

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Coordenação de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Mensuração de Habilidades Cognitivas Predictoras do
Desenvolvimento de Leitura em Crianças através de
Jogos Educacionais para Dispositivos Móveis

Jucelio Soares dos Santos

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em
Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande -
Campus I como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau
de Mestre em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Ciência da Computação

Linha de Pesquisa: Computação e Educação

Dalton Dario Serey Guerrero e Jorge César Abrantes de Figueiredo

(Orientadores)

Campina Grande, Paraíba, Brasil

©Jucelio Soares dos Santos, Julho de 2017

DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S237m

Santos, Jucelio Soares dos.

Mensuração de habilidades cognitivas predictoras do desenvolvimento de leitura em crianças através de jogos educacionais para dispositivos móveis / Jucelio Soares dos Santos. – Campina Grande, 2017.

121 f. : il, color.

Dissertação (Mestrado Ciência da Computação) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, 2017.

"Orientação: Prof. Dr. Dalton Dario Serey Guerrero, Prof. Dr. Jorge César Abrantes de Figueiredo".

Referências.

1. Leitura - Dislexia. 2. Jogo - Teoria de Resposta ao Item. 3. Teste Adaptativo Informatizado. I. Guerrero, Dalton Dario Serey. II. Figueiredo, Jorge César Abrantes de. III. Título.

CDU 004.02(043)

**"MENSURAÇÃO DE HABILIDADES COGNITIVAS PREDITORAS DO
DESENVOLVIMENTO DE LEITURA EM CRIANÇAS ATRAVÉS DE JOGOS
EDUCACIONAIS PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS"**

JUCELIO SOARES DOS SANTOS

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 07/07/2017


DALTON DARIO SEREY GUERRERO, Dr., UFCG
Orientador(a)


JORGE CESAR ABRANTES DE FIGUEIREDO, Dr., UFCG
Orientador(a)


JOSEANA MACÊDO FECHINE RÉGIS DE ARAÚJO, Dra., UFCG
Examinador(a)


YUSKA PAOLA COSTA AGUIAR, Dra., UFPB
Examinador(a)

CAMPINA GRANDE - PB

Resumo

Devido à deficiência na prática de rastreio da dislexia nas escolas e à carência de recursos informatizados válidos para tal uso, a presente pesquisa teve como objetivo melhorar a capacidade de triagem de crianças em tarefas preditoras da leitura. Para tanto, foi concebido, desenvolvido e analisado um teste com abordagem de jogo adaptado de um instrumento psicométrico construído e validado no Brasil. O jogo desenvolvido é administrado por um algoritmo de seleção adaptativa de itens e avalia as habilidades de aliteração, segmentação, memória visual e rima por meio da Teoria de Resposta ao Item. O trabalho apresenta um experimento a fim de verificar se a escala proposta, o banco de itens e o algoritmo utilizados consegue distinguir crianças com fraca/forte habilidade em tarefas preditoras da leitura. Como resultado, o jogo permitiu a economia de tempo, facilidade de reprodução, bem como obteve resultados mais precisos da habilidade das crianças, identificando as que possui limitações na leitura.

Palavras-chave: Leitura, Dislexia, Jogo, Teoria de Resposta ao Item, Teste Adaptativo Informatizado.

Abstract

Due to the deficiency in the practice of screening for dyslexia in schools and the lack of computerized resources valid for the use of such, the present research aimed to improve the capacity for screening children in predictive reading tasks. For that, a test with game approach adapted from a psychometric instrument constructed and validated in Brazil was conceived, developed and analyzed. The developed game is administered by an adaptive selection algorithm and evaluates alliteration, segmentation, visual memory, and rhyming skills through Item Response Theory. This work presents an experiment in order to verify whether a proposed scale, the items bank and the algorithm can distinguish children with weak/strong ability. As a result, the game allowed time savings, reproduction facility, as well as more accurate results of children's abilities, identifying them as having limitations in reading.

Keywords: Reading, Dyslexia, Game, Item Response Theory, Computerized Adaptive Test.

Agradecimentos

A Deus, por permitir ser quem sou, da maneira que sou.

Aos meus professores Dalton Dario Serey Guerrero, Jorge César Abrantes de Figueiredo, Carla Moita Minervino e Monilly Ramos Araújo Melo pela orientação e disponibilidade ao longo deste trabalho, contribuindo com o sucesso de minha formação acadêmica e pessoal.

Agradeço ao Laboratório de Práticas de Software e à Universidade Federal de Campina Grande pelas condições de logística para realização deste estudo. Quero agradecer ainda aos meus colegas do grupo EDUCOMP da Universidade Federal de Campina Grande pela contribuição e instruções ao longo deste trabalho.

Deixo também meu sincero agradecimento à Fundação Papel Marchê, à Secretaria de Educação de Campina Grande, ao Núcleo de Tecnologia Municipal de Campina Grande e à equipe pedagógica das escolas em que a pesquisa foi realizada.

Quero também agradecer ao meu grande amigo Sormany Silva Dantas por ter fornecido apoio logístico e pelos incentivos ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

A todos, o meu profundo agradecimento.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Contextualização do problema	1
1.2	Proposta de solução	3
1.3	Objetivos	5
1.4	Metodologia	6
1.5	Contribuições e resultados	8
1.6	Estrutura do documento	8
2	Temas e trabalhos relacionados	9
2.1	O ato de ler	9
2.2	Dificuldades e distúrbios de aprendizagem	11
2.3	Dislexia	13
2.3.1	Teoria, principais sinais e sintomas da dislexia	13
2.3.2	O processo de aquisição da leitura pelos disléxicos	14
2.3.3	Rastreamento da dislexia	16
2.4	Avaliação diagnóstica	19
2.5	Teoria clássica dos testes	20
2.5.1	Coefficiente de correlação ponto bisserial	20
2.5.2	Coefficiente alfa de cronbach	21
2.6	Teoria de resposta ao item	21
2.6.1	Curva característica do item	22
2.6.2	Modelo logístico de três parâmetros	23
2.6.3	Estimador do traço latente	24
2.6.4	Função de informação do item	25

2.7	Teste adaptativo informatizado	27
2.8	Jogos e suas possibilidades na educação	29
3	Construção do jogo	33
3.1	Análise de requisitos	33
3.1.1	Requisitos funcionais	34
3.1.2	Requisitos não funcionais	36
3.2	Modelo de análise	36
3.2.1	Perfil do usuário	37
3.2.2	Sequência de eventos do jogo	37
3.2.3	Tecnologia de suporte	38
3.3	Modelo de projeto	39
3.3.1	Diagrama de casos de uso	39
3.3.2	Interface, estrutura e navegação	39
3.4	Modelo de arquitetura	55
4	Construção do banco de itens e do algoritmo	57
4.1	Banco de itens	57
4.1.1	Elaboração dos itens	58
4.1.2	Calibração do banco de itens e construção da escala	61
4.1.3	Estimativas dos parâmetros das tarefas	62
4.2	Elaboração do algoritmo	72
4.3	Resultados e discussões	77
4.4	Conclusão	78
5	Validação do jogo	79
5.1	Design do experimento	79
5.2	Caracterização dos participantes	80
5.3	Procedimento de execução	81
5.4	Dados coletados	82
5.5	Resultados e discussões	83
5.5.1	Habilidade das crianças	83

5.5.2	Tempo de resposta das crianças	86
5.6	Conclusões	88
6	Considerações finais e sugestões para trabalhos futuros	89
6.1	Considerações finais	89
6.2	Sugestões para trabalhos futuros	90
A	Roteiro da entrevista	97
B	Termo de consentimento livre e esclarecido	100
C	Termo de assentimento	102
D	Tabela de itens calibrados	104
E	Teste de ajuste das tarefas	109
F	Curva característica dos itens	114
G	Função de informação dos itens	118

Lista de Símbolos

- ABD — *Associação Brasileira de Dislexia*
- API — *Application Programming Interface*
- CAEE — *Centro de Atendimento Educacional Especializado*
- CCI — *Curva Característica do Item*
- CEP — *Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos*
- EAP — *Expectativa a Posterior*
- GUI — *Graphical User Interface*
- IBGE — *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*
- LabNEUROKIT — *Laboratório de Neuropsicologia Cognitiva e Inovação Tecnológica*
- ML3 — *Modelo Logístico de 3 parâmetros*
- NESMEP — *Núcleo de Estudos de Saúde Mental, Educação e Psicometria*
- PNG — *Portable Network Graphics*
- SPLAB — *Laboratório de Práticas de Software*
- SUS — *Sistema Único de Saúde*
- TAI — *Testes Adaptativos Informatizados*
- TCT — *Teoria Clássica dos Testes*
- TDE — *Teste de Desempenho Escolar*
- THPL — *Teste de Habilidades Predictoras da Leitura*
- TRI — *Teoria de Resposta ao Item*
- UML — *Unified Modeling Language*

Lista de Figuras

2.1	Comparação da ativação das áreas do cérebro durante a leitura.	15
2.2	Curva característica do item 5 da tarefa aliteração.	23
3.1	Diagrama de casos de uso.	40
3.2	Blueprint do pré-jogo para usuário/aplicador.	40
3.3	Blueprint do jogo para usuário/aluno.	41
3.4	Tela principal do jogo.	42
3.5	Tela de solicitação de cadastro do jogo.	43
3.6	Tela de logim do jogo.	43
3.7	Tela de informações do jogo.	44
3.8	Tela de créditos do jogo.	44
3.9	Tela de contato do jogo.	45
3.10	Tela pós autenticação do jogo.	46
3.11	Tela de atualização dos dados pessoais.	46
3.12	Tela de identificação do aluno.	47
3.13	Tela de testes.	48
3.14	Tela inicial do teste.	48
3.15	Tela da história do jogo.	49
3.16	Tela de escolha de personagem.	49
3.17	Tela de instruções do jogo.	50
3.18	Exemplo da tarefa coordenação viso-motora.	51
3.19	Exemplo da tarefa aliteração.	51
3.20	Exemplo da tarefa segmentação.	52
3.21	Exemplo da tarefa memória visual.	52

3.22	Exemplo da tarefa rima.	53
3.23	Tela de resultados do teste.	54
3.24	Tela do desempenho individual.	54
3.25	Tela de análise de desempenho individual.	55
3.26	Arquitetura do jogo.	56
4.1	Exemplo de um item da tarefa aliteração.	58
4.2	Curva característica da tarefa aliteração, 5 primeiros itens calibrados.	64
4.3	Função de informação da tarefa aliteração, 5 primeiros itens calibrados.	64
4.4	Curva característica da tarefa segmentação, 5 primeiros itens calibrados.	66
4.5	Função de informação da tarefa segmentação, 5 primeiros itens calibrados.	66
4.6	Curva característica da tarefa memória visual, 5 primeiros itens calibrados.	68
4.7	Função de informação da tarefa memória visual, 5 primeiros itens calibrados.	68
4.8	Curva característica da tarefa rima, 5 primeiros itens calibrados.	70
4.9	Função de informação da tarefa rima, 5 primeiros itens calibrados.	70
4.10	Gráfico de frequência de itens aplicados na tarefa aliteração.	73
4.11	Gráfico de frequência de itens aplicados na tarefa segmentação.	74
4.12	Gráfico de frequência de itens aplicados na tarefa memória visual.	75
4.13	Gráfico de frequência de itens aplicados da tarefa rima.	76
5.1	Exemplo da aplicação do jogo.	82
5.2	Gráfico boxplot da habilidade das tarefas aliteração, segmentação, memória visual e rima entre os grupos.	83
5.3	Gráfico boxplot da habilidade da tarefa coordenação viso-motora entre os grupos.	84
5.4	Gráfico boxplot do tempo (s) de resposta das tarefas aliteração, segmentação, memória visual, rima e coordenação viso-motora entre os grupos.	86
F.1	Curva característica dos itens da tarefa aliteração.	114
F.2	Curva característica dos itens da tarefa segmentação.	115
F.3	Curva característica dos itens da tarefa memória visual.	116
F.4	Curva característica dos itens da tarefa rima.	117

G.1	Função de informação dos itens da tarefa aliteração.	118
G.2	Função de informação dos itens da tarefa segmentação.	119
G.3	Função de informação dos itens da tarefa memória visual.	120
G.4	Função de informação dos itens da tarefa rima.	121

Lista de Tabelas

2.1	Idade mental e nível esperado de leitura.	18
4.1	Exemplo da pré-calibração do item preto.	60
4.2	Distribuição dos participantes entre os grupos.	62
4.3	Consistência interna do instrumento.	62
4.4	Tarefa aliteração, 5 primeiros itens calibrados.	63
4.5	Tarefa aliteração, 5 primeiros itens ajustados.	63
4.6	Tarefa segmentação, 5 primeiros itens calibrados.	65
4.7	Tarefa segmentação, 5 primeiros itens ajustados.	65
4.8	Tarefa memória visual, 5 primeiros itens calibrados.	67
4.9	Tarefa memória visual, 5 primeiros itens ajustados.	67
4.10	Tarefa rima, 5 primeiros itens calibrados.	69
4.11	Tarefa rima, 5 primeiros itens ajustados.	69
4.12	Número mínimo e máximo de itens da tarefa aliteração.	73
4.13	Número mínimo e máximo de itens da tarefa segmentação.	74
4.14	Número mínimo e máximo de itens da tarefa memória visual.	75
4.15	Número mínimo e máximo de itens na tarefa rima.	76
4.16	Correlação entre a habilidade estimada pela EAP e a habilidade estimada do teste reduzido/completo em cada tarefa.	78
5.1	População em idade escolar no município de Campina Grande.	80
5.2	Número de crianças matriculadas no município de Campina Grande.	80
5.3	Análise da habilidade das tarefas aliteração, segmentação, memória visual e rima entre os grupos.	85
5.4	Análise da habilidade da tarefa coordenação viso-motora entre os grupos.	85

5.5	Análise do tempo (s) de resposta das tarefas aliteração, segmentação, memória visual, rima e coordenação viso-motora entre os grupos.	87
D.1	Estimativas finais dos parâmetros dos itens da tarefa aliteração.	105
D.2	Estimativas finais dos parâmetros dos itens da tarefa segmentação.	106
D.3	Estimativas finais dos parâmetros dos itens da tarefa memória visual.	107
D.4	Estimativas finais dos parâmetros dos itens da tarefa rima.	108
E.1	Teste de ajuste da tarefa aliteração.	110
E.2	Teste de ajuste da tarefa segmentação.	111
E.3	Teste de ajuste da tarefa memória visual.	112
E.4	Teste de ajuste da tarefa rima.	113

Capítulo 1

Introdução

Neste Capítulo é apresentada uma visão geral deste trabalho, de modo a descrever o contexto a respeito do problema, objetivo, metodologia, contribuições e resultados deste estudo.

1.1 Contextualização do problema

Ler e não saber compreender o que foi lido. Escrever, mas cometer erros constantes de ortografia. A dificuldade na leitura e na escrita é um problema comum nas escolas e tem sido reconhecida como um dos fatores que interfere no aprendizado e na autoestima do aluno. É crescente o número de estudantes que apresenta deficiência de leitura e escrita e inúmeros são os fatores para o fracasso na aquisição dessas habilidades, podendo ser gerada por dificuldades de aprendizagem ou distúrbios de aprendizagem [3].

Habitualmente, os professores confundem dificuldades de aprendizagem com distúrbios de aprendizagem. Na literatura, dificuldades de aprendizagem são problemas de origem ambiental vivenciados pelo aluno que tem dificuldades para conduzir o ritmo de aprendizagem de seus colegas da mesma idade, independentemente do fator determinante do atraso [34]. Os distúrbios de aprendizagem envolvem situações orgânicas, ou seja, o indivíduo já nasce com o distúrbio que o dificulta em seu aprendizado [9]. Entre os diversos distúrbios relacionados à leitura, destaca-se a dislexia, que pode ser definida como um déficit no processamento fonológico responsável pela dificuldade na decodificação e relação entre letras e sons [10].

Nessa realidade educacional tornou-se comum o encaminhamento de crianças aos Cen-

tros de Atendimento Educacional Especializado (CAEE) com suspeitas e até mesmo laudos médicos atestando quadros de dislexia e outros distúrbios de aprendizagem. Os CAEEs têm como objetivo, através de suas ações educacionais complementares ou suplementares, oferecer às pessoas com deficiências, condições de aprendizado que possibilite o desenvolvimento para aprender construir, crescer e conviver [14]. Porém, por intermédio de um processo de triagem no próprio CAEE, nota-se que um grande número de crianças encaminhadas apresenta limitações na leitura geradas por fatores ambientais ou metodológico — sobrecarregando o sistema público de ensino com o fenômeno denominado síndrome do encaminhamento. O professor transfere a responsabilidade a órgãos encarregados pelo atendimento educacional especializado, esperando um diagnóstico que não é condizente com a realidade educacional do aluno [61].

Tal problema é ocasionado principalmente pela formação acadêmica dos educadores que não se sentem familiarizados com o conhecimento científico sobre os processos cognitivos e neurofuncionais relacionados à leitura. Outrossim, as propostas pedagógicas que prevalecem no sistema educacional brasileiro não evidenciam e até mesmo desestimulam, durante a fase de alfabetização, a relação grafema fonema que beneficia o desenvolvimento da consciência fonológica, uma habilidade fortemente relacionada ao sucesso na aprendizagem da leitura e da escrita alfabética¹. Além disso, as escolas não possuem mecanismos pedagógicos adequados para o rastreamento dos fatores de risco da dislexia, dificultando o processo de identificação de crianças com limitações na leitura [8].

De fato, há muitas queixas e dúvidas de alunos, pais e educadores para compreender a dislexia, os seus sintomas e as devidas intervenções possíveis para tal distúrbio. Estima-se que a dislexia afeta entre 10 (dez) e 15 (quinze) por cento da população mundial [14].

Em um cenário local, constatou-se a ausência na prática de rastreio da dislexia nas escolas municipais de Campina Grande-PB, nas quais crianças são encaminhadas erroneamente à Fundação Papel Marchê², único centro responsável pelo diagnóstico no município. Em seu último relatório anual [33], a fundação mostra que apenas 12,6% das crianças encaminhadas foram diagnosticadas com suspeitas de dislexia. Entre as que não foram diagnosticadas como

¹No Brasil, as crianças adquirem a consciência silábica a partir de experiências linguísticas [26].

²Localização: Rua Giovani G. Gioia, 172 - Cruzeiro - Campina Grande- PB, 58415-640, Telefone: 83-3063-7807.

prováveis disléxicas, verificou-se a existência de outros problemas como: 3,6% com autismo, 8,4% com deficiência intelectual e 75,4% com dificuldade de aprendizagem. A fundação tem capacidade física para atender 400 pacientes. Contudo, devido aos recursos financeiros limitados pelo Sistema Único de Saúde (SUS), 253 crianças são atendidas pela fundação e outras 226 aguardam atendimento em fila de espera. Mensalmente, o SUS financia para cada paciente R\$ 206,88 com consultas médicas e atendimentos (neuropsicológicos, psicopedagógicos, fonoaudiológicos e acupuntura). Cada paciente pode passar até no máximo 2 (dois) anos na fundação para receber um laudo contendo informações sobre como lidar com a limitação pedagógica. Ao final do atendimento, o SUS pode financiar para cada paciente um valor de R\$ 4.965,12.

Quando se rotula uma criança com alguma enfermidade (seja a dislexia ou outro distúrbio de aprendizagem), para justificar o seu mau desempenho escolar, tal fato reflete negativamente em sua vida, pois ratifica somente o que ela é incapaz de fazer, interferindo assim com sua autoestima, desestimulando-a ainda mais a aprender. Esse mau sucesso na leitura se deve a um conjunto de fatores que, muitas vezes, a escola não considera: a escassez no acesso a material de leitura; o comprometimento precoce de trabalhar para amparar financeiramente a família, ou até mesmo se responsabilizar cuidando dos irmãos enquanto seus pais trabalham; a ausência de comunicação na escola; a inaptidão e a sobrecarga dos educadores; e a ausência de recursos material e humano nas instituições de ensino são algumas das causas que podem influenciar a criança a não aprender.

1.2 Proposta de solução

Esta realidade poderia ser melhorada se os profissionais da educação dispusessem de um recurso que pudesse auxiliá-los a detectar limitações na leitura em crianças, orientando-os na elaboração de métodos interventivos para adequadamente facilitar o encaminhamento e consequentemente diminuir o número de crianças encaminhadas com limitações ocasionadas por dificuldades de aprendizagem, que poderiam facilmente ser intervindas nas escolas com uma metodologia de ensino adequada.

Vários métodos vêm sendo desenvolvidos para dar suporte aos professores e alunos, empregando técnicas a fim de melhorar a rapidez e a segurança no levantamento de indícios

da dislexia nas escolas. Um caminho que já existe para solucionar esse problema são os psicotestes, geralmente produzidos em papel e lápis e baseados na Teoria Clássica dos Testes (TCT) que utiliza como referência o número total de acertos de um teste para avaliar o desempenho do indivíduo. Apesar de simples e direta, essa abordagem possui limitações em relação ao número certo de itens a ser administrado em um teste, de tal forma que os indivíduos precisam responder itens que não condizem com seu nível de habilidade, causando exaustão e gerando respostas não confiáveis. Por sua vez, estão sujeitos a erros durante o processo de aplicação, pois diferentes sujeitos podem receber testes de tamanhos variados, podendo resultar em uma medição menos precisa da proficiência. Também estão sujeitos a erros durante o processo de correção, que acontece de forma dispendiosa e requer tempo do aplicador [62].

Com o propósito de cobrir as falhas nos processos de elaboração, aplicação e correção, tem-se desenvolvido testes baseados na Teoria de Resposta ao Item (TRI) administrados por um algoritmo que seleciona de forma adaptativa os itens de acordo com o nível de habilidade do sujeito. A TRI considera o item como unidade básica de análise e procura corresponder a probabilidade de um indivíduo dar uma resposta ao item em virtude dos parâmetros do item e da sua habilidade [2]. Tais testes podem auxiliar profissionais da educação a resolver problemas que requerem ferramentas de qualidade além do conhecimento especializado. Neles são aplicados o mesmo conjunto de itens para todos os indivíduos, possibilitando maior precisão, celeridade, facilidade de atualização, além do que, os testes são menos sujeitos a erros na divulgação dos seus resultados [50].

Entretanto, apesar desses avanços, a criança pode se sentir avaliada nos testes tradicionais e fornecer respostas não confiáveis. Normalmente, o teste de rastreio é menos atraente, demorado e pode causar estresse entre os alunos durante sua realização. Na maioria das vezes, as crianças se cansam ao fazer atividades com longa duração, e eles tendem a não concluir as atividades. Outro aspecto que deve ser considerado é que as crianças são mais interessadas em animação e jogos [16].

Com intuito de preservar o estado pleno do bem-estar físico e mental da criança, partimos da ideia de que elementos de jogos possam encorajar comportamentos específicos e motivar os participantes durante os testes, consistindo na aplicação de elementos lúdicos em atividades comuns para torná-las mais atrativas, divertidas e eficazes. Dessa forma, o La-

boratório de Práticas de Software (SPLAB)³, o Laboratório de Neuropsicologia Cognitiva e Inovação Tecnológica (LabNEUROKIT)⁴, o Núcleo de Estudos de Saúde Mental, Educação e Psicometria (NESMEP)⁵ e a Fundação Papel Marchê vêm desenvolvendo essa pesquisa concentrada na utilização de jogos administrados por algoritmos adaptativos que avaliam habilidades preditoras da leitura em crianças por meio da TRI.

1.3 Objetivos

A presente pesquisa tem como objetivo melhorar a capacidade de triagem de crianças na identificação de sinais de dislexia em avaliações de habilidades cognitivas preditoras do desenvolvimento de leitura, com foco na consciência fonológica, memória visual e coordenação viso-motora. Para viabilizar esta investigação, o presente estudo apresenta os seguintes objetivos específicos:

- Investigar trabalhos relacionados e estudar a bibliografia correspondente à área de desenvolvimento de testes adaptativos informatizados e jogos;
- Conceber, desenvolver e analisar um teste adaptativo informatizado com abordagem de jogo para ser utilizado em avaliações profissionais;
- Realizar um experimento a fim de verificar se, a partir da escala proposta e do banco de itens, o algoritmo desenvolvido provê o levantamento de características que possam indicar crianças com fraca/forte habilidade em tarefas preditoras do desenvolvimento da leitura.

O jogo construído nesta pesquisa é uma adaptação do Teste de Habilidades Preditoras da Leitura (THPL) [38], um instrumento psicométrico construído e validado no Brasil. O jogo é administrado por um algoritmo de seleção adaptativa dos itens e, que avalia as habilidades preditoras da leitura por meio da TRI.

³Localização: Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário - Campina Grande - PB, 58429-900, endereço eletrônico do responsável: dalton@dsc.ufcg.edu.br.

⁴Localização: Avenida Juvêncio Arruda, 795 - Bodocongó, Campina Grande - PB - 58429-600, endereço eletrônico do responsável: monillyramos@gmail.com.

⁵Localização: Cidade Universitária, s/n - João Pessoa - PB, 58051-900, endereço eletrônico do responsável: carlamoitaminervino@gmail.com.

1.4 Metodologia

A metodologia deste trabalho obedeceu uma abordagem mista. A seguir serão detalhadas as 6 (seis) etapas para conclusão desta investigação.

- A etapa de **revisão bibliográfica** obedeceu uma lógica qualitativa. Foram englobadas atividades relacionadas ao estado-da-arte do desenvolvimento de um teste adaptativo informatizado com abordagem de jogo para as áreas de saúde e educação, bem como os métodos utilizados por especialistas para o levantamento de indícios de dislexia nas escolas e, princípios de probabilidade e estatística aplicados ao contexto do experimento na execução do jogo. Foi verificado nesta etapa, quais os principais métodos utilizados no levantamento de indícios de dislexia nas escolas? E quais são as ferramentas digitais desenvolvidas que são utilizadas para levantar indícios de dislexia?
- A etapa de **desenvolvimento do jogo** obedeceu uma lógica qualitativa. Foram coletados os requisitos funcionais e não-funcionais do jogo junto a um especialista em Psicologia Cognitiva. Definindo para tanto, um esboço de uma solução a ser implementada que atendesse aos requisitos levantados. Essas informações foram recolhidas por meio de uma entrevista com questões abertas, considerando para tanto, a relação do profissional com o tema para melhoria de fatores nas dimensões que contemplam esse estudo;
- A etapa de **desenvolvimento dos itens** obedeceu um desenho quantitativo. Para representação gráfica dos itens presentes no jogo, foram elaboradas e analisadas imagens, verificando o seu grau de compressão por meio de entrevistas apresentadas a três grupos amostrais: um grupo de juízes composto por três professores do ensino fundamental e dois professores universitários, um grupo de 26 estudantes universitários do Centro de Educação da Universidade Federal de Campina Grande, e um terceiro grupo composto de 25 crianças oriundas de escolas públicas municipais localizadas na cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil;
- A etapa de **calibração dos itens** também obedeceu a um desenho quantitativo. Foram verificadas as propriedades psicométricas dos itens, analisando se a escala construída se encontra minimamente adequada para que seja dada continuidade ao estudo. O

universo da amostra envolvido nesta investigação somava 270 crianças com idades compreendidas entre 4 e 13 anos de idade, oriundas de escolas públicas municipais localizadas na cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil. Todas as crianças passaram pelo mesmo procedimento de aplicação do jogo, a fim de obter informações como acerto/erro do item e o tempo de resposta nas atividades de consciência fonológica (aliteração, segmentação e rima) e memória visual. Além disso, foram coletadas informações da atividade de coordenação viso/motora — tempo, número de objetos recolhidos e número de objetos colididos;

- Após perceber que não houve necessidade de excluir itens nas tarefas do jogo, foi definida a etapa de **elaboração do algoritmo** que também obedeceu um desenho quantitativo. Nesta etapa foi verificado o desempenho do instrumento desenvolvido em relação a precisão na estimativa da habilidade e o seu tempo de aplicação. Os resultados foram simulados com base nas respostas dadas pelas crianças no pré-teste;
- Para alcançar os objetivos de estudo, foi utilizada uma metodologia quantitativa na etapa de **validação do jogo**. O intuito foi verificar se o jogo proposto nesta pesquisa consegue distinguir crianças com fraca/forte habilidade em tarefas preditoras da leitura. O universo da amostra envolvido nesta investigação somava 38 crianças com idades compreendidas entre 4 e 13 anos de idade, oriundas de escolas públicas municipais localizadas na cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil, distribuídos em dois grupos: grupo clínico, composto por crianças com diagnóstico de suspeitas de dislexia e um grupo escolar composto por crianças com bom desempenho escolar. Todas as crianças passaram pelo mesmo procedimento de aplicação do jogo, a fim de verificar seu desempenho (habilidade estimada e o tempo de resposta) e em seguida, compará-los.

Nas 4 (quatro) últimas etapas da pesquisa, durante o procedimento de organização dos dados, foi utilizado o software R-Studio, versão 1.0.143, como ferramenta central no processo de análise e tratamento dos dados, considerando sua capacidade de processamento de cálculos estatísticos complexos e no procedimento de compreensão dos dados, transformando-os em informações.

Os profissionais responsáveis pelas escolas (professores e gestores), bem como os encarregados (pais e responsáveis) pelas crianças e os demais participantes da pesquisa (professores e alunos universitários), consentiram e autorizaram a participação nos estudos e a divulgação dos resultados. Este projeto foi analisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal de Campina Grande sob o protocolo 1.638.213.

1.5 Contribuições e resultados

O presente trabalho contribuiu para disponibilizar aos profissionais que intervêm no campo educacional um jogo válido para avaliação das habilidades cognitivas preditoras do desenvolvimento da leitura em crianças entre 4 e 13 anos, oferecendo um recurso que levante indícios da dislexia de forma eficiente, em casos que devem ter como consequência o encaminhamento da criança a um especialista, evidenciando o tratamento terapêutico que deverá ajudá-la a compensar suas dificuldades na consciência fonológica, memória visual e coordenação viso-motora.

1.6 Estrutura do documento

Este trabalho está organizado da seguinte forma: no Capítulo 1, é apresentada uma visão geral da dissertação com relação à contextualização e proposta de solução do problema, objetivos, metodologia, contribuições e resultados; no Capítulo 2, são apresentados os temas e trabalhos relacionados à pesquisa; no Capítulo 3, são detalhadas as fases de análise e desenvolvimento do jogo “Os Niridianos no Inacreditável Mar de Letras” que viabilizaram sua efetivação; no Capítulo 4, são descritos a construção do banco de itens e do algoritmo utilizado no jogo; no Capítulo 5, é apresentado um estudo comparativo entre as amostras clínica e escolar para verificar se o jogo desenvolvido consegue distinguir crianças com fraca/forte habilidade em tarefas preditoras do desenvolvimento da leitura; no Capítulo 6, são apresentadas as considerações finais e sugestões para estudos futuros e encontram-se, ao final, as referências e os apêndices, utilizados no decorrer da pesquisa.

Capítulo 2

Temas e trabalhos relacionados

Neste Capítulo é apresentado o embasamento teórico a partir de várias áreas e trabalhos que se relacionam e que permitem caracterizar esta pesquisa.

2.1 O ato de ler

O estudo de fatores que afetam a aquisição da leitura ganha cada vez mais importância em uma sociedade dependente do acesso à informação através de textos. A leitura envolve o desenvolvimento de vários processos — rapidez, eficiência na decodificação e uma clara compreensão do que foi lido. A fase de aquisição inicial deste complexo processo é crucial, pois representa a aquisição do código alfabético e a automação nos processos de codificação e decodificação que formam a base do que a leitura permitirá futuramente para a criança na aquisição de informações [29].

Apesar de uma determinação da sociedade moderna, saber ler requer uma criativa prática existencial. Entretanto, existe uma diferença significativa entre saber ler e a prática real da leitura — a real leitura conduz além do texto verbal e se inicia antes mesmo do convívio com ela. Assim, o ato de ler está relacionado tanto à escrita quanto às outras formas de expressões, se evidencia também como evento histórico e designa um elo uniformemente histórico entre o leitor e o que é lido [35].

Com intuito de esclarecer o processo de leitura, é necessário considerar suas partes distintas — o acesso ao léxico e a compreensão. O acesso ao léxico é o processo de “reconhecimento” de uma palavra na qual o leitor precisa prestar atenção a todas as letras dela,

a fim de conectá-las aos sons que ouve quando é pronunciada e, assim, decodificá-la. A compreensão, por sua vez, é a consequência de diversos métodos que são executados sobre o texto [15] [28].

Outrossim, durante a leitura, podem ser ativadas no acesso léxico a rota fonológica, a rota semântica e a não semântica. Na rota fonológica a pronúncia é construída por meio da conversão dos segmentos ortográficos em segmentos fonológicos, isto é, depende do conhecimento das regras de conversão entre grafema e fonema para construir de forma efetiva a pronúncia da palavra. Na rota semântica, a leitura é feita com mediação da representação do estudo dos significados das palavras, isto é, depende do conhecimento prévio de uma palavra e da memorização no sistema de reconhecimento visual dela, e da recuperação do significado e da pronúncia desta por meio de endereçamento direto ao léxico para construir a pronúncia obtida como um todo. A rota não semântica funciona através da identificação, no léxico do indivíduo, da representação ortográfica de uma palavra. Tais recursos são complementares e usados em diferentes medidas durante a leitura [43] [28].

Vários critérios influenciam qual rota será ativada durante a leitura. Esses fatores são denominados variáveis psicolinguísticas que incluem, entre outros, a regularidade (correspondência existente entre letra e som); a lexicalidade (distinção entre palavras reais e palavras inventadas, cujas estruturas ortográficas e fonológicas são admissíveis na língua portuguesa); a frequência (grau de ocorrência de certa palavra na língua) e o comprimento (tamanho do item, palavra ou pseudopalavra). Por exemplo, a rota fonológica é ativada durante a leitura de palavras regulares, reais, com menor frequência e comprimento, sendo também ativada quando a palavra possui uma ortografia irregular (tendendo a regularizá-la, produzindo uma pronúncia incorreta) e nas palavras inventadas que não podem ser lidas pela rota semântica. A rota semântica, por sua vez, é ativada durante a leitura de palavras regulares, reais, com maior frequência e comprimento [28].

É necessário observar que o domínio da leitura e conseqüentemente da escrita estão associados ao processamento fonológico e o mesmo faz parte do processamento auditivo. O que acontece é uma precisão no sentido de receber a informação fonológica por meio da audição que está intrinsecamente associada à ampliação da linguagem oral e escrita. Dessa forma a consciência fonológica, bem como a memória e a nomeação rápida compõem o processamento fonológico [7].

É de grande significado para os alunos iniciantes a relação entre a habilidade fonológica e a aprendizagem da leitura. Por exemplo, se a representação fonológica não se encontra incorporada no processo da leitura, isso pode remediar dificuldades na aprendizagem. Modificações nas habilidades fonológicas são encontradas com mais frequência em alunos com distúrbios de aprendizagem que demonstram uma leitura lenta e trabalhosa, a qual os colocam em desvantagem em todas as tarefas que exigem leitura, especialmente em ensaios e testes cronometrados [17] [46].

Existem inúmeras limitações de aprendizagem na leitura que podem prejudicar no desempenho acadêmico da criança, entre os quais estão as dificuldades de aprendizagem de origem acadêmica e os distúrbios de aprendizagem, como a dislexia [24].

2.2 Dificuldades e distúrbios de aprendizagem

O ato de aprender a ler é um processo constante que procede acima de todas as informações recebidas e as envolvem de sentidos. Se este ato não for demarcado com o intuito ou estímulo para manter itens ou capacidades deliberadamente repetidas de etapa a etapa, então o que leva a criança a não aprender a ler? Como e porque a criança falha na aprendizagem acadêmica, tendo em vista o seu processo de aquisição da leitura?

Em nossa sociedade, dominar a linguagem oral e escrita designa-se em um eixo básico na fase em que a criança inicia o processo de alfabetização e, torna-se essencial para o desenvolvimento de experiências significativas relacionadas aos avanços nas habilidades de comunicação e expressão [36]. Entretanto, existe um número significativo de ocorrências de alunos com dificuldades em atingir um nível satisfatório de aprendizagem na linguagem oral e escrita, limitando crianças e jovens no ensino formal, de maneira que tais casos têm se tornado um dos problemas recorrentes nas escolas.

De forma geral, o cenário brasileiro aponta altos índices de evasão e analfabetismo. Baixo é o desempenho de alunos no ensino fundamental e grande é a quantidade de crianças que continuam a ser encaminhadas desnecessariamente para os CAEE para um diagnóstico médico psicológico. Além disso, existe uma grande ênfase na criança, atribuindo a ela a responsabilidade em não aprender [25].

Tendo em vista esse cenário, torna-se necessário avaliar de forma complexa essa questão.

Primeiro, é necessário entender por que um aluno não aprende e, em seguida, apontar a complexidade envolvida.

Antes de tudo, as baixas performances e dificuldades na aprendizagem formal expostas pelos alunos só podem ser entendidas no momento em que se reconhece a diversidade das variáveis que constituem o processo de ensino e aprendizagem. Esta compreensão proporciona, independentemente da dificuldade exposta pelo indivíduo, um melhor endereçamento sobre todo o processo, pois esta dificuldade não se constitui como um problema único do indivíduo. Assim, torna-se importante observar a escolarização do aluno — discorrer sobre todo o processo de aprendizagem e a complexidade que este engloba, como: política pública educacional vigente, a escola e suas propostas pedagógicas, os professores e sua formação, crenças e práticas pedagógicas, o próprio aluno com suas capacidades e dificuldades e seus familiares [25].

Numa visão geral, a dificuldade no ato de ler pode ser ocasionada em alunos com problemas: situacionais (mostrando comprometimento em algumas circunstâncias e não em outras), comportamentais, emocionais, comunicacionais (distúrbio da fala e da linguagem), físicos (visão e audição) e, por fim, múltiplos (presença simultânea de mais de um dos problemas anteriormente mencionados). É percebido que tal dificuldade só pode ser compreendida por intermédio da complexa interação desses fatores e que a escola e seus professores são agentes essenciais nesse processo de intervenção tanto no campo do aluno como das práticas pedagógicas de formação do professor, quanto no campo de alterações mais vastas de natureza política, econômica e social [25].

Quando se fala em dificuldades decorrentes ao processo de escolarização é necessário observar inúmeros fatores que contribuem para o fracasso na aquisição da habilidade em ler e escrever, resumidamente este problema pode ser ocasionado por dificuldade de aprendizagem ou distúrbio de aprendizagem [3]. Observa-se que, comumente, professores e pesquisadores confundem os termos.

A diferença entre os termos diz respeito às particularidades orgânicas, biológicas do distúrbio que não evidenciam as dificuldades de aprendizagem. Em síntese, dificuldade de aprendizagem é qualquer tipo de dificuldade que se manifesta no indivíduo ao longo do processo de aprender, em virtude de elementos diversos, que vão desde causas endógenas e exógenas, sendo decorrentes de fatores internos e/ou externos de ordem pessoal, familiar,

emocional, pedagógica e social, que só fazem sentido quando referidos ao histórico da convivência e interação do aluno com o seu meio — acima de tudo — o escolar. O distúrbio de aprendizagem se especifica como uma desordem no processo de aquisição, utilização ou na habilidade para solucionar problemas, envolvendo uma disfunção específica, geralmente neurológica e/ou neuropsicológica [11]. Dentre os diferentes tipos de distúrbios de aprendizagem relacionados a alterações na linguagem é especificada neste trabalho a dislexia.

2.3 Dislexia

Do latim, a dislexia significa *dys*, como “dificuldade”, e *lexia*, como “palavra”. Apesar de apresentar várias definições, é unânime na literatura associá-la a um déficit no sistema linguístico, especificadamente relacionado a modificações em habilidades de consciência fonológica. A definição reconhecida pela Associação Brasileira de Dislexia (ABD) é a conceituação de Lyon [32] — a dislexia é um distúrbio específico de origem constitucional caracterizado por uma dificuldade na decodificação de palavras simples que, como regra, mostra uma insuficiência no processamento fonológico.

2.3.1 Teoria, principais sinais e sintomas da dislexia

Durante os primeiros anos de vida de uma criança torna-se improvável prever se ela terá a dislexia, pois esse distúrbio não tem uma razão clara. Desde os primeiros estudos com a dislexia sucedeu muitas controvérsias sobre suas causas. Entretanto, em estudos mais recentes [27] [45], alguns especialistas associam a dislexia a problemas genéticos e hereditários. O mau funcionamento do gene *DYXC1* pode ser um dos principais causadores da perturbação, já que este gene codifica uma proteína que interage com estrogênios receptores e proteínas de choque térmico (*Hsp70* e *Hsp90*). Testes feitos em laboratório demonstraram uma migração neuronal no neocórtex em desenvolvimento, a translocação cromossômica que engloba esse gene está relacionada com uma suscetibilidade à dislexia.

Inúmeras são as teorias concebidas visando à descoberta da dislexia. Em suma, as teorias são compreendidas em variações anatômicas, fisiológicas e comportamentais, as quais tentam explicar a origem da dislexia. Entre elas, duas são mais discutidas na literatura. Uma garante que o distúrbio é de origem fonológica e estabelece de um déficit exclusivamente

linguístico e a outra se estabelece nas alterações perceptuais [30] [54].

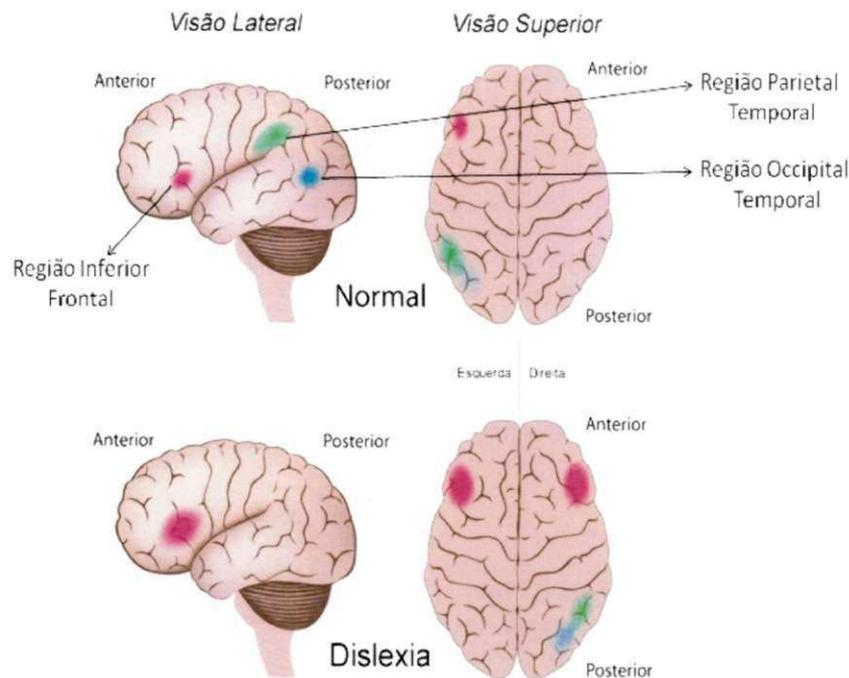
Os principais sintomas da dislexia são limitações na leitura e na escrita com muitos erros ortográficos e uma qualidade de caligrafia bastante deficiente. Observa-se em leitores disléxicos uma leitura bastante deficiente, com omissões de linhas do texto e sons de letras, além de dificuldades em diferenciar letras que possuem um ponto de articulação comum e cujos sons são acusticamente próximos. Em tarefas relacionadas à escrita, observam-se trocas, omissões, junções e aglutinações de fonemas, além de dificuldades de concentração durante tais atividades. Também se observa problemas na habilidade motora e no processamento visual e auditivo que, se não tratados, comprometerão o processo de aquisição da leitura, atrasando sua vida escolar [8].

2.3.2 O processo de aquisição da leitura pelos disléxicos

Durante o processo de aquisição da leitura, um leitor não disléxico é capaz de ler de forma rápida e automática, ativa intensamente o sistema neurológico e consegue ler as palavras em menos de 150 milésimos de segundo. Durante o momento da leitura, o cérebro de uma pessoa que não tem dislexia ativa diferentes áreas: a) a região occipital temporal que executa o reconhecimento visual das palavras, realizando a leitura rápida e automática; b) a região parietal temporal responsável por exercer análises das palavras e processar as formas visuais das letras, adequando a grafonômica, segmentação e fusão silábica e fonêmica e; c) a região inferior frontal que processa a vocalização e articulação das palavras, sendo responsável por iniciar a análise dos fonemas e ajudar na subvocalização da leitura, fornecendo um modelo oral das palavras. Um leitor disléxico possui dificuldades no processo de leitura devido ao atraso no desenvolvimento das células cerebrais que vão além das dificuldades visuais e auditivas. O percurso para interpretar as palavras é vagaroso e sintético, limitando-se em pronunciar palavras difíceis devido a sua lentidão na tradução de letras em sons [57]. Em casos de pessoas com dislexia, a região occipital temporal e a região parietal temporal são menos ativas do que o normal, para compensar a região inferior frontal é obrigada a trabalhar mais e até o lado direito é ativado durante a leitura (Figura 2.1).

Observa-se que leitores disléxicos ativam primeiramente o giro inferior frontal de forma intensiva para vocalizar as palavras e a zona parietal temporal para segmentar as palavras em sílabas e em fonemas, praticam a tradução grafo fonêmica e as fusões fonêmicas e silábicas

Figura 2.1: Comparação da ativação das áreas do cérebro durante a leitura.



Fonte: Adaptado de Alila Medical Imagens [37].

até acender o seu significado. Assim, ocorre um processo de ruptura no sistema neurológico que impede o processamento fonológico e o seu ingresso ao sistema de análise das palavras e ao sistema de leitura automática. Para compensar essa limitação ativam intensamente a região inferior frontal e o hemisfério direito para viabilizar pistas visuais. É notório perceber que a região do hemisfério esquerdo do cérebro responsável pelo processamento da leitura é pouco estimulada, assim o hemisfério direito — responsável pelo reconhecimento musical, prosódica, reconhecimento de categorias de objetos e de pessoas e relações espaciais quantitativas — é mais ativado e estimulado em leitores disléxicos. Logo, é comum pessoas com dislexia apresentarem talento em campos como arte, ciência, engenharia e esportes.

A falta de maturação do hemisfério esquerdo, responsável pela linguagem, pensamento analítico, cálculo e verbalização são causas neurológicas que estimulam a dislexia [4]. Rastrear precocemente alunos em situações de risco, durante a fase de alfabetização, torna-se uma atividade importante para que haja uma melhor estimulação no cérebro da criança.

2.3.3 Rastreamento da dislexia

Na prática normal, os estudantes são categorizados por seu desempenho e habilidades. No entanto, em certos casos, esta classificação pode também ser feita com base na deficiência do aluno, tais como a Síndrome de Down, dislexia, autismo e aprendizagem lenta. Esse trabalho concentra-se em um destes distúrbios: a dislexia. Alunos com dislexia precisam de aprendizagem especial na forma de monitoramento durante suas aulas. Para ter aprendizagem nesse ambiente especial, os estudantes precisam ser identificados com o distúrbio [16].

Identificar aluno com dislexia não é uma tarefa fácil, pois requer alta reflexão e conhecimentos práticos, sendo considerado caro e de consumo bastante intensivo. O rastreio da dislexia não é facilmente disponível para escolas públicas e quase certamente não está no âmbito dos orçamentos do ensino secundário. Além disso, o rastreio só pode ser feito pelo professor durante a fase de alfabetização, uma vez que este aluno já começou a escrever, soletrar e ler [13] [16].

Geralmente, os alunos disléxicos têm problemas no reconhecimento de letras e se confundem constantemente ao ler. Devido a este problema, tais estudantes sempre foram taxados como lentos ou estúpidos por seus professores. Na verdade, alguns professores não percebem que os alunos são disléxicos. O desempenho dos alunos que apresentam esse distúrbio pode ser melhorado se for identificado e seu estilo de aprendizagem for adequadamente aplicado ao processo de aprendizagem da leitura [16].

Crianças com dislexia são detectadas no início do desenvolvimento do processo da leitura, na qual as restrições iniciais para aprender a correspondência grafema-fonema são óbvias. Mas muitos deles são detectados tardiamente, quando as exigências para a aquisição de informações por meio da leitura são necessárias. Assim, numerosos casos passam despercebidos porque eles têm as habilidades normais na decodificação de palavras. A intervenção, quando detectada tardiamente, enfrenta problemas adicionais como a motivação para a leitura e baixa autoestima que compromete o desenvolvimento emocional e acadêmico dos indivíduos, bem como no prognóstico terapêutico [29]. Dessa forma, é crucial obter um rastreio precoce e ajudar as crianças afetadas tão cedo quanto possível.

Geralmente, a dislexia é diagnosticada como dificuldade de leitura no primeiro indicador/suspeita; mas, não antes do segundo ou até mesmo no terceiro ano da escola primária, dependendo do idioma, a dislexia passa a ser identificada. Identificar e tratar este problema,

mesmo em idade pré-escolar, garantiria uma melhor chance de limitar o seu impacto e ajudar a habilidade de leitura da criança [18].

É necessário investigar quais as variáveis que têm o poder de prever o desenvolvimento em nosso leitor. Atualmente, acredita-se que há dois fatores que têm mostrado preditores de leitura — consciência fonológica e velocidade de nomeação¹. Dificuldades em habilidades fonológicas são consideradas como o déficit central da dislexia na qual a consciência fonológica (conhecimento da estrutura dos sons que compõem as palavras e a capacidade de manipulá-los) é uma componente chave em desenvolver a capacidade de ler. A principal evidência da importância de habilidades fonológicas de estudos que mostram altas correlações entre a decodificação de palavras e não-palavras de execução quando estas estão sendo pronunciadas. Entre as tarefas de consciência fonológica, destaca-se a rima, aliteração e a segmentação, bem como atividade de memória visual e de coordenação motora [29].

Aliteração é a capacidade de identificar ou repetir a sílaba ou fonema na posição inicial das palavras [39] [52]. Por exemplo, a criança é instruída a falar itens que comecem por um determinado som /ma/caco - /ma/leta, /a/vestruz - /a/vental e espera-se que a criança fale ao menos uma palavra que comece com o som solicitado. Segmentação é a capacidade de segmentar/dividir palavras em sílabas ou partes [39]. Por exemplo, a criança é instruída a segmentar palavras /pa/ /to/, /ba/ /na/ /na/ e espera-se que a criança fale o número de sílabas/partes da palavra em causa. Rima é a capacidade de identificar ou repetir a sílaba ou fonema na posição final das palavras [52]. Por exemplo, a criança é instruída a falar itens que termine por um som bone/ca/ - cane/ca/, sa/lão/ - ba/lão/ e espera-se que a criança fale ao menos uma palavra que termine com o som solicitado. Memória Visual é a capacidade de assimilação de informações que são armazenadas por meio da memória de curto prazo. Por exemplo, é apresentada durante um curto intervalo de tempo uma figura a criança, depois de escondida esta figura, é esperado que a criança consiga identifica-la em um conjunto maior de desenhos [47].

Além disso, no Manual de Diagnóstico e Estatístico de Doenças Mentais estão descritos os seguintes critérios de levantamento de indícios para a criança que possui dislexia: i) rendimento abaixo do nível esperado para idade da pessoa em atividades relacionadas à leitura

¹Refere-se à habilidade de nomear, o mais rapidamente possível, símbolos como letras, números, cores e objetos ou uma combinação de todos [44].

e escrita; ii) constantes perturbações com o rendimento escolar, ou atividades diárias que exigem atenção na leitura/escrita; iii) atraso sensorial e dificuldades excessivas em relação às que lhe estariam habitualmente associadas [5].

O levantamento de indícios de dislexia deve ser realizado a partir de procedimentos que permitem definir qual nível funcional de leitura de cada criança. Além disso, é necessário conferir à expansão da deficiência específica da leitura, a disfunção neuropsicológica, os fatores conexos e as táticas de ampliação e recuperação para melhor processamento neuropsicológico e para integrar as capacidades perceptivo linguísticas [8]. É importante nesta fase destacar o nível funcional na leitura da criança, devemos perceber se existe alguma alteração significativa, sempre verificando se o nível é inferior para sua idade. Na Tabela 2.1 é possível observar um extrato dos resultados da pesquisa de Thomas [58].

Tabela 2.1: Idade mental e nível esperado de leitura.

Idade Mental	Expectativas do nível de leitura	Idade Mental	Expectativas do nível de leitura
6 anos 2 meses	1,0	10 anos 4 meses	5,0
6 anos 5 meses	1,3	10 anos 8 meses	5,3
6 anos 8 meses	1,5	10 anos 11 meses	5,5
7 anos 0 mês	1,8	11 anos 2 meses	5,8
7 anos 2 meses	2,0	11 anos 5 meses	6,0
7 anos 6 meses	2,3	11 anos 8 meses	6,3
7 anos 8 meses	2,5	11 anos 11 meses	6,5
8 anos 0 mês	2,8	12 anos 2 meses	6,8
8 anos 3 meses	3,0	12 anos 5 meses	7,0
8 anos 7 meses	3,3	12 anos 8 meses	7,3
8 anos 9 meses	3,5	12 anos 11 meses	7,5
9 anos 1 mês	3,8	13 anos 2 meses	7,8
9 anos 3 meses	4,0	13 anos 5 meses	8,0
9 anos 7 meses	4,3	13 anos 8 meses	8,3
9 anos 10 meses	4,5	13 anos 11 meses	8,5
10 anos 2 meses	4,8	14 anos 1 mês	8,8

Por exemplo, uma criança que se encontra no terceiro ano, tendo uma idade cronológica de oito anos e três meses e uma idade mental de sete anos, não é surpreendente que só consiga alcançar o nível mais alto da primeira série. Em contrapartida, para uma criança com idade mental e cronológica de nove anos e sete meses, lendo num nível abaixo da segunda série, existem grandes indícios de que há um transtorno importante de leitura e escrita.

A deficiência específica nas habilidades de leitura e escrita deve ser estabelecida por meio de exercícios e análises de provas. O professor pode descobrir problemas nas habilidades de decodificação, na análise de contexto, na atenção, na compreensão e em outras habilidades. Observa-se, para tanto, a leitura da criança e registram-se os erros e os equívocos cometidos por ela. Não é uma atividade tão simples para ser analisada. É necessária muita atenção do aplicador para evitar qualquer laudo precipitado durante a avaliação diagnóstica.

2.4 Avaliação diagnóstica

A Avaliação Diagnóstica consiste na fase inicial do trabalho psicopedagógico sendo determinante no sucesso ou fracasso na implantação e desenvolvimento das outras fases. Consiste em investigar os aspectos que, direta ou indiretamente, justificam o aparecimento de sintomas que levam ao distúrbio de aprendizagem. Faz-se necessária a compreensão dos aspectos cognoscitivos, relacionamentos afetivos, orgânicos, pedagógicos, sociais e culturais da criança [53].

Fazer uma avaliação diagnóstica não é uma tarefa tão simples. Exige dos profissionais de educação um oportuno papel na identificação de fatores associados ao déficit de leitura. Mas como realizar seguramente um rastreio eficiente em uma população?

Atualmente, o reconhecimento dos fatores que levam às dificuldades na leitura e escrita e sua classificação em determinada categoria diagnóstica representam um desafio para profissionais das áreas de saúde e educação. Um conjunto de resoluções nesse sentido se faz necessário para orientar metas e recursos numa perspectiva preventiva. Dessa forma, os profissionais da educação têm um oportuno papel na identificação de fatores associados ao déficit de leitura. Essa fase é denominada de triagem.

A triagem é a detecção presuntiva de um problema não reconhecido por meio de testes de desempenho, exames ou outros procedimentos que irão classificar a probabilidade do

problema. Este processo não se destina a ser um diagnóstico, mas pressupõe aqueles com resultado positivo ou suspeito que deverão ser encaminhados para um psicólogo, considerando posterior diagnóstico e tratamento necessário. A triagem feita por meio de testes de rastreio da dislexia é concebida para dar um resultado mediante a confiança da probabilidade da dislexia usando informação limitada e pode ser administrado sem acompanhamento por especialistas. Os testes de triagem podem ser realizados pelos professores nas escolas. O resultado deste teste vai indicar/medir se o aluno possui limitações na leitura. Mas, como medir características de indivíduos que não podem ser medidas diretamente?

Em diferentes cenários, temos como principal objetivo analisar alguma característica não-observável, seja um conhecimento em uma determinada disciplina na área educacional, seja uma patologia ou comportamento na área da saúde. Essa característica não-observável é denominada de traço latente ou habilidade [20].

Duas são as teorias utilizadas para este fim: a Teoria Clássica dos Testes e a Teoria de Resposta ao Item, ambas contemplam a análise das informações do teste através das estimativas de seus parâmetros, e a análise do instrumento de medida como um todo [6].

2.5 Teoria clássica dos testes

A TCT utiliza como referência o escore de um teste, por meio desta é possível utilizar algumas medidas para avaliar a qualidade do instrumento, como: o coeficiente de correlação ponto bisserial e o coeficiente alfa de Cronbach.

2.5.1 Coeficiente de correlação ponto bisserial

Nos testes educacionais é possível calcular o coeficiente de correlação entre duas variáveis, uma numérica e outra categórica nominal. Neste caso, a variável categórica tem apenas dois valores (certo/errado), uma variável desse tipo é chamada de dicotômica. Então, para se calcular a correlação entre esta variável e outra variável (numérica) procede-se com o cálculo do coeficiente de Pearson da forma usual, que é chamado de coeficiente de correlação ponto bisserial.

O coeficiente de correlação ponto bisserial é a correlação de Pearson entre uma variável dicotômica e o escore do teste [19], sendo definido pela Equação 2.1.

$$Ppb = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_T}{S_T} \sqrt{\frac{p}{1-p}} \quad (2.1)$$

em que,

\bar{X}_A é a média dos escores dos respondentes que acertaram o item;

\bar{X}_T é a média global dos escores do teste;

S_T é o desvio padrão do teste;

p é a proporção de respondentes que acertaram o item.

Neste caso, esse teste tenta estabelecer se existe algum item crítico do questionário, tal que se a pessoa avaliada acertar essa questão ela tem grandes chances de passar no exame.

2.5.2 Coeficiente alfa de cronbach

O coeficiente alfa de Cronbach é utilizado para medir a consistência interna do instrumento por meio de um índice que avalia a magnitude com que os itens de um instrumento estão correlacionados, ou seja, média das correlações entre os itens que fazem parte de um instrumento [56], sendo definido pela Equação 2.2.

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2}\right) \quad (2.2)$$

em que,

n é o número de itens;

$\sum S_i^2$ é a soma das variâncias dos n itens;

S_T^2 é a variância global dos escores dos testes;

O coeficiente alfa de Cronbach varia de 0 a 1. Quanto mais próximo de 0 menor é a consistência e quanto mais próximo de 1 maior é a consistência do teste.

2.6 Teoria de resposta ao item

A TRI tem sido utilizada na elaboração de testes de avaliação educacional, na calibração de itens (caracterizar os itens por meio dos valores numéricos de seus parâmetros) e outros

processos referentes ao desenvolvimento de testes. Com a TRI é possível ajustar os dados ao modelo. Assim, diferentes pessoas ou a mesma pessoa, em ocasiões diferentes, podem ter suas habilidades comparadas a partir de itens comuns nos testes, porque estes utilizam parâmetros que são medidos estatisticamente independentemente da amostra utilizada [40].

Na TRI, o comportamento do indivíduo em um item pode ser previsto por meio de um conjunto de fatores ou variáveis hipotéticas e, a dependência entre o comportamento e a habilidade pode ser relacionada por uma função matemática monótona crescente, cujo gráfico é chamado de Curva Característica do Item (CCI) [41].

2.6.1 Curva característica do item

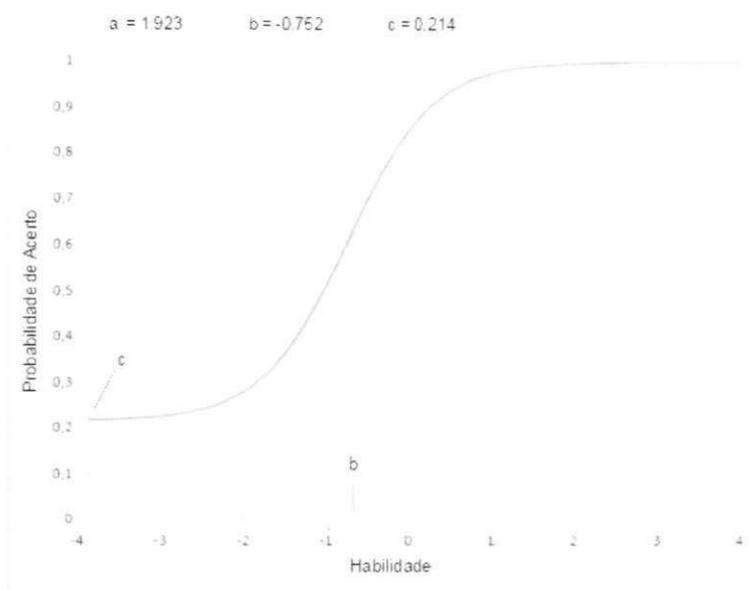
A CCI fornece informações sobre a probabilidade de cada indivíduo acertar o item. Existem três propriedades que a descreve: dificuldade do item, discriminação do item e a probabilidade de acerto ao acaso [6].

A dificuldade do item ou parâmetro b refere-se à habilidade necessária para um indivíduo com uma dada probabilidade de acertar o item, calculada a partir da probabilidade de acertar o item por acaso, variando de -3 (itens fáceis) até $+3$ (itens difíceis), passando pelo valor 0 (itens medianos). Por sua vez, a discriminação do item ou parâmetro a refere-se à inclinação da CCI e descreve quanto indivíduos de diferentes habilidades distinguem-se quanto à probabilidade de acertar o item, ou seja, o poder de especificar sujeitos com magnitudes próximas no traço latente θ a que se refere, variando entre 0 (nada discriminativo) até 4 (extremamente discriminativo). A probabilidade de acerto ao acaso ou parâmetro c refere-se à probabilidade de um sujeito de baixa habilidade dar uma resposta correta a um item difícil, ou seja, a chance de indivíduo acertar o item pelo chute, variando entre 0 e $0,5$ [2].

A Figura 2.2 é um exemplo de CCI para o Modelo Logístico de 3 parâmetros (ML3). Percebemos que quanto mais hábil for o indivíduo, maior a probabilidade de acerto e, que essa relação não é linear.

Os parâmetros do item são obtidos mediante a multiplicidade de procedimentos que requerem o uso de programas informáticos especializados. Estes programas utilizam funções matemáticas não-lineares, como funções logarítmicas, que produzem CCI, e representações gráficas de funções matemáticas que relacionam a probabilidade de resposta ao item com o nível de traço latente ou habilidade [38].

Figura 2.2: Curva característica do item 5 da tarefa aliteração.



A CCI e as propriedades que a descrevem são essenciais para termos um entendimento intuitivo do modelo. Neste trabalho é utilizado o ML3, que determina três características do item: discriminação, dificuldade e a probabilidade de acerto casual.

2.6.2 Modelo logístico de três parâmetros

A partir do ML3, a habilidade do indivíduo é estimada com maior precisão. O modelo descreve a probabilidade de um indivíduo acertar um item [6], e é dada pela Equação 2.3.

$$P(\Theta) = c + (1 - c) \frac{1}{1 + \exp(-a(\Theta - b))} \quad (2.3)$$

em que,

a representa o parâmetro de discriminação do item;

b representa o parâmetro de dificuldade do item;

c representa o parâmetro de acerto ao acaso;

Θ representa o traço latente/habilidade de um indivíduo;

Devemos salientar alguns fatores de riscos que podem ocorrer com os parâmetros dos itens, tais como: valor do índice de discriminação abaixo do valor crítico 0,30; valor do índice de dificuldade acima do valor de 2,95 ou abaixo de -2,95; probabilidade de acerto

casual acima do valor crítico de 0,40 [6]. Se os itens não atenderem às condições exigidas devem ser eliminados para evitar o comprometimento da representatividade do domínio avaliado.

2.6.3 Estimador do traço latente

O ML3 apresentado anteriormente gera uma escala denominada de traço latente ou habilidade. A escala gerada é padronizada (média = 0 e DP = 1) e, assim como comentado em relação à métrica do parâmetro b , em teoria, esta escala poderá variar entre -3 e +3. Assim, os escores são estimados pela TRI utilizando um método de estimação. Neste trabalho é utilizado a máxima verossimilhança, sendo atribuído a cada pessoa o escore que melhor identifica seu posicionamento na escala do traço latente [50].

O procedimento de máxima verossimilhança é usado para estimar a capacidade de um examinado. Trata-se de um procedimento iterativo como no caso da estimação dos parâmetros de itens. Começa com algum valor a priori para a habilidade do examinado e os valores conhecidos dos parâmetros do item. Estes são utilizados para calcular a probabilidade de resposta correta a cada item. Em seguida, é obtido um ajuste para a estimativa da habilidade que melhora de acordo com as probabilidades calculadas com a resposta do item fornecida durante o teste. O processo é repetido até que o ajuste se torne pequeno o suficiente para que a alteração na capacidade estimada seja negligenciável, resultando uma estimativa da habilidade do examinado. Este processo é então repetido separadamente para cada examinando do teste [6]. A estimativa do traço latente é definida pela Equação 2.4.

$$\hat{\Theta}_{s+1} = \hat{\Theta}_s + \frac{\sum_{i=1}^n a_i [u_i - P_i \hat{\Theta}_s]}{\sum_{i=1}^n a_i^2 P_i(\hat{\Theta}_s) Q_i(\hat{\Theta}_s)} \quad (2.4)$$

em que,

$\hat{\Theta}_s$ representa a habilidade estimada do examinado dentro de s iterações;

a_i representa o parâmetro de discriminação do item i , $i = 1, 2, \dots, N$;

u_i representa a resposta feita pelo examinado ao item i , recebe o valor 1 ao acertar e 0 ao errar;

$P_i \hat{\Theta}_s$ é a probabilidade de resposta correta ao item i , sob o modelo de CCI no nível de habilidade Θ ;

$Q_i \hat{\Theta}_s$ é a probabilidade de resposta incorreta ao item i , sob o modelo de CCI no nível de habilidade Θ .

Infelizmente, não há nenhuma maneira de saber a habilidade real do examinado. Neste caso, o melhor procedimento é estimá-la. Contudo, deve-se obter um erro padrão da habilidade estimada que fornece alguma indicação da precisão. O princípio é que um examinado, hipoteticamente, ao fazer o mesmo teste várias vezes, assumindo que não há itens de teste anteriores foram respondidos, uma estimativa de capacidade Θ será obtido a cada teste. O erro padrão é uma medida de variabilidade dos valores de Θ em torno do valor da habilidade desconhecida do examinado [6]. No presente caso, um erro estimado pode ser calculado usando a Equação 2.5.

$$SE(\hat{\Theta}) = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2 P(\hat{\Theta})Q(\hat{\Theta})}} \quad (2.5)$$

É interessante notar que o termo sob o signo da raiz quadrada é exatamente o denominador da equação anterior. Como resultado, o erro padrão estimado pode ser obtido como um produto secundário da estimativa da habilidade do examinado.

Além disso, o ML3 não possui boas propriedades matemáticas da função logística. A perda dessas propriedades se torna evidente na quantidade de informação do item sob este modelo [6].

2.6.4 Função de informação do item

Na TRI, o interesse é estimar a habilidade para um examinado. Nas subseções anteriores, o desvio padrão da estimativa da habilidade do examinado foi computado. Se este termo é quadrado, torna-se uma variância e esta, por sua vez, é uma medida da precisão com que um determinado nível de habilidade pode ser estimado. A quantidade de informação a um determinado nível de habilidade é recíproca dessa variância. Se a quantidade de informação é grande, significa que um examinado cuja verdadeira capacidade está nesse nível pode ser estimado com precisão. Isto é, todas as estimativas estarão razoavelmente próximas do verdadeiro valor. Se a quantidade de informação é pequena, isso significa que a capacidade não pode ser estimada com precisão e as estimativas serão amplamente espalhadas sobre a verdadeira habilidade [6].

Usando a fórmula apropriada, a quantidade de informação pode ser calculada para cada nível de habilidade na escala de -3 a +3. A seguir, a função de informação de um item pode ser calculada através da Equação 2.6.

$$I(\Theta) = a^2 \frac{Q_i(\Theta)}{P_i(\Theta)} \frac{(P_i(\Theta) - c)^2}{(1 - c)^2} \quad (2.6)$$

em que,

a representa o parâmetro de discriminação do item;

c representa o parâmetro da probabilidade de chute do item;

$P_i\Theta$ é a probabilidade de resposta correta ao item i , sob o modelo de CCI no nível de habilidade Θ ;

$Q_i\Theta$ é a probabilidade de resposta incorreta ao item i , sob o modelo de CCI no nível de habilidade Θ .

Enquanto uma função de informação pode ser obtida para cada item em um teste, isso raramente é feito. A quantidade de informação fornecida por cada item é bastante pequena, e normalmente não é estimado a habilidade de um examinando com um único item. Consequentemente, a quantidade de informação do teste a um nível de capacidade e a função de informação de teste são de interesse primário. Uma vez que as informações do teste são obtidas somando as informações dos itens a um determinado nível de capacidade, a quantidade de informação é definida ao nível do item. A definição matemática da quantidade de informação do item depende do modelo de CCI particular empregado. Portanto, é necessário examinar essas definições em cada modelo [6].

Nos testes tradicionais em papel e lápis (em que cada sujeito responde aos mesmos itens em uma mesma ordem), a habilidade é estimada de forma imprecisa devido à natureza administrativa desses testes: i) item com um nível de dificuldade baixo para sujeitos com alta habilidade se torna desgastante, uma vez que as respostas corretas a esses itens acrescentam pouca informação para a avaliação da proficiência desses indivíduos. Outrossim, itens que não oferecem nenhum desafio podem deixar o indivíduo entediado, respondendo sem maiores cuidados; ii) da mesma forma, itens com um nível de dificuldade alto para sujeitos com baixa proficiência se tornam desgastantes, propiciando que os indivíduos respondam de forma aleatória e muitas vezes incorporando respostas incorretas aos testes, de tal forma que não oferecem muita informação às estimativas.

A invariância dos parâmetros do ML3 presentes na TRI possibilita a utilização de testes

administrados adaptativamente pelo computador, os itens são previamente selecionados de acordo com o nível de capacidade do examinado [48]. Logo, as questões são mais confiáveis quanto mais próximas do nível de habilidade do indivíduo, pois o sistema informático calibra a dificuldade das questões de acordo com o nível de habilidade, tendo um ganho no grau de confiabilidade da prova. A esse grupo de testes é denominado Testes Adaptativos Informatizados (TAI).

Um exemplo de aplicação da TRI é o “Teste de Desempenho Escolar”(TDE) [31]. Este trabalho teve como propósito avaliar as propriedades psicométricas dos subtestes de leitura e escrita utilizando a TRI.

O instrumento é composto por três subtestes organizados da seguinte forma: escrita do nome próprio e 34 itens que avaliam a habilidade de escrita – escrita de palavras contextualizadas, apresentadas sob a forma de ditado; 70 itens para avaliação da habilidade leitora – reconhecimento de palavras isoladas, e 35 itens que avaliam as habilidades em aritmética – solução oral de problemas e cálculo de operações aritméticas por escrito.

No total, participaram do estudo 1850 crianças. Os resultados indicaram que o subteste escrita mensura precisamente níveis médio de habilidade e menos satisfatoriamente níveis baixos e altos. O subteste leitura revelou ter discriminação apropriada para níveis baixos e médios de habilidade. As partes do continuum de habilidade que estão sendo medidas adequadamente estão fornecendo alta quantidade de informação, demonstrando que os subtestes leitura e escrita estão funcionando bem.

O trabalho acima descrito reforça a utilização do ML3 da TRI, aplicado no presente estudo, entretanto, não tomou partido da invariância dos parâmetros, para a construção de um TAI, de forma a aumentar o ganho de confiabilidade do teste.

2.7 Teste adaptativo informatizado

Administrado pelo computador, o TAI procura ajustar itens do teste ao nível de habilidade de cada sujeito examinado, assemelhando-se à forma automática a partir do qual um especialista faria [12].

Por consequência, estes testes oferecem diversas vantagens em relação aos testes tradicionais, como: i) redução no tamanho do teste. O número de um teste adaptativo é menor que

um teste tradicional para um mesmo nível de precisão. Essa redução só é possível devido à informação sobre a estimativa de habilidade em cada item administrado; ii) flexibilidade nas baterias dos testes. Sendo desnecessário, como em testes tradicionais, a participação de todos os sujeitos ao mesmo tempo na aplicação da prova; iii) maior rigidez no controle das regras dos testes; iv) reduz erros que podem ocorrer em processos de correção óticos; v) os testes informatizados motivam mais os indivíduos, devido ao fato de utilizar recursos de multimídia que os tornam mais atrativos que os testes tradicionais. Por limitação, estes testes requerem mais recursos financeiros e humanos quando comparados às versões tradicionais em papel e lápis. Tais recursos são destinados à construção do banco de itens e à segurança da informação que requerem investimento em hardware e software necessários para sua criação e aplicação.

O TAI é aplicado segundo um algoritmo de seleção. Esse algoritmo especifica itens que o indivíduo irá responder e sua sequência de apresentação [62]. O algoritmo é composto por 3 (três) partes: i) **como começar?** Qual o primeiro item a ser respondido?; ii) **como continuar?** Depois de cada resposta, qual o próximo item?; iii) **quando parar?** Quando o teste termina? Essas três partes permitem definir como serão feitas as estimativas da habilidade do respondente, como novos itens serão selecionados levando-se em conta essas estimativas e qual o critério de término do teste.

Habitualmente usa-se a Máxima Informação de Fisher como critério de seleção de itens [6]. Trata-se do valor médio da curvatura da verossimilhança. Quanto maior esta curvatura, maior será a informação sumarizada na função de verossimilhança e, conseqüentemente, maior o valor de $I(\Theta)$. A Máxima Informação de Fisher permite analisar quanto um item contém de informação para a medida de habilidade e pode ser calculada para cada item individualmente a partir dos seus parâmetros [12].

O comportamento da função de informação de um item revela sua capacidade em medir a habilidade Θ . Valores mais próximos do valor de $I(\Theta)$ em que a função de informação admite seu máximo, são medidos com maior precisão pelo item [6]. Tal característica revela a relação entre a quantidade de informação do item e o erro padrão de estimativa, ou seja, quanto mais informação menor é o erro. Tal erro pode ser utilizado como critério de parada, um teste é finalizado quando o nível do erro-padrão da medida for satisfeito. Outra maneira, para finalizar um teste é controlar o número máximo de questões que são administradas pelo

teste. Esse critério permite que a habilidade seja estimada com a precisão desejada sem que seja necessário a resolução de muitas questões [12].

A quantidade de itens administrados torna-se uma variável importante. Pois testes muito longos podem ser cansativos para as crianças. Além de que tais fatores de se sentir testado pode influenciar no seu desempenho nas tarefas. Partindo disso e com intuito de preservar o estado pleno do bem-estar físico e mental da criança. Partimos da ideia de que elementos de jogos possam encorajar comportamentos específicos e motivar os participantes durante os testes, consistindo na aplicação de elementos lúdicos em atividades comuns para torná-las mais atrativas, divertidas e eficazes.

2.8 Jogos e suas possibilidades na educação

Seduzidos pelos jogos, muitos jovens integralmente empenhados, assentam extenso período na instigação e fantasia de artefatos midiáticos, proporcionando a sensação de que são imunes a distrações e de que são incapazes de perder a concentração. Tal fato preocupa pais e educadores, pois seus filhos e alunos não aplicam o mesmo comprometimento e atenção nos estudos que são dedicados aos jogos [51]. Conseguir redirecionar a concentração que os jovens dão aos jogos para as atividades educacionais torna-se uma atividade de alta reflexão e conhecimentos práticos.

Surge então a necessidade de encontrar formas de conectar o ensino à diversão presentes nos jogos com fins educacionais. Tais recursos medem o processo de ensino e de aprendizagem, auxiliando os alunos a desenvolver, aperfeiçoar e amplificar a forma interativa a sua habilidade, tendo o professor a função de mediar o processo de reconstrução do conhecimento [23].

Na dislexia, os jogos são fortes aliados para estimular a criação de habilidades na leitura, reforçando a aprendizagem de forma estruturada e multissensorial. Através dos jogos é possível que a criança revise constantemente um assunto, além de proporcionar um trabalho individual seguindo o ritmo do aluno [49]. Além disso, é possível que o indivíduo faça o uso de diferentes atividades, estimulando o desenvolvimento das habilidades cognitivas e emocionais [1].

Existem poucos produtos no mercado brasileiro e relatos de experiências com aplicação

de jogo para este público. Atualmente, existe 4 (quatro) ferramentas em destaque que contribuem com atividades voltadas para leitura e escrita trabalhadas na fase de alfabetização em crianças com dislexia, são elas: Aramumo², Prefon³, Aprendendo com as sílabas⁴ e o Pluck no planeta dos sons⁵. Indicados por associações que lidam com a dislexia e reconhecidas nacionalmente — Associação Brasileira de Dislexia (ABD) e o Instituto ABCD.

- Aramumo é um aplicativo para dispositivos móveis compatível para plataforma Android. Foi desenvolvido pelo grupo ITAbits composto por alunos do Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Trata-se de uma ferramenta com um formato de palavras cruzadas com sílabas. Cada criança deve formar as palavras arrastando para uma posição correta as “bolhas” de sílabas que flutuam pela tela;
- Prefon é um aplicativo para intermediar o aprendizado em crianças com dislexia no desempenho de atividades com leitura e escrita. Foi desenvolvido pelo laboratório de Distúrbios de Aprendizagem e Transtornos de Atenção da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade de Campinas;
- Aprendendo com as sílabas é um jogo desenvolvido para exercitar duas atividades. A primeira visando o estímulo na identificação de sílabas para compor palavras a partir de uma imagem correspondente e a segunda que visa despertar na criança a capacidade de reconhecer signos de escrita e elaboração de novas palavras;
- Pluck no planeta dos sons é uma ferramenta educativa que diverte e desafia crianças de 2 a 10 anos a desenvolverem habilidades no processamento auditivo, a consciência fonológica e a correspondência entre sons e letras e a leitura de pseudopalavras.

É possível verificar que os jogos produzidos para o público disléxico exercitam através de suas atividades os problemas inerentes a dificuldade de interpretar e memorizar a ordenação e os sons das palavras, a troca de letras cujos sons são próximos e por fatores de coordenação motora. Esses jogos são destinados para estimular a habilidade de crianças com dislexia.

²Jogo disponibilizado no google play, disponível em: <https://goo.gl/1Rdiwe>.

³Jogo não disponível para uso, restrito apenas para pesquisa.

⁴Site do aprendendo com as sílabas, disponível em: <https://goo.gl/hKohan>.

⁵Site do pluck no planeta dos sons, disponível em: <https://goo.gl/JzReXy>.

Além desses aspectos de aprendizagem, é possível explorar técnicas modernas de mensuração da habilidade nas atividades dos jogos. Para Pasquali [41] essa representação torna-se um avanço para às áreas de avaliação psicológica e educacional por abordar conceitos da psicométrica moderna que mensura a habilidade mediante as respostas fornecidas pelo usuário, visando assim rastrear as limitações das crianças [4].

Recursos acessíveis e que forneçam informações para orientar família e escola sobre o desempenho da criança com dislexia são de interesse da sociedade organizada quando visam à solução de um problema. A partir da universalização e a democratização dos microcomputadores nas escolas, mesmo que subutilizados, ferramentas de apoio a educação foram desenvolvidas para experimentação e a investigação no campo da neuro psicologia.

Diante a uma especificação de ferramentas que atendam ao objeto de estudo desta pesquisa podemos citar os seguintes trabalhos relacionados:

- X-DYSLEX é um sistema especialista para pré-diagnóstico da dislexia em crianças. Através das respostas dadas pela criança são acumulados pontos para cada uma das seqüências. Mediante a pontuação final, o sistema dá um pré-diagnóstico a ser considerado pelo profissional [55];
- Uma plataforma de jogos com a intenção de melhorar e facilitar a tarefa de diagnóstico da dislexia, através da implementação de testes tradicionais, de modo que a criança perde a noção de estar sob avaliação. Além disso, esta plataforma oferece informações que permite verificar o progresso das crianças submetidos a terapia [63].
- THPL é um teste adaptativo informatizado que avalia as habilidades preditoras da leitura por meio da TRI. O teste é convencionalmente aplicado para uso clínico por psicólogos [38].

A plataforma de jogos [63] utiliza elementos lúdicos capaz de captar a atenção da criança que perde a noção de estar sob avaliação. O THPL e o X-DYSLEX, por sua vez, são limitados desses recursos que podem intimidar a criança durante a aplicação.

O X-DYSLEX e a plataforma de jogos [63] são baseados na TCT, esses testes desconsideram a possibilidade de a criança acertar o item por acaso, de tal forma que, é possível ter falhas no sistema de avaliação das habilidades em suas tarefas. O THPL, diferente dos outros

testes, mensura a habilidade dos participantes por meio da TRI, mas sua aplicação em meios tradicionais pode inibir a criança, comprometendo os resultados obtidos. Uma alternativa é encapsular o THPL em abordagem de jogo de forma a trazer à criança um instrumento lúdico que gere empatia.

Capítulo 3

Construção do jogo

Neste Capítulo são apresentados os passos dados na construção do jogo “Os Niridianos no Inacreditável Mar de Letras”, adaptado do THPL [38]. O jogo foi elaborado para avaliar as habilidades preditoras de leitura por meio da TRI.

3.1 Análise de requisitos

Foram coletados junto a um especialista, em Psicologia Cognitiva, os requisitos funcionais e não-funcionais do jogo, definindo para tanto, um esboço de uma solução a ser implementada que atendesse aos requisitos levantados. Essas informações foram recolhidas por meio de uma entrevista (Apêndice A) com questões abertas, considerando para tanto, a relação do profissional com o tema para melhoria de fatores nas dimensões que contemplam esse estudo. O informante-chave assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B) para participar da entrevista.

Com o término da entrevista, foi feito o tratamento dos dados pelo método qualitativo. Foi elaborado uma síntese da entrevista organizada em matrizes de análise por dimensão/componente. Após esse trabalho, foram feitas as alterações baseadas nas informações colhidas. Estas informações estabeleceram uma base para criação de um projeto de jogo por meio de um conjunto de requisitos que gerenciou, para tanto, a sua complexidade. Os requisitos foram separados entre funcionais e não funcionais.

3.1.1 Requisitos funcionais

Os requisitos funcionais referem-se sobre o que o jogo deve fazer, ou seja, suas funções e informações [22]. A seguir são apresentadas as funcionalidades do jogo, idealmente, será capaz de realizar.

- Disponibilizar as seguintes páginas de acesso público:
 - Página com informações do jogo;
 - Página com créditos do jogo;
 - Página para solicitação de contato, permitindo recolher os seguintes campos obrigatórios: nome, e-mail, assunto e mensagem;
 - Página para submissão do pedido de cadastro no jogo, permitindo recolher os seguintes campos obrigatórios: nome, e-mail, gênero, instituição, ocupação, data de nascimento, país e senha;
- Disponibilizar as seguintes páginas de acesso pós-autenticação:
 - Página para atualizar o cadastro do aplicador;
 - Página para cadastrar criança, permitindo recolher os seguintes campos obrigatórios: nome, gênero, idade, escola, ano escolar, têm livros em casa e alguém ler para você;
 - Página com a lista de testes disponíveis a serem aplicados com seu respectivo nome e descrição;
 - Página para visualizar o desempenho individual da criança, contendo os seguintes dados: número de protocolo, nome do participante, idade, escolaridade, nome do aplicador, data e hora do início e fim do teste, percentagem de acerto, duração por habilidade testada e gráficos que indiquem a evolução nas estimativas da habilidade versus a dificuldade do item aplicado durante o teste por sessão.
- Disponibilizar as seguintes funções para a criança:
 - Escolher personagem no jogo;
 - Visualizar instruções do jogo;

- Interagir com as habilidades motoras (coordenação viso-motora);
- Interagir com as habilidades linguísticas (aliteração, segmentação, memória visual e rima).
- Estabelecer as seguintes regras do teste:
 - É recomendado conceber um teste multimídia, com a capacidade de incorporar itens com recurso de texto, imagens e áudios harmonizados;
 - Cada item do teste deve ser calibrado e apresentar seguintes parâmetros: dificuldade, discriminação e probabilidade de acerto ao acaso;
 - Os itens devem ser selecionados durante a execução do teste que conceda um agrupamento de modelos matemáticos aplicados para definir as chances do jogador em dar uma resposta correta ao item em função dos seus parâmetros;
 - O teste deve avaliar as seguintes habilidades:
 - * Aliteração — avaliar a habilidade da criança na repetição de fonemas idênticos ou parecidos no início de várias palavras;
 - * Segmentação — avaliar a habilidade da criança na identificação do número de sílabas da palavra em causa;
 - * Memória visual — avaliar a habilidade da criança na repetição de fonemas idênticos ou parecidos no fim de várias palavras;
 - * Rima — avaliar a habilidade da criança na repetição de fonemas idênticos ou parecidos no fim de várias palavras;
 - * Coordenação viso motora — avaliar a habilidade da criança no que tange ao direcionamento intencional dos olhos, controlando a acuidade visual, ou seja, a capacidade de ver e diferenciar objetos apresentados no campo visual com significado e precisão.
 - O teste deve obrigatoriamente registrar o tempo de resposta, acerto/erro, número de objetos recolhidos e colididos durante a interação da criança.

3.1.2 Requisitos não funcionais

Os requisitos não funcionais referem-se as propriedades, premissas, considerações e restrições do jogo [22]. A seguir são apresentadas as qualificações do jogo, idealmente, será capaz de possuir.

- Interface deve ser amigável ao usuário primário sem se tornar cansativa aos usuários mais experientes;
- Contexto deve ser bem elaborado para envolver o usuário na atividade, para que o mesmo compreenda o conteúdo explorado;
- A linguagem utilizada no jogo deve ser clara e objetiva, que ajude o usuário primário a entender a dinâmica do jogo e consiga relacionar o conteúdo com a habilidade que está sendo avaliada;
- O jogo deve oferecer uma boa sequência no conteúdo para que o entendimento não seja quebrado;
- O jogo deve ser atrativo com muitas cores, desenhos e animações para prender a atenção do usuário primário;
- As informações sensíveis (controle de acesso e privacidade) devem ser integradas a um banco de dados seguro;
- O jogo deve ser disponibilizado através de um dispositivo móvel;
- O jogo deve ter alta disponibilidade, para não haver interrupções durante a aplicação dos testes.

3.2 Modelo de análise

As características que serão expressas nesta subseção referem-se ao perfil do usuário, a sequência de eventos do jogo e as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do jogo, que foram escolhidas de acordo com a relevância, para o modelo de análise.

3.2.1 Perfil do usuário

O perfil do usuário é um conjunto de informações que estão relacionadas às características do usuário do jogo (habilidades, limitações, preferências e interesses dos usuários). A seguir serão detalhadas características gerais, o conhecimento conceitual e o estilo cognitivo [22].

- **Características gerais** — O jogo é destinado às crianças entre 4 e 13 anos de idade, de ambos o gênero. O jogo foi criado a partir das tarefas de consciência fonológica (aliteração, segmentação e rima), memória visual do THPL [38]. Além das tarefas presentes no teste, o jogo também consegue explorar, devido a sua adequação, a tarefa de coordenação viso-motora. O jogo pode ser aplicado trimestralmente para verificar o nível de habilidade de leitura das crianças;
- **Conhecimento conceitual** — O nível de experiência do usuário para a função das tarefas e o uso de dispositivos móveis são considerados médio e baixo, respectivamente;
- **Estilo cognitivo** — O aprendizado e sua capacidade de reter informações não se aplicam ao jogo, porém é explorado características inovadoras para reter o nível de atenção da criança, de tal forma que os níveis de curiosidade e persistência das crianças nas atividades são considerados altos.

3.2.2 Sequência de eventos do jogo

O jogo aqui denominado “Os Niridianos no Inacreditável Mar de Letras” simula uma aventura de três jovens que passavam férias em um cruzeiro próximo de uma cidade fictícia, “Nirídia”, quando são surpreendidos pela pirata “Joey” que navegava pelo local. Em seguida, a pirata os convidam para realizar uma missão de recuperar seu tesouro perdido no fundo do “Mar de Letras”. A aventura começa quando os três jovens niridianos enfrentam perigos e lutam contra o tempo para desvendar os enigmas presentes no fundo do mar. A estrutura do jogo é dividida em três etapas, a saber:

- Etapa 1 — Apresentação do jogo;
- Etapa 2 — Estabelecimento das atividades relacionadas à coordenação viso-motora, consciência fonológica (aliteração, segmentação e rima) e memória visual;

- Etapa 3 — Finalização do jogo.

As orientações do jogo relacionadas à execução são apresentadas na Etapa 1. Na Etapa 2 são apresentadas 4 fases, para cada fase duas tarefas são conduzidas, uma relacionada à prática da coordenação viso-motora e outra relacionada à habilidade linguística. O jogador utiliza as setas para explorar as cavernas através do mergulho e recuperar o tesouro perdido no menor tempo e colidir com as cavernas o mínimo de vezes. O número de tesouros a ser recolhido e o tempo máximo de 3 (três) minutos, para cada fase, são explícitos para o jogador. O número de tesouro aumenta em 5 (cinco) unidades, a cada fase, inicia em 35 (trinta e cinco) e termina com 50 (cinquenta) unidades a serem recolhidas. O número de colisões é oculto para o jogador, sendo que não há eventos durante o jogo quando se colide nas cavernas. Após completar essas ações, o jogador finaliza a atividade através de um enigma a ser resolvido (neste caso, uma das tarefas — aliteração, segmentação, memória visual ou rima), sempre obedecendo a sequência de eventos da Etapa 2. Após concluir todas as fases da Etapa 2, é iniciada a etapa de finalização do jogo, que fornece uma avaliação global do desempenho do aluno em todas as atividades executadas, porém somente o professor/aplicador tem acesso a essas informações, para o aluno é apresentada uma tela de missão completa.

3.2.3 Tecnologia de suporte

Nesta seção é descrito o motor do jogo utilizado para resolução do problema levantado no Capítulo anterior.

O motor do jogo é uma ferramenta que possibilita desenvolver aplicações, introduzindo elementos básicos para desenvolvimento: componente física, Graphical User Interface (GUI), som, comunicação em rede, entre outros [21]. A renderização das cenas é feita através de motores gráficos. O motor físico põe em prática as leis físicas nos modelos, como velocidade, resistência na água e detecção de colisões.

Entre os diversos motores de jogo¹ foi escolhido o Unity3D, em virtude de sua portabilidade e pela quantidade de funcionalidade, sem impor grandes conhecimentos técnicos. Trata-se de uma ferramenta simples e rápida para desenvolvimento.

Foi utilizada a linguagem C# e a biblioteca .Net. As linguagens² abarcadas pelo Unity3D

¹Unity3D, Torque, Quest3D, Virtools e NeoAxis.

²C#, JavaScript e Boo.

são caracterizadas como scripting, proporcionando um procedimento interativo entre objetos e permite que seja adicionado novas funcionalidades a aplicações já terminadas.

A renderização no Unity3D é feita por meio de um único código para web, consola, computador ou mobile. Tornando-se uma vantagem em relação a outros motores de jogos. Além disso, o Unity3D dispõe de uma comunidade online bastante ativa e a Application Programming Interface (API) encontra-se bem documentada. Para o desenvolvimento de aplicações não comerciais, o Unity3D oferece uma versão gratuita.

3.3 Modelo de projeto

Nesta seção é apresentada a modelagem do jogo que teve por base a análise de requisitos. Foi utilizado a Unified Modeling Language (UML) na visualização dos requisitos levantados em diagramas padronizados que serão apresentados a seguir.

3.3.1 Diagrama de casos de uso

Na Figura 3.1 é apresentado 4 (quatro) atores do jogo: o visitante, o usuário/aplicador, usuário/aluno e o administrador, todos com os seus respectivos casos de uso. O ator visitante visualiza conteúdo do jogo como informações e créditos e, submete pedido de contato e de cadastro. O ator usuário/aplicador ao entrar no jogo tem a opção de atualizar seu cadastro, e tem total liberdade de cadastrar novos alunos, escolhendo para os mesmos testes que avaliam as habilidades preditoras de leitura. Já o ator usuário/aluno por sua vez escolhe um personagem, visualiza as instruções do jogo e, além disso interage com a ferramenta testando suas habilidades linguísticas e motoras. Por fim, o ator administrador aprova o pedido de cadastro de novos usuários e, visualiza e responde ao pedido de contato.

3.3.2 Interface, estrutura e navegação

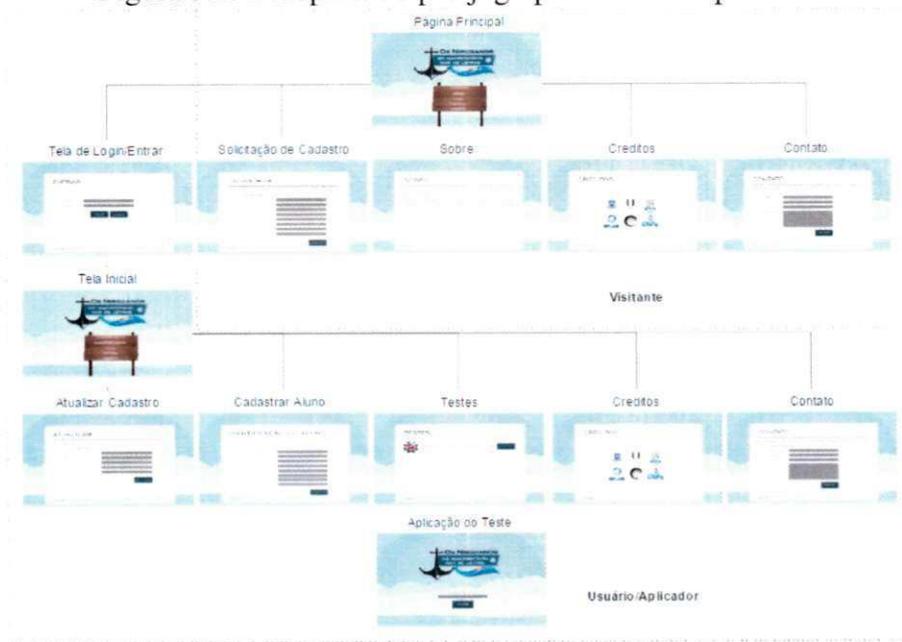
Nesta subseção é apresentado o fluxo de interação entre usuário/aplicador e o jogo. De tal forma que é possível explorar melhor as ideias de design na promoção de uma melhor visão da semântica do jogo mediante a condução nas atividades.

Figura 3.1: Diagrama de casos de uso.



Na Figura 3.2 é possível observar numa visão *top-down* a estrutura de navegação das páginas do pré-jogo. A navegação inicia-se na página principal com as seguintes funcionalidades: Cadastrar, Entrar, Sobre, Créditos e Contatos.

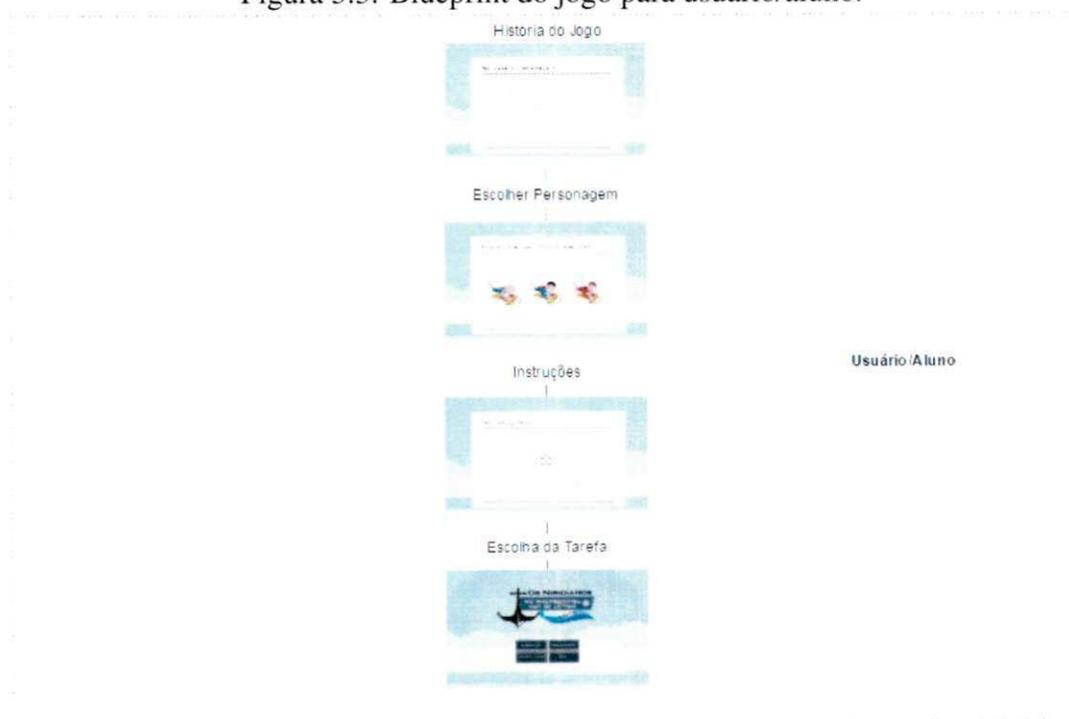
Figura 3.2: Blueprint do pré-jogo para usuário/aplicador.



O visitante tem acesso às páginas: “Sobre” – composta com informação detalhada do jogo; “Créditos” – composta com informação dos respectivos parceiros para conclusão do jogo; “Contato” – página com formulário para submissão de contato; “Cadastrar” – página com formulário para pedido de registo ao jogo. Após a autenticação na tela de “Logim”, o utilizador tem acesso às páginas: “Atualizar” informações no cadastro do aplicador; “Cadastrar” alunos; “Testes” – página composta com listagem dos testes disponíveis no jogo. Nesta página é permitido o acesso a um teste ou aos seus respectivos resultados; além dessas funcionalidades, o usuário/aplicador tem acesso as páginas de “Créditos” e “Contatos” presentes também na Página Principal.

Na Figura 3.3 é possível observar numa visão *top-down* a estrutura de navegação das páginas do jogo para usuário/aluno. A navegação inicia após a autenticação do aluno, uma vez realizada essa tarefa, é apresentado: a história do jogo, a escolha do personagem, instruções do jogo e a escolha da tarefa.

Figura 3.3: Blueprint do jogo para usuário/aluno.



Tela principal do jogo

A tela principal do jogo (Figura 3.4) é composta pelos seguintes elementos: i) **ID01**: Tela para submissão do pedido de registo no jogo; ii) **ID02**: Tela de autenticação do jogo; iii) **ID03**: Tela de informações sobre jogo; iv) **ID04**: Tela de créditos do jogo; v) **ID05**: Tela para solicitação de contato.

Figura 3.4: Tela principal do jogo.



Formulário de registo

Podemos observar na Figura 3.5, o formulário de submissão do pedido de registo, todos os campos a seguir, são preenchimento obrigatório: i) **ID01**: Campo para introdução do nome; ii) **ID02**: Campo para introdução do e-mail; iii) **ID03**: Campo para introdução da instituição; iv) **ID04**: Campo para introdução da ocupação profissional; v) **ID05**: Campo para introdução da data de nascimento; vi) **ID06**: Campo para introdução do país; vii) **ID07**: Campo para introdução da senha; viii) **ID08**: Campo para confirmação da senha; ix) **ID09**: Botão para submeter registo; x) **ID10**: Botão para voltar a tela principal do jogo.

Formulário de autenticação

A Figura 3.6 ilustra o formulário de autenticação para jogo. Após a autenticação, permite a navegação às páginas de configuração dos dados pessoais entre outras. Esta funcionalidade é composta pelos seguintes elementos: i) **ID01**: Campo para introdução do nome. Para

Figura 3.5: Tela de solicitação de cadastro do jogo.

The screenshot shows a registration form titled "CADASTRAR". Below the title, it says "FAÇA O PEDIDO DE REGISTO NO PROJETO LER ATRAVÉS DO FORMULÁRIO ABAIXO:" and "(*) TODOS OS CAMPOS SÃO OBRIGATORIOS:". The form contains the following fields and buttons:

- Nome (ID01)
- E-MAIL (ID02)
- INSTITUIÇÃO (ID03)
- Ocupação (ID04)
- DATA DE NASCIMENTO (ID05)
- PAÍS (ID06)
- SENHA (ID07)
- CONFIRMAÇÃO DE SENHA (ID08)
- VOLTAR (ID10)
- SUBMETER (ID09)

melhorar a funcionalidade do jogo foi escolhido o e-mail como usuário; ii) **ID02**: Campo para introdução da senha; iii) **ID03**: Como função opcional temos o botão “esqueceu a senha”, caso o usuário não a tenha memorizado; iv) **ID04**: Botão para iniciar o sistema de autenticação.

Figura 3.6: Tela de logim do jogo.

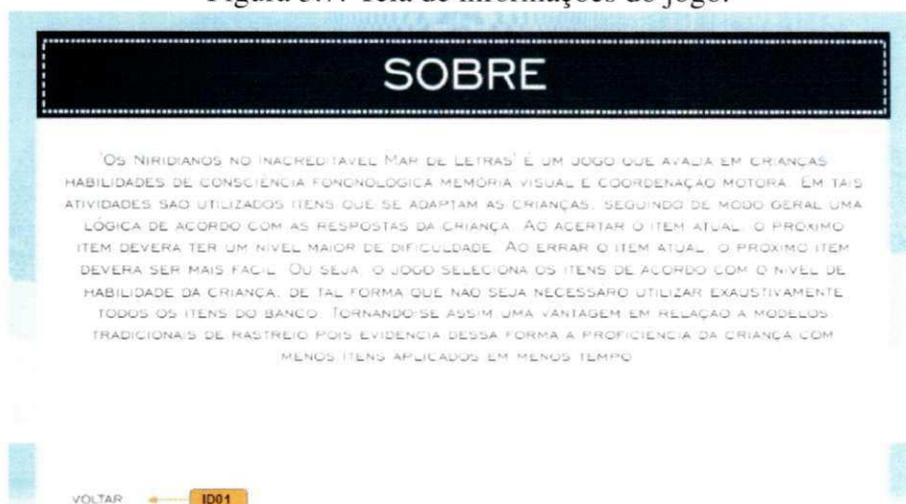
The screenshot shows a login form titled "ENTRAR". It contains the following fields and buttons:

- E-MAIL (ID01)
- SENHA (ID02)
- ESQUECEU A SENHA (ID03)
- ENTRAR (ID04)
- VOLTAR (ID05)

Página de informações sobre o jogo

A Figura 3.7 composta com informações detalhadas da pesquisa. Após a navegação até essa página é possível voltar para tela inicial do jogo, através do botão “voltar”(ID01).

Figura 3.7: Tela de informações do jogo.



Página de créditos do jogo

A Figura 3.8 é composta com informação dos respectivos parceiros para conclusão do jogo. Após a navegação até essa página é possível voltar para tela inicial do jogo, através do botão “voltar”(ID01).

Figura 3.8: Tela de créditos do jogo.



Formulário de contato

A Figura 3.9 é composta por um formulário para submissão de contato com as seguintes componentes de preenchimento obrigatório: i) **ID01**: Campo para introdução do nome; ii)

ID02: Campo para introdução do e-mail; iii) **ID03**: Campo para introdução do assunto do contato; vi) **ID04**: Caixa de texto para introdução da mensagem; v) **ID05**: Botão para enviar a solicitação de contato; vi) **ID06**: Botão para voltar à página inicial do jogo.

Figura 3.9: Tela de contato do jogo.

CONTATOS

PARA FALAR CONOSCO CADASTRE ABAIXO SEUS DADOS DE CONTATO E A MENSAGEM. SE PREFERIR, ENVIE UM E-MAIL PARA O ENDEREÇO: GERAL@PROJETOLEL.ORG

(*) CAMPOS OBRIGATORIOS

NOME *

E-MAIL *

ASSUNTO *

MENSAGEM *

VOLTAR ID06

ENVIAR ID05

ID01 ID02 ID03 ID04

Tela pós autenticação do jogo

Depois da autenticação do usuário, ele será direcionado para a seguinte tela (Figura 3.10). Nela contém as seguintes funcionalidades: **ID01**: Tela para atualizar dados pessoais; **ID02**: Tela para cadastrar alunos que participarão dos testes; **ID03**: Tela com a listagem de testes; **ID04**: Tela de créditos do jogo; **ID05**: Tela para solicitação de contato.

Formulário de atualização dos dados pessoais

Esta funcionalidade permite o usuário/aplicador alterar seus dados pessoais (Figura 3.11). Além da informação recuperada no item “aqui”(ID01), é possível alterar os campos através do procedimento de atualização das seguintes componentes de preenchimento obrigatório: **ID02**: Campo para atualização do nome; **ID03**: Campo para atualização da instituição; **ID04**: Campo para atualização da ocupação; **ID05**: Campo para atualização da data de nascimento; **ID06**: Campo de atualização do País; **ID07**: Botão para atualizar dados fornecidos; **ID08**: Botão para voltar à tela anterior.

Figura 3.10: Tela pós autenticação do jogo.



Figura 3.11: Tela de atualização dos dados pessoais.



Formulário de identificação do aluno

Esta funcionalidade permite o cadastro do aluno (Figura 3.12). Nela contém as seguintes componentes de preenchimento obrigatório: **ID01**: Campo para o número de cadastro do aluno (auto incrementado); **ID02**: Campo para introdução do nome; **ID03**: Campo para introdução do gênero; **ID04**: Campo para introdução da idade, ano; **ID05**: Campo para introdução dos meses; **ID06**: Campo para introdução da escola; **ID07**: Campo para introdução do ano escolar; **ID08**: Campo para informar se o usuário/aluno tem livros em casa; **ID09**: Campo para informar se alguém lê para o usuário/aluno; **ID10**: Botão para finalizar o processo de cadastro das informações do usuário/aluno; **ID11**: Botão para voltar a tela anterior.

Figura 3.12: Tela de identificação do aluno.

A imagem mostra a interface de usuário para a identificação de um aluno. O título principal é "IDENTIFICAÇÃO DO ALUNO". O formulário contém os seguintes campos e botões:

- Campos de texto para: ID, NOME, GÊNERO, IDADE (ANOS), IDADE (MESES), ESCOLA, ANO ESCOLAR, TEM LIVROS EM CASA?, e ALGUÉM LER PARA VOCE?.
- Botão "SUBMETER" (ID10) para finalizar o cadastro.
- Botão "VOLTAR" (ID11) para retornar à tela anterior.

Os identificadores ID01 a ID09 são associados aos campos de texto, e ID10 e ID11 são associados aos botões.

Tela com listagem de testes

Na Figura 3.13 é possível visualizar a listagem de testes disponíveis na plataforma. Para cada teste são apresentados o jogo e a descrição das tarefas. Nesta página, o usuário/aplicador pode navegar através dos seguintes componentes: **ID01**: Ícone do teste hiperlinkado à página inicial do teste; **ID02**: Botão de visualização dos resultados da aplicação do teste.

Figura 3.13: Tela de testes.



Tela inicial do teste

Para autenticar o usuário/aluno no jogo (Figura 3.14) é necessário informar o nome (**ID01**) do participante do teste e clicar no botão jogar (**ID02**).

Figura 3.14: Tela inicial do teste.



Tela da história, escolha de personagens e instruções do jogo

Após autenticação do aluno no jogo, é apresentado a história (Figura 3.15) com objetivo de contextualizar a visão do aluno no ambiente em que está sendo inserido. Em seguida, o usuário/aluno escolherá um personagem entres três opções (Figura 3.16). E, uma vez escolhido é apresentado a tela de instruções do jogo (Figura 3.17). Caso aconteça problemas na aplicação do teste, o usuário/aplicador pode intermediar a interação do usuário/aluno no jogo e clicar em “voltar”(ID01) ou “avançar”(ID02), caso contrário em todas as etapas (história, escolha do personagem e instruções do jogo).

Figura 3.15: Tela da história do jogo.

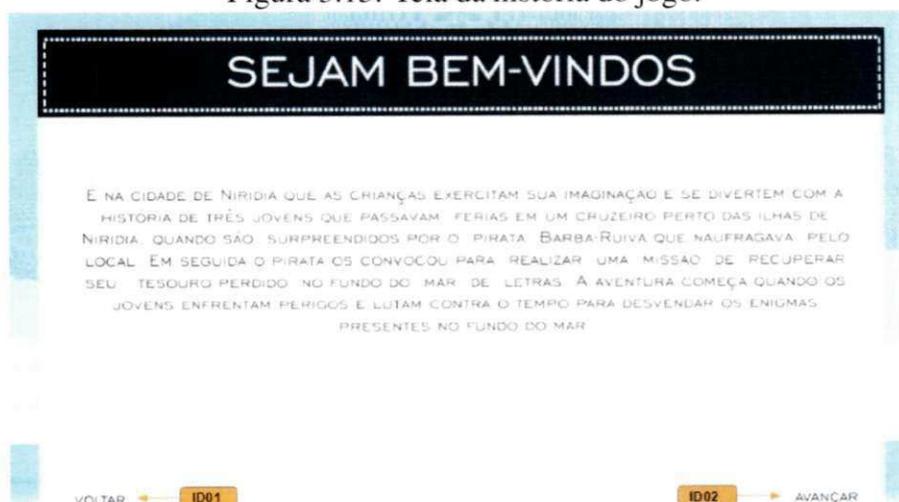


Figura 3.16: Tela de escolha de personagem.



Figura 3.17: Tela de instruções do jogo.



Tela das tarefas do jogo

O jogo tem por finalidade avaliar as seguintes habilidades: coordenação viso-motora, aliteração, segmentação, memória visual e rima.

A atividade de coordenação viso-motora permite avaliar a habilidade da criança no que tange ao direcionamento intencional dos olhos, controlando a acuidade visual, ou seja, a capacidade de ver e diferenciar objetos apresentados no campo visual com significado e precisão. É pedido à criança para recuperar o tesouro no menor tempo e colidir com as cavernas o mínimo de vezes, conforme a Figura 3.18. A atividade de aliteração permite avaliar a habilidade da criança na identificação de fonemas idênticos ou parecidos no início de várias palavras. No jogo é apresentado uma figura-estímulo (com a representação sonora) e três figuras-teste; entre as figuras-teste uma aliterava com a figura-estímulo, conforme a Figura 3.19. A atividade de segmentação permite avaliar a habilidade da criança na identificação do número de sílabas da palavra em causa. No jogo é apresentada uma figura-estímulo (com a representação sonora) e são apresentadas cinco possibilidades de resposta que podem corresponder a quantidade de segmentos, havendo apenas uma possibilidade correta de resposta, conforme Figura 3.20. A atividade de memória visual, por sua vez, permite avaliar a habilidade de memória visual da criança em um curto intervalo de tempo. No jogo se configura na observação de uma figura em um curto intervalo de tempo e, em seguida, na sua identificação num conjunto maior de desenhos, conforme a Figura 3.21. A atividade de rima permite ava-

liar a habilidade da criança na identificação da palavra que contém a mesma terminação. No jogo é apresentado uma figura-estímulo (com a representação sonora) e três figuras-teste; entre as figuras-teste uma rimava com a figura-estímulo, conforme a Figura 3.22.

Figura 3.18: Exemplo da tarefa coordenação viso-motora.

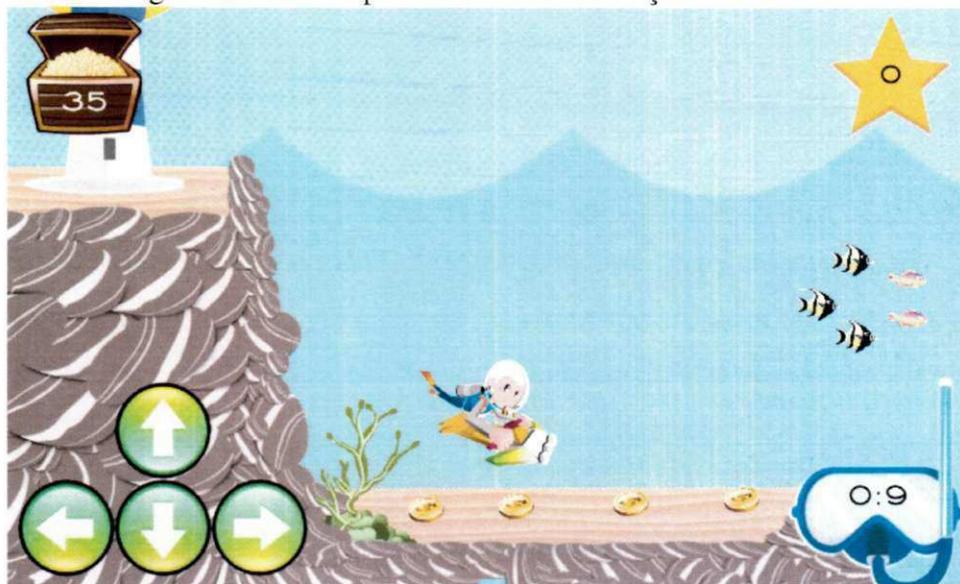


Figura 3.19: Exemplo da tarefa aliteração.

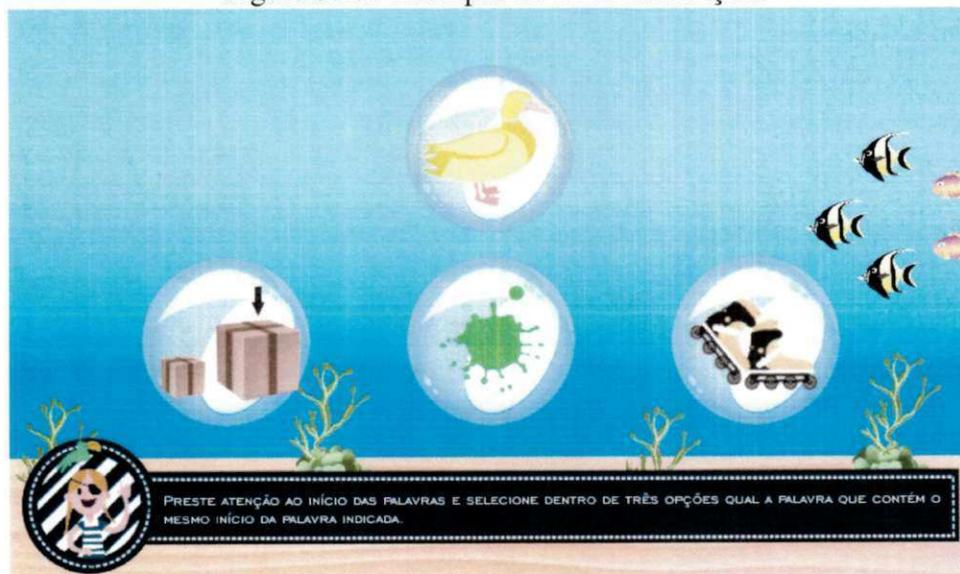
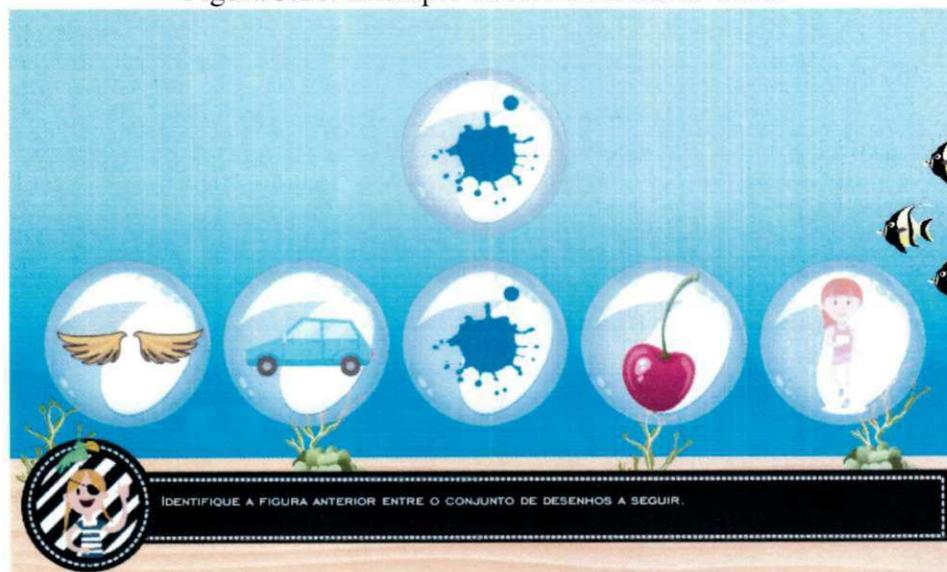


Figura 3.20: Exemplo da tarefa segmentação.



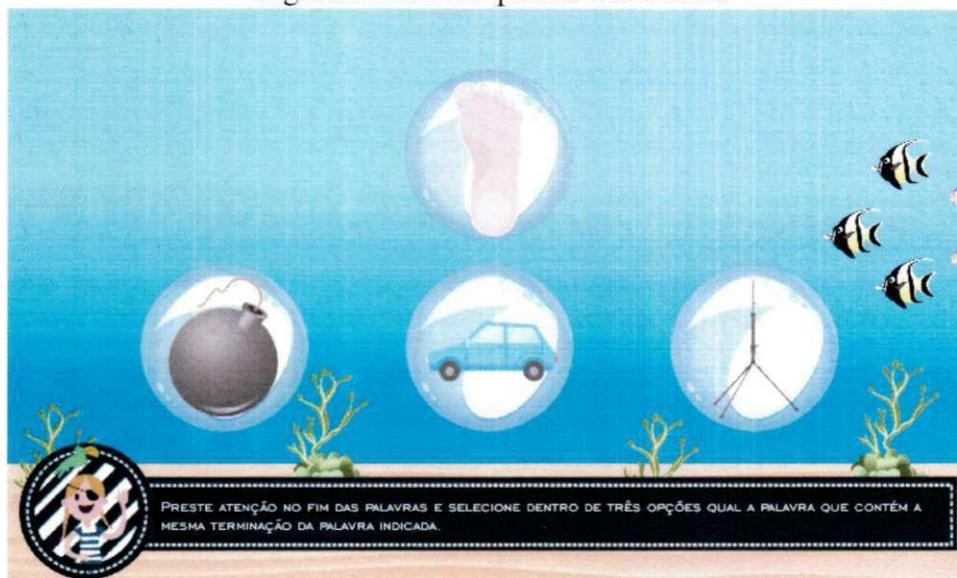
Figura 3.21: Exemplo da tarefa memória visual.



Tela de resultados do teste

Na tela de resultados do teste (Figura 3.23), o usuário/aplicador pode visualizar todos os resultados da aplicação. São apresentadas as seguintes informações no relatório: **ID01:** Coluna com o número do protocolo; **ID02:** Coluna com o nome do usuário/jogador; **ID03:** Coluna com o nome do usuário/aplicador do teste; **ID04:** Coluna com a data início de aplicação do teste; **ID05:** Coluna com a data final de aplicação do teste; **ID06:** Coluna com a percentagem

Figura 3.22: Exemplo da tarefa rima.



de acerto do teste; **ID07**: Coluna com o número de acerto de acordo com número de itens aplicados durante o teste; **ID08**: Coluna com a duração total do teste. O usuário/aplicador pode, a qualquer momento, parar de visualizar o relatório dos jogadores e clicar em “voltar”(ID09).

Tela de desempenho individual

Na Figura 3.24 é apresentado ao usuário/aplicador o desempenho do usuário/jogador em um teste. São apresentadas as seguintes informações no relatório: **ID01**: Identificação do usuário/jogador; **ID02**: Coluna com o nome da habilidade; **ID03**: Coluna com o valor estimado da habilidade por usuário/jogador; **ID04** Coluna com a probabilidade de acerto por habilidade; **ID05**: Coluna com o número de acertos de acordo com o número de itens aplicados por habilidade; **ID06**: Coluna com a duração de execução do teste por habilidade; **ID07**: Coluna com o número de objetos colididos e recolhidos; **ID08**: Coluna com a duração de execução do teste na habilidade coordenação viso-motora. O usuário/aplicador pode, a qualquer momento, parar de visualizar o desempenho individual dos jogadores e clicar em “voltar”(ID09).

Figura 3.23: Tela de resultados do teste.

RESULTADOS DO TESTE											
ID01	RID	ID02	NO	ID03	EDITAVEL	ID04	DE LETRAS	ID05	ID06	ID07	ID08
#	PARTICIPANTE	APLICADOR	DATA / HORA INICIO	DATA / HORA FIM	PERCENTAGEM	SCORE	DURACAO				
001	PEDRO LUCAS	ADMIN	27/03/2017 08:06	27/03/2017 08:12	67,57%	25,37	6:22				
002	JACKSON RUAN	ADMIN	27/03/2017 08:08	27/03/2017 08:20	86,67%	26,30	1:43				
003	JOSÉ LUAN	ADMIN	27/03/2017 08:09	27/03/2017 08:28	78,38%	29,37	1:8:57				
004	ISMAEL JEFFERSON	ADMIN	27/03/2017 08:15	27/03/2017 08:21	95,45%	21,22	1:6:49				
005	ANA MARYLLA	ADMIN	27/03/2017 09:50	27/03/2017 10:08	56,78%	21,37	1:8:52				
006	RAIO SOUSA	ADMIN	27/03/2017 10:00	27/03/2017 10:13	66,67%	24,36	1:2:40				
007	HEBERT FORTES	ADMIN	27/03/2017 10:05	27/03/2017 10:13	78,57%	22,28	1:7:08				
008	ADRIAN VITOR	ADMIN	27/03/2017 14:08	27/03/2017 14:21	51,91%	19,31	1:3:20				
009	ALEX FELICIANO	ADMIN	27/03/2017 14:09	27/03/2017 14:16	42,42%	14,33	1:7:37				
010	GABRIEL SILVA	ADMIN	27/03/2017 14:15	27/03/2017 14:25	76,67%	23,30	1:0:10				
011	MARIA LUIZA	ADMIN	28/03/2017 08:30	28/03/2017 08:39	80,77%	21,26	1:0:03				
012	LÍVIA ELDA	ADMIN	28/03/2017 08:33	28/03/2017 08:47	67,74%	21,31	1:4:09				
013	LUCAS GABRIEL	ADMIN	28/03/2017 09:10	28/03/2017 09:24	75,68%	28,37	1:4:08				
014	STEFFANY BENEATRIZ	ADMIN	28/03/2017 09:15	28/03/2017 09:26	86,67%	26,30	1:1:19				

VOLTAR ← ID09

Figura 3.24: Tela do desempenho individual.

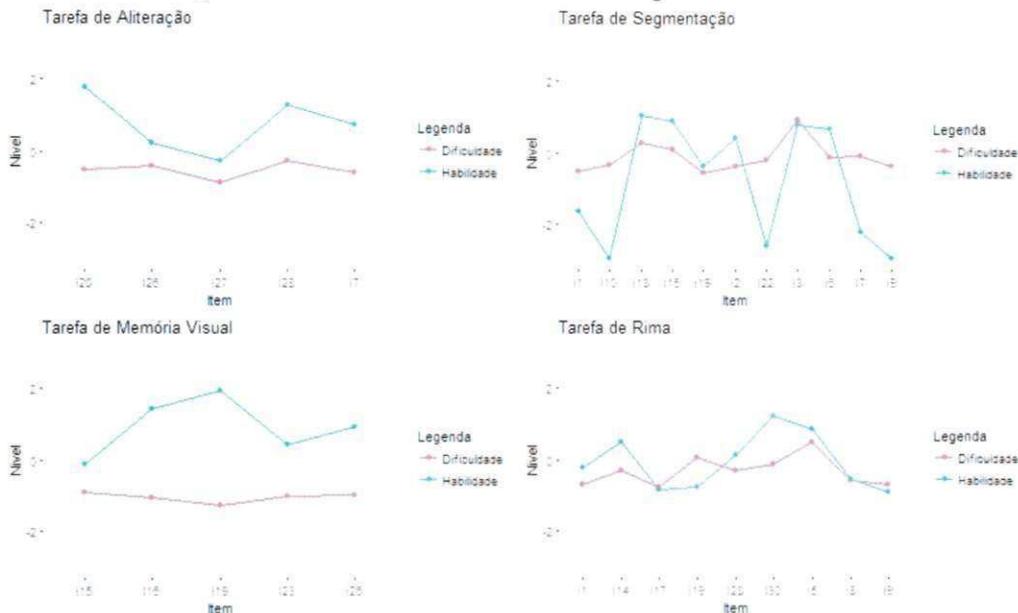
DESEMPENHO INDIVIDUAL					
ID01 DADOS DE IDENTIFICAÇÃO					
NOME:	JOSE LUAN FRANÇA DIAS	GÊNERO:	MASCULINO	IDADE:	7 ANOS E 10 MESES
ESCOLA:	E. E. F. M. JOSELITA BRASILEIRO	ANO:	1 ^o		
TEM LIVROS EM CASA?	SIM				
ALGUÉM LÊ PARA VOCÊ?	SIM				
ID02 TAREFAS DE DESEMPENHO INDIVIDUAL					
TAREFA	HABILIDADE	PERCENTAGEM	SCORE	DURAÇÃO	
ALTERAÇÃO	1:6:10	77,78%	7/9	3:35 (s)	
SEGMENTAÇÃO	0:8:62	77,78%	7/9	3:15 (s)	
MEMORIA VISUAL	0:9:17	87,50%	7/8	1:43 (s)	
RIMA	0:5:52	72,73%	8/11	3:44 (s)	
COORDENAÇÃO VISO MOTORA		NUMERO DE OBJETOS	DURAÇÃO		
RECOLHIDOS	166		5:78 (s)		
COLIDIDOS	100				

VOLTAR ← ID09

Tela de análise de desempenho individual

Na Figura 3.25 é possível observar a evolução, para cada tarefa, da dificuldade do item de acordo com a habilidade estimada do usuário/jogador durante a execução do teste.

Figura 3.25: Tela de análise de desempenho individual.



3.4 Modelo de arquitetura

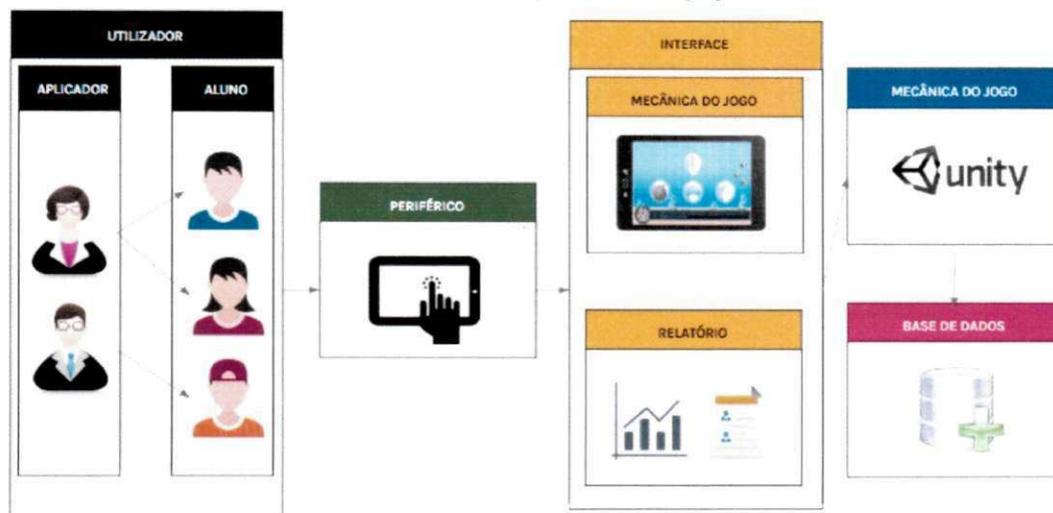
Esta seção apresenta as justificativas para a escolha do modelo de aplicação e do seu armazenamento, bem como o funcionamento geral da solução e como as várias componentes interagem entre si.

A arquitetura do jogo, esquematizada na Figura 3.26, é repartida em três blocos: interface com o utilizador, mecânica de jogo e base de dados. Os blocos “utilizador”, “interface”, “mecânica de jogo” e a “base de dados” foram desenhados para essa integração.

Existem dois tipos de utilizadores credenciados no jogo — o aplicador e o aluno. O aplicador é um educador, gestor ou responsável que deseja avaliar as habilidades da criança por meio das tarefas exibidas no jogo. O aluno é representado no ambiente escolar que interage com o jogo mediante às respostas fornecidas na aplicação.

A interface inclui todas as funcionalidades resultantes da interação entre o utilizador e o jogo através do touch screen (periférico). Essa interação se dar mediante a verificação,

Figura 3.26: Arquitetura do jogo.



em cada cena, pelo método update, se existe um evento na tela do dispositivo. A criança interage com o jogo através da camada GUI, função definida em diferentes classes cujo objetivo é suportar a componente gráfica do jogo, por exemplo, selecionar um item em um conjunto de alternativas ou avançar nas instruções do jogo.

A mecânica do jogo representada pela sequência de eventos (subseção 3.2.2) foi implementada para definir um encandeamento de ideias que contemple uma visão clara e objetiva do jogo pela criança.

O modelo lógico de dados foi produzido através do padrão Sistema de Gestão de Base de Dados relacional MySQL, com intuito de suportar requisitos que foram interligados à complexidade abordada durante o desenvolvimento do projeto e também armazenar dados apresentados pelo jogo.

Capítulo 4

Construção do banco de itens e do algoritmo

Neste Capítulo é apresentado o procedimento de elaboração do banco de itens e do algoritmo utilizado no jogo, dividido nas várias etapas: elaboração dos itens, relatando toda a metodologia e as técnicas utilizadas no desenvolvimento dos itens que compõem o jogo; calibração dos itens e construção da escala, apresentando a condução do estudo para analisar as propriedades psicométricas dos itens, e por último, a elaboração do algoritmo, relatando o seu processo de construção com base no critério de partida, no método estatístico para estimar o traço latente, no procedimento para selecionar o próximo item e no critério de parada.

4.1 Banco de itens

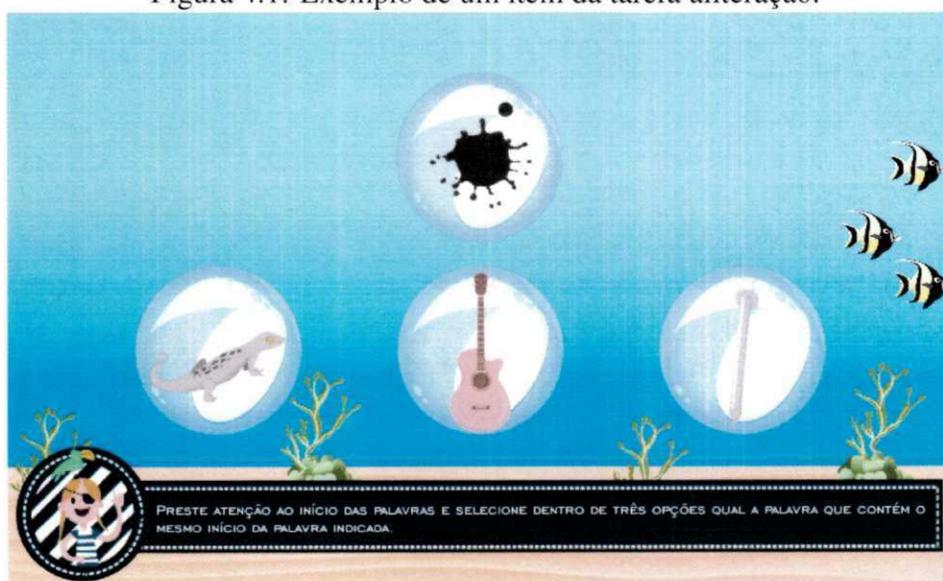
Foi utilizado o banco de itens já validado do THPL [38], considerando as seguintes etapas: i) **elaboração dos itens** composto por um conjunto de palavras selecionadas do teste com os respectivos desenhos gráficos e arquivos de áudio; e, ii) a **calibração dos itens** para verificar suas propriedades psicométricas e analisar se escala construída se encontra minimamente adequada para que seja dada continuidade ao estudo (nesta etapa é analisado o instrumento, verificando se o mesmo possui confiabilidade suficiente para melhorá-lo quanto às suas deficiências [60]).

4.1.1 Elaboração dos itens

Um item é composto por um conjunto de palavras selecionadas com o respectivo desenho gráfico e arquivo de áudio.

Na Figura 4.1 é apresentado um exemplo de um item da tarefa aliteração. Neste item, tem-se o seguinte conjunto de palavras selecionadas: preto (palavra-estímulo), lagartixa, violão e prego (palavras-respostas), com seus respectivos desenhos gráficos e áudio associado: “a palavra agora é preto, você percebeu que a palavra preto começa com ‘pre’...preto, qual dessas palavras começa com o mesmo som de ‘pre’ de preto? lagartixa, violão, prego”.

Figura 4.1: Exemplo de um item da tarefa aliteração.



Para construção dos itens do jogo, foram necessárias cinco etapas, a saber: seleção das palavras do banco de itens do THPL; elaboração dos desenhos a partir do banco de imagens freepik; seleção dos áudios do THPL; pré-calibração; e, a decisão do conteúdo do jogo.

Seleção das palavras

A partir de uma lista contendo 2.957 palavras de baixa, média e alta frequência de ocorrência no vocabulário de leitura das crianças de pré-escola e 1º a 5º ano do ensino fundamental, foi selecionado 170 palavras que pudessem ser representadas por meio de uma imagem e que estivessem presentes nas listas de cada ano escolar [42]. Deve-se salientar que o critério de escolha das palavras foi predefinido pelo THPL [38] e autorizados pelo NESMEP apenas para uso restrito de pesquisa.

Elaboração dos desenhos

A partir da biblioteca gratuita freepik (<http://br.freepik.com/>), foi baixado para cada palavra selecionada uma ilustração vetorizada, sendo que algumas foram modificadas por meio da ferramenta de edição de gráficos CorelDRAW Graphics Suite X8. Para efetivação dos desenhos, foram levados em consideração a idade das crianças e o público-alvo do teste. Ao todo foram selecionados/modificados 170 desenhos para compor os itens.

Após a conclusão dos desenhos, os mesmos foram apresentados a 56 participantes divididos em três grupos amostrais com intuito de analisar e identificar os desenhos por partes dos grupos, verificando para tanto, o grau de concordância entre os respondentes: i) um grupo de juízes composto por 3 (três) professores do ensino fundamental e 2 (dois) professores universitários do Centro de Educação da Universidade Federal de Campina Grande, sendo 1 (um) homem e 4 (quatro) mulheres, com idade superior a 30 anos e nível superior de escolaridade; ii) um grupo de 25 (vinte e cinco) crianças com bom desempenho escolar, oriundas de escolas públicas municipais de Campina Grande, Paraíba, Brasil. A faixa etária variou entre 6 a 12 anos (idade média = 8 anos e 6 meses; $dp = 1,32$), sendo 28% do sexo feminino e 72% do sexo masculino; iii) um grupo composto de 26 (vinte e seis) universitários do Centro de Educação da Universidade Federal de Campina Grande, sendo todos do sexo feminino com idade entre 19 e 28 anos.

Os desenhos foram apresentados em folha A4, na horizontal, em um ambiente com boa iluminação e a aplicação ocorreu de forma individual dentro de cada grupo. As crianças que foram consentidas pelos pais (Apêndice C) a participarem da pesquisa nomearam os desenhos. Os professores e os universitários que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B), além de analisar o desenho e nomeá-lo, avaliaram o grau de compreensão das imagens.

Foram analisados 170 desenhos por parte dos grupos. **Os desenhos que obtiveram 80% de concordância por parte dos participantes de cada grupo foram selecionados para a construção dos itens das tarefas de aliteração, segmentação, memória visual e rima, os que não atingiram o nível pré-determinado de concordância foram descartados.** Após a análise das respostas de cada grupo de avaliadores, foram selecionados 147 desenhos. Vinte e três desenhos foram excluídos por não atenderem ao pré-requisito de 80% de concordância entre os respondentes.

Elaboração dos áudios

Uma vez selecionadas as figuras, foram utilizados os áudios presentes no THPL gravados por uma jornalista sem sotaque regional [38]. Os áudios foram autorizados pelo NESMEP apenas para uso restrito de pesquisa.

Pré-calibração

Os itens foram escolhidos de forma a abarcar itens fáceis, médios e difíceis de serem resolvidos, divididos, portanto em 3 níveis. Para as tarefas de aliteração, segmentação, memória visual e rima foram selecionados 120 itens. Para estipular o grau de dificuldade foram consideradas **a extensão, frequência, tonicidade e regularidade da palavra-estímulo**¹ [38]. Na Tabela 4.1 é apresentado um exemplo da pré-calibração da palavra-estímulo ‘preto’.

Tabela 4.1: Exemplo da pré-calibração do item preto.

Palavra	Extensão	Frequência	Tonicidade	Regularidade	Nível	Dificuldade
Preto	Dissílaba	Média	Oclusiva	Irregular	2,08	Fácil

Conteúdo do jogo

Em relação ao conteúdo do jogo, foram tomadas algumas decisões em relação ao formato escolhido para plataforma móvel, a saber: i) Para as imagens foi escolhido o padrão Portable Network Graphics (PNG) por ser um formato mais usado na Internet, comprimindo o tamanho, como também no suporte a imagens com o fundo transparente; ii) Para o áudio, foi optado pelo padrão MP3 pois os arquivos têm uma menor dimensão e largura de banda; iii) Em relação à composição de conteúdo, foi escolhido o modelo baseado na sincronização temporal das figuras e áudios; iv) Em relação à linguagem, foi escolhido C# por ser uma linguagem multi-paradigma, fortemente tipada e bastante utilizada em projetos de desenvolvimento de jogos, especialmente desenvolvidos no Unity3D.

¹A tabela completa de itens pré-calibrados é de uso restrito da pesquisa.

4.1.2 Calibração do banco de itens e construção da escala

Após a escolha dos itens do jogo, foi realizado um estudo para verificar as propriedades psicométricas dos itens. Esse procedimento é uma etapa importante na construção de qualquer instrumento, pois possibilita verificar se a escala construída se encontra minimamente adequada para que seja dada continuidade ao estudo.

Os itens foram apresentados na própria execução de um protótipo do jogo em tablets com a mesma configuração². O objetivo foi obter informações como acerto/erro do item e o tempo de resposta nas atividades de consciência fonológica (aliteração, segmentação e rima) e memória visual. Além disso, foram colhidas informações da atividade de coordenação viso/motora como eficiência (tempo para realizar a atividade), precisão (quantidade de tesouro recolhido) e o número de colisões nas cavernas.

Para esta parte do estudo participaram 270 crianças, sendo 134 (49,63%) meninas e 136 meninos (50,37%), com idade entre 4 e 13 anos (idade média = 8,65; Dp = 2,08), alunos de escolas públicas municipais de Campina Grande, Estado da Paraíba, Brasil. Considerou-se como critérios de inclusão: a frequência na escola, estar matriculado nos anos iniciais do ensino fundamental I. Excluíram-se todas as crianças que tivessem comprometimentos motores, cognitivos ou da comunicação que pudessem comprometer os resultados. Esta informação foi fornecida pelas educadoras de cada uma das salas de aula.

Vale destacar que o processo de escolha da amostra foi caracterizado como disponível tendo-se estimado somente as crianças que, no momento da aplicação do jogo, estavam presentes na sala de aula. As crianças foram divididas em 4 grupos de acordo com sua idade no momento da aplicação: Abaixo de 6 anos; Entre 6 e 8 anos; Entre 8 e 10 anos; E, crianças acima de 10 anos, conforme a Tabela 4.2.

O jogo foi aplicado no laboratório de informática de cada escola em grupos de 6 crianças, para aquelas que foram consentidas pelos pais. O tempo médio que as crianças levaram para responder ao jogo foi de aproximadamente 40 minutos. Foram consideradas as respostas das crianças durante a aplicação do jogo, e as transformaram em itens do tipo certo/errado (itens dicotômicos), portanto na correção foi atribuído 0 ao errar e 1 ao acertar.

Os dados coletados nesta fase do estudo foram analisados pela TRI com o auxílio da

²Tablet Multilaser M7S, processador Quad Core, sistema operacional Android 4.4 Kit Kat, tela capacitiva 7", memória interna 8GB e 512MB de memória RAM.

Tabela 4.2: Distribuição dos participantes entre os grupos.

Grupos	Idade Média	Desvio Padrão	Masculino	Feminino	Total
Abaixo de 6 anos	5,617	0,355	16	14	30
Entre 6 e 8 anos	6,983	0,557	37	43	80
Entre 8 e 10 anos	8,926	0,616	30	50	80
Acima de 10 anos	11,192	1,047	53	27	80
Média/Total	8,656	2,089	136	134	270

ferramenta MS Excel para análise e ajuste do ML3 pela estimação marginal de máxima verossimilhança, com a finalidade de verificar: i) a consistência interna do instrumento (correlação entre diferentes itens no mesmo teste, conforme a Tabela 4.3). A partir dos valores obtidos para o alfa, conclui-se que os resultados obtidos na avaliação do instrumento são confiáveis para todas atividades apresentadas. E, ii) a estimativa dos parâmetros dos itens das tarefas do jogo que serão apresentados na seção a seguir.

Tabela 4.3: Consistência interna do instrumento.

Atividade	Nº de Sujeitos	Nº de Itens	Média da pontuação	Desvio Padrão	Cronbach's Alpha
Aliteração	270	30	23,922	6,563	0,921
Segmentação	270	30	17,659	7,634	0,913
Memória Visual	270	30	26,426	5,435	0,925
Rima	270	30	21,533	7,134	0,913

4.1.3 Estimativas dos parâmetros das tarefas

A interpretação da distribuição das respostas das crianças em cada item das tarefas foi feita a partir dos parâmetros do ML3, além disso foi considerado a proporção de acertos e a correlação ponto bisserial entre a resposta correta no item e a pontuação total na tarefa.

Aliteração

Na Tabela 4.4 é apresentada os primeiros 5 itens dos 30 que compõem a tarefa de aliteração com os respectivos parâmetros, os quais foram considerados como conhecidos neste trabalho. A Tabela completa dos itens está disponível em Apêndice D.

Tabela 4.4: Tarefa aliteração, 5 primeiros itens calibrados.

Id	Item	a	b	c	Proporção de acertos	Correlação ponto bisserial
001	Pato	1,768	-1,545	0,142	0,881	0,497
002	Carro	1,714	-0,83	0,13	0,759	0,536
003	Bota	1,903	-1,536	0,154	0,889	0,495
004	Preto	2,821	-0,876	0,216	0,826	0,566
005	Folha	1,923	-0,752	0,214	0,781	0,489
Média		2,032	-0,946	0,169	0,797	0,512
Desvio Padrão		0,496	0,350	0,031	0,064	0,081

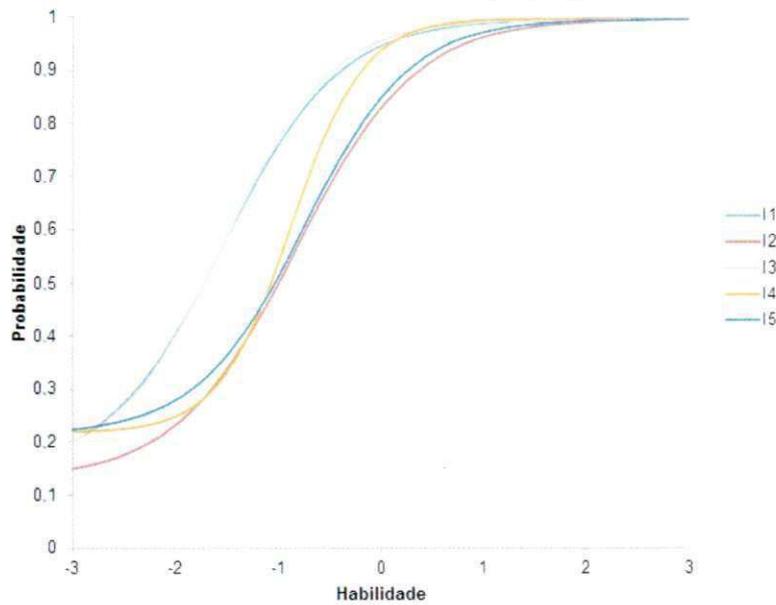
Na Tabela 4.5 é apresentado os primeiros 5 itens dos 30 que compõem a tarefa de aliteração com os respectivos índices de ajustes ao ML3. A tabela completa dos itens está disponível em Apêndice E.

Tabela 4.5: Tarefa aliteração, 5 primeiros itens ajustados.

Id	Nome	Chi-square	Grau de liberdade	P-Value
001	Pato	3,047	10	0,980
002	Carro	1,119	10	1,000
003	Bota	0,304	10	1,000
004	Preto	0,585	10	1,000
005	Folha	2,411	10	0,992

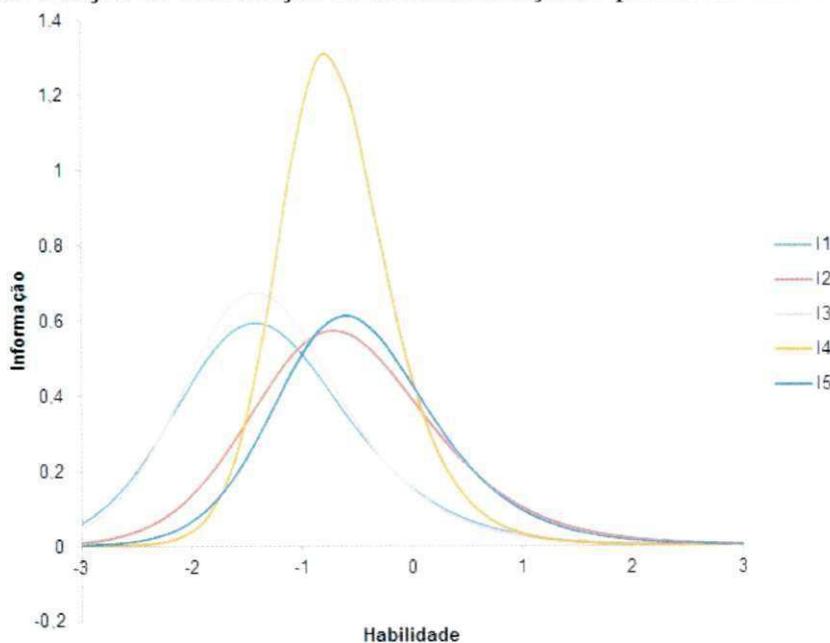
A representação gráfica das curvas características dos primeiros 5 itens para a tarefa de aliteração está apresentada na Figura 4.2, em que se destacam os valores extremos dos índices de discriminação, dificuldade e acerto ao acaso. A figura completa está disponível em Apêndice F.

Figura 4.2: Curva característica da tarefa aliteração, 5 primeiros itens calibrados.



A função de informação dos primeiros 5 itens para a tarefa de aliteração está apresentada na Figura 4.3, em que se destaca o quanto de informação cada item fornece em uma determinada região do traço latente. A figura completa está disponível em Apêndice G.

Figura 4.3: Função de informação da tarefa aliteração, 5 primeiros itens calibrados.



Segmentação

Na Tabela 4.6 é apresentado os primeiros 5 itens dos 30 que compõem a tarefa de segmentação com os respectivos parâmetros, os quais foram considerados como conhecidos neste trabalho. A tabela completa dos itens está disponível em Apêndice D.

Tabela 4.6: Tarefa segmentação, 5 primeiros itens calibrados.

Id	Item	a	b	c	Proporção de acertos	Correlação ponto bisserial
001	Árvore	1,648	-0,510	0,136	0,685	0,507
002	Faca	3,858	-0,366	0,204	0,715	0,643
003	Mão	2,768	0,937	0,177	0,352	0,348
004	Ratos	3,143	-0,011	0,301	0,670	0,481
005	Calça	0,984	0,860	0,120	0,407	0,332
Média		2,127	-0,014	0,155	0,589	0,485
Desvio Padrão		0,817	0,526	0,044	0,121	0,117

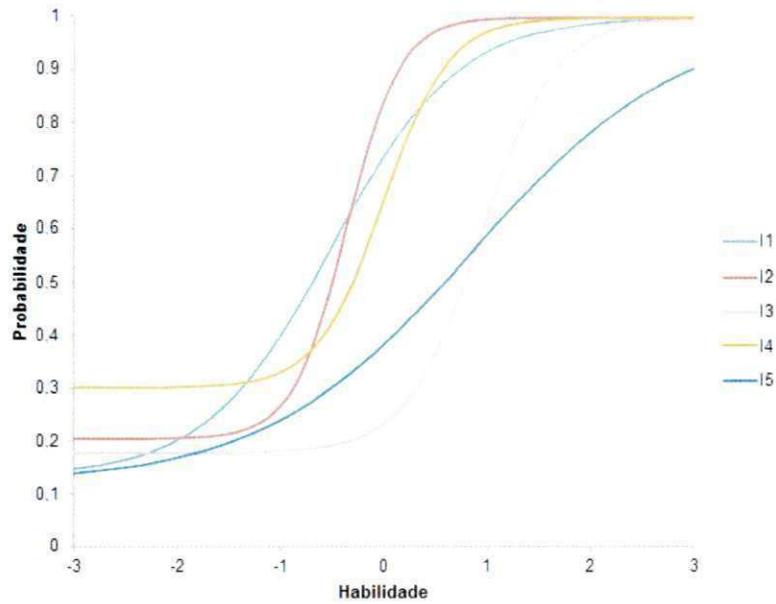
Na Tabela 4.7 é apresentado os primeiros 5 itens dos 30 que compõem a tarefa de segmentação com os respectivos índices de ajustes ao modelo ML3. A tabela completa dos itens está disponível em Apêndice E.

Tabela 4.7: Tarefa segmentação, 5 primeiros itens ajustados.

Id	Nome	Chi-square	Grau de liberdade	P-Value
001	Árvore	1,785	10	0,998
002	Faca	0,482	10	1,000
003	Mão	1,733	10	0,998
004	Ratos	2,356	10	0,993
005	Calça	2,450	10	0,992

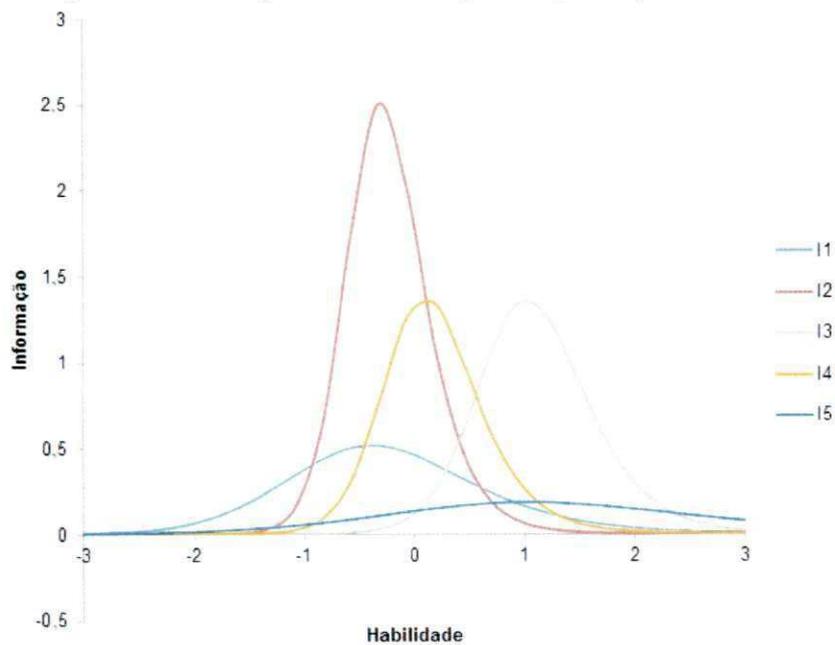
A representação gráfica das curvas características dos primeiros 5 itens para a tarefa de segmentação está apresentada na Figura 4.4, onde se destaca os valores extremos dos índices de discriminação, dificuldade e acerto ao acaso. A figura completa está disponível em Apêndice F.

Figura 4.4: Curva característica da tarefa segmentação, 5 primeiros itens calibrados.



A função de informação dos primeiros 5 itens para a tarefa de segmentação está apresentada na Figura 4.5, onde se destaca o quanto de informação cada item fornece em uma determinada região do traço latente. A figura completa está disponível em Apêndice G.

Figura 4.5: Função de informação da tarefa segmentação, 5 primeiros itens calibrados.



Memória Visual

Na Tabela 4.8 é apresentado os primeiros 5 itens dos 30 que compõem a tarefa de memória visual com os respectivos parâmetros, os quais foram considerados como conhecidos neste trabalho. A tabela completa dos itens está disponível em Apêndice D.

Tabela 4.8: Tarefa memória visual, 5 primeiros itens calibrados.

Id	Item	a	b	c	Proporção de acertos	Correlação ponto biserial
001	Mão	2,840	-0,982	0,233	0,893	0,505
002	Pé	2,335	-1,027	0,161	0,870	0,530
003	Lua	1,860	-1,375	0,171	0,900	0,453
004	Trêm	2,863	-1,081	0,160	0,893	0,589
005	Céu	2,977	-1,081	0,129	0,889	0,624
Média		2,113	-1,209	0,154	0,881	0,519
Desvio Padrão		0,488	0,211	0,026	0,021	0,066

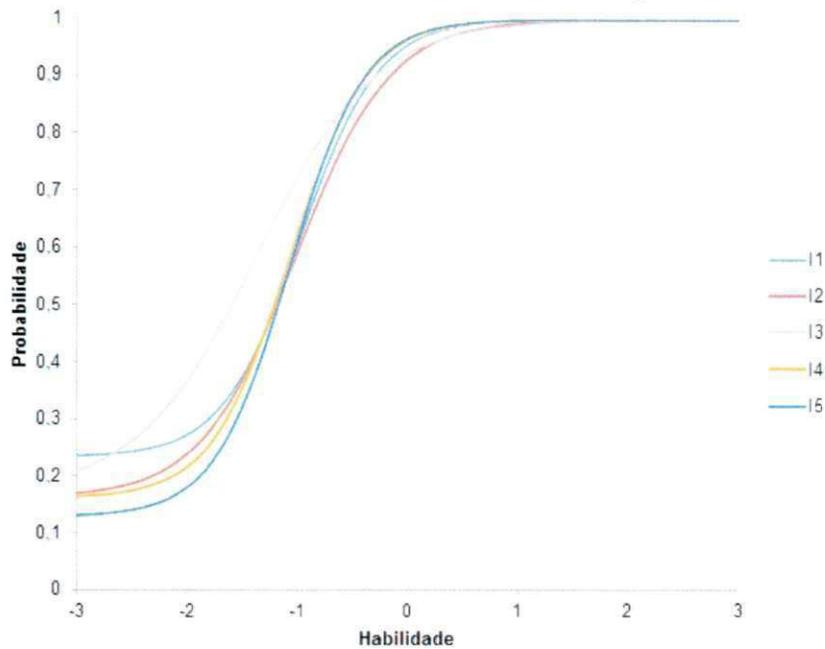
Na Tabela 4.9 é apresentado os primeiros 5 itens dos 30 que compõem a tarefa de memória visual com os respectivos índices de ajustes ao modelo ML3. A tabela completa dos itens está disponível em Apêndice E.

Tabela 4.9: Tarefa memória visual, 5 primeiros itens ajustados.

Id	Nome	Chi-square	Grau de liberdade	P-Value
001	Mão	0,707	10	1,000
002	Pé	1,073	10	1,000
003	Lua	0,200	10	1,000
004	Trêm	0,276	10	1,000
005	Céu	0,452	10	1,000

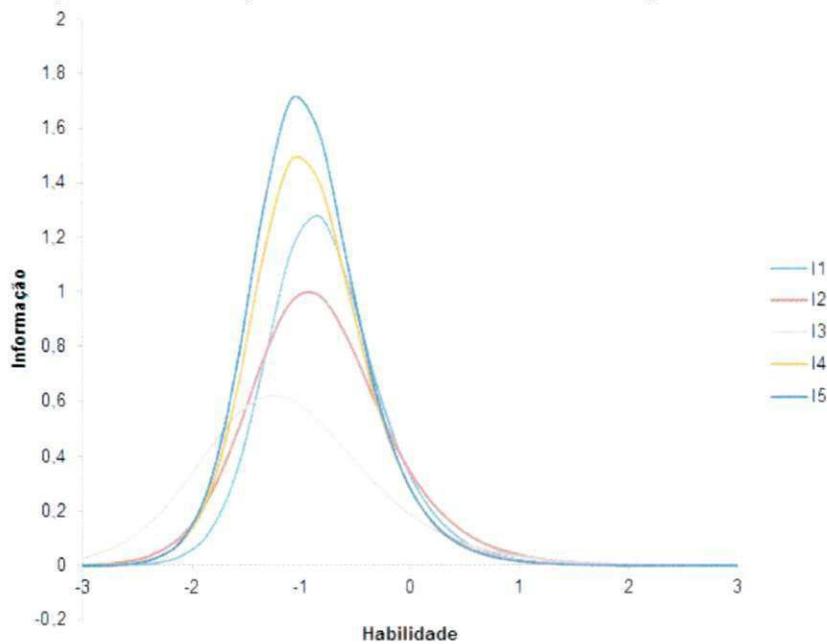
A representação gráfica das curvas características dos primeiros 5 itens para a tarefa de memória visual está apresentada na Figura 4.6, onde se destaca os valores extremos dos índices de discriminação, dificuldade e acerto ao acaso. A figura completa está disponível em Apêndice F.

Figura 4.6: Curva característica da tarefa memória visual, 5 primeiros itens calibrados.



A função de informação dos primeiros 5 itens para a tarefa de memória visual está apresentada na Figura 4.7, onde se destaca o quanto de informação cada item fornece em uma determinada região do traço latente. A figura completa está disponível em Apêndice G.

Figura 4.7: Função de informação da tarefa memória visual, 5 primeiros itens calibrados.



Rima

Na Tabela 4.10 é apresentado os primeiros 5 itens dos 30 que compõem a tarefa de rima com os respectivos parâmetros, os quais foram considerados como conhecidos neste trabalho. A tabela completa dos itens está disponível em Apêndice D.

Tabela 4.10: Tarefa rima, 5 primeiros itens calibrados.

Id	Item	a	b	c	Proporção de acertos	Correlação ponto bisserial
001	Pé	2,370	-0,701	0,197	0,774	0,521
002	Gato	1,649	-0,330	0,234	0,696	0,414
003	Pombo	1,890	-0,465	0,171	0,700	0,494
004	Cachorro	1,679	-0,550	0,188	0,722	0,458
005	Chocalho	4,205	0,478	0,361	0,600	0,387
Média		2,162	-0,476	0,203	0,718	0,487
Desvio Padrão		0,631	0,325	0,049	0,063	0,061

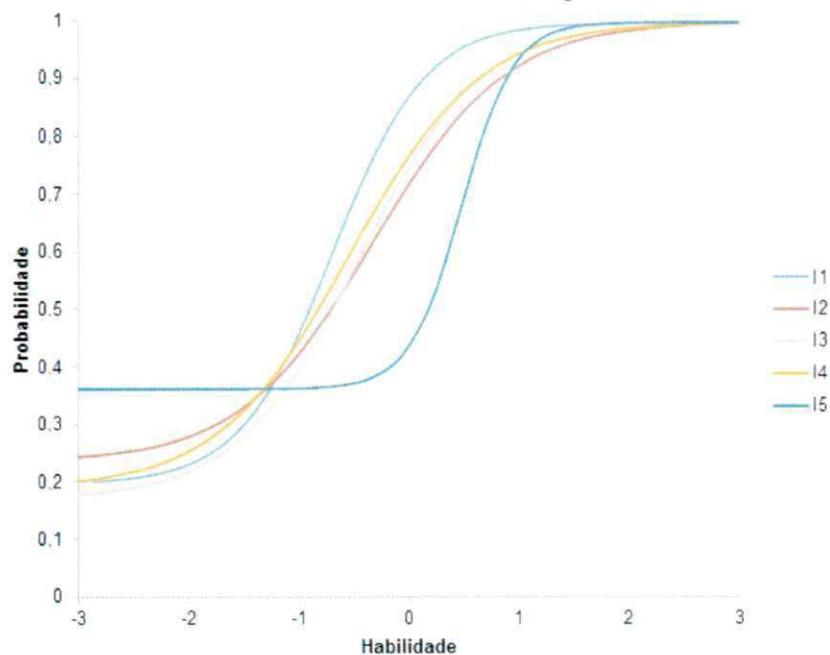
Na Tabela 4.11 é apresentado os primeiros 5 itens dos 30 que compõem a tarefa de rima com os respectivos índices de ajustes ao modelo ML3. A tabela completa dos itens está disponível em Apêndice E.

Tabela 4.11: Tarefa rima, 5 primeiros itens ajustados.

Id	Nome	Chi-square	Grau de liberdade	P-Value
001	Pé	1,183	10	1,000
002	Gato	1,687	10	0,998
003	Pombo	0,452	10	1,000
004	Cachorro	1,833	10	0,997
005	Chocalho	1,093	10	1,000

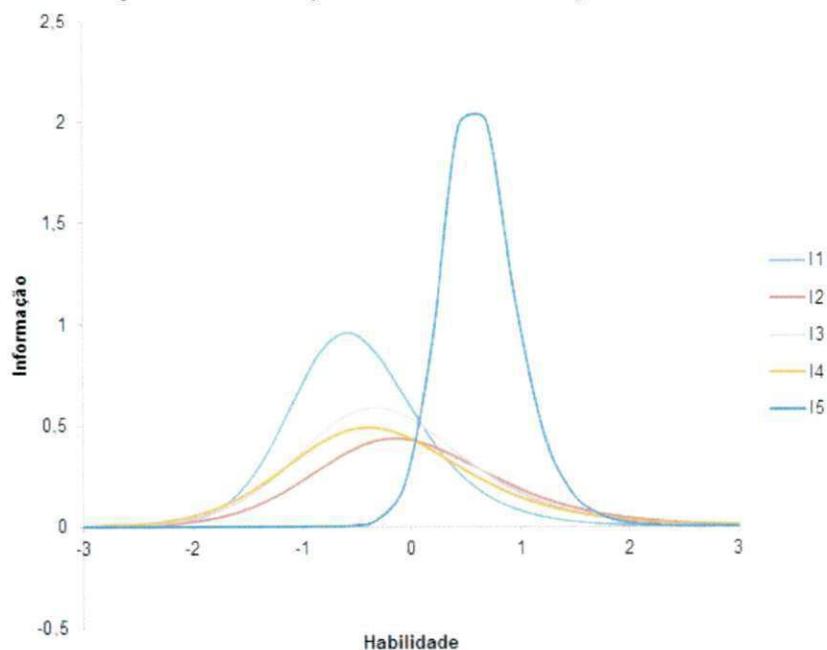
A representação gráfica das curvas características dos primeiros 5 itens para a tarefa de rima está apresentada na Figura 4.8, onde se destaca os valores extremos dos índices de discriminação, dificuldade e acerto ao acaso. A figura completa está disponível em Apêndice F.

Figura 4.8: Curva característica da tarefa rima, 5 primeiros itens calibrados.



A função de informação dos primeiros 5 itens para a tarefa de rima está apresentada na Figura 4.9, onde se destaca o quanto de informação cada item fornece em uma determinada região do traço latente. A figura completa está disponível em Apêndice G.

Figura 4.9: Função de informação da tarefa rima, 5 primeiros itens calibrados.



Análise dos parâmetros dos itens das tarefas do jogo

Após a constatação do modelo logístico ML3 não foi encontrado valores críticos para os parâmetros estimados, todos os itens das tarefas aliteração, segmentação, memória visual e rima possuem valor superior a 0,30 para o índice de discriminação; para o índice de dificuldade valores entre 2,95 e -2,95; e a probabilidade de acerto casual abaixo de 0,40.

Além disso, os resultados revelaram que as atividades aliteração e rima apresentam itens fáceis (com índices acima de 75%) e itens moderados (com índices entre 50 a 75%). Na tarefa segmentação apresenta itens moderados (com índices entre 50 a 75%) e itens difíceis (com índices abaixo de 50%). Na tarefa memória visual apresenta apenas itens fáceis (com índices acima de 75%).

As correlações ponto-bisserial revelaram uma tendência de escolha da opção errada pelas crianças que obtiveram os escores mais altos no teste para os itens 006, 016 e 022 na tarefa de aliteração. Para atividade segmentação, os itens 003, 005, 023 e 030. Para atividade memória visual, o item 019. Para atividade rima, os itens 005 e 015. Apesar disso, todos os itens se ajustaram adequadamente ao ML3 em todas as tarefas, logo, apresentam boa confiabilidade e bom índice de separação de habilidades.

A representação gráfica das curvas características dos itens para as tarefas aliteração, segmentação, memória visual e rima destacam os valores extremos dos índices de discriminação, dificuldade e acerto ao acaso. Por exemplo, na atividade Rima, o item 005 é o item mais discriminativo, mais difícil e com maior probabilidade de chute, já o item 015 desta atividade é o menos discriminativo, o mais fácil é o item 029 e o item com menor probabilidade de chute é o item 011.

Com relação à probabilidade de acerto ao acaso, a tarefa de aliteração apresenta um valor médio igual a 0,169 e a tarefa de rima um valor médio igual a 0,203, bem abaixo do esperado, uma vez que os itens de ambas tarefas possuem três alternativas cada, podendo-se afirmar matematicamente que a probabilidade de um estudante de baixa habilidade acertar o item é aproximadamente igual a 0,33. Para as tarefas de segmentação e memória visual, apresenta, respectivamente um valor médio igual a 0,155 e 0,153, bem abaixo do esperado, uma vez que ambas tarefas do teste possuem cinco alternativas cada, podendo-se afirmar matematicamente que a probabilidade de um estudante de baixa habilidade acertar o item é aproximadamente igual a 0,20.

Em relação à Função de Informação do Item, é possível perceber o quanto de informação cada item fornece em uma determinada região do traço latente para as atividades do jogo. Por exemplo, na tarefa aliteração, o item 022 oferece pouca informação onde o item está situado, em comparação com os demais itens, no entanto, esse é o item que fornece mais informação na região onde há itens posicionados.

Após perceber que não houve necessidade de excluir itens nas atividades, foi realizado a construção do algoritmo para seleção adaptativa dos itens das tarefas do jogo.

4.2 Elaboração do algoritmo

Um TAI é gerenciado segundo um algoritmo de seleção. Esse algoritmo especifica os itens que a criança irá responder e sua ordem de apresentação. O algoritmo é composto por 3 (três) partes:

- **Como começar?** Qual o primeiro item a ser respondido? Devido à falta de informações prévias, será escolhido um item aleatório a um nível de habilidade entre o intervalo $(-1, 1)$. Utiliza-se a Máxima Informação de Fisher para selecionar o primeiro item, nesse caso, o item que possui mais informação;
- **Como continuar?** Depois de cada resposta, qual o próximo item? Após cada nova resposta, a estimativa da habilidade é atualizada pela Máxima Verossimilhança e a usada para selecionar o próximo item;
- **Quando parar?** Quando o teste termina? É indispensável determinar o momento em que o indivíduo não responderá mais itens (critério de parada). Optou-se por utilizar uma combinação de três fatores: número mínimo e máximo de itens aplicados conjugado com o valor mínimo para o erro padrão encontrado no cálculo da habilidade. Depois, foi elaborado uma query para encontrar o último item a ser aplicado por tarefa caso o critério de parada fosse a variação do erro padrão no cálculo da habilidade, com valor menor que 0,01. Estes valores foram encontrados mediante um script que simulou a aplicação do teste com base nas respostas dadas pelas crianças no pré-teste. Desta forma, foram encontrados os seguintes resultados para o critério de parada por tarefa.

Tarefa Aliteração

Conforme a Tabela 4.12 e a Figura 4.10, o algoritmo de seleção não selecionará mais itens quando o erro padrão do cálculo da habilidade for menor que 0,01 e o número de itens aplicados for no mínimo 5 ou no máximo 11, o que ocorrer primeiro.

Figura 4.10: Gráfico de frequência de itens aplicados na tarefa aliteração.

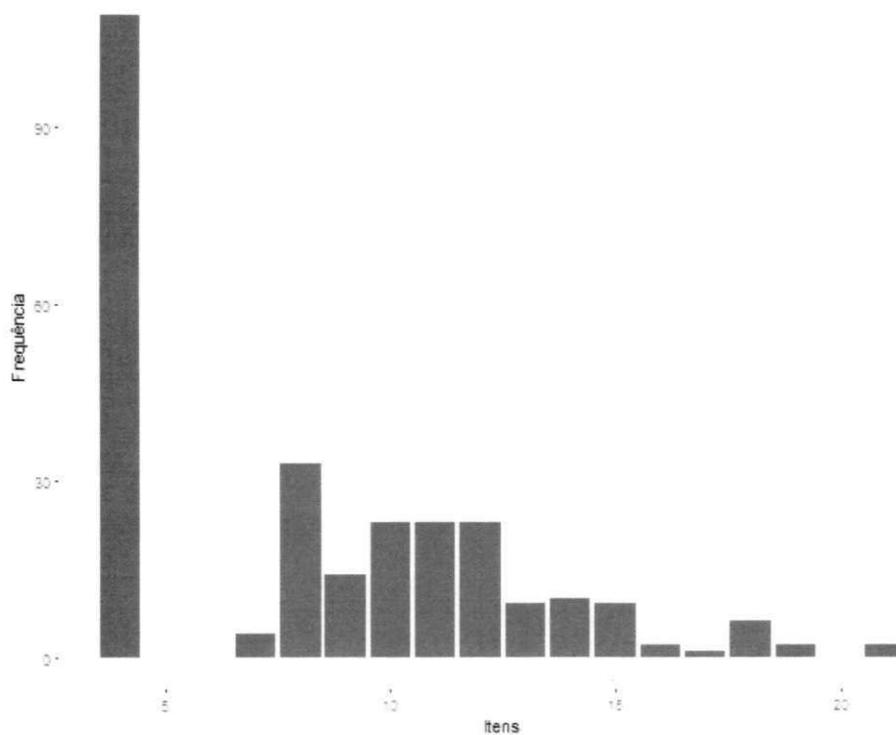


Tabela 4.12: Número mínimo e máximo de itens da tarefa aliteração.

Tarefa	Média	Variância	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Aliteração	8,304	17,914	4,232	4,835	11,213

Tarefa Segmentação

Conforme a Tabela 4.13 e a Figura 4.11, o algoritmo de seleção não selecionará mais itens quando o erro padrão do cálculo da habilidade for menor que 0,01 e o número de itens aplicados for no mínimo 5 ou no máximo 12, o que ocorrer primeiro.

Figura 4.11: Gráfico de frequência de itens aplicados na tarefa segmentação.

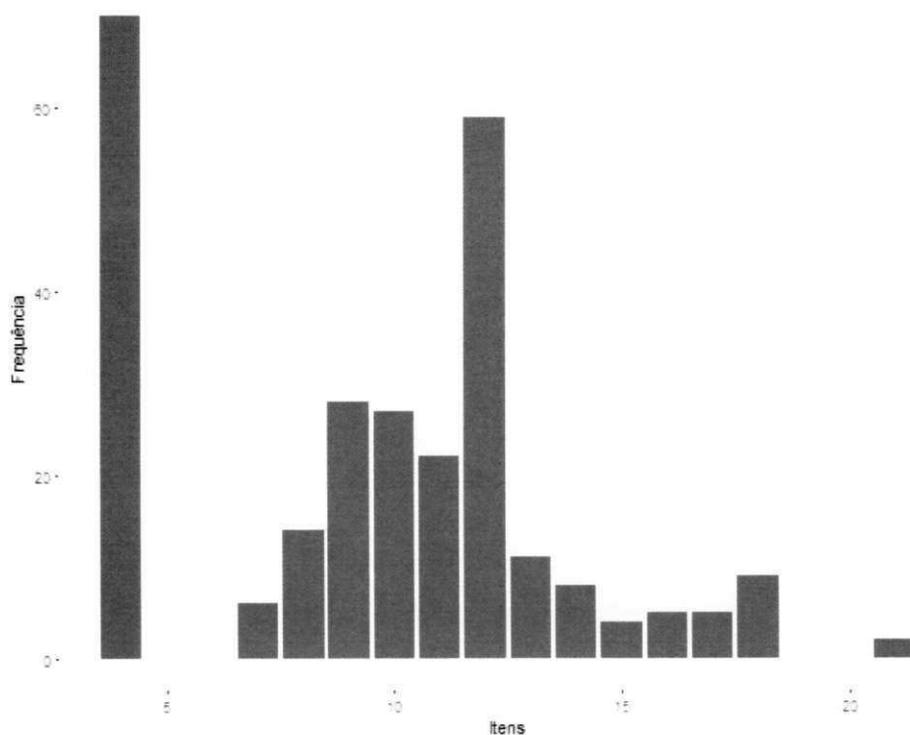


Tabela 4.13: Número mínimo e máximo de itens da tarefa segmentação.

Tarefa	Média	Variância	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Segmentação	9,593	16,509	4,063	4,531	12,370

Tarefa Memória Visual

Conforme a Tabela 4.14 e a Figura 4.12, o algoritmo de seleção não selecionará mais itens quando o erro padrão do cálculo da habilidade for menor que 0,01 e o número de itens aplicados for no mínimo 5 ou no máximo 8, o que ocorrer primeiro.

Figura 4.12: Gráfico de frequência de itens aplicados na tarefa memória visual.

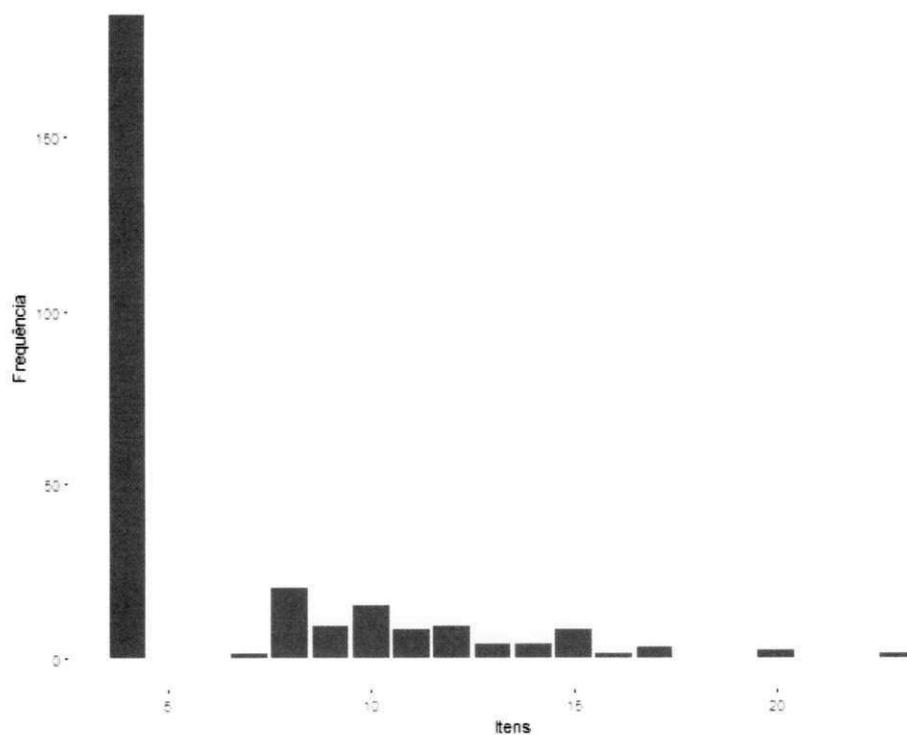


Tabela 4.14: Número mínimo e máximo de itens da tarefa memória visual.

Tarefa	Média	Variância	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Memória Visual	6,267	14,463	3,803	4,899	8,054

Tarefa Rima

Conforme a Tabela 4.15 e a Figura 4.13, o algoritmo de seleção não selecionará mais itens quando o erro padrão do cálculo da habilidade for menor que 0,01 e o número de itens aplicados for menor que 5 ou no máximo 12, o que ocorrer primeiro.

Figura 4.13: Gráfico de frequência de itens aplicados da tarefa rima.

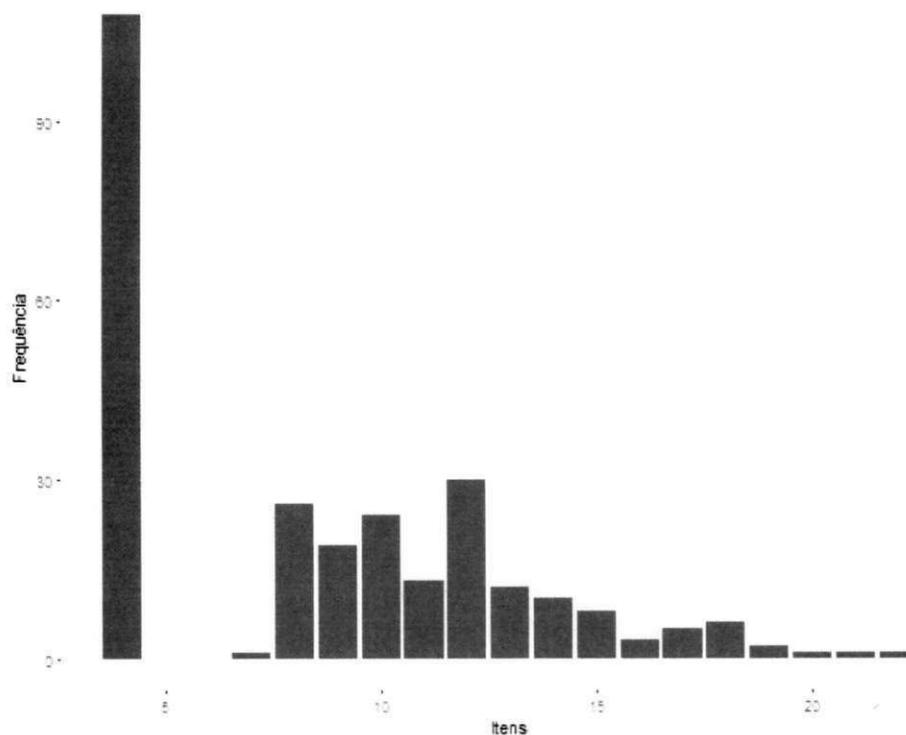


Tabela 4.15: Número mínimo e máximo de itens na tarefa rima.

Tarefa	Média	Variância	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Rima	8,589	19,876	4,450	4,655	11,782

Então, foi elaborado o seguinte algoritmo:

Algorithm 1 Seleção

- 1: Estimar a habilidade, a priori, no intervalo $(-1, 1)$;
 - 2: Escolher o primeiro item pela Máxima Informação de Fisher na habilidade;
 - 3: Estimar novamente a habilidade mediante a(s) resposta(s) fornecida(s) pelo usuário;
 - 4: Escolher o próximo item a ser respondido no TAI. Tal item deve ser o “mais adequado” para a estimativa pontual da habilidade;
 - 5: Repetir os passos 3 e 4 até não ser mais necessária nenhuma resposta, segundo algum critério pré-estabelecido, neste caso, quando o erro padrão do cálculo da habilidade for menor que 0,01 e o número mínimo e máximo de itens aplicados, o que ocorrer primeiro.
-

4.3 Resultados e discussões

Com intuito de verificar o desempenho do instrumento desenvolvido, foi dimensionado alguns parâmetros: **a precisão na estimativa da habilidade e o seu tempo de aplicação.**

Para a precisão, a habilidade das crianças no pré-teste foi estimada pela expectativa a posterior (EAP) através do macro *eirt*³ e correlacionada com a habilidade gerada pelo teste reduzido (com critério de parada) e o teste completo (administrando todos os itens do teste).

Como os dados não seguem uma distribuição normal, foi usado o método de Spearman para verificar a correlação entre a habilidade estimada pela EAP e as demais habilidades estimadas pelo instrumento reduzido e completo. Desta forma, foram encontrados os seguintes resultados da correlação por tarefa (Tabela 4.16).

Existe uma correlação forte entre a habilidade estimada pela EAP e as habilidades estimadas pelo instrumento com/sem critério de parada para as tarefas de aliteração e rima. Na tarefa de memória visual esta correlação é moderada para os dois casos. Já na tarefa de segmentação, essa correlação é forte e moderada, respectivamente. E, em todas as tarefas do jogo, a correlação é maior para a habilidade estimada pelo teste que possui o critério de parada.

Uma das vantagens do uso de um algoritmo para seleção adaptativa dos itens é a economia do tempo. Se fosse utilizado o teste completo, ou seja, sem critério de parada, em média

³Disponível em <http://sourceforge.net/projects/libirt/files/eirt/>

Tabela 4.16: Correlação entre a habilidade estimada pela EAP e a habilidade estimada do teste reduzido/completo em cada tarefa.

Tarefas	Teste reduzido	Teste completo
Aliteração	0,837	0,746
Segmentação	0,856	0,690
Memória Visual	0,690	0,645
Rima	0,851	0,726

a criança demoraria cerca de 42 minutos para completar o teste. No teste reduzido, este tempo foi otimizado. Na simulação, as crianças levaram em média 13 minutos para completar o teste. Como resultado, a automação do teste permitirá a economia do tempo, facilidade de reprodução, bem como obter resultados mais precisos da habilidade dos participantes.

4.4 Conclusão

Como conclusão deste capítulo, tem-se um instrumento com 120 itens calibrados de acordo com os parâmetros de dificuldade, discriminação e acerto ao acaso, que pode ser utilizado em avaliações profissionais.

Capítulo 5

Validação do jogo

Neste Capítulo é apresentado o planejamento e execução de um experimento controlado que foi realizado no início do ano letivo de 2017. O intuito foi verificar se o jogo proposto nesta pesquisa consegue distinguir crianças com fraca/forte habilidade em tarefas preditoras da leitura. Participaram desse experimento crianças do ensino fundamental I de escolas públicas e municipais de Campina Grande-PB que possuem bom desempenho escolar e, crianças com suspeitas de dislexia e atendidas pela Fundação Papel Marchê, a fim de compará-las mediante a utilização do jogo. Este trabalho busca responder as seguintes questões de pesquisa:

(Q1) O jogo desenvolvido consegue distinguir crianças com fraca/forte habilidade em suas tarefas?

(Q2) Existe diferença no tempo de resposta nas tarefas do jogo em crianças com fraca/forte habilidade?

5.1 Design do experimento

Tendo em vista o objetivo de identificar crianças com fraca/forte habilidade em tarefas preditoras da leitura, foram utilizadas as seguintes variáveis para compor o design de experimento:

- Variável independente: tipo de sujeito (crianças sem dificuldades de leitura e crianças com diagnóstico de suspeitas de dislexia);
- Variáveis dependentes: habilidade estimada pelo jogo e o tempo de resposta fornecido pela criança nas tarefas.

O design considera uma análise entre os dois grupos de crianças com perfis diferentes da mesma população, porém utilizando o mesmo procedimento e critérios de avaliação.

5.2 Caracterização dos participantes

Situada no estado da Paraíba, no nordeste brasileiro, a cidade de Campina Grande, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui aproximadamente 385.213 habitantes, destes 112.249 (29,13% da população total) estão em idade escolar. Entre as 40 mil crianças em idade de 0 a 6 anos (Tabela 5.1), apenas aproximadamente 16 mil estão inscritas em escolas ou em creches (Tabela 5.2). Existe uma taxa de aproximadamente 26% de distorção idade/ano escolar, ou seja, alunos que se encontram na condição em um ano escolar com idade superior ao que seria recomendado ou previsto. Por isso, foi considerado para esse estudo uma faixa etária superior de crianças envolvidas.

Tabela 5.1: População em idade escolar no município de Campina Grande.

Intervalo das Idades	Total da População
0-3	22.566
4-9	35.667
10-14	33.431
15-17	20.585
Total 4-17	89.683

Tabela 5.2: Número de crianças matriculadas no município de Campina Grande.

Fase	Total da População
Creche	3.810
Pré-escola	12.230
Ensino Fundamental	60.134
Ensino Médio	17.424

Participaram deste estudo 38 crianças do ensino fundamental I da rede pública de ensino do município de Campina Grande-PB, distribuídos em dois grupos: i) grupo clínico, composto por 19 crianças com diagnóstico de suspeitas de dislexia, sendo 78,94% do gênero

masculino e 21,05% do gênero feminino, com média etária de 10 anos e 4 meses. Esses escolares foram submetidos à avaliação fonoaudiológica na Fundação Papel Marchê e, verificou-se sinais de suspeitas de dislexia, ou seja, presença de transtorno fonológico na fala, leitura e escrita, alterações em habilidades fonológicas e silábicas e, presença de histórico familiar positivo para dislexia; ii) grupo escolar composto por 19 crianças com bom desempenho escolar indicados pelas professoras mediante o desempenho satisfatório em dois bimestres consecutivos. Estas crianças foram pareadas segundo gênero e idade com o grupo clínico.

Os critérios de inclusão considerados para o grupo clínico foram a assinatura do Termo de Assentimento (Apêndice C) e a suspeita diagnóstica de dislexia ou a suspeita de ausência de outro distúrbio de aprendizagem em prontuários pelas avaliações realizadas na Fundação Papel Marchê. Já os critérios de exclusão foram a não assinatura dos pais ou responsáveis pelos menores no Termo de Assentimento, presença de qualquer déficit sensorial (e.g., visual, auditivo) ou suspeita de transtorno global de desenvolvimento, descrita em prontuário pelas avaliações realizadas na Fundação Papel Marchê.

5.3 Procedimento de execução

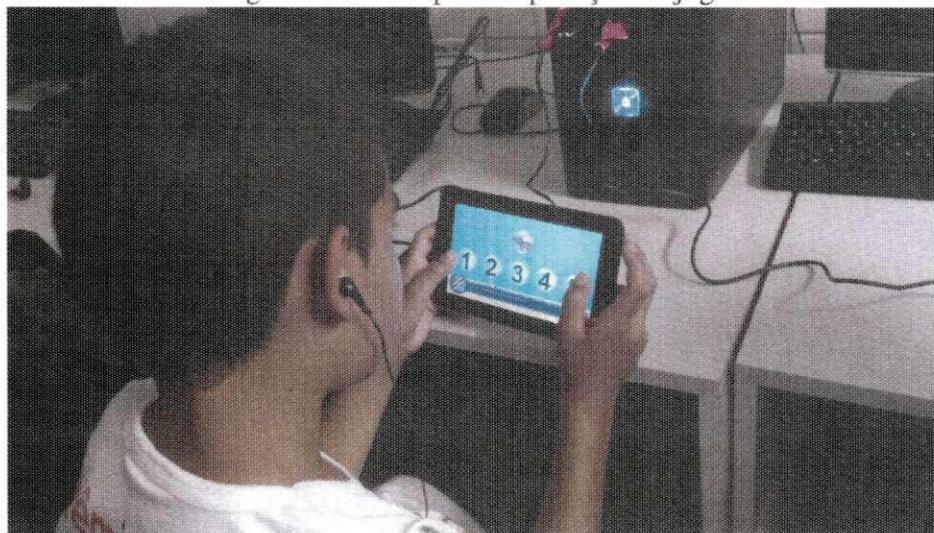
A pesquisa decorreu na Fundação Papel Marchê e em 6 (seis) escolas públicas municipais¹ localizadas na cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil. Tais crianças foram consentidas pelos seus responsáveis que assinaram o termo de assentimento (Apêndice C), liberando o menor para participar como voluntário do estudo.

As crianças consentidas foram encaminhadas para uma sala com boa iluminação e a aplicação sucedeu em grupos de seis crianças. Ao chegar na sala, a criança foi auxiliada por um aplicador. Inicialmente, foram recolhidas pelos aplicadores algumas informações da criança, tais como: nome, idade, data de nascimento, escolaridade, nome da escola, além de informar se a criança lê, se alguém lê para ela e se ela possui livros em casa. Em seguida, o aplicador entregou o dispositivo móvel (tablet) para a criança iniciar a avaliação das habilidades preditoras da leitura, de acordo com o exemplo de aplicação na Figura 5.1. O

¹Escola Municipal de Ensino Fundamental Joselita Brasileiro, Escola Municipal de Ensino Fundamental Melo Leitão, Escola Municipal de Ensino Fundamental Semente de Luz, Escola Municipal de Ensino Fundamental Professora Maria Anunciada Bezerra, Escola Municipal de Ensino Fundamental Maria Minervina de Figueiredo e Escola Municipal de Ensino Fundamental Mariinha Borborema.

instrumento é autoaplicável e, portanto, a criança escutava as instruções correspondentes ao item e selecionava a resposta que acreditava ser a correta.

Figura 5.1: Exemplo da aplicação do jogo.



5.4 Dados coletados

Foram coletados os dados do grupo clínico e escolar a fim de observar se as hipóteses nulas poderiam ser refutadas. Os dados coletados foram: as respostas (certo/errado) das crianças aos itens, as dificuldades dos itens testados e as habilidades estimadas das crianças nas tarefas de aliteração, segmentação, memória visual e rima; na atividade coordenação viso-motora foram recolhidos o número de objetos colididos e o número de objetos recolhidos e; o tempo de resposta das crianças em todas as tarefas do jogo.

Durante o procedimento de organização, tratamento e análise dos dados, foi utilizado o software R-Studio, tendo em vista o poder desta ferramenta em realizar cálculos estatísticos complexos, auxiliando no processamento de transformação de dados em informações.

Como os dados não apresentaram uma distribuição normal foi utilizado o teste não paramétrico wilcoxon para verificar se existe diferença significativa entre as medianas dos dados, com um nível de significância de 0,05 que corresponde a um nível de confiança de 95%.

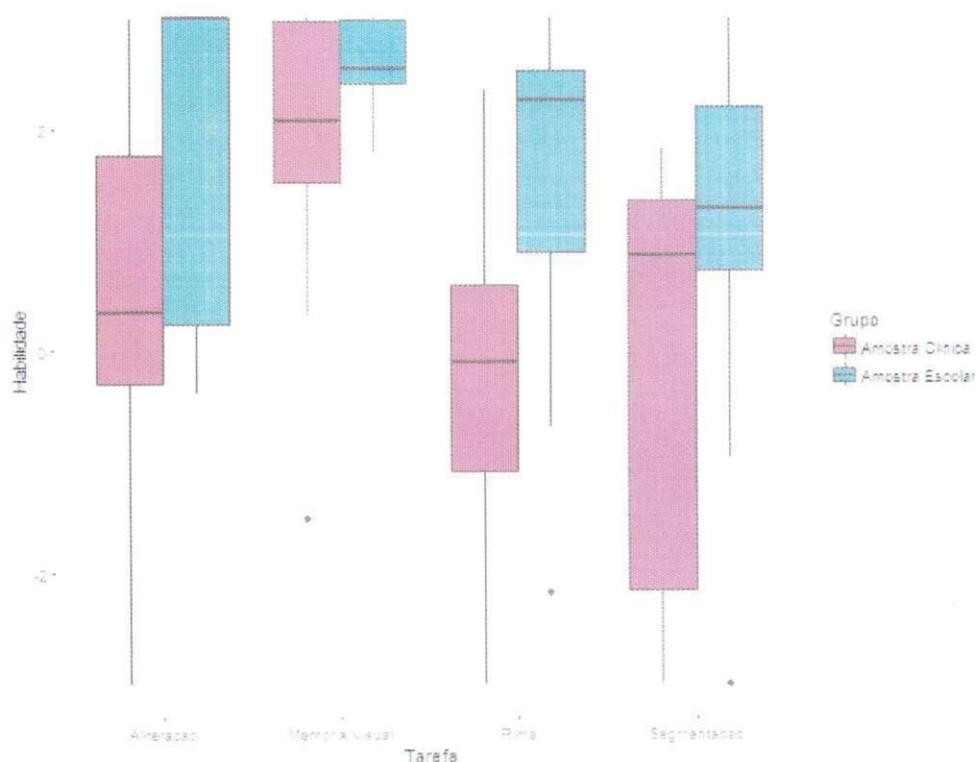
5.5 Resultados e discussões

O desempenho das crianças foi dimensionado mediante os parâmetros: **habilidade estimada e o tempo de resposta na execução das tarefas.**

5.5.1 Habilidade das crianças

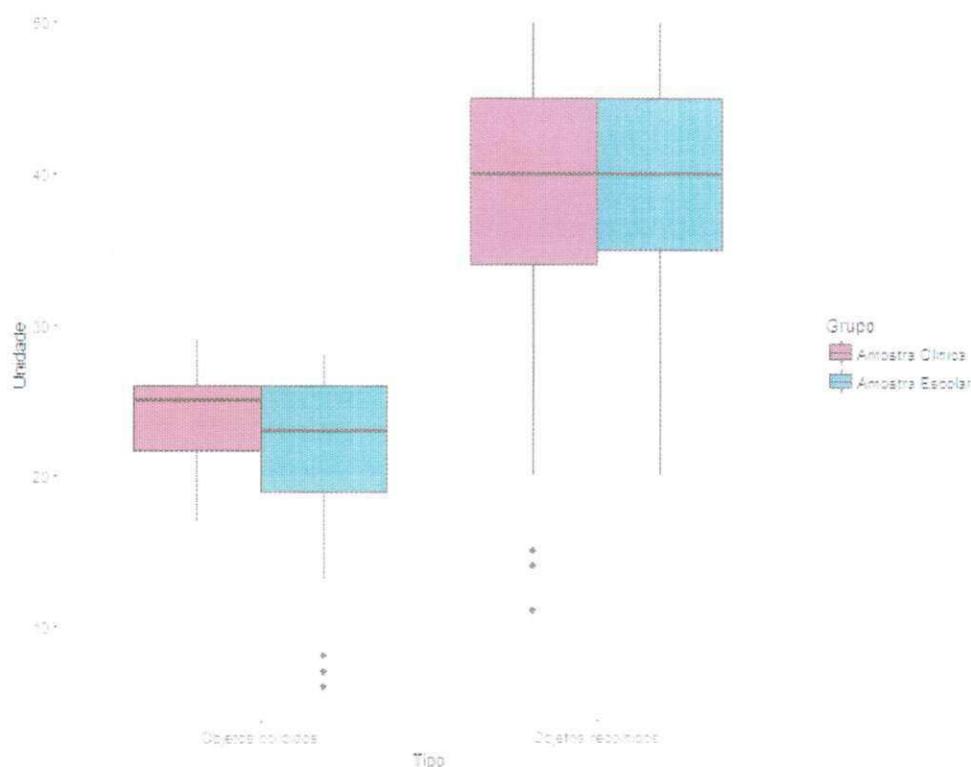
A Figura 5.2 mostra o boxplot das habilidades estimadas para cada grupo de indivíduos por tarefa. É possível perceber que nas tarefas aliteração, segmentação, memória visual e rima muitos indivíduos da amostra clínica têm habilidades inferiores quando comparadas a amostra escolar.

Figura 5.2: Gráfico boxplot da habilidade das tarefas aliteração, segmentação, memória visual e rima entre os grupos.



Na atividade de coordenação viso-motora, é possível perceber a partir da Figura 5.3, que muitos indivíduos do grupo clínico colidiram mais nos objetos do jogo (cavernas, pedras, barcos e magmas) em comparação ao grupo escolar. Na quantidade de objetos recolhidos (tesouro), alguns indivíduos do grupo clínico recolheram em pouca quantidade.

Figura 5.3: Gráfico boxplot da habilidade da tarefa coordenação viso-motora entre os grupos.



Após ter recolhido os dados, todas as variáveis foram testadas quanto à sua normalidade (com nível de significância de p menor que 0,05), e diante da distribuição não normal dos dados, foi utilizado o teste de wilcoxon a fim de comparar a habilidade estimada das crianças pertencentes aos dois grupos e que responderam às tarefas de aliteração, segmentação, memória visual e rima, conforme a Tabela 5.3. Foi comparado os grupos em relação à coordenação viso-motora, conforme a Tabela 5.4.

Foi considerado como hipótese nula a habilidade estimada das crianças no grupo escolar é a mesma quando comparadas às crianças do grupo clínico nas tarefas de aliteração, segmentação, memória visual, rima e coordenação viso-motora. O objetivo é verificar se as crianças do grupo escolar têm suas habilidades estimadas maiores que as crianças do grupo clínico nas tarefas de aliteração, segmentação, memória visual e rima. Na tarefa de coordenação viso-motora, foram considerados dois parâmetros: objetos colididos e objetos recolhidos. O objetivo é verificar se as crianças do grupo clínico colidiram mais nos objetos e recolheram menos tesouros quando comparadas ao grupo escolar.

De acordo com as habilidades estimadas pelo jogo, as crianças do grupo escolar tiveram

Tabela 5.3: Análise da habilidade das tarefas aliteração, segmentação, memória visual e rima entre os grupos.

Hipótese nula	Amostra Clínica		Amostra Escolar		Significância (p)
	Mediana	Dp	Mediana	Dp	
Não existe diferença estatística nas habilidades estimadas na tarefa aliteração em ambos os grupos	0,345	1,604	3	1,454	0,022
Não existe diferença estatística nas habilidades estimadas na tarefa segmentação em ambos os grupos	0,862	1,888	1,286	1,482	0,037
Não existe diferença estatística nas habilidades estimadas na tarefa memória visual em ambos os grupos	2,081	1,176	2,550	0,366	0,027
Não existe diferença estatística nas habilidades estimadas na tarefa rima em ambos os grupos	-0,115	1,546	2,270	1,473	0,001

Tabela 5.4: Análise da habilidade da tarefa coordenação viso-motora entre os grupos.

Hipótese nula	Amostra Clínica		Amostra Escolar		Significância (p)
	Mediana	Dp	Mediana	Dp	
Não existe diferença estatística no número de objetos colididos na tarefa coordenação viso-motora em ambos os grupos	25	2,972	23	4,836	0,000
Não existe diferença estatística no número de objetos recolhidos na tarefa coordenação viso-motora em ambos os grupos	40	9,810	40	7,755	0,032

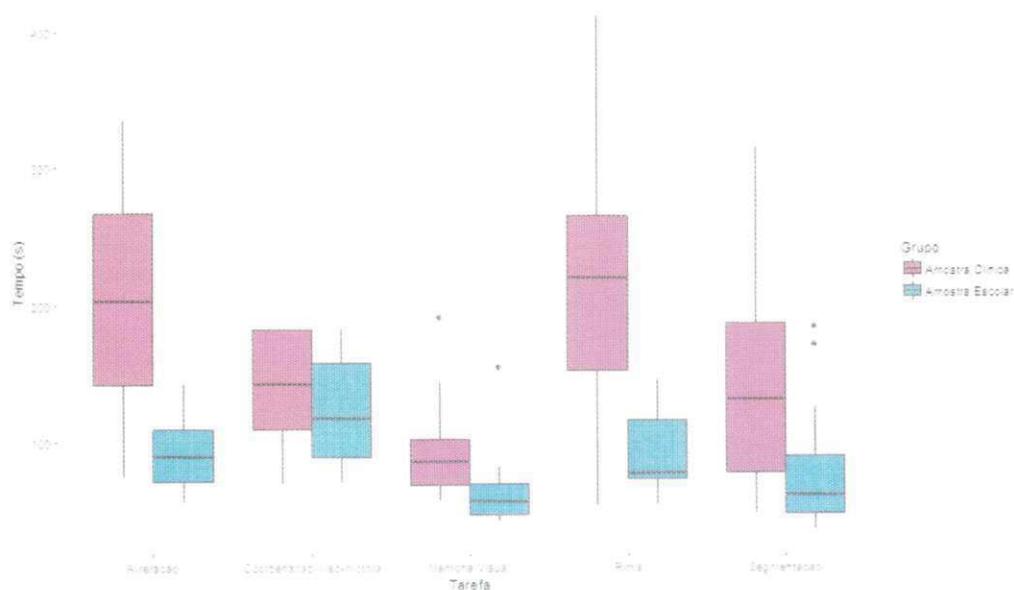
desempenho melhor nas tarefas de aliteração, segmentação, memória visual e rima quando comparadas ao grupo clínico e que estas diferenças foram estatisticamente significativas. Estes resultados apontam fortes indícios de que o jogo consegue distinguir crianças com forte e fraca habilidade nas tarefas de aliteração, segmentação, memória visual e rima.

Em relação à coordenação viso-motora, as crianças do grupo escolar tiveram melhor desempenho em relação ao grupo clínico, de forma significativa, ou seja, colidiram menos nos objetos e colheram mais tesouros, estes resultados apontam fortes indícios de que o jogo consegue distinguir características essenciais em relação à coordenação viso-motora.

5.5.2 Tempo de resposta das crianças

Na segunda parte do estudo, foi comparado o tempo de respostas das crianças entre os grupos. É possível observar na Figura 5.4, as crianças do grupo clínico levaram mais tempo para concluir as tarefas do jogo.

Figura 5.4: Gráfico boxplot do tempo (s) de resposta das tarefas aliteração, segmentação, memória visual, rima e coordenação viso-motora entre os grupos.



Após ser recolhido os dados, também foi realizado o teste de normalidade nas variáveis, e diante da distribuição não normal dos dados, foi utilizado o teste de wilcoxon a fim de comparar o tempo de resposta das crianças dos dois grupos e que responderam às tarefas

de aliteração, segmentação, memória visual, rima e coordenação viso-motora, conforme a Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Análise do tempo (s) de resposta das tarefas aliteração, segmentação, memória visual, rima e coordenação viso-motora entre os grupos.

Hipótese nula	Amostra Clínica		Amostra Escolar		Significância (p)
	Mediana	Dp	Mediana	Dp	
Não existe diferença estatística no tempo de resposta na tarefa aliteração em ambos os grupos	202	79,266	89	27,213	0,000
Não existe diferença estatística no tempo de resposta na tarefa segmentação em ambos os grupos	131	75,912	61	42,233	0,001
Não existe diferença estatística no tempo de resposta na tarefa memória visual em ambos os grupos	85	32,753	56	25,432	0,001
Não existe diferença estatística no tempo de resposta na tarefa rima em ambos os grupos	219	87,255	77	28,101	0,000
Não existe diferença estatística no tempo de resposta na tarefa coordenação viso-motora em ambos os grupos	142	37,480	116	39,145	0,005

Foi considerada como hipótese nula o tempo de resposta das crianças no grupo escolar é o mesmo quando comparadas às crianças do grupo clínico nas tarefas de aliteração, segmentação, memória visual, rima e coordenação viso-motora. O objetivo foi verificar se as crianças do grupo escolar levaram menos tempo em responder as tarefas quando comparadas às crianças do grupo clínico.

Do exposto acima, é possível concluir que as crianças do grupo escolar levaram menos tempo, significativamente em todas as tarefas do jogo, quando comparadas com o tempo de

resposta das crianças do grupo clínico.

5.6 Conclusões

Neste capítulo, foi apresentado o estudo para comparar o desempenho de dois grupos amostrais (clínico e escolar) nas seguintes dimensões: habilidade e o tempo de resposta das crianças. Na dimensão habilidade das crianças, com o recurso da estimativa gerada pelo jogo, concluímos que nas tarefas de aliteração, segmentação, memória visual e rima, a criança do grupo escolar teve desempenho melhor e significativo quando comparada à criança de mesma faixa etária e gênero do grupo clínico, e tal observação nos dá fortes indícios de que o jogo consegue distinguir crianças com forte e fraca habilidade. Na coordenação viso-motora, o grupo escolar obteve melhor desempenho e significativo em relação ao grupo clínico, ou seja, colidiu menos nos objetos e colheu mais tesouros. Quanto ao tempo, as crianças do grupo escolar levaram menos tempo para realizar todas tarefas do jogo, significativamente, quando comparadas ao grupo clínico, ou seja, para atingir os objetivos propostos como qualquer outra criança, seu esforço é maior [59].

Capítulo 6

Considerações finais e sugestões para trabalhos futuros

Este trabalho teve como objetivo melhorar a capacidade de triagem de crianças em tarefas preditoras da leitura. Para tanto, foi concebido, desenvolvido e analisado um teste com abordagem de jogo adaptado de um instrumento psicométrico construído e validado no Brasil. O jogo é administrado por um algoritmo de seleção adaptativa de itens e avalia as habilidades de aliteração, segmentação, memória visual e rima por meio da TRI. Para viabilizar este trabalho, foram executados 6 (seis) momentos, a saber: i) revisão bibliográfica dos principais métodos e ferramentas utilizados no levantamento de indícios de dislexia nas escolas; ii) desenvolvimento do jogo e sua dinâmica; iii) elaboração dos itens; iv) calibração dos itens; v) elaboração do algoritmo para seleção adaptativa dos itens; e por fim, vi) a validação por meio de um experimento a fim de verificar se o jogo proposto nesta pesquisa consegue distinguir crianças com fraca/forte habilidade em tarefas preditoras da leitura.

6.1 Considerações finais

Este trabalho partiu de um teste adaptativo informatizado já validado no Brasil — THPL, que em sua execução, em meios tradicionais, pode inibir a criança e comprometer os resultados obtidos. A ideia foi encapsula-lo em uma abordagem de jogo de forma a trazer a criança um instrumento lúdico que gere empatia.

O jogo utiliza itens que se adaptam ao indivíduo. Quando a criança acerta o item atual,

o próximo item deverá ter um nível maior de dificuldade. Se errar, o próximo item deverá ser mais fácil, ou seja, o jogo seleciona os itens de acordo com o nível de habilidade do aluno, de tal forma que não seja necessário utilizar de modo exaustivo todos os itens do banco. Tal abordagem apresenta vantagem em relação aos modelos tradicionais de rastreamento pois evidencia dessa forma a proficiência do indivíduo com menos itens aplicados em menos tempo.

Como resultado, a automação do teste permitiu a economia do tempo, facilidade de reprodução, bem como proporcionou resultados mais precisos da habilidade dos participantes. Além disso, nosso trabalho tem como relevância científica a utilização de elementos de jogos associados à avaliação adaptativa informatizada e as suas condições efetivas na aplicabilidade, cujo objetivo foi preservar o estado pleno do bem-estar físico e mental da criança. Partindo da ideia de que tais elementos de jogos possam encorajar comportamentos específicos e motivar os participantes durante os testes, consistindo na aplicação de elementos lúdicos em atividades comuns para torná-las mais atrativas, divertidas e eficazes.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Mediante os resultados encontrados, que indicam que o instrumento construído, em atividades de triagem, consegue distinguir crianças com forte e fraca habilidades de leitura, pretende-se realizar novos estudos. Entre as diversas possibilidades, destacam-se:

- Analisar a consciência fonológica (aliteração, segmentação e rima), memória visual e coordenação viso-motora em crianças cursando as séries iniciais do ensino fundamental, em escolas da rede pública de ensino da cidade de Campina Grande - PB;
- Normatizar o jogo desenvolvido para viabilizar uma interpretação (análise estatística) dos dados (habilidades estimadas) com objetivo de fornecer um instrumento normatizado;
- Verificar o impacto do jogo em relação à diminuição da taxa de encaminhamento de crianças à Fundação Papel Marchê;
- Migrar o jogo para web como forma de ampliar o seu uso nas escolas.

Bibliografia

- [1] N. C. Amaral and P. C. Costa. A informática como auxiliar no tratamento da dislexia. *Revista Científica Eletrônica de Pedagogia*, (17), 2011.
- [2] D. Andrade, H. Tavares, and R. C. Valle. *Teoria da Resposta ao Item: Conceitos e Aplicações*. ABE, São Paulo, 1 edition, 2000.
- [3] O. V. C. A. Andrade, P. S. T. Prado, and S. A. Capellini. Desenvolvimento de ferramentas pedagógicas para identificação de escolares de risco para a dislexia. *Revista Psicopedagogia*, 28(85):14–28, 2011.
- [4] M. F. Araujo. Estratégias de diagnóstico e avaliação psicológica. *Psicologia: Teoria e Prática*, 9(2):126–141, 2007.
- [5] American Psychiatric Association. *DSM IV: Manual de Diagnóstico e Estatística das Perturbações Mentais*. Climepsi Editores, Lisboa, 1 edition, 1996.
- [6] F. B. Baker. *The Basics of Item Responde Theory*. Marcel Dekker, New York, 1 edition, 2001.
- [7] C. A. Capelline, T. de L. Ferreira, C. A. Salgado, and S. M. Ciaca. Desempenho de escolares bons leitores com dislexia e com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade em nomeação automática rápida. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 12(2):114–119, 2007.
- [8] S. A. Capellini. Distúrbios de aprendizagem versus dislexia. In L.P. Ferreira, D.M. Befi-Lopes, and S.C.O. Limongi, editors, *Tratado de Fonoaudiologia*, pages 862–876. Roca, São Paulo, 2004.

- [9] F. B. de Carvalho, P. A. P. Crenitte, and S. M. Ciasca. Distúrbios de aprendizagem na visão do professor. *Revista Psicopedagogia*, 24(75):229–239, 2007.
- [10] H. W. Catts and A. G. Kahmi. *Language and Reading Disabilities*. Allyn Bacon, Boston, 1 edition, 1999.
- [11] S. M. Ciasca and S. D. R. Rossini. Distúrbio de aprendizagem: Mudanças ou não? correlação de dados de uma década de atendimento. *Temas de desenvolvimento*, 48(8):11–16, 2000.
- [12] D. R. Costa. Métodos estatísticos em testes adaptativos informatizados. Master's thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Matemática. Pós-Graduação em Estatística, Rio de Janeiro, Março 2009.
- [13] I. Cresswell, D. Monteith-Hodge, and M. Winfield. An approach to the diagnosis and remediation of developmental dyslexia using microcomputers. *IEE Colloquium on Computers in the Service of Mankind: Helping the Disabled*, 1997.
- [14] Associação Brasileira de Dislexia. Site da associação brasileira de dislexia. www.dislexia.org.br, jan 2016.
- [15] V.P. Deuschle and C. Cechella. O déficit em consciência fonológica e sua relação com a dislexia: Diagnóstico e intervenção. *Revista CEFAC*, 11(2):194–200, 2009.
- [16] H. M. Ekhsan, S. Z. Ahmad, S. A. Halim, J. N. Hamid, and N. H. Mansor. The implementation of interactive multimedia in early screening of dyslexia. *International Conference on Innovation Management and Technology Research*, pages 566–569, 2012.
- [17] C. L. Escribano. Evaluation of the double-deficit hypothesis subtype classification of reader in spanish. *J Learn Disabil*, 40(4):319–330, 2007.
- [18] A. Facoetti, S. Franceschini, O. Gaggi, G. Galiazzo, S. Gori, C. E. Palazzi, and M. Ruffino. Multiplatform games for dyslexia identification in preschoolers. *Consumer Communications and Networking Conference*, (11):1152–1153, 2014.
- [19] G. A. Ferguson. *Statistical Analysis in Psychology and Education*. McGraw-Hill Book, New York, 1 edition, 1981.

- [20] T. M. Frago. Modelos multidimensionais da teoria de resposta ao item. Master's thesis, Universidade de São Paulo. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional, São Carlos, Junho 2010.
- [21] D. Fritsch and M. Kada. *Visualisation Using Game Engines*. Archiwum ISPRS, 35 edition, 2004.
- [22] A. H. G.; Ferreira D. de S.; Júnior F. L. L.; Rocha G. R. C. da; Mendes G. W. D.; Pontes R. F. de; Rocha V. K. da H.; Dantas V. F Garcia, F. P.; Lima. easyprocess – um processo de desenvolvimento de software. *Universidade Federal de Campina Grande*, 2007.
- [23] M. P. Gebran. *Tecnologias Educacionais*. IESDE Brasil, Curitiba, 1 edition, 2009.
- [24] G. D. Germano and S. A. Capellini. Eficácia do programa de remediação auditivo-visual computadorizado em escolares com dislexia. *Pró-Fono*, 20(4):237–242, 2008.
- [25] E. H. R. Gimenez. Dificuldade de aprendizagem ou distúrbio de aprendizagem? *Revista de Educação*, 8(8):78–83, 2005.
- [26] D. Godoy. Por que ensinar as relações grafema-fonema? *Revista Psicopedagogia*, 25(77):109–119, 2008.
- [27] E. L. Grigorenko. The first candidate gene for dyslexia: Turning the page of a new chapter of research. *Proceedings of the National Academy of Sciences of The United*, 100(20):1190–1192, 2003.
- [28] S. R. K. Guimaraes. Dislexias adquiridas como referência para a análise das dificuldades de aprendizagem da leitura. *Educar*, (23):285–306, 2004.
- [29] F. R. Gómez-Velázquez, A. A. González-Garrido, D. Zarabozo, and M. Amano. La velocidad de denominación de letras - el mejor predictor temprano del desarrollo lector en español. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15(46):823–847, 2010.
- [30] M. Habib. The neurological basis of developmental dyslexia: An overview and working hypothesis. *Brain*, 123(12):2373–2399, 2000.

- [31] L. F. Knijnik, C. H. Giacomoni, C. Zanon, and L. M. Stein. Avaliação dos subtestes de leitura e escrita do teste de desempenho escolar através da teoria de resposta ao item. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 27(3), 2014.
- [32] R. Lyon. A nova definição de dislexia. www.dislexia.org.br, jan 2016.
- [33] Fundação Papel Marchê. Relatório anual, jan 2016.
- [34] E. Martin and A. Marchesi. Desenvolvimento metacognitivo e problemas de aprendizagem. In A. Coll, J. Palácios, and A. Marchesi, editors, *Desenvolvimento Psicológico e Educação: Necessidades Educativas Especiais e Aprendizagem Escolar*, pages 24–35. Artes Médicas, Porto Alegre, 1996.
- [35] M. H. Martins. *O que é Leitura?* Editora Brasiliense, São Paulo, 13 edition, 1991.
- [36] G. de A. Massi. Dislexia ou processo de aquisição da escrita? *Distúrbios da Comunicação*, 16(3):355–369, 2004.
- [37] Alila Medical Media. Site da associação brasileira de dislexia. <http://www.shutterstock.com/pic-128155997/stock-photo-dyslexia-brain-activity.html?src=T-xubQMUAWN674vQ16cM7w-1-30>, jan 2012.
- [38] P. M. S. Moita. Avaliação adaptativa em dispositivos móveis das habilidades cognitivas preditoras do desenvolvimento de leitura em crianças. Master's thesis, Universidade de Lisboa. Instituto de Educação. Faculdade de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias e Metodologias em E-learning, Lisboa, Junho 2013.
- [39] L. C. Nascimento and K. A. Knobel. *Habilidades Auditivas e Consciência Fonológica: da teoria à prática*. Pró-Fono, São Paulo, 1 edition, 2009.
- [40] J. C. Nummally and I. H. Berstein. *Psychometric Theory*. McGraw-Hill, New York, 3 edition, 1994.
- [41] L. Pasquali. *Psicometria: Teoria dos testes na Psicologia e na Educação*. Editora Vozes, Petrópolis, 2 edition, 2004.

- [42] A. M. Pinheiro. *Contagem de Frequência de Ocorrência de Palavras Expostas a Crianças na Faixa Pré-escolar e Series Iniciais do 1º Grau*. Associação Brasileira de Dislexia, São Paulo, 1 edition, 1996.
- [43] F. H. Pinheiro and S. A. Capellini. Treinamento auditivo em escolares com distúrbio de aprendizagem. *Pró-Fono*, 22(1):49–54, 2010.
- [44] S. Puliezi and M. R. Maluf. A contribuição da consciência fonológica, memória de trabalho e velocidade de nomeação na aquisição inicial da leitura. *Boletim Academia Paulista de Psicologia*, 32(82):213–227, 2012.
- [45] F. Ramus. A neurological model of dyslexia and other domain-specific developmental disorders with an associated sensorimotor syndrome. In G. D. Rosen, editor, *Developing New Pathways in the Study of the Dyslexic Brain*, pages 75–101. York Press, Mahwah, 2004.
- [46] A. A. Reid, Szczerbinski M., Iskierka-Kasperek E., and Hansen P. Cognitive profiles of adult developmental dyslexics: Theoretical implications. *Dyslexia*, 13(1):1–24, 2007.
- [47] J. F. Salles, M. A. Parente, and S. S. Machado. As dislexias de desenvolvimento: Aspectos neuropsicológicos e cognitivos. *Interações*, 9(17):109–132, 2004.
- [48] W. A. Sands, B. K. Waters, and J. R. McBride. *Computerized Adaptive Testing: From Inquiry to Operation*. American Psychological Association, Washington, 1 edition, 1997.
- [49] J. S. Santos, R. A. Costa, R. P. Souza, I. B. Pereira, and R. S. O. Pereira. Proposta de um jogo educacional para alfabetização de crianças com dislexia. *Workshop de Informática na Escola*, (20):457–466, 2014.
- [50] L. M. Sartes and M. L. Souza-Formigoni. Avanços na psicometria: da teoria clássica dos testes à teoria de resposta ao item. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 26(2):241–250, 2013.
- [51] R. Savi and V. R. Ulbricht. Jogos digitais educacionais: Benefícios e desafios. *Renote*, 6(1), 2008.

- [52] C. M. Schuele and D. Boudreau. Phonological awareness intervention: Beyond the basics. *Language, Speech and Hearing Services in Schools*, 39(1), 2008.
- [53] B. J. L. Scoz. A identidade do psicopedagogo: Formação e atuação profissional. In A. L. Borges and B. J. L. Scoz, editors, *Psicopedagogia: Contextualização, Formação e Atuação Profissional*. Artes Médicas, Porto Alegre, 1992.
- [54] M. J. Snowling. *Dyslexia*. Blackwell, Oxford, 1 edition, 2000.
- [55] F. S. Soares, E. Munzlinger, and L. J. M. Riveros. Validação de um sistema especialista para o pré-diagnóstico da dislexia. *XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, 2005.
- [56] D. L. Streiner. Being inconsistent about consistency: When coefficient alpha does and doesnt matter. *Journal of Personality Assessment*, 80(3):217–222, 2003.
- [57] P. Teles. Dislexia: Como identificar? como intervir? *Revista Portuguesa de Clínica Geral*, 20(5):713–730, 2004.
- [58] M. E. Thomas. *Dislexia. Su Naturaleza, Evaluación y Tratamiento*. Alianza Psicología, Madrid, 1 edition, 1996.
- [59] C. C. S. Titoni. Dislexia na educação escolar: Técnicas e metodologias para trabalhar com o aluno disléxico, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Pedagogia), UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brasil.
- [60] S. Urbina. *Fundamentos da testagem psicológica*. Artmed, Porto Alegre, 1 edition, 2007.
- [61] C. dos S. Vasconcellos. *Disciplina: Construção da Disciplina Consciente e Interativa em Sala de Aula e na Escola*. Libertad, São Paulo, 1 edition, 1994.
- [62] H. Wainer, N. J. Dorans, R. Flaugher, B. F. Green, and R. J. Mislevy. *Computerized Adaptive Testing: A Primer*. Lawrence Erlbaum Associate, Mahwah, 2 edition, 2000.
- [63] B. G. Zaporain, A. M. Zorilla, and N. A. Bartolome. Dyslexia diagnosis in reading stage though the use of games at school. *International Conference on Computer Games*, 17:12–17, 2012.

Apêndice A

Roteiro da entrevista

Abertura: Esta entrevista especifica os requisitos da avaliação adaptativa informatizada a serem desenvolvidos pelo pesquisador Jucelio Soares dos Santos, fornecendo aos desenvolvedores as informações necessárias para o projeto e implementação, assim como para a realização dos testes e homologação do jogo.

Parte I – Características Gerais

- A que gênero o jogo deve ser destinado? *Masculino e Feminino.*
- Qual a faixa etária esperada para o jogo? *Destinado a crianças entre 4 a 13 anos de idade.*
- Quais habilidades serão necessárias para a execução das tarefas do jogo? *Não será necessárias habilidades extras.*
- Que níveis de percepção são esperados para o jogo? *Percepção visual e tátil.*
- É esperado que o jogo trabalhe habilidades motoras? *Se sim, especificar. Sim. coordenação viso-motora.*
- A que grau de instrução o jogo deve ser destinado? *Crianças que cursam o Ensino Fundamental I.*
- Que tarefas/habilidades serão trabalhadas no jogo? *Aliteração, Segmentação, Rima, Memória Visual e Coordenação Viso-motora.*
- Qual a frequência de execução das tarefas? *É necessário aplicar diariamente? Deve ser aplicado trimestralmente para verificar o nível de habilidade nas tarefas do jogo.*

- Quais são os objetivos do jogo? E, que motivações são esperadas com o jogo? Avaliar as habilidades predictoras de leitura em crianças. Verificando o processamento visual e a habilidade na consciência fonológica para ampliar os requisitos necessários no desenvolvimento da leitura.

Parte II - Estilo Cognitivo

- É esperado aprendizado com o jogo? Se sim, como se dará esse aprendizado (com a prática?)? Não necessariamente, apesar de ser indicado sua prática trimestral, o jogo pode ser utilizado em atividades de aprendizado, porém seu objetivo é rastrear as limitações em leitura.

- Se o objetivo do jogo é construir o aprendizado, qual a capacidade esperada dentro do jogo, de retê-lo? Não é esperado reter conhecimento com a aplicação do jogo.

- Quando o usuário sentir dúvidas, qual a capacidade do jogo para solucionar problemas? O que é necessário para o jogo cobrir esse requisito? Item ajuda com instruções em áudio do jogo.

- Que nível (alto, médio ou baixo) é esperado do jogo sobre a ótica da curiosidade e da persistência? Nível alto de curiosidade e persistência.

- O jogo deve ser inovador, conservador, impulsivo ou reflexivo? Inovador.

Parte III - Requisitos funcionais

Descreva de forma geral, os requisitos funcionais do jogo a ser implementado.

Deve ser disponibilizado as seguintes páginas de acesso público: informações, créditos, contato e submissão de pedido de cadastro. Após o aplicador autenticar no sistema, disponibilizar as seguintes páginas: atualizar o cadastro, cadastrar alunos, listar testes disponíveis e visualizar o desempenho individual do participante. Disponibilizar as seguintes funções para o participante: escolher personagem, visualizar instruções e interagir nas habilidades linguísticas e motoras do jogo. Além disso, são estabelecidas as seguintes regras do teste: conceber um teste multimídia, com a capacidade de incorporar itens com recurso a texto.

imagens e áudios harmonizados; cada item do teste deve ser calibrado e apresentar seguintes parâmetros: dificuldade, discriminação e probabilidade de acerto ao acaso; os itens devem ser selecionados durante a execução do teste que conceda um agrupamento modelos matemáticos aplicados para definir as chances do jogador em dar uma resposta correta ao item em função dos seus parâmetros; avaliar as habilidades de aliteração, segmentação, memória visual, rima e coordenação viso-motora; registrar o tempo de resposta, acerto/erro, número de objetos recolhidos, número de objetos colididos durante a interação do participante.

Parte IV - Requisitos não-funcionais

Descreva de forma geral, os requisitos não funcionais do sistema a ser implementado.

O jogo deve possuir uma interface amigável a criança sem se tornar cansativa aos professores. O contexto deve ser bem elaborado para envolver a criança na atividade, para que o mesmo compreenda o conteúdo explorado. A linguagem utilizada no jogo deve ser clara e objetiva, que ajude a criança a entender a dinâmica do jogo e consiga relacionar o conteúdo com a habilidade que está sendo avaliada. O jogo deve oferecer uma boa sequência no conteúdo para que o entendimento não seja quebrado. Além disso, o jogo deve ser atrativo com muitas cores, desenhos e animações para prender a atenção da criança. As informações sensíveis devem ter integridade dos dados. O jogo deve ser disponibilizado através de um dispositivo móvel. O jogo deve ter alta disponibilidade, para não haver interrupções durante a aplicação dos testes.

Fechamento: Muito obrigado pela sua participação. Os dados que foram fornecidos serão de grande contribuição para a minha pesquisa. Se achar necessário obter alguma informação, o nosso grupo de pesquisa está a sua disposição.

Apêndice B

Termo de consentimento livre e esclarecido

Declaro, por meio deste termo, que concordei em ser entrevistada e/ou participar na pesquisa de campo intitulada “Avaliação Adaptativa Informatizada para Levantar Indícios de Dislexia em Crianças na Fase de Alfabetização”. Fui informada, ainda, de que a pesquisa é coordenada pelos professores Dr. Dalton Dario Serey Guerrero e Dr. Jorge César Abrantes de Figueiredo, a quem poderei contatar/consultar a qualquer momento que julgar necessário através dos e-mails dalton@dsc.ufcg.edu.br e abrantes@dsc.ufcg.edu.br.

Afirmo que aceitei participar por minha própria vontade, sem receber qualquer incentivo financeiro ou ter qualquer ônus e com a finalidade exclusiva de colaborar para o sucesso da pesquisa. Fui informado (a) dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo. Fui também esclarecido(a) de que os usos das informações por mim oferecidas estão submetidos às normas éticas destinadas à pesquisa envolvendo seres humanos, no qual caso me sinta prejudicado (a) por participar desta pesquisa, poderei recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos – CEP, do Hospital Universitário Alcides Carneiro - HUAC, situado a Rua: Dr. Carlos Chagas, s/ n, São José, 58401 – 490, Campina Grande-PB, Tel. 2101 – 5545, E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br; Conselho Regional de Medicina da Paraíba e a Delegacia Regional de Campina Grande.

Minha colaboração se fará de forma anônima, por meio de entrevista semiestruturada. No qual fornecerá informações relevantes para o desenvolvimento de uma avaliação adaptativa informatizada com objetivo de levantar indícios de dislexia em crianças na fase de

alfabetização. O acesso e a análise dos dados coletados nessa entrevista se farão apenas pelos pesquisadores e/ou seus orientadores/coordenadores.

Fui ainda informada de que posso me retirar dessa pesquisa a qualquer momento, sem prejuízo para meu acompanhamento ou sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos. Fui informada, ainda, que meu nome não será utilizado em qualquer fase da pesquisa o que garante o anonimato e a divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar. Não será cobrado nada e não haverá gastos. Fui informada sobre o risco de cansaço emocional mediante as respostas fornecidas durante a entrevista, caso haja algum dano devidamente comprovado, ficarei assegurada ao direito de indenização.

Atesto recebimento de uma via assinada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme recomendações da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP). Outros esclarecimentos sobre esta pesquisa, poderei entrar em contato com o pesquisador principal Jucelio Soares dos Santos, Rua Giló Guedes, n. 18 Ap. 204 - Santo Antônio - Campina Grande - PB, Tel. (83) 9637-4930.

Campina Grande - PB, _____ de _____ 2016.

(Assinatura do participante)

(Assinatura do membro da equipe que apresentar o TCLE)

(Identificação e assinatura do pesquisador responsável)

Apêndice C

Termo de assentimento

Caro Responsável/Representante Legal, gostaríamos de obter o seu consentimento para o menor _____, participar como voluntário da pesquisa intitulada “Avaliação Adaptativa Informatizada para Levantar Indícios de Dislexia em Crianças na Fase de Alfabetização”.

O objetivo deste estudo é analisar a eficiência de uma avaliação adaptativa informatizada para levantar indícios de dislexia em crianças na fase de alfabetização. Os resultados contribuirão para melhorar o rastreamento de indícios de dislexia nas escolas em crianças durante a fase de alfabetização. O aplicador explicará aos professores a finalidade da pesquisa e solicitará o encaminhamento das crianças para o laboratório de informática. As crianças serão encaminhadas para o laboratório de informática da escola e a aplicação acontecerá em grupos de três crianças. Ao chegar no laboratório de informática, a criança será acompanhada por um aplicador. No primeiro momento, o aplicador será responsável pelo registro dos dados da criança, tais como: nome, idade, data de nascimento, escolaridade, nome da escola, além de informar se a criança lê, se alguém lê para ela e se ela possui livros em casa. Após o preenchimento dos dados, o aplicador entregará o dispositivo móvel (tablet) para a criança que iniciará a avaliação das habilidades preditoras da leitura. Para o sujeito há risco de cansaço emocional mediante as respostas fornecidas durante a aplicação do jogo, caso haja algum dano devidamente comprovado, ficará assegurado o direito de indenização.

O nome não será utilizado em qualquer fase da pesquisa o que garante o anonimato e a divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os voluntários. Não será cobrado nada e não haverá gastos. É esperado com a participação o seguinte benefício - a

avaliação das habilidades preditoras de leitura da criança.

Gostaríamos de deixar claro que a participação é voluntária e que poderá deixar de participar ou retirar o consentimento, ou ainda descontinuar a participação se assim o preferir, sem penalização alguma ou sem prejuízo de qualquer natureza. Desde já, agradecemos a atenção e a participação e colocamo-nos à disposição para maiores informações. Você ficará com uma via deste Termo e em caso de dúvida (s) e outros esclarecimentos sobre esta pesquisa você poderá entrar em contato com o pesquisador principal Jucelio Soares dos Santos, Rua Giló Guedes, n. 18 Ap. 204 - Santo Antônio - Campina Grande - PB.

Caso se sinta prejudicado (a) por participar desta pesquisa, poderá recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos – CEP, do Hospital Universitário Alcides Carneiro - HUAC, situado a Rua: Dr. Carlos Chagas, s/ n, São José, 58401 – 490, Campina Grande - PB, Tel. 2101 – 5545, E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br; Conselho Regional de Medicina da Paraíba e a Delegacia Regional de Campina Grande.

Eu, _____, portador do RG nº: _____, confirmo que Jucelio Soares dos Santos explicou-me os objetivos desta pesquisa, bem como, a forma de participação. As alternativas para participação do menor _____, também foram discutidas. Eu li e compreendi este Termo de Assentimento, portanto, eu concordo em dar meu consentimento para o menor participar como voluntário desta pesquisa.

Campina Grande - PB, _____ de _____ de 2016.

(Assinatura responsável ou representante legal)

Eu, _____(nome do membro da equipe que apresentar o Termo de Assentimento) obtive de forma apropriada e voluntária o consentimento do sujeito da pesquisa ou representante legal para a participação na pesquisa.

(Assinatura do membro da equipe que apresentar o Termo de Assentimento)

(Identificação e assinatura do pesquisador responsável)

Apêndice D

Tabela de itens calibrados

Tabela D.1: Estimativas finais dos parâmetros dos itens da tarefa aliteração.

Id	Item	a	b	c	Proporção de acertos	Correlação ponto biserial
001	Pato	1,768	-1,545	0,142	0,881	0,497
002	Carro	1,714	-0,83	0,13	0,759	0,536
003	Bota	1,903	-1,536	0,154	0,889	0,495
004	Preto	2,821	-0,876	0,216	0,826	0,566
005	Folha	1,923	-0,752	0,214	0,781	0,489
006	Unha	1,06	-0,746	0,197	0,73	0,319
007	Coração	2,372	-0,602	0,125	0,73	0,601
008	Chocalho	2,66	-0,931	0,163	0,819	0,603
009	Galinha	2,068	-1,347	0,155	0,87	0,516
010	Tesoura	1,491	-0,585	0,168	0,715	0,462
011	Gato	1,893	-1,364	0,159	0,867	0,493
012	Casa	2,484	-0,989	0,178	0,83	0,579
013	Patins	2,091	-1,514	0,169	0,896	0,481
014	Cachorro	2,619	-1,042	0,159	0,837	0,591
015	Macaco	1,848	-0,674	0,221	0,767	0,477
016	Avestruz	1,288	-0,733	0,21	0,748	0,374
017	Gavião	2,246	-1,296	0,129	0,863	0,55
018	Orelha	2,402	-1,001	0,163	0,826	0,582
019	Igreja	1,699	-1,297	0,146	0,844	0,486
020	Helicóptero	1,566	-0,512	0,178	0,707	0,444
021	Livro	2,233	-1,142	0,157	0,844	0,56
022	Árvore	1,025	-1,572	0,182	0,833	0,291
023	Limão	2,09	-1,04	0,157	0,822	0,554
024	Pedra	1,738	-0,592	0,158	0,722	0,506
025	Pepino	2,476	-0,766	0,117	0,767	0,632
026	Caderno	2,654	-0,407	0,219	0,726	0,54
027	Chaleira	3,046	-0,887	0,236	0,837	0,572
028	Cachimbo	1,443	-0,273	0,164	0,648	0,429
029	Pirâmide	2,205	-0,787	0,158	0,778	0,563
030	Lagartixa	2,141	-0,75	0,131	0,759	0,579

Tabela D.2: Estimativas finais dos parâmetros dos itens da tarefa segmentação.

Id	Item	a	b	c	Proporção de acertos	Correlação ponto bisserial
001	Árvore	1,648	-0,510	0,136	0,685	0,507
002	Faca	3,858	-0,366	0,204	0,715	0,643
003	Mão	2,768	0,937	0,177	0,352	0,348
004	Ratos	3,143	-0,011	0,301	0,670	0,481
005	Calça	0,984	0,860	0,120	0,407	0,332
006	Folha	3,378	-0,140	0,135	0,619	0,647
007	Unha	2,990	-0,086	0,143	0,604	0,595
008	Chocalho	1,840	-0,190	0,192	0,644	0,468
009	Helicóptero	1,171	-0,373	0,141	0,641	0,402
010	Lagartixa	1,349	-0,324	0,132	0,633	0,445
011	Limão	1,579	0,195	0,118	0,511	0,489
012	Gato	1,877	-0,512	0,126	0,689	0,543
013	Patins	1,887	0,274	0,194	0,537	0,456
014	Borboleta	1,664	-0,414	0,140	0,667	0,495
015	Coração	2,053	0,108	0,097	0,519	0,562
016	Macaco	2,147	-0,362	0,100	0,648	0,598
017	Violão	1,612	0,049	0,103	0,537	0,499
018	Corrente	2,312	-0,292	0,196	0,678	0,543
019	Igreja	1,883	-0,563	0,142	0,707	0,524
020	Pirâmide	1,721	-0,433	0,119	0,663	0,524
021	Bomba	2,325	-0,118	0,157	0,615	0,560
022	Lua	1,399	-0,183	0,130	0,604	0,459
023	Pneu	4,343	1,796	0,127	0,167	0,051
024	Cachorro	1,914	-0,539	0,170	0,715	0,518
025	Fantasma	2,699	-0,115	0,195	0,637	0,557
026	Macarrão	1,681	-0,004	0,119	0,559	0,510
027	Cachimbo	3,127	-0,337	0,166	0,685	0,628
028	Girassol	1,574	0,184	0,192	0,559	0,430
029	Isqueiro	1,354	0,227	0,173	0,541	0,407
030	Tesoura	1,536	0,814	0,219	0,452	0,330

Tabela D.3: Estimativas finais dos parâmetros dos itens da tarefa memória visual.

Id	Item	a	b	c	Proporção de acertos	Correlação ponto bisserial
001	Mão	2,840	-0,982	0,233	0,893	0,505
002	Pé	2,335	-1,027	0,161	0,870	0,530
003	Lua	1,860	-1,375	0,171	0,900	0,453
004	Trêm	2,863	-1,081	0,160	0,893	0,589
005	Céu	2,977	-1,081	0,129	0,889	0,624
006	Flor	2,849	-1,030	0,144	0,881	0,601
007	Pato	2,017	-1,313	0,153	0,896	0,516
008	Azul	2,386	-1,175	0,136	0,889	0,580
009	Lápis	1,568	-1,405	0,128	0,878	0,505
010	Verde	1,538	-1,591	0,145	0,900	0,470
011	Gato	1,500	-1,663	0,162	0,907	0,411
012	Livro	2,274	-1,263	0,133	0,896	0,561
013	Livros	3,180	-1,169	0,165	0,911	0,625
014	Caixinha	1,909	-1,155	0,119	0,863	0,559
015	Carro	2,688	-0,894	0,147	0,856	0,584
016	Casa	1,821	-1,063	0,168	0,856	0,479
017	Pneu	1,738	-1,366	0,172	0,893	0,463
018	Árvore	1,526	-1,645	0,161	0,907	0,441
019	Bolsa	1,347	-1,287	0,160	0,852	0,392
020	Bomba	2,053	-1,008	0,188	0,863	0,491
021	Bota	1,770	-1,130	0,169	0,863	0,449
022	Melão	1,769	-1,211	0,168	0,874	0,452
023	Patins	2,316	-1,016	0,121	0,859	0,603
024	Pomar	2,342	-1,086	0,116	0,870	0,611
025	Pombo	2,139	-1,075	0,126	0,863	0,561
026	Arco	1,933	-0,975	0,126	0,837	0,543
027	Faca	2,223	-1,314	0,149	0,904	0,550
028	Limão	1,626	-1,293	0,141	0,870	0,474
029	Raiva	2,005	-1,587	0,158	0,926	0,513
030	Ratos	1,988	-1,021	0,207	0,867	0,446

Tabela D.4: Estimativas finais dos parâmetros dos itens da tarefa rima.

Id	Item	a	b	c	Proporção de acertos	Correlação ponto biserial
001	Pé	2,370	-0,701	0,197	0,774	0,521
002	Gato	1,649	-0,330	0,234	0,696	0,414
003	Pombo	1,809	-0,465	0,171	0,700	0,494
004	Cachorro	1,679	-0,550	0,188	0,722	0,458
005	Chocalho	4,205	0,478	0,361	0,600	0,387
006	Trança	2,588	-0,479	0,261	0,752	0,508
007	Coração	2,021	-0,274	0,156	0,652	0,548
008	Macarrão	2,799	-0,585	0,174	0,744	0,577
009	Isqueiro	2,805	-0,704	0,219	0,789	0,533
010	Corrente	1,870	-0,666	0,238	0,770	0,436
011	Céu	1,506	-0,923	0,139	0,770	0,449
012	Carro	1,494	-0,966	0,175	0,789	0,417
013	Limão	2,291	-0,587	0,200	0,748	0,522
014	Arco	2,638	-0,315	0,245	0,707	0,523
015	Grade	1,019	-0,212	0,164	0,626	0,346
016	Unha	2,458	-0,347	0,157	0,674	0,584
017	Cachimbo	2,568	-0,774	0,182	0,789	0,545
018	Chocalho	1,734	-0,542	0,207	0,730	0,456
019	Sorriso	3,107	0,040	0,206	0,600	0,573
020	Igreja	1,871	-0,276	0,166	0,656	0,509
021	Pato	2,073	-0,654	0,201	0,759	0,492
022	Árvore	2,410	-0,244	0,289	0,711	0,472
023	Ratos	2,169	-0,376	0,254	0,722	0,481
024	Faca	1,439	-0,721	0,202	0,752	0,408
025	Madeira	1,564	-0,130	0,164	0,619	0,465
026	Professora	2,076	-0,647	0,175	0,748	0,516
027	Baralho	1,798	-0,852	0,183	0,785	0,458
028	Focinho	2,885	-0,286	0,273	0,715	0,524
029	Girassol	1,785	-1,078	0,169	0,822	0,429
030	Pirâmide	2,192	-0,124	0,148	0,611	0,577

Apêndice E

Teste de ajuste das tarefas

Tabela E.1: Teste de ajuste da tarefa aliteração.

Id	Nome	Chi-square	Grau de liberdade	P-Value
001	Pato	3,047	10	0,980
002	Carro	1,119	10	1,000
003	Bota	0,304	10	1,000
004	Preto	0,585	10	1,000
005	Folha	2,411	10	0,992
006	Unha	2,300	10	0,993
007	Coração	0,306	10	1,000
008	Chocalho	0,817	10	1,000
009	Galinha	0,430	10	1,000
010	Tesoura	1,045	10	1,000
011	Gato	0,608	10	1,000
012	Casa	0,766	10	1,000
013	Patins	0,868	10	1,000
014	Cachorro	0,569	10	1,000
015	Macaco	0,957	10	1,000
016	Avestruz	0,945	10	1,000
017	Gavião	2,337	10	0,993
018	Orelha	0,680	10	1,000
019	Igreja	0,274	10	1,000
020	Helicóptero	0,480	10	1,000
021	Livro	1,282	10	0,999
022	Árvore	2,097	10	0,996
023	Limão	0,495	10	1,000
024	Pedra	1,918	10	0,997
025	Pepino	2,667	10	0,988
026	Caderno	1,240	10	1,000
027	Chaleira	2,675	10	0,988
028	Cachimbo	0,281	10	1,000
029	Pirâmide	0,229	10	1,000
030	Lagartixa	0,872	10	1,000
Global		34,604	300	1,000

Tabela E.2: Teste de ajuste da tarefa segmentação.

Id	Item	Chi-square	Grau de liberdade	P-value
001	Árvore	1,785	10	0,998
002	Faca	0,482	10	1,000
003	Mão	1,733	10	0,998
004	Ratos	2,356	10	0,993
005	Calça	2,450	10	0,992
006	Folha	0,242	10	1,000
007	Unha	0,500	10	1,000
008	Chocalho	0,394	10	1,000
009	Helicóptero	5,317	10	0,869
010	Lagartixa	2,467	10	0,991
011	Limão	1,139	10	1,000
012	Gato	3,139	10	0,978
013	Patins	0,772	10	1,000
014	Borboleta	3,522	10	0,966
015	Coração	3,192	10	0,977
016	Macaco	2,485	10	0,991
017	Violão	4,119	10	0,942
018	Corrente	0,545	10	1,000
019	Igreja	0,708	10	1,000
020	Pirâmide	3,085	10	0,979
021	Bomba	1,068	10	1,000
022	Lua	4,176	10	0,939
023	Pneu	7,135	10	0,713
024	Cachorro	3,848	10	0,954
025	Fantasma	1,802	10	0,998
026	Macarrão	1,674	10	0,998
027	Cachimbo	0,431	10	1,000
028	Girassol	0,565	10	1,000
029	Isqueiro	1,511	10	0,999
030	Tesoura	3,876	10	0,953
Global		66,517	300	1,000

Tabela E.3: Teste de ajuste da tarefa memória visual.

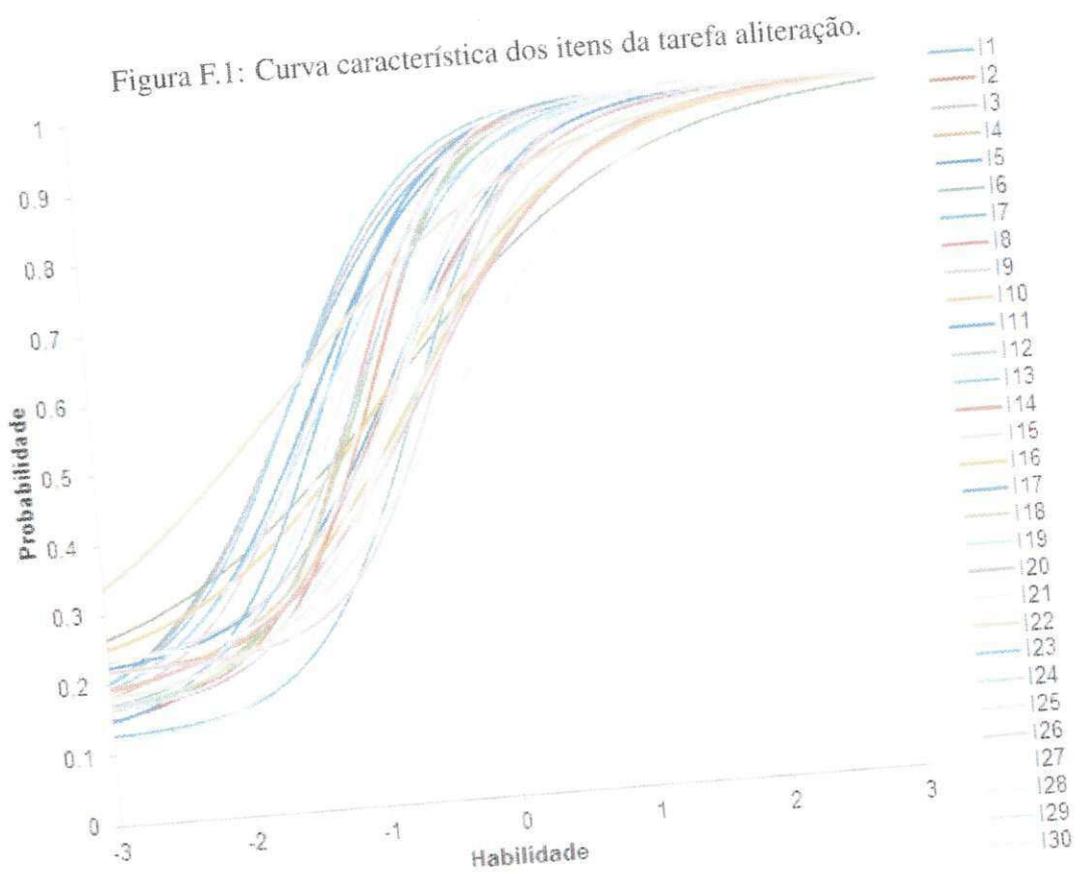
Id	Item	Chi-square	Grau de liberdade	P-value
001	Mão	0,707	10	1,000
002	Pé	1,073	10	1,000
003	Lua	0,200	10	1,000
004	Trêm	0,276	10	1,000
005	Céu	0,452	10	1,000
006	Flor	0,453	10	1,000
007	Pato	0,297	10	1,000
008	Azul	0,265	10	1,000
009	Lápis	5,491	10	0,856
010	Verde	4,112	10	0,942
011	Gato	0,208	10	1,000
012	Livro	0,293	10	1,000
013	Livros	1,047	10	1,000
014	Caixinha	5,761	10	0,835
015	Carro	0,122	10	1,000
016	Casa	1,097	10	1,000
017	Pneu	1,168	10	1,000
018	Árvore	1,052	10	1,000
019	Bolsa	0,884	10	1,000
020	Bomba	1,408	10	0,999
021	Bota	0,325	10	1,000
022	Melão	1,191	10	1,000
023	Patins	2,143	10	0,995
024	Pomar	1,725	10	0,998
025	Pombo	0,336	10	1,000
026	Arco	2,075	10	0,996
027	Faca	0,394	10	1,000
028	Limão	0,447	10	1,000
029	Raiva	0,297	10	1,000
030	Ratos	0,801	10	1,000
Global		36,099	300	1,000

Tabela E.4: Teste de ajuste da tarefa rima.

Id	Item	Chi-square	Grau de liberdade	P-value
001	Pé	1,183	10	1,000
002	Gato	1,687	10	0,998
003	Pombo	0,452	10	1,000
004	Cachorro	1,833	10	0,997
005	Chocalho	1,093	10	1,000
006	Trança	1,809	10	0,998
007	Coração	0,175	10	1,000
008	Macarrão	0,382	10	1,000
009	Isqueiro	1,906	10	0,997
010	Corrente	2,926	10	0,983
011	Céu	0,888	10	1,000
012	Carro	0,360	10	1,000
013	Limão	0,539	10	1,000
014	Arco	0,956	10	1,000
015	Grade	0,846	10	1,000
016	Unha	1,583	10	0,999
017	Cachimbo	0,403	10	1,000
018	Chocalho	2,173	10	0,995
019	Sorriso	0,474	10	1,000
020	Igreja	1,120	10	1,000
021	Pato	1,075	10	1,000
022	Árvore	2,239	10	0,994
023	Ratos	1,269	10	0,999
024	Faca	2,123	10	0,995
025	Madeira	0,405	10	1,000
026	Professora	1,450	10	0,999
027	Baralho	1,709	10	0,998
028	Focinho	1,330	10	0,999
029	Girassol	0,730	10	1,000
030	Pirâmide	0,877	10	1,000
Global		35,994	300	1,000

Apêndice F

Curva característica dos itens



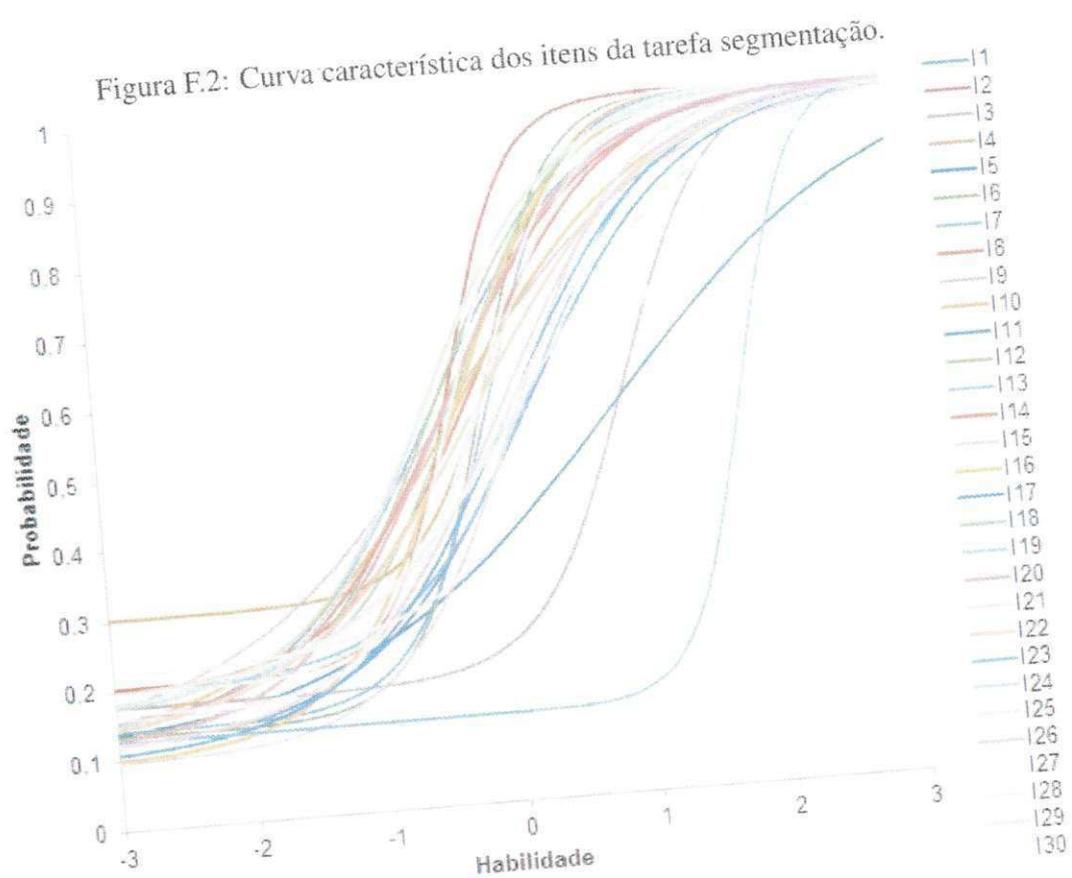


Figura F.3: Curva característica dos itens da tarefa memória visual.

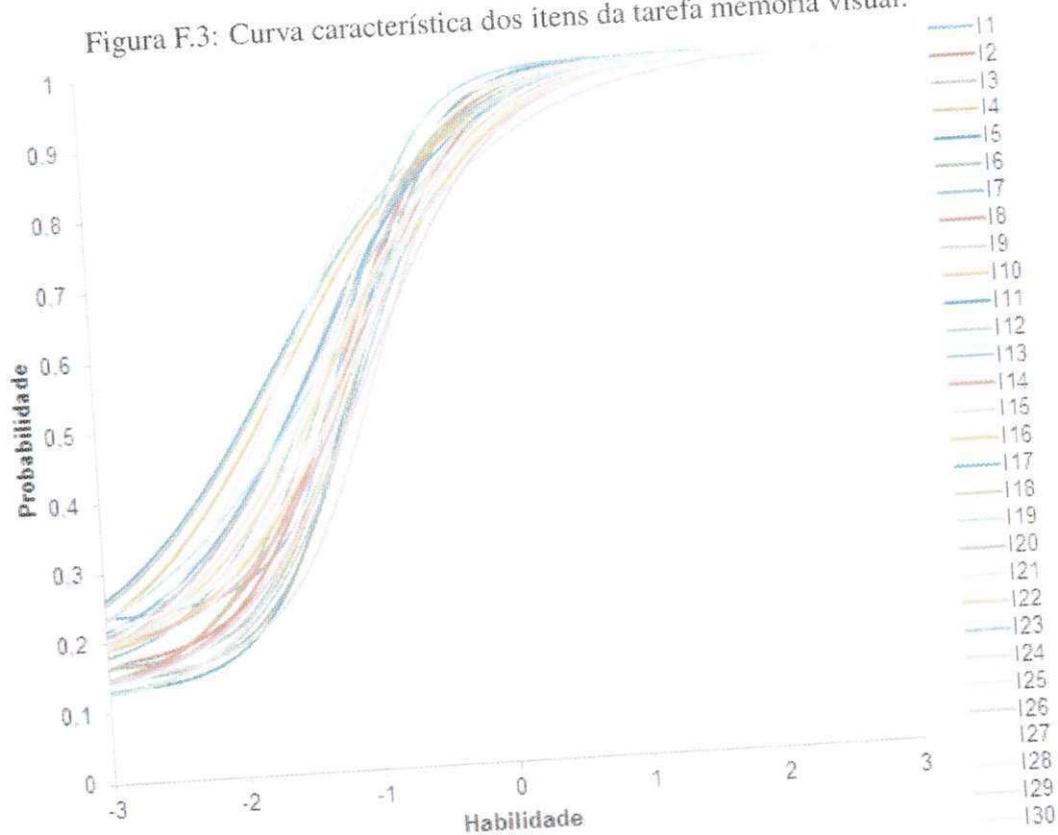
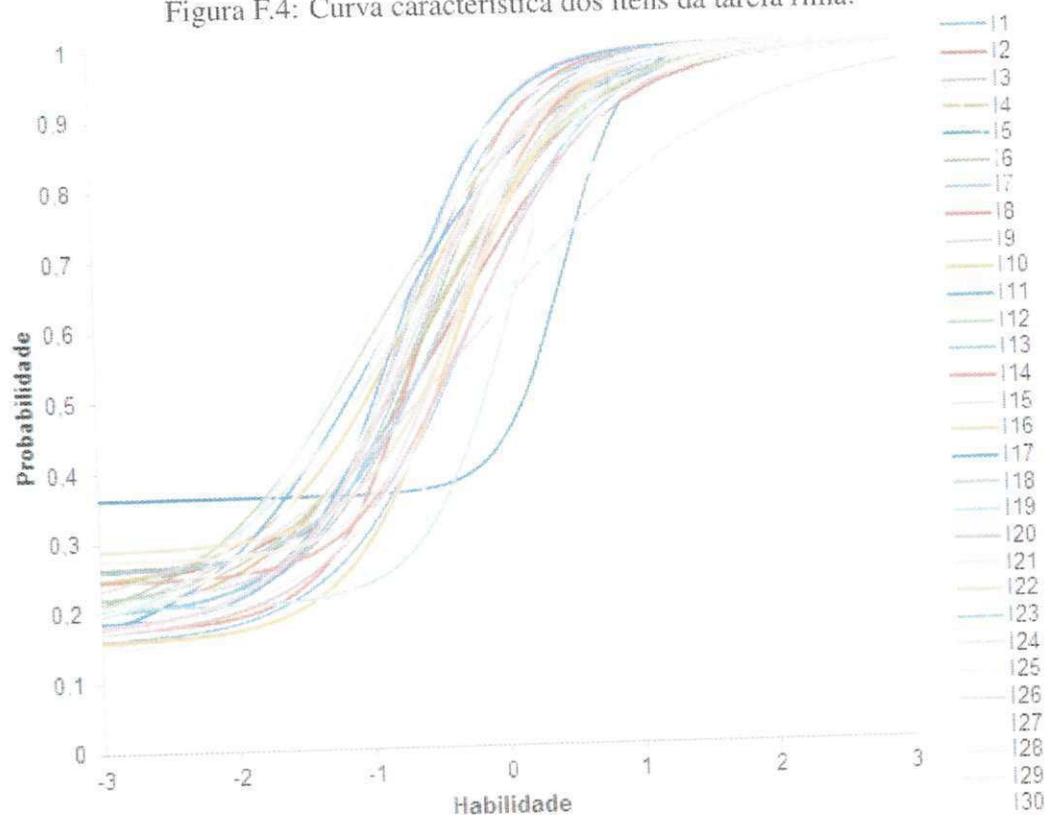


Figura F.4: Curva característica dos itens da tarefa rima.



Apêndice G

Função de informação dos itens

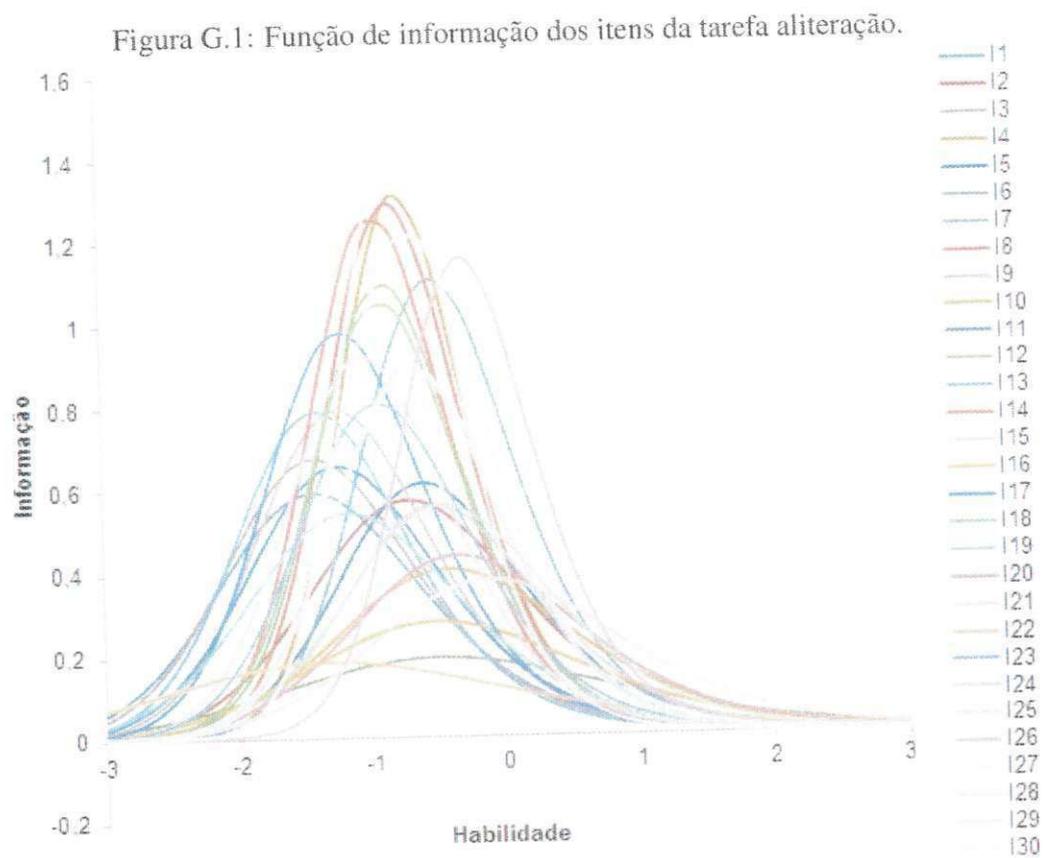


Figura G.2: Função de informação dos itens da tarefa segmentação.

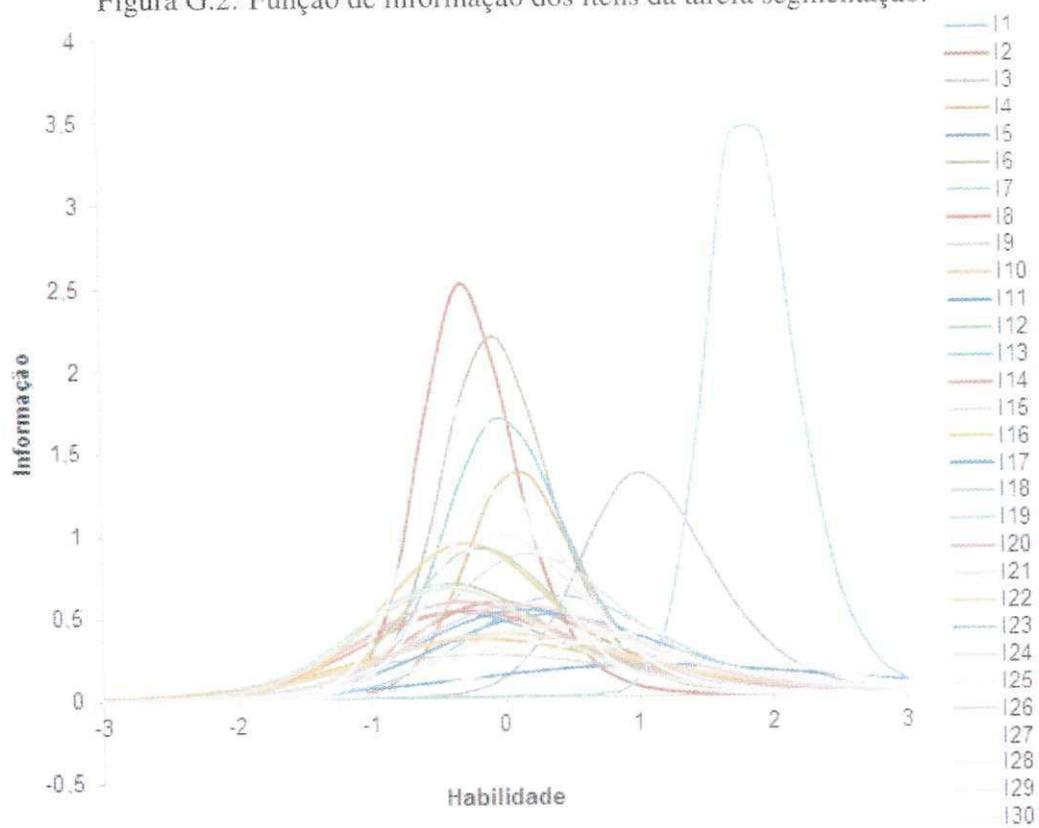


Figura G.3: Função de informação dos itens da tarefa memória visual.

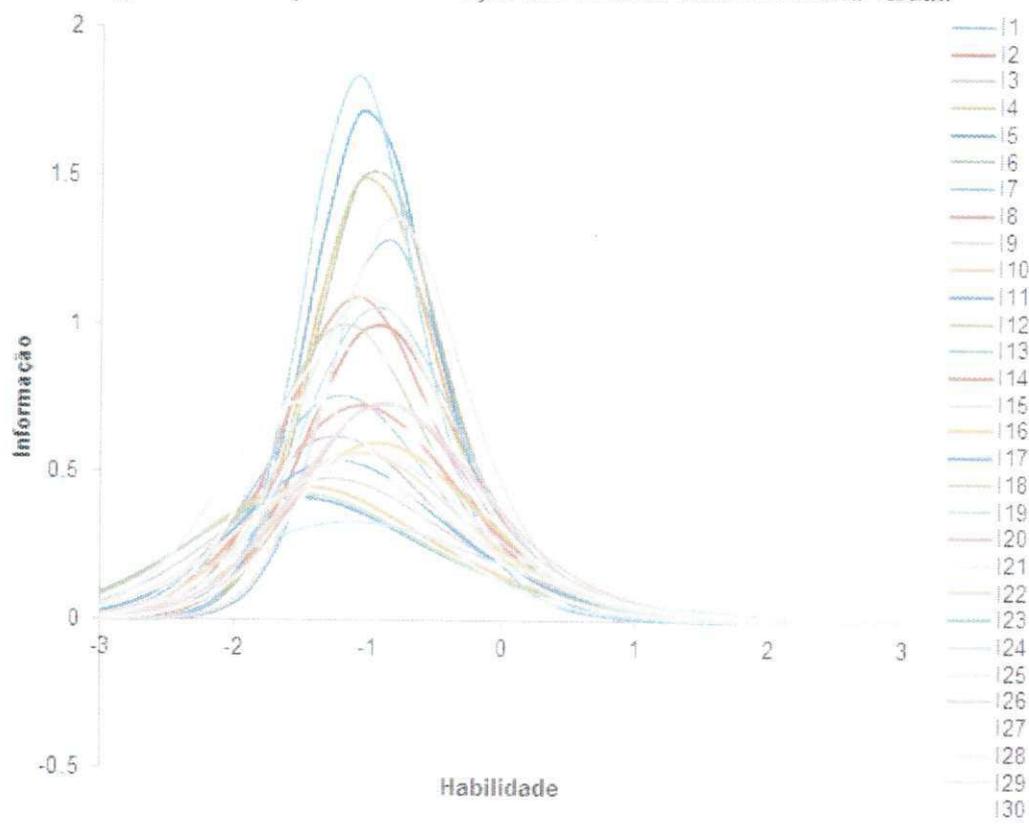


Figura G.4: Função de informação dos itens da tarefa rima.

