entediadas [Pohradský et al., 2010] e em atividades que envolvem animação e jogos demonstram maior interesse [Al-Wabil et al., 2010; Ribeiro et al., 2017]. Esta seção apresenta trabalhos que avaliaram a influência de mídias multimídia e/ou multissensoriais no desempenho de atividades envolvendo a leitura [Ekhsan et al., 2012] e na obtenção de conhecimento para crianças com dislexia [Kast et al., 2007]. Tais trabalhos foram encontrados utilizando a *string* de busca “(*dyslexia* \vee *multimedia* \vee *reading*)” na base Scopus.

Tabela III.2: Comparação dos trabalhos com multimídia aplicada a dislexia

	Formato	Conteúdo adicional	Objetivo
Ekhsan et al. [2012]	Jogo	Áudio e Imagem	Suporte para diagnóstico
Kast et al. [2007]	Jogo	Áudio e Imagem	Aprendizado

Desenvolvido na Malásia, o aplicativo *Smart Lexic* [Ekhsan et al., 2012] tem como objetivo auxiliar professores na realização da triagem para encaminhamento psicológico de alunos com possíveis transtornos de aprendizagem. O *Smart Lexic* é baseado no uso de diferentes mídias, direcionado para crianças de 7 a 9 anos e projetado para trabalhar as três principais habilidades de aprendizagem: o reconhecimento de letras, números e direção, na forma de módulos. O primeiro módulo é dedicado ao reconhecimento de letras regularmente confundidas pelos disléxicos (p e q, u e n, b e d, s, N, M e W). Com uma abordagem *drag and drop* a criança seleciona a letra em uma árvore de acordo com o som fornecido pela aplicação e a coloca em um cesto. O segundo módulo é dedicado ao reconhecimento de números. Neste são realizadas perguntas cuja resposta está relacionada à

números comumente confundidos por disléxicos. O terceiro módulo, é dedicado ao reconhecimento de direção. Neste são projetadas situações do mundo real para a criança. Ao longo do teste de triagem é acumulada uma pontuação da criança em cada um desses módulos e a partir dessa pontuação é gerado um resultado que indica a probabilidade dela ter dislexia ou não. Em caso de probabilidade positiva, a criança é encaminhada a um psicólogo para realizar testes adicionais que confirmem os sintomas da dislexia. A interface do *Smart Lexic* está na língua nativa das crianças submetidas ao teste, a *Bahasa Malaysia*. Os resultados apresentados em [Ekhsan et al., 2012] indicam que o uso de diferentes mídias pode influenciar positivamente no desempenho dos estudantes disléxicos, uma vez que ao utilizar a ferramenta multimídia as crianças se demonstraram mais interessadas e concentradas nos testes do que quando foram submetidas aos testes no papel. A triagem com o *Smart Lexic* produziu resultados mais confiáveis uma vez que as atividades dos testes foram realizadas de forma prazerosa, pelo fato das crianças experimentarem uma emoção semelhante à de estar em um jogo.

Desenvolvido por cientistas da computação no Instituto Federal Suíço de Tecnologia em Zurique (ETZ Zurich) e pelo Departamento de Neuropsicologia da Universidade de Zurique, o *Dybuster* [Kast et al., 2007], é um programa de aprendizagem multissensorial. Nesse programa, cores, formas e sons são incorporados ao ensino de crianças com dislexia e discalculia para ativar regiões subdesenvolvidas do cérebro e o fortalecer por meio de diferentes canais multissensoriais. O *Dybuster* compreende três jogos distintos. O primeiro é o jogo de cores onde oito cores diferentes são usadas para associar uma letra a uma cor específica. Neste mapeamento, letras facilmente confundidas pelos disléxicos, como “t” e “d”, são mapeadas para cores de entropia diferentes como meio de facilitar a eliminação de erros. No segundo jogo, o jogo gráfico, os usuários precisam separar graficamente a palavra em sílabas e letras com o intuito de desenvolver a consciência fonética. Busca-se despertar a atenção para a natureza segmentar da fala e aprender a tratar palavras escritas como unidades de múltiplos segmentos e a entender a correspondência entre letras e fonemas. O terceiro jogo, é o jogo da aprendizagem. O usuário digita a palavra com o teclado e o gráfico daquela palavra aparece na tela, como no segundo jogo. As cores das letras estão de acordo com mapeamento feito no primeiro jogo. Formas de esferas para letras pequenas, cilindros para letras maiúsculas, e pirâmides para trema, são associadas a cada letra. Uma voz dita a palavra e os usuários ouvem uma melodia associada às letras e comprimentos das sílabas. De acordo com os resultados apresentados em [Kast et al., 2007], essa ativação de múltiplos sentidos promove o armazenamento eficiente e a retenção de novas informações no cérebro. Também foi verificado que palavras que não foram treinadas anteriormente, por crianças disléxicas e não disléxicas, foram registradas de forma correta revelando uma transferência de aprendizagem.

III.3 Considerações finais

Tendo como base o objetivo de prover uma ferramenta para a apresentação de livros multissensoriais, na Seção III.1 foram apresentados estudos focados no enriquecimento de *e-books* com conteúdo multissensorial. Tais estudos focam seja no aumento da motivação de leitura, objetivo secundário deste trabalho, seja no aumento da QoE ou para a avaliação da influência de tais conteúdos na leitura e aprendizagem. Entretanto, cabe ressaltar que nenhum deles foca na avaliação do impacto de tais conteúdos em indivíduos com dislexia. Por outro lado, na Seção III.2 foram apresentados trabalhos que avaliaram a influência de conteúdo multimídia e/ou multissensorial no desempenho de atividades envolvendo a leitura e na obtenção de conhecimento para crianças com dislexia.

Capítulo IV MBook

O *MBook* é um aplicativo projetado para permitir a leitura multissensorial de livros. O aplicativo dá suporte às mídias de áudio e efeitos sensoriais como variações de cor e intensidade da luz do ambiente, ativação de cheiro e de vento sincronizadas ao texto que está sendo lido. A sincronização fina destes mídias multissensoriais com o texto é feita com o uso de um dispositivo rastreador ocular. Tal dispositivo localiza a posição dos olhos na tela do dispositivo de leitura e com isso possibilita a identificação da palavra que está sendo lida num dado momento. Assim, o aplicativo é capaz de acionar uma mídia associada a palavra sendo lida no exato momento de sua leitura.

IV.1 Requisitos do aplicativo

Com o objetivo de levantar os requisitos do *MBook* relacionados aos indivíduos com dislexia, foi necessário entrevistar especialistas em transtorno de aprendizagem. Dessa forma, foi feito contato com especialistas do Ambulatório do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da UFRJ e realizada uma apresentação sobre a hipótese de pesquisa tratada neste trabalho. Após a apresentação, foi feita uma entrevista não-estruturada, ou seja, sem roteiro pré-definido, com perguntas abertas que foi registrada através de anotações. Durante a entrevista foram extraídas informações sobre quais serviços o aplicativo deveria fornecer, qual o desempenho esperado, quais as possíveis restrições de hardware, de instalações, bem como do tipo de estímulo sensorial ao qual o público alvo seria exposto. Com base nas entrevistas com os especialistas definiram algumas características do aplicativo, a saber:

- O aplicativo não teria imagens ilustrativas, ou seja, as páginas seriam puramente textuais;
- A fonte utilizada deveria maximizar a legibilidade do texto;
- A fonte deveria ser em caixa alta;
- A fonte em itálico deveria ser evitada;
- As linhas da página do livro não deveriam estar muito próximas uma das outras;
- O estilo de escrita do texto deveria ser em narrativa;
- A história deveria ser compatível com a idade do público alvo.

Foi utilizada também a técnica de observação etnográfica onde o pesquisador/desenvolvedor foi inserido no ambiente de tratamento da criança com dislexia a fim de observar como é realizada a rotina de tratamento e avaliação. A partir desse acompanhamento foi possível observar comportamentos e o desempenho de leitura. Observou-se, através da leitura em voz alta de um texto, que a leitura da criança com dislexia flui sem pausas consideráveis e sem repetição de sílabas de forma demasiada. Assim, foi possível concluir que a sincronização de conteúdo multissensorial com a leitura seria viável com o uso de um dispositivo de rastreamento ocular.

Uma vez levantando os principais requisitos, um protótipo do *MBook* foi desenvolvido e apresentado aos especialistas para a realização da validação do aplicativo. A validação teve como objetivo confirmar se os requisitos implementados estavam apropriados e consistentes com os levantados e contemplou a avaliação do design do texto, do conforto na navegação, da imersão na história e da qualidade dos efeitos.

IV.2 Arquitetura do aplicativo

Seguindo a arquitetura apresentada em [Silva et al., 2019], o *MBook* desacopla o conteúdo textual de um livro das mídias multissensoriais à ele associadas, sua sincronização e renderização, seguindo uma abordagem declarativa. Assim, a lógica multissensorial do livro é separada do próprio conteúdo do livro e das mídias a serem sincronizadas com ele. Essa abordagem concentra-se em manter o *MBook* o mais genérico possível e diminuir o esforço de criação de livros multissensoriais.

A Figura IV.1 apresenta a arquitetura do *MBook*. Ela é composta por três componentes principais, que são: (i) uma biblioteca multissensorial, (ii) o componente leitor de livros e (iii) um controlador de ativação dos atuadores. Os parágrafos a seguir apresentam estes componentes em mais detalhes.

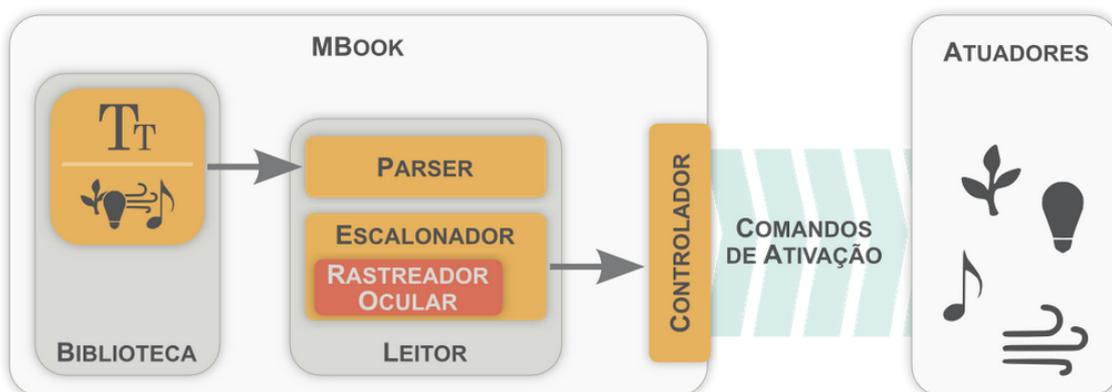


Figura IV.1: Arquitetura do aplicativo *MBook*.

A *Biblioteca* contém os livros multissensoriais que o usuário pode ler. Esses livros são definidos usando formatos XML específicos para indicar o conteúdo textual do livro, os pontos em que as

mídias multissensoriais devem ser apresentadas e a lógica do livro como um todo. Estes formatos, bem como exemplos de uso serão apresentados na Seção IV.2.1.

O *Leitor* é o principal componente do *MBook*. Ele recebe o conteúdo multissensorial do livro (ou seja, o texto do livro juntamente com suas marcações, as mídias a serem apresentadas e a lógica do livro), renderiza o texto e captura a posição de leitura. Para habilitar uma sincronização fina das mídias com o texto, o *MBook* usa um rastreador ocular para capturar a posição de leitura. Dessa forma, sempre que o usuário alcança uma das marcas fornecidas pelo autor do livro, o *MBook* aciona a(s) mídia(s) correspondente(s) àquele trecho, conforme definido na lógica do livro. Detalhes da implementação do *Leitor* serão apresentados na Seção IV.2.2.

O *Controlador* é o componente *MBook* que permite a execução do livro de forma dissociada dos dispositivos disponíveis para renderização das mídias multissensoriais. À medida que o usuário alcança os pontos do texto em que uma mídia deve ser renderizada, o *Controlador* aciona a execução dessa mídia em seu atuador específico, caso este esteja presente no ambiente. Aqui, consideramos como atuadores todos os componentes usados para renderizar conteúdo adicional, por exemplo, um reproduzidor de vídeo, um reproduzidor de áudio, um ventilador (para efeitos de vento), um difusor de odores, um componente de *feedback* háptico e assim por diante. O uso do controlador mantém a implementação do *MBook* simples, pois não é necessário implementar um determinado renderizador de conteúdo. Além disso, à medida que novos dispositivos são adicionados ao ambiente de leitura, o *MBook* deve usá-los para produzir efeitos sensoriais.

O *Controlador* se comunica com os atuadores através de comandos de ativação. Esses comandos indicam qual atuador deve ser ativado ou desativado, juntamente com informações adicionais. Por exemplo, no caso de um efeito olfativo ser ativado, o comando também pode incluir informações sobre o tipo de cheiro, sua intensidade, etc. Essa abordagem visa tornar o *MBook* independente da mídia multissensorial usada; assim, novos conteúdos podem ser incluídos no *MBook* apenas definindo novos tipos de comandos.

IV.2.1 Formatos XML da biblioteca

A biblioteca *MBook* armazena os livros multissensoriais em formato textual até que sejam escolhidos para serem lidos. Existem dois arquivos associados a um determinado livro multissensorial: um arquivo do conteúdo do livro e um arquivo da lógica do livro. O arquivo do conteúdo do livro contém o texto do livro e informações sobre sua estrutura de leitura. O arquivo da lógica contém informações sobre as mídias multissensoriais a serem usadas e sua sincronização com o texto do livro. Os parágrafos a seguir discutem os dois formatos de arquivo com mais detalhes. Ao longo do texto, para exemplificar os formatos apresentados, serão apresentados trechos dos arquivos relativos à história *H1* que será apresentada em detalhes na Seção V.2.1.

O arquivo do conteúdo do livro contém o elemento `<book>`. Ele estrutura o conteúdo do livro conforme este deve ser lido. Os elementos filhos de `<book>` permitem dividir o texto em páginas e linhas, dando ao autor a possibilidade de configurar o número de páginas de um livro e o número de linhas por página. Ainda, possibilita ao autor marcar passagens de texto de interesse, que serão usadas posteriormente para sincronizar as mídias multissensoriais. A Figura IV.2 apresenta a estrutura do arquivo do livro.

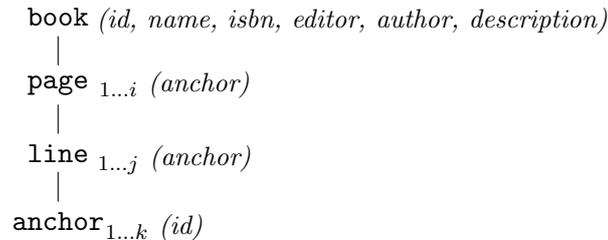


Figura IV.2: Estrutura do arquivo do livro. A estrutura XML é representada como uma árvore, com cada elemento conectado ao seu pai. Os atributos do elemento são apresentados entre parênteses. Cada cardinalidade de elemento é representada em subscrito.

O formato de arquivo proposto apresentado na Figura IV.2 possui os elementos `<page>`, `<line>` e `<anchor>`. Os elementos `<page>` e `<line>` estruturam o texto em páginas e linhas, conforme mencionado acima. O elemento `<anchor>` marca a palavra ou conjunto de palavras de interesse no texto. As âncoras têm um identificador que pode ser usado, ao definir a lógica do livro, para indicar áreas do texto nos quais mídias multissensoriais devem ser executadas. Para ativar a associação de uma mídia a uma página e/ou linha inteira, os elementos `<page>` e `<line>` podem definir o atributo `anchor`. Um trecho do arquivo de conteúdo do livro *H1* pode ser visto na Listagem IV.1.

```

1 <book id="1" name="E.T. O Extraterrestre" ISBN="9788551002940" editor="Intrinseca" author="
  Smith,Kim" description="Em E.T. – O extraterrestre , o menino Elliott encontra uma
  criatura muito diferente e descobre que seu novo amigo vem de outro planeta...">
2 ...
3 <page anchor="a29">
4   <line> Elliott se afastou das crianças que pediam doces,</line>
5   <line> <anchor id="a30"> colocou o E.T. na bicicleta </anchor> e foi e a floresta .
  </line>
6   <line> Ate que ficou dificil demais pedalar. <anchor id="a31"> Entao o E.T. deu uma
  ajudinha... e eles saíram voando!</anchor> </line>
7   <line> Os dois pousaram<anchor id="a32"> em uma clareira e montaram o radio.</anchor>
  </line>
8   <line> O E.T. apontou a antena para o ceu, e eles se sentaram para esperar uma
  resposta.</line>
9 </page>
10 ...
11 </book>
  
```

Listing IV.1: Trecho do arquivo de conteúdo do livro *H1* com sua formatação para apresentação no Leitor.

O arquivo de lógica contém o elemento `<mbook>` e define as mídias multissensoriais a serem usadas e os momentos em que devem ser executada. Ele permite que o autor associe cada elemento `<anchor>` do arquivo do livro a uma determinado mídia ou a várias mídias de uma só vez. A Figura IV.3 representa a estrutura do arquivo de lógica.

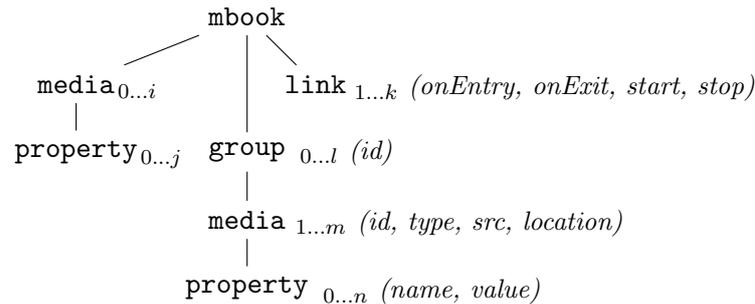


Figura IV.3: Estrutura do arquivo lógico. A estrutura XML é representada como uma árvore, com cada elemento conectado ao seu pai. Os atributos do elemento são apresentados entre parênteses. Cada cardinalidade de elemento é representada em subscrito.

O formato de arquivo proposto apresentado na Figura IV.3 possui elementos `<media>` e `<group>`. O elemento `<media>` contém as informações sobre a mídia multissensorial a ser usada. O atributo *type* especifica o tipo de conteúdo que o elemento representa. Caso seja uma mídia de áudio, vídeo ou imagem, o atributo *src* é usado para definir sua URL. O atributo *location* é opcional e especifica o atuador específico para renderizar a mídia, se mais de um estiver disponível (por exemplo, execute um áudio no alto-falante esquerdo).

Atributos adicionais para definir características da mídia são especificados usando o elemento `<property>`. Por exemplo, se o elemento `<media>` representa um efeito sensorial, ele define sua intensidade e informações específicas, como cor, velocidade, etc. Um ou mais elementos `<media>` podem ser combinados em um elemento `<group>` para definir um efeito mais complexo. Por exemplo, um efeito de chuva pode ser definido pela combinação de um efeito de cheiro e um som. Os elementos `<group>` e `<media>` possuem um identificador que é usado para associá-los às âncoras definidas no texto. Essa associação é feita pelo elemento `<link>`. Os atributos *onEntry* e *onExit* representam condições que são acionadas sempre que a posição de leitura entra ou sai, respectivamente, na área definida por uma determinada âncora. Os atributos *start* e *stop* indicam a mídia ou o grupo a ser executado ou ter sua execução finalizada, respectivamente. Um trecho do arquivo de lógica do livro *H1*, focando no trecho apresentado na Listagem IV.1 (página 20) é apresentado na Listagem IV.2.

```

1 <mbook >
2   <media id="book" type="book" src="book.xml"/>
3
4   <media id="fan" type="wind"/>
5   <media id="eucalyptus" type="scent"/>
6
7   <media id="bike" type="audio" src="pedaling_bicycle.wav"/>
8   <media id="radio" type="audio" src="radio_tuning.mp3"/>
9
10  <media id="semi-bright" type="light">
11    <property name="brightness" value="160"/>
12    <property name="saturation" value="002"/>
13    <property name="hue" value="06000"/>
14  </media>
15
16  <media id="forest_green" type="light">
17    <property name="brightness" value="254"/>
18    <property name="saturation" value="254"/>
19    <property name="hue" value="25600"/>
20  </media>
21
22  <link onEntry="a29" start="eucalyptus"/>
23  <link onExit="a29" stop="eucalyptus"/>
24
25  <link onEntry="a30" stop="semi-bright"/>
26  <link onEntry="a30" start="forest_green"/>
27  <link onEntry="a30" start="bike"/>
28
29  <link onEntry="a31" start="fan"/>
30  <link onExit="a31" stop="fan"/>
31
32  <link onEntry="a32" start="radio"/>
33 </mbook>

```

Listing IV.2: Trecho do arquivo de lógica do livro *H1* com a definição das mídias e grupos a serem apresentados na página 20.

IV.2.2 O componente Leitor

O componente *Leitor* é responsável por renderizar o texto do livro e rastrear a posição de leitura. Sempre que o usuário alcança uma âncora, ele dispara a mídia correspondente. O *Leitor* possui três subcomponentes: o *Parser*, o *Rastreador* e o *Escalonador*. Cada subcomponente é detalhado nos parágrafos seguintes.

A Figura IV.4 apresenta a tela inicial do *MBook*. Nela são apresentadas as imagens das capas dos livros contidos na biblioteca, como pode ser visto na área A da figura. Foram incluídos três livros infantis na biblioteca, todos de uma série de livros infantis baseados nos filmes "E.T. O

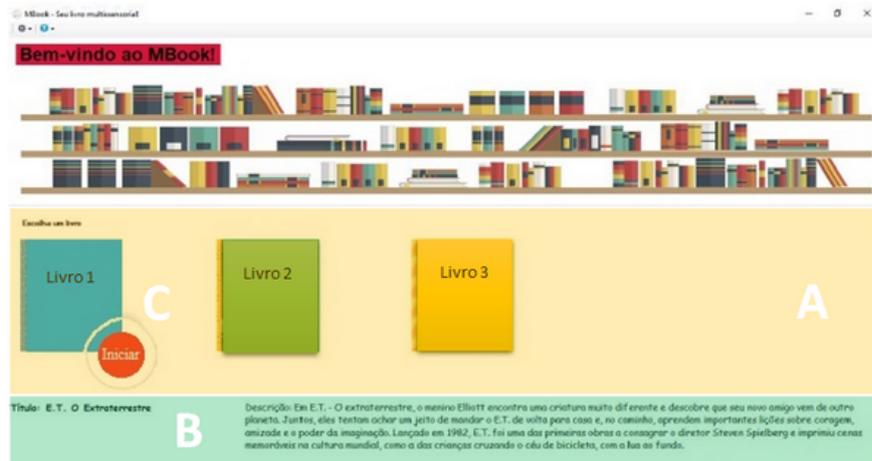


Figura IV.4: Tela inicial do *MBook*. Apresenta a imagem da capa de todos os livros da biblioteca (A), informações sobre um livro específico (B), quando o usuário fixa a visualização em uma capa do livro e (C) mancha do rastreador ocular sobre o botão “Iniciar”.

extraterrestre” (*H1*), “Esqueceram de mim” (*H2*) e “De volta para o futuro” (*H3*). Quando o usuário fixa a visualização em uma determinada capa são apresentadas as informações sobre o livro na área B. As informações apresentadas são aquelas armazenadas no arquivo do livro, visto na Seção IV.2.1. Enquanto as informações são apresentadas, também é exibido um botão de início (um círculo vermelho na figura) sobreposto à capa do livro. O usuário pode começar a ler o livro fixando seu olhar por três segundos nesse botão. A posição de leitura do usuário é indicada pela mancha do rastreador ocular indicada na parte C da figura. Essa marcação é criada pelo próprio dispositivo rastreador ocular e funciona como *feedback* para o usuário do *MBook*.

Sempre que um livro é escolhido, o componente *Parser* analisa o arquivo do livro, criando uma representação em árvore do livro de acordo com suas páginas e linhas. Com base nessa representação, o *Leitor* controlará a apresentação do texto, renderizando uma página por vez, de acordo com o ritmo de leitura do usuário. Para cada elemento da página, o *Leitor* cria uma tela de leitura como a apresentada na Figura IV.5. O texto de cada página é separado de acordo com suas linhas, conforme definido no arquivo do livro (ver Listagem IV.1). Na parte inferior da tela, são apresentados o título do livro (A), o número da página atual e o total de páginas do livro (B), e três botões para retornar à página anterior (C), avançar para a próxima página (D) ou interromper a leitura e sair do livro (E). A ativação desses botões é realizada fixando a visualização neles por três segundos.

Depois que a análise for concluída e a tela de leitura for criada, o subcomponente *Rastreador* controlará a posição de leitura usando um rastreador ocular. É importante destacar que, ao usar um rastreador ocular para capturar a posição de leitura, o *MBook* fornece uma sincronização fina das mídias multissensoriais com o texto do livro. Atualmente, o *MBook* usa o dispositivo *Tobii EyeTracker 4C* para capturar a posição de leitura. O subcomponente *Rastreador* usa as bibliotecas

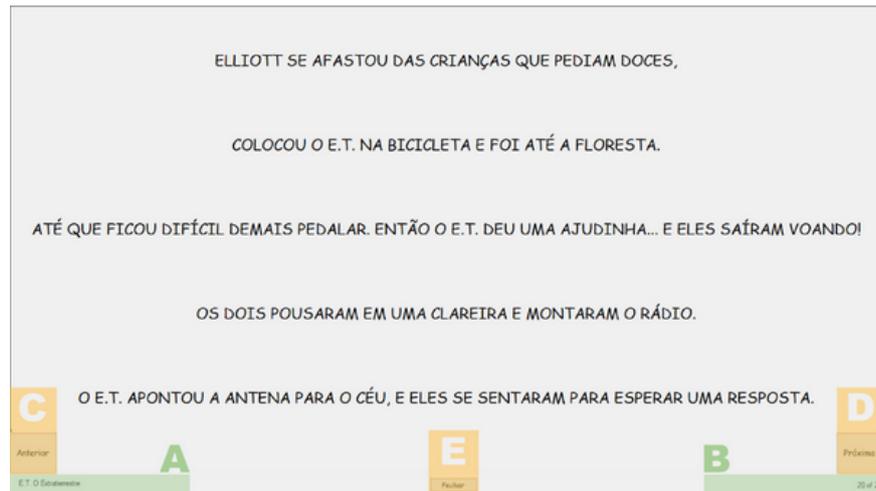


Figura IV.5: Tela de leitura de texto criada para a página 20 do livro *H1*. A figura destaca o título do livro (A), o número da página atual e o total de páginas do livro (B) e três botões para retornar à página anterior (C), avançar para a página seguinte (D) ou parar de ler e sair do livro (E).

de rastreamento do *Tobii* para criar os botões de interface que são ativados pelo usuário para fixar a visualização, como a seleção de um livro e os três botões presentes na tela de leitura.

O subcomponente *Rastreador* também cria em cada página botões invisíveis ao redor do texto marcado como uma âncora no arquivo do livro. Esses botões permitem que o *MBook* identifique quando o usuário atinge uma das posições marcadas com uma âncora. A Figura IV.6 mostra a posição dos botões invisíveis (representado pela marcação em verde) criados pelo *MBook* para detectar quando o usuário alcança as âncoras definidas na Figura IV.1 junto com seus identificadores.

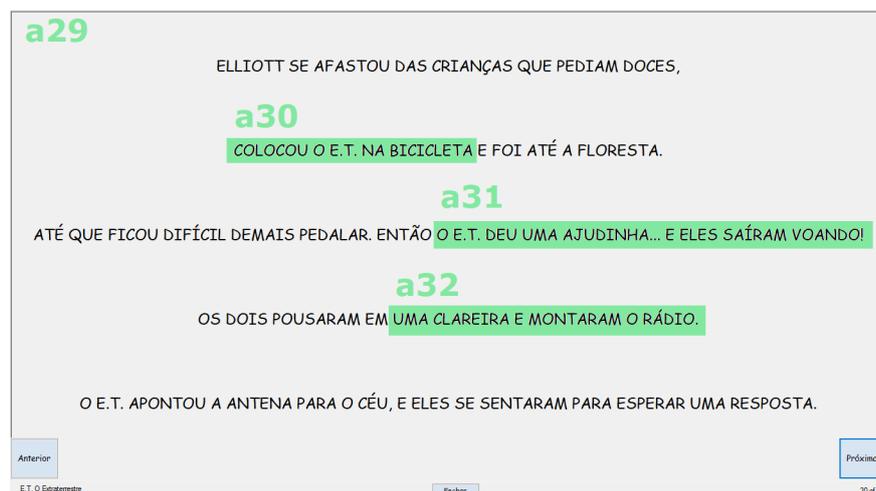


Figura IV.6: Tela de leitura de texto destacando a posição dos botões invisíveis (na cor verde), criados para cada âncora da página.

Quando o usuário atinge uma das posições marcadas com uma âncora, o *Rastreador* gera um evento de leitura que indica a âncora que o usuário alcançou. Dois eventos são gerados, um quando a âncora é alcançada (entra na área do botão invisível) e um quando o usuário sai da área definida pela âncora (sai na área do botão invisível). Deve-se notar que um botão não foi criado para a

âncora a29, pois esta marca a página inteira. Nesse caso, o *MBook* gerará os eventos de leitura quando o usuário entrar e sair da página, respectivamente.

O componente *Parser* também analisa o arquivo de lógica, reunindo informações sobre a mídia, grupos e links que ele define. Sempre que o subcomponente do *Escalonador* recebe um evento de leitura, ele verifica o link ativado por esse evento (*onEntry* ou *onExit*) e a ação que ele deve executar como resultado, seja ela iniciar (*start*) ou interromper (*stop*) uma mídia ou grupo de mídias. O *Escalonador* retransmite as informações da mídia e a ação a ser executada para o *Controlador*, responsável pela interface com os atuadores em uso.

Vale ressaltar que mais de um link pode ser acionado por um determinado evento de leitura. O *Escalonador* avaliará todos os links para definir quais elementos *media* devem ser (des)ativados. Além disso, os links direcionados a um elemento de grupo também produzem ações em mais de um elemento *media*. A Figura IV.7 mostra os efeitos resultantes que o usuário deve experimentar como resultado da definição contida nas Listagens IV.1 e IV.2.

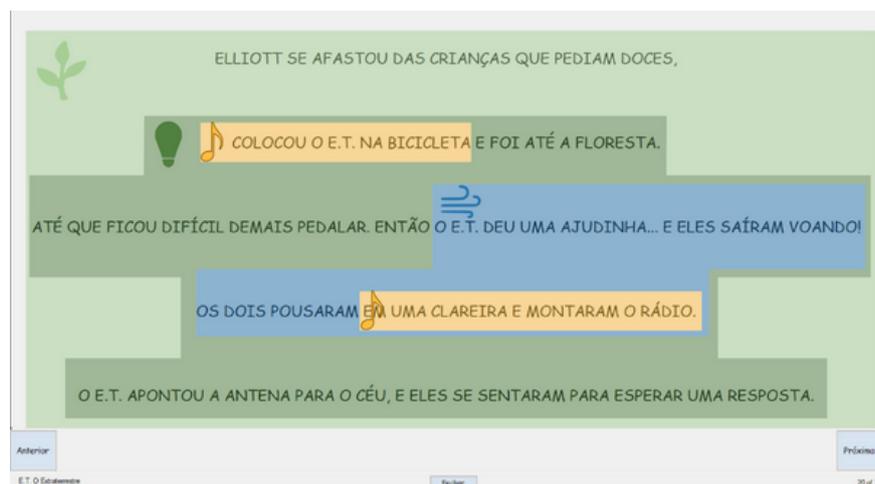


Figura IV.7: Tela de leitura de texto destacando a parte do texto em que cada efeito é executado.

Como visto na Figuras IV.7 e nas Listagens IV.1 e IV.2, um perfume de eucalipto está presente durante toda a página. A partir da segunda linha, a luz do ambiente muda para uma luz verde. Tanto o efeito da luz quanto o efeito do perfume imitam o cenário de floresta em que essa parte da história ocorre. Dois sons são reproduzidos durante esta página, um som de bicicleta é tocado quando os personagens manipulam a bicicleta e um som de rádio quando eles montam o rádio. Finalmente, do meio da segunda linha até o final da terceira linha, um efeito de vento é executado, pois durante essa parte da história os dois personagens estão voando.

IV.3 Implementação

A interface do *MBook* foi desenvolvida na plataforma *.Net em C#, no Visual Studio 2017*. A Figura IV.8 apresenta um diagrama de classes resumido relativo ao funcionamento do componente

Leitor.

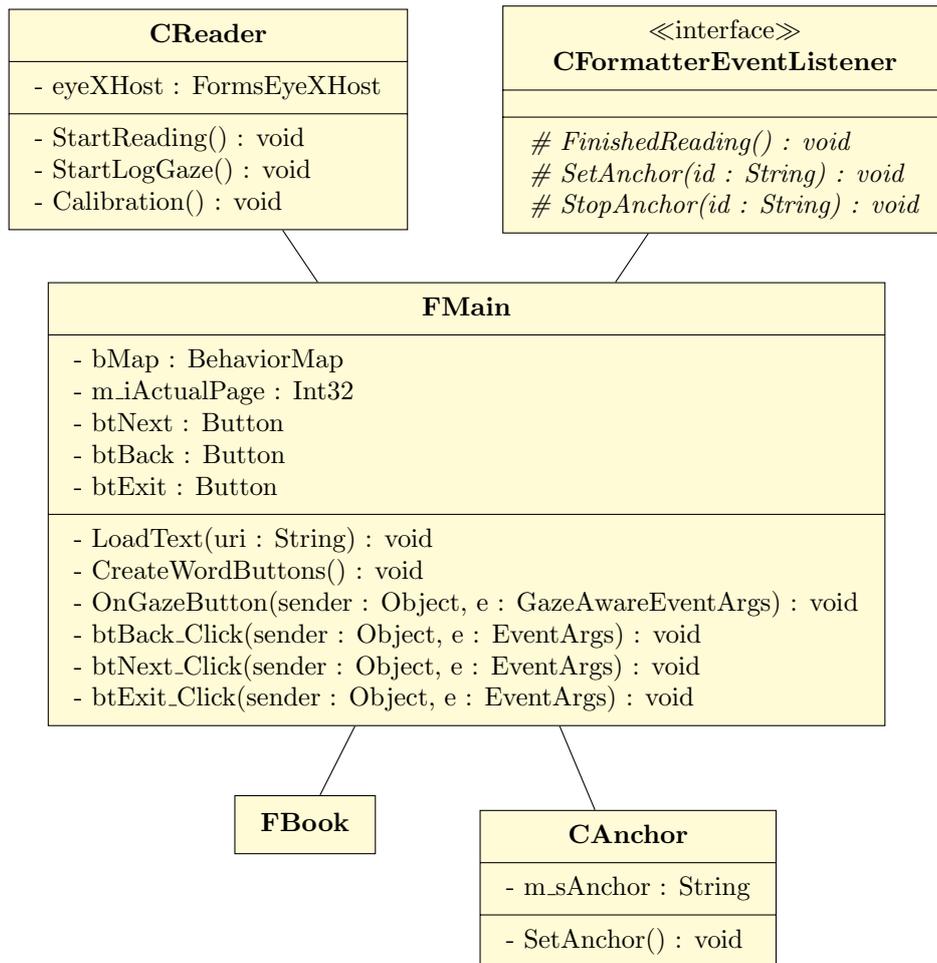


Figura IV.8: Diagrama de classes do leitor.

A classe *CReader* é a classe responsável por criar o objeto *eyeXHost* que hospeda os recursos fornecidos pela biblioteca do *Eye Tracker*. A partir desse objeto é possível acessar as funções de calibração do dispositivo e iniciar a geração do registro dos pontos de visualização, por exemplo. É nessa classe que o arquivo de entrada é carregado (método *StartReading()*). Esse arquivo deve estar no formato apresentado na Seção IV.2.1.

A classe *FMain* implementa a lógica do subcomponente *Rastreador*, verificando o ponto de leitura do usuário obtidas do rastreador ocular e disparando as âncoras marcadas no texto. Uma vez carregado o arquivo *XML* e suas informações armazenadas nas estruturas de dados, a primeira página do texto é exibida e realiza-se um mapeamento da posição das palavras da página que possuem âncoras associadas. A partir da quantidade de palavras da página que possuem âncoras associadas são criados dinamicamente (pelo método *CreateWordButtons()*), em mesmo número, botões não visíveis ao usuário na localização exata da tela onde encontra-se a palavra ou conjunto de palavras marcadas por ancoras (Figura IV.6).

A classe *FMain* possui um componente do tipo *BehaviorMap* que é o monitor dos movimentos

oculares. Esse componente é conectado ao *eyeXHost* e quando o olhar está sobre uma palavra marcada, ou seja, sobre um botão oculto da página, um evento *OnGazeButton()* é disparado. Estes eventos são posteriormente repassados para o componente realizando a sincronização do texto com as mídias multissensoriais, ou seja, o *Escalonador* por meio da interface *CFormatterEventListener*.

A interface do leitor exibe uma página do texto por vez e permite avançar e regressar as páginas por meio dos botões *btNext* e *btBack*. Esses dois botões disparam um evento *OnGazeButton()* quando se olha fixamente para eles por aproximadamente 1 segundo. O índice da página é guardado no atributo de *m_iActualPage* servindo para a busca de uma página a cada mudança de página por estes botões. Na mudança de página, todos os botões não visíveis usados para identificação da leitura dos efeitos são excluídos e novos botões são criados em função das palavras marcadas como âncoras na página atual.

Ao carregar o arquivo de entrada contendo o texto a ser exibido, é criada uma instância da classe *FBook*. Esta classe armazena internamente ao leitor a estrutura do texto sendo lido por meio das classes *CPage* e *CLine*, conforme ilustrado no diagrama de classes da Figura IV.9.

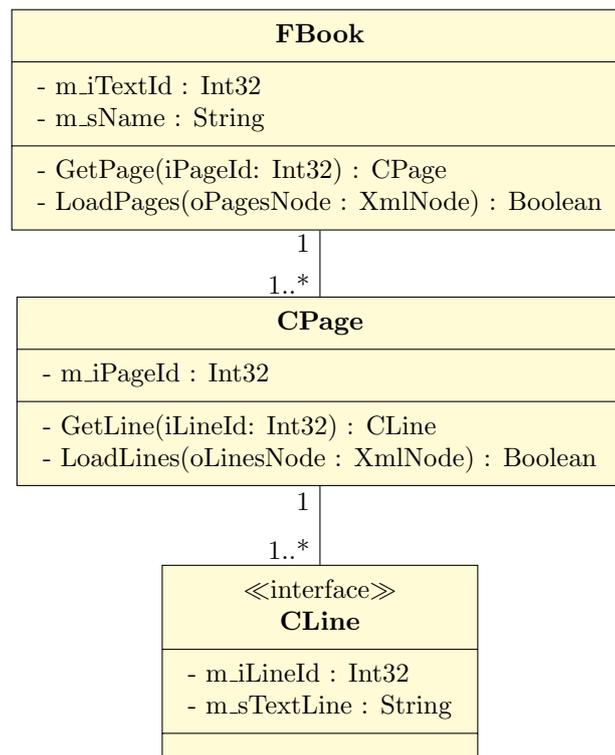


Figura IV.9: Classes de armazenamento da estrutura do texto.

Uma estrutura similar àquela do arquivo do livro apresentada na Seção IV.2.1 é mantida por objetos das classes *FBook*, *CPage* e *CLine*. A criação dos objetos dessas classes é feito por meio dos métodos *LoadPages()* e *LoadLines()*, que recebem um elemento *XML* e populam os atributos dos objetos sendo criados. Conforme o texto é carregado e cada objeto é criado, estes são armazenados em *HashTables* cuja chave é o identificador da página ou da linha. Um objeto *FBook* possui uma

HashTable de objetos *CPage*, enquanto esta última possui uma *HashTables* de *CLine*.

No processo de carga do texto, sempre que são identificadas âncoras, são criados objetos da classe *CAnchor*. Essa criação é parametrizada por uma *string* contendo os identificadores das mídias ou grupos a serem executados quando essa âncora é alcançada, conforme os links presentes no arquivo de lógica. A classe *FMain* mantém uma *HashTable* destes objetos para a criação dos botões não visíveis sempre que uma nova página é carregada.

Por fim, é importante ressaltar que o controle do número de linhas em uma página é necessário para que não haja o acionamento equivocado de uma âncora. Uma baixa quantidade de linhas por página permite que não haja excesso de botões (não visíveis) na interface e estes estejam mais espaçados. Assim é possível garantir uma maior precisão da sincronização das mídias multissensoriais com o que está sendo lido. A estruturação do arquivo de texto é deixada a cargo do autor e está fora do escopo deste trabalho.

IV.3.1 Controlador

Na implementação atual do *MBook*, o controlador realiza a comunicação dos comandos de ativação com quatro atuadores. Estes atuadores são utilizados para execução dos efeitos de luz, som, vento e cheiro. O áudio é reproduzido pelo auto falante do *notebook* que roda aplicação ou outro periférico nele instalado.

Para os efeitos relacionados a luz foi utilizado um par de lâmpadas inteligentes *Philips Hue White and Color*. O controle das lâmpadas é feito por meio da *Philips Hue Bridge* via rede local (conexão ethernet). Uma vez conectado ao *Philips Hue Bridge*, o controle das lâmpadas é feito por meio de chamadas *get*, *put* e *post*.

Para controlar os atuadores de vento e cheiro foi utilizada uma placa Arduíno com um conjunto de relés. Para a mídia de vento foi utilizado um ventilador de mesa convencional e para o cheiro foi utilizado um *pen drive* difusor de cheiro onde um óleo essencial é introduzido e ao ser aquecido exala a sua fragrância. Para direcionar o aroma um mini ventilador é utilizado em conjunto com o difusor de cheiro. A comunicação com o sistema de ventiladores e difusores de cheiro se dá por meio de troca de mensagens serial Universal asynchronous receiver/transmitter (UART) por meio da porta Universal Serial Bus (USB) do notebook com uma placa Arduíno. O protocolo da comunicação serial desenvolvido neste trabalho foi dividido em duas partes, o cabeçalho, que contém informações sobre qual ventilador e difusor de cheiro acionar, e os dados com as características do efeito.

A Figura IV.10 mostra a placa Arduíno com o conjunto de relés que controlam as mídias de vento e cheiro, o par de lâmpadas inteligentes *Philips Hue White and Color* com a *Philips Hue Bridge* e o ventilador de mesa com o *pen drive* difusor de cheiro.



Figura IV.10: Controlador dos atuadores de vento e cheiro, atuador de luz e atuador de cheiro.

Capítulo V Avaliação de Usabilidade do *MBook*

Apesar de poder ser utilizado por um público geral, o *MBook* foi projetado para ser utilizado por crianças. Dessa forma, é importante que sua interface seja simples e desperte o interesse da criança para seu uso. Assim, um primeiro experimento foi realizado com o *MBook* para avaliação de sua usabilidade. As seções a seguir descrevem o experimento em detalhes. Na Seção V.1 é apresentada a amostra dos participantes do experimento. Na Seção V.2 são descritos os instrumentos utilizados. Na Seção V.3 são apresentados os procedimentos seguidos para a condução do experimento. Por fim, na Seção V.4 é apresentada uma discussão sobre os resultados obtidos.

V.1 Amostra

Para a realização do experimento de usabilidade do *MBook* foi realizada a divulgação e captação de estudantes do primeiro ano do curso técnico de informática do ensino médio do CEFET/RJ. Participaram do experimento 13 alunos com idade média de 15,4 anos. A Figura V.1 apresenta um gráfico de *boxplot* resumindo a distribuição de idade dos participantes.

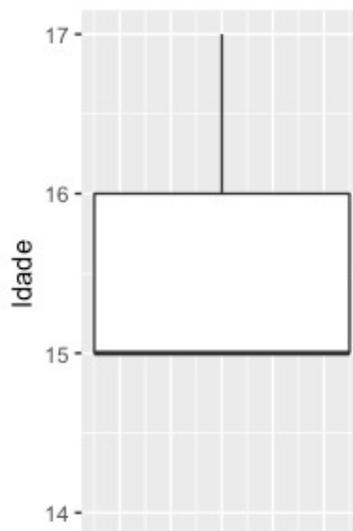


Figura V.1: Boxplot da idade dos participantes.

Dentre os participantes, 6 são do sexo feminino e 7 do sexo masculino. A participação dos alunos foi de forma voluntária, sem o recebimento de contrapartida para sua participação.

V.2 Instrumentos

Para a realização do experimento, foi criada uma história multissensorial a partir de um livro infantil. A Seção V.2.1 apresenta a história em mais detalhes, juntamente com as mídias utilizadas. Além da história, um questionário foi elaborado para verificar a usabilidade do *MBook*. A Seção V.2.2 detalha o questionário de avaliação.

V.2.1 História utilizada

A história usada no experimento é uma narrativa com linguagem simples e de tamanho pequeno adaptada do filme E.T. - O Extraterrestre de Steven Spielberg [Smith, 2018b]. A partir deste ponto, chamaremos essa história de *H1*. Trechos de *H1* podem ser vistos nas Listagens IV.1 e IV.2, bem como nas Figuras IV.5 a IV.7. A *H1* foi dividida em 25 páginas, com todas as páginas contendo pelo menos uma mídia, conforme ilustrado na Figura V.2.

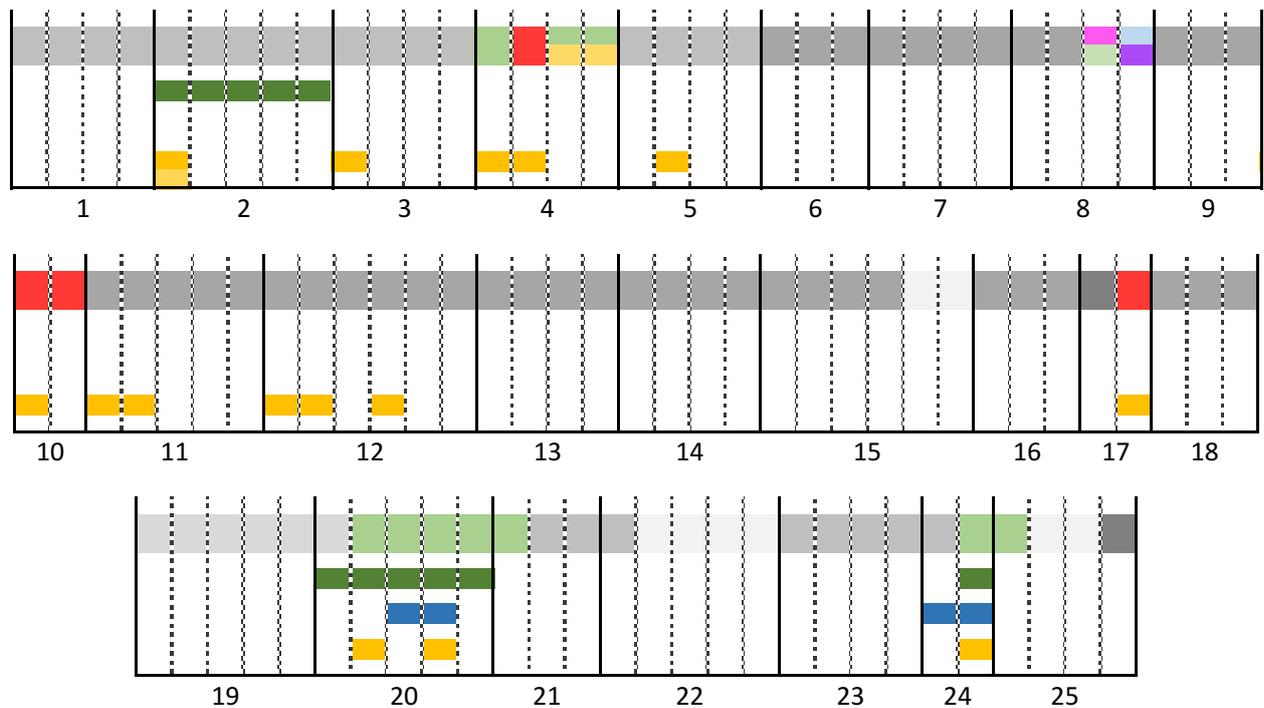


Figura V.2: Linha do tempo com as mídias executadas ao longo da história *H1* com cada página dividida em linhas (linhas tracejadas). Na parte superior da linha do tempo, tons de cinza representam o brilho da luz branca e outras cores representam efeitos de luz colorida. Abaixo dos efeitos de luz, as marcas verde-escuras representam efeitos de cheiro, as azuis representam efeitos de vento e os amarelos representam áudios.

Na figura, o eixo x representa o número da página e as separações verticais dividem cada página em suas linhas. Efeitos de luz branca foram usados para definir a luz do ambiente, com diferentes intensidades para partes internas/externas e dia/noite. Essas diferentes intensidades de luz branca são representadas na Figura V.2, quando existem tons de cinza na primeira linha. Essa linha é mais espessa do que as demais, pois representa a cor das duas lâmpadas RGB. Os efeitos da luz

colorida também são apresentados na primeira linha e foram usados para configurações específicas. Por exemplo, a luz verde foi usada para representar um cenário florestal nas páginas 4, 20, 21, 24 e 25. A luz vermelha foi usada para o dispositivo de rastreamento dos cientistas nas páginas 4, 10 e 17. Finalmente, variações de cores foram utilizadas para a magia do E.T. nas páginas 4 e 8. A Figura V.3 apresenta as configurações das diferentes cores das páginas 4 e 8.



Figura V.3: Configurações de diferentes cores das páginas 4 e 8.

Além dos efeitos da luz, um cheiro de eucalipto era liberado toda vez que a narrativa de *H1* acontecia na floresta. O cheiro de eucalipto foi liberado nas páginas 2, 20 e 24, como pode ser visto pelas marcas verde-escuras na Figura V.2. Um efeito do vento foi executado quando E.T. e as crianças voaram de bicicleta (marcas azuis nas páginas 20 e 24). Finalmente, áudios foram usados para dar vida aos ruídos descritos em *H1* (marcas amarelas).

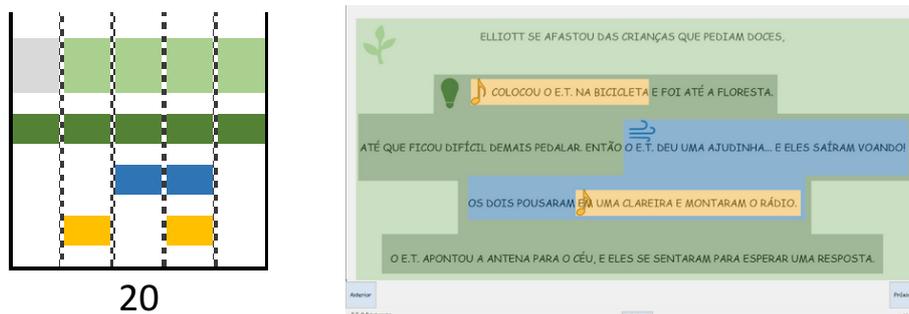


Figura V.4: Linha do tempo com as mídias da página 20 (esquerda) e pontos do texto em que cada mídias é apresentada (direita).

A Figura V.4 destaca a linha do tempo da página 20. Junto da linha do tempo a figura rememora a Figura IV.7 que indica o ponto do texto em que cada mídia multissensorial é apresentada. Nessa página, um efeito de luz verde é executado junto com o cheiro de eucalipto para definir o ambiente da floresta. Dois áudios são executados, um som de bicicleta quando o personagem coloca E.T. na

bicicleta e um som de rádio quando configuram o rádio para se comunicar com outros E.T.s.



Figura V.5: Montagem do experimento com a utilização de computador para ler o texto, lâmpadas RGB, ventilador e difusor de cheiro.

Para renderizar as mídias multissensoriais, conforme discutido na Seção IV.3.1, foram utilizadas duas lâmpadas RGB (L1 e L2), uma ventoinha e um dispensador de cheiro (S). Os efeitos sonoros foram reproduzidos no mesmo computador em que a leitura foi realizada. A Figura V.5 apresenta a disposição dos atuadores para a realização do experimento. A figura também destaca a marca de olhar fornecida pelo *Tobii Eye Tracker*, que foi deixada como *feedback* da posição de leitura do participante, conforme recomendado em [Cecotti, 2016].

V.2.2 Questionários de avaliação

O questionário de avaliação do *MBook* foi composto por 23 perguntas objetivas. A resposta às perguntas usa uma escala *Likert* de 5 pontos, variando de *Discordo totalmente* a *Concordo totalmente*. Além destas perguntas, o questionário também solicitava dos participantes informações sobre idade e sexo e deixava um campo de texto livre para para críticas e sugestões.

O questionário foi dividido em quatro dimensões: (i) capacidade de uso, (ii) aparência e navegabilidade, (iii) mídias multissensoriais e (iv) imersão. As perguntas sobre as diferentes dimensões são baseadas em dois questionários, a Escala de Usabilidade do Sistema (SUS) e o *EGameFlow* [Fu et al., 2009].

O questionário do SUS foi desenvolvido em 1986 por John Brooke para avaliar a usabilidade de produtos e serviços. Trata-se de um questionário composto por 10 itens, construído originalmente na língua inglesa porém neste estudo foi utilizado em sua forma traduzida, preservando sua estrutura e significado originais. O resultado obtido pelas perguntas do SUS revela o índice de satisfação do usuário. Este índice varia de 0 a 100 e é obtido pela soma da contribuição individual de cada

um dos 10 itens do questionário da seguinte forma: para itens ímpares sua pontuação é obtida subtraindo 1 à resposta do usuário, ao passo que para itens pares é obtida efetuando 5 menos a resposta do usuário. Depois de obter a pontuação de cada item do questionário, somam-se suas pontuações individuais e multiplica-se o resultado por 2,5 resultando no índice de satisfação do usuário. A pontuação SUS deve ser superior a 68 pontos para um sistema ser considerado como estando positivamente avaliado.

As questões do SUS foram as seguintes:

- (Q1) Eu acho que gostaria de usar esse livro com frequência.
- (Q2) Eu achei o livro mais complexo do que o necessário.
- (Q3) Eu achei o livro fácil de usar.
- (Q4) Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o livro.
- (Q5) Eu acho que as várias funções do livro estão muito bem integradas.
- (Q6) Eu acho que o livro apresenta muita inconsistência.
- (Q7) Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse livro rapidamente.
- (Q8) Eu achei o livro complicado de usar.
- (Q9) Eu me senti confiante ao usar o livro.
- (Q10) Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o livro.

O *EGameFlow* [Fu et al., 2009] é uma escala para medir o aproveitamento dos jogos de aprendizagem. Ele é composto por oito dimensões. O questionário de avaliação utilizado adapta ao contexto do *MBook* perguntas das dimensões de imersão, aparência e navegabilidade do *EGameFlow*. Já as perguntas sobre as mídias multissensoriais são fracamente baseadas no *EGameFlow*, com foco na avaliação da percepção do usuário sobre as mídias que foram usadas na *H1*.

As demais questões sobre aparência, mídias multissensoriais e imersão foram as seguintes:

- (A1) O design do livro é atraente.
- (A2) As fontes (tamanho e estilo) utilizadas no livro são legíveis.
- (A3) A disposição do texto na tela é confortável para a leitura.
- (A4) Os botões de passagem de página estão bem posicionados.
- (A5) Eu fiquei confortável em utilizar somente os olhos para realizar as transições de página.

- (E1) Os efeitos estão sincronizados à leitura.
- (E2) A quantidade de efeitos é adequada.
- (E3) Os efeitos estão compatíveis com a história.
- (I1) De um modo geral, posso permanecer concentrado na leitura.
- (I2) Eu não percebi o tempo passando enquanto estava lendo.
- (I3) Eu fiquei sem saber o que acontecia ao meu redor enquanto lia.
- (I4) O livro me deixou imerso.
- (I5) Eu me senti emocionalmente envolvido com o livro.

V.3 Procedimentos

O experimento de avaliação do *MBook* foi realizado nas instalações do CEFET/RJ de forma individual, com o mesmo profissional treinado, seguindo as etapas ilustradas na Figura V.6.



Figura V.6: Etapas do teste de usabilidade.

A primeira etapa consiste de um período de instrução para utilização do *MBook*. O período da instrução começou pela calibração do rastreador ocular para o participante. Depois disso, o participante foi convidado a abrir um livro do catálogo de livros do *MBook* com a história baseada no filme “Esqueceram de mim” de John Hughes [Smith, 2018a], que a partir deste ponto chamaremos de *H2*). A história *H2* não possui mídias multissensoriais sincronizadas e é utilizada para que o participante possa se ambientar com o *MBook*, lendo uma página, avançando e retrocedendo as páginas apenas fixando o olhar nos botões da interface.

Uma vez que os participantes estavam acostumados à interface do *MBook*, eles puderam iniciar a fase de leitura com as mídias multissensoriais. A leitura foi feita considerando a história *H1* apresentada na Seção V.2.1. Após o término da fase de leitura, os participantes foram convidados a responder o questionário de avaliação do *MBook*.

V.4 Resultados

Em média, os participantes levaram 16 minutos para concluir a leitura de *H1*. Os resultados experimentais estão resumidos na Figura V.7. O gráfico representa um *boxplot* para a pontuação agregada do SUS (na escala de 0 a 100) e um *boxplot* para a pontuação individual das perguntas baseadas no *EGameFlow* (aparência, mídias multissensoriais e imersão). O gráfico para as perguntas de aparência, mídias multissensoriais e imersão é ajustado para uma escala de -2 a 2. Nessa escala, 0 representa o valor neutro, enquanto valores negativos representam avaliações negativas (*discordo totalmente*, *discordo parcialmente*) e valores positivos representam avaliações positivas (*concordo parcialmente*, *concordo totalmente*).

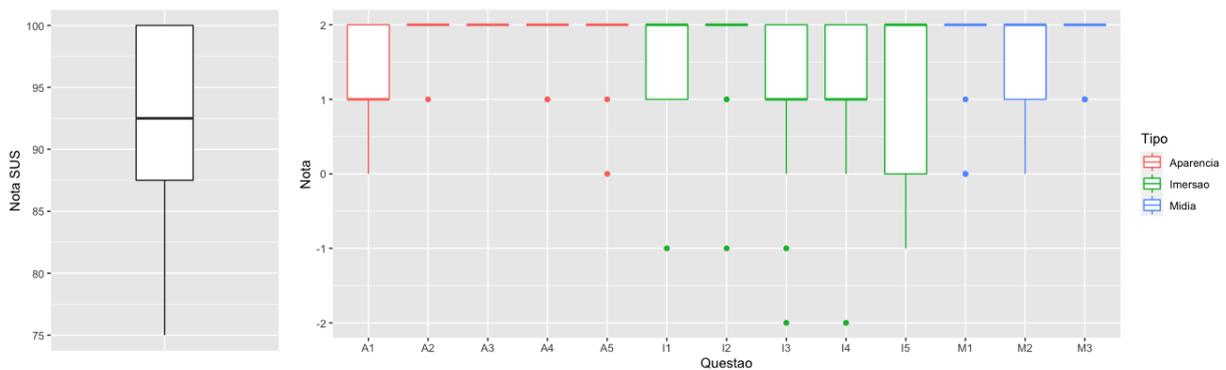


Figura V.7: Boxplot para a pontuação do SUS e para as perguntas nas três dimensões restantes.

A Figura V.7 também agrupa as questões de acordo com suas dimensões. As perguntas da dimensão da aparência são destacadas em vermelho (A1 a A5), as perguntas da dimensão de imersão são destacadas em verde (I1 a I5) e as perguntas da dimensão de mídias multissensoriais são destacadas em azul (M1 a M3).

A pontuação média do SUS para o livro foi de 91,73, e grande parte das avaliações ficou acima de 87, indicando boa utilidade. Como pode ser visto na Figura V.7, a percepção dos participantes em geral, foi de que o *MBook* apresenta uma interface atraente e confortável para leitura. Ainda, os participantes consideraram que as mídias multissensoriais estavam bem sincronizadas com o texto e apresentadas em quantidade suficiente. Tais percepções refletem nas avaliações para as dimensões de aparência e mídias, cujas respostas estão no lado positivo do eixo da pontuação.

A dimensão com o menor resultado foi imersão. Embora quase todas as suas avaliações sejam positivas, as respostas às perguntas dessa dimensão apresentaram alta variabilidade e alguns *outliers* com avaliações negativas. Isso indica que nem todos os usuários estavam totalmente imersos na história (*H1*). Nessa dimensão, os resultados inferiores estavam nas questões relacionadas à percepção do ambiente ao redor do participante e ao envolvimento emocional com o livro. Vale ressaltar, no entanto, que o resultado da percepção do participante do ambiente estar mais baixo que

os demais é um resultado esperado, dado que a todo momento efeitos eram executados no ambiente do participante. Para a questão do engajamento emocional, acreditamos que esse resultado esteja relacionado ao fato de *H1* ser focada em uma faixa etária abaixo da faixa etária dos participantes do experimento.

Foi verificado durante os testes que, mesmo após a calibração do *eye tracker*, para os dois primeiros participantes o rastreamento ocular não estava satisfatório. Essa falha foi corrigida com o terceiro participante após a remoção de um perfil que estava salvo nas configurações do *eye tracker*. Porém, para alguns participantes a calibragem apresentou pequenos problemas de regulação por motivo não identificado. Cabe ressaltar que tais problemas não foram impeditivos à condução do experimento.

Além do questionário, os participantes foram observados durante o experimento. É possível ver os participantes reagindo com surpresa em momentos específicos de *H1*, quando os efeitos foram acionados, e também suas expressões de diversão durante a leitura (como mostrado na Figura V.5). As observações feitas pelos participantes na pergunta aberta do questionário solicitando seus comentários/sugestões reforçam essa percepção:

Eu achei muito interessante todos os efeitos utilizados! Apoio muito a ideia e acho que vai fazer muito sucesso, principalmente aos leitores virtuais. (Estudante 3)

Acho que alguns efeitos como sons dos personagens ao sentirem alguma dor ou de surpresa, ao ser introduzido na história, tornaria ela mais imersiva. (Estudante 5)

Com relação a nova forma de leitura, eu achei fascinante. (Estudante 10)

Os efeitos em si estão bem integrados, uma sugestão que eu gostaria de dar é o aperfeiçoamento do alinhamento dos olhos em relação as palavras, fora isso está muito bom. (Estudante 12)

Apenas acho que poderia ter um pouquiinho mais de efeitos, mas no geral ficou muito divertido!!! (Estudante 13)

Embora a usabilidade tenha sido avaliada de forma positiva, este experimento permitiu identificar oportunidades de melhoria do *MBook*, as quais contribuirão para uma maior usabilidade, tal como a sugestão de criação de mais mídias multissensoriais, em especial quando os personagens da *H1* expressarem dor.

Capítulo VI Avaliação da Influência das Mídias Multissensoriais

Para a avaliação da hipótese apresentada foram realizados dois estudos. O primeiro na forma de uma comparação de dois estudos de caso individuais, um com uma criança disléxica e outro com uma criança não-disléxica. O segundo na forma de um estudo de caso coletivo com cinco crianças disléxicas. Os estudos realizados contam com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Neurologia Deolindo Couto da Universidade Federal do Rio de Janeiro (INDC - UFRJ), sob CAAE nº 33307520.7.0000.5261.

Os estudos foram construídos para avaliar a compreensão do texto lido, a velocidade de leitura e a motivação pela leitura. Este capítulo discute em detalhes ambos os estudos combinando seus resultados quando necessário. Os estudos são descritos nas seções a seguir como segue. Na Seção VI.1 é apresentada a amostra dos participantes de ambos os estudos. Na Seção VI.2 são descritos os instrumentos utilizados. Na Seção VI.3 são apresentados os procedimentos seguidos para a condução dos estudos. Por fim, na Seção VI.4.3 é apresentada uma discussão sobre os resultados obtidos.

VI.1 Amostra

Duas crianças participaram do primeiro estudo: uma com dislexia e outra sem dislexia. Por simplicidade nos referiremos a criança com dislexia como *CCD* e a criança não-disléxica como *CND* no restante do texto. A *CCD* é do sexo feminino, possuía 9 anos no ato do estudo de caso e estava cursando o terceiro ano do ensino fundamental em escola privada. A seleção da *CND* se deu de forma a permitir o pareamento com a *CCD*, desse modo, *CND* também é do sexo feminino, possuía 9 anos no ato do estudo de caso e estava cursando o terceiro ano do ensino fundamental em escola privada. Ambas as crianças possuem recursos socioculturais semelhantes.

Cinco crianças com dislexia participaram do segundo estudo e possuíam recursos socioculturais diversos. Por simplicidade nos referiremos a este grupo como *GCD* no restante do texto. A tabela VI.1 apresenta as informações das características dos participantes do segundo estudo.

As crianças com dislexia foram captadas por meio de divulgação realizada no Ambulatório de Aprendizagem do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da UFRJ no Instituto de Neurologia Deolindo Couto. A criança não-disléxica, foi captada por meio de divulgação realizada

Tabela VI.1: Tabela com as informações dos participantes do estudo de caso coletivo.

	Sexo	Idade	Série	Instituição
1	F	9	3	Privada
2	M	10	4	Pública
3	F	9	4	Pública
4	F	11	4	Pública
5	F	10	2	Pública

em redes sociais e aplicativos de mensagem instantânea.

Os responsáveis e as crianças convidadas para participar do experimento foram informados e esclarecidos sobre todos os detalhes do estudo e todos os procedimentos. Nenhuma das crianças possuía histórico de alterações significativas de comportamento, sensibilidade à essência de eucalipto ou diagnóstico de epilepsia. O termo de consentimento livre e esclarecido e o termo de assentimento foram devidamente assinados pelos responsáveis, pela criança e pelo pesquisador, conforme preconiza a Resolução nº 466/12 do CNS/MS.

VI.2 Instrumentos

Em ambos os estudos foi utilizada a mesma história (*H1*) apresentada na Seção V.2.1. Ainda, foram utilizados os mesmos dispositivos e distribuídos seguindo a mesma configuração apresentada no Capítulo V. A Figura VI.1 apresenta a montagem do experimento para os dois estudos realizados.

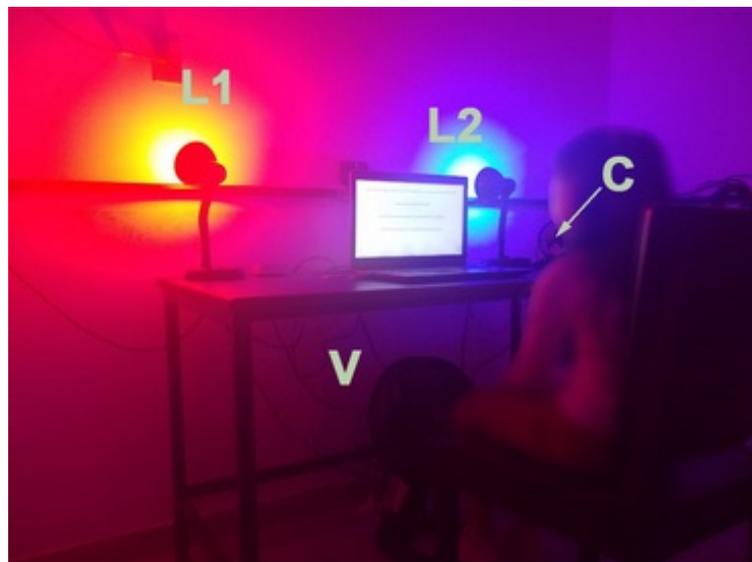


Figura VI.1: Montagem dos estudos com a utilização de computador para ler o texto, lâmpadas RGB, ventilador e difusor de cheiro.

As seções a seguir focam na apresentação dos questionários utilizados nos estudos para avaliação da compreensão do texto (Seção VI.2.2) e para avaliação da motivação pela leitura (Seção VI.2.1).

VI.2.1 Questionário de motivação pela leitura

O objetivo de realizar a avaliação da motivação foi obter informações de como o participante se percebe em relação às fontes de sua motivação (intrínseca e extrínseca). Segundo Martinelli and Sisto [2011], a motivação intrínseca se relaciona ao interesse natural por novidades e desafios que mobilizam o indivíduo à ação e a motivação extrínseca se relaciona à tomada de ação do indivíduo disparada por elementos externos em busca de obtenção de recompensas materiais ou sociais ou de reconhecimento. A motivação geral é a soma das motivações intrínseca e extrínseca.

Para a avaliação da motivação pela leitura, foi adaptado um questionário com 12 perguntas baseadas na escala para avaliação da motivação escolar infantojuvenil [Martinelli and Sisto, 2011]. O questionário é constituído de seis questões relacionadas à motivação intrínseca e seis questões à motivação extrínseca, são elas:

1. (MI) Quando eu estou melhorando na leitura, eu me esforço mais.
2. (ME) Eu leio porque meus pais me obrigam.
3. (ME) Eu só leio para que o professor não fique bravo comigo.
4. (MI) Sinto vontade de ler porque gosto de aprender.
5. (ME) Eu me esforço mais para ler só para ganhar um prêmio.
6. (ME) Eu me esforço para ler porque eu quero que a professora preste atenção em mim.
7. (MI) Eu leio para aprender coisas novas.
8. (MI) Quanto mais difícil o texto, mais eu me esforço para ler.
9. (ME) Na escola eu leio melhor quando sou elogiado.
10. (ME) Ganhar presentes me faria ler mais.
11. (MI) Eu leio em casa o que o professor ensinou para saber mais.
12. (MI) Eu me sinto feliz quando vejo que estou melhorando na leitura.

O participante deveria responder cada questão selecionando as opções: sempre, às vezes ou nunca. Conforme apresentado na Figura VI.2, o questionário de avaliação da motivação pela leitura foi aplicado antes da primeira leitura e após a terceira leitura. Seguindo o determinado em [Martinelli and Sisto, 2011], respostas classificadas como “sempre” recebem 2 pontos, “às vezes” recebem 1 ponto e “nunca” recebem 0 pontos. A pontuação total do participante é calculada como a soma da pontuação obtida em cada uma das doze questões, sendo a pontuação máxima do

questionário de motivação geral equivalente a 24 pontos. Como o questionário de motivação geral é composto por seis questões de motivação intrínseca e seis questões de motivação extrínseca, a pontuação máxima para cada uma delas é 12 pontos.

VI.2.2 Questionário de compreensão do texto

O questionário para avaliação da compreensão do texto busca avaliar o impacto do uso de mídias multissensoriais na compreensão. Ele é composto de cinco perguntas abertas com enfoque em pontos da *H1* onde houve a ocorrência de mídias multissensoriais. O esperado é que a pontuação obtida seja maior quando o participante está exposto a este tipo de mídia do que quando não está. Dessa forma, a primeira questão está relacionada com as mídias executadas na página 2, a segunda questão com as mídias da página 12, a terceira questão com a página 15, a quarta questão com a página 20 e quinta questão com a página 24. Os efeitos das páginas podem ser vistos na Figura V.2. Abaixo são descritas as perguntas de avaliação de compreensão:

1. Elliot ouviu um barulho vindo do depósito mas percebeu que não era um coiote. Por quê?
2. Quando as crianças foram para a escola e a mãe de Elliot foi trabalhar, o E.T. ficou sozinho em casa. O que o E.T. fez enquanto estava sozinho?
3. Elliot encontrou uma caixa cheia de coisas que o E.T. havia juntado e quando foi pegar uma lâmina de serra acabou se cortando. Como o E.T. ajudou Elliot?
4. O dia do Halloween era o momento certo para levar o E.T. para a floresta para testar o rádio. Como Elliot e o E.T. chegaram na floresta?
5. Os cientistas encontraram o E.T. e o colocaram em uma caixa. Como o E.T. conseguiu escapar e voltar para sua casa?

Para avaliação da compreensão, foi elaborado um gabarito de cada questão. A partir da resposta do participante é feita a comparação das palavras-chave contidas no gabarito que também apareceram na resposta do participante. Compara-se ainda que elementos da resposta do participante não constam no gabarito. Com base nessas informações, é avaliado o quão próximo ou distante está uma resposta do gabarito. Quanto mais próxima, maior a pontuação obtida na questão.

Para uma resposta que apresenta dois ou mais elementos contidos no gabarito, é selecionada a escala 5, correspondendo ao máximo de pontos da questão, ou seja, 2 pontos. Para uma resposta com somente um elemento do gabarito, é selecionada a escala 4, recebendo 1,5 pontos na questão. Para uma resposta “não sei” ou “não lembro” é selecionada a escala 3, correspondendo a zero pontos na questão. Para uma resposta que engloba elementos do gabarito porém outros elementos incorretos, é selecionada a escala 2, recebendo 0,5 pontos na questão. E finalmente, para uma

resposta errada, é selecionada a escala 1, recebendo zero pontos na questão. A pontuação total do participante é dada pela soma da pontuação obtida em cada uma das cinco questões, sendo 10 pontos a pontuação máxima do questionário.

VI.3 Procedimentos

Os experimentos foram realizados nas instalações do Instituto de Neurologia Deolindo Couto, destinadas aos Ambulatórios de Fonoaudiologia, de forma individual, com o mesmo profissional treinado. O experimento foi desenhado de forma que cada participante fizesse três leituras do livro multissensorial, sendo a primeira leitura sem a presença de mídias multissensoriais e a segunda e terceira com a presença de mídias multissensoriais. O objetivo de realizar três leituras foi viabilizar a análise entre leituras com e sem mídias multissensoriais (primeira e segunda leituras) e a análise entre leituras com mídias multissensoriais (segunda e terceira leituras). A Figura VI.2 resume as etapas da condução dos experimentos que serão descritas em mais detalhes nas seções a seguir.

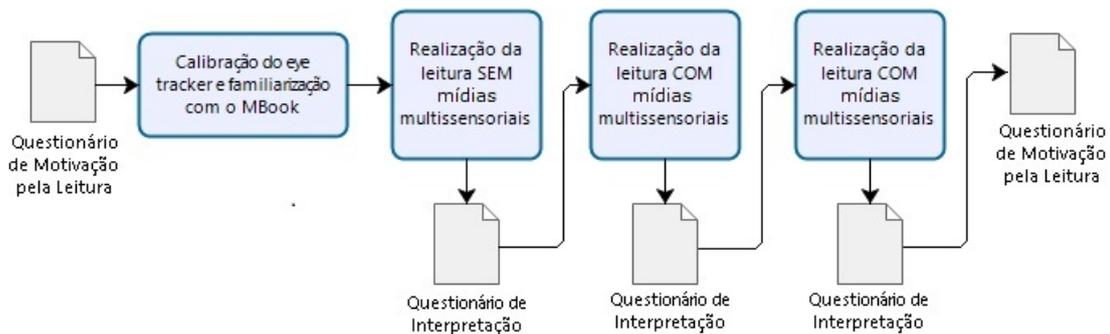


Figura VI.2: Esquema da condução do experimento.

A primeira etapa do experimento consiste da avaliação inicial da motivação pela leitura. Nessa etapa é aplicado o questionário apresentado na Seção VI.2.1. Dado que uma das hipóteses a serem avaliadas é que o *MBook* aumenta a motivação das crianças pela leitura, será feita uma comparação dessa motivação antes e depois do uso do *MBook*.

A seguir é feito o treinamento do participante com o *MBook*. Essa etapa segue o mesmo procedimento apresentado na Seção V.3. Em suma, o treinamento consiste em calibrar o *eye-tracker* e abrir um livro secundário (história *H2*) para ambientação com a ferramenta.

Após a instrução inicial, a criança é convidada a selecionar o livro E.T (ver Seção V.2.1) do catálogo de livros (história *H1*). Nessa primeira etapa a leitura é feita sem a execução de mídias multissensoriais. Parte da avaliação da melhoria do desempenho da criança na leitura considera seu ganho de velocidade na leitura. Desta forma, conforme a leitura inicia, o *MBook* inicia também a contagem de tempo de leitura. A contagem é automaticamente terminada, uma vez que o participante termina a leitura.

Após a conclusão de cada leitura, é aplicado o questionário de compreensão do texto apresentado na Seção VI.2.2. O questionário é aplicado por meio da leitura em voz alta de cada pergunta pelo condutor do experimento. A medida que o participante elabora sua resposta, também em voz alta, o condutor selecionava no gabarito da questão as palavras-chave contidas na resposta do participante, bem como as partes da respostas que não constam no gabarito. Estas anotações são utilizadas posteriormente para o cálculo da compreensão.

Conforme visto na Figura VI.2, as etapas seguintes consistem da segunda e terceira leituras do mesmo livro. Porém, essas leituras são acompanhadas de mídias multissensoriais, diferentemente da primeira leitura. Assim como na primeira leitura, o *MBook* também contará o tempo gasto pelo participante na segunda e terceira leituras. Também intercalado com cada leitura é feita a aplicação do questionário de avaliação da compreensão.

Vale ressaltar que o mesmo questionário é utilizado depois de cada leitura. Espera-se que, por conta da inclusão das mídias multissensoriais, a pontuação após a segunda e terceira leituras seja maior que a obtida após a primeira leitura. Por fim, após a última leitura é reaplicado o questionário de avaliação da motivação para verificar se o uso da ferramenta *MBook* interferiu na motivação do participante.

Uma vez apresentado o procedimento utilizado no experimento, as seções a seguir detalham as avaliações dos estudos.

VI.4 Resultados do Estudo 1

VI.4.1 Estudo de caso individual com CCD

A Figura VI.3 apresenta o questionário de avaliação de compreensão com as respostas da *CCD*. Na figura é possível observar, conforme discutido na Seção VI.2.2, as marcações das partes do gabarito abordadas na resposta e anotações de elementos adicionais da respostas que não constam no gabarito.

Avaliação da Questão 1. Na primeira avaliação a resposta foi classificada como *parcialmente incorreta* (0,5 pontos) visto que não “*tinha uma perna estranha*” e sim uma *pegada estranha* no gabarito. A resposta se mantém na segunda avaliação, recebendo, portanto, a mesma classificação. Na terceira avaliação a *CCD* continuou respondendo que “*tinha uma perna estranha*” e, além disso, relatou que “*estava se escondendo*”. Sendo assim, a terceira avaliação também foi classificada como *parcialmente incorreta* (0,5 pontos).

Avaliação da Questão 2. Na primeira avaliação a resposta foi de que o E.T. foi “explorar o local” de forma *parcialmente correta* (1,5 pontos) visto que foi o que o E.T. fez de fato, porém a resposta não englobou detalhes do gabarito. Na segunda avaliação, a resposta foi classificada como

Marque de 1 a 5 o quão correta está a resposta	Marque de 1 a 5 o quão correta está a resposta	Marque de 1 a 5 o quão correta está a resposta
1 totalmente incorreta, 2 parcialmente incorreta, 3 não soube responder, 4 parcialmente correta e 5 totalmente correta	1 totalmente incorreta, 2 parcialmente incorreta, 3 não soube responder, 4 parcialmente correta e 5 totalmente correta	1 totalmente incorreta, 2 parcialmente incorreta, 3 não soube responder, 4 parcialmente correta e 5 totalmente correta
<p>Q1. Elliot ouviu um barulho vindo do depósito mas percebeu que não era um colote. Por quê?</p> <p>R: As pedagas não pareciam ser de colotes. Sem falar que colotes não brincam com bolas.</p> <p><i>Tinha uma pedaga estranha</i></p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q1. Elliot ouviu um barulho vindo do depósito mas percebeu que não era um colote. Por quê?</p> <p>R: As pedagas não pareciam ser de colotes. Sem falar que colotes não brincam com bolas.</p> <p><i>Tinha uma pedaga estranha</i></p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q1. Elliot ouviu um barulho vindo do depósito mas percebeu que não era um colote. Por quê?</p> <p>R: As pedagas não pareciam ser de colotes. Sem falar que colotes não brincam com bolas.</p> <p><i>Estava se escondendo lá fora. Não tinha</i></p> <p>1 2 3 4 5</p>
<p>Q2. Quando as crianças foram para a escola e a mãe de Elliot foi trabalhar, o E.T ficou sozinho em casa. O que o E.T. fez enquanto estava sozinho?</p> <p>R: Primeiro fez amizade com a fauna local. Depois foi procurar alguma coisa para comer. Ele encontrou um brinquedo divertido e uma história legal para ler. Também viu televisão.</p> <p><i>Explorar a local</i></p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q2. Quando as crianças foram para a escola e a mãe de Elliot foi trabalhar, o E.T ficou sozinho em casa. O que o E.T. fez enquanto estava sozinho?</p> <p>R: Primeiro fez amizade com a fauna local. Depois foi procurar alguma coisa para comer. Ele encontrou um brinquedo divertido e uma história legal para ler. Também viu televisão.</p> <p><i>Explorar a local</i></p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q2. Quando as crianças foram para a escola e a mãe de Elliot foi trabalhar, o E.T ficou sozinho em casa. O que o E.T. fez enquanto estava sozinho?</p> <p>R: Primeiro fez amizade com a fauna local. Depois foi procurar alguma coisa para comer. Ele encontrou um brinquedo divertido e uma história legal para ler. Também viu televisão.</p> <p><i>Estava se escondendo lá fora. Não tinha</i></p> <p>1 2 3 4 5</p>
<p>Q3. Elliot encontrou uma caixa cheia de coisas que o E.T. havia juntado e quando foi pegar uma lâmina de serra acabou se cortando. Como o E.T. ajudou Elliot?</p> <p>R: O dedo do E.T. começou a brilhar. Ele encostou no dedo de Elliot... e o machucado sumiu.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q3. Elliot encontrou uma caixa cheia de coisas que o E.T. havia juntado e quando foi pegar uma lâmina de serra acabou se cortando. Como o E.T. ajudou Elliot?</p> <p>R: O dedo do E.T. começou a brilhar. Ele encostou no dedo de Elliot... e o machucado sumiu.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q3. Elliot encontrou uma caixa cheia de coisas que o E.T. havia juntado e quando foi pegar uma lâmina de serra acabou se cortando. Como o E.T. ajudou Elliot?</p> <p>R: O dedo do E.T. começou a brilhar. Ele encostou no dedo de Elliot... e o machucado sumiu.</p> <p>1 2 3 4 5</p>
<p>Q4. O dia do Halloween era o momento certo para levar o E.T para a floresta para testar o rádio. Como Elliot e o E.T. chegaram na floresta?</p> <p>R: Elliot se afastou das crianças que pediam doces, colocou o E.T. na bicicleta e foi até a floresta. Até que ficou difícil demais de pedalar. Então o E.T. deu uma ajudinha e eles saíram voando.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q4. O dia do Halloween era o momento certo para levar o E.T para a floresta para testar o rádio. Como Elliot e o E.T. chegaram na floresta?</p> <p>R: Elliot se afastou das crianças que pediam doces, colocou o E.T. na bicicleta e foi até a floresta. Até que ficou difícil demais de pedalar. Então o E.T. deu uma ajudinha e eles saíram voando.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q4. O dia do Halloween era o momento certo para levar o E.T para a floresta para testar o rádio. Como Elliot e o E.T. chegaram na floresta?</p> <p>R: Elliot se afastou das crianças que pediam doces, colocou o E.T. na bicicleta e foi até a floresta. Até que ficou difícil demais de pedalar. Então o E.T. deu uma ajudinha e eles saíram voando.</p> <p>1 2 3 4 5</p>
<p>Q5. Os cientistas encontraram o E.T. e o colocaram em uma caixa. Como o E.T. conseguiu escapar e voltar para a sua casa?</p> <p>R: Com a ajuda de seus amigos, deram um jeito de sair de casa com o E.T. e juntos fugiram para a floresta. O E.T. usou os seus poderes e fez todos os meninos voarem! Uma nave espacial enorme estava na floresta. O E.T. fez a ponta do dedo brilhar e se despediu de Elliot.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q5. Os cientistas encontraram o E.T. e o colocaram em uma caixa. Como o E.T. conseguiu escapar e voltar para a sua casa?</p> <p>R: Com a ajuda de seus amigos, deram um jeito de sair de casa com o E.T. e juntos fugiram para a floresta. O E.T. usou os seus poderes e fez todos os meninos voarem! Uma nave espacial enorme estava na floresta. O E.T. fez a ponta do dedo brilhar e se despediu de Elliot.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q5. Os cientistas encontraram o E.T. e o colocaram em uma caixa. Como o E.T. conseguiu escapar e voltar para a sua casa?</p> <p>R: Com a ajuda de seus amigos, deram um jeito de sair de casa com o E.T. e juntos fugiram para a floresta. O E.T. usou os seus poderes e fez todos os meninos voarem! Uma nave espacial enorme estava na floresta. O E.T. fez a ponta do dedo brilhar e se despediu de Elliot.</p> <p>1 2 3 4 5</p>

(A)

(B)

(C)

Figura VI.3: Avaliação da compreensão da leitura primeira leitura (A), da segunda leitura (B) e da terceira leitura (C).

totalmente correta (2 pontos) pois além de relatar que o E.T foi “*explorar a casa*”, foram dados detalhes sobre o *brinquedo* e a *televisão*. Na terceira avaliação a resposta também foi classificada como *totalmente correta* (2 pontos) pois foram relatados o *brinquedo* e a *televisão*, englobando detalhes do gabarito.

Avaliação da Questão 3. Na primeira avaliação a resposta foi classificada como *parcialmente correta* (1,5 pontos), visto que além do dedo do E.T começar a brilhar existiam mais detalhes que poderiam ser relatados. Na segunda avaliação, além de relatar que o dedo do E.T começar a brilhar, relatou ainda que o machucado sumiu. Sendo assim a resposta da segunda avaliação foi classificada como *totalmente correta* (2,0 pontos). Na terceira avaliação a resposta se manteve, sendo avaliada também como *totalmente correta* (2,0 pontos).

Avaliação da Questão 4. Na primeira avaliação a resposta foi de que Elliot e o E.T. chegaram na floresta de bicicleta. A resposta foi classificada como *parcialmente correta* (1,5 pontos), pois não relata outros detalhes. Na segunda avaliação, a resposta incluiu o detalhe de que Elliot e o E.T. saíram voando, sendo, portanto, classificada como *totalmente correta* (2 pontos). A resposta se mantém na terceira avaliação, sendo avaliada também como *totalmente correta* (2,0 pontos).

Avaliação da Questão 5. Na primeira avaliação a resposta foi de que o E.T voltou para casa com a ajuda dos amigos sem relatar outros detalhes, sendo classificada como *parcialmente correta* (1,5 pontos). Na segunda avaliação a resposta inclui relato sobre a nave espacial enorme, sendo classificada como *totalmente correta* (2 pontos). Na terceira avaliação a resposta também incluiu que o E.T. fugiu para a floresta, sendo classificada como *totalmente correta* (2 pontos).

Avaliação global. Com o somatório dos pontos obtidos, a nota da primeira avaliação foi de 6,5 com um tempo de leitura de 15 minutos. Na segunda avaliação a pontuação foi de 8,5 com um

tempo de leitura de 13 minutos. Por fim, na terceira avaliação a pontuação se manteve em 8,5, mas com uma variação no tempo de leitura para 11,5 minutos.

		Sempre	Às vezes	Nunca	
1	MI	Quando eu estou melhorando na leitura, eu me esforço mais.	×		
2	ME	Eu leio porque meus pais me obrigam.			×
3	ME	Eu só leio para que o professor não fique bravo comigo.		×	
4	MI	Sinto vontade de ler porque gosto de aprender.		×	
5	ME	Eu me esforço mais para ler só para ganhar um prêmio.	×		
6	ME	Eu me esforço para ler porque eu quero que a professora preste atenção em mim.			×
7	MI	Eu leio para aprender coisas novas.	×		
8	MI	Quanto mais difícil o texto, mais eu me esforço para ler.	×		
9	ME	Na escola eu leio melhor quando sou elogiado.	×		
10	ME	Ganhar presentes me faria ler mais.	×		
11	MI	Eu leio em casa o que o professor ensinou para saber mais.	×		
12	MI	Eu me sinto feliz quando vejo que estou melhorando na leitura.	×		

(A)

		Sempre	Às vezes	Nunca	
1	MI	Quando eu estou melhorando na leitura, eu me esforço mais.	×		
2	ME	Eu leio porque meus pais me obrigam.			×
3	ME	Eu só leio para que o professor não fique bravo comigo.	×		
4	MI	Sinto vontade de ler porque gosto de aprender.	×		
5	ME	Eu me esforço mais para ler só para ganhar um prêmio.	×		
6	ME	Eu me esforço para ler porque eu quero que a professora preste atenção em mim.			×
7	MI	Eu leio para aprender coisas novas.	×		
8	MI	Quanto mais difícil o texto, mais eu me esforço para ler.	×		
9	ME	Na escola eu leio melhor quando sou elogiado.	×		
10	ME	Ganhar presentes me faria ler mais.	×		
11	MI	Eu leio em casa o que o professor ensinou para saber mais.	×		
12	MI	Eu me sinto feliz quando vejo que estou melhorando na leitura.	×		

(B)

Figura VI.4: Avaliação da motivação pela leitura inicial (A) e final (B).

A Figura VI.4 exhibe as respostas da *CCD* para o questionário de motivação. Na figura são apresentados o questionário inicial (A) e final (B). A pontuação obtida na motivação intrínseca inicial foi de 11 pontos e a da motivação extrínseca inicial foi de 7 com uma motivação total de 18 pontos. A pontuação obtida na motivação intrínseca final foi de 12 pontos e a da motivação extrínseca final foi de 8 com uma motivação total de 20 pontos.

VI.4.2 Estudo de caso individual com CND

A Figura VI.5 apresenta o questionário de avaliação de compreensão com as respostas da *CND*. Na figura é possível observar, conforme discutido na Seção VI.2.2, as marcações das partes do gabarito abordadas na resposta e anotações de elementos adicionais das respostas que não constam no gabarito.

Avaliação da Questão 1. Na primeira avaliação a resposta foi classificada como *totalmente correta* (2 pontos), visto que relata as pegadas não pareciam ser de coiotes e que coiotes não brincam com bolas de forma detalhada. A mesma resposta foi dada na segunda e terceira avaliações, sendo também classificadas como *totalmente correta* (2 pontos).

Avaliação da Questão 2. Na primeira avaliação a resposta foi de que o E.T. foi comer e viu televisão. A resposta foi classificada como *totalmente correta* (2 pontos). A resposta se manteve na segunda avaliação e foi complementada na terceira avaliação com a informação de que o E.T. fez amizade com a fauna, achou um brinquedo e uma história, além de ter visto televisão. Tanto

Marque de 1 a 5 o quão correta está a resposta	Marque de 1 a 5 o quão correta está a resposta	Marque de 1 a 5 o quão correta está a resposta
<p>1 totalmente incorreta, 2 parcialmente incorreta, 3 não saber responder, 4 parcialmente correta e 5 totalmente correta</p> <p>Q1. Elliot ouviu um barulho vindo do depósito mas percebeu que não era um coiote. Por quê?</p> <p>R: As pegadas não pareciam ser de coiotes! Sem falar que coiotes não brincam com bolas.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>1 totalmente incorreta, 2 parcialmente incorreta, 3 não saber responder, 4 parcialmente correta e 5 totalmente correta</p> <p>Q1. Elliot ouviu um barulho vindo do depósito mas percebeu que não era um coiote. Por quê?</p> <p>R: As pegadas não pareciam ser de coiotes! Sem falar que coiotes não brincam com bolas.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>1 totalmente incorreta, 2 parcialmente incorreta, 3 não saber responder, 4 parcialmente correta e 5 totalmente correta</p> <p>Q1. Elliot ouviu um barulho vindo do depósito mas percebeu que não era um coiote. Por quê?</p> <p>R: As pegadas não pareciam ser de coiotes! Sem falar que coiotes não brincam com bolas.</p> <p>1 2 3 4 5</p>
<p>Q2. Quando as crianças foram para a escola e a mãe de Elliot foi trabalhar, o E.T ficou sozinho em casa. O que o E.T. fez enquanto estava sozinho?</p> <p>R: Primeiro fez amizade com a fauna local. Depois foi procurar alguma coisa para comer! Ele encontrou um brinquedo divertido e uma história legal para ler. Também viu televisão.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q2. Quando as crianças foram para a escola e a mãe de Elliot foi trabalhar, o E.T ficou sozinho em casa. O que o E.T. fez enquanto estava sozinho?</p> <p>R: Primeiro fez amizade com a fauna local. Depois foi procurar alguma coisa para comer! Ele encontrou um brinquedo divertido e uma história legal para ler. Também viu televisão.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q2. Quando as crianças foram para a escola e a mãe de Elliot foi trabalhar, o E.T ficou sozinho em casa. O que o E.T. fez enquanto estava sozinho?</p> <p>R: Primeiro fez amizade com a fauna local. Depois foi procurar alguma coisa para comer. Ele encontrou um brinquedo divertido, uma história legal para ler. Também viu televisão.</p> <p>1 2 3 4 5</p>
<p>Q3. Elliot encontrou uma caixa cheia de coisas que o E.T. havia juntado e quando foi pegar uma lâmina de serra acabou se cortando. Como o E.T. ajudou Elliot?</p> <p>R: O dedo do E.T. começou a brilhar. Ele encostou no dedo de Elliot, e o machucado sumiu.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q3. Elliot encontrou uma caixa cheia de coisas que o E.T. havia juntado e quando foi pegar uma lâmina de serra acabou se cortando. Como o E.T. ajudou Elliot?</p> <p>R: O dedo do E.T. começou a brilhar. Ele encostou no dedo de Elliot, e o machucado sumiu.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q3. Elliot encontrou uma caixa cheia de coisas que o E.T. havia juntado e quando foi pegar uma lâmina de serra acabou se cortando. Como o E.T. ajudou Elliot?</p> <p>R: O dedo do E.T. começou a brilhar. Ele encostou no dedo de Elliot, e o machucado sumiu.</p> <p>1 2 3 4 5</p>
<p>Q4. O dia do Halloween era o momento certo para levar o E.T para a floresta para testar o rádio. Como Elliot e o E.T. chegaram na floresta?</p> <p>R: Elliot se afastou das crianças que pediam doces, colocou o E.T. na bicicleta e foi até a floresta. Até que ficou difícil demais de pedalar. Então o E.T. deu uma ajudinha e eles saíram voando.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q4. O dia do Halloween era o momento certo para levar o E.T para a floresta para testar o rádio. Como Elliot e o E.T. chegaram na floresta?</p> <p>R: Elliot se afastou das crianças que pediam doces, colocou o E.T. na bicicleta e foi até a floresta. Até que ficou difícil demais de pedalar. Então o E.T. deu uma ajudinha e eles saíram voando.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q4. O dia do Halloween era o momento certo para levar o E.T para a floresta para testar o rádio. Como Elliot e o E.T. chegaram na floresta?</p> <p>R: Elliot se afastou das crianças que pediam doces, colocou o E.T. na bicicleta e foi até a floresta. Até que ficou difícil demais de pedalar. Então o E.T. deu uma ajudinha e eles saíram voando.</p> <p>1 2 3 4 5</p>
<p>Q5. Os cientistas encontraram o E.T. e o colocaram em uma caixa. Como o E.T. conseguiu escapar e voltar para a sua casa?</p> <p>R: Com a ajuda de seus amigos, deram um jeito de sair de casa com o E.T. e juntos fugiram para a floresta. O E.T. usou os seus poderes e fez todos os meninos voarem! Uma nave espacial enorme estava na floresta. O E.T. fez a ponta do dedo brilhar e se despediu de Elliot.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q5. Os cientistas encontraram o E.T. e o colocaram em uma caixa. Como o E.T. conseguiu escapar e voltar para a sua casa?</p> <p>R: Com a ajuda de seus amigos, deram um jeito de sair de casa com o E.T. e juntos fugiram para a floresta. O E.T. usou os seus poderes e fez todos os meninos voarem! Uma nave espacial enorme estava na floresta. O E.T. fez a ponta do dedo brilhar e se despediu de Elliot.</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>Q5. Os cientistas encontraram o E.T. e o colocaram em uma caixa. Como o E.T. conseguiu escapar e voltar para a sua casa?</p> <p>R: Com a ajuda de seus amigos, deram um jeito de sair de casa com o E.T. e juntos fugiram para a floresta. O E.T. usou os seus poderes e fez todos os meninos voarem! Uma nave espacial enorme estava na floresta. O E.T. fez a ponta do dedo brilhar e se despediu de Elliot.</p> <p>1 2 3 4 5</p>

(A)

(B)

(C)

Figura VI.5: Avaliação da compreensão da leitura primeira leitura (A), da segunda leitura (B) e da terceira leitura (C).

na segunda, quanto na terceira avaliação, a resposta foi classificada como *totalmente correta* (2 pontos).

Avaliação da Questão 3. Na primeira avaliação a resposta foi classificada como *parcialmente correta* (1,5 pontos), visto que além da informação de que o dedo do E.T começou a brilhar, foram apresentados mais detalhes que poderiam ser correlatos. Na segunda avaliação a resposta se manteve, sendo também classificada como *parcialmente correta* (1,5 pontos). Na terceira avaliação a resposta incluiu o relato de que o machucado sumiu, sendo classificada como *totalmente correta* (2,0 pontos).

Avaliação da Questão 4. Na primeira avaliação a resposta foi de que Elliot e E.T. chegaram na floresta voando. A resposta foi considerada *parcialmente correta* (1,5 pontos), pois não relata outros detalhes. Na segunda avaliação a resposta incluiu o detalhes de que Elliot e E.T. chegaram na floresta de bicicleta, sendo classificada como *totalmente correta* (2,0 pontos). Na terceira avaliação a resposta se manteve, sendo também classificada como *totalmente correta* (2,0 pontos).

Avaliação da Questão 5. Na primeira avaliação a resposta foi classificada como *totalmente incorreta* (0 pontos) pois relata que o E.T. “*tinha um telefone dentro dele*”, ficando a resposta fora do contexto da pergunta. Na segunda avaliação a resposta foi de que o E.T fugiu com os amigos e relata que o E.T. “*tinha um telefone dentro do peito dele*”. Por ter apresentado elementos fora do contexto da pergunta, a resposta foi classificada como *parcialmente incorreta* (0,5 pontos). Na terceira avaliação a resposta foi de que o E.T voltou pra casa na nave espacial e relata que “*o telefone/rádio começou a brilhar no peito*” do E.T. Por ter apresentado elementos fora do contexto da pergunta, a resposta também foi classificada como *parcialmente incorreta* (0,5 pontos).

Avaliação global. Com o somatório dos pontos obtidos, a nota da primeira avaliação foi de

7,5 com um tempo de leitura 7,5 minutos. Na segunda avaliação a pontuação foi de 8,0 com um tempo tempo de leitura de 6,5 minutos. Por fim, na terceira avaliação a pontuação foi de 8,5 e manteve-se o tempo de leitura em 6,5 minutos.

		Sempre	Às vezes	Nunca
1	MI		<input checked="" type="checkbox"/>	
2	ME		<input checked="" type="checkbox"/>	
3	ME			<input checked="" type="checkbox"/>
4	MI		<input checked="" type="checkbox"/>	
5	ME			<input checked="" type="checkbox"/>
6	ME	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	MI		<input checked="" type="checkbox"/>	
8	MI		<input checked="" type="checkbox"/>	
9	ME		<input checked="" type="checkbox"/>	
10	ME		<input checked="" type="checkbox"/>	
11	MI			<input checked="" type="checkbox"/>
12	MI	<input checked="" type="checkbox"/>		

(A)

		Sempre	Às vezes	Nunca
1	MI		<input checked="" type="checkbox"/>	
2	ME		<input checked="" type="checkbox"/>	
3	ME			<input checked="" type="checkbox"/>
4	MI		<input checked="" type="checkbox"/>	
5	ME			<input checked="" type="checkbox"/>
6	ME		<input checked="" type="checkbox"/>	
7	MI		<input checked="" type="checkbox"/>	
8	MI		<input checked="" type="checkbox"/>	
9	ME			<input checked="" type="checkbox"/>
10	ME			<input checked="" type="checkbox"/>
11	MI		<input checked="" type="checkbox"/>	
12	MI	<input checked="" type="checkbox"/>		

(B)

Figura VI.6: Avaliação da motivação pela leitura inicial (A) e final (B).

A Figura VI.6 exibe os questionários da *CND* para o questionário de motivação. Na figura são apresentados o questionário inicial (A) e final (B). A pontuação obtida na motivação intrínseca inicial foi de 6 e a da motivação extrínseca inicial foi de 5 pontos, com uma motivação total de 11 pontos. A pontuação obtida na motivação intrínseca final foi de 7 pontos e a da motivação extrínseca final foi de 2 pontos, com uma motivação total de 9 pontos.

VI.4.3 Análise Comparativa entre CCD e CND

Com base nos resultados dos dois estudos de caso individuais usando o *MBook*, foram investigados o impacto das mídias multissensoriais para a compreensão do texto lido, o impacto para o ganho de velocidade da leitura e quanto o aplicativo atuou como fator motivador para a leitura. As Tabelas VI.2 e VI.3 apresentam os resultados dos dois estudos de caso individuais comparando o tempo de leitura e a compreensão. A comparação apresentada nas tabelas se dá entre a primeira leitura, que foi realizada sem mídias multissensoriais, e a segunda leitura, que foi realizada com mídias multissensoriais. Em seguida a segunda leitura é comparada com a terceira, tendo ambas sido realizadas com mídias multissensoriais.

No que diz respeito à velocidade da leitura, e sabendo que o texto da H1 possui 965 palavras, conforme resumido na Tabela VI.2, a *CCD* levou 15 minutos para completar a primeira leitura, obtendo a velocidade de 64,33 palavras lidas por minuto. Esse tempo diminuiu para 13 minutos

Tabela VI.2: Comparação do tempo de leitura (minutos)

Estudo de caso	1ª leitura (sem médias)	2ª leitura (com médias)	Variação
<i>CCD (com dislexia)</i>	15	13	-13%
<i>CND (sem dislexia)</i>	7,5	6,5	-13%
Estudo de caso	2ª leitura (com médias)	3ª leitura (com médias)	Variação
<i>CCD (com dislexia)</i>	13	11,5	-12%
<i>CND (sem dislexia)</i>	6,5	6,5	0%

na segunda leitura (74,3 palavras lidas por minuto), uma redução de 13%. Já na terceira leitura esse tempo diminuiu para 11,5 minutos (83,91 palavras lidas por minuto), uma redução de 12%. Já a *CND* levou 7,5 minutos para completar a primeira leitura, obtendo a velocidade de 128,66 palavras lidas por minuto. Esse tempo diminuiu para 6,5 minutos na segunda leitura (148,46 palavras lidas por minuto), uma redução de 13%, e se manteve em 6,5 minutos na terceira leitura (148,46 palavras lidas por minuto). Nos dois estudos de caso individuais houve uma diminuição maior do tempo de leitura da primeira leitura para segunda (quando as médias multissensoriais foram inseridas) do que da segunda para a terceira.

Tabela VI.3: Comparação da compreensão

Estudo de caso	1ª leitura (sem médias)	2ª leitura (com médias)	Variação
<i>CCD (com dislexia)</i>	6,5	8,5	31%
<i>CND (sem dislexia)</i>	7,0	8,0	14%
Estudo de caso	2ª leitura (com médias)	3ª leitura (com médias)	Variação
<i>CCD (com dislexia)</i>	8,5	8,5	0%
<i>CND (sem dislexia)</i>	8,0	8,5	6%

No que diz respeito à compreensão da leitura, conforme resumido na Tabela VI.3, a *CCD* atingiu uma nota 6,5 na primeira leitura. Essa nota aumentou para 8,5 na segunda leitura, um aumento de 31%, e se manteve na terceira leitura. Já a *CND* atingiu uma nota 7,0 na primeira leitura. Essa nota aumentou para 8,0 na segunda leitura, um aumento de 14%. Na terceira leitura essa nota aumentou para 8,5, um aumento de 6%. Nos dois estudos de caso individuais houve um ganho de compreensão maior da primeira leitura para segunda (quando as médias multissensoriais foram inseridas) do que da segunda para a terceira.

A Tabela VI.4 apresenta os resultados para a motivação intrínseca e a Tabela ?? apresenta os resultados para a motivação extrínseca. Antes do início do experimento, a motivação intrínseca da *CCD* era de 11 pontos. Após a utilização do *MBook* essa motivação aumentou para 12 pontos, um aumento de 9%. No caso da *CND* a motivação intrínseca começou em 7 pontos e aumentou para 8 pontos, um aumento de 14%. Já a motivação extrínseca da *CCD* começou em 6 pontos. Após

Tabela VI.4: Comparação da motivação inicial e final

Motivação	Estudo de caso	Inicial	Final	Varição
Intrínseca	<i>CCD (com dislexia)</i>	11	12	9%
	<i>CND (sem dislexia)</i>	7	8	14%
Extrínseca	<i>CCD (com dislexia)</i>	6	7	14%
	<i>CND (Sem dislexia)</i>	5	2	-60%

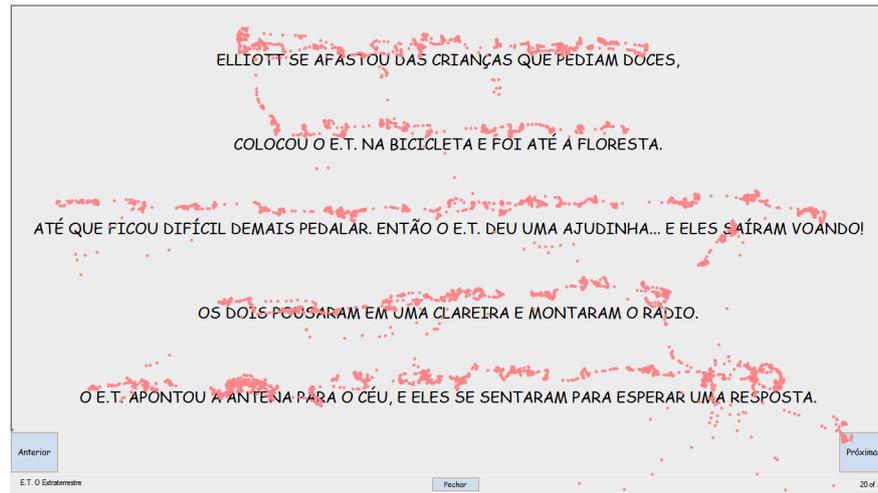
a utilização do *MBook* essa motivação aumentou para 7 pontos, um aumento de 14%. No caso da *CND* a motivação extrínseca começou em 5 e diminuiu para 2, uma redução de 60%. Nos dois estudos de caso individuais a motivação intrínseca aumentou depois do experimento. O mesmo comportamento, entretanto, não foi observado para a motivação extrínseca, pois a *CND* reduziu consideravelmente sua motivação extrínseca. Por outro lado, a *CCD* teve um aumento de um ponto.

Ao longo dos experimentos, enquanto o usuário faz a leitura do texto, o *MBook* também armazenou um *log* da posição do olhar do usuário ao longo do tempo. A partir dessa informação, os parágrafos a seguir apresentam uma comparação da leitura realizada pela *CCD* e pela *CND*. A Figura VI.7 exibe um gráfico de dispersão da posição do olhar da *CCD* e de *CND* durante a primeira leitura da página 20 do livro *H1*. Na figura, os gráficos são combinados com uma imagem da tela do leitor na página em questão, permitindo comparar a posição do olhar com o texto contido nessa página.

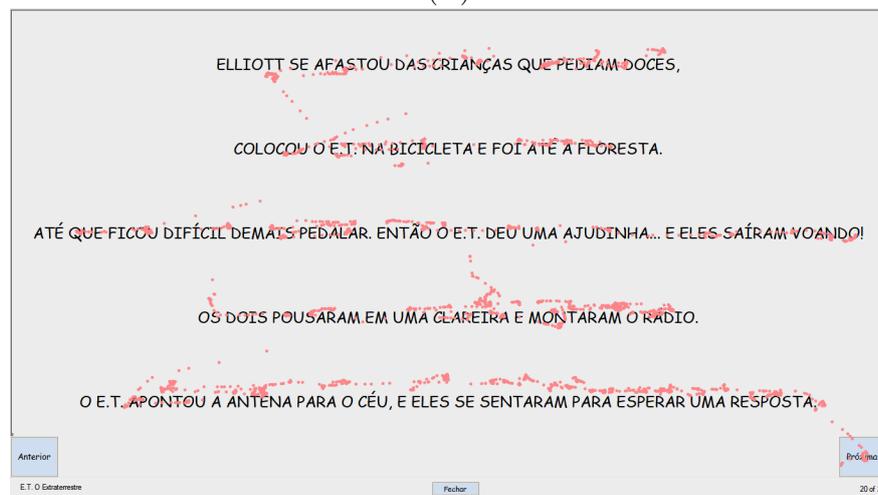
Na figura é possível notar que as fixações e sacadas de *CND* são mais espaçadas do que as de *CCD*. Isso é observado pelo maior espalhamento entre grupos de pontos no gráfico da *CND* em relação à *CCD*. Além disso, a duração e o número de fixações de *CCD* é muito maior que o de *CND*. O número de fixações pode ser observado pela maior quantidade de grupos de pontos no gráfico da *CCD*. Já o menor tempo de fixação pode ser observado pela menor quantidade de pontos em cada grupo representando uma fixação no gráfico da *CND*.

Segundo Fernandes [2014], a velocidade de leitura é afetada por todos os movimentos oculares que se realizam durante a leitura e é condicionada especialmente pela duração das fixações, pelo espaço de reconhecimento (ou campo visual) e pelo número de regressões. O espaço de reconhecimento ou campo visual é a área de onde se extrai informação relevante para a leitura e corresponde a 3 ou 4 letras à esquerda da posição de fixação e até umas 15 letras à direita. Um leitor fluente tem uma leitura rápida porque capta em cada fixação unidades maiores de palavras e não sílaba por sílaba. Desta forma, de acordo com os gráficos apresentados na Figura VI.7 é possível observar, como esperado, que *CCD* possui menor fluência de leitura.

A Figura VI.8 exibe o registro da posição do olhar de *CCD* durante a terceira leitura da página 20 do livro. Na figura, o registro da primeira leitura para fins de comparação.



(A)



(B)

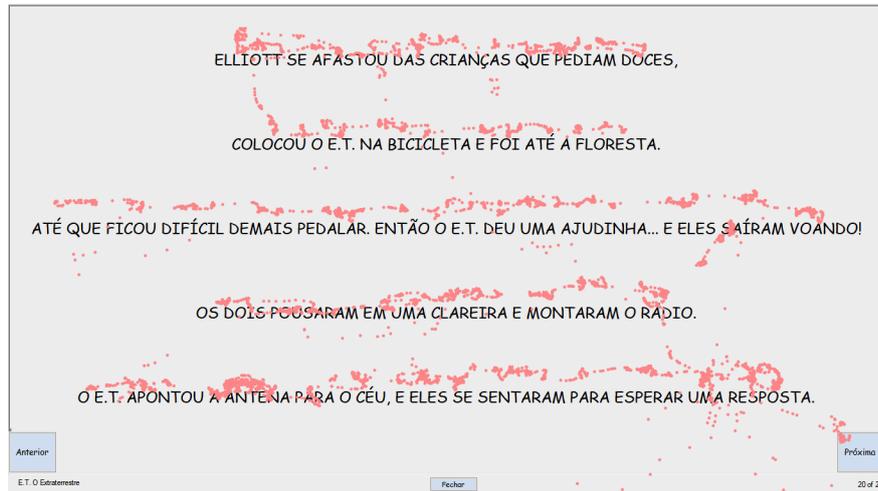
Figura VI.7: Posição do olhar da *CCD* (A) e posição da *CND* (B) na primeira leitura.

Conforme apresentado na Tabela VI.2, o tempo de leitura da *CCD* caiu de 15 minutos na primeira leitura para 11,5 minutos na terceira leitura. Conforme observado na Figura VI.8, na terceira leitura (B), a *CCD* apresentou fixações mais espaçadas que na primeira leitura (A). De acordo com [Fernandes, 2014] isso indica que a terceira leitura da *CCD* apresentou uma área maior de extração de informação, indicando maior fluência na leitura. Estes resultados estão condizentes com os dados de ganho de compreensão apresentados na Tabela VI.3.

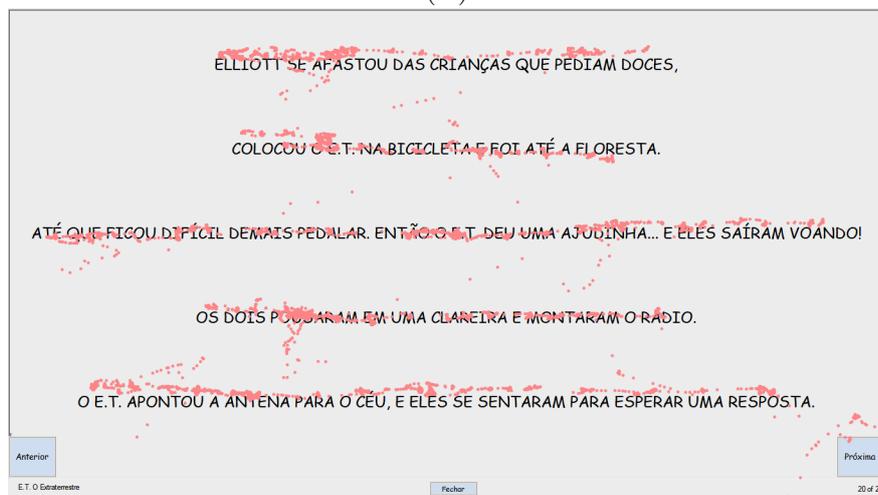
VI.5 Resultados do Estudo 2

No estudo de caso coletivo usando o *MBook*, foram investigadas as mesmas variáveis que nos estudos de caso individuais, porém com os participantes do *GCD*. O objetivo neste segundo estudo foi obter suporte estatístico para os resultados observados no primeiro estudo.

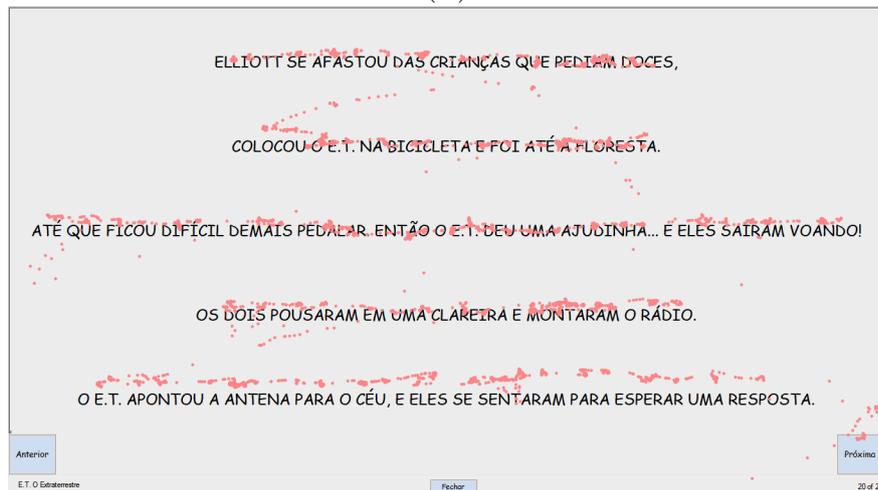
As informações obtidas foram tratadas no programa estatístico SPSS [Nie et al., 1975]. Foi verificada a normalidade dos dados através da análise de Shapiro-Wilk pelo fato da amostra ser



(A)



(B)



(C)

Figura VI.8: Posição do olhar da *CCD* na primeira (A), na segunda (B) e na terceira (C) leituras.

pequena e o resultado pode ser visto na Tabela VI.5. Optou-se pelo uso do teste *t* para amostras pareadas, tendo em vista que os mesmos participantes foram avaliados em circunstâncias diferentes.

As Tabelas VI.6 e VI.7 apresentam a comparação entre os resultados agregados do tempo de

Tabela VI.5: Normalidade dos dados pela análise de Shapiro-Wilk.

Dado	Significância
<i>Tempo da primeira leitura</i>	0,256
<i>Tempo da segunda leitura</i>	0,520
<i>Tempo da terceira leitura</i>	0,694
<i>Compreensão da primeira leitura</i>	0,102
<i>Compreensão da segunda leitura</i>	0,210
<i>Compreensão da terceira leitura</i>	0,155
<i>Motivação intrínseca antes</i>	0,135
<i>Motivação intrínseca depois</i>	0,210
<i>Motivação extrínseca antes</i>	0,501
<i>Motivação extrínseca depois</i>	0,613
<i>Motivação geral antes</i>	0,564
<i>Motivação geral depois</i>	0,216

leitura e da compreensão da leitura para as três leituras, respectivamente. Assim como no Estudo 1, a comparação é feita entre a primeira leitura e a segunda e, em seguida, entre a segunda leitura e a terceira.

Tabela VI.6: Teste *t* para amostras pareadas com 4 graus de liberdade para comparação do tempo entre as três leituras.

	1ª leitura (sem médias)		2ª leitura (com médias)		t	p
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão		
<i>GCD</i>						
<i>Tempo (min)</i>	21,60	11,058	19,70	12,431	2,766	0,051
	2ª leitura (com médias)		3ª leitura (com médias)		t	p
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão		
<i>GCD</i>						
<i>Tempo (min)</i>	19,70	12,431	18,80	11,394	-0,393	0,714

Na primeira leitura os participantes levaram em média 21,6 minutos para completar a leitura, obtendo uma velocidade média de 44,67 palavras lidas por minuto. Esse tempo diminuiu para 19,7 minutos na segunda leitura (uma diminuição de 9%) obtendo a velocidade de 48,98 palavras lidas por minuto. Já na terceira leitura esse tempo diminuiu para 18,8 minutos (uma diminuição de 5%) obtendo a velocidade de 51,32 palavras lidas por minuto. Conforme visto na Tabela VI.6, a variação da primeira para a segunda leitura apresenta uma significância estatística. O mesmo comportamento, entretanto, não foi observado entre a segunda e terceira leitura.

No que diz respeito à compreensão da leitura, os participantes atingiram uma nota 2,6 de um total de 10 pontos na primeira leitura. Essa nota aumentou para 4,9 na segunda leitura (um aumento de 88%). Já na terceira leitura essa nota aumentou para 6,7 (um aumento de 37%). Assim como visto para a velocidade de leitura, também para a compreensão houve um ganho estatisticamente significativo da primeira leitura para a segunda, porém não houve o mesmo ganho da segunda para a terceira leitura.

Tabela VI.7: Teste t para amostras pareadas com 4 graus de liberdade para comparação da compreensão entre as três leituras.

	1ª leitura (sem médias)		2ª leitura (com médias)		t	p
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão		
<i>GCD</i>						
<i>Compreensão</i>	2,6	2,747	4,9	2,678	-9,021	0,001
	2ª leitura (com médias)		3ª leitura (com médias)		t	p
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão		
<i>GCD</i>						
<i>Compreensão</i>	4,9	2,678	6,7	2,196	-1,964	0,121

Tabela VI.8: Teste t para amostras pareadas com 4 graus de liberdade para comparação entre a motivação inicial e final.

Motivação	Inicial		Final		t	p
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão		
<i>GCD</i>						
<i>Intrínseca</i>	9,8	1,095	11,2	1,304	-5,715	0,005
<i>Extrínseca</i>	4,2	2,588	4,6	3,847	-0,535	0,621
<i>Geral</i>	14,0	3,391	15,8	4,764	-2,092	0,105

A Tabela VI.8 apresenta os resultados agregados para a motivação inicial e final do *GCD*. Antes do início do estudo, a motivação intrínseca dos participantes era de 9,8 de um total de 12 pontos. Após a utilização do *MBook* essa motivação aumentou para 11,2 (um aumento de 14%). Já a motivação extrínseca começou em 4,2 e aumentou para 4,6 após a utilização do *MBook* (um aumento de 9%). A motivação geral variou de 14,0 antes para 15,8 após o uso do *MBook* (um ganho de 12%). Conforme visto na Tabela VI.8, a motivação intrínseca apresentou uma variação estatisticamente significativa. O mesmo comportamento, entretanto, não foi observado para a motivação extrínseca e geral.

VI.6 Considerações Finais

Os resultados apresentados na Tabela VI.3 e na Tabela VI.7 apontam para um ganho maior na compreensão do texto com a inserção das mídias multissensoriais. No primeiro estudo, tanto *CCD* quanto *CND* apresentaram maior razão de ganho na compreensão do texto da primeira para a segunda leitura, quando foram inseridas as mídias multissensoriais, do que o observado da segunda para a terceira leitura, quando houve a repetição da leitura com mídias multissensoriais (Tabela VI.3). Esse resultado é reforçado no segundo estudo, onde houve um ganho estatisticamente significativo obtido na compreensão do texto da primeira leitura para a segunda, não sendo observado o mesmo efeito da segunda leitura para a terceira leitura (Tabela VI.7). Tais resultados apontam que a inclusão de mídias multissensoriais facilitaram o processo de compreensão e que o efeito da repetição não foi causador desse aumento na compreensão. Os resultados também apontaram que o ganho de compreensão de *CCD* foi maior que o de *CND* quando houve a inclusão das

mídias multissensoriais, conseguindo a *CCD* equiparar sua pontuação com a da *CND*. Esses resultados são apoiados por pesquisas publicadas na literatura que indicam que a formação de memória engloba diferentes sentidos [Cahill et al., 2003] e que o uso de mídias multissensoriais melhoram o desempenho de escolares com dislexia [Ekhsan et al., 2012; Kast et al., 2007].

Em relação à velocidade de leitura, os resultados revelaram um aumento de velocidade quando da inserção de mídias multissensoriais, como pode ser visto na Tabela VI.2 e na Tabela VI.6. No primeiro estudo a *CND* apresentou um ganho de velocidade da primeira leitura para a segunda maior que o observado da segunda leitura para a terceira. Já para a *CCD* houve a mesma razão de ganho de velocidade da primeira leitura para a segunda e da segunda para a terceira. O segundo estudo reforça a percepção acima, revelando um aumento estatisticamente significativo na velocidade da primeira leitura para a segunda, fato não observado da segunda leitura para a terceira. Tais resultados apontam que a inclusão de mídias multissensoriais facilitaram o processo de leitura e que o efeito da repetição não foi causador desse aumento na velocidade.

De acordo com dos Santos [2019], as medidas de fluência (palavras lidas por minuto - ppm) em leitura nos escolares do 2º ao 5º ano do Ensino Fundamental é de 70,6ppm para os escolares do 2º ano. Para o 3º ano é de 84,9ppm, para o 4º ano é de 116,5ppm e para o 5º ano é de 137,0ppm. A fluência da primeira leitura de *CCD* foi de 64,33ppm, passando para 74,33ppm na segunda leitura e terminando em 83,91ppm na terceira leitura, chegando bem próximo da média de fluência indicada por dos Santos [2019] para escolares do 3º ano.

De acordo com Mousinho et al. [2009], a precisão e velocidade de leitura, apesar de não serem suficientes para garantir a interpretação desejada de textos, favorecem muito a possibilidade de compreensão. Com isso podemos relacionar a melhora obtida na interpretação do texto ao aumento da velocidade de leitura. Esse fato é reforçado quando consideramos a variação no perfil de fixações e sacadas conforme visto na Seção VI.4.3 que, segundo [Fernandes, 2014], são um indicativo de uma área maior de extração de informação e, conseqüentemente, maior fluência na leitura. Os ganhos de velocidade e compreensão estatisticamente significativos quando adicionadas mídias multissensoriais (diferentemente da repetição da leitura), indicam que as mídias multissensoriais promoveram um contexto na formação da memória, facilitando sua recuperação, diminuindo a sobrecarga na memória de trabalho necessária para a leitura e, auxiliando assim, o indivíduo com dislexia a ganhar automatismo e melhorar sua compreensão do texto.

Considerando os dados relativos a motivação pela leitura, os resultados obtidos nos dois estudos indicam que o uso do livro multissensorial atuou como fator motivador para a leitura. Em ambos os estudos houve um aumento na motivação intrínseca, sendo esse ganho estatisticamente significativo no segundo estudo. Esse aumento da motivação intrínseca pode ter se dado pela perspectiva e pela curiosidade de quais efeitos poderiam surgir durante a leitura multissensorial. A motivação

extrínseca e a motivação geral, que é a soma das motivações intrínseca e extrínseca, não obtiveram aumento significativo. De acordo com os achados de [Wang and Guthrie, 2004; Meece and Miller, 1999], estas variações de motivação podem ter contribuído para o ganho de compreensão. Tais estudos sugerem que, embora a motivação extrínseca esteja associada positivamente com notas de avaliação da leitura, é menos provável que influencie significativamente na compreensão do texto, como ocorre em escolares com predominância de motivação intrínseca.

Com os resultados obtidos concluímos que o uso de mídias multissensoriais associadas à leitura é um importante fator para aumento da motivação intrínseca de leitura e para o aumento da compreensão de texto. Ainda, que o uso do *MBook* pode ser uma ferramenta terapêutica importante para o tratamento de escolares com dislexia.

Capítulo VII Conclusão

Aumentar o interesse dos jovens pela leitura é uma prioridade para os educadores em todo o mundo. Para tanto, estudos publicados na literatura propuseram incorporar conteúdo adicional a *e-books*, como áudio, imagens e *feedback* tátil. Até onde sabemos, nenhum estudo até o momento apresentou o uso de mídias multissensoriais como aromas e luzes sincronizados com o texto que está sendo lido. Com base em trabalhos anteriores [Guedes, 2018; Vieira et al., 2018] e buscando resolver essa deficiência, este trabalho apresentou o *MBook*, uma solução para a criação de livros multissensoriais.

O *MBook* permite ao autor criar um livro multissensorial, desacoplando o conteúdo textual do livro da lógica da experiência multissensorial. Dessa forma, permite que os autores se concentrem na história e marquem os locais da história em que uma mídia multissensorial pode ser apresentada. Produtores de conteúdo, por outro lado, podem explorar histórias existentes para aumentar a experiência do leitor, incluindo conteúdo multimídia tradicional e efeitos sensoriais.

A arquitetura desenvolvida para o *MBook* permite uma sincronização fina por incorporar um rastreador ocular. Além disso, a arquitetura dissocia o tipo de mídia multissensorial usada, permitindo que novos *players* de mídias diferentes sejam adicionados ao *MBook*, apenas definindo como se comunicar com eles. Embora o trabalho seja exploratório e os resultados de avaliação limitados pelo tamanho da amostra relativamente reduzido, eles indicam que o *MBook* tem uma boa usabilidade. Os usuários relataram que era confortável ler e navegar no *MBook*. Além disso, os usuários apreciaram a leitura com a inclusão de mídias multissensoriais.

Como objetivo primário, este trabalho se propôs a avaliar o potencial do uso livros multissensoriais para a diminuição da sobrecarga na memória de trabalho por indivíduos com dislexia. Assim, eram esperadas uma melhora na compreensão e velocidade de leitura com a inclusão das mídias multissensoriais. Como objetivo secundário, este trabalho se propôs a avaliar o uso de livros multissensoriais como fator motivador para a leitura. Para avaliar estas hipóteses foram realizados dois estudos. O primeiro estudo consistiu na comparação de dois estudos de caso individuais com duas escolares do sexo feminino, do terceiro ano do ensino fundamental da rede particular de ensino, ambas com 9 anos idade, sendo uma delas com dislexia. O segundo estudo consistiu em um estudo de caso coletivo com cinco escolares de 8 a 11 anos de idade, entre a terceira e quarta série do ensino fundamental, da rede privada e pública de ensino, de ambos os sexos, sendo todos eles

com dislexia. A comparação entre os estudos de caso individuais permitiu verificar a diferença do efeito produzido pela inclusão de mídias multissensoriais em um indivíduo com dislexia comparado a um sem dislexia. Já o estudo do caso coletivo permitiu investigar os efeitos da inclusão de mídias multissensoriais sobre um conjunto maior de indivíduos com dislexia dando significância estatística aos resultados obtidos no primeiro estudo.

Os resultados de ambos os estudos apontam a viabilidade do uso do *MBook* como uma ferramenta terapêutica importante para o tratamento de escolares com dislexia. Foi observado um ganho maior na compreensão do texto com a inserção das mídias multissensoriais do que o observado pela simples repetição da leitura. Em conjunto com o ganho na compreensão, foi observado que a inclusão de mídias multissensoriais também influenciaram na velocidade de leitura. Tais resultados são suportados por estudos publicados na literatura que indicam que melhorias na compreensão e aumentos na velocidade de leitura estão relacionados. Com isso podemos relacionar a melhora obtida na interpretação do texto ao aumento da velocidade de leitura. Ambos os ganhos indicam que as mídias multissensoriais promoveram um contexto na formação da memória, facilitando sua recuperação, diminuindo a sobrecarga na memória de trabalho necessária para a leitura. Assim, auxiliando o indivíduo com dislexia a ganhar automatismo e melhorar sua compreensão do texto. Os resultados obtidos apontam ainda que o uso de mídias multissensoriais associadas à leitura é um importante fator para aumento da motivação intrínseca de leitura.

VII.1 Contribuições

Por meio de dois estudos, houve a corroboração da hipótese de que a leitura multissensorial ajuda na diminuição da sobrecarga na memória de trabalho por indivíduos com dislexia, favorecendo a compreensão do texto lido. Tal impacto foi observado por meio da diminuição do tempo de leitura do texto estatisticamente significativa quando da inserção de mídias multissensoriais, não sendo o mesmo resultado observado com a simples repetição da leitura. Tal resultado, suportado por estudos publicados na literatura, aponta para um aumento no automatismo da leitura. Houve também um aumento da qualidade das respostas às perguntas relativas a história lida, indicando um aumento da compreensão do texto lido. O aumento observado quando da inserção de mídias multissensoriais possui significância estatística, resultado não observado com a simples repetição da leitura.

Houve também a corroboração do impacto positivo de livros multissensoriais na motivação pela leitura. Esse resultado foi obtido pela comparação da motivação pela leitura antes e depois do uso do *MBook*. Em ambos os estudos a motivação intrínseca pela leitura foi maior depois da leitura multissensorial com o *MBook*, sendo essa variação estatisticamente significativa no segundo estudo.

Este trabalho realizou uma extensão da proposta apresentada em [Vieira et al., 2018] para leitura

de livros multissensoriais, por meio da construção da ferramenta *MBook*. Tal extensão apresentou uma arquitetura para a armazenamento e execução de livros multissensoriais, acrescentou um dispositivo rastreador ocular para a sincronização de mídias multissensoriais com a leitura, realizou a separação da descrição da experiência de leitura multissensorial de sua execução, seguindo uma abordagem declarativa e definiu um modelo para anotação do conteúdo textual de livros de forma a indicar sua melhor disposição na tela, quando considerado o uso em conjunto com o dispositivo rastreador ocular, e as mídias a serem executadas em um dado momento.

Além disso, este trabalho avaliou a usabilidade e a imersão promovida pela leitura utilizando a ferramenta *MBook*, por escolares na faixa de 15 a 17 anos. A avaliação indicou uma boa usabilidade do *MBook* e que o controle da aplicação somente com a posição dos olhos foi percebida como confortável pelos usuários.

Por fim, é importante ressaltar que as contribuições de uma arquitetura para o armazenamento e execução de livros multissensoriais e o uso do rastreador ocular para sincronização de conteúdo com a leitura são parcialmente discutidas no artigo:

Silva, E. P., Amorim, G. F., and Santos, J. A. F. d. (2019). Adding temporal semantic to textual media objects with eye tracking technology. In Proceedings of the 25th Brazillian Symposium on Multimedia and the Web, WebMedia '19, page 217–220.

VII.2 Limitações

Os experimentos apresentados no Capítulo VI foram compostos pelas etapas descritas na Figura VI.2. Nos Estudos 1 e 2 essas etapas foram realizadas no mesmo dia para garantir que os participantes realizassem o experimento por completo.

Conforme apresentado, foram avaliadas a motivação pela leitura, a compreensão do texto e a quantidade de palavras lidas por minuto. Os resultados obtidos em ambos os estudos indicaram que houve um aumento na motivação intrínseca pela leitura pelos participantes, um aumento na compreensão do texto e na quantidade de palavras lidas por minuto. No entanto, como as etapas do experimento foram realizadas em um mesmo dia, existe a possibilidade do experimento ter sido cansativo para alguns participantes influenciando os resultados de motivação. Da mesma forma, como as três leituras foram realizadas no mesmo dia, os resultados de compreensão podem ter sofrido influência pela repetição da leitura de forma não espaçada da história.

Devido a pandemia do COVID-19 não foi possível realizar o experimento com uma amostra maior de voluntários com dislexia e também não foi possível formar um grupo de voluntários sem dislexia. Como a amostra de *CND* seria pareada com a amostra de *CCD*, o cronograma deste trabalho previa a captação e execução dos experimentos primeiro com *CCD* para então depois

captar os voluntários de *CND* baseado no perfil de idade, escolaridade, gênero e instituição de ensino dos voluntários com dislexia que realizaram o experimento integralmente.

A falta de um grupo *CND* inviabilizou a discussão de resultados estatísticos para a análise da influência de livros multissensoriais para crianças sem dislexia, visto que o Estudo 1 indicou que a criança sem dislexia também obteve ganho na compreensão do texto e na motivação intrínseca. Com a realização de mais testes seria possível investigar se o que aumentou a motivação foi a história (texto) que era interessante, se foi devido ao uso do rastreador que era divertido ou se os efeitos de mídia no ambiente que eram legais.

Por fim, no experimento de avaliação da usabilidade do *MBook* houve uma avaliação baixa para a dimensão de imersão. De acordo com os relatos dos participantes a expectativa de ocorrer um efeito de mídia no ambiente ao seu redor durante algum momento da leitura pode ter influenciado na não imersão. A realização de mais testes seria importante para verificar se essa antecipação causou prejuízo na imersão.

VII.3 Trabalhos Futuros

Como trabalho futuros podemos identificar melhorias visando facilitar a criação de livros multissensoriais. Uma melhoria nesse sentido é estudar a viabilidade de adaptação das mídias multissensoriais para qualquer *e-book*. Assim, por meio do mapeamento de palavras-chave à mídias presentes num arquivo de lógica do livro multissensorial, seria possível ativar tais efeitos sempre que tais palavras-chave fossem encontradas no texto do livro. Outra melhoria seria a criação de uma ferramenta de autoria que facilite o autor de livro multissensoriais a especificar a melhor disposição do texto a ser lido, bem como as mídias a serem executadas ao longo da leitura.

Um segundo trabalho futuro diz respeito a melhorias na implementação do *MBook*. Uma melhoria nesse sentido é permitir que o componente controlador possa identificar automaticamente novos dispositivos adicionados ao ambiente de leitura. Desta forma, novos atuadores poderiam ser associados ao *MBook* para a renderização das mídias multissensoriais. Uma outra melhoria na implementação seria colocar o texto dos livros exibidos na interface justificados à esquerda. Dessa forma facilitaria a sacada de troca de linha, pois o ponto de partida do texto de cada linha seria o mesmo.

Conforme apresentado no Capítulo VI, o *MBook* permite o armazenamento das informações obtidas pelo *eye tracker*. No capítulo em questão foi apresentada uma avaliação simplificada destas informações de forma a observar a variação do perfil de fixações e sacadas do usuário. Nessa linha, um trabalho futuro é automatizar essa análise. Ainda, pretende-se associar essa análise com o nível de interesse do usuário ao se realizar as leituras com e sem as mídias multissensoriais.

Por fim, outro trabalho futuro considera a repetição do experimento, apresentado no Capítulo VI,

em dias espaçados (dias diferentes para cada etapa do experimento), com mais participantes no grupo de crianças com dislexia e com a formação de um grupo de crianças sem dislexia, pois em decorrência da pandemia do Covid-19 houve limitação na captação de voluntários. Com novos experimentos pretendemos avaliar outras variáveis não contempladas no estudo em questão, principalmente comparando crianças com e sem dislexia.

Referências Bibliográficas

- ABD (2020). Associação brasileira de dislexia. <https://www.dislexia.org.br>. 7
- Al-Wabil, A., Meldah, E., Al-Suwaidan, A., and AlZahrani, A. (2010). Designing educational games for children with specific learning difficulties: Insights from involving children and practitioners. In *2010 Fifth International Multi-conference on Computing in the Global Information Technology*, pages 195–198. IEEE. 15
- Alam, K. M., Rahman, A. S. M. M., and Saddik, A. E. (2013). Mobile haptic e-book system to support 3d immersive reading in ubiquitous environments. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, 9(4):27. 1, 2, 3, 13, 14
- Antonio, G. D. R. (2010). Dislexia: O excesso de diagnósticos e o reflexo na vida das crianças. *Revista do SETA-ISSN 1981-9153*, 4. 7
- Association, A. (2014). *DSM-5: Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais*. Artmed Editora. 7
- Atkinson, R. C. and Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *Psychology of learning and motivation*, 2(4):89–195. xii, 8
- Baddeley, A. D., Allen, R. J., and Hitch, G. J. (2011). Binding in visual working memory: The role of the episodic buffer. *Neuropsychologia*, 49(6):1393–1400. 8
- Blascheck, T., Kurzhals, K., Raschke, M., Burch, M., Weiskopf, D., and Ertl, T. (2014). State-of-the-art of visualization for eye tracking data. In *EuroVis (STARs)*. xii, 11
- Borgstrom, L. (2011). Developing story-time: The importance of interactivity in encouraging childhood reading. *Mousaion*, 29(3):193–208. 1
- Bottos, S. and Balasingam, B. (2019). Tracking the progression of reading through eye-gaze measurements. In *22th International Conference on Information Fusion (FUSION)*, pages 1–8. 2
- Brière, N. M., Vallerand, R. J., Blais, M. R., and Pelletier, L. G. (1995). Développement et validation d’une mesure de motivation intrinsèque, extrinsèque et d’amotivation en contexte

- sportif: L'échelle de motivation dans les sports (éms). *International journal of sport psychology*. 10
- Cahill, L., Gorski, L., and Le, K. (2003). Enhanced human memory consolidation with post-learning stress: Interaction with the degree of arousal at encoding. *Learning & memory*, 10(4):270–274. 3, 55
- Carey, B. (2014). *Como Aprendemos: A Surpreendente Verdade sobre Quando, Como e por que o Aprendizado Acontece*. Elsevier Brasil. 3
- Cecotti, H. (2016). A multimodal gaze-controlled virtual keyboard. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 46(4):601–606. 34
- Deci, E. L. (1992). The relation of interest to the motivation of behavior: A self-determination theory perspective. *The role of interest in learning and development*, 44. 4
- dos Santos, J. A. F. (2016). Multimedia Document Validation Along its Life Cycle. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Computação), UFF (Universidade Federal Fluminense), Niterói, Brasil. 11
- dos Santos, L. F. (2019). Análise da evolução de fluência de leitura em alunos do 2º ao 9º ano do Ensino Fundamental. Monografia (Bacharel em Fonoaudiologia), UFMG (Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais), Minas Gerais, Brasil. 55
- Dowhower, S. L. (1987). Effects of repeated reading on second-grade transitional readers' fluency and comprehension. *Reading Research Quarterly*, pages 389–406. 9
- Duchowski, A. T. (2007). Eye tracking methodology. *Theory and practice*, 328:614. 11
- Ekhsan, H. M., Ahmad, S. Z., Halim, S. A., Hamid, J. N., and Mansor, N. H. (2012). The implementation of interactive multimedia in early screening of dyslexia. In *2012 International Conference on Innovation Management and Technology Research*, pages 566–569. IEEE. 2, 3, 15, 16, 55
- Fernandes, C. P. C. (2014). *Análise da influência da concentração na velocidade de leitura*. PhD thesis. 50, 51, 55
- Frota D'Abreu, L. C. and Marturano, E. M. (2010). Associação entre comportamentos externalizantes e baixo desempenho escolar: uma revisão de estudos prospectivos e longitudinais. *Estudos de Psicologia*, 15(1). 2
- Fu, F.-L., Su, R.-C., and Yu, S.-C. (2009). Egameflow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. *Computers & Education*, 52(1):101–112. 34, 35

- Ghinea, G., Timmerer, C., Lin, W., and Gulliver, S. R. (2014). Mulsemmedia: State of the art, perspectives, and challenges. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, 11(1s):17. 1
- Gökbulut, B. and Yeniasır, M. (2017). Analysis of children’s interest in books and their reading levels depending on the education status of family. *Quality & Quantity*, pages 1–11. 1
- Goldberg, J. H. and Wichansky, A. M. (2003). Eye tracking in usability evaluation: A practitioner’s guide. In *The Mind’s Eye*, pages 493–516. Elsevier. 11
- Gu, H., Sanchez, S., Kunze, K., and Inami, M. (2015). An augmented e-reader for multimodal literacy. In *Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers*, UbiComp/ISWC’15 Adjunct, page 353–356, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery. 14
- Guedes, G. P. (2018). Multisensorial books: improving readers’ quality of experience. In *2018 XIII Latin American Conference on Learning Objects and Technology (LACLO)*. 1, 57
- Habib, M. (2000). The neurological basis of developmental dyslexia: an overview and working hypothesis. *Brain*, 123(12):2373–2399. 2, 9
- Heikkilä, J., Alho, K., Hyvönen, H., and Tiippana, K. (2015). Audiovisual semantic congruency during encoding enhances memory performance. *Experimental Psychology*, 62(2):123–130. 2
- Hidi, S. (2000). An interest researcher’s perspective: The effects of extrinsic and intrinsic factors on motivation. In *Intrinsic and extrinsic motivation*, pages 309–339. Elsevier. 4
- Kast, M., Meyer, M., Vögeli, C., Gross, M., and Jäncke, L. (2007). Computer-based multisensory learning in children with developmental dyslexia. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 25(3-4):355–369. 2, 3, 15, 16, 55
- Lin, J.-M., Chiou, C. W., Lee, C.-Y., and Hsiao, J.-R. (2016). Supporting physical agents in an interactive e-book. In *Genetic and Evolutionary Computing*, pages 243–252. Springer International Publishing. 1, 13, 14
- Martinelli, S. and Sisto, F. (2011). Escala para avaliação da motivação escolar (eame-ij). *São Paulo: Casa do Psicólogo (no prelo)*. 41
- Meece, J. L. and Miller, S. D. (1999). Changes in elementary school children’s achievement goals for reading and writing: Results of a longitudinal and an intervention study. *Scientific Studies of Reading*, 3(3):207–229. 4, 56

- Mousinho, R., Mesquita, F., Leal, J., Pinheiro, L., et al. (2009). Compreensão, velocidade, fluência e precisão de leitura no segundo ano do ensino fundamental. 55
- Nie, N. H., Bent, D. H., and Hull, C. H. (1975). *SPSS: Statistical package for the social sciences*, volume 227. McGraw-Hill New York. 51
- Pelletier, L. G., Tuson, K. M., Fortier, M. S., Vallerand, R. J., Briere, N. M., and Blais, M. R. (1995). Toward a new measure of intrinsic motivation, extrinsic motivation, and amotivation in sports: The sport motivation scale (sms). *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 17(1):35–53. 10
- Pohradský, P., Londák, J., and Čačíková, M. (2010). Application of ict in pre-school education. In *Proceedings ELMAR-2010*, pages 159–162. IEEE. 15
- Ribeiro, P., Michel, A., Iurgel, I., Ressel, C., Sylla, C., and Müller, W. (2018). Designing a smart reading environment with and for children. In *Proceedings of the Twelfth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEI '18, page 88–93, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery. 1, 13, 14
- Ribeiro, P., Sylla, C. M. S. M. S., Iurgel, I. A., Müller, W., and Ressel, C. (2017). Streen: designing smart environments for story reading with children. 1, 2, 13, 14, 15
- Rochelle, K. S. and Talcott, J. B. (2006). Impaired balance in developmental dyslexia? a meta-analysis of the contending evidence. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(11):1159–1166. 2
- Rodrigues, S. d. D. and Ciasca, S. M. (2016). Dislexia na escola: identificação e possibilidades de intervenção. *Revista Psicopedagogia*, 33(100):86–97. 7, 8
- Rotta, N. T., Ohlweiler, L., and dos Santos Riesgo, R. (2016). *Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar*. Artmed Editora. 8
- Ryan, R. M. and Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary educational psychology*, 25(1):54–67. xii, 9, 10
- Samulski, D. (1992). *Psicologia do esporte: teoria e aplicação prática*. Escola de Educação Física, Univ. Federal de Minas Gerais. 9
- Sanchez, S., Dingler, T., Gu, H., and Kunze, K. (2016). Embodied reading: A multisensory experience. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '16, page 1459–1466, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery. 1, 13, 14

- Sánchez-Azqueta, C., Gimeno, C., Celma, S., and Aldea, C. (2016). Enhanced ebooks in the teaching/learning process of electronics. In *2nd. International conference on higher education advances*, pages 84–91. 1, 13, 14
- Shams, L. and Seitz, A. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11):411–417. 2
- Sidhu, M. S. and Manzura, E. (2010). A multisensory multimedia model to support dyslexic children in learning. In *2010 International Conference on Signal Processing and Multimedia Applications (SIGMAP)*, pages 193–202. IEEE. 2
- Silva, E. P., Amorim, G. F., and Santos, J. A. F. d. (2019). Adding temporal semantic to textual media objects with eye tracking technology. In *Proceedings of the 25th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, WebMedia '19*, page 217–220, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery. 19
- Smith, K. (2018a). *Esqueceram de mim - Coleção Pipoquinha*. Intrínseca, Rio de Janeiro, Brasil. 36
- Smith, K. (2018b). *E.T. - O Extraterrestre - Coleção Pipoquinha*. Intrínseca, Rio de Janeiro, Brasil. 32
- Sorden, S. D. (2012). The cognitive theory of multimedia learning. mohave community college/northern arizona university. pages 1–31. 9
- Spence, C. (2020). The multisensory experience of handling and reading books. *Multisensory Research*, pages 1 – 27. 1
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 3(2):19–30. 9
- (US), N. R. P., of Child Health, N. I., (US), H. D., Initiative, N. R. E., for Literacy (US), N. I., Service, U. S. P. H., and of Health, U. S. D. (2000). *Report of the National Reading Panel: Teaching children to read: An evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction: Reports of the subgroups*. National Institute of Child Health and Human Development, National 9
- van der Vlist, B., Bartneck, C., and Mäueler, S. (2011). mobeat: Using interactive music to guide and motivate users during aerobic exercising. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 36(2):135–145. 10

- Vieira, N., Pinto, A., Silva, F., Okuno, H., Amorim, I., Ramos, T., Haddad, D., Amorim, G., Guedes, G. P., and dos Santos, J. (2018). Evaluating the influence of mulsemmedia content in reading. In *Proceedings of the 24th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*, pages 133–136. ACM. 1, 3, 5, 14, 15, 57, 58
- Wang, J. H.-Y. and Guthrie, J. T. (2004). Modeling the effects of intrinsic motivation, extrinsic motivation, amount of reading, and past reading achievement on text comprehension between us and chinese students. *Reading research quarterly*, 39(2):162–186. 4, 56
- Yuan, Z., Ghinea, G., and Muntean, G.-M. (2015). Beyond multimedia adaptation: Quality of experience-aware multi-sensorial media delivery. *IEEE Transactions on Multimedia*, 17(1):104–117. 1

Apêndice A Escala para Avaliação da Motivação Escolar Infantojuvenil (EAME-IJ)

A Escala para Avaliação da Motivação Escolar Infantojuvenil (EAME-IJ) foi utilizada de base para a criação do questionário de avaliação de motivação pela leitura utilizado nos estudos 1 e 2 no experimento de avaliação da influência das mídias multissensoriais do Capítulo VI.

1. (MI) Quando eu estou melhorando no meu trabalho escolar, eu me esforço mais.
2. (MI) Eu sou inteligente o suficiente para passar de ano.
3. (ME) Eu vou à escola porque meus pais me obrigam.
4. (ME) Eu só faço as tarefas para que o professor não fique bravo comigo.
5. (MI) Sinto vontade de estudar porque gosto de aprender.
6. (ME) Eu me esforço mais durante a aula só para ganhar um prêmio.
7. (ME) Eu me esforço porque eu quero que a professora preste atenção em mim.
8. (MI) Eu leio para aprender coisas novas.
9. (ME) Eu só estudo para ser o melhor da classe.
10. (MI) Eu me saio bem nas provas que eu faço na escola porque eu gosto de estudar.
11. (MI) Quanto mais difícil o trabalho escolar, mais eu me esforço para fazê-lo.
12. (ME) Eu só estudo para poder passar de ano.
13. (ME) Eu só gosto de ser um bom aluno para ser admirado pelo meus amigos.
14. (ME) Eu me esforço bastante na escola para ganhar presente dos meus pais.
15. (ME) Na escola eu trabalho melhor quando sou elogiado.
16. (MI) Eu me esforço na escola porque gosto de estudar.
17. (ME) Ganhar presentes me faria estudar mais.

18. (MI) Eu quero fazer o melhor possível meu trabalho escolar.
19. (MI) Eu estudo em casa o que o professor ensinou para saber mais.
20. (MI) Eu me sinto feliz quando vejo que estou melhorando na escola.

Apêndice B Questionário de compreensão

O questionário de compreensão (Figura C.1) foi utilizado nos estudos 1 e 2 ao final de cada leitura do experimento de avaliação da influência das mídias multissensoriais do Capítulo VI.

Marque de 1 a 5 o quão correta está a resposta sendo 1 totalmente incorreta e 5 totalmente correta

Q1. Elliot ouviu um barulho vindo do depósito mas percebeu que não era um coiote. Por quê?

R: As pegadas não pareciam ser de coiotes. Sem falar que coiotes não brincam

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Q2. Quando as crianças foram para a escola e a mãe de Elliot foi trabalhar, o E.T ficou sozinho em casa. O que o E.T. fez enquanto estava sozinho?

R: Primeiro fez amizade com a fauna local. Depois foi procurar alguma coisa para comer. Ele encontrou um brinquedo divertido e uma história legal para ler.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Q3. Elliot encontrou uma caixa cheia de coisas que o E.T. havia juntado e quando foi pegar uma lâmina de serra acabou se cortando. Como o E.T. ajudou Elliot?

R: O dedo do E.T. começou a brilhar. Ele encostou no dedo de Elliot... e o

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Q4. O dia do Halloween era o momento certo para levar o E.T para a floresta para testar o rádio. Como Elliot e o E.T. chegaram na floresta?

R: Elliot se afastou das crianças que pediam doces, colocou o E.T. na bicicleta e foi até a floresta. Até que ficou difícil demais de pedalar. Então o E.T. deu uma

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Q5. Os cientistas encontraram o E.T. e o colocaram em uma caixa. Como o E.T. conseguiu escapar e voltar para a sua casa?

R: Com a ajuda de seus amigos, deram um jeito de sair de casa com o E.T. e juntos fugiram para a floresta. O E.T. usou os seus poderes e fez todos os meninos voarem! Uma nave espacial enorme estava na floresta. O E.T. fez a

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Figura B.1: Questionário de avaliação da compreensão.

Apêndice C Questionário de motivação pela leitura

O questionário de motivação pela leitura (Figura ??) foi utilizado nos estudos 1 e 2 antes da primeira leitura e após a terceira leitura do experimento de avaliação da influência das mídias multissensoriais do Capítulo VI.

Escala para Avaliação da Motivação da Leitura Infantojuvenil (Adaptado de EAME-IJ)
Folha de Respostas

		Sempre	Às vezes	Nunca	
1	MI	Quando eu estou melhorando na leitura, eu me esforço mais.			
2	ME	Eu leio porque meus pais me obrigam.			
3	ME	Eu só leio para que o professor não fique bravo comigo.			
4	MI	Sinto vontade de ler porque gosto de aprender.			
5	ME	Eu me esforço mais para ler só para ganhar um prêmio.			
6	ME	Eu me esforço para ler porque eu quero que a professora preste atenção em mim.			
7	MI	Eu leio para aprender coisas novas.			
8	MI	Quanto mais difícil o texto, mais eu me esforço para ler.			
9	ME	Na escola eu leio melhor quando sou elogiado.			
10	ME	Ganhar presentes me faria ler mais.			
11	MI	Eu leio em casa o que o professor ensinou para saber mais.			
12	MI	Eu me sinto feliz quando vejo que estou melhorando na leitura.			

Figura C.1: Questionário de avaliação da motivação pela leitura.

Apêndice D Dados brutos dos experimentos

D.0.1 Usabilidade do *MBook*

A Figura D.1 mostra os dados brutos do experimento de usabilidade do *MBook*.

Sexo	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	A1	A2	A3	A4	A5	E1	E2	E3	I1	I2	I3	I4	I5
F	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F	4	1	5	3	5	1	5	1	5	2	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	3
F	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F	5	2	5	2	5	1	5	1	5	2	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5
F	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5
M	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
M	4	1	5	1	4	1	5	1	5	2	3	5	5	5	5	5	5	5	4	5	3	4	4
M	5	1	5	1	5	1	5	1	3	2	5	5	5	5	5	5	5	5	2	4	5	3	2
M	4	2	5	2	4	2	5	2	3	3	3	5	5	4	5	3	4	4	4	5	4	3	3
M	4	1	5	4	5	1	5	1	4	1	4	5	5	5	3	5	5	4	5	5	2	1	5
F	5	2	5	2	4	2	4	1	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
M	3	1	5	1	4	1	4	1	4	1	4	5	5	4	4	3	5	4	4	2	4	4	3
M	4	1	5	1	4	2	5	1	5	1	4	5	5	5	5	4	3	5	5	5	1	5	5

Figura D.1: Dados brutos do experimento de usabilidade do *MBook*.

As questões do SUS foram as seguintes:

- (Q1) Eu acho que gostaria de usar esse livro com frequência.
- (Q2) Eu achei o livro mais complexo do que o necessário.
- (Q3) Eu achei o livro fácil de usar.
- (Q4) Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o livro.
- (Q5) Eu acho que as várias funções do livro estão muito bem integradas.
- (Q6) Eu acho que o livro apresenta muita inconsistência.
- (Q7) Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse livro rapidamente.
- (Q8) Eu achei o livro complicado de usar.
- (Q9) Eu me senti confiante ao usar o livro.
- (Q10) Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o livro.

As demais questões sobre aparência, mídias multissensoriais e imersão foram as seguintes:

- (A1) O design do livro é atraente.
- (A2) As fontes (tamanho e estilo) utilizadas no livro são legíveis.
- (A3) A disposição do texto na tela é confortável para a leitura.
- (A4) Os botões de passagem de página estão bem posicionados.
- (A5) Eu fiquei confortável em utilizar somente os olhos para realizar as transições de página.
- (E1) Os efeitos estão sincronizados à leitura.
- (E2) A quantidade de efeitos é adequada.
- (E3) Os efeitos estão compatíveis com a história.
- (I1) De um modo geral, posso permanecer concentrado na leitura.
- (I2) Eu não percebi o tempo passando enquanto estava lendo.
- (I3) Eu fiquei sem saber o que acontecia ao meu redor enquanto lia.
- (I4) O livro me deixou imerso.
- (I5) Eu me senti emocionalmente envolvido com o livro.

D.0.2 Influência da mídias multissensoriais

A Figura D.2 mostra os dados brutos do estudo 1 onde foi realizado um comparativo entre dois estudos de caso individuais com uma criança com dislexia (CCD) e outra sem dislexia (CND).

A Figura D.3 mostra os dados brutos do estudo 2 onde foi realizado um estudo de caso coletivo com cinco crianças com dislexia.

Os itens M1 a M12 são referentes ao questionário de motivação pela leitura, os itens Q1 a Q5 referentes ao questionário de avaliação de compreensão e T1, T2 e T3 refere-se ao tempo, em minutos, levado para ler uma história com 965 palavras.

Questionário	Item	CCD	CND
Geral	Idade	9	9
Geral	Gênero	F	F
Geral	Série	3	3
Geral	Instituição	Privada	Privada
Motivação Inicial	M1	Sempre	Às vezes
Motivação Inicial	M2	Nunca	Às vezes
Motivação Inicial	M3	Às vezes	Nunca
Motivação Inicial	M4	Às vezes	Às vezes
Motivação Inicial	M5	Sempre	Nunca
Motivação Inicial	M6	Nunca	Sempre
Motivação Inicial	M7	Sempre	Às vezes
Motivação Inicial	M8	Sempre	Às vezes
Motivação Inicial	M9	Sempre	Às vezes
Motivação Inicial	M10	Sempre	Às vezes
Motivação Inicial	M11	Sempre	Nunca
Motivação Inicial	M12	Sempre	Sempre
1ª Avaliação	Q1	2	5
1ª Avaliação	Q2	4	5
1ª Avaliação	Q3	4	4
1ª Avaliação	Q4	4	4
1ª Avaliação	Q5	4	1
1º Tempo	T1	15	7,5
2ª Avaliação	Q1	2	5
2ª Avaliação	Q2	5	5
2ª Avaliação	Q3	5	4
2ª Avaliação	Q4	5	5
2ª Avaliação	Q5	5	2
2º Tempo	T2	13	6,5
3ª Avaliação	Q1	2	5
3ª Avaliação	Q2	5	5
3ª Avaliação	Q3	5	5
3ª Avaliação	Q4	5	5
3ª Avaliação	Q5	5	2
3º Tempo	T3	11,5	6,5
Motivação Final	M1	Sempre	Às vezes
Motivação Final	M2	Nunca	Às vezes
Motivação Final	M3	Sempre	Nunca
Motivação Final	M4	Sempre	Às vezes
Motivação Final	M5	Sempre	Nunca
Motivação Final	M6	Nunca	Às vezes
Motivação Final	M7	Sempre	Às vezes
Motivação Final	M8	Sempre	Às vezes
Motivação Final	M9	Sempre	Nunca
Motivação Final	M10	Sempre	Nunca
Motivação Final	M11	Sempre	Às vezes
Motivação Final	M12	Sempre	Sempre

Figura D.2: Dados brutos do Estudo 1.

Questionário	Item	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5
Geral	Idade	9	10	9	11	10
Geral	Sexo	F	M	F	F	F
Geral	Série	3	4	4	4	2
Geral	Instituição	Privada	Pública	Pública	Pública	Pública
Motivação Inicial	M1	Sempre	Sempre	Às vezes	Nunca	Sempre
Motivação Inicial	M2	Nunca	Às vezes	Às vezes	Às vezes	Às vezes
Motivação Inicial	M3	Às vezes	Às vezes	Nunca	Nunca	Nunca
Motivação Inicial	M4	Às vezes	Às vezes	Às vezes	Sempre	Sempre
Motivação Inicial	M5	Sempre	Nunca	Nunca	Nunca	Às vezes
Motivação Inicial	M6	Nunca	Sempre	Nunca	Nunca	Às vezes
Motivação Inicial	M7	Sempre	Sempre	Sempre	Sempre	Às vezes
Motivação Inicial	M8	Sempre	Sempre	Às vezes	Sempre	Sempre
Motivação Inicial	M9	Sempre	Às vezes	Às vezes	Nunca	Às vezes
Motivação Inicial	M10	Sempre	Às vezes	Nunca	Nunca	Às vezes
Motivação Inicial	M11	Sempre	Às vezes	Às vezes	Sempre	Às vezes
Motivação Inicial	M12	Sempre	Sempre	Sempre	Sempre	Sempre
1ª Avaliação	Q1	2	2	2	4	2
1ª Avaliação	Q2	4	1	1	4	3
1ª Avaliação	Q3	4	3	3	3	1
1ª Avaliação	Q4	4	1	3	1	3
1ª Avaliação	Q5	4	3	3	4	2
1º Tempo	T1	15	26	39	12	16
2ª Avaliação	Q1	2	3	2	4	1
2ª Avaliação	Q2	5	1	4	5	1
2ª Avaliação	Q3	5	3	1	4	1
2ª Avaliação	Q4	5	4	1	2	4
2ª Avaliação	Q5	5	4	5	4	2
2º Tempo	T2	13	23,5	37	9	16
3ª Avaliação	Q1	2	3	4	4	2
3ª Avaliação	Q2	5	1	4	5	4
3ª Avaliação	Q3	5	3	4	5	5
3ª Avaliação	Q4	5	4	4	2	5
3ª Avaliação	Q5	5	4	4	5	5
3º Tempo	T3	11,5	22	36,5	7	17
Motivação Final	M1	Sempre	Sempre	Às vezes	Sempre	Sempre
Motivação Final	M2	Nunca	Nunca	Às vezes	Nunca	Às vezes
Motivação Final	M3	Sempre	Sempre	Nunca	Nunca	Nunca
Motivação Final	M4	Sempre	Sempre	Sempre	Sempre	Sempre
Motivação Final	M5	Sempre	Sempre	Às vezes	Nunca	Às vezes
Motivação Final	M6	Nunca	Sempre	Nunca	Nunca	Nunca
Motivação Final	M7	Sempre	Sempre	Sempre	Às vezes	Sempre
Motivação Final	M8	Sempre	Sempre	Sempre	Sempre	Sempre
Motivação Final	M9	Sempre	Sempre	Nunca	Nunca	Às vezes
Motivação Final	M10	Sempre	Às vezes	Nunca	Nunca	Às vezes
Motivação Final	M11	Sempre	Sempre	Nunca	Sempre	Sempre
Motivação Final	M12	Sempre	Sempre	Sempre	Sempre	Sempre

Figura D.3: Dados brutos do Estudo 2.