

**CRISTINA FERRAZ BORGES MURPHY**

**Desenvolvimento de software para treinamento auditivo  
e aplicação em crianças com dislexia**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da  
Universidade de São Paulo para obtenção do título de  
Doutor em Ciências

Área de Concentração: Comunicação Humana

Orientadora: Profª Dra. Eliane Schochat

São Paulo

2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**CRISTINA FERRAZ BORGES MURPHY**

**Desenvolvimento de software para treinamento auditivo  
e aplicação em crianças com dislexia**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da  
Universidade de São Paulo para obtenção do título de  
Doutor em Ciências

Área de Concentração: Comunicação Humana

Orientadora: Profª Dra. Eliane Schochat

São Paulo

2008

*Aos meus dois grandes amores:*

*Mike e Lara*

*Agradecimientos*

*Aos meus pais Sérgio e Daisy, meus irmãos Adriana e Fábio e  
minhas avós Eulália e Júlia, pelo apoio incondicional*

*À minha querida orientadora Prof. Dra. Eliane Schochat, por  
confiar na realização deste trabalho e por toda a  
disponibilidade, entusiasmo, paciência, bom humor e pela  
invejável capacidade de trabalho durante todo o período da  
nossa convivência*

*Ao Mike, por tornar possível o desenvolvimento do programa*

*Às minhas “amigas de chá”, Cá, Rê Moreira, Ivone, Tatú,  
Lorena e Fê, pelos inesquecíveis momentos de descontração*

*Aos colegas do Laboratório de Investigação Fonoaudiológica  
em Processamento Auditivo da Faculdade de Medicina da  
Universidade de São Paulo*

*Às amigas da turma XXIII do curso de Fonoaudiologia da  
FMUSP*

*Aos Professores Renata Mota Mamede de Carvalho, Haydée  
Fiszbein Wertzner e Koichi Sameshima, pelas sugestões  
pertinentes apresentadas durante o exame de Qualificação*

*Aos funcionários do Centro de Docência e Pesquisa da FMUSP*

*À Fga Luciana Pagan, pela grande ajuda e paciência  
durante a etapa de análise acústica*

*Ao Sandro e ao Douglas, técnicos do estúdio de Cinema,  
Rádio e Televisão da Escola de Comunicação e Artes da USP,  
pelo auxílio generoso durante o desenvolvimento do software*

*À Rosana Becker, por criar os simpáticos “macaco” e  
“papagaio”, além dos outros desenhos*

*A Prof. Dra. Carmen Saldiva, pelas excelentes sugestões sobre a  
análise estatística*

*À Fapesp, pelo incentivo financeiro à pesquisa*

*À Associação Brasileira de Dislexia e aos participantes da  
pesquisa, por participarem e acreditarem na importância da  
pesquisa*

Esta dissertação está de acordo com:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors (Vancouver)*

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Júlia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 2ª ed. São Paulo: Serviço de Biblioteca e Documentação; 2005.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.



## SUMÁRIO

Lista de Figuras	
Lista de Tabelas	
Lista de Abreviaturas	
Resumo	
Summary	
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	06
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	09
3.1 Processamento temporal auditivo e o transtorno de leitura – hipótese.....	10
3.2 Treinamento auditivo.....	22
4. MÉTODOS.....	47
5. RESULTADOS.....	84
6. DISCUSSÃO PRELIMINAR.....	126
7. REFERÊNCIAS.....	151

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tela Jogo Macaco – Discriminação.....	51
Figura 2 - Tela Jogo Macaco - Ordenação.....	52
Figura 3 - Representação da variação de oitavas.....	55
Figura 4 - Passos do Jogo Macaco.....	58
Figura 5 - Tela Jogo Papagaio.....	61
Figura 6 - a) /VAFA/ com 0% expansão, 0dB amplitude, 200ms de IIE.....	64
b) /VAFA/ com 100% expansão, 10dB amplitude, 500ms de IIE.....	64
Figura 7 - a) /COGO/ com 0% expansão, 0dB amplitude, 200ms de IIE.....	65
b) /COGO/ com 100% expansão, 10dB amplitude, 500ms de IIE.....	65
Figura 8 - Avaliações - Estudo 1 e Estudo 2.....	70
Figura 9 - Diagramas de dispersão dos escores nos testes no pré-treinamento e a idade por grupo.....	89
Figura 10 - Diagramas de dispersão dos escores nos testes no pós-treinamento e a idade por grupo.....	90
Figura 11- Diagramas de dispersão das diferenças dos escores nos testes nos dois períodos e a idade por grupo.....	90
Figura 12 - <i>Box-plots</i> para Leitura de Palavras por grupo e faixa etária nos períodos pré e pós-treinamento.....	93
Figura 13 - <i>Box-plots</i> para Leitura de texto por grupo e faixa etária nos períodos pré e pós.....	95
Figura 14 - <i>Box-plots</i> para Tarefas silábicas por grupo nos períodos pré e pós.....	97

Figura 15 - <i>Box-plots</i> para Tarefas fonêmicas por grupo nos períodos pré e pós.....	99
Figura 16 - <i>Box-plots</i> para Rima e aliteração por grupo nos períodos pré e pós.....	100
Figura 17 - <i>Box-plots</i> para Frequência por grupo e faixa etária nos períodos pré e pós.....	102
Figura 18- a) Escores médios da Frequência nos dois períodos por grupo e faixa etária (7 a 10 anos).....	103
b) Escores médios da Frequência nos dois períodos por grupo e faixa etária (11 a 14 anos).....	104
Figura 19 - <i>Box-plots</i> para Duração por grupo e faixa etária nos períodos pré e pós.....	106
Figura 20 - <i>Box-plots</i> para Leitura de palavras por faixa etária nos três Períodos.....	113
Figura 21 - <i>Box-plots</i> para Leitura de texto por faixa etária nos três Períodos.....	114
Figura 22 - <i>Box-plots</i> para Tarefas silábicas nos três períodos.....	115
Figura 23 - <i>Box-plots</i> para Tarefas fonêmicas nos três períodos.....	116
Figura 24 - <i>Box-plots</i> para Rima e aliteração nos três períodos.....	118
Figura 25 - <i>Box-plots</i> para Frequência por faixa etária nos três períodos.....	119
Figura 26 - <i>Box-plots</i> para Duração por faixa etária nos três períodos.....	121

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatísticas descritivas para a idade nos grupos Estudo e Controle.....	86
Tabela 2 - Coeficientes de correlação de Spearman entre a idade e os escores dos testes no período pré treinamento.....	87
Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Spearman entre a Idade e os escores no período pós, e diferenças entre os escores nos períodos pré e pós, por grupo.....	88
Tabela 4 - Estatísticas descritivas para Leitura de Palavras em cada período, por grupo e faixa etária .....	92
Tabela 5 - Estatísticas descritivas para Leitura de textos em cada período, por grupo e faixa etária.....	94
Tabela 6 - Estatísticas descritivas para Tarefas silábicas em cada período, por grupo .....	96
Tabela 7 - Estatísticas descritivas para Tarefas fonêmicas em cada período, por grupo .....	98
Tabela 8 - Estatísticas descritivas para Rima e aliteração em cada período, por grupo .....	100
Tabela 9 - Estatísticas descritivas para Frequência em cada período, por grupo e faixa etária.....	101
Tabela 10 - Estatísticas descritivas para Duração em cada período, por grupo e faixa etária.....	105
Tabela 11- Coeficientes de correlação de Spearman (r) entre diferenças dos escores no pós e no pré dos sete teste – grupo Experimental .....	108
Tabela 12- Número de dias jogados e Evolução no Jogo para cada Participante.....	109
Tabela 13 - Coeficientes de correlação de Spearman (r) das diferenças dos escores dos sete testes no pós e no pré com Dias jogados, Evolução Macaco e Evolução	

Papagaio – grupo Experimental.....	110
Tabela 14 - Estatísticas descritivas para a idade no grupo.....	111
Tabela 15- Estatísticas descritivas para Leitura de palavras em cada período por faixa etária.....	112
Tabela 16- Estatísticas descritivas para Leitura de texto em cada período por faixa etária.....	114
Tabela 17 - Estatísticas descritivas para Tarefas silábicas em cada período.....	115
Tabela 18 - Estatísticas descritivas para Tarefas fonêmicas em cada período.....	116
Tabela 19 - Estatísticas descritivas para Rima e aliteração em cada período.....	118
Tabela 20- Estatísticas descritivas para Frequência em cada período por faixa etária.....	119
Tabela 21 - Estatísticas descritivas para Duração em cada período por faixa etária.....	121
Tabela 22 -Coeficientes de correlação de Spearman (r) entre diferenças dos escores no pós e no pré dos sete testes.....	123
Tabela 23 - Número de dias jogados e Evolução no Jogo para cada Participante.....	124
Tabela 24 - Coeficientes de correlação de Spearman (r) das diferenças dos escores dos sete testes no pós e no pré <sup>2</sup> com Dias jogados, Evolução macaco e Evolução papagaio.....	125

## LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

ABD	Associação Brasileira de Dislexia
ANOVA	Análise de variância
CAPPesq	Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa
CD	Compact Disc
Consc. Fonol.	Consciência Fonológica
dB	decibel
Disc.	Discriminação
DP	desvio padrão
Dur.	Duração
ECA	Escola de Comunicação e Artes
et al	e outros
Exclus.	Exclusão
fMRI	neuroimagem funcional
FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
Freq.	Frequência
Hz	Hertz
IIEs	intervalos inter-estímulos
IME	Instituto de Matemática e Estatística
IPRF	Índice Percentual de Reconhecimento de Fala
LRF	Limiar de Reconhecimento de Fala
MAE	Meato Acústico Externo
MMN	Mismatch Negativity
ms	milisegundos
NA	Nível de Audição
Ord.	Ordenação

QI	Quociente de Inteligência
RS	Rio Grande do Sul
RGDT	Detecção do intervalo aleatório
Segment.	Segmentação
SISI	Discriminação de Intensidade
SRT	Speech Recognition Threshold
PET	Tomografia por Emissão de Póstron

## RESUMO

Murphy, CFB *Desenvolvimento de software para treinamento auditivo e aplicação em crianças com dislexia*. [Tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2008.158p.

**INTRODUÇÃO:** Baseado na hipótese de que os transtornos de leitura possam ser causados por uma alteração no processamento temporal auditivo (PTA), programas de treinamento auditivo computadorizados são utilizados como método de reabilitação em crianças com dislexia. Apesar disso, há controvérsias sobre a influência deste tipo de tratamento nas habilidades de leitura. **OBJETIVOS:** Desenvolver um programa de treinamento auditivo computadorizado, aplicar e analisar a sua eficácia em crianças com dislexia, por meio da comparação dos desempenhos obtidos em testes de leitura, consciência fonológica e PTA, aplicados antes e após a utilização do programa. **MÉTODO:** o software desenvolvido apresentou dois jogos contendo estímulos não-verbais e verbais (fala expandida). O treinamento foi conduzido na casa de cada participante durante dois meses, sendo cinco vezes por semana. A eficácia foi analisada por meio de dois estudos. No primeiro, os desempenhos do grupo experimental (“treinado”) em testes de leitura, consciência fonológica e PTA, aplicados pré e pós-treinamento, foram comparados com o desempenho do grupo controle (“não treinado”), nos mesmos testes, aplicados no mesmo período. Ambos os grupos foram formados por crianças com dislexia e idades entre 7 e 14 anos, sendo 12 do grupo experimental e 28 do grupo controle. No estudo 2, o desempenho do grupo experimental (18 crianças com dislexia) nos mesmos testes citados no estudo 1, foram comparados em três momentos: dois meses antes do início do treinamento, no início e no final do treinamento. **RESULTADOS:** No estudo 1, houve melhora significativa do grupo experimental, se comparado ao controle, em relação ao desempenho em uma das habilidades de consciência fonológica (Tarefas Silábicas;  $p=0,044$ ) e em uma das habilidades de PTA (Padrão de Frequência; 7 a 10 anos de idade



$p < 0,001$ , 11 a 14 anos de idade  $p = 0,018$ ). No estudo 2, houve melhora significativa do grupo experimental, se comparado ao controle, em relação ao desempenho em uma das habilidades de leitura (Leitura de Texto;  $p < 0,001$ ), em uma das habilidades de consciência fonológica (Tarefas Fonêmicas;  $p < 0,001$ ), e em ambas habilidades de PTA (Padrão de Frequência  $p < 0,001$  e Duração  $p = 0,010$ ). CONCLUSÃO: o software mostrou-se eficaz para o treinamento temporal auditivo do grupo, o qual pôde ser comprovado por meio da melhora pós-treinamento, em relação a esta habilidade, na maioria das situações analisadas. Os desempenhos encontrados pós-treinamento, em relação às provas de leitura e consciência fonológica, questionam a hipótese que relaciona o PTA e a leitura, já que a melhora esteve presente apenas para algumas habilidades de leitura e consciência fonológica.

Descritores: Dislexia - Criança - Transtornos da percepção auditiva – Software -  
Reabilitação

## **SUMMARY**

Murphy, CFB. Development of software for auditory training and application in children with dyslexia. [Thesis]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2008. 158p.

**INTRODUCTION:** Based on the hypothesis that reading disorders can be caused by an alteration of the temporal auditory processing (TAP), computadorized auditory training programs are used as a rehabilitation method in children with dyslexia. However, there are some controversies about the influence of this kind of treatment in reading abilities. **AIM:** to develop and administer a computadorized auditory training program as also as analyze its efficacy in children with dyslexia; through a comparison of the performances obtained in reading, in phonological awareness and in TAP tests conducted before and after the use of the program. **METHODS:** the software developed presented two games with non-verbal and verbal (expanded speech) stimuli. Training was conducted in each participant's home during two months, five times a week. Efficacy was analyzed through two studies. In the first one the performance of the experimental group ("trained") in reading, phonological awareness and TAP tests, pre and post-training, was compared with the performance of the control group ("non trained") for the same tests conducted in the same period. Both groups were constituted by children with dyslexia with age range between 7 and 14 years old, being 12 of the experimental group and 28 of the control group. In study 2, the performance of the experimental group (18 children with dyslexia) in the same tests conducted in study 1 was compared in three circumstances: Two months before the beginning of treatment, at the beginning of treatment and at the end of treatment. **RESULTS:** In study 1 there was significant improvement of the experimental group compared to the control group in relation to the performance of one phonological awareness ability

(Syllabic Tasks;  $p=0.044$ ) and in one TAP ability (Frequency pattern; 7 to 10 years old:  $p<0.001$ ; 11 to 14 years old:  $p=0.018$ ). In study 2 there was significant improvement of the experimental group, if compared to the control group, in one reading ability (Text Reading;  $p<0.001$ ), one phonological awareness ability (Phonemic Tasks;  $p<0.001$ ) and in both TAP abilities (Frequency pattern;  $p<0.001$  and Duration;  $p=0.010$ ). CONCLUSION: the software showed its efficacy for the auditory temporal training of the group, which was proved by the post-training improvement in this ability for the majority of the situations analyzed. Post-training performances regarding reading and phonological awareness tests put in question the hypothesis that relates TAP and reading, as far as improvement was only showed for some reading and phonological awareness abilities.

Descriptors: Dyslexia – Child – Auditory perceptual disorders – Software - Rehabilitation

*Introdução*

## 1- INTRODUÇÃO

Desde os achados de Orton (1937), pesquisas têm comprovado a existência de alterações perceptivas em crianças com dislexia.

Atualmente, estudos mostram que crianças que apresentam transtornos de linguagem oral e/ou de leitura apresentam, também, dificuldades em processar características temporais de vários tipos de estímulo. A dificuldade envolvendo processamento temporal auditivo, especificamente, seria expressa por uma habilidade limitada em processar "elementos acústicos curtos", como em consoantes caracterizadas por rápida transição de formantes. Essas crianças apresentariam, portanto, dificuldades em perceber e discriminar estes sons apropriadamente dentro do espectro da fala. Como resultado, seriam incapazes de formar uma representação mental, a qual permitiria associar as letras aos seus sons específicos (Tallal, 1980; Merzenich et al., 1993; Fitch et al., 1997; Habib, 2000; Ingelghem et al., 2001).

A partir da teoria que envolve o processamento temporal, dois achados, também importantes, foram considerados. O primeiro diz respeito à utilização da fala expandida, e o segundo, aos experimentos que envolvem a plasticidade.

Em relação à fala expandida, sabe-se que alterações no processamento temporal auditivo comprometem o entendimento da fala contínua, na qual devem ser analisados elementos acústicos rápidos, na escala de milisegundos

(Hirsh, 1959; Birch e Belmont, 1964). A partir desta consideração, Tallal e Piercy (1973) descobriram que, utilizando estímulos com velocidade de transição de formantes expandida (fala expandida), as dificuldades envolvendo discriminação diminuiriam, já que, neste caso, existiria um tempo maior para o processamento de cada sinal acústico.

Em relação à plasticidade, sabe-se, por meio de estudos eletrofisiológicos conduzidos em seres humanos e em macacos (Merzenich et al., 1993; Merzenich e Jenkins, 1995), que por meio de um treinamento comportamental intensivo, os processos neurais, os quais servem de base para a discriminação espectral e para a segmentação temporal, podem ser treinados e, conseqüentemente, aperfeiçoados. Estudos psicofísicos realizados em adultos também mostraram uma melhora na habilidade de reconhecer estímulos visuais breves e sucessivos com a prática (Karni e Sagi, 1991).

Assim, as descobertas relacionadas à fala expandida e à plasticidade cortical conduziram à criação de um programa de treinamento computadorizado e intensivo, apresentando sílabas, palavras e sentenças expandidas (Merzenich et al., 1996; Tallal et al., 1996). A hipótese é de que este treinamento levaria a uma reorganização neuronal e, conseqüentemente, a uma melhora na habilidade de perceber estímulos acústicos breves.

Apesar das evidências mencionadas, a utilização e a eficácia do referido programa são questionadas por muitos pesquisadores (Rice, 1997; Friel-Patti et al., 2001; Agnew et al., 2004; Cohen et al., 2005).

Rice (1997), por exemplo, afirmou que o programa pode ser efetivo por treinar outras habilidades como a atenção, por exemplo, e não o processamento temporal auditivo. Isso poderia fazer com que novos programas, baseados no processamento auditivo, fossem criados sem considerar-se os fatores reais que fariam com que o programa funcionasse.

Em pesquisa realizada por Agnew et al. (2004), apesar da melhora das habilidades auditivas que foi encontrada após o treinamento, não foi possível corroborar os achados que defendem a relação entre o processamento temporal auditivo e os transtornos de leitura, uma vez que não foi encontrada melhora das habilidades de leitura.

Para Habib et al. (2002), uma das críticas, relacionada à questionável eficácia do treinamento descrito por Tallal et al. (1996), reside no fato de todos os estudos terem sido realizados em crianças com transtornos de linguagem, incluindo um grupo de crianças com dislexia. Portanto, para os pesquisadores, generalizar os resultados encontrados para crianças com dislexia não é apropriado, uma vez que os estudos não foram especificamente centrados em transtornos de leitura.

No Brasil, o programa de intervenção em questão ainda não existe, assim como estudos científicos sobre a sua eficácia. Sendo assim, o objetivo da presente pesquisa foi desenvolver um programa de treinamento auditivo computadorizado, além de aplicar e analisar a sua eficácia em crianças com

dislexia. Deste modo, este estudo poderá trazer avanços no campo da pesquisa terapêutica, já que analisará uma nova opção de tratamento para a dislexia.



*Objetivos*

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1. GERAL**

Desenvolver um programa de treinamento auditivo computadorizado, aplicar e analisar a sua eficácia em crianças com dislexia, por meio da comparação dos desempenhos obtidos em testes de leitura, consciência fonológica e processamento temporal auditivo, aplicados antes e após a utilização do programa.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

2.2.1 Desenvolver o software, considerando a análise acústica das características temporais do Português Brasileiro.

2.2.2 Aplicar o treinamento, utilizando o software, em grupo de crianças com dislexia, e analisar a sua eficácia por meio da comparação do desempenho deste grupo com um grupo controle em testes de leitura, consciência fonológica, e processamento temporal auditivo, aplicados pré e pós-treinamento (estudo 1).

2.2.3 Aplicar o treinamento, utilizando o software, em grupo de crianças com dislexia, e analisar a sua eficácia por meio da comparação do desempenho do grupo em testes de leitura, consciência fonológica e processamento temporal auditivo aplicados em três fases: dois meses antes de realizar o treinamento, no início do treinamento e no fim do treinamento (estudo 2).

*Revisão da Literatura*

### **3 - REVISÃO DA LITERATURA**

Nesta revisão da literatura, serão abordados dois temas principais: a teoria sobre a relação entre o processamento temporal auditivo e a leitura, e o treinamento auditivo como tratamento.

#### **3.1 Processamento temporal auditivo e a dislexia - hipótese**

Desde os achados de Orton (1937), pesquisas têm comprovado a existência de alterações perceptuais (visuais e auditivas) em crianças com dislexia.

Em 1980, esta hipótese foi aprofundada (Tallal, 1980). A pesquisadora aplicou os mesmos testes, já aplicados em crianças com atraso de linguagem (Tallal e Piercy, 1973), em 20 crianças com dislexia. Estes testes, denominados "*Repetition Test*", foram desenvolvidos utilizando-se apenas estímulos não verbais, e tinham como objetivo investigar, de uma maneira hierárquica e separadamente, alguns dos componentes primários do processamento temporal auditivo: associação nomeada, discriminação, seqüenciação e velocidade de percepção. Além disso, os estímulos eram apresentados com intervalos inter-estímulos variados. Além do teste auditivo, também foram realizados testes envolvendo leitura de não-palavras. Ambos os testes também foram aplicados em um grupo controle. Os resultados não mostraram diferenças entre o desempenho dos dois grupos para intervalos inter-estímulos lentos (428ms). Entretanto, quando os mesmos estímulos foram apresentados

com intervalos diminuídos (305 a 8ms), as crianças com dislexia apresentaram uma maior quantidade de erros, tanto para o teste de seqüenciação, quanto para o de discriminação. Embora este grupo tenha realmente apresentado resultados piores, houve uma grande variação de indivíduo para indivíduo; e apenas algumas crianças (45%) apresentaram mais erros do que as crianças com pior desempenho no grupo controle.

A pesquisadora discutiu, então, a possível existência de sub-grupos distintos dentro da população de crianças com dislexia. Neste estudo, também houve alta correlação entre o número de erros na prova de leitura, no grupo experimental, com o número de erros em resposta aos estímulos auditivos apresentados de maneira mais rápida. Frente a este resultado, e para excluir a possibilidade de que alguma outra habilidade, requerida em ambos os testes, estivesse interferindo, foi realizada uma análise subsequente, considerando as variáveis idade e QI verbal. Os resultados não mostraram relação entre diferenças de idade ou QI para desempenho em testes de percepção auditiva. Portanto, foi sugerida a possibilidade de um mecanismo perceptivo ser a base da dificuldade em analisar o código fonético eficientemente, em relação ao aprendizado da leitura.

Em 1985, foram publicadas as primeiras pesquisas sobre dislexia, envolvendo achados neuroanatômicos. Galaburda et al. (1985) realizaram estudo *post mortem* de quatro cérebros de homens com dislexia. Todos os cérebros analisados mostraram anomalias corticais como ectopias neuronais, microgirias e displasias, principalmente em área associada à linguagem (região

perisilviana no hemisfério esquerdo). Além disso, o estudo também encontrou uma inesperada simetria do plano temporal, região habitualmente assimétrica.

Com o objetivo de associar estes achados neuroanatômicos às características comportamentais descritas por Tallal (1980), Fitch et al. (1994) induziram o aparecimento das mesmas malformações corticais em ratos machos, bilateralmente. Estes foram avaliados, durante 24 dias, e comparados com ratos sem malformações em testes comportamentais envolvendo discriminação de estímulos auditivos com durações variadas. Os resultados mostraram que todos os animais do grupo experimental foram capazes de discriminar os estímulos corretamente, quando estes apresentavam duração longa (540ms). Quando o estímulo apresentava duração menor ou igual a 324ms, os ratos lesionados apresentaram pior desempenho, se comparados aos do grupo controle. Os pesquisadores sugeriram a existência de uma possível relação entre as malformações neuroanatômicas e a dificuldade envolvendo o processamento temporal auditivo.

Nagarajan et al. (1999) estudaram o processamento acústico de Maus leitores adultos, utilizando métodos psicofísicos e eletrofisiológicos. O objetivo era determinar se haviam diferenças, em Maus e Bons leitores, no processamento cortical de estímulos auditivos rápidos e sucessivos. Para isso, enquanto os sujeitos participavam de testes envolvendo discriminação e ordenação de frequência, eram obtidas respostas do córtex auditivo primário, no hemisfério esquerdo (magnocencefalográficas). Os resultados mostraram que a amplitude de resposta para estímulos rápidos e sucessivos, idênticos ou

diferentes quanto à frequência, foi substancialmente menor em maus leitores, se comparada com o grupo controle, para intervalos inter-estímulos de 100 a 200ms, mas não para 500ms. Frente aos resultados, os pesquisadores concluíram, por meio das evidências eletrofisiológicas, que dificuldades de leitura estão correlacionadas com representação neural anormal de estímulos sensoriais rápidos e sucessivos.

Para Habib (2000), a hipótese defendida por Tallal (1980) tem sido fortemente criticada do ponto de vista teórico e terapêutico. O pesquisador afirmou que o principal argumento, defendido pelos críticos, consiste na afirmação de que a dificuldade envolvendo a consciência fonológica está restrita a um problema puramente lingüístico e não perceptivo; assim, a dificuldade estaria relacionada, especificamente, a um aspecto do processamento da linguagem.

Ahissar et al. (2000), com o objetivo de investigar a relação entre o processamento temporal auditivo e a leitura, aplicaram uma série de testes auditivos em grupo de disléxicos adultos. Os testes investigaram habilidades como mascaramento temporal, detecção do gap, discriminação de frequência e intensidade, discriminação de frequência com mascaramento e ordenação de frequência. Os resultados mostraram que o grupo estudo não apresentou dificuldades, se comparado ao grupo controle, nos testes envolvendo mascaramento temporal, detecção do gap e discriminação de intensidade. Mas, nos testes de discriminação e ordenação de frequência, o mesmo apresentou pior desempenho. Para o grupo estudo, foi necessária uma diferença em torno



de 150 Hz, com um intervalo inter-estímulo de 250 ms, para que fosse possível discriminar o par de frequências em torno de 1000 Hz. Para o grupo controle, foi necessário menos de 40 Hz e menos de 40 ms para se realizar a mesma tarefa. Os pesquisadores concluíram que esta tarefa, se comparada com as outras testadas, mostrou-se mais sensível às dificuldades envolvendo leitura, sugerindo que as características espectrais e temporais do estímulo são importantes na transformação do sinal acústico em representação fonológica.

Ingelghem et al. (2001) afirmaram que a hipótese de que haja uma relação entre o processamento visual e a dislexia não é, necessariamente, conflitante com a teoria do processamento temporal auditivo. Na verdade, como um resultado das duas linhas de pesquisa, a nova hipótese estaria relacionada a uma dificuldade generalizada envolvendo o processamento temporal. Para testar esta hipótese, os pesquisadores aplicaram, em 10 crianças com dislexia, testes envolvendo processamento temporal em ambas as modalidades: visual e auditiva. O teste visual foi realizado por meio da detecção de dois flashes rápidos; para o processamento auditivo, foi utilizado o teste envolvendo a detecção do intervalo de silêncio. Diferenças significantes foram encontradas no desempenho do grupo de crianças disléxicas, para ambos os testes. Estas diferenças encontraram-se altamente correlacionadas com a habilidade para leitura de palavras e não-palavras. Os dados, portanto, corroboraram os achados que confirmam a hipótese de uma dificuldade generalizada envolvendo processamento temporal e dislexia.

Frente às dúvidas existentes para a relação entre alterações perceptivas e o aprendizado da leitura, Rosen e Manganari (2001) realizaram uma pesquisa envolvendo testes auditivos, contendo estímulos verbais e não-verbais, em crianças com dislexia. Os testes contendo estímulos não-verbais investigaram os limiares do mascaramento simultâneo, anterógrado e retrógrado, em grupo controle e estudo. Esta escolha foi feita, pois, segundo os pesquisadores, uma das possíveis explicações de Tallal para as dificuldades auditivas encontradas em crianças com distúrbio específico de linguagem seria a presença de limiar alterado no nível de mascaramento retrógrado e anterógrado. Os testes contendo estímulos verbais investigaram a habilidade de identificação e de discriminação de pares mínimos, tendo sido aplicado, também, teste não-verbal contendo estímulos com características análogas às sílabas do teste verbal (/ba/e/da/). Para isso, o segundo formante, contido nas sílabas e considerado crucial para a discriminação dos pares, foi isolado e manipulado para que pudesse apresentar a mesma duração e magnitude do estímulo verbal.

Os resultados mostraram que as crianças com dislexia apresentaram limiares significativamente maiores apenas para o mascaramento anterógrado, utilizando-se ruído “*bandpass*”. Nos testes de identificação e discriminação dos pares mínimos, o grupo controle apresentou melhor desempenho, tanto na condição /ba/ e /da/, quanto na condição /ad/ e /ab/. Este resultado não foi correlacionado com o desempenho nas provas de mascaramento, já que o esperado era que o grupo estudo apresentasse dificuldades apenas na

condição /ba/ e /da/, situação em que ocorreria o mascaramento anterógrado. Além disso, no teste não-verbal, contendo o segundo formante isolado, o grupo estudo apresentou melhor desempenho, se comparado com o desempenho no teste verbal. Assim, de acordo com os pesquisadores, duas hipóteses podem ser consideradas: a primeira sugere a existência de componentes fonológicos envolvidos na alteração da percepção da fala, e não atribui os déficits a uma base puramente perceptual; a segunda é a de que talvez os estímulos verbais sejam mais complexos do que os estímulos não-verbais criados e considerados análogos à fala, para esta pesquisa.

Outro estudo, que investigou a hipótese de déficit envolvendo processamento temporal auditivo, foi realizado por Share et al. (2002). Aplicou-se o “*Repetition Test*” (Tallal e Piercy, 1973) em um grupo de 543 crianças avaliadas no começo do primeiro ano escolar e em anos subsequentes. Os resultados confirmaram a presença de dificuldade envolvendo a discriminação de estímulos não verbais em um grupo com dificuldades de leitura. Mas estas dificuldades não foram encontradas, com diferenças estatisticamente significantes, para intervalos inter-estímulos curtos (8 a 305 ms). Também não foi encontrada relação direta entre crianças com maior dificuldade em testes auditivos e o desempenho em habilidades fonológicas. As dificuldades envolvendo a habilidade auditiva temporal, encontradas no primeiro ano escolar em um grupo de crianças, também não foram capazes de prever dificuldades de processamento fonológico e leitura de não-palavras. Por outro lado, elas

previram dificuldades de vocabulário e na compreensão de linguagem. Os autores sugeriram que estas descobertas podem estar associadas às descobertas de Tallal (Tallal e Piercy, 1973), a respeito da relação entre processamento temporal auditivo e sintomas de disfasia, observados em distúrbios específicos de linguagem.

Heiervang et al. (2002) também aplicaram uma versão computadorizada do teste original "*Repetition Test*", em um grupo de crianças disléxicas de 9 a 12 anos de idade e em grupo controle. Além do teste original, no qual são utilizados estímulos curtos de 75ms, foram incluídos estímulos longos de 250ms. Para se avaliar a memória de curta duração, também foram incluídas tarefas de ordenação de três, quatro e cinco estímulos. Os resultados mostraram que disléxicos apresentaram piores desempenhos, considerando-se as variáveis duração do estímulo, intervalo inter-estímulo e complexidade da tarefa. Entretanto, não foi encontrada correlação entre habilidades de leitura e o teste auditivo. Os autores concluíram que, embora presentes, as dificuldades que envolvem o processamento de estímulos auditivos rápidos não estão necessariamente relacionadas às dificuldades de leitura, e que programas de treinamento baseados nesta teoria devem, portanto, ser questionados.

Para analisar a hipótese em questão, foi desenvolvida pesquisa longitudinal envolvendo bebês com histórico familiar de déficit específico de linguagem (Benasich e Tallal, 2002). Para isso, dois grupos de bebês, com e sem o histórico familiar, foram avaliados, apresentando 7 meses e meio de idade, em média, e acompanhados até os 36 meses de idade. Na primeira

avaliação, utilizando-se tarefas condicionadas de seqüência de estímulos com intervalos inter-estímulos (IIEs) variados, foram avaliados aspectos do processamento auditivo rápido, bem como velocidade e memória. Os resultados mostraram diferenças significantes entre os grupos, sendo que o grupo com histórico familiar necessitou de IIEs maiores para realizar as tarefas. Além disso, este limiar foi capaz de prever os resultados em testes de linguagem realizados aos 2 anos e aos 3 anos de idade, para crianças do sexo masculino, com estimativa de 40%.

Branco-Barreiro (2003) também investigou o desempenho de crianças com queixas de dificuldades de leitura em testes de processamento temporal auditivo. Para isso, foram aplicados os testes de padrão de freqüência e de duração (Auditec), detecção do intervalo aleatório – RGDT (Keith, 2000) e discriminação da intensidade (SISI). As crianças do grupo estudo foram selecionadas a partir da queixa dos professores. O grupo estudo apresentou desempenho estatisticamente pior do que o grupo controle apenas para os testes de padrão de freqüência com resposta verbal, e também no teste de detecção de intervalos aleatórios (RGDT). A autora concluiu que o desempenho das crianças, nos testes de processamento temporal auditivo, não teve, portanto, forte correlação com a avaliação dos professores.

Alguns autores questionam o modo e a interpretação dos resultados obtidos em testes temporais. Berwanger et al. (2004) investigaram a confiabilidade dos testes que avaliam habilidades temporais, como o limiar de

intervalo inter-estímulo necessário para discriminar e ordenar dois estímulos. Para isso, o limiar foi testado e reavaliado após uma semana e após quatro meses, em crianças com desenvolvimento dentro do esperado, e com idades entre 5 e 11 anos. Os resultados mostraram que crianças com menos de 7 anos de idade apresentaram dificuldades para seguir as instruções do teste. Este dado sugere o fato de o teste requerer habilidades cognitivas, talvez muito complexas, para crianças com esta idade. Também foi observado um decréscimo do limiar obtido com o aumento da idade, indicando que o limiar próximo do adulto é alcançado, aproximadamente, aos 10 anos de idade. Em relação à confiabilidade, os resultados mostraram que, após uma semana, a correlação encontrada foi considerada média, e que após quatro meses foi considerada baixa. Portanto, os autores sugeriram que, como critério diagnóstico, os limiares obtidos, em relação a esta habilidade, devem ser interpretados com cuidado. Além disso, referiram que os limiares encontrados apresentaram grande desvio padrão; assim, em um grupo de crianças sem transtornos de linguagem, também seria possível observar um alto limiar em tarefas desse tipo.

Tallal (2004) concordou que nem todos os estudos têm encontrado dificuldades relacionadas ao processamento temporal auditivo em crianças com dislexia, e que aqueles que a encontram têm questionado a relação causal entre as alterações auditivas e a leitura. Entretanto, para a pesquisadora, uma das explicações para estes diferentes achados envolve importantes diferenças metodológicas dos estudos, diferenças entre a idade dos sujeitos avaliados,

bem como das características do estímulo e das tarefas consideradas. Além disso, afirmou que, como todos os transtornos do desenvolvimento, os casos não são homogêneos e a sintomatologia pode mudar durante o desenvolvimento da criança.

Borges (2005) investigou o desempenho de crianças brasileiras com transtornos de leitura em testes de processamento temporal auditivo e consciência fonológica. Para isso, foram avaliadas 60 crianças de 9 a 12 anos de idade, sendo 27 pertencentes ao grupo controle e 33 ao grupo estudo. Foi desenvolvida e aplicada uma adaptação do teste americano "*Repetition Test*" (Tallal, 1980), contendo quatro testes de discriminação e de ordenação de frequência, e quatro testes de discriminação e de ordenação de duração. Os resultados mostraram que as crianças com transtornos de leitura apresentaram diferenças significantes, quando comparadas às do grupo controle, em testes relacionados à leitura, consciência fonológica e processamento temporal auditivo. Mas não foi encontrada correlação para os desempenhos nos testes de processamento temporal auditivo e leitura, ou mesmo consciência fonológica, para ambos os grupos. Houve correlação apenas para as provas de leitura e consciência fonológica.

A pesquisadora concluiu que o fato de o grupo estudo ter apresentado desempenho inferior, em todos os testes de processamento auditivo, sugere a existência de alguma habilidade em comum entre a leitura e o processamento temporal auditivo. Além disso, a não correlação encontrada possa, talvez, ser explicada pelo fato de a leitura não ser um processo único, ou seja, também

dependem de outros processos que não estão, necessariamente, envolvidos com o processamento temporal auditivo.

De acordo com Banai e Ahissar (2006), as dificuldades encontradas em crianças com dislexia, em testes psicofísicos, podem estar relacionadas às características do teste ou do estímulo apresentado. Para investigar esta questão, os pesquisadores aplicaram uma série de testes auditivos: discriminação de frequência com 2 ou 3 estímulos, ordenação de frequência, limiar de discriminação de frequência, discriminação de duração, discriminação e identificação de fala, e percepção de fala no ruído. Além disso, também foram aplicados testes de leitura, consciência fonológica, memória e de habilidades cognitivas não-verbais. Os resultados mostraram bom desempenho do grupo estudo, se comparado ao grupo controle, em tarefas que envolviam simples discriminação do estímulo (igual ou diferente), verbal ou não-verbal. Entretanto, para tarefas que envolviam identificação ou ordenação do estímulo, o grupo estudo apresentou pior desempenho. Assim, independente do tipo de estímulo utilizado, foi encontrada alta correlação entre o grau de complexidade da tarefa e o desempenho no teste.

De acordo com Galaburda et al. (2006), não há dúvidas de que a maioria dos disléxicos apresenta alterações fonológicas e que, para eles, encontram-se evidenciadas por três sintomas: dificuldade para consciência fonológica, pobre memória verbal de curto-prazo, e baixa retenção da informação lexical. Além destes sintomas, dificuldades auditivas, motoras e visuais também são associadas à dislexia, sendo que as dificuldades auditivas e motoras são muitas



vezes consideradas como a principal causa dos déficits fonológicos. Entretanto, os pesquisadores afirmaram que a prevalência destas dificuldades, pelo menos em crianças maiores e adultos, é muito baixa para que a alteração fonológica seja atribuída a elas especificamente, e que, além disso, elas não ocorrem especificamente na dislexia. Uma das hipóteses, então, é a de que, como a maioria das alterações de desenvolvimento, com a maturação, os sintomas tendem a mudar; assim, enquanto alguns permanecem inalterados, outros podem melhorar. Isto poderia ocorrer com as alterações auditivas, levando-as a se tornarem indetectáveis no momento do diagnóstico. Pensando nisso, os pesquisadores sugeriram que, frente à variedade dos sintomas comportamentais encontrados na dislexia, todos apresentam em comum, pelo menos, alterações de origem genética e anatômica, como base para as alterações encontradas.

### 3.2 Treinamento temporal auditivo

Sabe-se que alterações no processamento temporal auditivo comprometem o entendimento da fala contínua, em que devem ser analisados elementos acústicos rápidos, na escala de milisegundos (Hirsh, 1959; Birch e Belmont, 1964). A partir desta consideração, Tallal e Piercy (1973) descobriram que, utilizando estímulos que apresentam diminuição da velocidade de transição dos formantes (fala expandida), as dificuldades envolvendo discriminação diminuiriam, pois, neste caso, existiria tempo maior para o processamento de cada sinal acústico. Esta descoberta, aliada a estudos sobre

a plasticidade cortical, levou à hipótese de que um programa de intervenção baseado em treinos sucessivos, como o “*Fast ForWord*”, poderia levar a uma reorganização neuronal e, conseqüentemente, a uma melhora na habilidade de perceber este tipo de estímulo acústico.

Considerando a hipótese descrita acima, este capítulo fará, inicialmente, uma introdução a dois conceitos envolvidos no treinamento auditivo em questão: os aspectos temporais envolvidos na percepção da fala e da plasticidade. Os conceitos não serão descritos em ordem cronológica, por se tratar apenas de uma introdução. Posteriormente, serão revisadas as pesquisas que envolvem o treinamento auditivo propriamente dito.

### 3.2.1 Percepção da fala – Aspectos temporais

Para Fitch et al. (1997), fala é um sinal acústico composto de múltiplas freqüências que co-ocorrem, denominadas formantes. Enquanto os sons das vogais são constituídos por freqüências temporalmente estáticas, as consoantes apresentam tempo de início variável e rápida transição de freqüências que mudam, dentro da sílaba, do ponto de articulação para a freqüência requerida para se produzir a vogal subsequente.

Embora falantes apresentem variação no tamanho e no formato do trato vocal e, conseqüentemente, na freqüência fundamental da sua voz, a combinação das freqüências requeridas para se produzir os estímulos da fala são consistentes e replicáveis entre os falantes. Este fenômeno indica que o

reconhecimento do estímulo de fala depende da combinação de frequências estáticas ou transientes que co-ocorrem e não da frequência absoluta. Baseado nisso, a fala, pode, então, ser mapeada de acordo com códigos acústicos relativamente simples (Fitch et al., 1997).

Segundo Wright et al. (1997), a fala pode ser entendida mesmo quando as pistas disponíveis são primariamente temporais. Mas quando estas são removidas, por manipulação do estímulo de fala, ou por uma alteração no processamento temporal, a percepção é prejudicada.

Os mesmos pesquisadores citaram, por exemplo, a importância das pistas temporais na percepção da fala. A identificação de sílabas isoladas, formadas por consoante e por vogal, pode depender do intervalo de tempo de liberação do ar e da vibração das pregas vocais, da duração da transição de frequência, ou ainda do tempo de silêncio entre as consoantes e as vogais. Além disso, pistas prosódicas como as pausas, a duração dos segmentos de fala e a velocidade de fala, poderiam influenciar o conteúdo semântico.

De acordo com Rocca (2003), a aquisição de linguagem implica, entre outras coisas, em adquirir o controle do tempo que governa a duração específica, tanto das unidades de fala, como da coordenação e co-articulação entre essas unidades. Tal sistema de controle de tempo desenvolve-se paralelamente à maturação neurológica e à aquisição de linguagem. Também depende de condições inerentes ao sistema nervoso central e de características

anátomo-fisiológicas dos articuladores da fala, sendo sensível ao contexto lingüístico ao qual o falante está exposto.

De acordo com Pagan e Wertzner (2007), as propriedades acústicas dos sinais de fala explicam a relação existente entre a produção do som pelo falante e a sua compreensão pelo ouvinte, uma vez que os mecanismos de percepção captam a pressão das ondas sonoras que constituem a fala. O falante, para otimizar a comunicação, manipula e explora as características acústicas dos sons da fala, possibilitando a transmissão de aspectos prosódicos que facilitam a compreensão pelo ouvinte.

Embora a percepção dos sons da fala possa ser avaliada através de medidas comportamentais, pouco se sabe sobre as bases neurofisiológicas responsáveis pelo seu processamento no sistema auditivo central (Firszt et al., 2006). Uma das evidências em relação a isso é que há diferenças entre o processamento da fala em cada hemisfério cerebral. Pesquisas atuais indicam que o córtex auditivo esquerdo é responsável pelos parâmetros temporais, enquanto que o córtex auditivo direito é responsável pelos parâmetros espectrais.

De acordo com Firszt et al. (2006), a percepção da fala ocorre através de um circuito anatômico constituído pelo lobo temporal, incluindo giro temporal transversal, plano polar e temporal. Entretanto, a contribuição precisa de cada região ainda é controversa.

Por meio de escuta dicótica, pesquisas têm comprovado a vantagem da orelha direita (hemisfério esquerdo) para discriminar os sons da fala, tendo sido verificada na maioria das pessoas (Fitch et al., 1997). De acordo com Tallal (2003), esta vantagem parece ser fortemente influenciada por parâmetros temporais; ou seja, a diminuição da velocidade de transição de formantes, dentro de uma sílaba, leva a alteração da magnitude da vantagem da orelha direita para a fala. A pesquisadora sugeriu, então, que a especialização do hemisfério esquerdo para mudanças acústicas rápidas pode servir de base à especialização para a percepção da fala.

### 3.2.2. Plasticidade - Aspectos relacionados à aprendizagem

De acordo com Irvine (2007), a plasticidade neural refere-se a uma mudança dinâmica nas características funcionais e estruturais do neurônio, em resposta às mudanças na natureza de um estímulo.

Para Musiek et al. (2002), a plasticidade auditiva pode ser definida como uma alteração das células nervosas, a qual ocorre como consequência de uma imediata influência ambiental, sendo freqüentemente acompanhada de uma mudança comportamental.

Em relação ao sistema auditivo, diferentes evidências comprovaram este fenômeno, como a plasticidade induzida por lesões cocleares específicas, enriquecimento ambiental e micro-estimulação cortical. Além disso, a plasticidade neural também estaria associada à aprendizagem perceptiva, a qual consiste na melhora da capacidade de discriminação sensorial após

treinamento. Esta pode ser percebida por meio de testes psicofísicos e no dia-a-dia. Dois exemplos de aprendizagem perceptiva estão relacionados à percepção da fala. O primeiro consiste no efeito da exposição a uma língua, na aquisição da linguagem, e as modificações ocorridas no córtex auditivo humano a partir disso. O segundo, na melhora da percepção da fala em indivíduos portadores de implante coclear (Irvine, 2007).

Tsodyks e Gilbert (2004) afirmaram que a aprendizagem perceptiva é implícita, ou seja, o indivíduo pode melhorar sem estar consciente da habilidade que está sendo treinada. Por outro lado, pesquisas investigaram a necessidade de se estar atento ao estímulo para que o aprendizado ocorra. Esta forma de influência foi denominada influência top-down e consiste em um processo hierárquico de regulação da informação, das áreas corticais sensoriais primárias por áreas cerebrais mais complexas.

Pesquisas realizadas em ratos e macacos têm mostrado que, para que ocorra uma reorganização cognitiva, seguida de um treinamento com tons, alguma forma de atenção focada (ou ativa) é requerida. Mas, se a tarefa não é atraente, pelo nível de dificuldade ser muito elevado ou baixo, ou por falta de redundância, a atenção pode tornar-se dispersa (Thibodeau, 2007).

Para que a aprendizagem ocorra não é necessário “feedback” para as respostas corretas, embora este possa facilitar o aprendizado. Além disso, o feedback apresentado apenas após um certo número de respostas corretas é tão efetivo quanto o feedback apresentado em cada tentativa. Em relação ao

número de tentativas que compõe a tarefa, até certo número, este também é proporcional à melhora observada (Tsodyks e Gilbert, 2004).

Miyamoto (2006) afirmou que, embora seja importante o estudo da plasticidade neural, em seres humanos, talvez não seja possível estudá-la frente aos seus sistemas tão complexos. Assim, modelos mais simples foram considerados, em animais, para tentar elucidar os mecanismos moleculares envolvidos.

De acordo com Shapiro (2001), um dos mecanismos mais importantes foi descoberto por Bliss e Lomo, em 1973. Os pesquisadores descobriram que a estimulação elétrica de altas frequências de circuitos do hipocampo produziu um aumento de respostas sinápticas que duraram horas “*in vitro*” e dias a semanas “*in vivo*”. Este mecanismo foi denominado como potenciação de longo prazo.

De acordo com Cooke e Bliss (2006), este mecanismo poderia ser gerado, em seres humanos acordados, por meio de uma técnica não-invasiva de estimulação magnética transcraniana. Esta estimulação induz o aparecimento de sinapses no hipocampo com características moleculares similares às estimulações induzidas em animais. Assim, transtornos como a depressão, os quais estão associados a déficits no mecanismo de potenciação de longo prazo, podem ser tratados, atualmente, através desta técnica de indução sináptica.

Cooke e Bliss (2006) ainda afirmaram que, além desta técnica, pesquisadores alegaram que a utilização de potenciais evocados auditivos e

visuais pode, também, demonstrar a plasticidade neural. Para estes pesquisadores, o aumento da amplitude de alguns componentes dos potenciais, que consistem em campos elétricos gerados por um grande número de neurônios, constitui uma forma de plasticidade sináptica. Porém, esta interpretação não pode ser validada sem a utilização de análises mais refinadas, as quais, considerando-se os limites da tecnologia atual, são impossíveis.

Para Poldrack (2000), pouco se sabe sobre os efeitos que as mudanças cerebrais, resultantes da plasticidade, acarretariam em exames de neuroimagem funcional. Para ele, respostas obtidas por meio de exames como PET (“positron emission tomography”) e fMRI (“functional magnetic resonance imaging”) seriam apenas medidas indiretas da atividade sináptica.

De acordo com Johansson (2004), durante a primeira infância, há uma considerável capacidade de plasticidade “*cross-modal*”, com conexões redundantes entre áreas visuais e auditivas, as quais gradualmente decrescem entre 6 e 36 meses de idade. Como exemplo, o pesquisador cita os músicos que iniciaram seu treinamento musical antes dos 7 anos de idade. De acordo com o pesquisador, a parte anterior do corpo caloso, região crucial para a coordenação de atividade motora bimanual, por apresentar fibras nervosas conectando regiões frontais motoras com pré-frontais, seria maior nestes indivíduos do que em músicos que não iniciaram o treinamento tão cedo, ou na população controle.



Rice e Baroni Jr (2000) afirmaram que a neuroplasticidade continua até pelo menos a infância e a adolescência. Análises computacionais do cérebro de crianças de 4 a 17 anos de idade revelaram um aumento no número de fibras, correlacionado com a idade e relacionado a funções motoras e da fala.

Para Kelly e Garavan (2005), a prática decorrente de tarefas motoras, visuo-motoras, perceptivas ou cognitivas, pode resultar em três tipos de mudanças na ativação cerebral: o aumento da ativação em áreas cerebrais envolvidas com a tarefa, o decréscimo desta ativação, ou a reorganização da atividade cerebral, que é a combinação do aumento ou decréscimo de ativação cerebral em uma série de áreas cerebrais.

De acordo com Musiek et al. (2002), há, em geral, duas formas de reorganização. A primeira pode envolver a ativação de neurônios ou conexões neurais previamente inativos. A segunda envolve o surgimento de novas conexões.

De acordo com Gaab et al. (2006), ainda não haveria um consenso sobre quais áreas cerebrais estão envolvidas no processo de aprendizagem ocorrido após um treinamento auditivo envolvendo estímulos não verbais.

Assim, os pesquisadores realizaram pesquisa com o objetivo de investigar se o treinamento auditivo, realizado com tarefas que envolvam habilidades de memória e discriminação de frequência, seria responsável por mudanças na ativação de áreas auditivas primárias e secundárias. Para isso, 24 participantes, sem queixas auditivas, participaram da pesquisa, sendo 14 do grupo controle, no qual não foi realizado o treinamento, e 10 do grupo estudo,

submetidos ao treinamento. Todos os participantes passaram por uma série de testes comportamentais e eletrofisiológicos (fMRI) antes e após o período do treinamento (cinco dias). O teste comportamental envolvia a discriminação de uma série de estímulos sonoros (seis ou sete) compostos por frequências diferentes. Devido à grande variabilidade no desempenho encontrada antes do treinamento, para este teste, o grupo estudo foi classificado em aprendizes “fortes” e “fracos”. O treinamento foi realizado utilizando-se o mesmo teste comportamental aplicado antes e após o treinamento, mas com uma hora de duração diária.

Comparando-se os resultados obtidos antes e após o treino, para o grupo de “fortes” aprendizes, o fMRI mostrou aumento da área de ativação na porção medial do giro de Heschl esquerdo, giro temporal superior e giro supramarginal esquerdo. O grupo de “fracos” aprendizes mostrou mudanças na região do córtex órbito-frontal, giro parahipocampal esquerdo, bem como pequenas mudanças em porção medial do giro de Heschl e córtex insular anterior. O grupo controle não apresentou mudanças quando comparados resultados antes e após o período de treino. Os pesquisadores reafirmaram a importante participação do giro de Heschl em tarefas de discriminação de frequência e discutiram a provável influência de regiões mais especializadas, como o giro supramarginal, nas tarefas de memória auditiva, também requerida durante o treinamento.

O processo de “consolidação”, no qual o aprendizado atribuído às sessões de treino é transferido da memória de curta duração à memória de

longa duração, foi estudado por Wright e Sabin (2007). De acordo com os pesquisadores, ainda não estaria claro quanto tempo de treinamento seria suficiente para que um aprendizado ocorra. Frente a esta dúvida, realizaram estudo com o objetivo de investigar esta questão em tarefas que envolvem discriminação de frequência e discriminação do intervalo entre os estímulos.

Assim, foi comparada a melhora no desempenho para cada teste, entre dois grupos de indivíduos que jogaram 360 e 900 tentativas por dia, durante 6 dias. O teste de discriminação de frequência demandou mais de 360 tentativas por dia para que houvesse melhora no desempenho, enquanto no teste de discriminação do intervalo inter-estímulo houve melhora no desempenho quando jogado apenas 360 tentativas por dia. Dias adicionais de treino não interferiram no desempenho. Os pesquisadores, então, sugeriram que, para que um aprendizado ocorra, é necessário um período de treinamento diário determinado, e que esse período varia dependendo da tarefa. Assim, para cada tarefa solicitada, a fisiologia do circuito neural requerido é diferente. Além disso, esse período parece ser independente do desempenho obtido em cada sessão.

### 3.2.3 Treinamento auditivo

As descobertas relacionadas à fala expandida e à plasticidade cortical conduziram à criação de um programa de intervenção baseado em treinos sucessivos, denominado “*Fast ForWord*” (Merzenich et al., 1996; Tallal et al., 1996). A hipótese é a de que este treinamento levaria a uma reorganização neuronal e, conseqüentemente, a uma melhora na habilidade de perceber

estímulos acústicos breves. Os autores afirmaram que “se as pistas acústicas principais, presentes na fala encadeada, podem ser alteradas através de amplificação e extensão no tempo, então a discriminação fonológica e as habilidades de compreensão de linguagem na criança com transtorno de linguagem podem ser aperfeiçoadas significativamente”. O treino seria realizado por meio de um programa computadorizado, no qual palavras, sentenças e estímulos não verbais seriam expandidos, para facilitar sua discriminação.

O treinamento, voltado para crianças de 5 a 10 anos de idade, continha dois jogos audiovisuais, sendo um verbal e outro não verbal. No jogo não-verbal, a criança ouvia um par de estímulos auditivos, apresentando características análogas aos fonemas do inglês, e deveria associá-los aos estímulos visuais correspondentes na tela, na ordem correta. Os parâmetros variáveis eram a duração do estímulo e os intervalos inter-estímulos. No jogo verbal, a criança ouvia um par de sílabas compostas por consoante e vogal, e deveria associá-las aos símbolos da tela, na ordem correta. Os parâmetros variáveis eram a duração e a amplificação da consoante presente na sílaba, bem como os intervalos inter-estímulos. Estes parâmetros eram adaptados automaticamente de acordo com o desempenho da criança.

Para testar a efetividade do treinamento em questão, dois estudos foram desenvolvidos (Merzenich et al., 1996). No primeiro, sete crianças com alterações de linguagem jogaram o jogo não verbal durante quatro semanas, sendo 20 minutos por dia. Os resultados mostraram que, das sete crianças treinadas, cinco apresentaram evolução no desempenho, dia após dia,

necessitando, ao final, menores intervalos inter-estímulos para poder discriminá-los. Em relação ao jogo verbal, das sete crianças treinadas, seis apresentaram melhora no teste de identificação de fonemas, aplicados antes e após o treinamento. O segundo estudo foi realizado com o objetivo de replicar os achados do primeiro estudo em uma amostra maior. Para isso, 11 crianças participaram de cada jogo, apresentando-se um número maior de tentativas. Os resultados mostraram que, em ambos os jogos, a maioria apresentou melhora progressiva ao longo das sessões.

Outro estudo foi realizado, pelos mesmos pesquisadores, para avaliar, de outra forma, a eficácia do jogo verbal contendo fala expandida (Tallal et al., 1996). Neste estudo, dois grupos de crianças com transtornos de linguagem foram treinados durante seis semanas. Enquanto o grupo estudo era treinado através dos jogos contendo variáveis temporais (fala expandida), o grupo controle recebia o mesmo treinamento, sem a utilização dos parâmetros temporais. Os autores ressaltaram que os treinamentos foram realizados juntamente com sessões individuais de fonoterapia e exercícios para casa. Após o treino, o grupo estudo apresentou uma grande melhora no processamento acústico rápido e em testes envolvendo linguagem.

Frente às dúvidas existentes sobre a relação entre alterações envolvendo estímulos não verbais e a dislexia, e ainda as mudanças cerebrais ocorridas após treinamento, Temple et al. (2000) investigaram, por meio de testes de neuroimagem funcional (fMRI), se indivíduos com dislexia apresentariam diferenças, em relação à área de ativação cerebral, em resposta

a estímulos não verbais. No teste aplicado, dois tipos de estímulos foram utilizados: estímulos rápidos, contendo características análogas às sílabas formadas por consoante-vogal-consoante (40ms de transição dos formantes) e estímulos lentos, com a transição dos formantes estendida para 200ms. Os resultados mostraram maior ativação cerebral no grupo controle (indivíduos sem queixas de leitura e/ou escrita), para estímulos rápidos em região pré-frontal esquerda.

Posteriormente a estes achados, três indivíduos, dos oito disléxicos que participaram da pesquisa, foram submetidos a um treinamento por meio do programa “*Fast ForWord*”. Os resultados mostraram que dois indivíduos tiveram aumento da ativação cerebral, em área pré-frontal esquerda, em resposta a estímulos rápidos, e que eles também apresentaram evolução em testes de processamento auditivo e de compreensão de linguagem, aplicados antes e após o treinamento. Os pesquisadores concluíram que esta área cerebral está, provavelmente, envolvida com o processamento de estímulos não verbais rápidos, e que, pelo fato de se apresentar inativa em disléxicos, também poderia ser considerada importante em tarefas que envolvem leitura.

Friel-Patti et al. (2001) aplicaram o programa “*Fast ForWord*” em cinco crianças com transtorno de linguagem, em idades entre 5 e 9 anos. A pesquisa foi realizada com o objetivo de obter dados independentes dos divulgados pelos criadores do programa. Testes padrões, envolvendo linguagem oral e escrita, foram aplicados antes e após o treinamento para a investigação da eficácia do programa. Os resultados mostraram apenas uma melhora discreta no

desempenho de três crianças para os testes padrões aplicados. De acordo com os pesquisadores, futuras pesquisas deveriam investigar a relação entre o perfil de cada criança antes e após a intervenção em tarefas psicoacústicas e de memória de curto prazo, por exemplo. Assim, seria possível identificar inabilidades que atuariam como pré-requisito para a participação no programa, as quais poderiam ser tratadas, com sucesso, através da intervenção.

Kujala et al. (2001) investigaram se um treinamento audiovisual, utilizando-se apenas estímulos não verbais, poderia ser eficiente para uma melhora das habilidades de leitura e processamento auditivo. Uma das hipóteses questionada pelos pesquisadores residia no fato de o déficit relacionado ao processamento temporal auditivo co-existir com as dificuldades de leitura, não havendo relação causal entre as duas habilidades. Assim, foram criados dois grupos de crianças com dislexia: o grupo estudo, composto por 24 indivíduos que participaram do treino audiovisual, e o grupo controle, também composto por outros 24 indivíduos, com dislexia, os quais não foram submetidos ao treinamento. No jogo de computador no qual o grupo estudo foi treinado, os estímulos não verbais, que variavam quanto à frequência, duração e intensidade, eram representados por retângulos. A tarefa consistia em associar o som ao retângulo específico. O treino foi realizado durante 7 semanas, duas vezes por semana, durante 10 minutos. Antes e após o treinamento, foram realizados testes envolvendo habilidades de leitura, bem como testes auditivos comportamentais e eletrofisiológicos (MMN – “*Mismatch negativity*”). Os resultados mostraram que não havia diferença entre o

desempenho nas provas de leitura, para ambos os grupos, antes do treinamento, enquanto que, após o treinamento, o grupo estudo apresentou melhor resultado, se comparado ao grupo controle. Os testes eletrofisiológicos também apresentaram resultados semelhantes; maior amplitude da onda do MMN, no grupo estudo, após o treino. Os pesquisadores sugeriram, portanto, que o treino auditivo não verbal pode ser capaz de melhorar as habilidades de leitura, comprovando a hipótese baseada no processamento auditivo temporal. Mas ainda é necessário estudo que controle os dois tipos de estímulos separadamente.

Para Habib et al. (2002), uma das críticas relacionada à questionável eficácia do treinamento descrito por Tallal et al. (1996) trata do fato de todos os estudos terem sido realizados em crianças com transtornos de linguagem, incluindo-se este grupo de crianças com dislexia. Assim, os estudos não foram especificamente centrados em transtornos de leitura, e, para os pesquisadores, generalizar os resultados para este grupo não foi apropriado.

Pensando nisso, os pesquisadores desenvolveram um treinamento, em francês, baseado no treinamento proposto por Tallal et al. (1996), e o aplicaram em um grupo estritamente formado por crianças com dislexia, em três estudos.

No primeiro, 12 crianças com dislexia receberam o treinamento durante cinco semanas, sendo cinco vezes por semana, durante uma hora diária. Destas 12 crianças, seis pertenceram ao grupo estudo, ou seja, realizaram o treinamento contendo exercícios de processamento fonológico com fala modificada, e as outras seis crianças (grupo controle) receberam o mesmo



treinamento sem fala modificada. O treinamento foi realizado na escola e envolvia a discriminação de palavras e não-palavras. Para a análise da eficácia do treinamento, uma série de testes de leitura, consciência fonológica, atenção e de linguagem oral, foram aplicados antes, logo após e um mês após o treinamento. Os resultados mostraram que o grupo estudo apresentou melhora significativa no desempenho, se comparado ao grupo controle, em testes envolvendo não palavras. Para os outros testes aplicados, ambos os grupos apresentaram melhora logo após o treino, tendo sido mantida após um mês. Este achado demonstra que, para algumas habilidades, a melhora pode ser atribuída ao fato de o treinamento envolver tarefas fonológicas e não ao processamento temporal envolvido (fala modificada).

No segundo estudo, o treinamento, contendo fala modificada, foi aplicado em 29 crianças com dislexia, entre 5 e 12 anos de idade, durante seis semanas, sete vezes por semana e 15 minutos por dia. Além disso, apenas metade do treinamento realizou-se na escola; a outra metade foi realizada na casa de cada participante, com a supervisão dos pais. Algumas modificações foram realizadas no treino para que o nível de dificuldade deste fosse compatível à idade dos participantes. Os resultados mostraram que o treinamento foi eficiente para a maioria das crianças (72%), inclusive para as crianças menores (5 anos de idade). Por outro lado, as crianças maiores apresentaram melhora, mas com flutuação do desempenho, talvez pela facilidade com que realizaram a tarefa.

No terceiro estudo, o mesmo treinamento com fala modificada foi aplicado em 23 crianças. Para se avaliar especificamente o desempenho do grupo em relação ao processamento temporal auditivo, testes envolvendo esta habilidade foram aplicados antes e após o treinamento. Os resultados mostraram que o grupo apresentou melhora no desempenho, após o treinamento, para o teste envolvendo discriminação auditiva de pares mínimos. Além disso, os resultados deste teste, aplicado antes do treinamento, foram correlacionados com a melhora pós-treinamento nos testes fonológicos. Assim, os pesquisadores afirmaram que este teste auditivo pode ser um bom preditor da eficácia do treinamento para cada criança, sugerindo os melhores candidatos ao uso deste tipo de intervenção.

Os benefícios do programa “*Fast ForWord*” também já foram testados por meio de estudos com neuroimagem. Temple et al. (2003) aplicaram testes comportamentais e o fMRI em 20 crianças com dislexia, antes e após o treinamento com o programa. As medidas geradas pelo fMRI foram obtidas durante testes de habilidades fonológicas, como a rima e ortográficas, tais como o reconhecimento de letras, e comparadas com as medidas obtidas em um grupo controle (12 crianças sem queixas de leitura). Os resultados mostraram que, diferentemente do grupo controle, as crianças do grupo estudo apresentaram melhora nos testes de leitura e nos testes que envolviam habilidades orais. Além disso, o mesmo grupo apresentou aumento da atividade cerebral em algumas áreas corticais, como córtex temporo-parietal esquerdo e giro frontal inferior esquerdo; áreas relacionadas ao processamento fonológico.

Esta mudança fez com que o grupo apresentasse ativação semelhante (região próxima) à ativação encontrada no grupo controle. Também foi encontrado aumento da ativação em áreas que não foram ativadas no grupo controle, como giro frontal superior e inferior direito. Estas áreas não estão relacionadas diretamente ao processamento fonológico, e sugerem que a mudança possa ter ocorrido como uma atividade compensatória cerebral. Os pesquisadores sugeriram, portanto, que a pesquisa foi capaz de mostrar o local onde houve o fenômeno da plasticidade cerebral. Além disso, também sugeriram que futuras pesquisas incluam grupos controles formados por crianças com dislexia que não tenham sido submetidas ao treinamento. Desta forma, seria provado que crianças com dislexia, quando não submetidas ao treinamento, também não apresentem modificações comportamentais ou eletrofisiológicas ocorridas por efeito do desenvolvimento, aprendizado ou prática em teste-retestes.

Agnew et al. (2004) afirmaram que, nas pesquisas desenvolvidas pelos criadores do programa "*Fast Forward*" (Merzenich et al., 1996 e Tallal et al., 1996), não houve investigação sobre o efeito do programa em habilidades de leitura, incluindo consciência fonológica e decodificação de não-palavras. Assim, com o intuito de investigar esta relação, os pesquisadores aplicaram testes envolvendo leitura e processamento temporal auditivo em 7 crianças com pobre desempenho acadêmico, antes e após o treinamento. Segundo os pesquisadores, uma das críticas às pesquisas realizadas pelos criadores encontrava-se no fato de os testes padrões avaliarem habilidades treinadas diretamente através do programa. Pensando nisso, os pesquisadores optaram

pelo teste de padrão de duração para investigar as habilidades temporais, já que esta tarefa não era treinada diretamente pelo programa. Além disso, também foi aplicado teste de padrão de duração, utilizando-se estímulos visuais, com o objetivo de investigar se a principal habilidade treinada por meio do programa teria sido a atenção e não o processamento auditivo temporal propriamente dito.

Os resultados mostraram melhora no desempenho apenas para o teste de processamento temporal auditivo, sugerindo o fato de o programa ser realmente capaz de aperfeiçoar a discriminação para a modalidade auditiva. Em relação às habilidades de leitura, não foi encontrada melhora nos testes aplicados. Os pesquisadores afirmaram, portanto, que, apesar da melhora encontrada em relação à habilidade auditiva, não foi possível corroborar os achados que defendem a relação entre o processamento temporal auditivo e os transtornos de leitura.

Wittmann e Fink (2004) afirmaram que, apesar dos inúmeros estudos relacionados ao “*Fast ForWord*”, ainda não é fácil interpretar seus efeitos. Para isso, os pesquisadores também afirmaram que são necessários mais estudos que controlem os efeitos do treinamento a partir dos diferentes tipos de estímulo (verbal e não-verbal). Assim, seria possível testar, conforme a hipótese de processamento temporal, se a utilização de apenas estímulos não-verbais seria suficiente para treinar e melhorar habilidades fonológicas.

Pensando nesta correlação, Berwanger e Suchodoletz (2004) aplicaram treinamento auditivo não verbal em 21 crianças com dislexia e compararam

com grupo controle, também formado por 21 crianças com dislexia que não foram submetidas ao treinamento. O treinamento foi aplicado durante 8 semanas, e consistiu de tarefas audiovisuais que envolviam limiar de ordenação e localização sonora. Os testes utilizados como parâmetro para a análise da eficácia do treinamento envolveram tarefas de leitura e soletração, limiar de ordenação visual e auditivo e de localização sonora. Os resultados mostraram que os limiares de ordenação visuais e auditivos diminuíram acentuadamente no grupo estudo, se comparados aos do grupo controle, mas não houve melhora significativa do grupo estudo em testes de leitura e soletração. Os autores questionaram se programas de treinamento temporal são eficazes na reabilitação de crianças com dislexia.

Cohen et al. (2005) estudaram o efeito do programa comercialmente disponível “*Fast ForWord*” em um grupo de crianças com o distúrbio específico de linguagem. Para isso, foram formados três grupos: o grupo A, que recebeu o treinamento com o “*Fast ForWord*” durante seis semanas; o grupo B, que recebeu o treinamento com software criado para treinamento de linguagem, e que não apresentava fala modificada; e o grupo C, que não passou por treinamento. Os resultados mostraram que os três grupos, incluindo o grupo C, apresentaram melhora nas provas de linguagem, sugerindo que talvez a melhora esteja relacionada ao tratamento concomitante (terapia fonoaudiológica), na qual todos os participantes eram submetidos no momento da pesquisa. Outra hipótese discutida pelos pesquisadores corresponderia, talvez, ao fato de os participantes não apresentarem o mesmo perfil daqueles

participantes da pesquisa realizada por Tallal et al. (1996). Nesta pesquisa, os participantes não foram avaliados em relação ao processamento auditivo temporal, já que, segundo os criadores do software, o déficit nesta habilidade não é um pré-requisito para que o indivíduo seja treinado.

Moore et al. (2005) investigaram o efeito de um treinamento auditivo baseado em discriminação de contrastes fonêmicos (pares mínimos) em crianças com idades entre 8 e 10 anos de idade e sem queixas envolvendo linguagem e/ou audição. O treinamento consistia de dois jogos audiovisuais, em que a tarefa principal era discriminar 11 pares de sílabas, formadas por fonemas contrastantes, que deveriam ser discriminados. Os participantes foram divididos em dois grupos, aleatoriamente. O grupo estudo, submetido ao treinamento, foi formado por 18 crianças e o grupo controle, não submetido ao treinamento, foi formado por 12. O treinamento foi realizado na escola onde os participantes estudavam, durante quatro semanas, sendo três vezes por semana, durante 30 minutos diários. Os testes, que serviram como parâmetro para a eficácia do treinamento, foram aplicados, em ambos os grupos, antes e após o período do treinamento, sendo que, no grupo estudo, também foi aplicado seis semanas após o término do treinamento. Estes envolviam habilidades de consciência fonológica e discriminação de palavras.

Os resultados mostraram melhora significativa do grupo estudo nos testes de consciência fonológica, incluindo habilidades de rima e aliteração e nos testes de discriminação de palavras. Esta melhora foi encontrada logo após o término do treinamento e mantida após seis semanas. O grupo controle não

apresentou melhora nos testes de consciência fonológica. Em relação ao desempenho no jogo, o grupo estudo apresentou pouca evolução e resultados bem variados entre os participantes e entre as sílabas treinadas. Assim, não houve correlação entre a evolução no jogo e a melhora obtida nos testes aplicados antes e após o treinamento.

O programa “*Fast ForWord*” também já foi questionado quanto ao fato de ser baseado em evidências científicas ou pseudo-científicas. De acordo com Finn et al. (2005), dez critérios podem ser utilizados para diferenciar as características científicas e pseudo-científicas dos tratamentos. Para os autores, o modo como o programa “*FastForword*” foi criado apresenta uma série de problemas, dentre eles: os criadores desconsideraram evidências controversas sobre o programa, publicadas por outros pesquisadores, e não realizaram modificações ou correções diante das novas idéias; o programa é baseado em uma hipótese não confirmada (processamento temporal auditivo); os resultados das primeiras pesquisas, sobre a eficácia do jogo, foram publicados e enfatizados em um formato no qual não era possível revisar os detalhes da pesquisa.

De acordo com Thibodeau (2007), três tópicos devem ser considerados em um treinamento auditivo computadorizado: o tipo de estímulo utilizado, o fato de a interação ser passiva ou ativa e a frequência com que o treino é realizado. Em relação ao tipo de estímulo, estes podem ser naturais ou sintéticos, verbais ou não-verbais. Os estímulos não verbais sintéticos, que correspondem aos tons ou ruídos, são facilmente manipulados, podendo

apresentar características análogas aos estímulos de fala; um exemplo consiste em estímulos não verbais compostos por uma varredura de frequências com características análogas à transição do segundo formante na fala. Quanto à interação, a pesquisadora afirmou que, diferentemente da terapia fonoaudiológica, na qual o clínico deve a todo o momento redirecionar a atenção da criança modificando as tarefas e os reforços, no treinamento computadorizado, a criança poderia progredir apenas com a mínima atenção necessária para apertar a tecla de resposta para avançar no jogo. Em relação à frequência do treino, a pesquisadora afirmou que a intensidade é crucial para que o treino seja eficaz.

A pesquisadora ainda afirmou que o treinamento auditivo computadorizado possui algumas vantagens em relação à terapia fonoaudiológica: o controle dos parâmetros do estímulo, a hierarquia das atividades e o interesse que o computador desperta em crianças, facilitando a atração pelo treinamento.

Um grupo de 18 crianças com dislexia também foi submetido a um treinamento audiovisual em pesquisa realizada por Veuillet et al. (2007). Dois grupos foram formados: o grupo “treinado”, formado por nove crianças, e o grupo “não treinado” formado pelas nove crianças restantes. O treinamento foi realizado durante cinco semanas, sendo quatro vezes por semana, com sessões de duração de 30 minutos. A tarefa exigida consistia em ouvir atentamente uma sílaba formada por consoante-vogal e associá-la, dentre duas consoantes presentes na tela, à letra correspondente. Para avaliar a eficácia do



treinamento, duas avaliações foram aplicadas, antes e após o treinamento, em ambos os grupos: um teste envolvendo percepção categórica e outro envolvendo leitura. No teste envolvendo percepção categórica, a criança deveria associar o fonema ouvido à letra correspondente apresentada na tela. O VOT (tempo de início de sonorização), presente em cada consoante, foi manipulado e apresentado em diversas formas, com diferentes valores. Os resultados mostraram que, diferentemente do grupo “não treinado”, o grupo “treinado” apresentou mudanças significantes de desempenho no teste de percepção categórica, demonstrando apresentar melhor capacidade de discriminação, principalmente na região da fronteira fonêmica, investigado por meio dos variados VOTs testados para cada consoante. Houve, também, melhora no desempenho encontrado no teste de leitura para o grupo “treinado”, mas essa melhora não foi correlacionada com a melhora no teste de percepção categórica. Os autores afirmaram que, apesar da comprovação da eficácia do treinamento em questão, não é possível afirmar que esta está relacionada à melhora encontrada nos testes de leitura.

*Métodos*

## 4. MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa – CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), em 9/08/2006, sob o Protocolo de Pesquisa nº 551/06 (Anexo A – CD anexo).

Seguindo os objetivos já descritos, este capítulo será dividido de acordo com cada fase da pesquisa desenvolvida, em ordem cronológica:

- 1- Desenvolvimento do software
- 2- Aplicação do software

Assim, primeiramente, serão relatados todos os detalhes referentes à criação do software, e, posteriormente, será relatado o método referente à sua aplicação, incluindo a casuística, material e procedimentos utilizados, para cada um dos estudos realizados.

### 4.1 Desenvolvimento do software

O software desenvolvido foi baseado em um programa de treinamento auditivo americano denominado comercialmente como “*Fast ForWord*” (Merzenich et al., 1996; Tallal, 1996). Este contém uma série de jogos de computador utilizando estímulos verbais (fala expandida) e não-verbais (estímulos ascendentes e descendentes – “*sweep frequency*”). De acordo com

Merzenich et al. (1996), os estímulos não-verbais apresentam parâmetros acústicos análogos aos fonemas do inglês. Assim, os estímulos “aumentavam” ou “diminuíam” 16 oitavas por segundo, assim como as consoantes da língua em questão.

Para podermos desenvolver o teste não verbal, utilizando-se parâmetros acústicos análogos aos fonemas do Português Brasileiro, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre pesquisas que analisaram as características temporais destes fonemas, como duração, frequência e velocidade de transição dos formantes (variação de oitavas por segundo presente na fala). Não foi encontrado pesquisa com estes dados. Assim, o primeiro passo para o desenvolvimento do software foi realizar pesquisa piloto para estudarmos as características temporais do Português Brasileiro. Os resultados mostraram que, quanto à duração das consoantes, os valores variaram entre 31ms e 170,5ms. Em relação aos valores da segunda frequência formante, os valores variaram de 2.697 Hz, considerando-se a média da frequência inicial da fricativa /f/ e 4.916 Hz, considerando-se a média da frequência final da fricativa /s/. Em relação à variação de oitavas por segundo presentes no F2, a média, considerando-se todas as consoantes analisadas, foi de aproximadamente 6,8 oitavas por segundo. Todos os detalhes desta pesquisa encontram-se em anexo (Anexo B - CD anexo).

Realizada esta pesquisa, foi possível definir as características dos sons não-verbais presentes no jogo.

A seguir, será descrito o desenvolvimento de cada jogo:

#### 4.1.1 JOGO 1: JOGO DO MACACO (NÃO-VERBAL)

O objetivo do Jogo do Macaco foi o treinamento das habilidades temporais de discriminação e ordenação de frequência. Assim, durante o jogo, a criança escutava 2 ou 3 estímulos, dependendo da fase em que se encontrava, e os associava ao sinal presente na tela (= ou ≠, para discriminação; ↑ ou ↓, para ordenação, sendo que ↑ representava o estímulo ascendente e ↓ representava o estímulo descendente)

A criação foi composta por 3 etapas: criação dos desenhos, gravação dos sons, e criação do programa. Cada etapa será descrita a seguir:

##### 4.1.1.1 Criação dos desenhos (animação)

A interface do jogo foi desenvolvida por uma profissional especializada em design gráfico. Assim, foi explicado qual era o objetivo do jogo e, a partir deste, foi criado um cenário com um personagem (macaco), suas vidas, os símbolos que deveriam ser associados ao som e a pontuação (Figura 1 e 2):

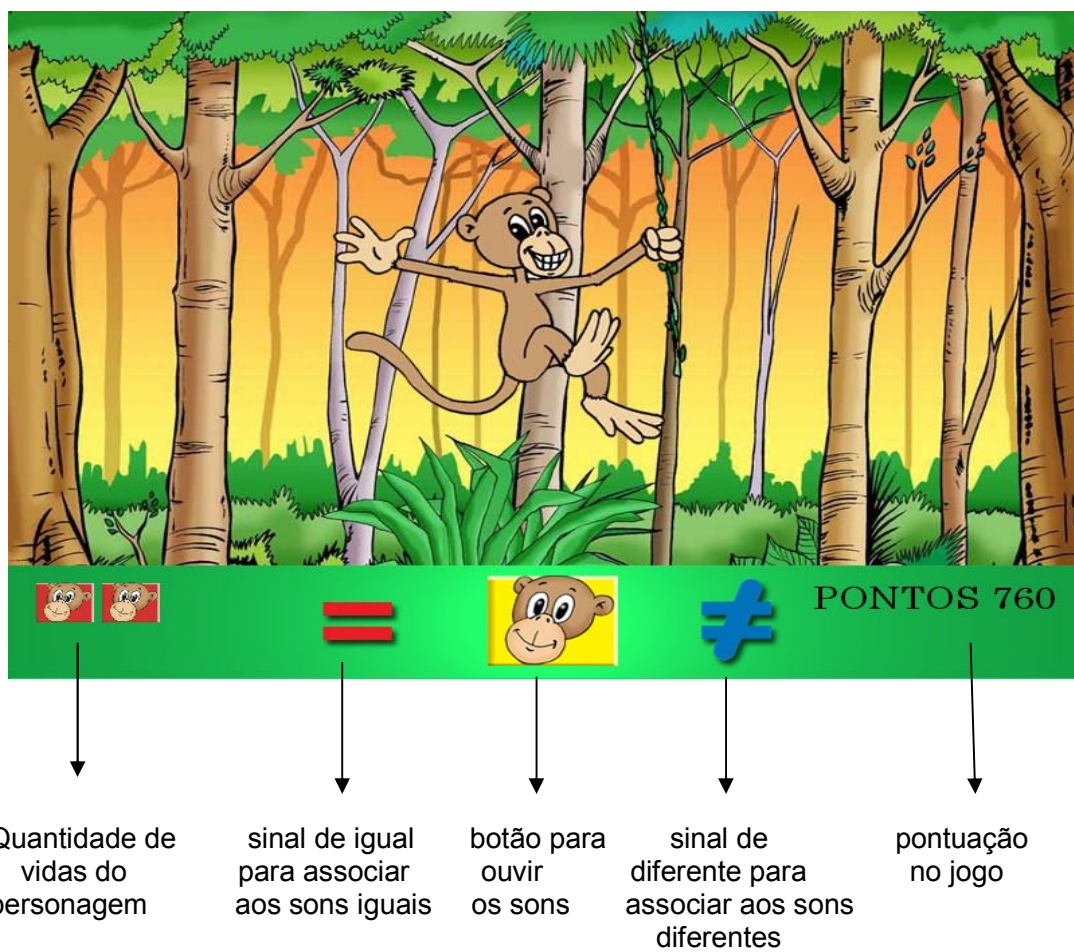


Figura 1 – Tela Jogo Macaco - DISCRIMINAÇÃO

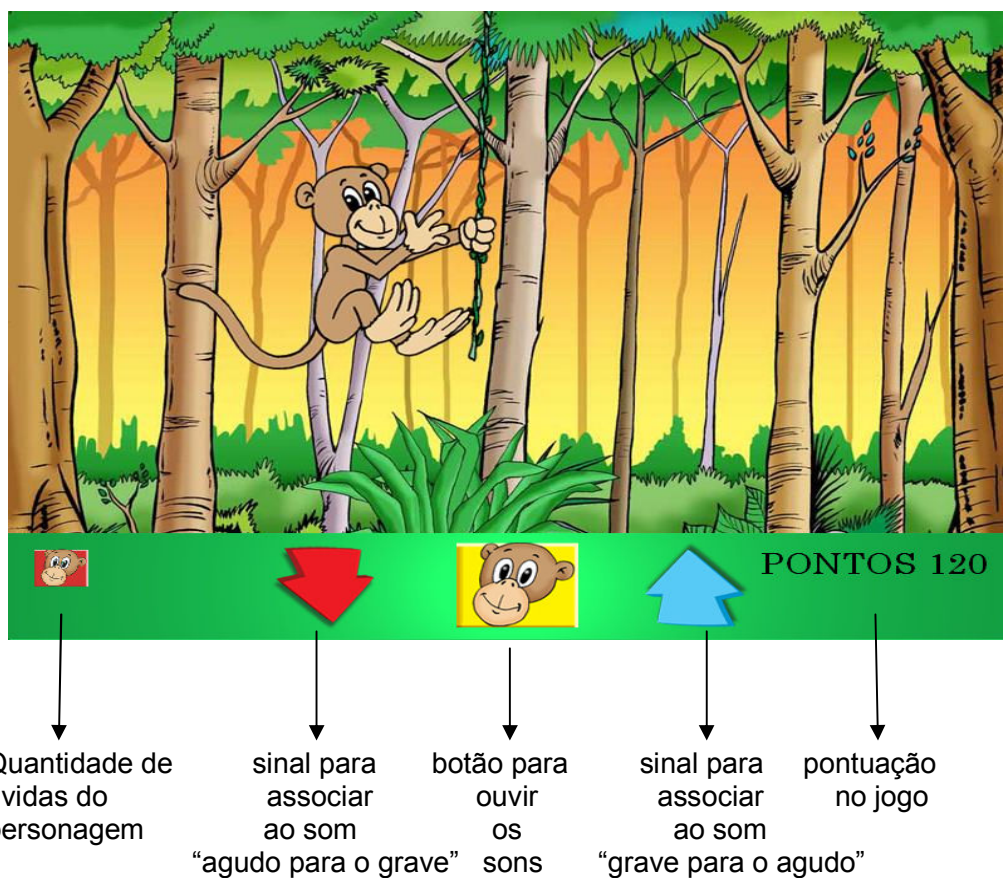


Figura 2 – Tela Jogo Macaco - ORDENAÇÃO

#### 4.1.1.2 Gravação dos sons

A gravação foi realizada no estúdio de Cinema, Rádio e Televisão da Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo. A execução foi realizada através do programa “*Sound Forge 9.0*”. Para a gravação, foi utilizada mesa de som “*MACKIE SR 32-4*” e gravador de CD “*HP 8100*”. A gravação foi realizada diretamente no “*Hard Disc*” do computador com processador “*Pentium*”.

No software “*Fast Forward*”, foram consideradas as seguintes características acústicas: duração do estímulo, com medidas variando entre 60 e 20ms, intervalos inter-estímulos variando entre 500 e 0ms, e frequências variando 16 oitavas por segundo, sendo que as frequências inicial ou final do estímulo variavam entre 0,5KHz, 1KHz, 2KHz ou 4KHz.

Considerando a pesquisa piloto já citada, em que foram analisadas as características dos sons do Português Brasileiro, neste software, foram consideradas as seguintes medidas:

- duração dos estímulos variando entre 200ms e 40ms (200/150/100/80/60/40).

Na pesquisa piloto, a variação da duração destes foi de 22 a 221ms. Nesta pesquisa, foi considerada a duração mínima de 40ms, pois a duração de 20ms foi extremamente curta para que os estímulos pudessem ser ordenados (testado em estudo piloto).

- frequências variando 6,8 oitavas por segundo, sendo as frequências inicial ou final 0,5KHz, 1KHz ou 2 KHz.



Exemplo: para estímulo com freqüência inicial 0,5KHz e duração de 200ms, foram realizados os seguintes cálculos:

Cálculo do número de oitavas contidas no estímulo

$$\begin{array}{r} 6,8 \text{ oitavas} \text{ -----} 1000\text{ms} \\ \times \quad \quad \quad \text{-----} 200\text{ms} \end{array} \quad \times \approx 1,3 \text{ oitavas}$$

Cálculo da freqüência final

Considerando a equação,

Cálculo do log.

$$\log_2 \frac{\text{FreqFinal}}{\text{FreqInicial}} = X$$

onde X= variação de oitavas

$$\log_2 \frac{\text{FreqFinal}}{500\text{Hz}} = 1,3$$

$$2^{\log_2 \frac{\text{FreqFinal}}{500\text{Hz}}} = 2^{1,3}$$

Consequentemente,

$$\text{FreqFinal} = 2^{1,3} \times 500\text{Hz}$$

$$\text{FreqFinal} = 1232\text{Hz}$$

A figura, a seguir, representa o estímulo (Figura 3):

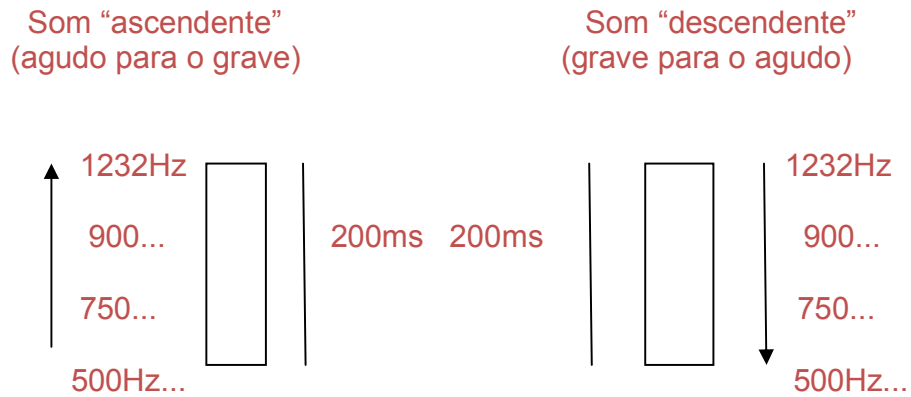


Figura 3 – Representação da variação de oitavas

Não foram incluídas freqüências mais altas (acima de 2000Hz), pois estas causaram desconforto (testado em estudo piloto).

- intervalos inter-estímulos (IIE) variando entre 500ms e 20ms (500/450/400/350/300/250/200/150/100/80/60/40/20)

Assim, foram gravadas todas as tentativas possíveis, considerando a combinação de todas as variáveis (duração, freqüência e intervalo inter-estímulos). Estas se encontram em anexo (Anexo C – CD anexo).

Para cada linha (visualizada em anexo), foram gravadas 4 combinações: grave para agudo/ grave para agudo (AA); grave para agudo/ agudo para grave (AG); agudo para grave/grave para agudo (GA); agudo para grave/ agudo para

grave (GG), considerando as fases de discriminação e ordenação com 2 estímulos. Exemplo:

- 1º linha: o estímulo apresentava 500Hz a 1232Hz/ duração de 200ms/ IIEs de 500ms. Foi gravado um par de estímulos agudo para grave - GG (1232 a 500Hz e 1232 a 500Hz)/ um par de estímulos grave para agudo - AA (500 a 1232 e 500 a 1232)/ um agudo para grave e grave para agudo – GA (1232 a 500Hz e 500 a 1232) e um grave para agudo e agudo para grave – AG (500 a 1232 e 1232 a 500Hz).

Para ordenação com 3 estímulos, para cada linha, foram gravadas 8 combinações, ou seja, AAA/GGG/AAG/AGG/GGA/GAA/AGA/GAG (Anexo C – CD em anexo).

#### 4.1.1.3 Criação do Programa

O programa foi desenvolvido por uma consultoria de desenvolvimento de sistemas. Este foi criado para o sistema operacional Microsoft Windows, escrito na linguagem Delphi, usando interface gráfica e recursos multimídia.

Por meio do programa, foi possível criar diferentes níveis de dificuldades (fases).

De acordo com o Anexo C, é possível visualizar as 18 fases que compõem o jogo.

Cada fase apresentava estímulos com uma frequência inicial ou final que variava entre 500Hz (fase 1), 1000Hz (fase 2) e 2000Hz (fase 3). Na fase 4,

iniciava-se o próximo bloco de cores com o retorno à frequência de 500Hz. Assim, para cada bloco de cores havia o treino das 3 frequências.

Cada fase foi composta por 3 etapas: discriminação de frequência com dois estímulos, ordenação de frequência com 2 estímulos e ordenação de frequência com 3 estímulos. Até a fase 12, cada etapa foi composta por 3 passos e, a partir da fase 13, foi composta por 5 passos. Em cada passo, os pares ou trios de sons gravados eram apresentados 12 vezes, de forma aleatória e com as medidas do passo correspondente. Acertando 75% de cada passo, ou seja, 9 pares ou trios, a criança passava para o passo seguinte, e assim por diante, até passar para a próxima etapa e, posteriormente, para a próxima fase. Acertando menos do que 75%, a palavra “GAME OVER” surgia na tela e a criança retornava ao primeiro passo da mesma etapa (Figura 4). Este controle era demonstrado por meio das 4 “vidas”, visualizadas na tela e concedidas em cada passo.



Ao final de cada jogo diário, a criança iniciava, no dia seguinte, a partir do último passo.

Além da variação dos estímulos, o programa também foi responsável por outros recursos que estimulavam a motivação para jogar:

- pontuação – a criança acumulava 10 pontos a cada par respondido corretamente, ou seja, no máximo 120 pontos em cada passo
- sons de acertos e erros – para cada resposta certa ou errada, havia um estímulo sonoro e visual correspondente (“*feedback*”).

O programa também apresentava um “*link*” para que cada jogada diária fosse enviada à pesquisadora, através da internet. Assim, foi possível acompanhar e comprovar a evolução do desempenho de cada criança diariamente. Um exemplo de e-mail recebido pela pesquisadora por um dos sujeitos encontra-se em anexo (Anexo D – CD anexo). Cada linha representa os dados de cada tentativa presente naquele jogo (par ou trio de estímulos ouvidos): dia, horário, etapa, características do estímulo, e resposta verdadeira ou falsa.

#### 4.1.2 JOGO 2: JOGO DO PAPAGAIO (VERBAL)

O objetivo do jogo do Papagaio foi o treinamento da habilidade de discriminação dos sons verbais por meio da fala expandida. Assim, durante o jogo, a criança escutava um par de sílabas e a associava ao desenho

correspondente na tela. Ex: sílabas /po e /bo/ - desenhos pomba e bomba – sílaba /ta/ e /da/ - desenhos tapete e dado.

A criação foi composta por 3 etapas:

#### 4.1.2.1 Criação dos desenhos (animação)

A interface do jogo também foi desenvolvida por uma profissional especializada em design gráfico. Assim, foi explicado qual era o objetivo do jogo e, a partir deste, foi criado um cenário com um personagem (papagaio) e com as figuras que deveriam ser associadas ao som (Figura 5):

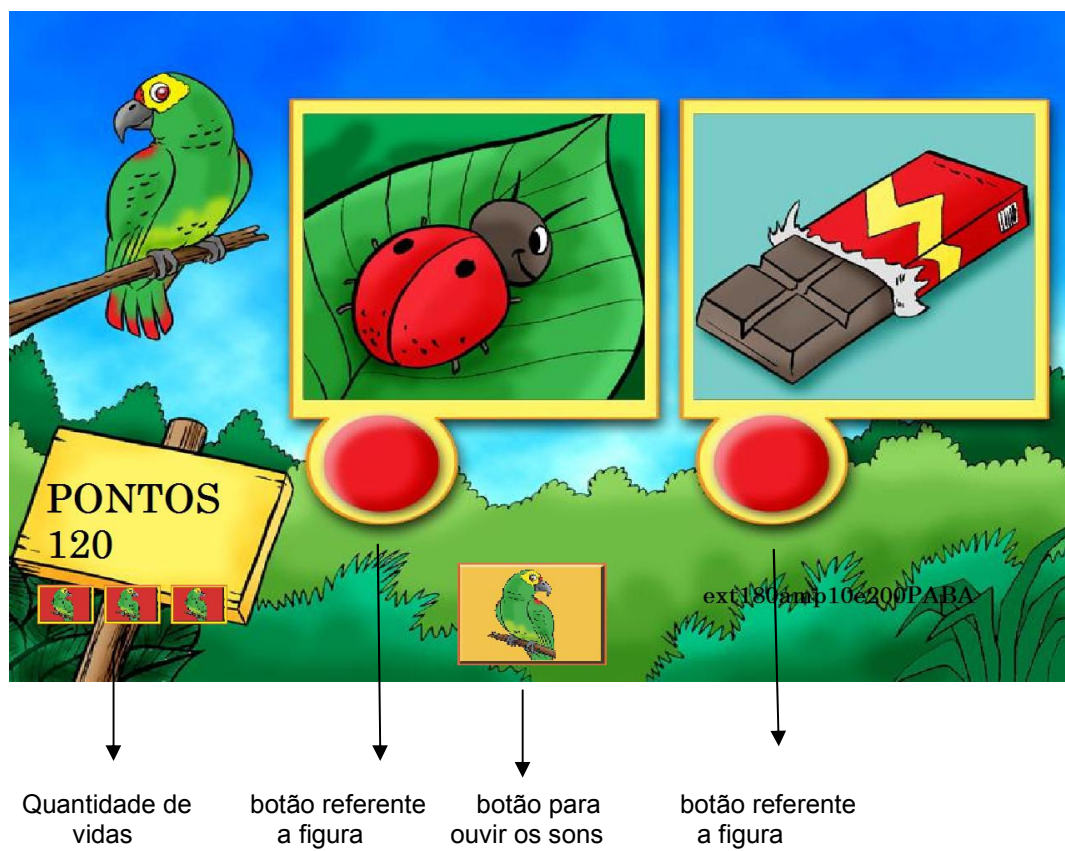


Figura 5 – Tela Jogo Papagaio



Cada figura que compôs o jogo encontra-se em anexo (Anexo E – CD anexo). Para a escolha destas, primeiramente, foi elaborada uma lista contendo pares de palavras apresentando um fonema surdo em oposição ao sonoro, em posição inicial. Posteriormente, foram escolhidos os desenhos mais fáceis de serem identificados por crianças.

#### 4.1.2.2 Gravação dos sons

A gravação foi realizada no estúdio de Cinema, Rádio e Televisão da Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo. Foi utilizada mesa de som “MACKIE SR 32-4” e gravador de CD “HP 8100”. A gravação foi realizada diretamente no “Hard Disc” do computador com processador “Pentium”.

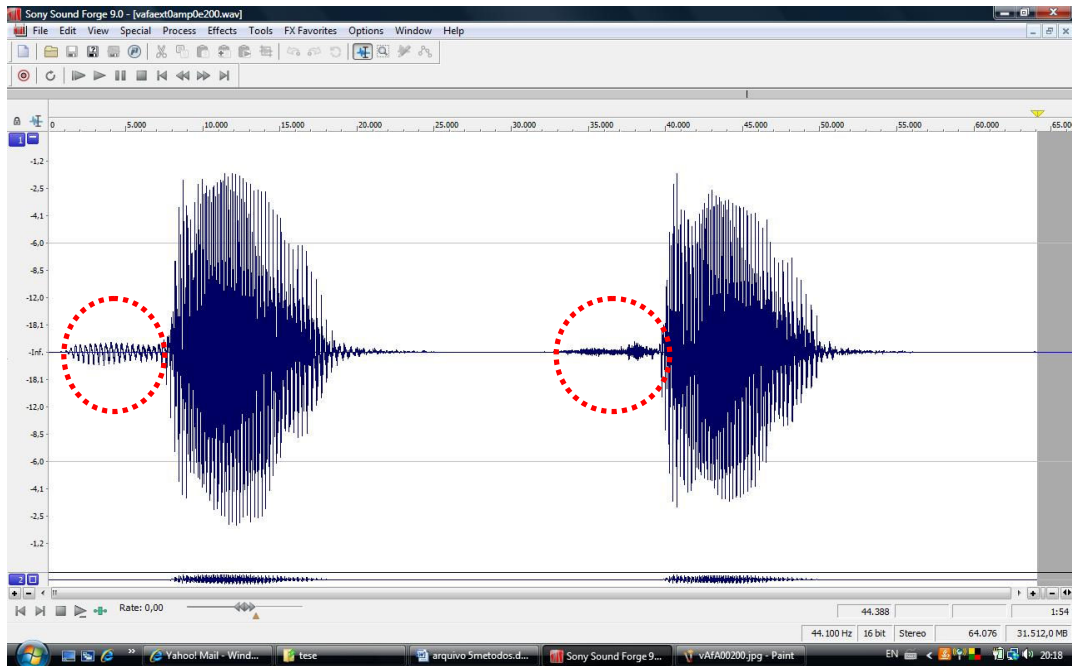
Primeiramente, foi gravado o nome de cada figura. Este procedimento foi adotado para que, antes do jogo propriamente dito, a criança pudesse visualizar cada figura e ouvir o nome correspondente, excluindo dúvidas relacionadas à nomeação.

Posteriormente, foram gravadas todas as sílabas iniciais das figuras que faziam parte do jogo.

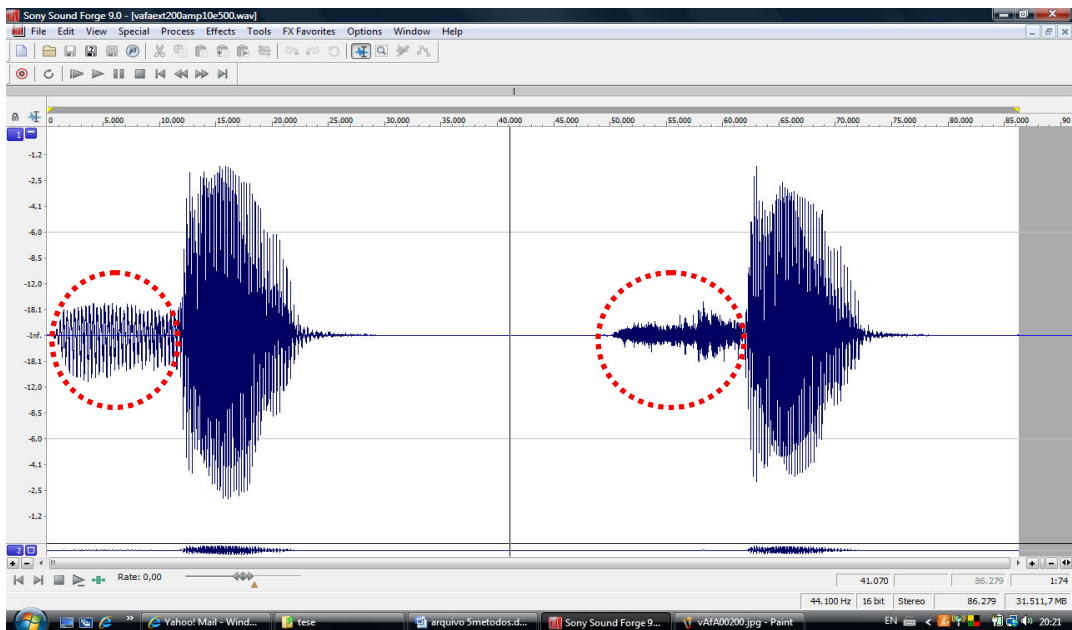
Após a gravação das sílabas, cada uma foi modificada por meio do programa “Sound Forge 9.0”.

No software “Fast Forward”, cada consoante presente na sílaba foi expandida em 50% e amplificada em 20dB (Tallal et al., 1996). No jogo em questão, cada consoante foi expandida em 100% e amplificada em 10dB. Estes

valores foram escolhidos, considerando-se a capacidade do programa “*Sound Forge 8.0*”. Assim, verificamos qual seria o máximo valor possível que poderia ser utilizado sem haver distorção do som (Figura 6 e 7). Nota-se que a expansão foi realizada por meio da extensão do tempo de produção. Segundo as considerações técnicas do software, este procedimento não altera as características acústicas da consoante, como o “*pitch*”.

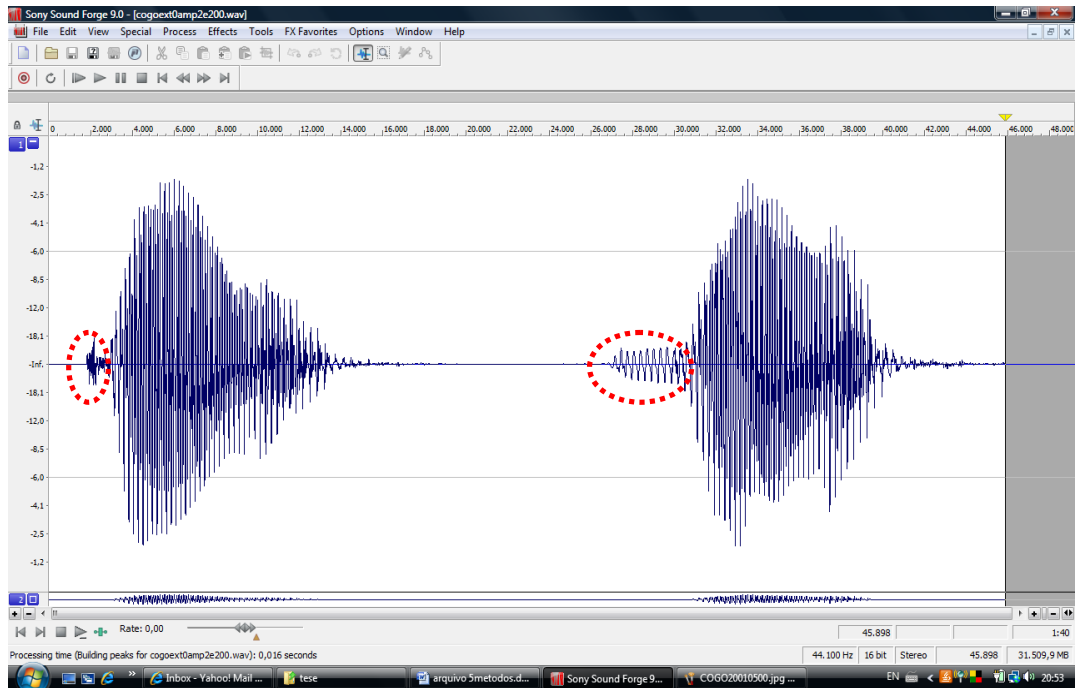


a

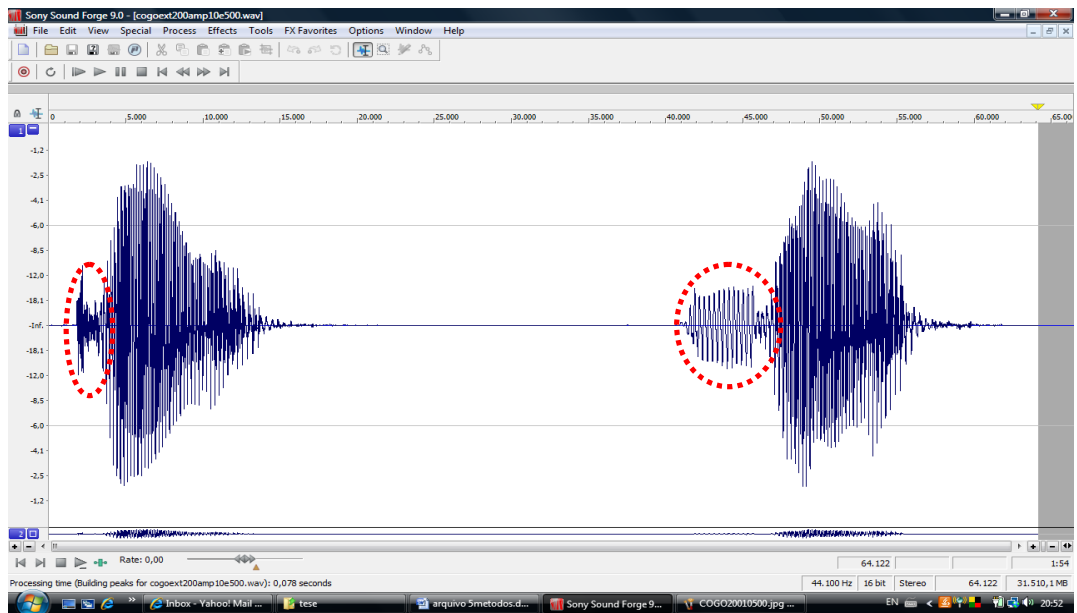


b

Figura 6 - a) /Vafa/ com 0% expansão, 0dB amplitude, 200ms de IIE  
b) /Vafa/ com 100% expansão, 10dB amplitude, 500ms de IIE



a



b

Figura 7 - a) /COGO/ com 0% expansão, 0dB amplitude, 200ms de IIE  
b) /COGO/ com 100% expansão, 10dB amplitude, 500ms de IIE

Assim, as variáveis consideradas neste jogo foram:

- expansão: 100/ 80/ 60/40/20/15/10/0%

- amplificação: 10/8/6/4/2/0dB

- intervalo inter-estímulos (IIEs): 500/ 400/ 300/ 200/ 170/ 140/ 110/ 90/  
60/30/10ms

Todas as tentativas gravadas, com a combinação de todas as variáveis, encontram-se em anexo (Anexo F – CD anexo).

Exemplo:

- 1º linha: os estímulos apresentavam 100% de expansão / amplificação de 10dBs/ IIEs de 500ms. Foram gravadas 4 combinações de pares (exemplo: papa/paba/baba/bapa).

#### 4.1.2.3 Criação do Programa

O programa foi desenvolvido por uma consultoria de desenvolvimento de sistemas. Este foi criado para o sistema operacional Microsoft Windows, escrito na linguagem Delphi, usando interface gráfica e recursos multimídia.

Por meio do programa, foi possível criar diferentes níveis de dificuldades (fases). Assim, o jogo continha 18 fases, sendo que as fases iniciais 1,2 e 3 foram compostas pelos passos 1 e 2. Cada fase, ou passo, foi composto por 15 linhas, tendo sido treinado um par de sílabas em cada.

A evolução do jogo variava da seguinte maneira:

- para cada linha, presente no Anexo F, combinações dos pares de sons gravados eram apresentados 12 vezes, de forma aleatória e com as medidas

correspondentes àquele passo ou fase. Acertando 75% em cada linha, ou seja, 9 pares, a criança passava a ouvir o próximo par de sílabas na próxima linha, e assim por diante. Acertando menos do que 75%, a expressão “*GAME OVER*” surgia na tela e a criança retornava à primeira linha da mesma fase. Este controle foi demonstrado por meio das 4 “vidas”, visualizadas na tela e concedidas em cada passo.

Ao final de cada jogo diário, a criança iniciava, no dia seguinte, a partir da última linha jogada.

Além da variação dos estímulos, o programa também foi responsável por outros recursos que estimulavam a motivação para jogar:

- “as vidas” - a criança começava o jogo com 3 vidas (para cada linha), errando 4 vezes aparecia na tela a expressão “*GAME OVER*”, tendo de recomeçar a jogar a partir da linha que parou.
- pontuação – a criança acumulava 100 pontos para cada linha jogada.
- sons de acertos e erros – para cada tentativa jogada certa ou errada, havia um estímulo sonoro e visual correspondente (feedback).

O programa também apresentava um “*link*” para que cada jogada diária fosse enviada à pesquisadora, através da internet. Assim, foi possível acompanhar e comprovar a evolução do desempenho de cada criança diariamente. Um exemplo de e-mail recebido pela pesquisadora por um dos sujeitos encontra-se em anexo (Anexo G – CD anexo). Cada linha representa os dados de cada tentativa presente naquele jogo (par ou trio de estímulos

ouvidos): dia, horário, etapa, características do estímulo, e resposta verdadeira ou falsa.

## 4.2 Aplicação do software

### 4.2.1 ESTUDO 1

Como já descrito no capítulo anterior, o objetivo do estudo 1 foi aplicar o treinamento auditivo, utilizando o software, em grupo de crianças com dislexia (grupo estudo) e analisar a sua efetividade por meio da comparação do desempenho em testes de leitura, consciência fonológica e processamento auditivo temporal aplicados antes e após o treinamento auditivo. O desempenho deste grupo foi comparado com o desempenho do grupo controle, formado por crianças com dislexia que não realizaram o treinamento auditivo, porém, assim como no grupo experimental, eram submetidas à terapia fonoaudiológica, para o tratamento da dislexia, no momento da coleta. A primeira avaliação aplicada, em ambos os grupos, foi denominada pré-treinamento, e a segunda, pós-treinamento.

Para a realização deste estudo, foram coletados os dados referentes a 12 participantes do grupo experimental e 28 participantes do grupo controle. Este número foi estabelecido por meio de estudo estatístico (Cálculo do Tamanho Amostral), realizado no Centro de Estatística Aplicada – IME/USP. De acordo com a análise realizada, foi sugerida uma amostra de aproximadamente 18 crianças em cada grupo (Anexo H – CD anexo). O grupo experimental

apresentou menor número de participantes devido às desistências ocorridas durante o treinamento (os números serão descritos em Resultados).

Para a formação dos grupos, foi realizado contato com a Associação Brasileira de Dislexia (ABD), que possui grande demanda de crianças que apresentam queixas relacionadas à leitura e escrita. Além disso, a Associação conta com uma equipe multidisciplinar formada por fonoaudiólogos, oftalmologistas, psicólogos e neurologistas, o que permitiu uma seleção baseada em critérios mais rigorosos para a formação dos grupos.

O contato com a ABD foi realizado mediante a apresentação do Projeto de Pesquisa em questão, o qual foi analisado e aprovado pela coordenação da Associação. Assim, a ABD forneceu à pesquisadora os dados de crianças dentro da faixa etária estabelecida, e diagnosticadas como portadoras de dislexia de grau médio a severo. Na data do exame, foi fornecido o Termo de Consentimento (Anexo I – CD anexo) ao responsável, comprovando, assim, o interesse e a concordância pela participação na pesquisa.

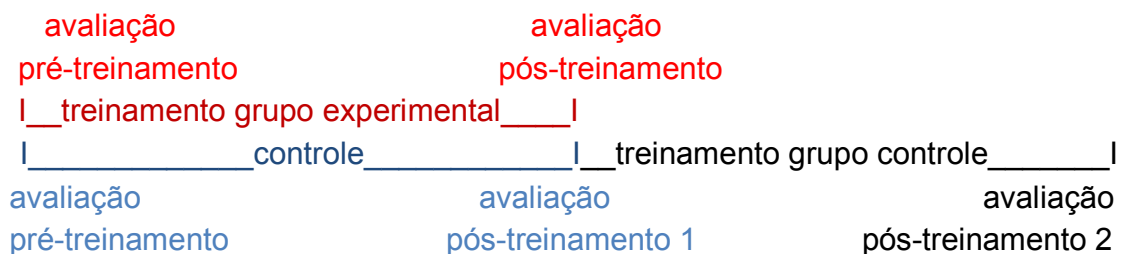
A coleta de dados para a realização do estudo ocorreu no Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Processamento Auditivo do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, no período de fevereiro a dezembro de 2007.



#### 4.2.2 ESTUDO 2

O objetivo do estudo 2 foi aplicar o treinamento auditivo, utilizando o software, em grupo de crianças com dislexia e analisar a sua efetividade por meio da comparação do desempenho do grupo em testes de leitura, consciência fonológica e processamento auditivo temporal aplicados em três fases: dois meses antes de realizar o treinamento, no início e no fim do treinamento.

Este estudo foi adicionado à pesquisa para que o grupo controle do estudo 1 também tivesse a oportunidade de participar de um programa de reabilitação. Assim, os participantes deste estudo foram os mesmos participantes do grupo controle do estudo 1, os quais, após a segunda avaliação, participaram de um treinamento e uma terceira avaliação, neste estudo 2. Para que não houvesse problemas com a nomenclatura de cada período, e para efeito de comparação, neste estudo, a avaliação pós-treinamento, já realizada no estudo 1, foi denominada pós-treinamento 1, mesmo o grupo ainda não tendo realizado o treinamento (Figura 8).



Estudo 1; Estudo 1 e 2; Estudo 2

Figura 8 – Avaliações - Estudo 1 e Estudo 2

Devido às desistências ocorridas durante o treinamento, do total de 28 participantes do grupo controle do estudo 1, 18 finalizaram o treinamento, e foram considerados neste estudo. Este número também foi estabelecido por meio de estudo estatístico (Cálculo do Tamanho Amostral), realizado no Centro de Estatística Aplicada – IME/USP (Anexo H - CD anexo).

A coleta de dados, para a realização do estudo, também foi realizada no Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Processamento Auditivo do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, no período de fevereiro a dezembro de 2007.

#### 4.2.3- CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Os critérios de inclusão para formação de ambos os grupos são descritos a seguir:

- Residentes em São Paulo ou cidades próximas;
- Diagnóstico concluído de dislexia de grau moderado ou severo pela Associação Brasileira de Dislexia;
- Possuir computador com recursos multimídia e conexão à Internet;
- Idade entre 7 e 14 anos de idade, de ambos os gêneros. Esta faixa etária foi baseada no perfil da demanda de crianças que procuram a ABD;
- Apresentar queixas relacionadas à leitura, verificadas por meio da história do paciente (Anexo J – CD anexo);

- Avaliação Audiológica Básica (audiometria, logaudiometria e imitanciometria) dentro dos limites da normalidade;
- Ausência de alterações cognitivas, psicológicas ou neurológicas, comprovadas pelas avaliações psicológicas e neurológicas realizadas na ABD;
- Ausência de alteração oftalmológica ou, quando encontrada, corrigida através de lentes de correção (oftalmologista – ABD);
- Ausência de queixas relacionadas à aquisição de linguagem oral;
- Ausência de histórico de otites, ou seja, apresentarem mais do que três episódios de infecção de orelha, num período de um ano (compreendidos nos dois primeiros anos de vida), ou apresentarem episódios de otite média recorrente e persistente durante 3 meses, continuamente (Joint Committee on Infant Hearing, 2000);
- Ausência de conhecimento musical, ou seja, saber tocar algum instrumento musical ou estar em processo de aprendizagem de algum (Pantev et al., 1998).

A maioria das crianças encaminhadas pela ABD já estavam em tratamento fonoaudiológico ou psicopedagógico quando contatadas. Assim, não foi adotado, como critério de exclusão para a formação do grupo, estar em terapia fonoaudiológica, concomitante à participação na pesquisa. A ABD, assim como foi responsável pelo diagnóstico, também foi responsável pela indicação do

profissional para realizar este tratamento. Segundo a associação, o método de reabilitação mais adotado pelos profissionais é o Método Fônico.

#### 4.2.4 MATERIAL

Os materiais utilizados para a realização das avaliações pré e pós-treinamento são descritos a seguir:

- 1- Cabina Acústica marca Siemens, calibrada de acordo com a norma ANSI S3.1-1991(Russo, 1999);
- 2- Folha de registro da história do paciente (Anexo J – CD anexo);
- 3- Otoscópio da marca *Heine*;
- 4- Analisador da orelha média marca *Grason-Stadler* modelo GSI-33. A intensidade para a avaliação do reflexo acústico ipsilateral varia de 60 a 110 dBNA, para as freqüências de 500 e 1000Hz, de 60 a 105 dBNA, na freqüência de 2000Hz, e de 60 a 100 dBNA, para a freqüência de 4000Hz. Na avaliação do reflexo acústico contralateral, a intensidade varia de 60 a 120 dB, para as freqüências de 500, 1000 e 2000Hz; e de 60 a 115 dBNA, para a freqüência de 4000Hz. O padrão empregado na obtenção das medidas da imitância é o ANSI S3.39-1987 (Russo, 1999);
- 5- Audiômetro da marca *Grason-Stadler* modelo GSI-61, cuja faixa de freqüência é de 125 a 12000Hz, e que, por via aérea, o tom puro varia de -10 a 110dBNA, para as freqüências de 125 e 12000Hz; de -10 a 115dBNA, para as freqüências de 250Hz e 8000Hz; e de -10 a 120 dBNA, para as

freqüências de 500, 750, 2000, 3000, 4000 e 6000Hz. A calibração está de acordo com os padrões ANSI S3, 6-1989; ANSI S3, 43-1992; IEC 645-1 (1992); IEC 645-2 (1993); ISO 389; UL 544 (Russo, 1999). O fone utilizado é o modelo TDH-50;

- 6- Lista de vocábulos trissílabos para a realização do Limiar de Reconhecimento de Fala (LRF), e lista de monossílabos para a realização do Índice Percentual de Reconhecimento de Fala (IPRF). Ambas, propostas por Santos e Russo (1986);
- 7- Compact Disc Player, da marca Sony;
- 8- Fichas contendo as palavras que compõem o Teste de Leitura de Palavras, adaptado de Avaliação de Leitura de Palavras Isoladas (Salles, 2001). Este teste foi desenvolvido por Salles, com o intuito de agrupar sua amostragem em relação à(s) rota(s) preferencialmente usada(s) na leitura de palavras isoladas: rota lexical, rota fonológica, ou ambas. Portanto, trata-se de uma prova na qual são encontrados todos os tipos de palavras, variando quanto à regularidade (palavras regulares e irregulares), à lexicalidade (palavras reais e pseudopalavras), à extensão (estímulos curtos e longos), e à familiaridade (palavras freqüentes e não-freqüentes). Este teste apresenta-se em duas versões, de acordo com a faixa etária. Cada versão contém 30 palavras e pseudopalavras (Anexo L – CD anexo);
- 9- Protocolo do Teste de Leitura de Texto adaptado de Avaliação da Compreensão da Leitura Textual (Salles, 2001). A compreensão da história

é avaliada por meio de 10 questões objetivas sobre o texto lido (Anexo M – CD em anexo);

- 10 - Protocolo do Teste de Consciência Fonológica, adaptado de Prova de Consciência Fonológica - PCF (Capovilla, AGS e Capovilla FC, 1998). Esta prova contém 10 tarefas: síntese silábica e fonêmica, segmentação silábica e fonêmica, rima, aliteração, manipulação silábica e fonêmica, transposição silábica e fonêmica. Cada tarefa apresenta 5 itens correspondentes ao teste. (Anexo N – CD anexo);
- 11- Protocolo e “*Compact Disc (CD)*” contendo o Teste de Padrão de Frequência e Duração/Adaptação (Musiek, 1994). No Teste de Padrão de Frequência, três sons, diferindo quanto à frequência, devem ser ordenados de acordo com a ordem de aparecimento. Este teste apresenta estímulos com duração constante de 150ms e frequências de 880Hz (grave) e 1122Hz (agudo). Os intervalos inter-estímulos são constantes de 200ms. No Teste de Padrão de Duração, três estímulos, variando quanto à duração, devem ser ordenados. Os estímulos apresentam frequência constante de 1000Hz e duração variando de 250ms para os estímulos curtos e de 500ms para os estímulos longos. Os intervalos inter-estímulos são fixos de 300ms. Para a aplicação nesta pesquisa, algumas modificações foram realizadas, e estas só foram consideradas porque os testes não foram realizados com o objetivo diagnóstico, e sim com o objetivo de apenas mensurar a efetividade do treinamento em questão.

Assim, ambos os testes foram aplicados binauralmente, visto que não há diferenças significantes entre o número de acertos para cada orelha. O número de itens que compõe o teste também foi reduzido de 30 para 20 itens. Esta medida foi adotada para que o cansaço do participante não interferisse nos resultados, uma vez que realizara outras avaliações no mesmo dia (Anexo O – CD anexo);

12- Software contendo os jogos do Macaco e Papagaio e instruções sobre como jogar (CD anexo).

Para a realização do treinamento propriamente dito, cada participante utilizou seu próprio material, em sua própria casa. Estes são descritos a seguir:

- 1- Computador com sistema operacional Windows;
- 2- Kit multimídia (placa de som e auto-falante);
- 3- CD para instalação do software;
- 4- Acesso a internet para envio dos resultados.

#### 4.2.5 PROCEDIMENTO

Após o encaminhamento da relação das crianças com o perfil já descrito, a pesquisadora entrou em contato com cada uma e marcou um horário para a realização das avaliações iniciais, no Centro de Docência e Pesquisa dos Cursos de Fonoaudiologia, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da USP. Todos os procedimentos encontram-se descritos abaixo:

- 1- Leitura do termo de consentimento e assinatura dos pais concordando com a participação na pesquisa e utilização dos dados para publicação.
- 2- História Clínica, em que foram investigados alguns critérios para a seleção do grupo. Quando o indivíduo não apresentava o perfil requisitado para a participação na pesquisa, era realizada apenas a Avaliação Audiológica básica.
- 3- Meatoscopia, consistindo na observação do meato acústico externo (MAE) para verificar a presença de cerúmen.
- 4- Imitanciometria, compostos de: timpanometria e de pesquisa de reflexos acústicos. A timpanometria é o método utilizado para a avaliação da mobilidade da membrana do tímpano e das condições funcionais da orelha média, e é realizada medindo-se a capacidade que a membrana tem de refletir um som introduzido no meato acústico externo (MAE), em resposta a graduais modificações de pressão no mesmo conduto. A imitanciometria está relacionada à transferência de energia acústica, e permite a medida do reflexo acústico ipsi e contra-lateral. O critério de inclusão adotado foi o da presença de curvas timpanométricas tipo A, e o de Reflexos Acústicos ipsi laterais presentes para as frequências de 500, 1000 e 2000Hz. Esta adoção foi baseada no fato de que o transtorno de processamento auditivo pode ter, como manifestação, a ausência do reflexo acústico em algumas frequências, especialmente as mais altas (Carvallo, 1996).



Em seguida, os indivíduos foram conduzidos à cabina acústica para a realização dos seguintes testes:

- 5- Audiometria tonal e vocal – realizada por via aérea (fone), nos moldes padrões, em ambas as orelhas (Santos e Russo, 1986). Os critérios utilizados para a consideração de normalidade audiológica foram: a) apresentar limiar de audibilidade para tom puro até 20 dBNA, em todas as frequências testadas (250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 3000Hz, 4000Hz, 6000Hz e 8000Hz) na audiometria tonal limiar (Padrão ANSI 69); b) apresentar resultados normais nos testes LRF (Limiar de Reconhecimento de Fala) e IPRF (Índice Percentual de Reconhecimento de Fala), considerando os valores estabelecidos por Mangabeira-Albernaz et al. (1981).

Todos os procedimentos descritos foram adotados para incluir ou excluir as crianças que não se enquadravam aos critérios descritos e, quando necessário, foi realizado o encaminhamento ao profissional responsável.

Selecionados os grupos, foram aplicados os testes a seguir:

- Teste de Leitura de Palavras Isoladas/ Adaptação (Salles, 2001)

A apresentação dos estímulos da tarefa de leitura de palavras isoladas foi realizada em sala isolada, através de fichas contendo um estímulo em cada. Os participantes eram orientados a pronunciar, em voz alta, todos os estímulos, mesmo não tendo certeza da resposta, e mesmo não conhecendo o significado da palavra, já que muitas eram pseudopalavras. Foi computado o número de

respostas corretas, considerando-se, na análise, somente a primeira resposta fornecida pela criança, desconsiderando-se, portanto, as auto-correções. Cada palavra lida corretamente correspondia a 1 ponto (total= 30 pontos).

- Teste de Compreensão de Texto Adaptação (Salles,2001)

A criança foi orientada a ler silenciosamente a história “A Coisa”, adaptada do texto de Rocha (1997), com aproximadamente 200 palavras de extensão e, posteriormente, a responder perguntas sobre o texto lido. Após a leitura, o examinador lia oralmente 10 questões que avaliavam memória para eventos e caracteres, descritos na própria história, e compreensão inferencial. Ao final, foram somados os número de acertos para cada questão. Cada item respondido corretamente correspondia a 1 ponto (total=10 pontos).

- Teste de Consciência Fonológica adaptado de Prova de Consciência Fonológica - PCF (Capovilla, AGS; Capovilla FC, 1998).

O teste foi realizado oralmente, impedindo a leitura labial por parte do indivíduo.

Segue a relação das tarefas e das atividades que o indivíduo deveria realizar:

- Síntese Silábica: unir os segmentos falados pelo examinador, reconhecer e dizer a palavra formada pela união das sílabas apresentadas;
- Síntese Fonêmica: unir os segmentos falados pelo examinador, reconhecer e dizer a palavra formada pela união dos fonemas apresentados;
- Rima: de três palavras ditas pelo examinador, identificar a que não rima com as outras;

- Aliteração: de três palavras ditas pelo examinador, identificar a que não começa com o mesmo som das outras;
- Segmentação Silábica: segmentar e emitir as sílabas das palavras estímulo;
- Segmentação Fonêmica: segmentar e emitir os fonemas das palavras estímulo;
- Manipulação Silábica: adicionar ou subtrair sílabas no fim, ou no início, da palavra estímulo e dizer a palavra formada;
- Manipulação Fonêmica: adicionar ou subtrair fonemas no fim, ou no início, da palavra estímulo e dizer a palavra formada;
- Transposição Silábica: inverter a ordem das sílabas contidas na palavra estímulo e dizer a palavra formada;
- Transposição Fonêmica: inverter a ordem dos fonemas contidos na palavra estímulo e dizer a palavra formada;

A aplicação de cada tarefa foi precedida por dois exemplos iniciais, nos quais o examinador explicava ao indivíduo o que deveria ser feito e, se necessário, corrigia sua resposta. Foram computados os números de respostas corretas para cada tarefa. Assim, o total de acertos para cada um dos 10 testes correspondia a 4.

- Teste de Padrão de Frequência e Duração (Musiek, 1994)

No teste de Padrão de Frequência, a criança foi orientada a ouvir os três estímulos com atenção e a responder oralmente a ordem na qual os sons apareceram. Se o estímulo era agudo, a criança era orientada a responder

“fino”, e se o estímulo era “grave”, a criança era orientada a responder “grosso”. Assim, havia seis opções de respostas: “fino, fino, grosso”; “fino, grosso, grosso”, “grosso, grosso, fino”, “grosso, fino, fino”, “grosso, fino, grosso”, “fino, grosso, fino”. Ao final, eram somados os números de acertos, sendo que cada item respondido corretamente correspondia a 1 ponto (total= 20 acertos).

No teste de Padrão de Duração, a criança também foi orientada a ouvir os três estímulos com atenção e a responder oralmente a ordem na qual os sons apareceram. Se o estímulo era curto, a criança era orientada a responder “pequeno”, e se o estímulo era longo, a criança era orientada a responder “grande”. Assim, havia seis opções de respostas: “pequeno, pequeno, grande”, “pequeno, grande, grande”, “grande, grande, pequeno”, “grande, pequeno, pequeno”, “grande, pequeno, grande”, “pequeno, grande, pequeno”. Ao final, eram somados os números de acertos, sendo que cada item respondido corretamente correspondia a 1 ponto (total= 20 acertos).

Após os procedimentos descritos acima, os participantes foram aleatoriamente escolhidos para fazerem parte do grupo controle ou grupo experimental do estudo 1.

Para cada participante do grupo experimental, foi fornecido um CD, contendo os dois jogos e todas as orientações e regras que faziam parte dos jogos. Estas eram lidas e explicadas cuidadosamente para cada responsável (Anexo P – CD anexo).

Assim, o treinamento foi realizado na casa do próprio participante, sempre com o auxílio dos pais para a instalação do programa. Estes também foram orientados a entrar em contato com a pesquisadora caso houvesse algum problema relacionado à instalação. Como já descrito, o participante foi orientado a enviar diariamente as jogadas por meio da internet. Assim, foi possível acompanhar se o participante seguia as regras do treinamento, conforme o combinado, como também a evolução do seu desempenho, em cada jogo. O treinamento foi realizado durante dois meses, 5 vezes por semana, contabilizando aproximadamente 40 dias jogados. Assim, no mesmo dia em que foram realizadas as avaliações iniciais e entregue o CD, também já foi marcado o retorno para a reavaliação após dois meses.

O grupo controle, conforme já descrito, não foi submetido ao treinamento auditivo no estudo 1, ou seja, nos primeiros dois meses. Assim, no primeiro dia foram realizadas apenas as avaliações iniciais e agendado o retorno após 2 meses, quando foi realizada a reavaliação e concluída a participação deste grupo no estudo 1. Neste mesmo encontro, iniciou-se a participação deste grupo no estudo 2, já que foram fornecidos o CD e as instruções para o início do treinamento. Além disso, foi agendado o último encontro, após 2 meses, para a realização da última avaliação (terceira). Assim, no último encontro, foi realizada a reavaliação pós-treinamento, e os responsáveis foram informados a respeito do desempenho de seu filho em todas as provas realizadas. Assim sendo, a participação do grupo controle na

pesquisa teve a duração de 4 meses, considerando sua participação nos dois estudos.

#### 4.2.6 MÉTODO ESTATÍSTICO

No estudo 1, para a caracterização da amostra, foi utilizado o teste t-Student.

Para comparar os grupos e avaliar o efeito do tratamento, foi adotada a técnica de análise de variância com medidas repetidas (Neter et al., 2005). Quando os resíduos apresentaram desvios grosseiros da distribuição normal, e não foi possível encontrar uma transformação tal que essa condição fosse satisfeita, foi empregada a técnica de análise de variância não paramétrica de dados ordinais com medidas repetidas (Brunner e Langer, 2000). Quando necessário, foram feitas comparações múltiplas, adotando a correção de Bonferroni. Foi adotado o nível de significância de 0,05.

Para analisar a correlação entre as diferenças nos escores pré e pós dos sete testes, foi utilizada a correlação de Spearman ( $r$ ), bem como para se analisar a correlação das diferenças dos escores nos dois períodos com as variáveis idade, dias jogados e Evolução no Jogo (Fisher e van Belle, 1993).

*Resultados*

## **5- RESULTADOS**

Os resultados serão apresentados, considerando o estudo 1 e o estudo 2, respectivamente. Para a análise estatística dos dados, adotamos nível de significância de 0,05 (5%).

### 5.1 Estudo 1

#### 5.1.1 Caracterização das amostras

Inicialmente, o grupo foi composto por 28 indivíduos do grupo controle e 18 indivíduos do grupo experimental. Durante o treinamento do grupo experimental, houve seis desistências, reduzindo o número de indivíduos para 12. Na Tabela 1, temos os valores observados das estatísticas descritivas: média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo para a idade em cada grupo. Essas estatísticas indicam que as distribuições da idade nos dois grupos são semelhantes. Pelo teste t-Student, não foi detectada diferença significativa entre as médias das idades ( $p=0,329$ ).



Tabela 1- Distribuição dos participantes nos grupos controle e experimental em relação à idade

Grupo	N	Média Idade (anos)	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Controle	28	10,4	2,1	7,5	10,0	14,0
Experimental	12	10,9	1,4	8,4	11,3	12,6

N= total da amostra

### 5.1.2. Estudo da correlação entre a Idade e o desempenho nos testes

Considerando o fato de ambos os grupos serem formados por indivíduos com idades variadas, ou seja, entre 7 e 14 anos, primeiramente, foi investigada a existência de uma correlação entre os desempenhos em cada teste e a idade dos participantes.

Para se avaliar a correlação entre os escores dos testes e a idade, foram calculados os coeficientes da correlação de Spearman (Fisher e van Belle, 1993).

Na Tabela 2, temos os valores observados dos coeficientes ( $r$ ), considerando os resultados dos testes no período pré-treinamento, e os  $p$ -valores obtidos nos testes de significância dos coeficientes. Nota-se que, nesta etapa, não houve a análise de cada grupo separadamente, pois ambos ainda não haviam sido submetidos ao treinamento. Para facilitar a análise, as habilidades testadas na prova de Consciência Fonológica foram agrupadas da seguinte forma: Síntese, Segmentação, Manipulação e Transposição Silábica, equivalentes a Tarefas Silábicas (Tar. Silábicas); Síntese, Segmentação,

Manipulação e Transposição Fonêmica, equivalentes a Tarefas Fonêmicas (Tar. Fonêmicas). Além disso, Rima e Aliteração (Rima e Alit.) também foram agrupadas. “Leit. Palavras” equivale ao teste Leitura de Palavras e “Freq.” equivale ao Padrão de Frequência.

Tabela 2- Coeficientes de correlação de Spearman entre a idade e os escores dos testes no período pré-treinamento

	Leit. Palavras	Leitura Texto	Tar. Silábicas	Tar. Fonêmicas	Rima e Alit.	Freq	Duração
r	0,61	0,42	-0,03	0,14	0,21	0,30	0,37
p	<0,001*	0,007*	0,849	0,408	0,200	0,061	0,018*
N	40	40	40	40	40	40	40

r=coeficiente de correlação de Spearman; p=pvalor; N=total da amostra; \*=significante

Observamos, na Tabela 2, que foi detectada correlação significativa positiva entre os escores nas provas de Leitura de Palavras, Leitura de Texto e Duração no período pré-treinamento. Isto significa que os escores desses testes no período pré-treinamento tendem a aumentar com a idade.

Na Tabela 3, para cada grupo, temos os valores observados de r e correspondentes p-valores, quando são considerados os resultados dos testes no período pós-treinamento, e a diferença dos escores nos dois períodos (pós – pré).

Tabela 3- Coeficientes de correlação de Spearman entre a Idade e os escores no período pós, e diferenças entre os escores nos períodos pré e pós, por grupo

Teste		Grupo			
		Controle		Experimental	
		Pós	Diferença	Pós	Diferença
Leitura de palavras	r	0,67	-0,33	0,66	0,57
	p	<0,001*	0,090	0,019*	0,052
	N	28	28	12	12
Leitura de texto	r	0,48	-0,02	0,43	-0,02
	p	0,010*	0,906	0,163	0,944
	N	28	28	12	12
Tarefas silábicas	r	0,09	-0,08	0,41	0,49
	p	0,643	0,677	0,180	0,103
	N	27	27	12	12
Tarefas fonêmicas	r	0,16	0,17	0,31	-0,11
	p	0,428	0,390	0,331	0,734
	N	27	27	12	12
Rima e aliteração	r	-0,03	-0,09	0,24	-0,33
	p	0,867	0,654	0,455	0,289
	N	27	27	12	12
Frequência	r	0,10	-0,28	0,25	-0,59
	p	0,608	0,153	0,439	0,044*
	N	28	28	12	12
Duração	r	0,38	0,08	0,16	-0,12
	p	0,044*	0,685	0,614	0,707
	N	28	28	12	12

r=coeficiente de correlação de Spearman; p=pvalor; N=total da amostra;\*=significante

Na Tabela 3, temos que, no Controle, existe correlação positiva significativa da idade com Leitura de palavras, Leitura de texto e Duração no período pós-treinamento. No grupo experimental, foi detectada correlação significativa positiva da idade com Leitura de palavras, no período pós, indicando que os escores nesses testes tendem a aumentar com a idade. A diferença entre os escores da Frequência nos períodos pós e pré tendem a diminuir com a idade (correlação negativa) no grupo experimental; ou seja,

quanto maior a diferença entre os desempenhos nos pré e pós- treinamento, menor a idade.

Para ilustrar a relação entre os escores nos testes, nos dois períodos, e a idade foram construídos os diagramas de dispersão apresentados nas Figuras 9 e 10. Nesses gráficos, também foi representada a reta de regressão ajustada, considerando os escores como variável resposta e idade como sendo variável explicativa, com o objetivo de auxiliar a visualização da tendência linear dos pontos. Na Figura 11, encontram-se os diagramas de dispersão entre as diferenças dos escores nos dois períodos e a idade.

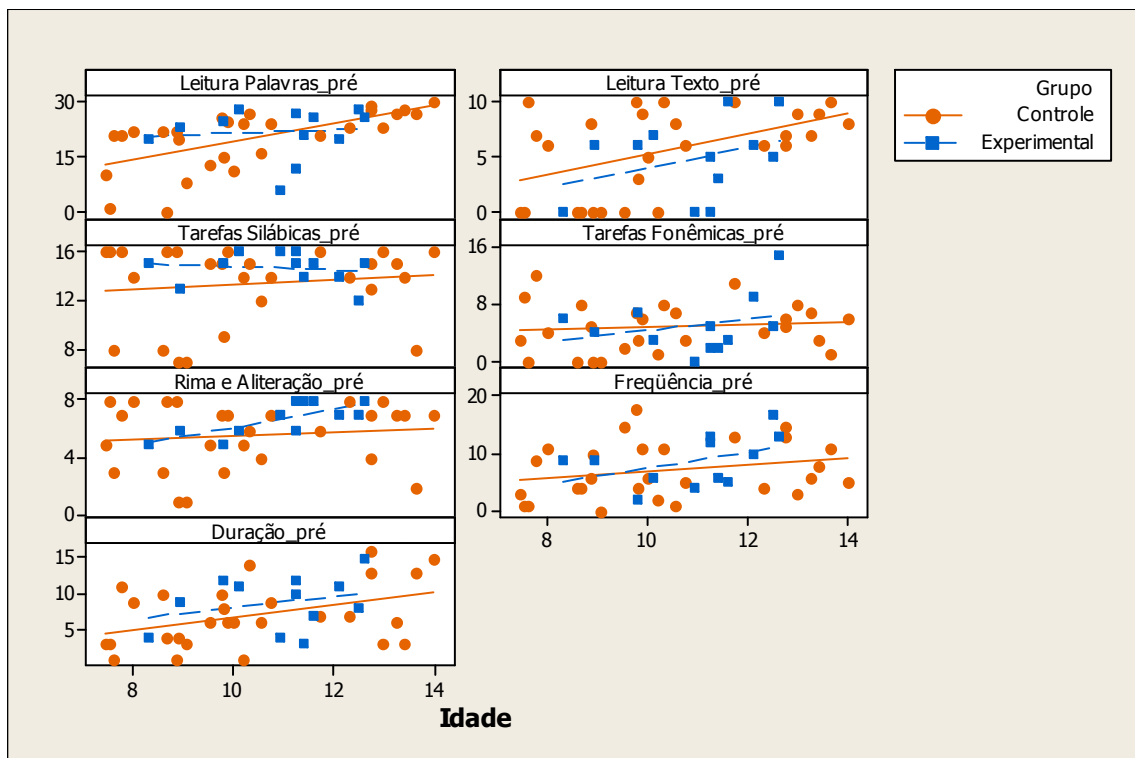


Figura 9- Diagramas de dispersão dos escores nos testes no pré-treinamento e a idade por grupo

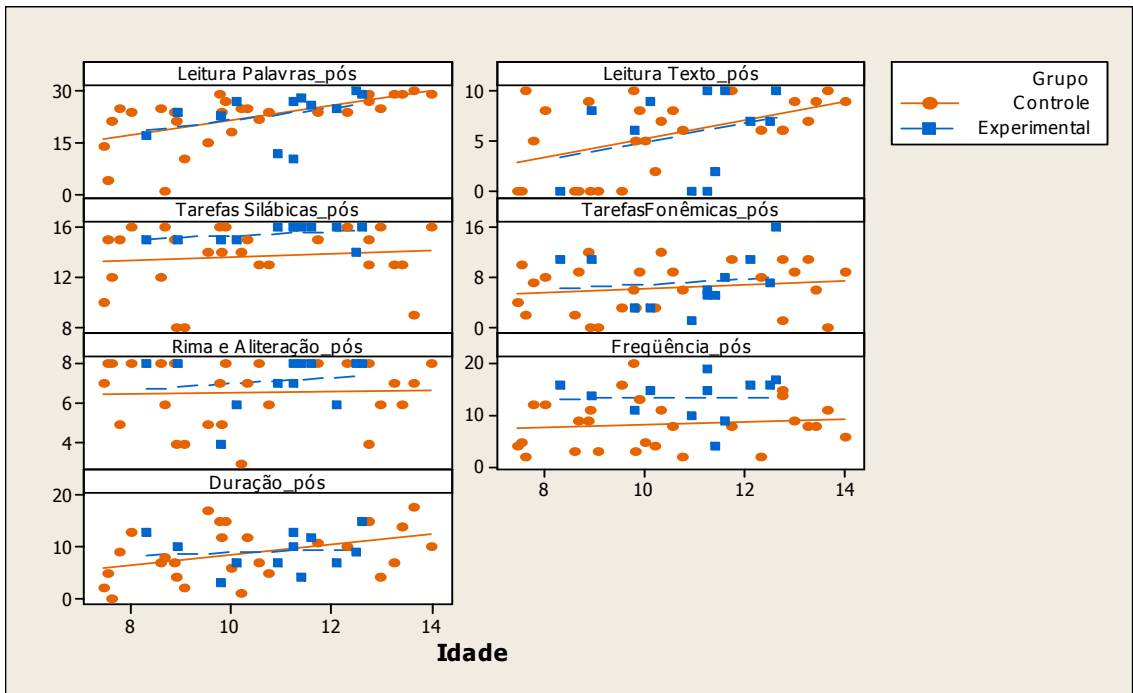


Figura 10- Diagramas de dispersão dos escores nos testes no pós-treinamento e a idade por grupo

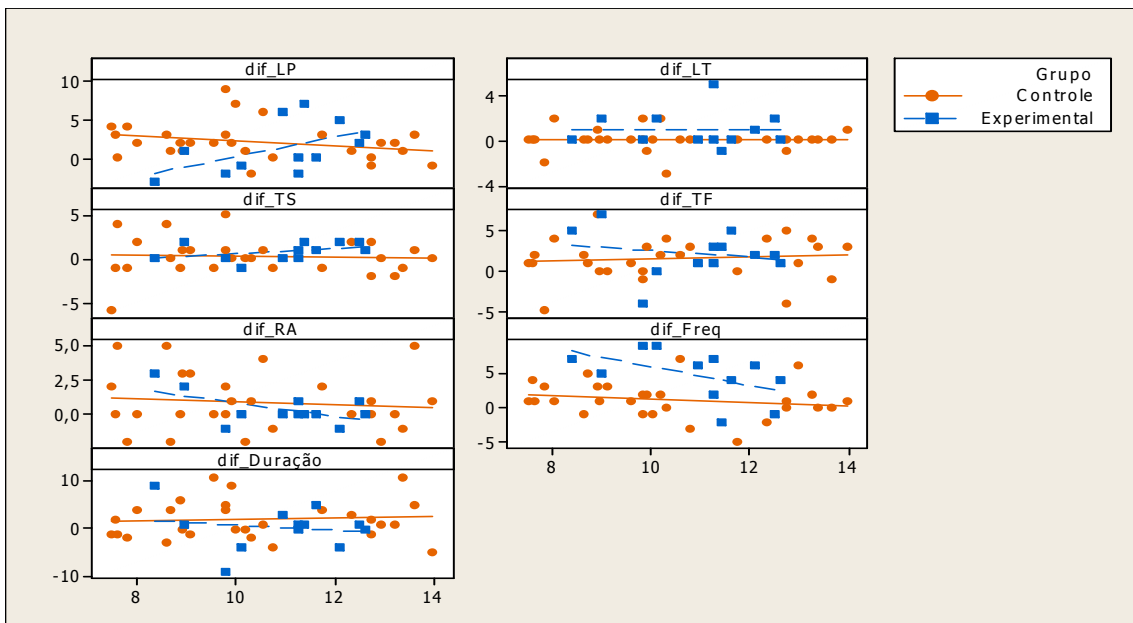


Figura 11- Diagramas de dispersão das diferenças dos escores nos testes nos dois períodos e a idade por grupo

## 5.2 Análise dos resultados dos testes aplicados pré e pós-treinamento para ambos os grupos

Foram construídas tabelas com estatísticas descritivas e gráficos do tipo “*box-plot*” para os resultados dos testes (Tabelas 4 a 10 e Figuras 12 a 18), com o objetivo de resumir os dados da amostra. A análise dos testes Leitura de palavras, Leitura de texto, Frequência e Duração foi realizada considerando a divisão nas faixas etárias, de 7 a 10 anos de idade e de 11 a 14 anos de idade, devido à correlação entre os seus resultados e a idade em alguma das avaliações.

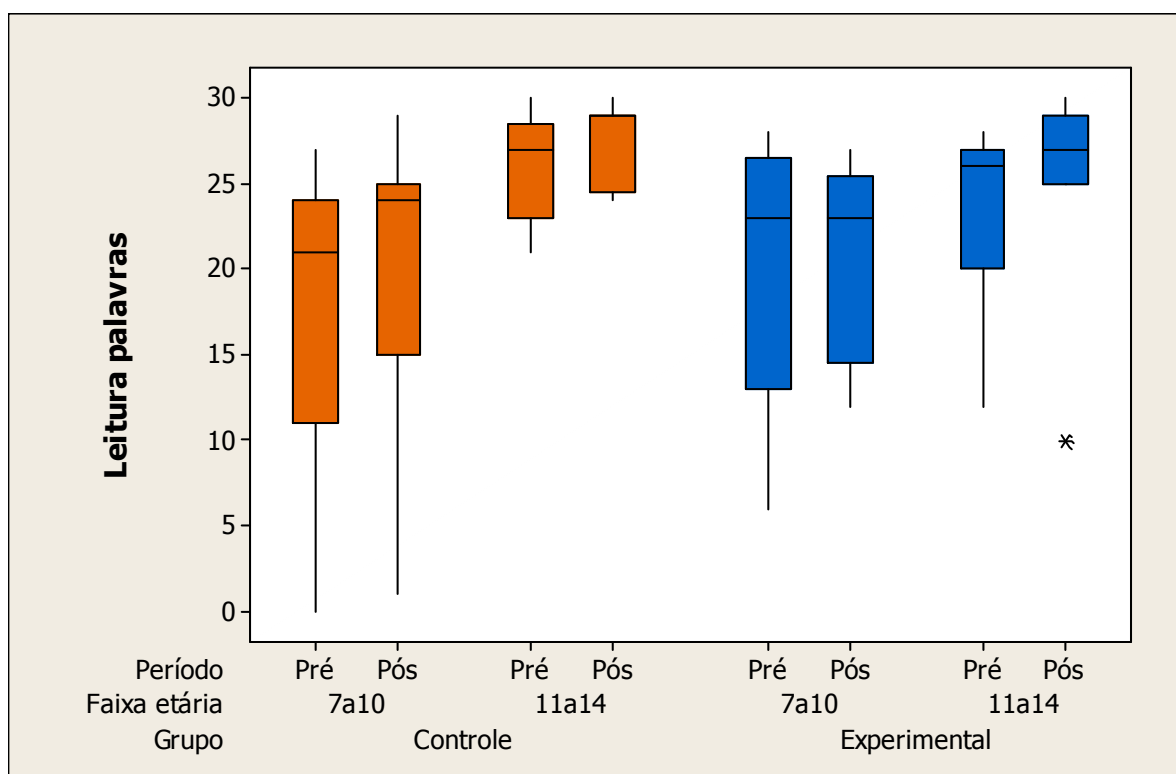
Para comparar os grupos e avaliar o efeito do tratamento, foi adotada a técnica de análise de variância com medidas repetidas (Neter et al., 2005). Quando os resíduos apresentaram desvios grosseiros da distribuição normal, e não foi possível encontrar uma transformação tal que essa condição fosse satisfeita, foi empregada a técnica de análise de variância não paramétrica de dados ordinais com medidas repetidas (Brunner e Langer, 2000). Quando necessário, foram feitas comparações múltiplas, adotando a correção de Bonferroni. Foi adotado o nível de significância de 0,05. Maiores detalhes sobre os cálculos realizados são apresentados no Apêndice técnico (CD anexo).

*Leitura de Palavras*

Tabela 4- Estatísticas descritivas para Leitura de Palavras (total de acertos – 30) em cada período, por grupo e faixa etária

Grupo	FaixaEtária	Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Controle	7a10	Pré	19	17,3	8,1	0	21	27
		Pós	19	19,9	7,8	1	24	29
		Pós-Pré	19	2,6	2,6	-2	2	9
	11a14	Pré	9	26,2	3,1	21	27	30
		Pós	9	27,3	2,4	24	29	30
		Pós-Pré	9	1,1	1,5	-1	1	3
	Total	Pré	28	20,1	8,1	0	22	30
		Pós	28	22,3	7,4	1	24	30
		Pós-Pré	28	2,1	2,4	-2	2	9
Experimental	7a10	Pré	5	20,4	8,6	6	23	28
		Pós	5	20,6	6,0	12	23	27
		Pós-Pré	5	0,2	3,6	-3	-1	6
	11a14	Pré	7	22,9	5,7	12	26	28
		Pós	7	25,0	6,8	10	27	30
		Pós-Pré	7	2,1	3,1	-2	2	7
	Total	Pré	12	21,8	6,8	6	24	28
		Pós	12	23,2	6,6	10	25,5	30
		Pós-Pré	12	1,3	3,3	-3	0,5	7

N=total da amostra



\* valor discrepante

Figura 12 – *Box-plots* para Leitura de Palavras por grupo e faixa etária nos períodos pré e pós-treinamento

Na análise deste teste, foi adotada a técnica de análise de variância com medidas repetidas, pois, na análise, não foram observados desvios grosseiros das suposições necessárias para a sua aplicação.

Os resultados levaram às seguintes observações:

- não foi detectado efeito de grupo ( $p=0,846$ ), ou seja, não houve diferença no desempenho entre os grupos, em cada período
- a média dos escores na faixa etária de 11 a 14 de idade foi maior do que na de 7 a 10 anos de idade ( $p=0,019$ )



- a média obtida no pós-treinamento foi maior que no pré-treinamento ( $p=0,002$ ), tanto no Controle, quanto no Experimental ( $p=0,459$ ), independentemente da faixa etária ( $p=0,320$ ); isto é, ocorreu um aumento no escore médio, e esse aumento foi o mesmo para os dois grupos e para as duas faixas etárias;

*Leitura de Texto*

Tabela 5- Estatísticas descritivas para Leitura de textos (total de acertos -10) em cada período, por grupo e faixa etária

Grupo	Faixa Etária	Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Controle	7a10	Pré	19	4,3	4,2	0	5	10
		Pós	19	4,4	3,9	0	5	10
		Pós-Pré	19	0,1	1,2	-3	0	2
	11a14	Pré	9	8,0	1,6	6	8	10
		Pós	9	8,0	1,7	6	9	10
		Pós-Pré	9	0,0	0,5	-1	0	1
	Total	Pré	28	5,5	3,9	0	6,5	10
		Pós	28	5,5	3,7	0	6	10
		Pós-Pré	28	0,0	1,0	-3	0	2
Experimental	7a10	Pré	5	3,8	3,5	0	6	7
		Pós	5	4,6	4,3	0	6	9
		Pós-Pré	5	0,8	1,1	0	0	2
	11a14	Pré	7	5,6	3,6	0	5	10
		Pós	7	6,6	4,1	0	7	10
		Pós-Pré	7	1,0	2,0	-1	0	5
	Total	Pré	12	4,8	3,5	0	5,5	10
		Pós	12	5,8	4,1	0	7	10
		Pós-Pré	12	0,9	1,6	-1	0	5

N=total da amostra

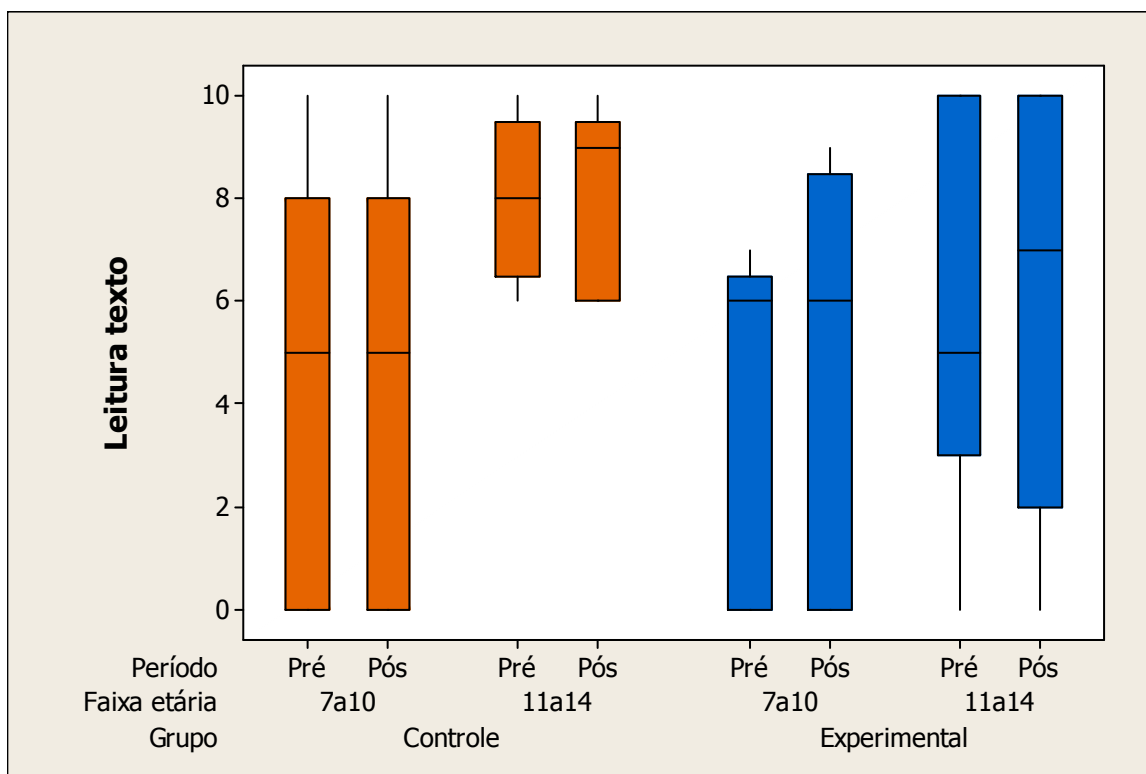


Figura 13 – *Box-plots* para Leitura de texto por grupo e faixa etária nos períodos pré e pós-treinamento

O teste Leitura de texto foi analisado por meio da técnica de análise de variância não paramétrica de dados ordinais com medidas repetidas. É importante salientar que a Leitura de Texto apresentou correlação com a idade, e por essa razão na comparação dos grupos, a idade foi controlada. Devido a restrições para a aplicação da técnica, a análise da Leitura de texto foi feita, separadamente, em cada faixa etária. Os resultados obtidos foram:

- Na faixa etária 7 a 10 anos de idade, não foi detectado efeito de grupo, ou seja, não houve diferença estatisticamente significativa no desempenho entre os grupos ( $p=0,894$ ). Também não houve

diferença dos desempenhos entre os períodos ( $p=0,157$ ) e a variação dos escores nos dois períodos não dependeu do grupo ( $p=0,145$ );

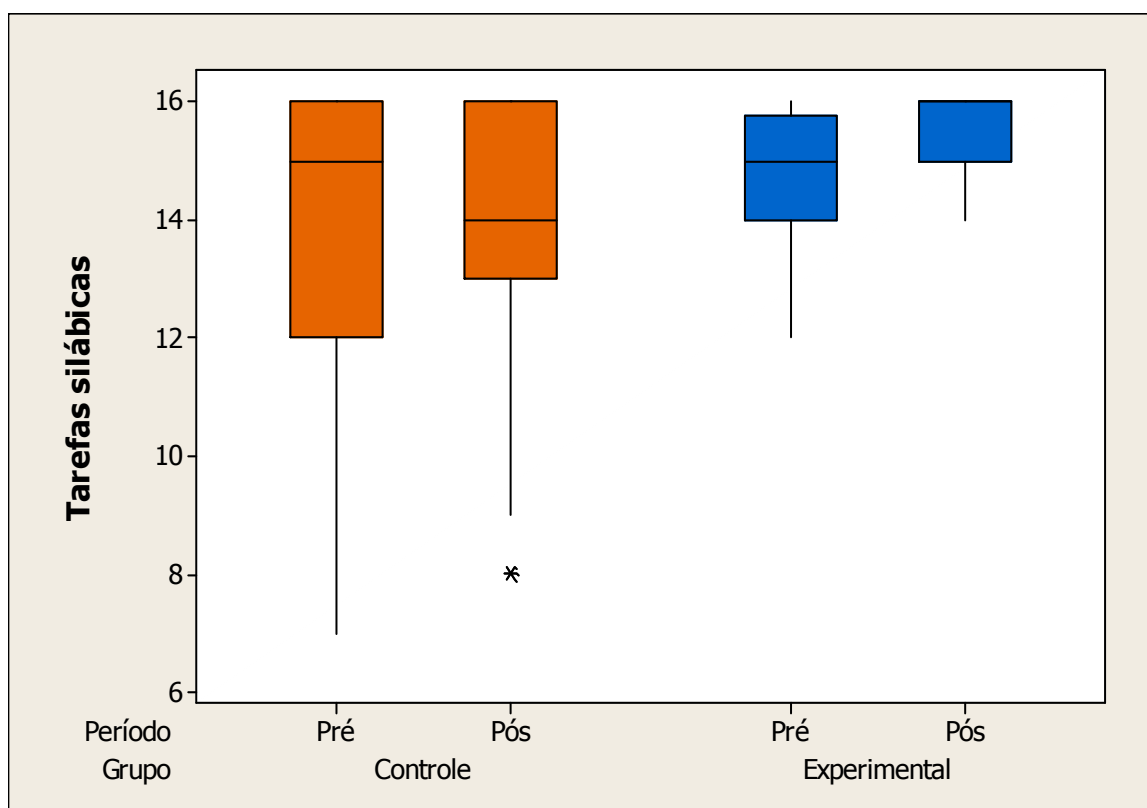
- Na faixa etária de 11 a 14 anos de idade, não foi detectada diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p=0,408$ ). Também não houve diferença entre os períodos ( $p=0,136$ ), e a variação dos escores nos dois períodos não dependeu do grupo ( $p=0,097$ ).

### Tarefas Silábicas

Tabela 6- Estatísticas descritivas para Tarefas silábicas (total de acertos – 16) em cada período, por grupo

Grupo	Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Controle	Pré	28	13,4	3,2	7	15	16
	Pós	28	13,6	2,5	8	14	16
	Pós-Pré	28	0,3	2,2	-6	0	5
Experimental	Pré	12	14,7	1,2	12	15	16
	Pós	12	15,5	0,7	14	16	16
	Pós-Pré	12	0,8	1,0	-1	1	2

N=total da amostra



\* valor discrepante

Figura 14– *Box-plots* para Tarefas silábicas por grupo nos períodos pré e pós-treinamento

As habilidades relacionadas ao item Tarefas silábicas foram analisadas por meio da técnica de análise de variância não paramétrica de dados ordinais com medidas repetidas:

- A diferença do desempenho nos dois períodos dependeu do grupo ( $p=0,019$ );
- Os dois grupos apresentaram o mesmo comportamento no período pré-treinamento ( $p>0,999$ ), porém o Experimental tendeu a apresentar maiores escores do que o Controle no período pós-

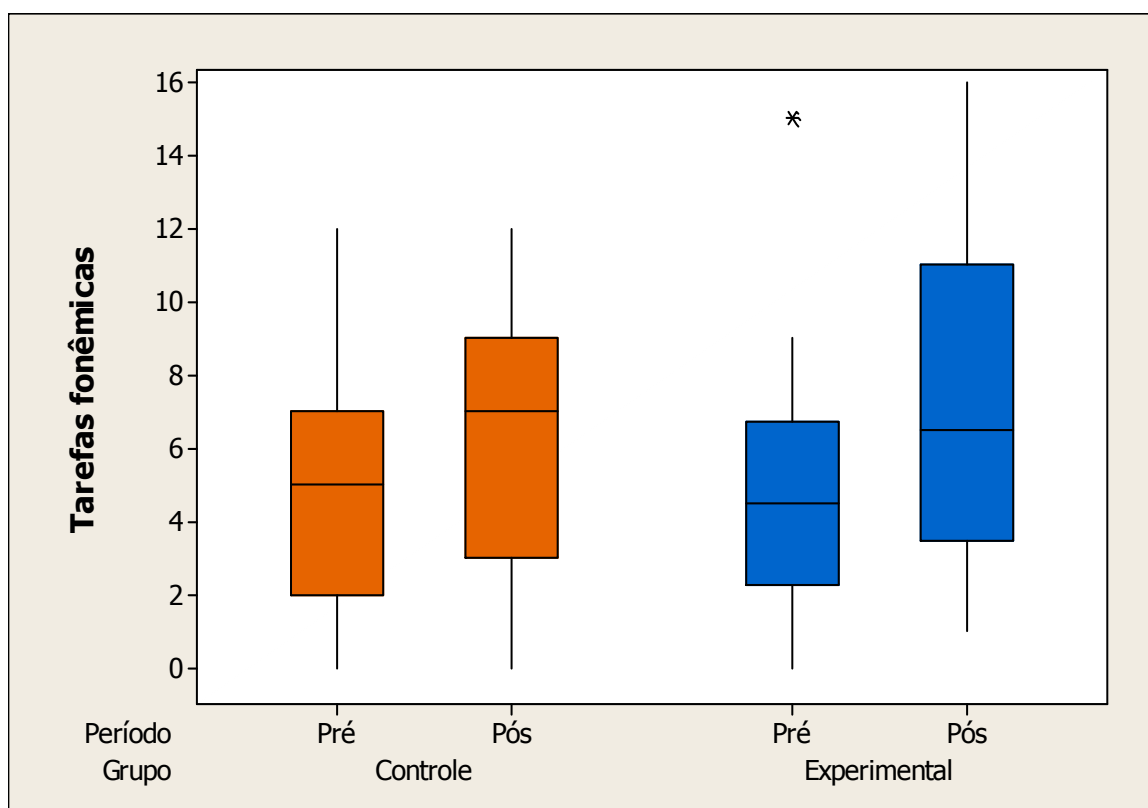
treinamento ( $p=0,003$ ). O Controle apresentou o mesmo comportamento no pré e pós-treinamento. No Experimental, os escores tenderam a aumentar no período pós-treinamento ( $p=0,044$ ).

*Tarefas Fonêmicas*

Tabela 7- Estatísticas descritivas para Tarefas fonêmicas (total de acertos – 16) em cada período, por grupo

Grupo	Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Controle	Pré	28	4,8	3,4	0	5	12
	Pós	28	6,3	4,0	0	7	12
	Pós-Pré	28	1,6	2,6	-5	2	7
Experimental	Pré	12	5,1	4,0	0	4,5	15
	Pós	12	7,3	4,3	1	6,5	16
	Pós-Pré	12	2,2	2,8	-4	2	7

N=total da amostra



\* valor discrepante

Figura 15 – *Box-plots* para Tarefas fonêmicas por grupo nos períodos pré e pós-treinamento

Na análise deste teste, foi adotada a técnica de análise de variância com medidas repetidas, pois não foram observados desvios grosseiros das suposições necessárias para a sua aplicação.

Os resultados levaram às seguintes conclusões:

- Não foi detectado efeito de grupo ( $p=0,628$ ), ou seja, ambos os grupos apresentaram desempenhos semelhantes;
- A média no período pós-treinamento foi maior do que no período pré-treinamento ( $p<0,001$ ), independentemente do grupo ( $p=0,511$ ).

Rima e Aliteração

Tabela 8- Estatísticas descritivas para Rima e aliteração (total de acertos 8) em cada período, por grupo

Grupo	Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Controle	Pré	28	5,6	2,3	1	7	8
	Pós	28	6,6	1,6	3	7	8
	Pós-Pré	28	0,9	2,1	-2	0	5
Experimental	Pré	12	6,8	1,1	5	7	8
	Pós	12	7,2	1,3	4	8	8
	Pós-Pré	12	0,4	1,2	-1	0	3

N=total da amostra

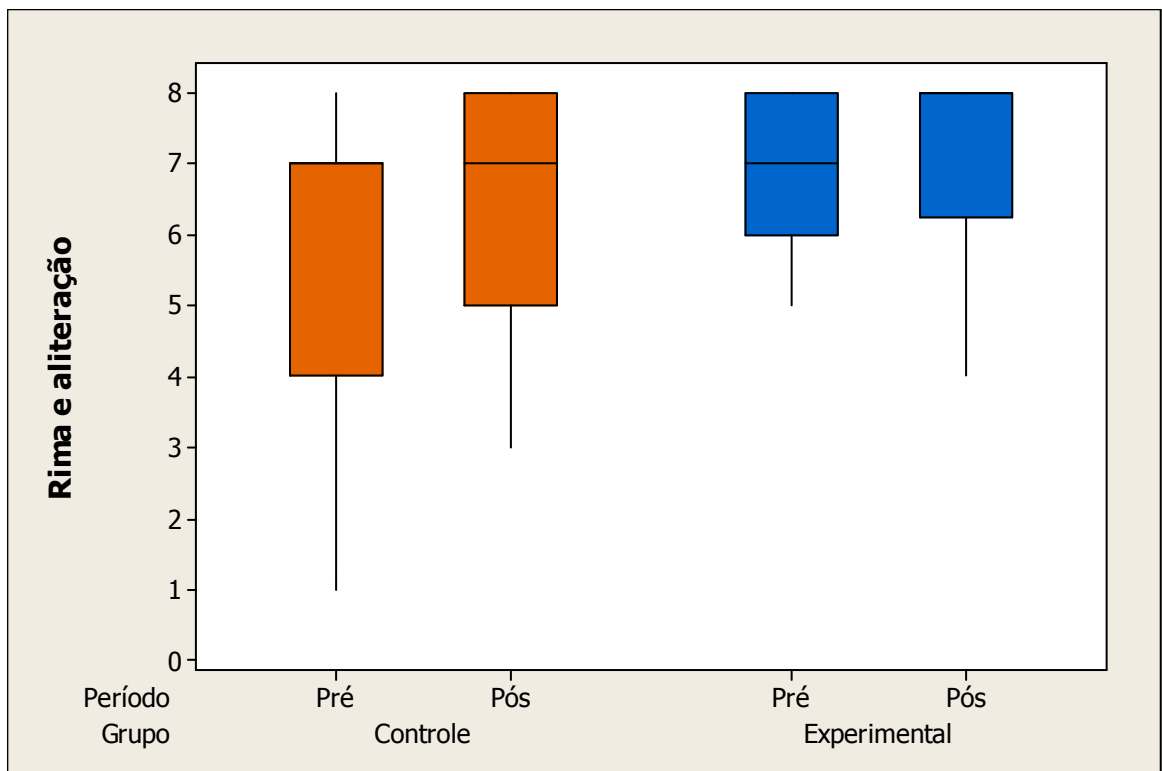


Figura 16 – Box-plots para Rima e aliteração por grupo nos períodos pré e pós-treinamento

Na análise deste teste, foi adotada a técnica de análise de variância com medidas repetidas, pois não foram observados desvios grosseiros das suposições necessárias para a sua aplicação.

Os resultados levaram às seguintes conclusões:

- Não foi detectada diferença entre as médias dos escores dos dois grupos ( $p=0,100$ ), ou seja, não houve efeito de grupo
- Ocorreu, em média, um aumento do escore médio no pós-treinamento ( $p=0,050$ ), independentemente do grupo ( $p=0,447$ );

*Frequência*

Tabela 9- Estatísticas descritivas para Frequência (total de acertos – 20) em cada período, por grupo e faixa etária

Grupo	Faixa Etária	Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Controle	7 a 10	Pré	19	6,4	5,1	0	5	18
		Pós	19	8,0	5,2	2	8	20
		Pós-Pré	19	1,6	2,3	-3	1	7
	11 a 14	Pré	9	8,7	4,4	3	8	15
		Pós	9	9,0	4,0	2	8	15
		Pós-Pré	9	0,3	3,0	-5	0	6
	Total	Pré	28	7,1	4,9	0	6	18
		Pós	28	8,3	4,8	2	8	20
		Pós-Pré	28	1,2	2,6	-5	1	7
Experimental	7 a 10	Pré	5	6,0	3,1	2	6	9
		Pós	5	13,2	2,6	10	14	16
		Pós-Pré	5	7,2	1,8	5	7	9
	11 a 14	Pré	7	10,9	4,2	5	12	17
		Pós	7	13,7	5,3	4	16	19
		Pós-Pré	7	2,9	3,4	-2	4	7
	Total	Pré	12	8,8	4,4	2	9	17
		Pós	12	13,5	4,2	4	15	19
		Pós-Pré	12	4,7	3,5	-2	5,5	9

N=total da amostra



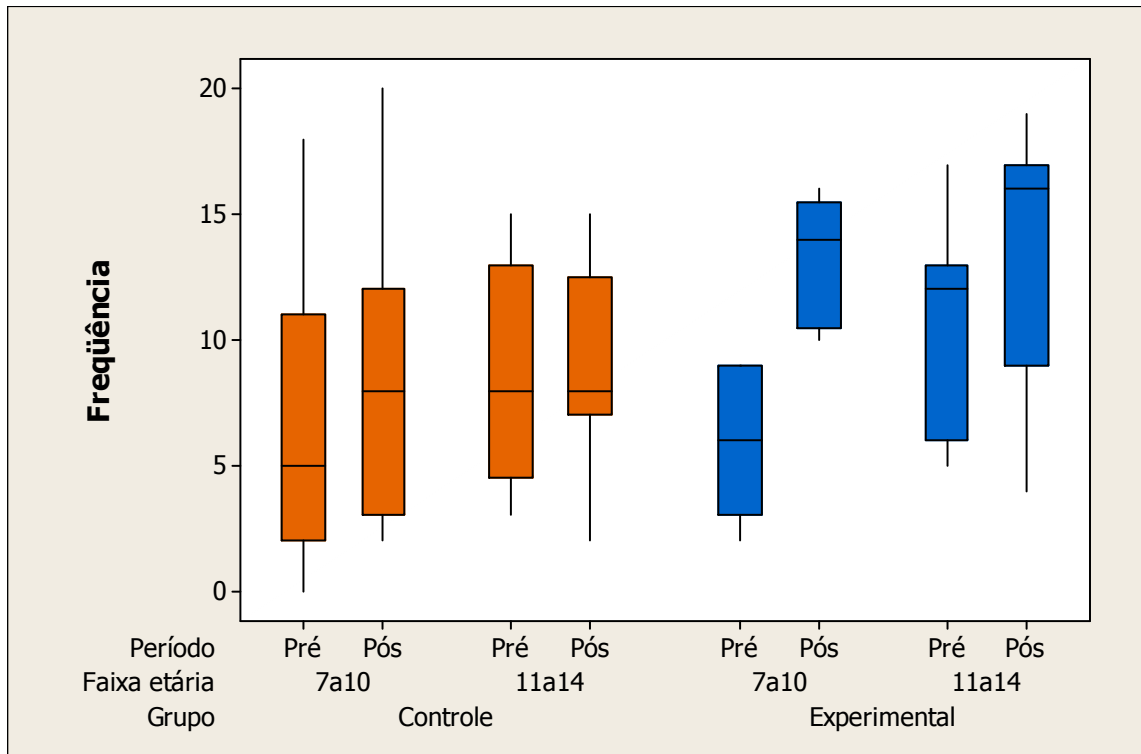
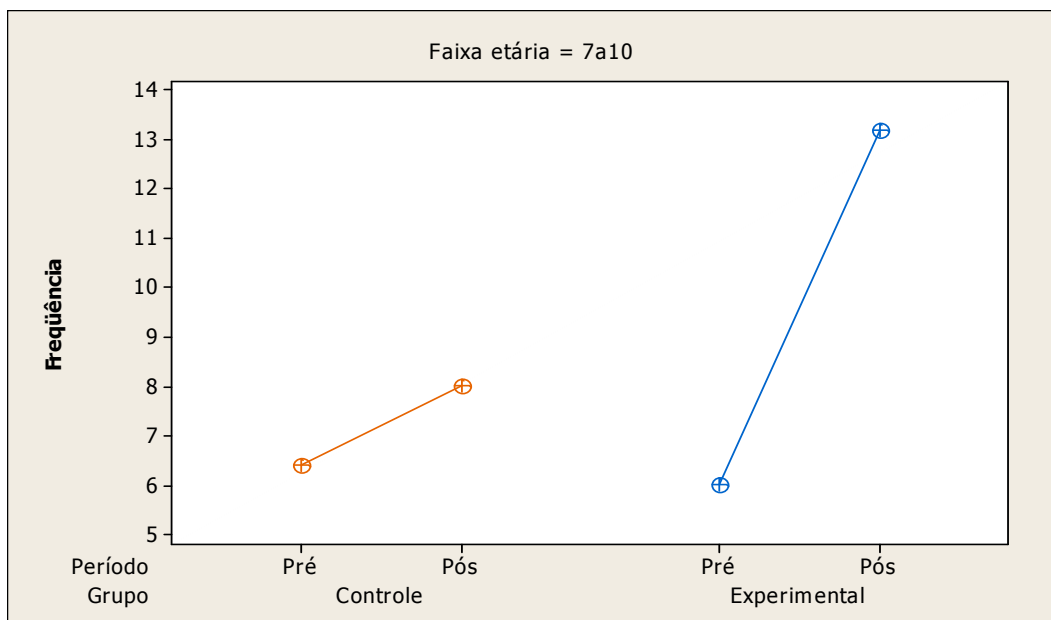


Figura 17 – *Box-plots* para Freqüência por grupo e faixa etária nos períodos pré e pós-treinamento

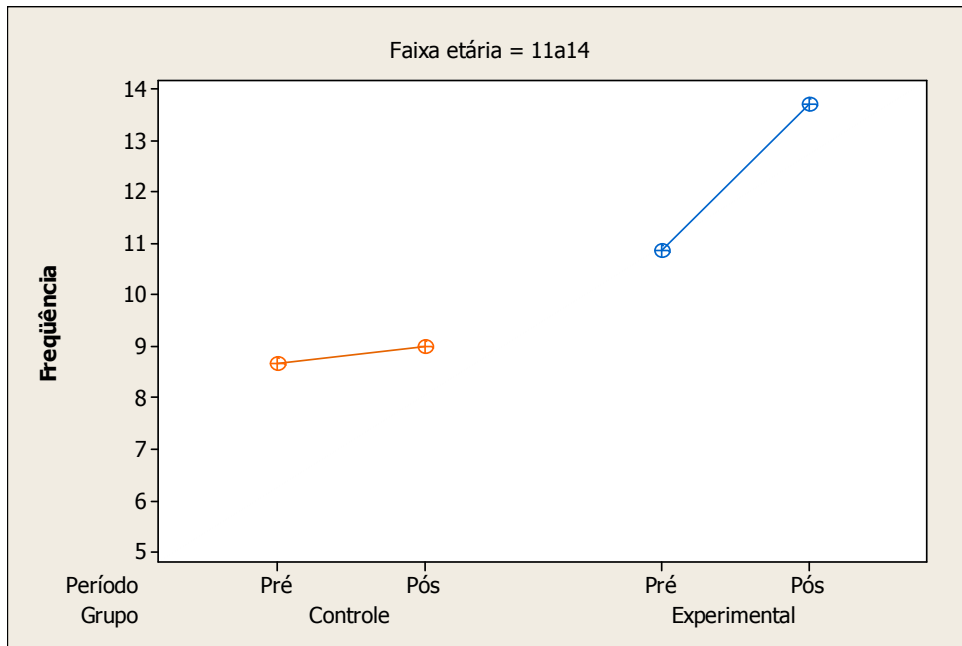
Na análise deste teste, foi adotada a técnica de análise de variância com medidas repetidas, pois não foram observados desvios grosseiros das suposições necessárias para a sua aplicação:

- A diferença entre os escores médios no pós e no pré-treinamento foi dependente do grupo ( $p < 0,001$ ) e da faixa etária ( $p = 0,005$ ). As médias amostrais da freqüência, nos períodos pré e pós-treinamento, nos dois grupos e nas duas faixas etárias, estão representadas na Figura 18. Prosseguindo a análise, pelo método de Bonferroni,

obtivemos que, na faixa etária de 7 a 10 anos de idade, não foi detectada diferença entre as médias dos escores nos dois períodos para o grupo Controle ( $p=0,096$ ), porém, para o grupo Experimental, a média no período pós-treinamento foi maior do que no pré ( $p<0,001$ ); na faixa de 11 a 14 anos de idade, as conclusões foram semelhantes: a média no pós foi maior do que no pré-treinamento para o grupo experimental ( $p=0,050$ ), porém, para o grupo Controle não foi detectada diferença entre as médias nos dois momentos ( $p>0,999$ ). Para o grupo experimental, as diferenças entre as médias dos escores na faixa etária de 7 a 10 anos de idade foram maiores do que na faixa de 11 a 14 anos de idade ( $p=0,018$ ).



a)



b)

Figura 18- a) Escores médios da Frequência nos dois períodos por grupo e faixa etária (7 a 10 anos)  
b) Escores médios da Frequência nos dois períodos por grupo e faixa etária (11 a 14 anos)

*Duração*

Tabela 10- Estatísticas descritivas para Duração (total de acertos – 20) em cada período, por grupo e faixa etária

Grupo	Faixa Etária	Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Controle	7a10	Pré	19	6,1	3,7	1	6	14
		Pós	19	7,7	5,1	0	7	17
		Pós-Pré	19	1,7	4,1	-4	0	11
	11a14	Pré	9	9,2	5,1	3	7	16
		Pós	9	11,6	4,4	4	11	18
		Pós-Pré	9	2,3	4,4	-5	2	11
	Total	Pré	28	7,1	4,4	1	6	16
		Pós	28	9,0	5,1	0	8,5	18
		Pós-Pré	28	1,9	4,1	-5	1	11
Experimental	7a10	Pré	5	8,0	3,8	4	9	12
		Pós	5	8,0	3,7	3	7	13
		Pós-Pré	5	0,0	6,9	-9	1	9
	11a14	Pré	7	9,4	3,9	3	10	15
		Pós	7	10,0	3,7	4	10	15
		Pós-Pré	7	0,6	2,6	-4	1	5
	Total	Pré	12	8,8	3,7	3	9,5	15
		Pós	12	9,2	3,7	3	9,5	15
		Pós-Pré	12	0,3	4,6	-9	1	9

N=total da amostra

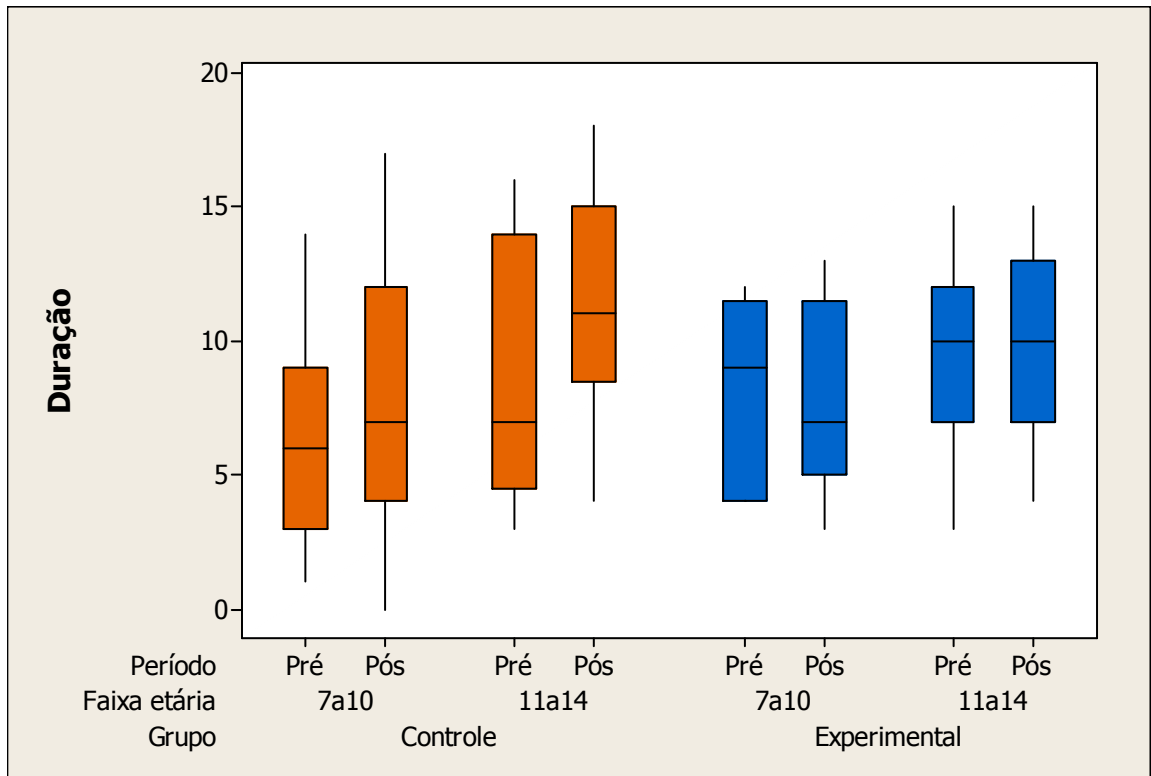


Figura 19 – *Box-plots* para Duração por grupo e faixa etária nos períodos pré e pós-treinamento

Na análise deste teste, foi adotada a técnica de análise de variância com medidas repetidas, pois não foram observados desvios grosseiros das suposições necessárias para a sua aplicação:

- Obtivemos um efeito marginal da faixa etária na média dos escores ( $p=0,060$ ), ou seja, houve uma diferença entre os escores médios para cada grupo de faixa etária;
- Não foi detectada diferença entre as médias dos escores nos dois grupos ( $p=0,873$ ), ou seja, não houve efeito de grupo;

- Não houve diferença entre as médias dos dois períodos ( $p=0,147$ ), independentemente do grupo ( $p=0,273$ ).

#### 5.1.4 Análise da correlação entre as diferenças dos escores nos dois períodos entre os testes

Na Tabela 11, temos os valores observados do coeficiente de correlação de Spearman ( $r$ ) entre diferenças dos escores no pós e no pré-treinamento dos sete testes, no grupo Experimental. Observamos que foi detectada correlação significativa positiva entre as diferenças de Rima e aliteração com Tarefas fonêmicas, Duração com Tarefas fonêmicas, e Rima e aliteração com Duração. Entre as diferenças da Freqüência e Tarefas silábicas foi detectada uma correlação inversa, o que significa que as diferenças entre os escores da Freqüência nos dois períodos tenderam a diminuir com o aumento das diferenças entre os escores das Tarefas silábicas.

Observamos, ainda, na Tabela 12, alguns valores de  $p$ -marginais, como, por exemplo, entre as diferenças de Tarefas Fonêmicas e Tarefas Silábicas ( $r=0,56$ ,  $p=0,057$ ). Nesses casos, o fato de não detectarmos a existência de correlação talvez possa ser atribuído à falta do poder do teste causada pelo pequeno tamanho da amostra.

Tabela 11- Coeficientes de correlação de Spearman (r) entre diferenças dos escores no pós e no pré dos sete testes - grupo Experimental.

		DIF_LP	DIF_LT	DIF_TS	DIF_TF	DIF_RA	DIF_FREQ	DIF_DUR
DIF_LP	R	1,00	-0,13	0,55	-0,01	-0,31	-0,50	0,06
	P		0,687	0,066	0,965	0,329	0,101	0,851
DIF_LT	R	-0,13	1,00	-0,07	-0,15	0,11	0,34	-0,16
	P	0,687		0,832	0,632	0,722	0,275	0,616
DIF_TS	R	0,55	-0,07	1,00	0,56	0,13	-0,77	0,04
	P	0,066	0,832		0,057	0,689	0,003*	0,913
DIF_TF	R	-0,01	-0,15	0,56	1,00	0,65	-0,51	0,62
	P	0,965	0,632	0,057		0,021*	0,089	0,032*
DIF_RA	R	-0,31	0,11	0,13	0,65	1,00	-0,30	0,58
	P	0,329	0,722	0,689	0,021		0,350	0,050*
DIF_FREQ	R	-0,50	0,34	-0,77	-0,51	-0,30	1,00	-0,27
	P	0,101	0,275	0,003	0,089	0,350		0,403
DIF_DUR	R	0,06	-0,16	0,04	0,62	0,58	-0,27	1,00
	P	0,851	0,616	0,913	0,032	0,050	0,403	

R=coeficiente de correlação de Spearman; P=pvalor; \*=significante

#### 5.1.5 Análise da correlação das diferenças dos escores nos dois períodos com as variáveis Dias Jogados e Evolução no Jogo

Para analisarmos se existiu correlação entre a diferença dos escores nos dois períodos do grupo experimental, com o número de dias jogados e a evolução da criança no jogo, primeiramente, encontra-se descrito, na Tabela 12, o número de dias jogados e a evolução no jogo para cada um dos participantes.

Tabela 12- Número de dias jogados e evolução no jogo para cada participante

Participantes	Dias Jogados	Evolução no jogo - fases	
		(1 a 18)	
		macaco	papagaio
1	27	10	2
2	32	1	1
3	38	13	4
4	43	4	13
5	20	2	1
6	40	13	9
7	27	16	16
8	21	4	1
9	20	8	4
10	32	10	8
11	38	7	17
12	30	9	2

Na Tabela 13, temos os valores observados do coeficiente de correlação de Spearman (r) das diferenças dos escores dos sete testes no período pós e no pré-treinamento, com a quantidade de dias Jogados, a evolução no Jogo do Macaco e evolução no Jogo do Papagaio, segundo as fases que se encontravam no último dia jogado. Vemos que existe correlação significativa positiva entre a variação dos escores da Frequência com Dias jogados. Assim, podemos dizer que a variação dos escores tendeu a aumentar com o aumento do número de dias jogados.



Tabela 13- Coeficientes de correlação de Spearman (r) das diferenças dos escores dos sete testes no pós e no pré com Dias jogados, Evolução Macaco e Evolução Papagaio - grupo Experimental.

		Dias jogados	Evolução macaco	Evolução papagaio
DIF_LP	r	-0,36	-0,32	-0,19
	p	0,250	0,303	0,562
DIF_LT	r	0,06	0,38	0,27
	p	0,847	0,220	0,400
DIF_TS	r	-0,29	-0,05	0,04
	p	0,369	0,878	0,909
DIF_TF	r	-0,11	0,12	-0,25
	p	0,745	0,700	0,432
DIF_RA	r	-0,08	0,50	-0,21
	p	0,811	0,100	0,512
DIF_FREQ	r	0,67	0,13	0,37
	p	0,018*	0,677	0,234
DIF_D	r	-0,20	-0,09	-0,46
	p	0,530	0,781	0,134

r=coeficiente de correlação de Spearman; p=pvalor; \*=significante

## 5.2 Estudo 2

### 5.2.1 Caracterização da amostra

Para a realização do estudo 2, as 28 crianças, que formavam o grupo Controle no estudo 1, foram convocadas para participar deste estudo. Por causa das desistências ocorridas, o número de participantes foi reduzido para 18 indivíduos, os quais foram observados, neste estudo, em três períodos: pré-treinamento, pós-treinamento 1 e pós-treinamento 2.

Na Tabela 14, temos os valores observados das estatísticas descritivas: média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo para a idade.

Tabela 14- Estatísticas descritivas para a idade no grupo

N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
18	10,1	2,1	7,5	9,9	14,0

N=total da amostra

### 5.2.2 Análise dos resultados dos testes

Foram construídas tabelas com estatísticas descritivas e gráficos do tipo “*box-plot*” dos resultados dos testes (Tabelas 15 a 22 e Figuras 20 a 26), com o objetivo de resumir os dados da amostra. A análise descritiva foi realizada de forma análoga à do estudo 1, já que o grupo era o mesmo. Assim, os testes que apresentaram correlação significativa com a idade, no estudo 1, foram

analisadas considerando a divisão nas faixas etárias de 7 a 10 anos de idade e de 11 a 14 anos de idade.

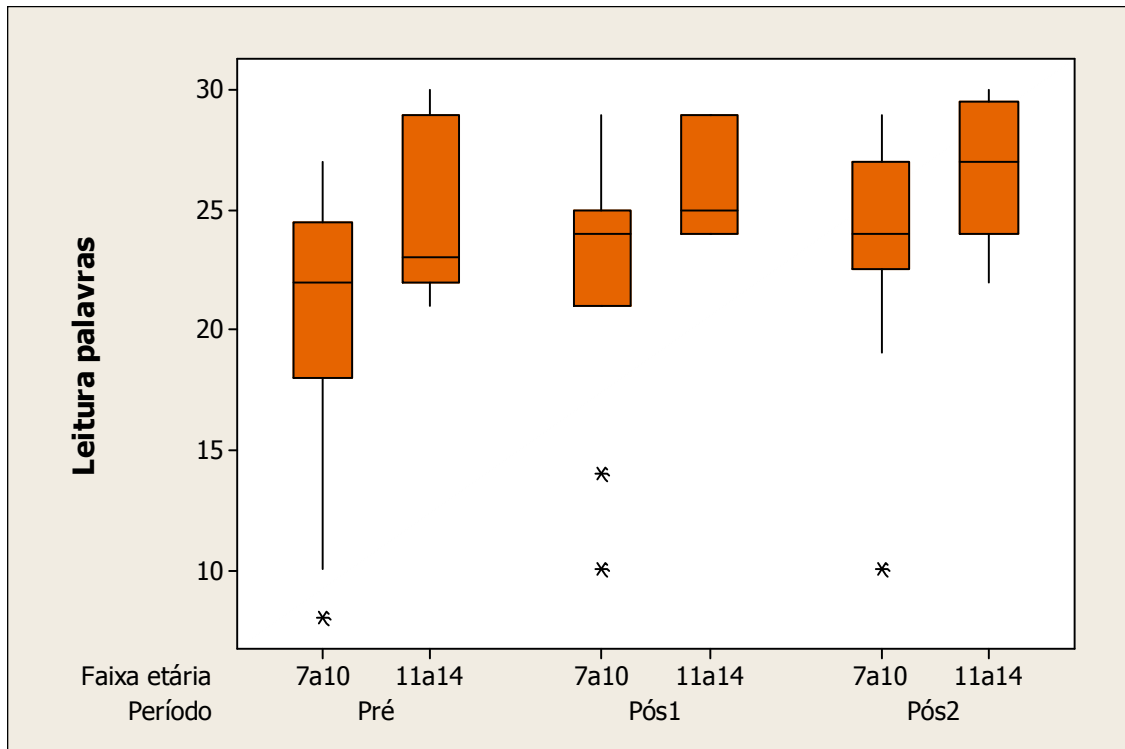
Para avaliar o comportamento nos resultados dos testes, nos três períodos, foi adotada, também, a técnica de análise de variância com medidas repetidas (Neter et al., 2005). Quando foram detectados desvios grosseiros das suposições necessárias para a utilização dessa técnica, foi empregada a técnica de análise de variância não paramétrica de dados ordinais com medidas repetidas (Brunner e Langer, 2000). Quando necessário, foram feitas comparações múltiplas, adotando-se a correção de Bonferroni. Detalhes sobre os resultados obtidos por essas técnicas são apresentados no Apêndice técnico. Foi adotado o nível de significância de 0,05.

*Leitura de Palavras*

Tabela 15- Estatísticas descritivas para Leitura de palavras em cada período por faixa etária

Faixa etária	Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
7a10	Pré	13	20,3	5,8	8	22	27
	Pós1	13	22,4	5,2	10	24	29
	Pós2	13	23,5	4,9	10	24	29
11a14	Pré	5	25,0	3,8	21	23	30
	Pós1	5	26,2	2,6	24	25	29
	Pós2	5	26,8	3,1	22	27	30
Total	Pré	18	21,6	5,6	8	22	30
	Pós1	18	23,4	4,9	10	24	29
	Pós2	18	24,4	4,6	10	25	30

N=total da amostra



\* Valor discrepante

Figura 20 – *Box-plots* para Leitura de palavras por faixa etária nos três períodos

Para a análise deste teste, foi utilizada a técnica paramétrica. Os resultados obtidos foram:

- As médias dos escores não foram iguais nos três períodos. As diferenças existentes entre as médias foram as mesmas para as duas faixas etárias, isto é, foram independentes da faixa etária ( $p=0,468$ ). Não foi detectado efeito de faixa etária na média dos escores ( $p=0,130$ ). Prosseguindo a análise, concluímos que a média dos escores no período pós-treinamento 1 foi maior que no pré-

treinamento ( $p=0,005$ ), e que a média no pós-treinamento 2 foi maior que no pós-treinamento 1 ( $p=0,005$ ).

*Leitura de texto*

Tabela 16- Estatísticas descritivas para Leitura de texto em cada período por faixa etária

Faixa etária	Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
7a10	Pré	13	5,7	4,2	0	7	10
	Pós1	13	5,5	4,0	0	7	10
	Pós2	13	6,8	4,2	0	9	10
11a14	Pré	5	8,4	1,5	6	9	10
	Pós1	5	8,6	1,5	6	9	10
	Pós2	5	9,4	0,9	8	10	10
Total	Pré	18	6,4	3,8	0	8	10
	Pós1	18	6,3	3,8	0	8	10
	Pós2	18	7,5	3,7	0	9	10

N=total da amostra

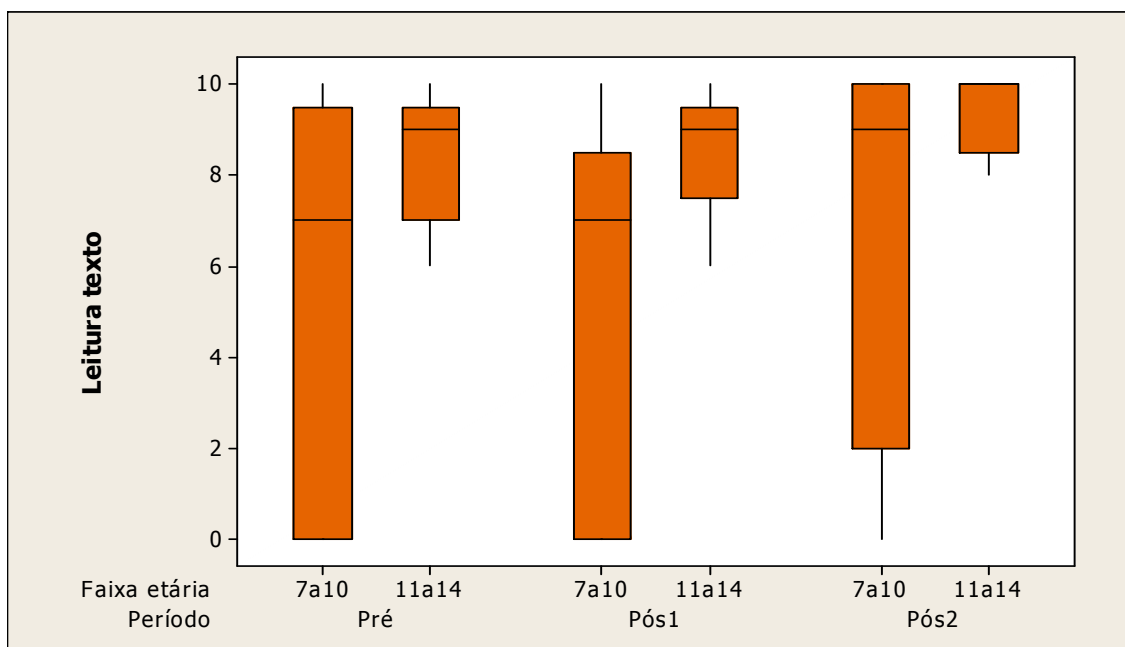


Figura 21 – *Box-plots* para Leitura de texto por faixa etária nos três períodos

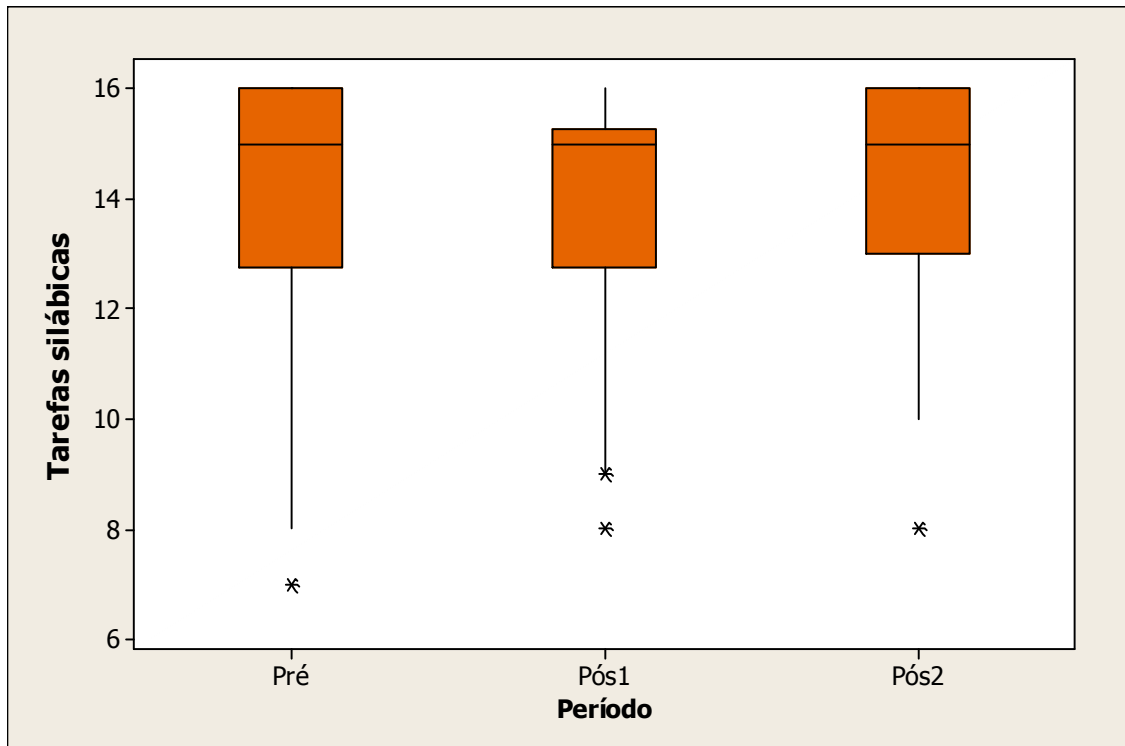
Este foi o único teste analisado pela técnica de análise de variância não paramétrica de dados ordinais com medidas repetidas. Obtivemos que o comportamento dos escores não foi o mesmo nos três períodos ( $p=0,001$ ). Esse comportamento não dependeu da faixa etária ( $p=0,475$ ). Não houve efeito da faixa etária nos escores ( $p=0,099$ ). No prosseguimento da análise, não foi detectada diferença entre os comportamentos dos escores nos períodos pré e pós-treinamento1 ( $p=0,655$ ), porém, ocorreu uma diferença significativa dos escores entre o pós 2 e o pós 1 ( $p<0,01$ ).

### *Tarefas Silábicas*

Tabela 17- Estatísticas descritivas para Tarefas silábicas em cada período

Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Pré	18	13,8	3,0	7	15	16
Pós 1	18	13,7	2,5	8	15	16
Pós 2	18	14,3	2,2	8	15	16

N= total da amostra



\* valor discrepante

Figura 22– *Box-plots* para Tarefas silábicas nos três períodos

Este teste foi analisado utilizando-se a técnica paramétrica. Não foi detectada diferença significativa entre as médias nos três períodos ( $p=0,406$ ).

### Tarefas Fonêmicas

Tabela 18- Estatísticas descritivas para Tarefas fonêmicas em cada período

Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Pré	18	5,4	3,5	0	5,5	12
Pós1	18	6,7	4,1	0	7,5	12
Pós2	18	8,3	4,7	0	9	15

N=total da amostra

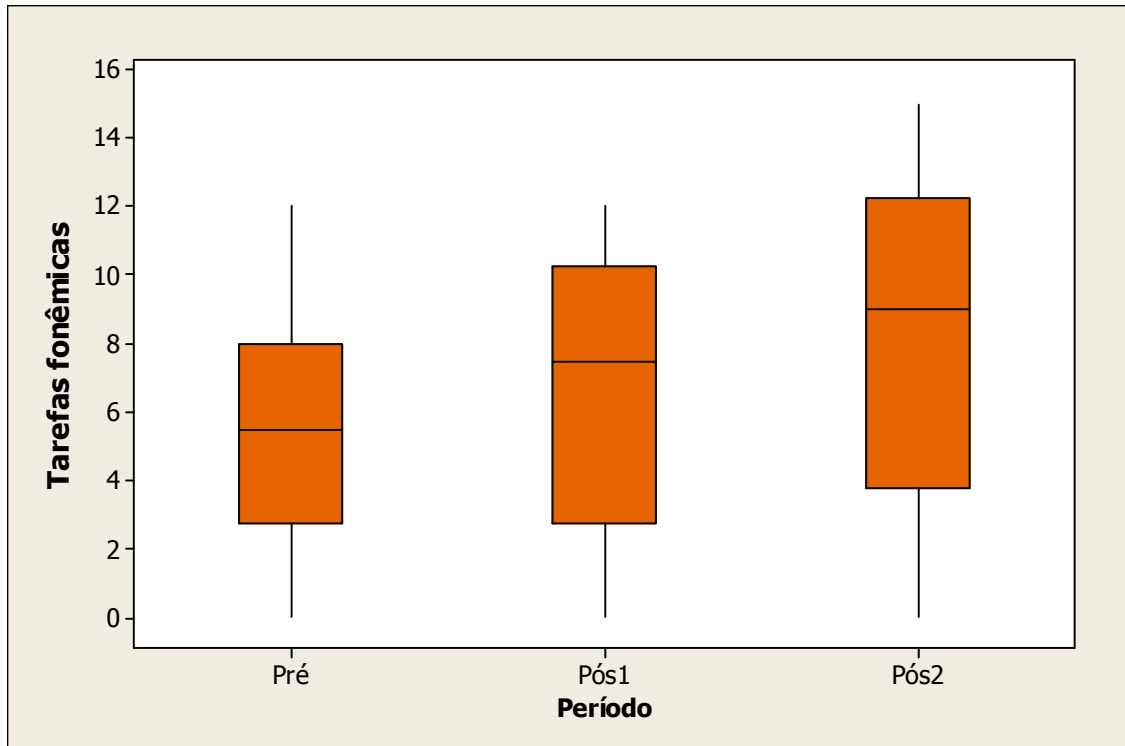


Figura 23 – *Box-plots* para Tarefas fonêmicas nos três períodos

O teste foi analisado pela técnica paramétrica. Os resultados obtidos foram:

- As médias dos escores não foram iguais nos três períodos ( $p < 0,001$ ).  
Prosseguindo a análise, não foi detectada diferença significativa entre as médias nos períodos pré e pós-treinamento1 ( $p = 0,085$ ) e a média no pós 2 foi maior que no pós-treinamento 1 ( $p < 0,001$ ), com diferença estatisticamente significativa.



Rima e Aliteração

Tabela 19- Estatísticas descritivas para Rima e aliteração em cada período

Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Pré	18	5,7	2,2	1	6,5	8
Pós1	18	6,8	1,4	4	7	8
Pós2	18	6,8	1,2	5	7	8

N=total da amostra

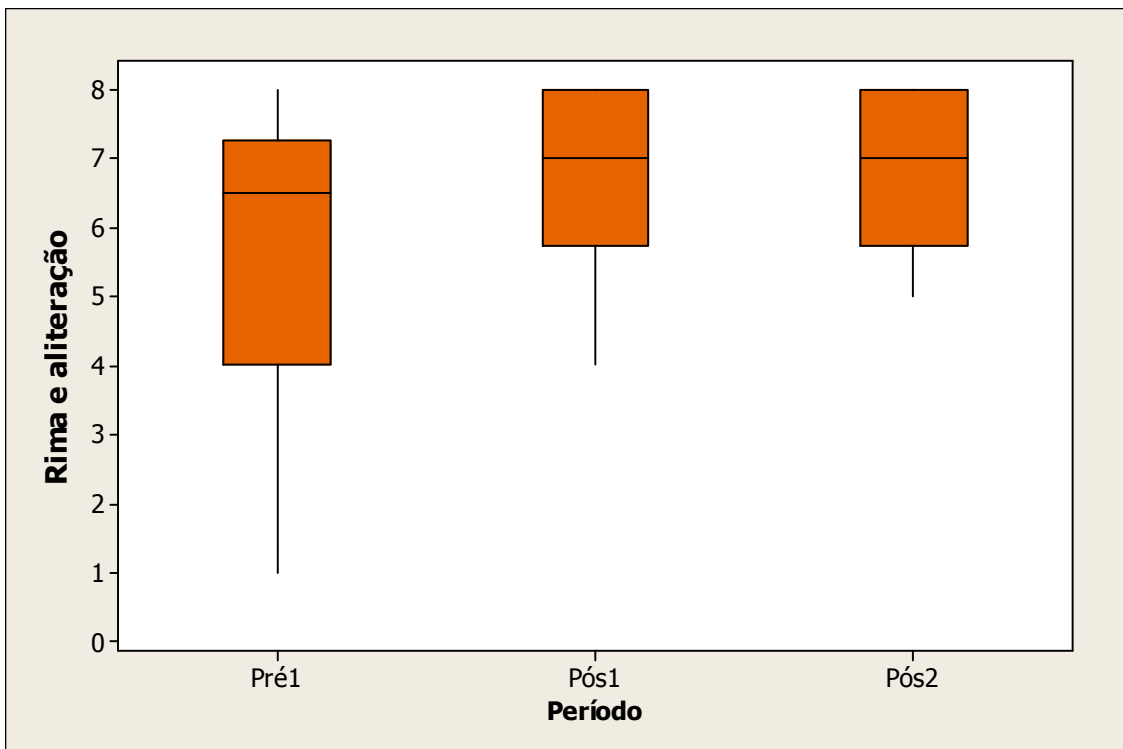


Figura 24 – Box-plots para Rima e aliteração nos três períodos

O teste foi analisado pela técnica paramétrica. Os resultados obtidos foram:

- As médias dos escores não foram iguais nos três períodos ( $p=0,021$ ): a média no período pós-treinamento 1 foi maior que no período pré-treinamento ( $p=0,049$ ), e não foi detectada diferença entre as médias no pós-treinamento 2 e pós-treinamento 1 ( $p=0,064$ ). Entretanto, nota-se que o valor de  $p$  foi próximo a 0,05; portanto, existe uma diferença marginal.

*Frequência*

Tabela 20- Estatísticas descritivas para Frequência em cada período por faixa etária

Faixa etária	Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
7a10	Pré	13	6,9	5,3	0	6	18
	Pós1	13	8,5	5,4	2	9	20
	Pós2	13	12,2	5,9	4	12	20
11a14	Pré	5	6,6	4,0	3	5	13
	Pós1	5	6,6	2,8	2	8	9
	Pós2	5	11,0	2,3	9	10	15
Total	Pré	18	6,8	4,8	0	5,5	18
	Pós1	18	7,9	4,8	2	8	20
	Pós2	18	11,9	5,2	4	11,5	20

N=total da amostra

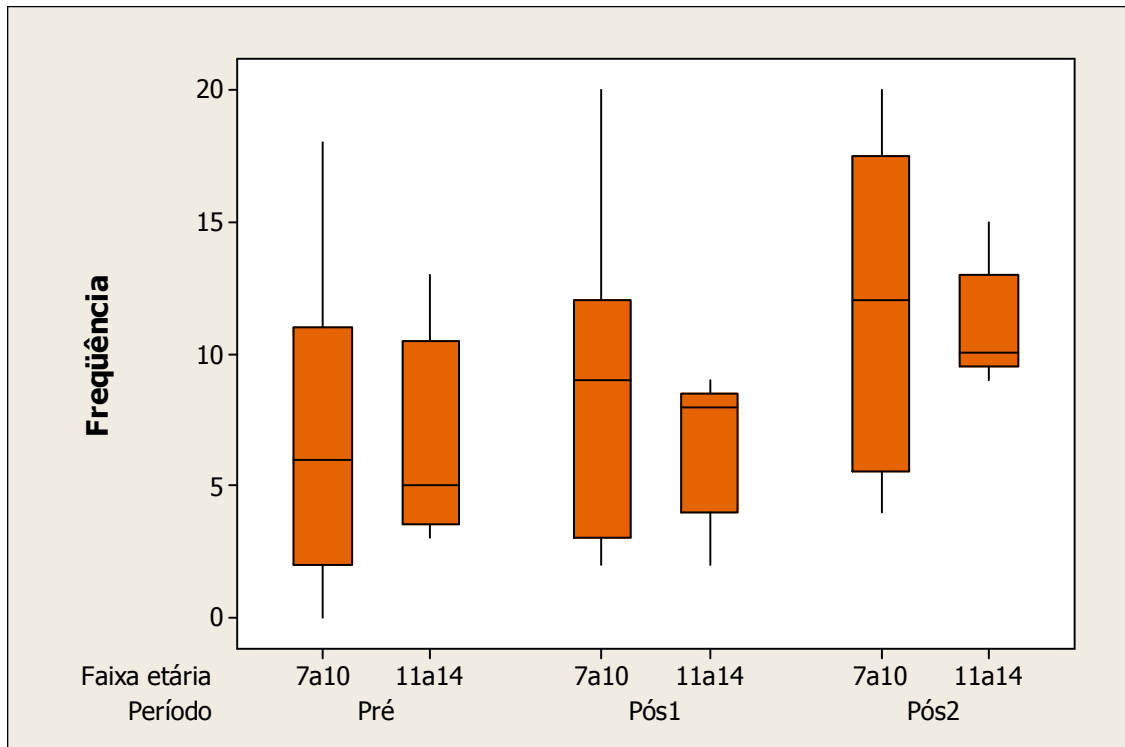


Figura 25 – *Box-plots* para Frequência por faixa etária nos três períodos

O teste foi analisado pela técnica paramétrica. Os resultados obtidos foram:

- Os escores médios não foram todos iguais nos três períodos ( $p < 0,001$ ) e as diferenças existentes não foram dependentes da faixa etária ( $p = 0,692$ ). Não foi detectada diferença entre os escores médios nas duas faixas etárias ( $p = 0,649$ ). No prosseguimento da análise, obtivemos que não houve diferença significativa entre as médias nos períodos pós-treinamento1 e pré-treinamento ( $p = 0,326$ ), e que a

média no período pós treinamento 2 foi maior que no pós-treinamento 1 ( $p < 0001$ );

**Duração**

Tabela 21- Estatísticas descritivas para Duração em cada período por faixa etária

Faixa etária	Período	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
7a10	Pré	13	6,7	4,1	1	6	14
	Pós1	13	7,5	5,0	0	7	15
	Pós2	13	9,3	5,9	1	9	18
11a14	Pré	5	7,0	4,9	3	7	15
	Pós1	5	9,8	3,6	4	10	14
	Pós2	5	11,2	2,9	9	10	16
Total	Pré	18	6,8	4,2	1	6,5	15
	Pós1	18	8,2	4,7	0	8	15
	Pós2	18	9,8	5,2	1	9,5	18

N=total da amostra

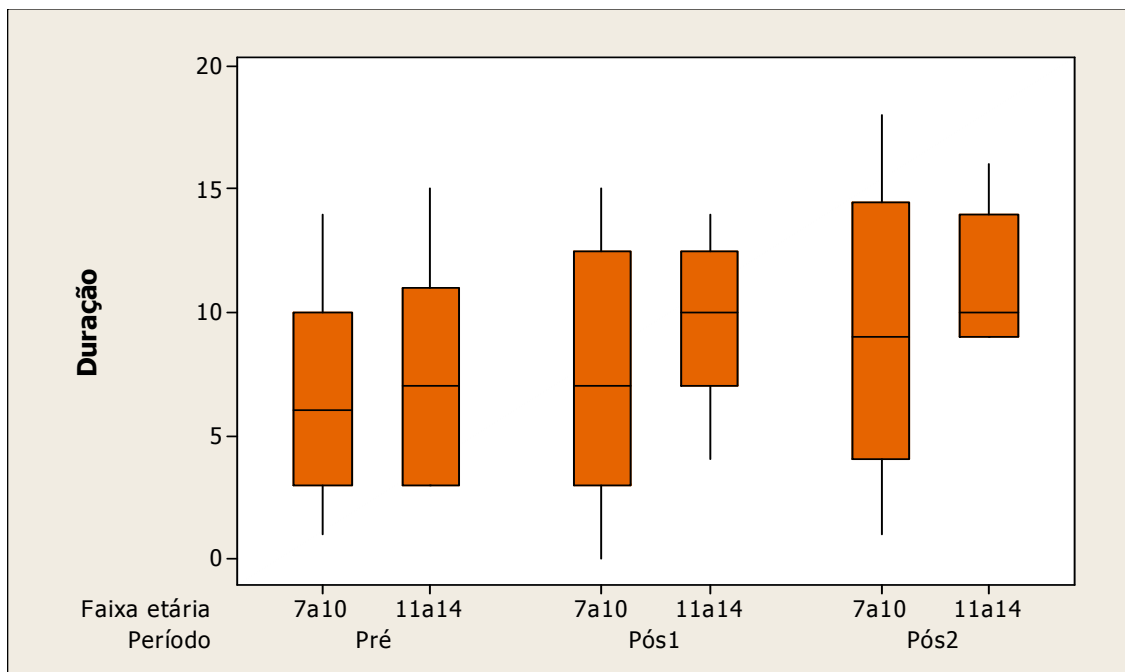


Figura 26 – Box-plots para Duração por faixa etária nos três períodos

O teste foi analisado pela técnica paramétrica. Os resultados obtidos foram:

- As conclusões foram semelhantes às da freqüência: as médias nos três períodos não foram iguais ( $p=0,047$ ) e o padrão de diferença existente entre elas não foi dependente da faixa etária ( $p=0,610$ ). Também não foi detectado efeito de faixa etária ( $p=0,506$ ). Localizando as diferenças entre as médias nos três períodos, obtivemos que, no período pré-treinamento e pós-treinamento<sup>1</sup>, não houve diferença significativa entre as médias ( $p=0,140$ ), e que, no pós-treinamento 2, a média foi maior que no período pós-treinamento 1 ( $p=0,010$ ).

### 5.2.3 Análise da correlação entre as diferenças dos escores nos dois períodos

Na Tabela 22, temos os valores observados do coeficiente de correlação de Spearman ( $r$ ) entre as diferenças dos escores no período pós-treinamento 2 e no pós-treinamento 1 dos sete testes. Verificamos que foi detectada correlação significativa entre Freqüência e Leitura de texto (correlação positiva) e entre Freqüência e Tarefas fonêmicas (correlação negativa). Isto implica que, conforme aumenta a diferença entre os escores da Freqüência nos dois períodos, a diferença entre os escores da Leitura de texto também tende a aumentar, e que a diferença entre os escores das Tarefas fonêmicas tende a diminuir.

Tabela 22- Coeficientes de correlação de Spearman (r) entre diferenças dos escores no período pós-treinamento 2 e no pós 1 dos sete testes

		DIF_LP	DIF_LT	DIF_TS	DIF_TF	DIF_RA	DIF_FRE Q	DIF_DU R
DIF_LP	R	1,00	-0,23	0,27	0,11	-0,15	0,14	-0,24
	P		0,353	0,274	0,655	0,555	0,588	0,328
DIF_LT	R	-0,23	1,00	0,14	-0,23	-0,22	0,55	0,32
	P	0,353	,	0,593	0,350	0,378	0,019*	0,193
DIF_TS	R	0,27	0,14	1,00	0,17	-0,03	-0,23	-0,05
	P	0,274	0,593	,	0,510	0,902	0,367	0,841
DIF_TF	R	0,11	-0,23	0,17	1,00	0,32	-0,55	-0,16
	P	0,655	0,350	0,510	,	0,196	0,019*	0,524
DIF_RA	R	-0,15	-0,22	-0,03	0,32	1,00	-0,36	0,19
	P	0,555	0,378	0,902	0,196	,	0,147	0,461
DIF_FREQ	R	0,14	0,55	-0,23	-0,55	-0,36	1,00	0,14
	P	0,588	0,019	0,367	0,019	0,147	,	0,577
DIF_DUR	R	-0,24	0,32	-0,05	-0,16	0,19	0,14	1,00
	P	0,328	0,193	0,841	0,524	0,461	0,577	,

r=coeficiente de correlação de Spearman; p=pvalor; \*=significante

#### 5.2.4 Análise da correlação das diferenças dos escores nos períodos pós-treinamento 2 e 1 com as variáveis Dias jogados e Evolução no Jogo

Para analisarmos se existe correlação entre a diferença dos escores nos dois períodos do grupo experimental, com o número de dias jogados e a evolução da criança no jogo, primeiramente, será descrito, na Tabela 23, o número de dias jogados e a evolução no Jogo para cada um dos participantes.

Tabela 23- Número de dias jogados e Evolução no Jogo para cada participante

Participantes	Dias jogados	Evolução no jogo- fases (1 a 18 )	
		macaco	papagaio
1	36	5	3
2	22	10	2
3	41	2	2
4	40	4	8
5	42	1	1
6	39	12	1
7	20	13	6
8	23	12	3
9	30	11	6
10	26	13	13
11	35	12	17
12	27	2	1
13	35	1	3
14	27	12	7
15	24	5	1
16	30	4	14
17	25	13	9
18	37	14	3

Na Tabela 24, temos os coeficientes de correlação de Spearman das diferenças dos escores dos sete testes no pós 2 e no pós 1 com Dias jogados, Evolução macaco e Evolução papagaio. Notamos que só foi detectada correlação significativa entre Dias jogados e a diferença nos escores da Duração. Essa correlação é negativa, o que significa que a diferença entre os escores nos dois períodos tende a diminuir com o aumento do número de dias jogados.

Tabela 24- Coeficientes de correlação de Spearman (r) das diferenças dos escores dos sete testes no pós 2 e no pós 1 com Dias jogados, Evolução macaco e Evolução papagaio

		Evolução_macaco	Evolução_papagaio	Dias jogados
DIF_LP	r	-0,19	-0,09	0,07
	p	0,448	0,716	0,771
DIF_LT	r	0,25	0,14	0,29
	p	0,315	0,576	0,238
DIF_TS	r	-0,18	-0,01	0,31
	p	0,481	0,966	0,206
DIF_TF	r	0,29	0,13	-0,12
	p	0,247	0,598	0,627
DIF_RA	r	-0,26	-0,28	-0,18
	p	0,299	0,254	0,487
DIF_FREQ	r	0,36	0,08	-0,05
	p	0,146	0,760	0,848
DIF_DUR	r	0,32	0,04	-0,47
	p	0,201	0,863	0,050

r=coeficiente de correlação de Spearman; p=pvalor; N=total da amostra



*Discussão*

## **6- DISCUSSÃO**

A discussão dos achados será realizada considerando-se cada item analisado e presente no capítulo Resultados, em cada estudo realizado.

### **6.1 Caracterização das amostras**

Conforme já detalhado no capítulo Métodos, para a realização do estudo 1, foram formados dois grupos de crianças com dislexia. De acordo com Temple (2003), com a inclusão de um grupo controle, como o considerado nesta pesquisa, é possível demonstrar que crianças com dislexia, quando não submetidas ao treinamento, não apresentam modificações comportamentais ou eletrofisiológicas ocorridas por efeito do desenvolvimento, aprendizado, ou prática em teste-retestes, no período em que a pesquisa é realizada. Além disso, a única variável presente entre os grupos foi ter realizado o treinamento em questão, o que garantiu maior semelhança entre eles e, conseqüentemente, uma investigação mais controlada sobre a efetividade do treinamento.

O estudo 2 foi adicionado à pesquisa por dois motivos principais; além de dar a oportunidade para todas as crianças de participarem do treinamento, também foi possível controlar o efeito da terapia fonoaudiológica, tratamento realizado concomitante ao treinamento auditivo. Assim, foi possível a comparação dos desempenhos do grupo sendo submetido apenas à terapia fonoaudiológica e do grupo sendo submetido ao treinamento auditivo

concomitante à terapia fonoaudiológica. Além disso, variáveis como QI e outras habilidades intrínsecas da criança também puderam ser controladas a partir deste estudo.

A Tabela 1 mostra a distribuição dos participantes, quanto à faixa etária, para ambos os grupos. As estatísticas indicaram que as distribuições da idade nos dois grupos foram semelhantes.

Considerando o fato de ambos os grupos serem formados por indivíduos com idades variadas, ou seja, entre 7 e 14 anos de idade, também foi investigada a existência de uma correlação entre os desempenhos em cada teste e a idade dos participantes. Desta forma, foi possível analisar se os desempenhos nos testes aplicados e, possivelmente, durante o treino, foram influenciados pela idade do participante, o que poderia comprometer a análise do grupo como um todo.

A partir das tabelas 2 e 3 pode-se concluir que o desempenho nas provas de Leitura de Palavras, Leitura de Texto e Duração foram correlacionados positivamente com a idade do participante. Estes resultados também podem ser visualizados nas Figuras 9 e 10. Assim, quanto maior a idade do participante melhor seu desempenho, nos dois períodos analisados. Este resultado é esperado para as provas de Leitura de Palavras e Leitura de Texto, se considerarmos que a habilidade analisada é estimulada diariamente na escola. Já para o teste de Duração, este resultado possa ser atribuído às

habilidades necessárias para a realização da tarefa, as quais podem apresentar-se em processo de maturação nas idades consideradas. Berwanger et al. (2004), por exemplo, aplicaram testes temporais em crianças de 5 a 11 anos de idade e observaram um melhor desempenho com o aumento da idade, indicando que o limiar próximo do adulto é alcançado apenas aos 10 anos de idade, aproximadamente. Outras pesquisas também encontraram melhora do desempenho, em testes de padrão de duração, com o aumento da idade (Schochat , 2001; Balen, 2001).

Também foi analisada se a diferença entre o desempenho nos dois períodos pode ser correlacionada com a idade. Os resultados mostraram que quanto maior esta diferença, menor a idade, o que demonstra um melhor aproveitamento do grupo de 7 a 10 anos de idade no treinamento em questão (Figura 11). Este dado ainda será melhor discutido posteriormente, quando serão analisados os desempenhos dos grupos em cada prova.

A partir dos resultados encontrados, as próximas análises e discussões serão realizadas considerando a divisão nas faixas etárias de 7 a 10 anos de idade e de 11 a 14 anos de idade, para os testes em que foi encontrada correlação. Assim, a análise do grupo será menos influenciada pelo efeito da idade dos participantes.

## 6.2 Desempenho nos testes aplicados

Várias hipóteses podem ser consideradas para justificar os desempenhos encontrados em cada teste. Estas podem estar relacionadas às características do treinamento propriamente dito, bem como à intensividade e ao desempenho do grupo no treinamento, às características das provas aplicadas, às características do grupo estudado, ou à relação entre as habilidades treinadas pelo software e às habilidades avaliadas. A seguir, serão discutidas quais hipóteses podem estar relacionadas com o desempenho encontrado em cada teste aplicado.

### *6.2.1 Habilidades de Leitura - Leitura de Palavras e Leitura de Texto*

No estudo 1, a tabela 4 mostra os resultados do teste Leitura de Palavras para cada grupo (experimental e controle), distribuídas por faixa etária. Os dados demonstram que ambos os grupos apresentaram desempenho semelhante no período pré-treinamento, e que esta semelhança foi mantida com a melhora de ambos os grupos no período pós-treinamento. Apesar de a média dos escores na faixa etária de 11 a 14 anos de idade ser maior do que a média para a faixa etária de 7 a 10 anos de idade, a melhora de ambos os grupos foi independente da faixa etária considerada (Figura 12). Estes resultados indicam que, provavelmente, a melhora observada, em ambos os grupos, pode estar relacionada à terapia fonoaudiológica, ou mesmo à

estimulação diária decorrente das atividades escolares nas quais ambos os grupos foram submetidos.

Resultados semelhantes foram encontrados no estudo 2 (Tabela 15). Neste estudo, o grupo experimental apresentou melhora significativa no período pós-treinamento 1 e no período pós-treinamento 2, independentemente da faixa etária (Figura 20). Assim, neste estudo, provavelmente, a melhora observada no período posterior à estimulação auditiva (pós-treinamento 2) também pode estar relacionada a outro tipo de estimulação concomitante, já que no período anterior essa melhora também foi observada.

Achados semelhantes foram publicados por Cohen et al. (2005). Os pesquisadores analisaram três grupos de crianças com transtorno de linguagem; o primeiro grupo recebeu o treinamento com o software Fast ForWord, o segundo recebeu o treinamento com software criado para treinamento de linguagem, e que não apresentava fala modificada, e o grupo C não passou por treinamento. Os resultados mostraram que os três grupos, incluindo o grupo C, apresentaram melhora nas provas de linguagem. Os pesquisadores sugeriram que a melhora talvez estivesse relacionada ao tratamento concomitante (terapia fonoaudiológica) na qual todos os participantes estavam envolvidos no momento da pesquisa

A tabela 5 mostra os resultados encontrados no estudo 1 para a prova de Leitura de Texto. Diferentemente da prova de Leitura de Palavras, nesta prova, não foi encontrada melhora do desempenho entre os períodos analisados, em ambos os grupos (Figura 13). Já no estudo 2, houve uma

melhora significativa apenas no período posterior à estimulação auditiva (pós 2), e esta foi independente da faixa etária (Tabela 16 e Figura 21).

Segundo Salles (2001), as questões objetivas contidas nesta prova, e referentes ao texto lido, avaliam uma série de habilidades, dentre elas memória para eventos e caracteres descritos na própria história e para compreensão inferencial. Assim, talvez a melhora do desempenho nesta prova dependa da estimulação de habilidades que vão além das envolvidas no treinamento em questão. Esta hipótese explicaria os desempenhos encontrados no estudo 1.

No estudo 2, talvez a melhora encontrada, apenas na última avaliação, possa ser atribuída ao fato de as crianças estarem lendo, naquele momento, a mesma história pela terceira vez, o que pode ter influenciado a habilidade de memória, a qual, indiretamente, é avaliada durante a prova. Assim, provavelmente, este resultado não foi consequência de uma melhora na habilidade de decodificar as palavras, habilidade que estaria relacionada ao processamento temporal auditivo (Tallal, 1980, Merzenich et al., 1993; Fitch et al., 1997), pois, se tivesse havido melhora nesta habilidade, provavelmente, também teria havido uma melhora significativa, após o treinamento, na prova de leitura de palavras isoladas.

Assim, considerando as provas de leitura aplicadas, dentre as quatro situações consideradas (duas provas em dois estudos), apenas uma (prova de Leitura de texto no estudo 2) foi capaz de demonstrar um efeito positivo da

intervenção proposta pelo jogo. Contudo, assim como já discutido, talvez esta seja atribuída a outros fatores.

Algumas hipóteses poderiam justificar o fato de o grupo experimental não ter apresentado melhora significativa, após o treinamento, nas provas de leitura.

A primeira hipótese poderia estar relacionada à influência das características das provas aplicadas. Segundo Guimarães (2001), “a aprendizagem da leitura e da escrita, em Português, requer que o aprendiz compreenda que ela não representa diretamente o significado da palavra, mas a seqüência de seus sons, ou seja, sua seqüência fonológica e não seus aspectos semânticos”. Esta afirmação corrobora a importância da rota fonológica para a leitura, rota a qual, segundo Marshal e Newcombe (1996), não é utilizada devidamente pela maioria dos disléxicos. Assim, considerando estas afirmações, talvez devêssemos ter nos concentrado em avaliar a utilização desta rota fonológica por meio de provas de leitura contendo apenas não-palavras. Desta forma, não haveria influência de aspectos semânticos, como provavelmente deve ter ocorrido na pesquisa atual e, assim, talvez fosse perceptível uma melhora significativa decorrente do treinamento realizado.

Outra hipótese poderia ser o fato de as habilidades de processamento temporal auditivo, treinadas a partir do jogo, não estarem necessariamente associadas às habilidades de leitura avaliadas, o que questionaria a hipótese defendida por Tallal et al. (1996) que afirmaram ser o processamento temporal



a base das alterações de aprendizado da linguagem. Este questionamento é defendido por uma série de pesquisadores (Friel-Patti et al., 2001; Share et al., 2002; Heiervang et al., 2002; Agnew et al., 2003), os quais, assim como na pesquisa atual, não encontraram achados semelhantes a Tallal et al. (1996).

Heiervang et al. (2002) afirmaram que nenhum outro estudo foi capaz de replicar a alta correlação encontrada por Tallal (1980). Bishop et al. (1999) também questionaram a hipótese por meio da afirmação de que “um déficit do processamento temporal auditivo não é necessário, nem suficiente para causar transtornos de linguagem”.

Outro aspecto que pode ter influenciado os desempenhos encontrados é o perfil do grupo avaliado.

Na pesquisa atual, os grupos avaliados foram formados estritamente por crianças com dislexia. O estudo original sobre a eficácia do software Fast Forward (Tallal et al., 1996) foi realizado em crianças com transtornos de linguagem, incluindo neste grupo crianças com dislexia. Esta medida foi adotada, pois, segundo Tallal (1980), dislexia e o transtorno específico de linguagem podem, simplesmente, representar diferentes manifestações do mesmo transtorno subjacente (o processamento temporal auditivo), e classificaram como transtorno no aprendizado da linguagem, tanto a dislexia (ou transtorno específico de leitura), como o transtorno específico de linguagem. Esta consideração de Tallal surgiu quando, por meio de uma pesquisa, foi observado que, assim como as crianças com transtorno específico de linguagem, crianças com dislexia também apresentavam alterações

relacionadas ao processamento temporal (Tallal, 1980). Apesar disso, neste mesmo estudo, a pesquisadora discutiu a grande variação no desempenho do grupo para os testes envolvendo processamento auditivo, e questionou a possível existência de sub-grupos de disléxicos. Em outro momento (Tallal, 2004), a pesquisadora afirmou que uma das explicações para os diferentes achados em pesquisas envolvendo dislexia e processamento temporal auditivo pode estar relacionada ao fato de que, como todos os transtornos do desenvolvimento, os casos não são homogêneos e a sintomatologia pode mudar durante o desenvolvimento da criança.

Assim, os estudos científicos sobre a utilização do software original e a hipótese propriamente dita não foram especificamente centrados em transtornos de leitura como nesta pesquisa.

Apesar disso, atualmente, há uma nova versão do software Fast Forward, especificamente para crianças com dislexia e disponível comercialmente. Além dos jogos semelhantes aos originais, esta versão inclui jogos que estimulam a associação letra-fonema e a compreensão da leitura de textos. Talvez a inclusão destes jogos seja importante e deva ser considerada, já que estes são responsáveis por fazer a ligação entre as habilidades auditivas treinadas e os sintomas apresentados pelas crianças com dislexia.

### *6.2.2 Consciência Fonológica - Tarefas Silábicas / Tarefas Fonêmicas / Rima e Aliteração*

Por meio da prova de Consciência Fonológica, seis situações, referentes a três habilidades, foram analisadas: tarefas silábicas em ambos estudos, tarefas fonêmicas em ambos os estudos, e rima e aliteração em ambos estudos. Dentre estas seis situações, apenas duas (Tarefas Silábicas no estudo 1 e Tarefas Fonêmicas no estudo 2) foram capazes de demonstrar um efeito positivo da intervenção proposta pelo jogo (Tabela 6 e Figura 14, Tabela 18 e Figura 23, respectivamente)

Talvez a diferença entre o nível de consciência fonológica exigido em cada tarefa tenha interferido nos resultados encontrados. De acordo com Gough et al. (1995), a consciência fonológica pode ser descrita em termos de uma estrutura hierárquica na qual diversas tarefas cognitivas são exigidas em cada etapa. Assim, a rima, a identificação do fonema inicial e a subtração de fonemas podem corresponder a três pontos diferentes ao longo da escala. Ainda de acordo com Cardoso-Martins (1995), a consciência fonêmica (consciência específica dos fonemas) representa o nível de consciência fonológica mais importante na aquisição da leitura e escrita em Português. Isto porque as rimas não correspondem a segmentos intra-silábicos, mas sim a segmentos maiores do que as sílabas. Esta afirmação explica o bom resultado encontrado para tarefas silábicas e para rima e aliteração, mesmo em crianças com dislexia, e o fraco desempenho para tarefas fonêmicas, as quais estão

mais relacionadas às alterações que o grupo avaliado apresenta e a língua em questão.

Outra hipótese que pode ser considerada é a efetividade do jogo do Papagaio. Segundo os criadores do programa original (Merzenich et al., 1996), a fala expandida, presente neste jogo, é responsável pela melhora das habilidades fonológicas, já que a partir dela, as dificuldades envolvendo a discriminação dos sons verbais diminuiriam, levando à associação correta das letras aos seus sons específicos.

Durante os treinamentos, e de acordo com os dados contidos nos e-mails de cada participante, foi possível acompanhar a evolução de cada criança durante o jogo. Assim, foi notado que, para aproximadamente metade das crianças treinadas, em ambos os estudos, este jogo foi considerado fácil, ou seja, a maioria das tentativas foi respondida corretamente. Este comportamento não foi esperado, uma vez que, de acordo com Chermak e Musiek (2002), a tarefa deve ser tal que o índice de acerto se mantenha entre 30% e 70%, durante o treinamento, para que a criança apresente motivação e desafio suficientes para o sucesso do treinamento. Segundo Thibodeau (2007), se a tarefa não é atraente, pelo nível de dificuldade ser muito elevado ou baixo, ou por falta de redundância, a atenção pode ser dispersa.

No treinamento em questão, mesmo com a modificação automática dos parâmetros a cada 70% de acertos, estas crianças não chegaram a alcançar uma fase em que a porcentagem de acertos variasse entre 30% e 70%. Assim, talvez o jogo em questão devesse ter apresentado maior variação

dos parâmetros em cada fase, para que fosse possível chegar a um nível considerado difícil durante os dois meses de treinamento (outros aspectos relacionados à evolução no jogo ainda serão discutidos, posteriormente, no capítulo sobre a influência das variáveis Dias Jogados e Evolução no Jogo). Estes dados questionam, portanto, a efetividade deste jogo da forma em que ele se encontra, o que pode ter interferido, conseqüentemente, nos resultados encontrados nos testes fonológicos.

Outra questão importante está relacionada ao Jogo do Macaco. Os estímulos não verbais, contidos no Jogo do Macaco, foram criados de forma análoga às características de um estímulo verbal, ou seja, apresentando as mesmas características físicas, como a frequência, duração e a velocidade de transição. Mas não há um consenso se este tipo de estímulo pode ser considerado como equivalente a um estímulo de fala. De acordo com Fitch et al. (1997), os estímulos da fala são consistentes e replicáveis entre os falantes; portanto, a fala pode ser mapeada de acordo com códigos acústicos relativamente simples, o que justificaria a criação de estímulos como esse. Já Rosen e Manganari (2001) ressaltaram a dificuldade em se construir estímulos não verbais como este, apresentando a mesma complexidade acústica de um estímulo de fala, mas não sendo percebidos como tal. Assim, na pesquisa atual, talvez pelo fato de este tipo de estímulo não representar realmente um estímulo verbal, não houve influência deste treinamento, no desempenho em testes fonológicos.

Além das hipóteses já descritas, deve-se ainda considerar a hipótese já discutida no item referente aos testes de leitura. Não há um consenso quanto à relação entre a leitura e o processamento temporal auditivo, assim como o processamento temporal auditivo e as habilidades fonológicas.

Assim como na pesquisa atual, outros estudos também não encontraram melhora do desempenho em habilidades fonológicas, após o treinamento, mesmo com melhora do desempenho nos testes de processamento auditivo (Agnew et al., 2004, Berwanger e Suchodoletz, 2004).

Já Kujala et al. (2001) e Habib et al. (2002) descreveram uma melhora do desempenho em habilidades fonológicas em grupo de disléxicos, após treinamento auditivo. Estes resultados ainda foram corroborados por pesquisas, utilizando-se neuroimagem funcional, que mostraram diferenças relacionadas à ativação cerebral, em resposta a estímulos rápidos, em grupo de disléxicos e grupo controle. Além disso, após treinamento auditivo, também foi encontrado aumento da ativação cerebral em grupo de disléxicos, concomitante com melhora do desempenho em testes fonológicos (Temple, 2001, Temple et al., 2001).

### 6.2.3 Habilidades Temporais – *Frequência e Duração*

No estudo 1, a tabela 9 mostra os resultados para o Teste de Frequência. Os dados demonstram que apenas o grupo experimental apresentou melhora após o treinamento, e que esta melhora foi significativamente maior para a faixa etária de 7 a 10 anos de idade, se

comparada com a faixa etária maior (Figuras 17 e 18). A melhora encontrada foi confirmada por meio do estudo 2. A tabela 20 mostra que houve melhora do desempenho apenas no período posterior ao treinamento (pós 2), mas esta não dependeu da faixa etária (Figura 25).

Os resultados, em ambos os estudos, sugerem, portanto, que o jogo não-verbal (Jogo do Macaco) foi capaz de treinar com efetividade a habilidade de discriminação e ordenação de frequência. Na pesquisa na qual o jogo original foi desenvolvido (Merzenich, 1996), esta habilidade é testada antes e após o treinamento, por meio de um teste (*“Repetition Test”*) que estabelece o limiar de intervalo inter-estímulo necessário para que dois estímulos possam ser discriminados em relação à variável frequência. Assim, de acordo com a pesquisa, este limiar foi diminuído após o treinamento.

Segundo o padrão de normalização para este teste (Schochat, 2001), é esperado que, para a faixa etária de 7 a 10 anos de idade, a porcentagem de acertos varie entre 47,5% a 63,3% de acertos, dependendo da idade exata a ser considerada. Para a faixa etária de 11 a 14 anos de idade, são esperadas porcentagens de acertos entre 69,4% e 75,7%. Se considerarmos as porcentagens obtidas para ambas faixas etárias, no grupo experimental, em ambos os estudos, nota-se que, no período pré-treinamento, os grupos apresentaram desempenho inferior ao padrão esperado (7 a 10 anos de idade - 30% a 42,5%, 11 a 14 anos de idade – 33% a 54%), dado que confirma a existência de alterações perceptivas em crianças com dislexia,

assim como considerado na hipótese do processamento auditivo temporal (Tallal, 1980; Fitch et al., 1994; Ahissar et al., 2000; Ingelghem et al., 2001). Além disso, este dado justifica a importância do treinamento realizado. Comparando as porcentagens no período pós-treinamento, nota-se que, no estudo 1, para as faixas etárias de 7 a 10 anos de idade, o grupo passou a apresentar média acima do padrão da normalidade (estudo 1 - 66%) e, no estudo 2, a porcentagem foi próxima ao esperado (estudo 2 - 61%). Para a faixa etária de 11 a 14 anos de idade, apesar da melhora significativa, o grupo continuou a apresentar resultados abaixo do padrão da normalidade (estudo 1 - 68,5%, estudo 2 - 55%).

Em relação à habilidade de Duração, no estudo 1, os resultados demonstraram não haver diferença entre os períodos pré e pós-treinamento, em ambos os grupos (Tabela 10 e Figura 19). Diferentemente destes resultados, no estudo 2, houve melhora significativa apenas após o treinamento e esta não dependeu da faixa etária (Tabela 21 e Figura 26).

Em pesquisa realizada por Agnew et al. (2003), para investigar os desempenhos em relação às habilidades temporais, antes e após o treinamento com o programa "*Fast Forward*", os pesquisadores optaram pelo teste de padrão de duração. Esta medida foi adotada, pois, segundo os autores, esta seria uma forma de analisar as habilidades temporais de uma forma indireta, ou seja, sem utilizar teste com tarefas semelhantes ao treinamento realizado. Os pesquisadores encontraram melhora no desempenho, após o treinamento, para este teste, assim como a melhora encontrada no estudo 2.



Considerando o padrão de normalidade para esta habilidade (Schochat, 2001), é esperado que para a faixa etária de 7 a 10 anos de idade, a porcentagem de acertos varie entre 43% a 57,3% de acertos, dependendo da idade exata a ser considerada. Para a faixa etária de 11 a 14 anos de idade, são esperadas porcentagens de acertos entre 64,8% e 72,9%. No estudo 1 e 2, ambas as faixas etárias apresentaram porcentagens abaixo da média esperada (7 a 10 anos de idade - 33,5% a 40% , 11 a 14 anos de idade – 35% a 49%), assim como no teste de Padrão de Freqüência. Após o treinamento, considerando o estudo 2 no qual foi encontrada melhora, apenas a faixa etária de 7 a 10 anos de idade passou a apresentar resultado dentro dos padrões da normalidade (46,5% de acertos).

É importante lembrar que os testes de processamento temporal auditivo, aplicados nesta pesquisa, sofreram modificações, como o fato de ter sido aplicado binauralmente e de ter número reduzido de tentativas. Estas modificações podem ter gerado disparidades em relação ao padrão já estabelecido.

Assim, a partir dos resultados, nota-se que, das quatro situações analisadas, três foram capazes de demonstrar um efeito positivo da intervenção proposta pelo jogo (freqüência em ambos os estudos, duração no estudo 2), o que prova a melhora do grupo estudo, em relação às habilidades não verbais. Apesar disso, parece que esta melhora não foi capaz de repercutir em um melhor desempenho nos testes de habilidades fonológicas, ou mesmo nos

testes de leitura aplicados. Esta hipótese será melhor discutida no capítulo a seguir.

### 6.3 Correlação dos desempenhos encontrados em cada teste

A correlação entre a diferença dos desempenhos encontrados no pré e pós-treinamento, entre cada um dos testes, foi analisada em ambos os estudos (Tabela 11 e Tabela 22). A análise desta correlação é importante, pois permite investigarmos se a melhora das habilidades não verbais, após o treinamento, interferiu na melhora de habilidades verbais.

Considerando ambos os estudos, foi encontrada correlação positiva entre as habilidades de Duração e Tarefas Fonêmicas, Duração e Rima e Aliteração, e Frequência e Leitura de Texto. Isto quer dizer que indivíduos que apresentaram, por exemplo, melhora após o treinamento no teste de Duração tenderam, também, a apresentar melhora após o treinamento nas Tarefas Fonêmicas e Rima e aliteração. Correlação negativa foi encontrada entre o teste de Frequência e Tarefas Silábicas e Frequência e Tarefas Fonêmicas. Isto quer dizer que, conforme aumentou a diferença entre os escores da Frequência nos dois períodos, a diferença entre os escores das Tarefas fonêmicas tendeu a diminuir.

Assim, o fato de termos encontrado correlações positivas, negativas e não-correlações, dificulta o estabelecimento de uma conclusão a respeito de uma possível associação entre habilidades verbais e não-verbais.

Resultados semelhantes foram encontrados por Berwanger e Suchodoletz (2004). Os pesquisadores também investigaram se um treinamento temporal audiovisual, contendo estímulos não verbais, seria um método eficaz na reabilitação de crianças com dislexia. Os resultados mostraram que, apesar da melhora do desempenho do grupo estudo em testes temporais auditivos, após o treinamento, não houve diferença de desempenho em testes envolvendo leitura, sugerindo não haver relação entre as duas habilidades testadas.

Resultados diferentes da pesquisa atual foram encontrados por Kujala et al. (2001). Os resultados mostraram que, enquanto que antes do treinamento não havia diferença entre o desempenho nas provas de leitura para o grupo estudo e grupo controle (ambos formados por crianças com dislexia), após o treinamento, houve melhora do desempenho do grupo estudo para as provas de leitura. Os testes eletrofisiológicos também apresentaram resultados semelhantes; maior amplitude da onda do MMN, no grupo estudo, após o treino. Os pesquisadores sugeriram, portanto, que o treino auditivo não-verbal pode ser capaz de melhorar as habilidades de leitura, comprovando a hipótese baseada no processamento auditivo temporal.

Wittmann e Fink (2004) afirmaram que são necessários mais estudos que controlem os efeitos do treinamento a partir dos diferentes tipos de estímulo

(verbal e não-verbal). Assim, seria possível testar, conforme a hipótese de processamento temporal, se realmente a utilização de apenas estímulos não-verbais é suficiente para treinar e melhorar habilidades fonológicas.

Talvez, o treinamento auditivo utilizando apenas estímulos não-verbais não seja realmente eficaz, pelo fato de as habilidades treinadas estarem relacionadas apenas indiretamente às causas do problema. Assim, conforme já citado anteriormente, talvez fosse interessante a inclusão de jogos que estabelecessem uma relação entre as alterações perceptivas com os sintomas apresentados pelas crianças, como as dificuldades relacionadas à associação grafema-fonema em disléxicos.

#### 6.4 Correlação das diferenças dos escores nos dois períodos com as variáveis Dias jogados e Evolução no jogo

No estudo 1, a tabela 13 mostra que há correlação apenas entre a variável Dias jogados e o desempenho do grupo para o teste de Frequência; isto é, em relação a este teste, as crianças que jogaram mais apresentaram maior diferença entre pré e pós-treinamento. Esta correlação prova ser realmente o treinamento o fator responsável pela expressiva melhora encontrada pelo grupo experimental, em relação ao teste de Frequência, já que demonstra um aperfeiçoamento gradual da habilidade de acordo com a intensividade do treino. Este resultado corrobora, portanto, a afirmação de

Thibodeau (2006), dizendo ser a intensividade um fator crucial para que o treino seja eficaz.

No estudo 2, a tabela 24 mostra uma correlação negativa entre Dias jogados e a diferença nos escores da Duração; ou seja, a diferença entre os escores nos dois períodos tende a diminuir com o aumento do número de dias jogados.

De acordo com os pesquisadores Wright e Sabin (2007), ainda não existe um consenso sobre quanto tempo de treinamento é suficiente para que um aprendizado ocorra. De acordo com suas pesquisas, um grupo de indivíduos necessitou de um treino contendo mais de 360 tentativas por dia, para que houvesse melhora do desempenho nos teste de discriminação de freqüência, enquanto que no teste de discriminação do intervalo inter-estímulo, houve melhora no desempenho quando jogadas 360 tentativas por dia. Dias adicionais de treino não interferiram no desempenho. Os pesquisadores sugeriram, portanto, que, para que um aprendizado ocorra, é necessário um período de treinamento diário determinado, e que esse período varia dependendo da tarefa. Além disso, esse período parece ser independente do desempenho obtido em cada sessão. Tsodyks e Gilbert (2004) também confirmaram que, em relação ao número de tentativas ("*trials*") que compõem a tarefa, este também é proporcional à melhora observada, embora a partir de certo número não faça mais diferença.

Diferentemente das pesquisas citadas acima, na pesquisa atual, não foram considerados os números de tentativas contidas em cada jogada diária,

apenas o número de dias jogados. Mas, considerando todos os participantes, sabe-se que este número foi bem variado (aproximadamente 170 a 400 por dia), visto que este dependia do jogador, responsável por iniciar cada tentativa através da tecla específica, e da configuração do computador, responsável pelo tempo de processamento de cada tentativa. Assim, considerando estas duas variáveis, quem jogou um número maior de dias, no total, não necessariamente jogou um número maior de tentativas, valor que corresponderia à medida exata da intensividade do treinamento. Talvez, este possa ser o motivo para o resultado curioso encontrado para o teste de Duração no estudo 2 (correlação negativa).

A não correlação encontrada entre a melhora nos testes e a evolução no jogo também pode ser explicada pela hipótese descrita acima, já que a fase em que cada criança encontrava-se no fim do treinamento foi influenciada pelas duas variáveis já citadas. Além disso, de acordo com Wright e Sabin (2007), o período necessário para que ocorra o aprendizado parece ser independente do desempenho obtido em cada sessão, ou seja, da fase em que cada indivíduo se encontra.

### 6.5 Considerações finais

Concluindo, o software mostrou-se eficaz para o treinamento temporal auditivo do grupo, que pôde ser comprovado por meio da melhora pós-treinamento, em relação a esta habilidade, na maioria das situações analisadas. Os desempenhos encontrados no pós-treinamento, em relação às provas de

leitura e consciência fonológica, questionam a hipótese que relaciona o processamento temporal auditivo e a leitura, já que a melhora esteve presente apenas para algumas habilidades de consciência fonológica. Assim, a eficácia do software desenvolvido bem como a controversa relação entre o processamento auditivo temporal e a leitura deve continuar a ser investigados em pesquisas futuras.

*Conclusão*



## 7- Conclusão

Considerando os objetivos da pesquisa, podemos concluir que:

- 1- Foi desenvolvido software por meio de três passos: criação dos desenhos (animação), gravação dos sons e criação do programa. Este foi baseado no modelo americano Fast Forward (Merzenich,1996) e contém dois jogos: o jogo verbal, composto por estímulos de fala com tempo expandido e o jogo não-verbal, apresentando parâmetros acústicos análogos aos fonemas do Português brasileiro.
- 2- Por meio do estudo 1, foi possível observar-se, após o treinamento, melhora significativa do grupo experimental, se comparado ao grupo controle, em relação ao desempenho em uma das habilidades de consciência fonológica (Tarefas Silábicas), e em uma das habilidades de processamento auditivo temporal (Padrão de Freqüência).
- 3- Por meio do estudo 2, foi possível observar-se, após o treinamento, melhora significativa do grupo experimental, se comparado ao grupo controle, em relação ao desempenho em uma das habilidades de leitura (Leitura de Texto), em uma das habilidades de consciência fonológica (Tarefas Fonêmicas), e em relação a ambas habilidades de processamento auditivo temporal (Padrão de Freqüência e Duração).

*Referências*

## 8- REFERÊNCIAS\*

Agnew JA, Dorn C, Eden GF. Effect of intensive training on auditory processing and reading skills. *Brain Lang.* 2004;88:21-5.

Ahissar M, Protopapas A, Reid M, Merzenich MM. Auditory processing parallels reading abilities in adults. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2000;97:6832-7.

Balen SA. *Reconhecimento de padrões auditivos de frequência e de duração: desempenho de crianças escolares de 7 a 11 anos [tese].* São Paulo: Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo; 2001.

Banai K, Ahissar M. Auditory processing deficits in dyslexia: task or stimulus related? *Cereb Cortex.* 2006;16:1718-28.

Benasich AA, Tallal P. Infant discrimination of rapid auditory cues predicts later language impairment. *Behav Brain Res.* 2002;136:31-49.

Berwanger D, Wittmann M, Von Steinbuchel N, von Suchodoletz W. Measurement of temporal-order judgment in children. *Acta Neurobiol Exp.* 2004; 64:387-94.

Berwanger D, von Suchodoletz W. Trial of time processing training in children with reading and spelling disorders. *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother.* 2004;32:77-84.

Bliss TVP, Lomo T. Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the unanesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *J Physiol.* 1973;232:357-74.

Birch HG, Belmont L. Auditory-visual integration in normal and retarded readers. *Am Orthopsychiatry.* 1964; 34: 852-61.

Bishop DV, Carlyon RP, Deeks JM, Bishop SJ. Auditory temporal processing impairment: neither necessary nor sufficient for causing language impairment in children. *J Speech Lang Hear Res.* 1999;42:1295-310.

\* De acordo com:

Adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors (Vancouver).*

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias.* Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Júlia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. São Paulo: Serviço de Biblioteca e Documentação; 2005.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Medicus.*

Borges, CF *Processamento temporal auditivo em crianças com transtorno de leitura*. [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2005.

Branco-Barreiro FCA. *Estudo do processamento auditivo temporal em alunos de escola pública com e sem dificuldades de leitura* [tese] São Paulo: Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo; 2003.

Brunner E, Langer F. Nonparametric analysis of ordered categorical data in designs with longitudinal observations and small sample sizes. *Biometrical Journal*. 2000; 42: 663-675.

Capovilla AGS, Capovilla FC. Prova de Consciência Fonológica: desenvolvimento de dez habilidades da pré-escola à segunda série. *Temas sobre Desenvolvimento* 1998;7:14-20.

Cardoso–Martins C. Sensitivity to rhymes, syllables, and phonemes in literacy acquisition in Portuguese. *Reading Res Quarterly*. 1995; 30:808-27.

Carvalho RMM. O efeito do reflexo estapediano no controle da passagem da informação sonora. In: Schochat E. *Processamento auditivo*. São Paulo: Lovise; 1996, p. 57-74.

Chermak GD, Musiek FE. Auditory training: principles and approaches for remediating and managing auditory processing disorders. *Semin Hear*. 2002;23:297-308.

Cohen W, Hodson A, O'Hare A, Boyle J, Durrani T, McCartney E, Matthey M, Naftalin L, Watson J. Effects of computer-based intervention through acoustically modified speech (Fast ForWord) in Severe Mixed Receptive-Expressive Language Impairment: outcomes from a randomized controlled trial. *J. Speech Lang Hear Res*. 2005;48:715-29.

Cooke SF, Bliss TV. Plasticity in the human central nervous system. *Brain*. 2006;129:1659-73.

Finn P, Bothe AK, Bramlett RE. Science and pseudoscience in Communication disorders: criteria and applications. *Am J. Speech Lang Pathol*. 2005; 14:172-86.

Firszt JB, Ulmer JL, Gaggl W. Differential representation of speech sounds in the human cerebral hemispheres. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*. 2006;288:345-57.

- Fisher LD, van Belle G. *Biostatistics*. New York: John Wiley & Sons; 1993.
- Fitch RH, Miller S, Tallal P. Neurobiology of speech perception. *Ann Rev Neurosci*. 1997;20:331-53.
- Friel-Patti S, DesBarres K, Thibodeau L. Case studies using Fast ForWord. *Am J Speech Lang Pathol*. 2001;10:203-15.
- Gaab N, Gaser C, Schlaug G. Improvement-related functional plasticity following pitch memory training. *Neuroimage*. 2006;31:255-63.
- Galaburda AM, Sherman GF, Rosen GD, Aboitiz F, Geschwind N. Developmental dyslexia: four consecutive patients with cortical anomalies. *Ann Neurol*. 1985;18:222-33.
- Galaburda AM, Lo Turco J, Ramus F, Fitch RH, Rosen GD. From genes to behavior in developmental dyslexia. *Nat Neurosci*. 2006;9:1213-7.
- Gough PB, Larson KC, Yopp H. A estrutura da consciência fonológica. In: Cardoso-Martins, C. *Consciência fonológica e alfabetização*. Petrópolis: Vozes; 1995.
- Guimarães SRK. *Dificuldades na aquisição e aperfeiçoamento da leitura e da escrita: o papel da consciência fonológica e da consciência sintática* [tese]. São Paulo: Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo; 2001.
- Habib M. The neurological basis of developmental dyslexia. An overview and working hypothesis. *Brain*, 2000;123:2373-99.
- Habib M, Rey V, Daffaure V, Camps R, Espesser R, Joly-Pottuz B, Démonet JF. Phonological training in children with dyslexia using temporally modified speech: a three-step pilot investigation. *Int J Lang Commun Disord*. 2002;37:289-308.
- Heiervang E, Stevenson J, Hugdahl K. Auditory processing in children with dyslexia. *Child Psychol Psychiatry*. 2002;43:931-8.
- Hirsh, U.J. Auditory perception of temporal order. *Journal of Acoustic Society of America* 1959;31:759-67.
- Ingelghem MV, Wieringen A, Wouters J, Vendenbussche E, Onghena P, Ghesquiere P. Psychophysical evidence for a general temporal processing deficit in children with dyslexia. *Cogn Neurosci Neuropsychol*. 2001;12:3603-6.
- Irvine DR. Auditory cortical plasticity: does it provide evidence for cognitive processing in the auditory cortex? *Hear Res*. 2007;229:158-70.

Joint Committee on Infant Hearing, American Academy of Audiology, American Academy of Pediatrics, American Speech-Language-Hearing Association, and Directors of Speech and Hearing Programs in State Health and Welfare Agencies. Year 2000 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *Pediatrics*. 2000;106:798-817.

Johansson BB. Brain plasticity in health and disease. *Keio J Med*. 2004;53:231-46.

Karni A, Sagi D. Where practice makes perfect in texture discrimination: evidence for primary visual cortex plasticity. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1991;88:4966-70.

Kelly AM, Garavan H. Human functional neuroimaging of brain changes associated with practice. *Cereb Cortex*. 2005;15:1089-102.

Kujala T, Karma K, Ceponiene R, Belitz S, Turkkila P, Tervaniemi M, Naatanen R. Plastic neural changes and reading improvement caused by audiovisual training in reading-impaired children. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2001;98:10509-14.

Mangabeira-Albernaz P, Mangabeira-Albernaz PL, Mangabeira-Albernaz LG, Mangabeira-Albernaz PF. *Otorrinolaringologia prática*. São Paulo: Sarvier; 1981.  
Mendelson JR, Riccketts C. Age-related temporal processing speed deterioration in auditory cortex. *Hear Res*. 2001;158:84-94.

Marshall JC, Newcombe F. Syntactic and semantic errors in paralexia. *Neuropsychologia*. 1996;4:169-76

Merzenich MM, Schreiner CS, Jenkins WM, Wang X *Temporal Information Processing in the Nervous System: Special Reference to Dyslexia and Dysphasia* New York: New York Academy of Sciences;1993, 247-72.

Merzenich MM, Jenkins WM. *Maturational Windows and Adult Cortical Plasticity*. New York: Addison-Wesley,1995,247-72.

Merzenich M, Jenkins W, Jonhston P, Schreiner C, Miller S, Tallal P. Temporal Processing Deficits of language-learning impaired children ameliorated by training. *Science*. 1996;271:77-80.

Miyamoto E. Molecular mechanism of neuronal plasticity: induction and maintenance of long-term potentiation in the hippocampus. *J Pharmacol Sci*. 2006;100:433-42.

Moore DR, Rosenberg JF, Coleman, JS. Discrimination training of phonemic contrasts enhances phonological in mainstream school children. *Brain Lang* 2005;94:72-85.

Musiek FE, Baran JA, Pinheiro ML Duration pattern recognition in normal subjects and patients with cerebral and cochlear lesions. *Audiology*. 1990; 29:304-13.

Musiek FE. Frequency (pitch) and duration patterns tests. *J. Am. Acad. Audiol.* 1994; 5: 265-268.

Musiek FE, Shinn J, Hare C. Plasticity, Auditory training and Auditory Processing Disorders. *Seminars in Hearing*. 2002;22:263-275.

Nagarajan S, Mahncke H, Sals T, Tallal P, Roberts T, Merzenich MM. Cortical auditory signal processing in poor readers. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1999; 96:6483-8.

Neter, J., Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J. and Li, W. *Applied Linear Statistical Models*. Chicago: 5th ed, Irwin; 2005.

Orton ST. *Reading, writing and speech problems in children*. London: Chapman & Hall, 1937 apud Tallal P. Auditory temporal perception, phonics and reading disabilities in children. *Brain Lang*. 1980;9:182-198.

Pagan LO, Wertzner, HF. Análise acústica das consoantes líquidas do Português Brasileiro em crianças com e sem transtorno fonológico. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2007;12:106-13

Pantev C, Oostenveld R, Engelien A, Ross B, Roberts LE, Hoke M. Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature*. 1998;392:811-4.

Poldrack RA. Imaging brain plasticity: conceptual and methodological issues--a theoretical review. *Neuroimage*. 2000;12:1-13.

Rice ML. Evaluating new training programs for language impairment. *ASHA*, 1997 Summer;39:12-3.

Rice D, Barone S Jr. Critical periods of vulnerability for the developing nervous system: evidence from humans and animal models. *Environ Health Perspect*. 2000 Jun;108:511-33.

Rocca, Paulina D. Artimonte. O desempenho de falantes bilíngües: evidências advindas da investigação do VOT de oclusivas surdas do inglês e do português. *DELTA*, 2003;19:303-328.

Rosen S, Manganari E. Is there a relationship between speech and nonspeech auditory processing in children with dyslexia? *J Speech Lang and Hear Res.* 2001;44:720-36.

Russo ICP *Acústica e psicoacústica aplicadas à Fonoaudiologia.* São Paulo: Lovise; 1999: cap. 16.

Salles JF. *O uso das rotas de leitura fonológica e lexical em escolares: relações com compreensão, tempo de leitura e consciência fonológica.* [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2001.

Santos TMM, Russo ICP. *A prática da audiologia clínica.* São Paulo: Cortez; 1986, p.73-88.

Schochat, E. *Desenvolvimento e maturação do sistema nervoso auditivo central em indivíduos de 7 a 16 anos de idade* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2001.

Shapiro M. Plasticity, hippocampal place cells, and cognitive maps. *Arch Neurol.* 2001 Jun;58:874-81.

Share D, Jorm AF, MacLean R, Matthews R. Temporal processing and reading disabilities. *Reading Writing: Interdisciplinary J.* 2002;15:151-78.

Tallal P, Piercy M. Developmental aphasia: impaired rate of non-verbal processing as a function of sensory modality. *Neuropsychologia.* 1973;11:389-98.

Tallal P. Auditory temporal perception, phonics and reading disabilities in children. *Brain Lang.* 1980; 9:182-98.

Tallal P, Miller SL, Bedi G, Byma G, Wang X, Nagarajan SS, Schreiner C, Jenkins WM, Merzenich MM. Language Comprehension in Language-Learning Impaired Children Improved with Acoustically Modified Speech. *Science* 1996; 271:81-84.

Tallal P. Language learning disabilities: integrating research approaches. *Curr Dir Psychol Sci.* 2003; 12:206-211

Tallal P. Improving language and literacy is a matter of time. *Nat Rev Neurosci.* 2004;5(9):721-8.

Temple E, Poldrack RA, Protopapas A, Nagarajan S, Salz T, Tallal P, Merzenich MM, Gabrieli JD. Disruption of the neural response to rapid acoustic stimuli in



dyslexia: evidence from functional MRI. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2000;97(25):13907-12.

Temple E, Deutsch GK, Poldrack RA, Miller SL, Tallal P, Merzenich MM, Gabrieli JDE. Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: Evidence from functional MRI. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2003;100(5):2860-5.

Thibodeau LM Computer-based auditory training (CBAT) for (Central) Auditory Processing Disorders. In: Chermak GD, Musiek FE. Handbook of Central Auditory Processing Disorders, Volume II: Comprehensive Intervention. San Diego: Plural Publishing; 2007:167-206.

Tsodyks M, Gilbert C. Neural networks and perceptual learning. *Nature*. 2004;14;431:775-81. □

VeUILlet E, Magnan A, Ecalle J, Thai-Van H, Colet L. Auditory processing disorder in children with reading disabilities: effect of audiovisual training. *Brain* 2007;130:2915-28.

Wright BA, Buonomano DV, Mahncke HW, Merzenich MM. Learning and generalization of auditory temporal-interval discrimination in humans. *J. Neurosci*. 1997; 17:3956-63.

Wright BA, Sabin AT. Perceptual learning: how much daily training is enough? *Exp Brain Res*. 2007;180:727-36.

Wittmann M, Fink M. Time and language – critical remarks on diagnosis and training methods of temporal –order judgment. *Acta Neurobiol Exp* 2004;64:341-48.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)