COPPE UFRJ
Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

UMA ESTRATÉGIA COMPUTACIONAL NA DETECÇÃO DA DISLEXIA

Raimundo José Macário Costa

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação.

Orientador(es): Luís Alfredo Vidal de Carvalho

Renata Mousinho

Rio de Janeiro

Julho de 2011

UMA ESTRATÉGIA COMPUTACIONAL NA DETECÇÃO DA DISLEXIA

Raimundo José Macário Costa

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Examinada por:

_____

Prof. Luís Alfredo Vidal de Carvalho, D.Sc.

_____

Profª. Renata Mousinho, Ph.D.

_____

Prof. Emilio Sánchez Miguel, Ph.D.

_____

Prof. Antonio Alberto Fernandes de Oliveira, D.Sc.

_____

Prof. Ricardo Guerra Marroquim, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JULHO DE 2011

Macário Costa, Raimundo José

Uma estratégia computacional na detecção da dislexia / Raimundo José Macário Costa. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

XV, 138 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Luís Alfredo Vidal de Carvalho
Renata Mousinho

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, 2011.

Referências Bibliográficas: p. 112-120.

1. Redes Neuronais. 2. Neurociência Computacional 3. Dislexia. I. Carvalho, Luís Alfredo Vidal de, *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação. III. Título.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos alunos,

pais e professores, cuja paciência e

disponibilidade atenderam às nossas

solicitações respondendo nossos

questionamentos.

Agradecimentos

Tantas pessoas contribuíram de maneira tão ampla para a realização deste trabalho ao longo dos anos, que já não me é possível dizer com precisão a quem devo quais idéias e sob que forma, mas, gostaria de mencionar o meu carinho e gratidão aos meus orientadores Prof Luís Alfredo Vidal de Carvalho e Profª Renata Mousinho que, pela sintonia e afeto, me encorajaram o suficiente para realizar o milagre do salto rumo ao crescimento interior. Através de suas presenças seguras e amigas, me deixaram conhecer o verdadeiro sentido de ser pesquisador.

Ao Prof. Emilio Sánchez e toda a sua equipe meu agradecimento pelo apoio recebido durante minha estada em Salamanca, Espanha.

Às Professoras Rosa Costa e Roseli Wedemann pelo incentivo e interesse pelo tema.

Aos professores Sérgio Exel, Paulo Mattos e Luís Pereira Calôba pelo estímulo durante esta jornada.

À professora Lizete, pelo carinho e companheirismo durante todos esses anos que muito me ajudou na construção da metodologia deste trabalho.

Ao Prof. Carlos Ferreira por sua generosa companhia durante as idas e vindas de Salamanca a El Barco de Ávila, as discussões sobre o tema da pesquisa e sobre os problemas enfrentados por alunos e professores. À Profª Rachel Sixte no trabalho de campo em Ávila.

Ao Prof. Ricardo Garcia, por estar sempre atento ao desenvolvimento do trabalho da pesquisa em Salamanca. Aos amigos de Salamanca, Nadezhna, Elena Tellechea, Veronica, Juan Carlos, Jorge, Patricia, Mingyue, Yolanda, Inês, Yolanda Leon, Claudia, Beatriz, Cristina, Yudel e Erica.

Ao Juan Antonio e Pedro minha especial gratidão pelo apoio em todos os momentos, alegres, preocupantes e fraternos como família.

Ao Henrique Gandra, amigo de algumas décadas, pela convivência fraterna e sugestões no decorrer do trabalho.

Aos amigos Alvimar Calazans, Graça Magno, Eulália, Célia Porto e Juarez Bueno por suas presenças constantes e incentivando o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus amigos do canto coral, Abstrassom, pela escuta generosa e apoio musical.

Ao Prof. Jorge Zavaleta, amigo e companheiro de todas as horas, minha gratidão por ter sido um esteio na revisão técnica diante das minhas dúvidas e incertezas na utilização dos algoritmos.

Aos amigos Sérgio Serra, Frederico Toste e a Profª Tereza Baldas por suas ajudas inestimáveis no desenvolvimento do banco de dados. A Mary Manhães e Telma Pará pelo apoio durante estes anos de estudo.

À Ieda Batista (in memória), sou grato pelas estacas demarcadoras do caminho no início deste projeto de trabalho.

Às secretárias do PESC, Sônia, Solange e Claudia pela dedicação e atendimento às solicitações pertinentes à secretaria.

Agradeço à CAPES pela bolsa PDEE para o desenvolvimento de parte da pesquisa em Salamanca/Espanha.

Aos meus pais Maria e Raimundo (in memória) e minhas irmãs Lourdes, Maria, Douglas, Fátima, Conceição, Jesus e meu irmão Nonato, que mesmo distante acompanharam esta jornada.

Sem minha família a realização deste trabalho seria impossível. Por trás deste homem existem dois grandes amores: Igor e Lizete. Grato.

Epígrafe

Um mestre funciona como um agente catalisador, cuja simples presença estimula...

É como quando o sol nasce pela manhã e os pássaros imediatamente começam a cantar. Eles surgem voando de todos os lados, celebrando e dando boas-vindas ao novo dia através das canções. O sol não age diretamente sobre eles, mas algo acontece; o ambiente que ele cria faz com que os pássaros se sintam vigorosos, jovens e vivos.

As flores começam a desabrochar...

O sol não se está dirigindo a cada flor, forçando-a a abrir, pelo menos não de uma forma direta, entretanto, os seus raios dançam ao redor da flor, dando-lhe calor e encorajando-a delicadamente. As flores tem de ser tocadas de uma forma suave, se forçar suas pétalas a se abrirem elas não resistirão. Você conseguirá fazer com que elas se abram, mas ao mesmo tempo elas morrerão. O sol simplesmente cria o clima no qual elas podem desabrochar. Um desejo interior surge dentro delas, algum instinto misterioso entra em sintonia com o calor do sol. E as flores se abrem e começam a exalar sua fragrância.

Exatamente como o trabalho do mestre...

Ele não pode entregar a você aquilo que conhece, mas pode criar um certo campo de energia no qual suas pétalas podem se abrir, no qual as suas sementes são encorajadas, em que você pode criar coragem suficiente para dar o salto, no qual o milagre torna-se possível.

Osho - Zen: The special transmission

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.).

UMA ESTRATÉGIA COMPUTACIONAL NA DETECÇÃO DA DISLEXIA

Raimundo José Macário Costa

Julho/2011

Orientadores: Luís Alfredo Vidal de Carvalho

Renata Mousinho

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Esta tese tem por objetivo apresentar uma estratégia computacional inteligente baseada em redes neuronais para detectar pessoas com possíveis sinais de dislexia ou distúrbio de aprendizagem e a comorbidade TDAH (Transtorno Déficit de Atenção e Hiperatividade) associada. Trata-se de um estudo de corte transversal abrangendo pessoas na faixa etária de 8 a 18 anos de idade. A população acessível se encontra entre as pessoas com ou sem o diagnóstico de dislexia cujos dados foram obtidos através de entrevista e armazenados em um banco de dados desenvolvido especialmente para este trabalho com base em questionários padronizados para esta coleta de informação. Para a detecção de pessoas com possíveis sinais de Dislexia foram utilizadas técnicas de redes neuronais supervisionadas e não-supervisionadas, *k-means* e análise de componentes principais, na classificação e agrupamento de padrões por similaridades. A técnica de redes neuronais demonstrou consistência ao lidar com os problemas de reconhecimento de padrão e indicam que para fins de *screening* se mostram eficientes. Estes resultados apontam ainda que as redes neuronais neste estudo mostraram ser eficazes no rastreamento da Dislexia, auxiliando no diagnóstico precoce em escolares.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

COMPUTATIONAL DETECTION STRATEGY OF DYSLEXIA

Raimundo José Macário Costa

July/2011

Advisors:: Luís Alfredo Vidal de Carvalho

Renata Mousinho

Department: Systems Engineering and Computation

This thesis aims to provide a computational strategy based on intelligent neural network to detect possible signs of people with dyslexia or learning disorder and ADHD (Attention Deficit and Hyperactivity Disorder) associated. It is a transverse cut study covering persons aged from 8 to 18 years. The population studied contains people with or without the diagnosis of dyslexia whose data were obtained through interviews and stored in a database developed especially for this work based on standardized questionnaires made for this information collect. For the detection of persons with possible signs of Dyslexia were used supervised and non-supervised neural network techniques, k-means clustering and analysis of main components in the classification and grouping of patterns by similarities. The techniques of neural network were consistent when dealing with problems like pattern recognition and were efficient for screening purposes. These results suggest that the neural networks in this study are effective in the trace of dyslexia, aiding in the early diagnosis in schoolchildren.

Resumen de la Tesis presentada a la COPPE/UFRJ como parte de los requisitos necesarios para la obtención del grado de Doctor en Ciencias (D.Sc.).

UNA ESTRATEGIA COMPUTACIONAL EN LA EVALUACIÓN DE LA DISLEXIA

Raimundo José Macário Costa

Julio/2011

Mentores: Luís Alfredo Vidal de Carvalho

Renata Mousinho

Programa: Ingeniería de Sistemas e Informática

El objetivo de este trabajo es presentar una estrategia inteligente establecida en redes neuronales para detectar persona con Dislexia y la comorbidade TDAH asociada. Uno estudio de corte transversal que incluye personas de 8 a los 18 años de la edad. La población accesible está entre las personas con o sin la diagnosis del Dislexia cuyo datos fueron conseguidos con entrevista y habían sido almacenados en la base de datos desarrollada especialmente para este trabajo en base de los cuestionarios estandarizados para esto conjunto de informaciones. Para la detección de personas con Dislexia fueron utilizadas las técnicas de redes neuronales supervisado y no-supervisado, *k-means* y análisis de componentes principales, en la clasificación y agrupamientos de los patrones por las semejanzas. La técnica de redes neuronales presentó consistencia al ocuparse de los problemas del reconocimiento de patrón e indica que para fines de *screening* si demuestran eficientes. Los resultados señalan también que las redes neuronales en este estudio habían demostrado ser eficientes en la detección de Dislexia, asistiendo a la diagnosis precoces en los estudiantes.

Palabras clave: dislexia, aprendizaje, redes neuronales, inteligencia artificial

Sumário

1. Introdução 01

2. Teorias Educacionais 07

2.1. Psicolinguística 08

2.2. Linguagem Integrada 10

2.3. Construtivismo 14

2.4. Teoria sociocultural 15

3. Dislexia: a amplitude da questão 20

3.1. A dislexia e suas definições 21

3.2. E as causas da dislexia? 22

3.3. Heterogeneidade na dislexia 24

3.4. Os sistemas escritos e a dislexia 27

3.5. TDAH, uma comorbidade 28

3.6. Déficit de atenção e dislexia 31

4. Tecnologia da Computação e Informação 34

4.1. Redes Neuronais 37

4.2. Modelo do neurônio 38

4.3. Funções de ativação 41

4.4. Classificação das Redes Neuronais 44

4. 5. Aprendizado supervisionado 45

4. 6. Aprendizado não-supervisionado 46

4.7. Arquiteturas de Rede 47

4.8. Reconhecimento de Padrão 49

4.9. Algoritmo de Aprendizado por Retropropagação de Erro 51

4.9.1. Etapas do Algoritmo 58

4.9.2. Desempenho do *Backpropagation* 59

4.10. Análises de Componentes Principais (PCA) 59

4.11. Mapas Auto-organizáves 60

4.12. Algoritmo de Agrupamento *k-means* 65

4.13. Arquitetura do banco de dados 68

4.14. Visão Geral do Sistema de Banco de Dados 69

5. O caminho da investigação 71

5.1. População-alvo 71

5. 2. Material 73

5.3. Procedimentos 79

5.4. Descrevendo o campo da pesquisa 80

5.5. Plano de análise e discussão dos dados 82

6. Resultados e Discussão 83

6.1. Experimento Piloto 84

6. 2. Experimento da Pesquisa 86

6.2.1. Experimento usando RN Supervisionada 89

6.2.2. Experimento usando RN SOM 92

6.2.3. Algoritmo de Agrupamento *k-menas* 102

6.2.4. Análise de Componentes Principais 105

7. Conclusão e Trabalhos Futuros 108

7.1. Trabalhos Futuros 111

8. Referências 112

ANEXOS 121

APÊNDICE 123

Lista de Figuras

Figura 1:	Representação do modelo causal de dislexia	23
Figura 2:	Representação do Modelo Dual	25
Figura 3:	Cérebro humano e inteligência computacional	36
Figura 4:	Simulação de neurônio biológico	38
Figura 5:	Representação de um neurônio biológico	39
Figura 6:	Representação de um neurônio artificial	39
Figura 7:	Exemplo de uma Rede Neuronal de 2 camadas	44
Figura 8:	Esquema do aprendizado supervisionado	46
Figura 9:	Esquema do Aprendizado Não-Supervisionado	47
Figura 10:	Redes *feedforward* (acíclica) com uma única camada	47
Figura 11:	Redes *feedforward* (acíclica) com múltiplas camadas	48
Figura 12:	Rede recorrente (acíclica)	49
Figura 13:	Fases do Reconhecimento de Padrões	51
Figura 14:	Rede neuronal com camada entrada, oculta e saída neurônios	52
Figura 15:	Aprendizado da rede neuronal	58
Figura 16:	Exemplo de um conceito hexagonal	61
Figura 17:	Exemplo de resposta de um SOM.	61
Figura 18:	Modelo de Kohonen	62
Figura 19:	Grade bidimensional de neurônios	62
Figura 20:	Representação gráfica de um relacionamento	68
Figura 21:	Arquitetura geral do Sistema de Banco de Dados.	69
Figura 22:	Primeira tela de entrada dos dados	74
Figura 23:	Topologia da rede neuronal supervisionada.	90

Figura 24: Estrutura da rede SOM 92

Figura 25: Topologia hexagonal da rede neuronal SOM 93

Figura 26: Posição dos pesos do SOM. 94

Figura 27: SOM Distância de vizinhos 95

Figura 28: SOM Hits 96

Figura 29: SOM Plano de Pesos 98

Figura 30: Agrupamento em clusters 103

Figura 31: Contorno de agrupamentos 104

Figura 32: Análise de Componentes Principais 106

Lista de Tabelas

6.1 Idade da população participante deste trabalho 87

6.2. Centro de coletas de informações 88

6.3 Nível de escolaridade dos participantes deste trabalho 88

Quadro

5.1 Total de pessoas entrevistas por país 72

Introdução

A ciência busca o conhecimento da realidade mediante processos complexos influenciado por necessidades, vivências e interesses, construindo então instrumentos para informar sobre essa realidade e formas de entendê-la autonomamente. Esta realidade estudada leva em conta a condição humana considerada numa perspectiva e tornado objeto de um método de investigação específico. Assim, observam-se conquistas e novos desafios nas áreas sociais, tecnológicas e de saúde. Os indivíduos vivem por mais tempo e o desafio é que seja com qualidade de vida.

Entretanto, esta maior sobrevida expõe as pessoas a condições de vida limítrofes como é o caso das pessoas da terceira idade no que se refere às doenças chamadas crônicas e as incapacidades físicas e motoras. Em certa dimensão, o funcionamento cerebral, em especial o envelhecimento cerebral, polariza o interesse por estudos na sociedade atual, numa linha que inclui as deficiências mentais próprias dos idosos, (iniciando com uma perda de memória recente), e as dificuldades intelectuais presentes em pessoas jovens e crianças em seus desempenhos nos processo de aprendizagem.

Em ambas as situações, estudos minuciosos e um diagnóstico precoce, inclusive com avaliação neurológica, têm impacto positivo no sentido de levar a uma abordagem adequada da situação e o controle dos fatores de risco.

Em se tratando das dificuldades enfrentadas pelas crianças na idade escolar, nos deparamos com Transtornos de Aprendizagem, em especial a Dislexia e o Distúrbio de Aprendizagem. Tal transtorno é visto como uma alteração em um ou mais dos processos psicológicos básicos para a compreensão da linguagem escrita ou oral, manifesta como uma falta de habilidade para leitura, matemática, ou expressão escrita, além de problemas com a memória. Nessas condições podem estar incluídos uma falha de percepção, dano cerebral, disfunção cerebral mínima, dislexia e afasia do desenvolvimento. Não é o caso das crianças que apresentam deficiências visuais, auditivas, motoras, atraso mental, transtornos emocionais, situações de desvantagem ambiental, cultural ou econômica (SANTOS e MARINHO, 2007).

A partir do momento em que a alfabetização constou das metas e planos educacionais da sociedade, o processo de aprendizagem e não-aprendizagem, leitura e escrita, também motivaram a comunidade científica a estudos sobre o tema.

Há uma crença que, se na infância alguém for suficientemente motivado e participar de uma casa onde a leitura é valorizada, aprenderá a ler com facilidade. Porém, a hipótese de que a leitura se dá natural e facilmente em todas as crianças é refutada, lembrando o contingente de crianças que passa por sérias dificuldades quando aprendem a ler. Esse problema para muitos é conhecido como Dislexia (SHAYWITZ, 2006).

Dentre os problemas existentes acerca da aprendizagem, a dislexia destaca-se de outras desordens que incluem atrasos graves na leitura, na escrita e ortografia, assim como inversões de símbolos. Apresenta natureza única e limitada do déficit fonológico (SHAYWITZ, 1999). Entre as manifestações se incluem confusão de tempo e de espaço, desorganização e dificuldade de compreensão. E desta forma se configura um grande problema no meio médico: o diagnóstico da dislexia, ou seja, esclarecer os critérios que determinam ser uma pessoa disléxica (DAVIS, 2004).

Em Estill (2006) é recomendado afastar problema de inteligência, de deficiência visual ou auditiva e afetivo-emocional, e considerar que existe uma dificuldade específica de linguagem presente na língua escrita. Tal dificuldade ocorre nos processamentos da linguagem para reconhecer, reproduzir, identificar, associar e ordenar os sons e as formas das letras.

Em caso sugestivo de pessoa disléxica, ou com fatores disléxicos, Estill (2006) sugere que seja examinada e acompanhada por profissionais especializados em linguagem para não serem confundidos os sintomas de transtornos na linguagem com distúrbios de aprendizagem que segundo Davis (2004) é apenas um aspecto da dislexia.

Pliska (2004) afasta defeitos visuais grosseiros ou “escrita em espelho”. Aponta que a inversão das letras é absolutamente comum em crianças até oito anos de idade. O autor considera que um indício de problemas de leitura é a incapacidade da criança para aprender o relacionamento entre as letras e os sons ou não ter consciência de fenômenos fonológicos como as rimas.

E assim, registram-se avanços no diagnóstico, ainda que as implicações da Dislexia continuem incertas. Os diversos conhecimentos da epidemiologia,

neurobiologia e genética, permitem que os médicos se interem mais sobre a dislexia (SHAYWITZ, 2006).

Esse estudo é voltado mais diretamente para a Dislexia. Como já foi exposto acima, o diagnóstico apresenta entraves das mais diversas ordens, solicitando atenção por parte de profissionais especializados, assim como das autoridades responsáveis pela área de saúde e educação.

De acordo com a revisão do termo Distúrbios de Aprendizagem pelo National Joint Comittee on Learning Disabilities (NJCLD) em 1988 foi divulgada a seguinte definição:

> Distúrbios de Aprendizagem é uma expressão geral que se refere a um grupo heterogêneo de distúrbios, manifestados por dificuldades significativas na aquisição e no uso de capacidades de atenção, fala, leitura, escrita, raciocínio ou habilidades matemáticas. Estes distúrbios são intrínsecos ao indivíduo, supostamente devido a uma disfunção do sistema nervoso central, e podem ocorrer ao longo da duração da vida. Problemas em comportamentos auto-reguladores, percepção social e interação social podem coexistir com distúrbios de aprendizagem, mas não consistem, por si só, em distúrbios de aprendizagem. Embora distúrbios de aprendizagem possam ocorrer concomitantemente com outras condições incapacitantes (por exemplo, prejuízo sensorial, retardo mental, distúrbio emocional grave), ou com influências extrínsecas (como diferenças culturais, instrução insuficiente ou inadequada), eles não são decorrentes destas condições ou influências (GERBER, 1996. P 20.).

Há registros da limitação dos médicos, no caso dos pediatras, para constatar e avaliar os Distúrbios de Aprendizagem com vistas a um diagnóstico precoce adequado entre as crianças com habilidades sociais e desenvolvimento motor apropriados até a segunda série. Recomendam-se testes de habilidades cognitivas e testes para rendimento em matemática, linguagem ou memória para avaliação acadêmica, lingüística ou cognitiva.

E, sem um teste objetivo para Dislexia, entre os vários testes de uso interdisciplinar, o clínico busca no aspecto fonológico da leitura, a correlação da habilidade da pessoa em relação à sua capacidade intelectual, idade ou nível de educação (SHAYWITZ, 1999).

As desordens de aprendizagem justificaram um acompanhamento educacional, psicológico e médico, mas também serviram para legitimar procedimentos diagnósticos e tratamentos sem base científica.

Na realidade faz-se necessária a investigação do desenvolvimento psicofísico do paciente e dos antecedentes familiares com interesse nos fatores genéticos relativos aos transtornos de aprendizagem através de avaliações por especialistas das diversas áreas, conformando uma equipe multidisciplinar. Para o diagnóstico clínico chama-se atenção para os relatos de atraso de linguagem, problemas com os sons das palavras, dificuldade de leitura e escrita na família. Em particular, para a criança disléxica, atenção com o nome das letras e a presença de dificuldade de associar as letras com o som da fala. Os novos sons ou palavras não familiares e leitura lenta estão presentes na criança pré-adolescente e no adolescente respectivamente. A criança aprende a ler, mas sem fluência, um reflexo do déficit fonológico.

Dessa forma, Shaywitz (2006) deixa claro o fator favorável ao diagnóstico: a compreensão da natureza básica da dislexia. Esse conhecimento pode ser aplicado seguindo três passos que estabelece a diagnose da dislexia: 1) Estabelecer um problema de leitura que esteja de acordo com a idade e o nível de escolaridade; 2) Colher evidências que comprovem o fator “inesperado”; a alta capacidade de aprendizagem pode ser determinada com base em um nível de desempenho educacional ou profissional; e 3) Demonstrar evidências de uma deficiência fonológica, em que outras funções de alto nível da linguagem permanecem relativamente inalteradas.

O conhecimento adquirido sobre dislexia pode ser direcionado para o desenvolvimento de uma estratégia computacional inteligente aplicada à área de saúde e aliada às novas formas de diagnóstico médico.

Nesta área de sistema, a Inteligência Artificial (IA) estuda processos cognitivos e tenta criar sistemas computacionais que façam mais do que o trabalho mecânico do homem situando-se em uma área fronteiriça entre diversas ciências tais como Psicologia, Filosofia, Lingüística e Engenharia. A Inteligência Artificial pode desempenhar um papel importante na busca, elaboração e validação de modelos computacionais na construção de sistemas adaptativos e/ou evolutivos inteligente.

É importante frisar a escassez de informações disponíveis sobre sistemas computacionais voltados para a classificação de Dislexia e outros Transtornos do

Aprendizado. Dessa forma mesmo com todo o investimento nacional em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias no auxilio de algumas terapias encontramos uma lacuna de conhecimento a ser explorado.

Riveros, Soares & Munzlinger (2005) apresentam sistema especialista voltado para um pré-diagnóstico de dislexia em crianças, desenvolvendo ferramentas lúdicas de avaliação. Este trabalho, desenvolvido como aplicativo X-Dislex, considerou apenas como dificuldade de aprendizagem a etapa de alfabetização.

Macário *et al* (2007) apresentam uma implementação de uma rede neuronal do tipo Multi Layer Perceptron (MLP) para classificar probabilisticamente pacientes adultos com dislexia.

De acordo com o exposto acima é bastante plausível a criação de modelos computacionais inteligentes capazes de classificar grupos de padrões por similaridades. Com as técnicas de Inteligência Artificial desenvolve-se uma estratégia computacional inteligente para a classificação e avaliação de pessoas com suspeita de Dislexia.

Com essa perspectiva, o objetivo desta pesquisa é desenvolver uma estratégia computacional inteligente usando técnicas de Inteligência Artificial na detecção de pessoas com risco de Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem e a comorbidade TDAH associada na faixa etária de oito a 18 anos de idade.

Os dados que serviram de base para esta pesquisa foram coletados a partir de entrevistas com os responsáveis das crianças menores de 16 anos e também com os próprios adolescentes desde que estivessem com a autorização de seus responsáveis. A população acessível se encontra entre as pessoas com ou sem o diagnóstico de dislexia, compreendidos na faixa etária de oito anos a 18 anos de idade. Estes dados foram armazenados em um banco de dados desenvolvido especialmente para este trabalho com base em questionários padronizados para esta coleta de informação.

No presente trabalho analisamos estes dados utilizando: redes neuronais supervisionadas e não-supervisionadas (mapas auto-organizáveis), *k-means* e análise de componentes principais.

Neste trabalho apresentamos uma fundamentação abrangente dos Transtornos do Aprendizado que tantas pessoas padecem, reconhecendo a natureza multidisciplinar do tema. O material apresentado é subsidiado por experimentos computacionais e uma revisão bibliográfica.

A tese consiste de sete capítulos, organizados como segue:

A Introdução descreve a apresentação do tema a ser tratado, bem como as técnicas utilizadas na solução do problema.

Os capítulos 2, 3, e 4 descrevem a fundamentação teórica em função de sua multidisciplinaridade. O capítulo 2 fornece uma visão geral das teorias educacionais: Psicolinguística, Linguagem Integrada, Construtivismo e Sócio Cultural. O capítulo 3 fornece uma revisão teórica simplificada sobre a Dislexia e o Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade, tema central da tese. O capítulo 4 apresenta uma visão geral da Inteligência Artificial e descreve os algoritmos utilizados na solução do problema de reconhecimento de padrões na detecção de pessoas com dislexia e a comorbidade TDAH associada.

O capítulo 5 apresenta o caminho percorrido na construção desta tese: o método, os participantes da pesquisa, as ferramentas utilizadas e seu desenvolvimento.

O capítulo 6 apresenta os resultados obtidos com a utilização das técnicas descritas no capítulo 4 bem como a discussão sobre estes mesmos resultados.

No capítulo 7 são apresentadas as conclusões e perspectivas de trabalhos futuros.

E, por fim, as referências bibliográficas.

Capítulo 2

Teorias Educacionais

A abordagem do tema aprendizagem é quase sempre difícil no plano individual e coletivo, em especial para que direta ou indiretamente tenham alguma responsabilidade com relação ao que acontece nas salas de aula. Neste capítulo apresentamos em linhas gerais as teorias educacionais tomando por base o tema deste estudo.

Clemente, Ramirez e Sanchez (2010) apresentam um estudo relacionando as práticas declaradas pelos professores e o conhecimento teórico acumulado no ensino da leitura e também as aproximações teóricas, especificando as linhas de investigação na língua escrita.

Neste sentido, as autoras abordam a relação teoria-prática no processo de alfabetização, um dos aspectos mais interessantes e menos estudados na aprendizagem da língua escrita. Para Langer e Allington (1992) a investigação na leitura tem se destacado principalmente no campo teórico, especialmente a partir da perspectiva psicológica e em menor medida no campo da prática escolar. Sobre este assunto pode-se consultar o trabalho de Taboada e Mora (2008).

O conhecimento e o enfoque teórico sobre o ensino da língua escrita dão conta de que tanto a investigação como as próprias práticas educacionais contribuíram para o conhecimento sobre o ensino da língua escrita e reconhecem também que não é possível falar de uma teoria geral sobre a alfabetização inicial sem antes considerar visões e distintos pressupostos que tentam explicar o que é ler e escrever e como se ensina e aprende a língua escrita (CLEMENTE, 2001; PRESLEY, 1999, SNOW e JUEL, 2005).

Em suas pesquisas, Snow e Juel (2005) esclarecem que os diversos enfoques existentes sobre o tema aprofundam somente alguns aspectos do assunto escrita e leitura. Para os defensores da linha construtivista e linguagem integrada, o enfoque é mostrar ao aprendiz como é interessante ser um leitor e as funções da língua escrita. Para os defensores do enfoque cognitivo/psicolinguístico, o importante é conhecer os processos cognitivos que ocorrem quando se lê.

O tema aprendizagem da língua escrita, em sua complexidade, levou à existência de diferentes linhas de estudos, onde se põem em jogo fatores cognitivos (processos do reconhecimento de palavra, de compreensão e outras), e também pela busca de sentido para a aprendizagem de um instrumento cujas funções mudam social e culturalmente (CLEMENTE, RAMIREZ e SANCHEZ, 2010).

Clemente, Ramirez e Sanchez (2010) fazem uma reflexão a partir da metade do século XX, sobre o ensino da língua escrita que ultrapassou o mundo escolar e passou a fazer parte dos interesses das diversas disciplinas, em especial a psicolinguística, a sociolinguística, a neurologia entre outras.

2.1. Psicolinguística

Jimenez e O´Shanahan (2008) apontam que a psicolinguística é uma das linhas promissoras, advinda da psicologia da linguagem na qual se estuda a aprendizagem da leitura. Este enfoque concentra sua investigação nos processos cognitivos envolvidos na leitura, identifica os componentes que atuam mal nos indivíduos que apresentam problemas nesta aprendizagem e em outros; tudo isso sob a premissa de que esses processos são idênticos nos que aprendem e de que é possível analisar o sujeito leitor, sem levar em conta seu meio social e a cultura.

Assim, chama-se atenção para os questionamentos formulados a partir do enfoque psicolinguístico: o que é um leitor hábil; quais as vias utilizadas para reconhecer a palavra escrita, para identificá-la no léxico interno; que papel desempenha a fonologia na aprendizagem da língua escrita; que supõe compreender um texto (VAN DIJK e KINTSCH, 1983; MORAIS, 1998).

Estudos transversais e longitudinais mostram a relação que tem o desenvolvimento das habilidades específicas (consciência fonológica, regras de conversão fonema-grafema) na automatização das habilidades de reconhecimento da palavra escrita; assim como a constatação de que tais habilidades não ocorrem de maneira espontânea. Nessa mesma linha de investigação outros trabalhos destacam a relação entre o problema de consciência fonológica e problemas da leitura (ALEGRÍA, 2006).

A partir dos aspectos teóricos apontados a respeito da instrução tem-se claro: uma vez conhecidos os componentes da leitura e da escrita é possível desenvolver programas de modo que o aluno se aproprie e automatize esses componentes, tanto os relativos aos processos de baixo nível, reconhecimentos de palavras, como os processos de compreensão. A ênfase dada por esta linha de investigação é o de trabalhar de forma sistemática a consciência fonológica. Para algumas crianças este é o aspecto mais difícil de ser dominado. Este assunto se encontra detalhado em Clemente e Domínguez (1999); Yopp e Yopp (2000); Snow e Juel (2005); Clemente, Ramirez e Sanchez (2010).

A psicolinguística possibilita conhecer os processos cognitivos que interferem quando lemos e porque se produzem dificuldades e problemas ao aprender o sistema da escrita. Do ponto de vista pedagógico é dada ênfase na necessidade de ensinar explicitamente o sistema, como processo de baixo nível, assim como processos mais complexos sobre a compreensão da leitura (CLEMENTE, RAMIREZ e SANCHEZ, 2010).

Identificar palavras escritas é a atividade central da leitura (só serve para ler). Mais do que isso, se trata de uma atividade que inclui processos diferentes: fonológicos, ortográficos e semânticos, cujos efeitos são experimentalmente separáveis. Em um bom leitor a atividade da identificação das palavras é automática e inconsciente. Aprender a ler consiste em criar um mecanismo desta natureza (ALEGRIA, 2006).

Quanto aos processos fonológicos, refere-se à consciência fonológica, ou metafonologia que é a habilidade que permite realizar operações que implicam na manipulação voluntária de unidades fonológicas. Por exemplo, reconhecer que *mar* e *bar* são palavras diferentes não implica consciência fonológica. O exercício automático no processamento da fala conduz a essa conclusão. No entanto, para reconhecer que as palavras *mar* e *bar* têm três fonemas e que se distingue somente pelo primeiro são atividades tipicamente metafonológicas que implicam a reflexão consciente, neste caso em unidades fonêmicas (ALEGRIA, 2006).

A consciência fonológica e a diferença da capacidade de discriminação fonológica apresentam divergências individuais importantes. Do mesmo modo, as diversas unidades fonológicas apresentam diferentes graus de dificuldade. É relativamente mais fácil operar com sílabas: contá-las, suprimi-las, substituí-las por outra sílaba, do que fazer o mesmo com fonemas (ALEGRIA, 2006).

O interesse pela consciência fonológica com relação à aprendizagem da leitura tem mais de 30 anos (LIBERMAN, SHANKWEILER, FISHER e CARTER, 1974). Em 1971, em um colóquio intitulado "*Language by ear and by eye*" (KAVANAGH e MARTTINGLY, 1972) foi discutido que aprender a ler em um sistema alfabético desencadeia uma dose considerável de intervenção metafonológica. A razão é que as letras fazem referência aos fonemas. O aprendiz deve compreender que a palavra *mar* e *bar* começam com as letras diferentes que corresponde aos fonemas /m/ e /b/, respectivamente, e têm a mesma terminação tanto ortográfica como fonológica: ar = /ar/. Esta operação quando colocada em relação às unidades ortográficas e seu correspondente fonológico não acontece espontaneamente.

Atualmente, o termo metafonologia faz parte do vocabulário dos fonoaudiólogos e psicólogos. De acordo com Peter Bryant e Usha Goswami, "a descoberta da existência de uma forte relação entre consciência fonológica da criança e seus progressos na aprendizagem da leitura é um dos maiores êxitos da psicologia contemporânea" (BRYANT e GOSWAMI, 1987; p. 439).

No entanto, estas idéias não parecem ter sido absorvidas adequadamente nas práticas escolares. O cerne da questão é que as habilidades metafonológicas e metafonêmicas não se desenvolvem espontaneamente e que é a confrontação com o sistema alfabético que faz com que esta capacidade potencial se expresse concretamente, sendo necessária na maioria dos casos a intervenção sistemática da escola (ALEGRIA, 2006).

2.2. Linguagem Integrada

Enquanto a psicolinguística se preocupa com os processos cognitivos envolvidos na leitura, a linguagem integrada preconiza que se aprende a ler e escrever como se adquire a linguagem oral (GOODMAN e GOODMAN, 1979; GOODMAN, 1992). Tal fato supõe basicamente que o indivíduo participe em interações com o meio letrado, de materiais impressos, através dos quais a criança desenvolverá sua aprendizagem de forma ativa, seguindo o avanço dos estágios de seu próprio desenvolvimento. Então, se deve propiciar a espontaneidade do aprendiz e reduzir ao mínimo o papel do professor, que deve limitar-se a facilitar a exploração da criança, materiais e textos.

Para Goodmann e Goodmann (1990), a linguagem integrada representa um amplo movimento, dinâmico e popular entre professores expandindo-se, sobretudo, nos países anglos saxônicos.

Lacasa (1995) considera que a linguagem integrada é um movimento e como movimento falta uma proposta e características que o defina. Newman (1985, p. 74) destaca entre as múltiplas definições a que pode ser representativa e que pode indicar um ponto de partida: "O termo linguagem integrada se refere a uma constelação completa das crenças sobre os que aprendem e o contexto social da aprendizagem. A linguagem integrada não especifica uma forma concreta de instrução, nem recomenda algum tipo especial de atividades ou livros".

Outro conceito apresentado por Bergeron para representar a linguagem integrada é:

> "Linguagem integrada é um conceito que inclui tanto uma filosofia da linguagem como uma aproximação instrucional marcada e apoiada por essa filosofia. Esse conceito inclui o uso da literatura e a escritura real, no contexto de experiências significativas, funcionais e de cooperação, com o fim de desenvolver nos estudantes a motivação e o interesse durante o processo de aprendizagem" (1990, p.319).

Martín por sua vez faz uma descrição sobre este movimento apontando alguns caminhos do mesmo:

> "A linguagem integrada é um movimento pedagógico que se apresenta como um programa de alfabetização. Seu postulado central é que a linguagem deve ser ensinada de forma global, ou seja, com seus sistemas semântico, sintáticos, linguísticos e gráfico-fonéticos intactos, e em situações significativas, em que o uso da linguagem tem uma intenção ou meta determinada e é apoiado pela pragmática, que é composto do contexto situacional em que a linguagem é usada, e pelo conhecimento prévio do estudante ativado neste contexto" (1995, p.21).

Para Lacasa (1995) esta linha apóia-se em um intercâmbio entre as crenças dos professores, seu conhecimento das estratégias instrucionais e das que eles mesmos aprendem de seus próprios alunos. Não se trata de prescrever, mas, de mudar o ponto de vista que o professor e os estudantes têm de si mesmos nos enfoques tradicionais. Para esta mesma autora, o professor que adota a perspectiva da linguagem integrada procura fazer com que os alunos sejam aprendizes ativos, capazes de controlar sua própria

aprendizagem e, por outro lado, ele mesmo se considera um aprendiz dentro da sala de aula.

Lacasa, Anula e Martin (1995) argumentam que a linguagem deve ser ensinada de forma global e em situações significativas de modo que seu uso tenha um significado e um objetivo aproximando a criança ao mundo do impresso.

Martin (1995), em seu artigo "Linguagem integrada: suas crenças sobre a alfabetização" aborda o tema de forma crítica e contrasta as crenças da linguagem integrada com os princípios que servem de ponto de partida a outros movimentos educativos que procuram para fazer das crianças "cidadãos letrados".

Lacasa, Anula e Martín (1995) destacam que a linguagem oral e escrita adquire um significado funcional e que, de acordo com este enfoque, a linguagem se transforma em instrumento de aprendizagem bem como em objeto de ensino por si mesmo.

Anula (1995) argumenta que entre os pilares básicos da linguagem integrada está a idéia de obter a participação das crianças ativamente no processo de ensino e aprendizagem significativos. Trata-se de mostrar que a partir de uma compreensão que tenha sentido tanto para quem ensina como para quem aprende que é possível motivar o aluno a participar ativamente das situações de ensino e aprendizagem e tomar o controle dessa participação. A partir dessa perspectiva, a citada autora analisa o papel que corresponde ao professor e aos alunos como impulsores da aprendizagem infantil, criando contextos apropriados de modo que esta ocorra.

Por sua vez Río (1995) discute que dificilmente se terá uma visão relativamente completa das contribuições de um movimento inovador se não se considera sua posição diante do assunto da avaliação.

Río (1995) citando Olson e Wells (1987) diz que a escrita permite alcançar uma nova forma de pensar. Para Vygotski (1977) a fala se aprende inconscientemente, enquanto que a leitura-escrita se aprende conscientemente. Luria citado em Vygotski (1988) assinala que as palavras que falamos associadas às coisas nas interações de atividades diárias são "invisíveis". Vygotski (1988) argumenta que a palavra falada em princípio para a criança é um atributo do objeto e forma parte dela. A diferença da fala com a escrita é não obstante uma diferença essencial na mediação cultural: implica a construção cultural do metaconhecimento e a meta-representação, ou seja, a aquisição

dos instrumentos mediadores para representar e objetivar conscientemente o próprio processo de representação e seus operadores.

Lacasa (1995) retoma a discussão da linguagem integrada dizendo que o fato de se orientar uma criança em aspectos específicos da linguagem relacionada com os mais diversos aspectos tanto no plano fonológico quanto semântico, sintático ou pragmático, algo que ocorre frequentemente quando se trata de favorecer processos metacognitivos, não é algo que esteja totalmente de acordo com os pressupostos da linguagem integrada.

A filosofia da linguagem integrada poderia ser válida quando próxima aos processos de ensino-aprendizagem das crianças que apresentam dificuldades no uso da linguagem em suas mais variadas manifestações (LACASA, 1995). Na experiência da autora, não basta uma imersão na linguagem natural, bem como também é difícil entender que as crianças aprendam a ler e escrever apenas em contato com o meio impresso. É o caso das crianças que apresentam necessidades especiais, e necessitam de uma instrução explícita. A intervenção do professor terá que ser mais efetiva quanto maior for a gravidade dos transtornos.

A linguagem integrada enfatiza princípios como a necessidade de contextualizar as aprendizagens, torná-las significativas, porém deprecia ou não considera singularidades e características da linguagem escrita que fazem pensar em certas estratégias específicas de ensino para esta aprendizagem. É preciso assumir a necessidade de tornar significativos todos os aprendizados, e por essa razão a linguagem escrita. Desta mesma forma, é necessário insistir em que sejam as próprias funções e usos da escrita que atuem como desencadeantes para que a criança se interesse por estes, assim como de praticar diferentes tipos de textos (CLEMENTE, 1997).

O maior problema apontado por Clemente, Ramirez e Sanchez (2010) a respeito desta linha é o cenário naturalista que está por trás de seus princípios, quando de fato a língua escrita é um artefato cultural. Outro problema seria a identificação que se estabelece entre a linguagem oral e escrita, o que leva a defender que ambos se adquirem de forma idêntica e a falta da explicação sobre como se aprende a ler e do papel do professor como o mediador da aprendizagem.

2.3. Construtivismo

Clemente, Ramirez e Sanchez (2010) apresentam a perspectiva construtivista, como a que defende que as crianças constroem sua idéia sobre o que é a língua escrita através de hipótese e comprovações de acordo com suas experiências com os materiais escritos e práticos da escrita; nesta perspectiva as autoras indicam que a criança passa por diferentes estágios para dominar este sistema de comunicação enfatizando a necessidade de que o aprendiz vá criando textos, embora sejam imperfeitos, que pouco a pouco poderá expor uma idéia. Este processo começa espontaneamente onde a criança se utiliza de desenhos representando as frases, de modo a recuperar mais facilmente as informações.

Emília Ferreiro e colaboradores desenvolveram amplamente o assunto seguindo um posicionamento construtivista, sob a orientação de Jean Piaget. Em pesquisa desenvolvida inicialmente com Ana Teberosky (FERREIRO& TEBEROSKY, 1984), a autora fez uma analogia da aquisição da escrita pela criança com o desenvolvimento da escrita na humanidade. Da mesma forma no trabalho de Luria, a escrita é vista como um sistema de representação da realidade (OLIVEIRA, 1997).

Ferreiro e Teberosky (1984) demonstraram que as crianças colocam hipóteses silábicas e não fonêmicas, isto porque na corrente acústica a unidade reconhecível é a sílaba, e não o fonema. Neste processo foram destacadas diversas fases, basicamente a fase pré-silábica, silábica, silábico-alfabética e alfabética.

Na fase hipótese pré-silábica, a criança descobre que a escrita substitui o objeto. Quando tenta escrever, observa-se a arbitrariedade das formas usadas e a tentativa de ordenação linear. É a etapa da concepção realística da palavra, ou seja, objetos pequenos têm nomes pequenos, objetos grandes têm nomes grandes. É o momento em que a criança percebe algumas características da escrita formal e constrói duas hipóteses que vão acompanhá-la ao longo do processo: a) deve haver um número mínimo de letras para se escrever alguma coisa (hipótese quantitativa); b) deve haver uma variedade de caracteres para que “sirva para ler” (hipótese qualitativa). A criança realiza um trabalho de combinação e criatividade, pois percebe que coisas diferentes se escrevem de maneiras diferentes (FERREIRO e TEBEROSKY, 1984).

Na hipótese silábica, a quantidade de letras vai corresponder à quantidade de partes que se reconhece na emissão oral da palavra, no caso as sílabas. No entanto, a criança passa a ter uma grande fonte de conflito cognitivo: o desequilíbrio causado pela contradição entre o controle silábico, a quantidade mínima de letras e a variação entre as mesmas, para que a escrita possa ser lida. Esses conflitos vão desestabilizando essa hipótese.

A hipótese silábico-alfabética é uma fase de transição. Quando a criança descobre que a sílaba é reanalisável em elementos menores, procura acrescentar letras ao esquema anterior. Surge um novo conflito: como duplicar letras para cada sílaba, se existe algumas sílabas de uma só letra?

É na fase alfabética que a criança vence a barreira de representação da linguagem escrita. O sistema alfabético assim como os outros sistemas da escrita é o produto do esforço coletivo para representar o que se quer simbolizar: a linguagem. Como toda representação, a escrita está baseada em uma construção mental que introduz suas próprias regras (CLEMENTE, RAMÍREZ e SÁNCHEZ, 2010).

Tanto a linguagem integrada quanto o construtivismo estão em desacordo com a instrução explícita e sistemática do sistema. Consideram desnecessários e sustentam que a criança descobrirá o sistema da escrita através de sua própria experiência. Não admitem que isto possa ser um engano na maioria dos casos que apresentam problemas severos na aprendizagem da leitura. A vantagem destes dois enfoques estaria no valor que conferem àquele que aprende como sujeito ativo, assim como o sentido funcionalista que se dá a esta aprendizagem (CLEMENTE, RAMÍREZ e SÁNCHEZ, 2010).

2.4. Teoria sociocultural

Clemente, Ramírez e Sanchez (2010) apresentam um terceiro ponto de vista e argumentam que a teoria sociocultural é representada pelo conhecimento como um artefato social, elaborado e sujeito às influências do contexto socioeconômico e cultural onde está inserido o individuo e sua aprendizagem terá lugar a partir de um processo de interação e ajuda dos membros formados de uma cultura e mesmo por outros de outra cultura. Esta etapa é denominada de “andaime”, supõe um autêntico processo de

mediação dos professores com os alunos, até que estes possam agir de forma independente.

Seguindo esta linha construtivista estão as contribuições de Bruner (1991) que enfatizam o valor da narrativa oral e de sua relação com a aprendizagem da leitura. No processo da alfabetização um papel importante aos contextos não escolares e os mais familiares aos alunos. Neles, a leitura de contos e as interações entre seus membros, participando em uma cultura escrita, beneficiam-se aos aprendizes familiarizando e promovendo um sentido positivo para o processo de alfabetização.

A necessidade de contextualizar a aprendizagem como forma de comunicação e não ensinar como uma mera técnica, Bruner (1984; 1991) e Bruner e Haste (1990) defendem a importância de fatores culturais e sociais no desenvolvimento humano, na aquisição do conhecimento e na aprendizagem, daí que tema como a reinvidicação do social, o papel dos contextos na configuração do desenvolvimento, a necessidade de qualquer comportamento humano seja interpretado em sua dimensão cultural, ou a construção de significados compartilhados, se constituem e objetos primordiais de estudo da psicologia bruneriana. Definitivamente, a necessidade de contemplar ao homem e seu desenvolvimento particular em uma dimensão social e cultural.

Bruner e Haste dizem que:

> "Antes considerávamos a criança apenas como um descobridor ativo que elaborava hipóteses sobre o mundo, que reflexionava sobre as experiências, que interatuava com o mundo físico e que elaborava estruturas de pensamento cada vez mais complexas. Porém considerava-se esta criança ativa e construtora como um ser mais isolado, que trabalhava solitariamente na resolução de problemas. Torna-se cada vez mais claro que, dado um contexto social comum e apropriado, a criança parece mais competente como agente social inteligente que como "descobridor solitário" que se enfrenta a um mundo de incógnitas" (1990, p. 9).

Aprender a ler e escrever, no sistema alfabético, supõe elaborar representações fonêmicas, assim como estabelecer um sistema de correspondências fonema-grafema, o que exige um nível de abstração que não é similar ao da língua oral. É evidente que para falar e para entender uma mensagem oral não temos que fazer representações das palavras, muito menos de elementos menores como são os fonemas; nada que adquire a língua oral necessita saber da existência dos fonemas, nem tem que realizar correspondências entre fonema-grafema, tão só escuta palavras e frases que, em grande

parte, fazem referência a significados. No entanto, ao ler no sistema alfabético se realizam tarefas de simbolização de segundo grau. Para Vygotski, trata-se de um sistema simbólico de segundo grau que, pouco a pouco, converte-se em um simbolismo direto. Isto significa que:

> "A língua escrita consiste em um sistema de sinais que designam os sons e as palavras da língua falada e que, por sua vez, são sinais de relações e entidades reais. Gradualmente este vínculo intermediário que é a língua falada desaparece e a língua escrita se transforma em um sistema de sinais que simbolizam diretamente as relações e entidades entre si" (VYGOTSKI, 1979, p. 160).

A distinção entre língua oral e escrita em que este último se dá a ausência de um interlocutor, o qual não pode matizar sua mensagem, se for necessário, não agrega o valor do gestual na comunicação; definitivamente, não pode fazer uso dos recursos suplementares próprios da língua oral; o discurso *monológico*, no qual o interlocutor está ausente e incluso é imaginário.

> "O diálogo pressupõe sempre um conhecimento do tema comum às duas partes, que permite a linguagem abreviada e, em certas condições, orações puramente predicativas. Também supõe o fato de que cada pessoa possa ver o seu interlocutor, sua expressão facial e gestos, e escutar o tom de sua voz" (VYGOTSKI, 1977, p.185).

Well (1987) destaca que entre a língua oral e a escrita há duas grandes diferenças: a primeira é a distância que existe entre o escritor e o leitor que faz da escrita um tipo de comunicação mais descontextualizada que a oral. Para o autor o conhecimento compartilhado entre emissor e receptor é menor e que o peso fundamental para a compreensão recai no próprio texto, que deve ser suficientemente explícito e independente do contexto para que a comunicação tenha êxito, o qual, como indica o próprio Vygotski, desencadeia processos cognitivos ausentes na comunicação oral:

> "A comunicação por escrito repousa no significado formal das palavras e requer um número maior de vocábulos que a língua oral para expressar a mesma ideia. Se dirige a uma pessoa ausente, deve explicar em forma total, a diferenciação sintática é máxima e se usam expressões que seriam pouco naturais na conversação" (VYGOTSKI, 1977, p. 184).

Outra diferença está em que no meio escrito se requer um processo de realização mais preciso e elaborado. Estas duas circunstâncias explicam que a relação entre pensamento e linguagem que se dá na escrita seja distinta, mesmo quando estes processos mais complexos que se dão na língua escrita incidem também na oral (WELL, 1987).

O terceiro aspecto, na distinção entre língua oral e escrita, faz referência à motivação da escrita frente à motivação da oral. A situação do discurso é uma cadeia de reações que vai se produzindo no decorrer do mesmo, na conversação, nas perguntas, nas respostas, nas réplicas, nas explicações do dito, criando a motivação sobre o que se fala no momento. No entanto, na língua escrita isso não ocorre e as situações vão sendo criadas, representando-as no pensamento. A língua escrita é para internalizar o controle da atividade linguística (VYGOTSKI, 1977).

O monólogo, segundo Vygotski é uma forma de linguagem superior, mais complexa que o diálogo, e que inclusive se desenvolve mais tarde precisamente a partir deste, por um melhor controle dos processos psíquicos. O monólogo é uma função psíquica superior (SCHNEUWLY, 1992).

Clemente (1997) destaca as diferenças entre o oral e o escrito dizendo que o primeiro é inconsciente e involuntário, enquanto o segundo é consciente e voluntário. Na língua escrita os símbolos são utilizados de forma cada vez mais independente do contexto social e material. Para Vygotski (1979) com a língua escrita podemos falar verdadeiramente de uma nova função psíquica.

E, desta forma, este autor considera que a leitura e a escrita devem ser algo que a criança necessite. Chama atenção para o fato de que não se pode dizer para um aluno do pré-escolar "esta é a letra *m* ou a letra *p*" sem que o mesmo saiba antes que isso é parte de um sistema para ler contos, escrever histórias, cartazes na rua e escrever para seus avós. Aprender a língua escrita é algo essencial dentro da cultura da criança, da mesma forma que em outras culturas conhecer outro tipo de sistemas de símbolos. A escrita deve possuir significado, despertando na criança o interesse pela leitura tornando interessante em sua vida, dessa forma é possível assegurar de que não se trata de uma simples série de destrezas, de habilidades, um jogo meramente motor ou decifrador (VYGOTSKY, 1979).

Clemente, Ramírez e Sánchez (2010) destacam que o ponto forte da teoria sociocultural é que a aprendizagem da linguagem escrita está totalmente relacionada com a cultura em que esteja imerso o aprendiz. Nesta teoria a proposta é que o docente propõe tarefas para o aluno realizar primeiro com ajuda do professor e depois autonomamente. Ainda nesta teoria a alfabetização exerce papel fundamental e não considera algo introdutório e facilitador, e sim o eixo do processo de apropriação do conhecimento.

A teoria sócio-histórica considera a língua escrita como uma variável não exclusivamente cognitiva e neutra em relação com o contexto social. Pelo contrário, o contexto é o que forma o sistema, permite observar o tema desta aprendizagem na sua real complexidade. Através de atividades como simulação de representações (teatro), desenho e formas não convencionais de escrita a criança pode chegar a descobrir que se trata de uma representação que não denota diretamente aos objetos, mas a língua oral, o que constitui uma representação de segundo grau.

O que se observa é um panorama com diversas visões parciais quando, em realidade, aprender a ler e escrever supõe que a criança domine um processo em que se completam os aspectos psicolinguísticos e os funcionais, os imperativos do código linguístico e os da cultura à que pertence o sujeito. Por isso, há que valorizar as propostas integradoras apresentadas por especialistas (McCARTHEY e RAPHAEL, 1994) destacando que as teorias, podem operar conjuntamente para construir uma imagem dos processos convergentes da leitura e a escrita.

Pressley (1999), por sua vez, propõe uma visão integradora da aprendizagem na qual sejam trabalhados aspectos funcionais junto com habilidades linguísticas. Clemente e Domínguez (1999) e Celemente (2008) propõem um ponto de vista integral. Wells (1987) fala de um modelo inclusivo reunindo o aspecto funcional (funções da linguagem escrita) e executivo (aprendizagem do código), instrumentais (ler para aprender) e epistêmicos (ser letrado permite transformar o conhecimento e a experiência tanto individual como social). Jiménez e O'Shanahan (2008) propõem uma linha integradora. Pang, Muaka, Bernhardt y Kamil (2003) desenvolveram um guia traduzido em diversos idiomas sintetizando uma ampla e prática proposta integradora.

Este trabalho se justificou diante da necessidade de abordar o conhecimento das diferentes teorias. Foram ressaltados os fatores relacionados com o ensino da linguagem escrita, que se deriva de visões diferentes, mostrando a estreita relação entre o vocabulário oral e a destreza leitora na infância. Apresenta ainda a relação entre a consciência fonológica e a destreza leitora. A compreensão é um processo ativo da construção do significado vinculado a uma motivação e a um propósito claro para ler, bem como de um conhecimento prévio por parte dos sujeitos em relação aos textos (PANG, MUAKA, BERNHARDT e KAMIL, 2008).

Capítulo 3

Dislexia: a amplitude da questão

A linguagem se exprime por um conjunto de sinais e seu uso como instrumento de comunicação nos torna uma espécie única, uma habilidade humana fundamental. O desenvolvimento da escrita foi também um instrumento essencial para a evolução da ciência e um sinal do aparecimento da nova estrutura econômica, social e política, a cidade, sobretudo o desenvolvimento da linguagem escrita como sendo responsável pela evolução de nossa espécie no âmbito da cultura (WOLF, VELLUTINO e GLEASON, 2000b). Neste contexto, a leitura participa desse processo evolutivo, atividade básica na vida cultural da pessoa. O interesse pela leitura se justifica por sua presença e importância na vida cotidiana na sociedade (SERRANO e DEFIOR, 2004).

A criança com problema de aprendizagem em decorrência de alterações de linguagem apresenta características que comprometem o seu desempenho na escola.

Dentre os problemas de aprendizagem enfrentados pela criança relacionados a alterações de linguagem o Distúrbio de Aprendizagem, apresenta comprometimento em um ou mais componente da linguagem. É um transtorno, caracterizado por desempenho nas áreas da leitura, escrita e matemática substancialmente abaixo do esperado, tendo em vista a idade cronológica, medidas de inteligência e educação apropriada para a idade (DSM-IV, 1995).

Desta forma o estudo sobre a aquisição das habilidades leitoras assume interesse para a análise das dificuldades na aprendizagem, como é o caso da dislexia. Numa abordagem mais ampla, a dislexia é apresentada como um problema persistente na linguagem escrita, caracterizada por uma dificuldade na identificação das palavras escritas. É possível ser diagnosticada quando a pessoa já aprendeu a ler e escrever, em consequência de um dano cerebral, conhecida como dislexia adquirida. Também pode se manifestar na criança que não tenha aprendido a ler, causando grandes dificuldades posteriores na aprendizagem da leitura e escrita, e sua origem seria creditada a déficits constitucionais; neste caso é conhecida como dislexia do desenvolvimento. Destaco que esta investigação tem interesse centrado nestes casos de dislexia do desenvolvimento.

Os problemas começam a aparecer quando as crianças disléxicas iniciam a aprendizagem sistemática da leitura. Esta aprendizagem representa uma barreira no desenvolvimento acadêmico e pessoal, transformando-se em preocupação para os pais, os professores e às próprias crianças. O desempenho nas atividades em que a leitura é necessária, a dificuldade da criança se evidencia e esta buscará por outras tarefas mais fáceis. Neste processo a criança pode produzir o chamado efeito Mateus, um círculo vicioso, que significa dizer, quem tem menos continua com menos, quem tem mais vai continuar tendo mais (STANOVICH, 1988), potencializando as dificuldades anteriores. Por isso recomenda-se para o mais cedo possível a intervenção visando melhorar o problema nas crianças baseando-se nas características dos problemas dos disléxicos e nos fatores causais subjacentes, os déficits.

3.1. A dislexia e suas definições

Em 1968 a Federação Mundial de Neurologia se referia à dislexia como um problema que se caracterizava por um déficit na aprendizagem da leitura apesar das crianças receberem uma educação normal e todas com inteligência normal e pertencente a um *status* sociocultural adequado. A definição apontava que tais problemas seriam causados por déficits cognitivos com uma base constitucional.

Esta definição centrava-se no critério de exclusão e na discrepância entre a habilidade leitora e a habilidade cognitiva geral, isto é, o QI (Quociente de Inteligência). Nesse aspecto há uma coincidência com outra definição proposta pelo Manual Diagnóstico e Estatístico dos Transtornos Mentais (DSM-IV, 1995). A dislexia ou transtorno da leitura, situada dentro dos transtornos de aprendizagem, se caracteriza por um baixo rendimento em leitura segundo a idade cronológica, o QI e a escolaridade própria da idade do indivíduo. Este rendimento considerava a precisão, velocidade ou compreensão da leitura avaliada mediante provas padronizadas administradas individualmente (SERRANO e DEFIOR, 2004).

Estudos questionam as definições da dislexia baseadas na habilidade leitora e cognitiva como ponto de corte, demonstrando que os disléxicos têm os mesmos problemas com a linguagem escrita sem considerar o QI (JIMÉNEZ & RODRIGO, 1994). Do mesmo modo, estas definições consideram o déficit apenas no âmbito do

sistema cognitivo (FRITH 1999), quando já está bem estabelecido que os déficits em dislexia se manifestem em vários aspectos do processamento fonológico (SNOWLING, 2007).

Em 1994 a definição de dislexia foi atualizada pela Sociedade Internacional de Dislexia, deixando público que "a dislexia é um problema específico da linguagem com base constitucional que se caracteriza por dificuldades na decodificação de palavras simples e reflete uma habilidade de processamento fonológico insuficiente" (SERRANO e DEFIOR, 2004).

3.2. E as causas da dislexia?

Teorias genéticas abordam causas biológicas em estudos com famílias e com gêmeos sugerindo o caráter hereditário da dislexia (DeFRIES, ALARCÓN e OLSON, 1997). Sánchez e Martín (1997) destacam a comparação entre gêmeos monozigóticos (mesma carga genética) e dizigóticos (parte da carga genética), indicando que se um dos gêmeos monozigóticos é disléxico, é provável que o outro apresente problemas de leitura. A probabilidade se reduz no caso dos dizigóticos.

Outros trabalhos mostram diferenças encontradas no cérebro de pessoas disléxicas em relação a outras sem problemas de leitura. Galaburda, Corsiglia e Rosen (1987) apontam diferenças no Plano Temporal e em células magnocelulares do tálamo em análises *post morten* de cérebros disléxicos. Para Fawcett e Nicholson (2001) há diferenças tanto funcionais como de estrutura entre os cérebros de pessoas normais e disléxicos. Stein e Walsh (1997) assinalaram a importância do sistema das células magnocelulares na leitura, isto é, cérebros de pessoas disléxicos têm menor número destas células que o de pessoas normais.

Do ponto de vista neurológico, Galaburda e colaboradores, apontados por Rapin (2002), descreveram defeitos menores da migração celular e diminutas cicatrizes localizadas seletivamente nas áreas perisilvianas (localizadas no sulco lateral – de Sylvius) do hemisfério esquerdo do cérebro (funções cognitivas) em disléxicos. Estes mesmos pesquisadores ressaltaram que a dislexia está estatisticamente ligada à falta da assimetria esperada entre os dois hemisférios, associada a um plano temporal atipicamente grande à direita.

A complexidade do cérebro em sua fase de desenvolvimento inicial apresenta uma grande variedade de oportunidades para que haja uma conexão errada ou falsa. O sistema neural necessário para a análise fonológica está de alguma forma mal conectado e a criança, neste caso, passa a ter um problema fonológico que interfere na linguagem falada e escrita (SHAYWITZ, 2006).

Dependendo da natureza ou gravidade desta falha nos circuitos observam-se variações e diversos graus de dificuldade de leitura. Porém, neste percurso há muitas sequências de acontecimentos possíveis para o desenvolvimento da dislexia. O que é realmente necessário para entender este distúrbio depende da capacidade de mapear todo o circuito neural da leitura. A Ressonância magnética funcional (RMF) é o método mais utilizado para estudar o cérebro em funcionamento (SHAYWITZ, 2006).

Realizar uma tarefa cognitiva como a leitura é trabalhosa e consome energia. A evolução do quadro de dislexia depende, em parte, do nível intelectual geral e da adequação da intervenção, ou seja, da influência do meio em que o disléxico se desenvolve (RAPIN, 2002).

Frith (1999) propõe um modelo causal integrador que considere a influência do ambiente e inclua os níveis de processamento biológico, cognitivo e de conduta (ver **figura 1**).

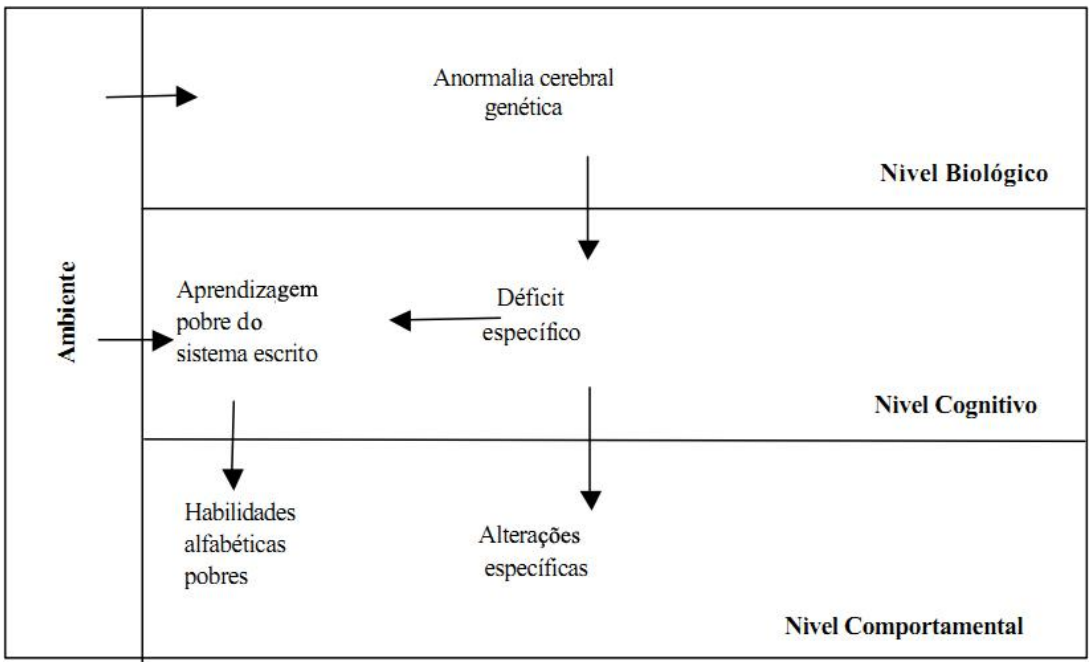

Figura 1: Representação do modelo causal de dislexia (FRITH,1999)

Segundo Frith (1999), fazem parte do nível biológico as explicações genéticas e outras baseadas em mecanismos e estruturas cerebrais. As explicações que se baseiam em déficit cognitivo de processamento, a hipótese fonológica, se situariam no nível cognitivo e as explicações que se baseiam nas manifestações consequentes dos déficits em dislexia (rendimento baixo de leitura, problemas de consciência fonológica, dificuldade de denominação rápida) se situariam no nível de conduta comportamental. Estes níveis podem ser influenciados pelas condições do ambiente, pelo sistema ortográfico no qual se aprende a ler, bem como pelos materiais de aprendizagem da leitura, a importância dada a esta aprendizagem e o ambiente familiar.

3.3. Heterogeneidade na dislexia

Produções teóricas destacam a heterogeneidade dos quadros de crianças com dificuldades de leitura (MORRIS, *et al*, 1998). O interesse das pesquisas centra-se em subtipos de dislexia chegando às tipologias por diferentes critérios de classificação. Assim, Stanovich (1988, 1991) identificou dois tipos de dislexia a partir de observações de que os disléxicos compartilham um déficit no domínio fonológico da linguagem, mas variavam em outras características linguísticas e cognitivas: com problemas cognitivos específicos, nível fonológico, e os chamados maus leitores, com problemas cognitivos e linguísticos, não necessariamente relacionados ao nível fonológico.

Wolf *et al* (1994, 2000a) formularam uma proposta de entendimento da dislexia partindo da idéia da existência de duplo déficit. Os mesmos autores avaliaram as habilidades fonológicas e as habilidades de domínio rápido encontrando três tipos de sujeitos ou três subtipos, com dificuldades de leitura: os que apresentavam problemas nas habilidades fonológicas, outros nas habilidades de reconhecimento rápido e os que apresentaram problemas em ambas as habilidades (WOLF, 1994, 2000a).

Há consenso quanto à classificação dos dois tipos de dislexia (**figura 2**). Estes carecem da descrição das duas vias de reconhecimento de uma palavra escrita: a via lexical (direta) – estabelece uma conexão direta entre a forma visual da palavra, a pronúncia e o significado na memória lexical diante de palavras familiares; outra via, a fonológica (indireta) sub-lexical, é a recodificação fonológica que envolve a aplicação

de um conjunto de regras de conversão letra-som. Ocorre diante de palavras desconhecidas (MOOJEN e FRANÇA, 2007).

Castles e Coltheart (1993) desenvolveram uma tipologia a partir de investigações realizadas nos problemas de linguagem decorrentes de um dano cerebral tendo como referência o marco aplicativo do modelo de dupla rota.

A dislexia fonológica está presente em crianças que apresentam dificuldades seletivas na rota sub-lexical ou fonológica. Estas dificuldades podem aparecer sob diversas formas, dependendo da operacionalidade ineficiente que a rota executa em aspectos específicos. Em todo caso fica preservado o funcionamento da rota lexical (SÁNCHEZ e MARTIN, 1997).

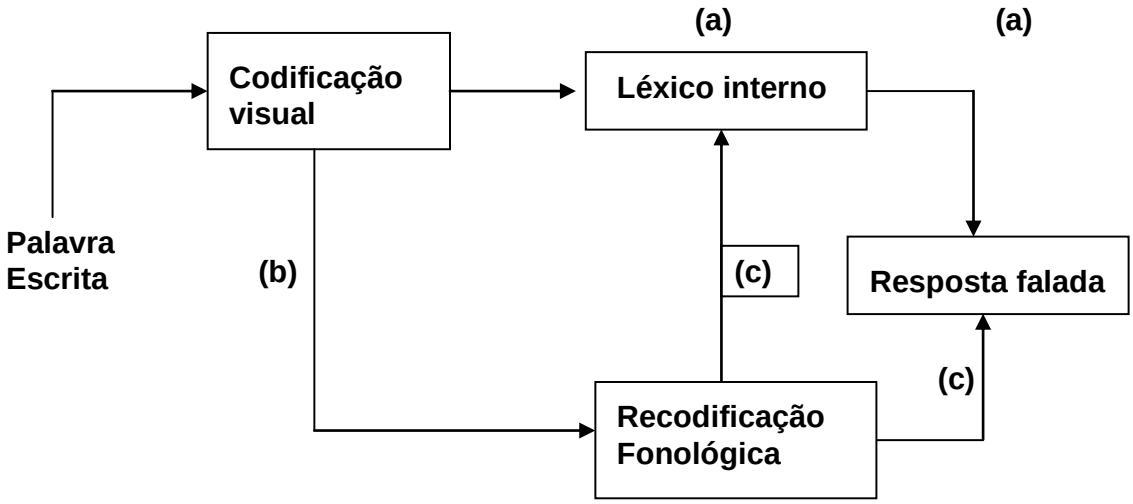

Figura 2: Representação do Modelo Dual, segundo versão de Jorm e Share (1983)

(a) via direta ou lexical (b) e (c) via indireta ou fonológica

Para estes mesmos autores, se a rota lexical funciona bem e a fonológica mal, certamente as crianças apresentarão dificuldades com a leitura de novas palavras e pseudopalavras, podendo ler melhor as palavras familiares, ou conhecidas. Dito de outra forma, as crianças disléxicas fonológicas apresentam dificuldade seletiva para operar com a rota fonológica durante a leitura, apresentando, no entanto, um funcionamento aceitável operando com a rota lexical. Ainda para estes mesmos autores os problemas residem no conversor e/ou no momento de juntar os sons parciais em uma palavra completa. As dificuldades fundamentais concentram-se na leitura de palavras desconhecidas, sílabas sem sentido ou pseudopalavras, apresentando melhor

desempenho com as palavras conhecidas. Já na dislexia de superfície as dificuldades das crianças se situam na rota lexical e mantém preservado o funcionamento da rota sub-lexical. Estas dificuldades afetam em cheio a leitura de palavras irregulares (SÁNCHEZ e MARTIN, 1997).

Os disléxicos fonológicos só lêem pela rota léxica, uma vez que está alterada a rota fonológica, e se caracterizam pela leitura de palavras familiares, porém não lêem pseudopalavras, nem palavras desconhecidas, pois não podem utilizar o mecanismo de conversão grafema-fonema. Estes são sensíveis ao efeito de frequência, porém não ao de longitude das palavras, nem de regularidade e cometem erros visuais nas pseudopalavras que se parece com palavras, com muitas lexicalizações (antigo por artigo) e em leitura de palavras parecidas (firme por forma). Também cometem erros morfológicos ou derivativos: mantêm a raiz, mas trocam o sufixo (andava por andar; saiamos por saímos) e cometem erros mais em palavras função do que nas de conteúdo.

A dislexia, caracterizada por uma dificuldade seletiva para operar a rota fonológica durante a leitura, apresenta um funcionamento aceitável da rota lexical. Os problemas residem no conversor fonema-grafema e/ou no momento de juntar os sons parciais em uma palavra completa. As dificuldades se apresentam na leitura de palavras não familiares, sílabas sem sentido ou pseudopalavras, mostrando melhor desempenho na leitura de palavras conhecidas (MOOJEN e FRANÇA, 2007).

Os disléxicos de superfície podem ler pelo procedimento fonológico, mas não pelo léxico, por esse motivo são incapazes de reconhecer uma palavra como um todo. Estas pessoas lêem melhor as palavras, sejam elas familiares ou não, podem ler pseudopalavras e os erros mais frequentes são os de omissão, adição ou substituição de letras. Além disso, se caracterizam pela regularidade das palavras irregulares e a confusão de homófonos, porque o acesso léxico é guiado pelo som e não pela ortografia.

As dificuldades residem na operação da rota lexical, afetando fortemente a leitura de palavras irregulares: leitura lenta, vacilando e errando com frequência. Ficam dependentes da rota fonológica que é morosa em seu funcionamento. Os erros comuns são silabações, repetições e retificações. Quando pressionados a ler rapidamente cometem substituições e lexicalizações; às vezes situa incorretamente o acento das palavras (MANIS *et al*, 1999, MOOJEN & FRANÇA, 2007).

Também é possível encontrar um grupo de disléxicos misto, no qual estão presentes os dois tipos de déficit (MANIS *et al*, 1999). Os disléxicos apresentam problemas para operar tanto com a rota fonológica quanto com a lexical. São situações mais severas e exigem um esforço ainda maior para atenuar o comprometimento das vias de acesso ao léxico (MOOJEN e FRANÇA, 2007).

3.4. Os sistemas escritos e a dislexia

As habilidades leitoras se desenvolvem indistintamente nos diferentes sistemas ortográfico e ambiente linguístico do leitor. No entanto, estudos translinguísticos têm sugerido diferenças entre os sistemas escritos de maneira que os resultados apontados nos estudos da língua inglesa não são totalmente aplicáveis aos sistemas de outras ortografias. Nesta concepção, o desenvolvimento das habilidades leitoras se processa de forma diferente nas distintas ortografias (MÜLLER e BRADY, 2001).

Distinguem-se nos sistemas ortográficos um *continuum* de opaco-transparente de acordo com o grau de respeito ao princípio alfabético. Desta forma, as ortografias transparentes são aquelas em que as correspondências grafema-fonema são um a um. As ortografias opacas seriam aquelas em que o mesmo fonema corresponde a vários grafemas e um grafema pode corresponder a vários fonemas. Os distintos sistemas escritos se distribuem neste *continuum*, acercando-se, ou distanciando-se de seus extremos em função de suas características. Em relação às ortografias européias, as que estariam mais próximas do extremo transparente seriam o finlandês, o grego, o italiano, e o espanhol; as mais próximas do extremo opaco seriam o inglês, o francês, o dinamarquês e o português (SEYMOUR *et al*., 2003).

Portanto é marcante a influência das diferenças entre os sistemas ortográficos e a dislexia. Os estudos apontam que a prevalência das dificuldades de aprendizagem nos distintos países reflete as diferenças na complexidade ortográfica dos mesmos; a dislexia é mais comum em países onde a ortografia é mais complexa, isto é, nos países que tem um sistema escrito mais opaco, do que nos de sistema mais transparente. Nas ortografias opacas, o critério de comparação do êxito da leitura em crianças com dislexia e crianças normais é a precisão na execução leitora. Nas ortografias

transparentes, a precisão leitora é um fator menos importante, sendo mais determinante a baixa velocidade leitora (SERRANO e DEFIOR, 2003).

Também as diferenças entre os sistemas escritos podem influir na determinação dos subtipos de dislexia. Wimmer (1993) em sua investigação sustenta que um disléxico alemão terá características de um disléxico fonológico inglês, no sentido de que suas dificuldades no processamento fonológico serão maiores, uma vez que tem persistido apesar da transparência do idioma. Por outro lado, se a habilidade no manejo das regras de correspondência grafema-fonema é a característica que distingue os dois subtipos de disléxicos, o caráter transparente do idioma também poderia influir na mudança das diferenças entre os dois subtipos. Por fim, as diferenças entre os sistemas escritos também poderiam influenciar na medida utilizada para a comparação dos problemas disléxicos. Enquanto nas ortografias mais opacas a medida mais utilizada são os erros na leitura, nas mais transparentes seria mais apropriado considerar o tempo de leitura (TREESOLDI *et al*, 2001).

3.5. TDAH, uma comorbidade

O Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é descrito como a presença de sinais de hiperatividade, impulsividade e desatenção na criança. O estudo do Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) se reporta a Kurt Goldstein, médico e diretor de um hospital que tratava de soldados da Segunda Guerra Mundial apresentando dano cerebral e descreveu o transtorno como “reações catastróficas”. Em 1940, o fenômeno foi conhecido como “Síndrome de Strauss” devido ao extenso trabalho desenvolvido por Heinz Werner y Alfred Strauss (FERRERAS, 2011).

Os estudos relacionados às dificuldades de aprendizagem e o TDAH justificaram investigações posteriores incluindo a dislexia. A produção de conhecimento sobre TDAH e dislexia interessa a distintas áreas da sociedade, como educação, saúde e políticas públicas.

Ferreras (2011) esclarece os padrões de comportamento típicos dos quadros TDAH: início entre os três e cinco anos de idade, porém, com variações na idade de início dos sintomas de hiperatividade, podendo ocorrer antes dos sete anos. Em muitos

casos os sintomas em torno da desatenção não são claramente disfuncionais até os nove anos (DSM-IV, 1995), e, especialmente, nos casos de predominância do transtorno de atenção, este desajuste pode não ser totalmente significativo até a puberdade.

Estudos apontam que o transtorno TDAH apresenta uma prevalência de 9:1 de meninos para meninas em amostras clínicas e uma proporção de 3:1 em amostras populacionais em geral. Razão pela qual é possível presumir uma maior propensão genética aos transtornos do sistema nervoso nos meninos (FERRERAS, 2011).

O entendimento do transtorno de déficit de atenção requer o entendimento do significado do termo "atenção" que apresenta diferentes compreensões no meio científico. Considerando a base teórica da psicologia cognitiva, a atenção deve ser entendida em três dimensões ou classes: atenção seletiva, atenção dividida e atenção sustentada.

A atenção seletiva é entendida como a capacidade de um organismo se concentrar em uma só fonte de informação e na realização de uma única tarefa, com exclusão de outras fontes interventoras. Utiliza como estratégia eficaz a exploração exaustiva do ambiente, buscando estímulo relevante. Este conceito tem sido amplamente desenvolvido por Ulric Neisser no modelo denominado "ciclo perceptual", em que se incluem os esquemas antecipatórios. Para Ferreras (2011), o modelo que melhor explica a atenção seletiva foi o elaborado por Donald Broadbent, conhecido como "metáfora do filtro" ou "gargalo da garrafa".

Na atenção dividida o indivíduo se volta ao mesmo tempo para várias demandas do ambiente tendo que dividir atenção para cada atividade. Comparada a um armazém de recursos, a atenção se distribui em várias tarefas, cuja exigência de menor recurso ocorre nas ações altamente automatizadas. Mas os recursos de atenção são limitados e por esse motivo atendem poucas atividades por vez. Para que a distribuição seja eficaz deve existir um processador central ou executivo encarregado do planejamento dos recursos.

Por sua vez, a atenção sustentada é entendida como o tempo que uma pessoa é capaz de se concentrar em um estímulo simples, ou em uma representação antes que comece a cometer erros. Nas atividades escolares a atenção sustentada é fundamental, igual em outras atividades de trabalho (controladores aéreos, controladores de tráfego, jogos, examinador de produtos). Nesta classe de atenção existe um fator crucial: os

níveis de ativação. Quanto maior o nível de ativação, melhores resultados serão obtidos, desde que não ultrapasse o ponto ótimo.

Para o DSM-IV as estatísticas estimam a prevalência do TDAH nas crianças em idade escolar entre 5% e 13%. O Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade é considerado um transtorno do desenvolvimento, acometendo cerca de 3% a 6% dos indivíduos desde tenra idade, persistindo na vida adulta em mais da metade dos casos (ROHDE e MATTOS, 2003).

As características nucleares do TDAH são a desatenção, hiperatividade e a impulsividade. É possível observar alterações dos sinais e sintomas do TDAH desde os primeiros anos de vida, embora o diagnóstico possa ser feito com maior precisão quando a criança ingressa na educação formal, em torno dos 7 anos de idade, sendo submetida a situações estruturadas e pré-definidas, quando então os sintomas se tornam evidentes (ANDRADE, 2007). O TDAH apresenta-se em subtipos, pelo critério de predomínio ou da combinação de seus sintomas nucleares: a desatenção, a hiperatividade e a impulsividade.

A desatenção se manifesta por mudança frequente de assunto, distração durante conversas, desatenção, alternância constante de tarefas, relutância no engajamento de tarefas complexas que exijam organização, comprometimento acadêmico e em alguns casos dificuldade social. No subtipo hiperatividade e impulsividade há predomínio de sintomas hiperatividade e impulsividade, dificuldade de permanecer sentado, agressividade, tendência à rejeição e risco de baixa popularidade. No subtipo combinado estão presentes a hiperatividade, impulsividade e a desatenção e tem comprometido o funcionamento global em relação aos outros subtipos.

Convém acrescentar a ocorrência de comprometimento do relacionamento familiar e social, do desempenho de trabalho e de produção acadêmica em qualquer grau de TDAH. Em geral o diagnóstico ocorre na criança quando apresenta atraso na aprendizagem escolar com no mínimo dois anos na escola formal. Quanto mais precoce ocorrer o diagnóstico, melhor será o prognóstico e o tratamento (ANDRADE, 2007).

O diagnóstico do TDAH é fundamentalmente clínico e com base em critérios operacionais de sistema classificatórios como o DSM-IV (1995) para esse diagnóstico. Utilizando esse sistema classificatório para diagnóstico, o indivíduo deverá apresentar seis ou mais sintomas de desatenção e/ou seis ou mais sintomas de hiperatividade / impulsividade.

No sintoma desatenção: 1- Presta pouca atenção em detalhes e faz erros por falta de atenção nos deveres; 2 - Tem dificuldade de ficar concentrado nos deveres e também nos jogos; 3 - Parece prestar atenção em outras coisas quando se fala com ele; 4 - Tem dificuldade em seguir instruções até o fim ou deixa os deveres sem terminar; 5 - É desorganizado com os deveres e outras atividades no dia-a-dia; 6 - Evita ou antipatiza com deveres ou atividades que exijam concentração; 7 - Perde material da escola ou coisas do dia-a-dia; 8 - Distrai-se com facilidade com atividades fora daquilo que está fazendo; 9 – Esquece o que deveria fazer no dia-a-dia.

No sintoma hiperatividade: 1 - Mexe com as mãos e pés quando está sentado ou se mexe muito na cadeira; 2 - Sai do lugar na sala de aula ou em outras situações (ex: mesa de jantar) quando deveria ficar sentado; 3 - Corre ou sobe nas coisas quando deveria ficar tranqüilo; 4 - Tem dificuldade de ficar em silêncio enquanto brinca; 5 - É "elétrico" e fica "a mil por hora"; 6 - Fala demais; Responde às perguntas antes dos outros terminarem de falar; 7 - Tem dificuldade de esperar a vez; Interrompe os outros ou se mete na conversa dos demais.

Os sintomas, para que sejam considerados característicos, devem ocorrer em um nível não adaptativo para o estágio de desenvolvimento, de modo a causar dificuldades em diferentes ambientes (acadêmico, familiar, e social).

É freqüente a existência de comorbidades em indivíduos com TDAH. No estudo de Santos e Vasconcelos (2010) a comorbidade mais frequente com o TDAH é o Transtorno Desafiador de Oposição e o Transtorno de Conduta. Também são encontradas outras comorbidades como Depressão e Transtorno do Humor Bipolar, Transtornos de Ansiedade e Transtorno de Tiques. Estas autoras também apontam transtornos de aprendizagens como comorbidades com o TDAH, com variação percentual de 10% a 20%. Neste transtorno de aprendizagem, citam a dislexia (leitura), discalculia (matemática) e disgrafia (escrita).

3.6. Déficit de atenção e dislexia

O déficit de atenção e o déficit de leitura são abordados separadamente na área da psicologia do desenvolvimento. Cada um destes déficits apresenta um perfil cognitivo diferente. O déficit de leitura repercute sobre o processo fonológico e o déficit

de atenção atua sobre a função executiva do cérebro, ou seja, a capacidade dos lobos frontais de planejar, coordenar e executar ações complexas (FERRERAS, 2011).

Assim, busca-se relevar a existência de alguma superposição entre os dois transtornos. A superposição é também conhecida na literatura especializada como "comorbidade", isto é, a simultaneidade de ocorrência de dois ou mais transtornos ou outros problemas orgânicos no individuo investigado (SANTOS e VASCONCELOS, 2010). Trata-se de um fenômeno frequente nos transtornos de conduta, mas pouco conhecido quanto às suas possíveis causas. As relações entre dislexia e déficit de atenção podem ser vista através das hipóteses a seguir: a) o déficit de atenção causa dislexia; b) a dislexia causa o déficit de atenção; c) um terceiro fator causa ambos os déficits; d) um terceiro fator causa ambos os déficits, mas a etiologia é diferente, ou seja, existem subtipos de etiologia; e) não existe uma base causal, mas se trata de um ente genético (FERRERAS, 2011).

Com relação às duas primeiras hipóteses poderiam ocorrer duas possibilidades: que "a" causa "b" de maneira completa, ou que "a" copie de "b" somente os sintomas, mas não é síndrome completa. A segunda possibilidade é conhecida como a hipótese da fenocópia, isto é, um fator não hereditário, que ocorre quando o individuo manifesta um fenótipo diferente do seu genótipo e com a mesma determinação dos genes, em geral ocorre por uma influência do meio-ambiente. Somente os sintomas do segundo transtorno estão presentes, mas não suas características marcantes, como, por exemplo, os déficits cognitivos e cerebrais. É possível que o déficit de leitura produza os sintomas de conduta do déficit de atenção com hiperatividade, ou vice versa.

Os fatores evolutivos participam em maior ou menor grau de sobreposição nos indivíduos com TDAH. As investigações indicam que durante os primeiros anos escolares, o rendimento acadêmico dos indivíduos com TDAH não se vê afetado de maneira importante. Os dados indicam que entre 10-11% das crianças hiperativas têm problema com a leitura, a escrita e o cálculo. Dificuldades que parecem muito mais associadas aos problemas lingüísticos. Um panorama diferente se apresenta quando estas crianças entram na pré-adolescência. A sobreposição nestas circunstâncias pode atingir 80%, sendo as áreas mais afetadas negativamente a leitura, a escrita, a ortografia e matemática (FERRERAS, 2011).

Um estudo longitudinal desenvolvido por Prior *et al* (1995) na Austrália examinou a natureza da relação problemas de conduta e aprendizagem. Neste estudo

foram incluídas crianças a partir do primeiro ano de vida até a pré-adolescência, juntamente com os pais que também prestaram informações sobre o progresso acadêmico e o ajuste de conduta. Os pesquisadores encontraram uma relação esperada: 70% dos meninos que fracassam na leitura também apresentam problemas de conduta. Enquanto que as meninas o percentual não supera 50%.

Portanto, conhecer a verdadeira natureza da relação TDAH e dislexia implica trabalhar com subtipos e a partir daí desenvolver estudos longitudinais que revelem as intricadas confluências. Para isso importa utilizar critérios diagnósticos rigorosos, amostras estritas e métodos de avaliação mais refinados (não só escalas de estimação de conduta). Procedimentos assim permitirão delimitar subtipos, e desta maneira detectar regularidades etiológicas e cursos evolutivos prognósticos. Os dados apontam que não existe homogeneidade entre crianças disléxicas e os com TDAH (FERRERAS, 2011).

A avaliação das dificuldades de aprendizagem de leitura pode ter dois objetivos. Em primeiro lugar, o interesse da investigação é determinar se o sujeito em questão tem ou não uma dificuldade especifica na aprendizagem da leitura (se o sujeito é ou não disléxico). Em segundo lugar, avaliar como proceder com a leitura das palavras e quais são seus pontos fortes e fracos. No primeiro caso se trata de categorizar o sujeito. No segundo caso, analisa seu modo de operar. As duas perspectivas são muito diferentes embora seja complementar uma da outra (SÁNCHEZ e MARTÍN, 1997).

Nesta investigação o interesse principal está centrado no primeiro objetivo da avaliação que é a categorização do sujeito em questão. Para isso foi implementado no computador um instrumento de coleta de dados de pessoas com e sem o diagnóstico de dislexia. Com este instrumento colhemos informações sobre a história da criança, enfermidades, possíveis deficiências, escolarização e outras, que poderão ajudar no descarte da presença dos critérios de exclusão.

Capítulo 4

Tecnologia da Computação e Informação

A combinação da psicologia comportamentalista predominante nos anos 1950 nos Estados Unidos, com o computador digital no início dos anos 1960 originou a inteligência artificial simbolista ou cognitivista. Neste momento os simbolistas definiram a inteligência artificial como a ciência que deve buscar os meios necessários à imitação mecânica da inteligência humana com o mesmo grau de eficiência (RUSSELL & NORVIG, 2004). Em oposição à mente simbolista, seqüencial e centralizada surgiu a computação paralela distribuída, ou seja, a inteligência artificial conexionista nos anos 1980. A partir de então as teorias cognitivistas (teorias da mente), passam a ter como base a neurofisiologia tornando intensa a busca por explicações dos processos mentais através do novo paradigma computacional (CARVALHO, 2005).

Tem-se então uma definição de Inteligência Artificial: "o estudo de como criar máquinas que realizam tarefas em que no momento são melhores as pessoas" (RICH, 1988 p. 1; CARVALHO, 2005, p. 59; RUSSELL & NORVIG, 2004, p. 3; HAYKIN, 2002, p. 59).

Neste mesmo período o físico e biólogo John Hopfield citado em Russel & Norvig (2004), mostrou a partir de elementos computacionais simplificados, técnicas da mecânica estatística para analisar as propriedades de armazenamento e otimização das redes, tratando coleções de *nós* como coleções de átomos. O ponto principal do modelo estaria nas conexões entre os *neurônios* sem privilegiar a capacidade computacional individualizada. Desse modo a inteligência não estaria mais na capacidade de processamento simbólico e sim nas conexões entre os elementos computacionais, dando origem à nova corrente denominada de *conexionista*. O objetivo do paradigma conexionista da inteligência artificial é descobrir como conectar neurônios artificiais (modelados matematicamente) para gerar redes neuronais capazes de realizar tarefas semelhantes às humanas (CARVALHO, 2005).

A diferença apresentada por Carvalho (2005) entre *simbolistas* e *conexionistas* reside no conceito de algoritmo utilizado para ambas as correntes. Os simbolistas

entendem que a mente pode ser substituída por um algoritmo simbólico, centralizado, seqüencial e determinístico. Enquanto para os conexionistas o fenômeno mental só pode se expressar a partir de um conceito mais amplo do algoritmo numérico, paralelo, distribuído e, possivelmente, probabilístico. Quer dizer, os simbolistas trataram de fenômenos mentais conscientemente dirigidos (leitura, fala e raciocínio) e os *conexionistas* explicaram os processos mentais inconscientes (percepção, memória).

Os modelos conexionistas e simbólicos para sistemas inteligentes foram vistos como concorrentes entre pesquisadores (SMOLENSKY, 1988). Discutiu-se que a manipulação de símbolos era a característica que definia os seres humanos e que foi questionada pela corrente conexionista. Para esta, a manipulação de símbolos não tinha qualquer função explicativa real em modelos detalhados de cognição. As divergências foram atualizadas por visões contemporâneas dando conta que as abordagens conexionistas e simbólicas são complementares e não concorrentes (RUSSEL & NORVIG, 2004).

Credita-se aos conexionistas nos anos de 1980 os estudos observacionais no cérebro, suas regiões, núcleos e circuitos neuronais numa perspectiva de um paradigma estruturalista. Depois, o interesse na aplicação do conhecimento foi para além do estudo do cérebro, ainda que a mente humana continuasse centralizando a atenção das pesquisas. Assim, descreve-se a criação de um novo paradigma, Neurociência Computacional, considerando que o desenvolvimento de máquinas inteligentes tem por base o entendimento do cérebro humano (**figura 3**), o único modelo de inteligência humana (CARVALHO, 2005).

Neurociência computacional é a área da neurociência que tem por objetivo propor modelos matemáticos computacionais para simular e entender a função dos mecanismos do sistema nervoso. Por sua própria natureza ela é uma ciência interdisciplinar que combina diferentes campos do saber, como neurobiologia, física, ciência da computação, engenharia elétrica, matemática aplicada e psicobiologia.

O modo como o cérebro humano habilita o pensamento é um grande mistério para a ciência. Há que entender como uma coleção de células simples pode levar ao pensamento, à ação e à consciência, ou que cérebro gera mentes (RUSSEL & NORVIG, 2004, p.13). O cérebro é visto como um computador altamente complexo, não-linear e paralelo. Apresenta a capacidade de organizar seus constituintes estruturais conhecidos por neurônios de forma a realizar certos processamentos (reconhecimento de padrão,

percepção e controle motor) de forma mais rápida que o mais célere computador digital. O cérebro humano em sua capacidade de processar a informação de modo diferente do computador digital chamou atenção de pesquisadores no desenvolvimento das redes neuronais. As redes neuronais representam uma forma de modelar a maneira como o cérebro realiza uma tarefa particular ou função específica; esta é normalmente implementada utilizando componente eletrônico ou é simulada por programação em um computador. As redes neuronais empregam uma interligação maciça de células computacionais simples denominadas neurônios ou unidades de processamento (HAYKIN, 2002).

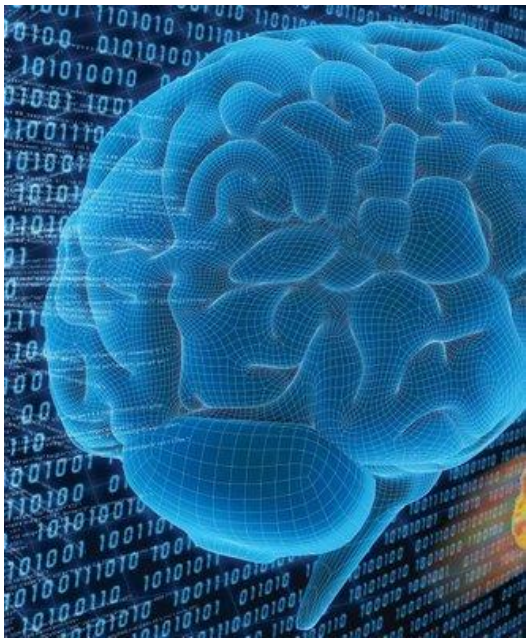

Figura 3: Cérebro humano e inteligência computacional (CASAL10, 2011)

Rede neuronal vista por Haykin (2002) como uma máquina adaptativa, foi definida como:

> Um processador maciçamente, paralelamente distribuído, constituído de unidade de processamento simples, que tem a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para uso. Ela se assemelha ao cérebro em dois aspectos: 1- conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente através de um processo de aprendizagem. 2- forças de conexão entre neurônios conhecidos como pesos sinápticos são utilizadas para armazenar o conhecimento adquirido (p. 28).

Nesta pesquisa estamos restritos a uma classe importante de redes neuronais que realizam computação útil através de um processo de treinamento supervisionado e não-supervisionado. Também utilizaremos o algoritmo *k-means*, para agrupamento de classes no espaço n-dimensional.

As aplicações das redes neuronais tomam por bases sua condição de ferramentas genéricas capazes de implementar métodos estatísticos para reconhecimento de padrões. No entanto deve-se levar em conta a sua generalidade ao ser utilizada numa aplicação, pois está diretamente relacionada ao tipo de tarefa a ser executada pelo modelo da rede. A associação e reconhecimento de padrões envolvendo problemas pertinentes à área de saúde encontram utilização das redes neuronais, principalmente em função de sua aplicabilidade a problemas específicos realizados através do treinamento da rede (MANCINI *et al*, 2007).

O desenvolvimento das redes neuronais tem contribuído para soluções de problemas nos mais variados campos do conhecimento, como medicina, economia, engenharia e meteorologia entre outros. Uma aplicação de redes neuronais na medicina, por exemplo, pode ocorrer a partir de surtos de epidemias ao longo de uma década; pode-se pensar em esquemas de distribuição de remédios baseados em predição de ocorrência de doença. Usadas também em classificação de padrão de transtornos de aprendizagem, por exemplo. O uso dessa tecnologia de IA como ferramenta de apoio ao diagnóstico vem crescendo ao longo dos anos cuja aplicabilidade pode ser observada nas diversas áreas do conhecimento.

A tecnologia computacional apresenta-se como importante aliada do profissional da área de saúde no auxílio do processo de diagnóstico, contribuindo para mudanças dos modelos tradicionais investigativos para processos cada vez mais precisos e dinâmicos.

4.1. Redes Neuronais

As redes neuronais são estruturas de processamento computacionais que tentam simular de uma forma simplificada a maneira como o cérebro animal processa determinadas informações (HAYKIN, 2002).

4.2. Modelo do Neurônio

Um modelo de neurônio artificial (nodo) é uma unidade de processamento de informação lógico-matemática similar, em estrutura, forma, comportamento e funcionamento, ao neurônio biológico (**figura 4**), fundamental para a operação de uma rede neuronal. Dessa forma pode-se traçar um paralelo entre um neurônio biológico e um neurônio artificial (**figuras 5 e 6**). O neurônio possui um ou mais sinais de entrada e um sinal de saída. As ligações sinápticas são representadas pelos pesos (valores que indicam o grau de importância que determinada entrada possui em relação ao respectivo neurônio). As entradas são multiplicadas pelos pesos e a soma desses resultados é o sinal de excitação do neurônio. O sinal de excitação produzirá uma saída conforme a função de ativação interna do neurônio (CARVALHO, 2005).

Figura 4: Simulação de neurônio biológico (COSMOLOGIAXAMANICA, 2011)

A **figura 6** mostra o modelo para um neurônio, que forma a base para o projeto de redes neuronais. São identificados três elementos básicos do modelo neuronal.

1 - Um conjunto de sinapses ou elos de conexões, cada uma caracterizada por um peso ou força própria. Especificamente um sinal x_j na entrada da sinapse j conectada ao neurônio k é multiplicado pelo peso sináptico w_{kj}. É importante notar a maneira como são escritos os índices do peso sináptico w_{kj}. O primeiro índice se refere ao neurônio em questão e o segundo se refere ao terminal de entrada da sinapse à qual o

peso se refere. Ao contrario de uma sinapse do cérebro, o peso sináptico de um neurônio artificial pode estar em um intervalo que inclui valores negativos bem como positivos.

2 – Um somatório para os sinais de entrada ponderados pelas respectivas sinapses do neurônio; as operações constituem um combinador linear.

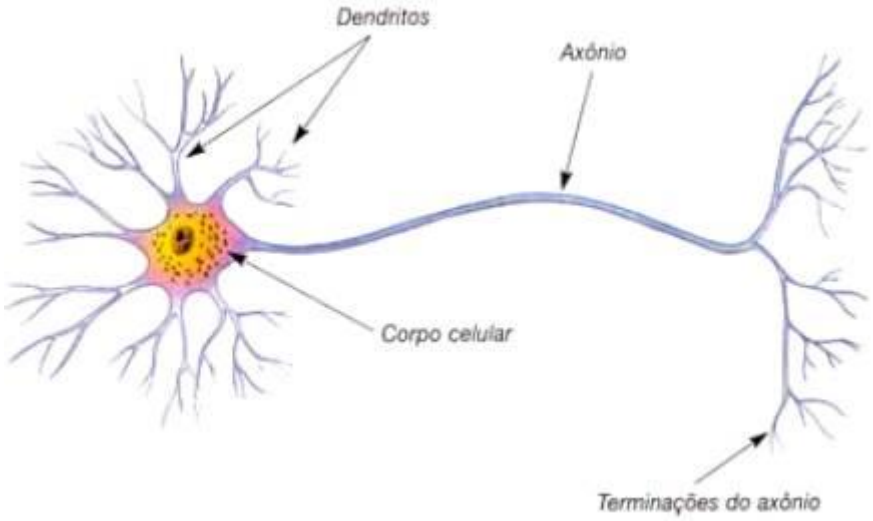

Figura 5: Representação de um neurônio biológico (FILOSOFIAADISTANCIA, 2011)

3 – Uma função de ativação para restringir a amplitude da saída de um neurônio. A função de ativação é também referida como função restritiva já que limita o intervalo permissível de amplitude do sinal de saída a um valor finito.

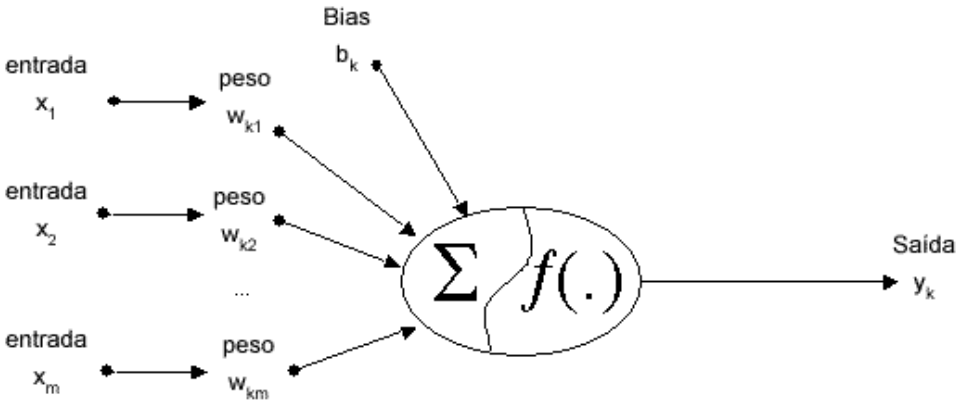

Figura 6: Representação de um neurônio artificial (LNCC, 2011)

O intervalo normalizado da amplitude da saída de um neurônio é escrito como o intervalo unitário fechado [0, 1] ou alternativamente [-1, 1].

O modelo neuronal inclui também um *bias* aplicado externamente, representado por b_k. O *bias* b_k tem o efeito de aumentar ou diminuir a entrada líquida da função de ativação, dependendo se ele é positivo ou negativo, respectivamente.

Em termos matemáticos, um neurônio k pode ser descrito pelas seguintes equações:

$$v_k = f\left(\sum_{j=1}^{m} w_{kj}\, x_{\mathrm{j}} + b_k\right) \tag{4.1}$$

e

$$y_k = \varphi\,(v_k) \tag{4.2}$$

onde $x_1,\ x_2, \ldots,\ x_m$, são os sinais de entradas;

$w_{k1},\ w_{k2}, \ldots,\ w_{km}$ são os pesos sinápticos do neurônio k;

v_k é a saída da combinação linear devido aos sinais de entrada;

b_k é o bias;

$\varphi\,(.)$ é a função de ativação;

y_k é o sinal de saída do neurônio.

O uso do *bias* b_k tem o efeito de aplicar uma transformação afim à saída u_k da combinação linear no modelo da figura 6, como mostrado por

$$v_k = u_k + b_k \tag{4.3}$$

Na equação 4.4, adicionamos uma nova sinapse. A sua entrada é

$$x_0 = +1 \tag{4.4}$$

e o seu peso é

$$w_{k0} = b_k \tag{4.5}$$

O efeito do *bias* é levado em conta de duas maneiras: (1) adicionando-se um novo sinal de entrada fixo em +1 e (2) adicionando-se um novo peso sináptico igual ao *bias* b_k. Isso permite aumentar o grau de liberdade disponível no modelo e a rede neuronal tenha maior capacidade de se ajustar ao conhecimento a ela fornecido (LEMOS, 2003).

4.3. Funções de ativação

A função de ativação é uma função matemática que, aplicada à combinação linear entre as variáveis de entrada e pesos que chegam a determinado neurônio, retorna ao seu valor de saída. Existem funções matemáticas que são utilizadas como função de ativação.

Existem algumas regras heurísticas para a seleção da função de ativação. Klimasaukas (1991) sugere a função de ativação logística para problemas de classificação que envolve aprendizado de um determinado padrão. A função tangente hiperbólica também é utilizada em problemas de classificação devido ao fato de, em algumas situações práticas, acelerarem a convergência do algoritmo de treinamento da rede neuronal (PEREIRA, 1999).

A função de ativação, representada por $\varphi\ (v)$, define a saída de um neurônio em termos do campo local induzido v. A função de ativação calcula as respostas geradas pelas unidades. Entre os vários tipos de funções de ativação, as mais usadas são Limiar, Linear e Sigmóide, descritas a seguir.

Função de Limiar (Degrau): Para este tipo de função de ativação temos

$$\varphi\ (v) = \begin{cases} 1\ se\ v \geq 0 \\ 0\ se\ v\ < 0 \end{cases} \tag{4.6}$$

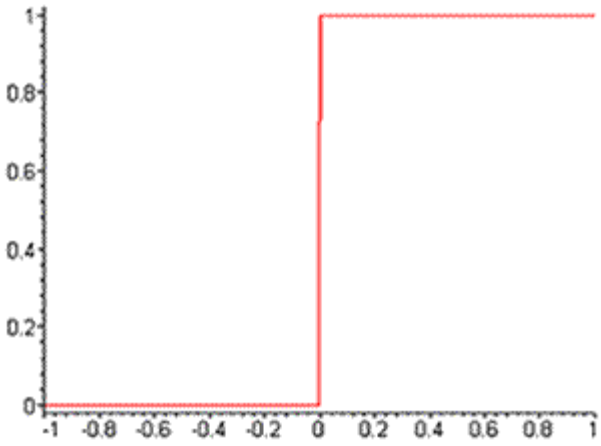

Gráfico 1: Função de Limiar

Esta forma de função de limiar é normalmente referida como *Função de Heaviside*. Correspondentemente, a saída do neurônio *k* que emprega esta função de limiar é expressa como

$$y_k = \begin{cases} 1 \; se \; v_k \geq 0 \\ 0 \; se \; v_k < 0 \end{cases} \tag{4.7}$$

Onde v_k é o campo local induzido do neurônio; isto é

$$v_k = f\left(\sum_{j=1}^{m} w_{kj}\, x_{\mathrm{j}} + \; b_k\right) \tag{4.8}$$

Utilizada no modelo do neurônio projetado por McCulloch e Pits, a função limiar modela a propriedade "*tudo-ou-nada*" deste neurônio.

Tangente Hiperbólica: A Função Tangente Hiperbólica, possui forma de "s", assumindo valores entre 1 e -1, sendo representada por:

$$\varphi_k = \frac{1 - e^{-2ki}}{1 + e^{-2ki}} \tag{4.9}$$

Onde:

i é o parâmetro de inclinação da curva;

1 são os limites inferiores e superiores;

k é o valor de ativação da unidade.

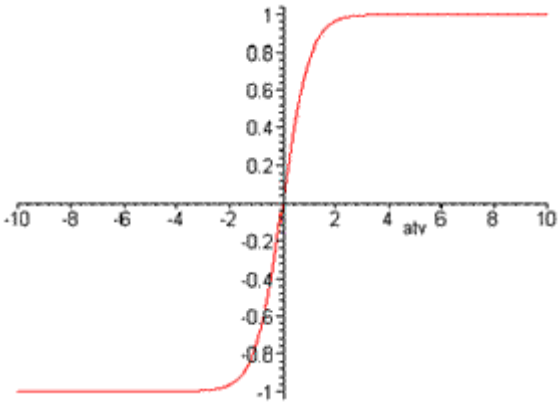

Gráfico 2: Função Tangente Hiperbólica

Função Linear: A função de ativação linear é definida pela equação $y = \alpha x$**,** onde α é um número real que define a saída linear para os valores de entrada, y é a saída e x é a entrada.

A função linear pode ser restringida para produzir valores constantes em uma faixa $[-y, +y]$, e neste caso, passa a ser a função rampa definida pela notação abaixo.

$$y = \begin{cases} +y \;\; se \;\; x \geq y \\ x \;\; se \;\; x = y \\ -y \;\; se \;\; x \leq -y \end{cases} \tag{4.10}$$

Os valores máximos e mínimos da saída são $-y, +y$. A função rampa é usada geralmente, como uma função linear simplificada.

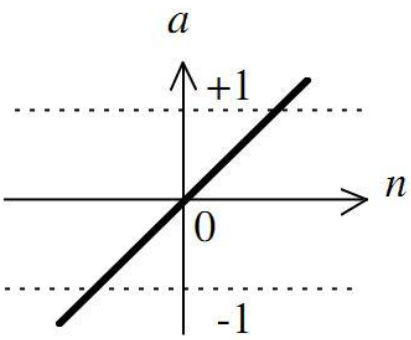

Gráfico 3: Função linear

4.4. Classificação das Redes Neuronais

Redes neuronais são sistemas paralelos distribuídos, compostos por unidades de processamento elementares (nodos) que processam determinadas funções matemáticas (normalmente não-lineares). Estas unidades são dispostas em uma ou mais camadas e são interligadas por conexões geralmente unidirecionais. Na maioria dos modelos de redes neuronais, estas conexões estão associadas a pesos, os quais armazenam o conhecimento representado no modelo e servem para ponderar a entrada recebida por cada neurônio da rede. O funcionamento destas redes é inspirado em uma estrutura física concebida pela natureza: o cérebro humano (CARVALHO, 2005); (HAYKIN, 2001); (BRAGA e LUDEMIR, 1998).

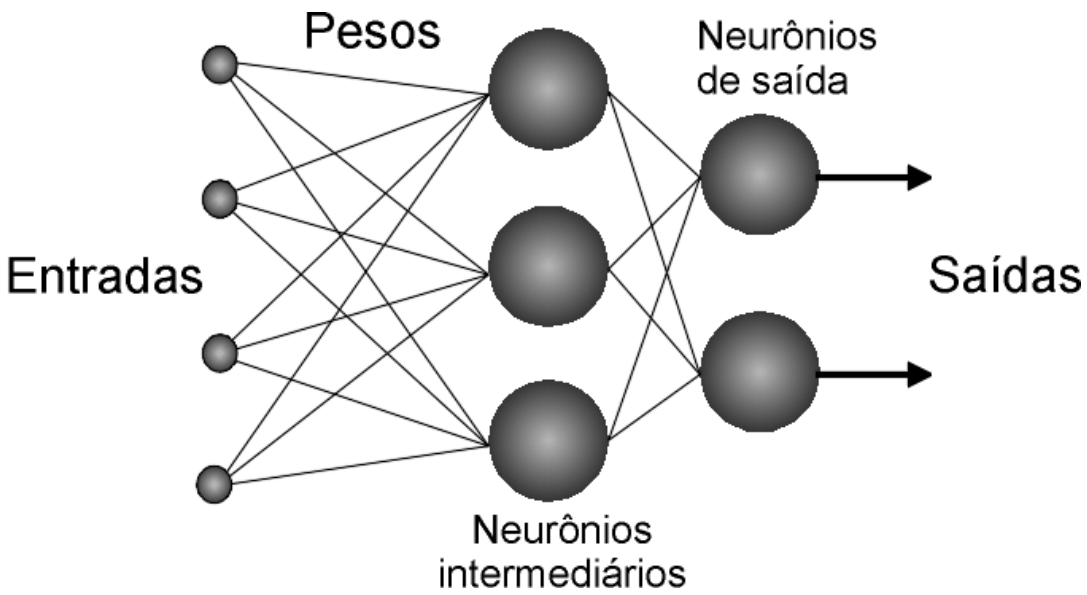

Figura 7: Exemplo de uma Rede Neuronal de 2 camadas (CEREBROMENTE, 2011)

Os neurônios artificiais (nodos), de forma similar ao que acontece no cérebro, são interconectados, criando a rede neuronal (**figura, 7**). Dessa forma é possível formar estruturas para generalização de padrões através de diversas entradas, produzindo uma ou mais saídas que poderá representar uma ação ou objeto do mundo real (padrão) como resposta aos diferentes dados apresentados na entrada. A fase de aprendizado (descrita como "treinamento da rede") trata de ajuste adequado dos pesos sinápticos, possibilitando a retenção das características de padrões conhecidos e, inclusive, o emprego da rede na generalização/classificação de novos padrões. Ao final desta fase, a

rede estará “treinada” e capacitada a reconhecer os padrões que lhe forem apresentados, bem como capacitada a dar uma resposta coerente a padrões que não tenham feito parte do conjunto de treinamento, classificando-os dentro de um dos padrões previamente “aprendidos” (CARVALHO, 2005).

A aceitação das redes neuronais ocorre em variadas dimensões: em problemas de regressão, classificação e compactação de dados, e ainda em interações não-lineares entre as variáveis dependentes e independentes. Também demonstraram eficiência quando utilizadas em área de diagnósticos e prognósticos médicos. O modelo neuronal tem utilização também em estudos epidemiológicos (SANTOS *et al.*, 2005).

A principal característica das redes neuronais é a sua capacidade de aprender com a experiência e a única tarefa que uma rede neuronal pode executar é associar padrões. Os paradigmas de aprendizagem podem ser classificados em dois tipos: associativo e não associativo. Aprender sobre o relacionamento que há entre pares de estímulo é característica do aprendizado associativo. Este tipo de aprendizado corresponde a um modelo de redes neuronais *supervisionadas*. Quando não há estímulos secundários para associar com os estímulos primários, temos um aprendizado não-associativo. Com este tipo de aprendizado corresponde a um modelo de redes neuronais *não-supervisionadas*.

4.5. Aprendizado supervisionado

No aprendizado *supervisionado* sempre existe uma pessoa ou especialista treinando a rede. Neste tipo de aprendizado o padrão de saída é conhecido a *priori* e a rede é levada a reproduzir as saídas (respostas desejadas). Durante este processo, os pesos das conexões entre os elementos de processamento são ajustados pela rede, de acordo com uma determinada regra de aprendizagem, até que o erro calculado em função das saídas geradas pela rede alcance um valor mínimo desejado, ou seja, o processo de aprendizagem é incremental de forma que após sucessivas fases de teste e reforço, as sinapses vão variando Δw_{ij}, convergindo para seus valores finais w_{ij} capazes de realizar a desejada associação de padrões (CARVALHO, 2005).

O aprendizado supervisionado pode ser melhor compreendido através da **figura 8** a seguir.

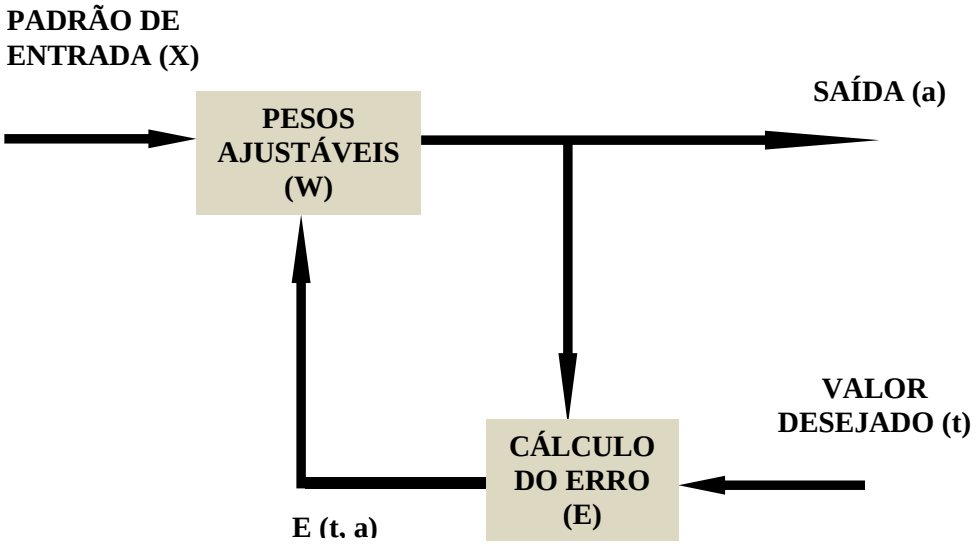

Figura 8: Esquema do aprendizado supervisionado

4.6. Aprendizado não-supervisionado

No aprendizado *não-supervisionado* não existe uma pessoa ou especialista treinando a rede. No aprendizado não-supervisionado são disponíveis à rede neuronal apenas padrões de entrada de treinamento de classificação desconhecida. A rede "analisa" os conjuntos de dados apresentados a ela, determina algumas propriedades dos conjuntos de dados e "aprende" estas propriedades na sua saída. O reconhecimento de padrões de forma não-supervisionado se caracteriza quando não existe informação "*a priori*" a cerca das classes. O método para associar um dado agrupamento a cada padrão segue algum critério de similaridade e são dependentes do algoritmo empregado, dos dados utilizados e da medida de similaridade adotada. As propriedades que a rede vai "aprender" sobre os dados podem variar em função do tipo de arquitetura utilizada e da forma de aprendizagem. Os métodos mais comuns de aprendizagem não-supervisionados são: Mapa Auto-Organizável de Kohonen, Redes de Hopfield e Memória Associativa Bidirecional (CARVALHO, 2005).

O aprendizado não-supervisionado pode ser entendido através da **figura 9** abaixo.

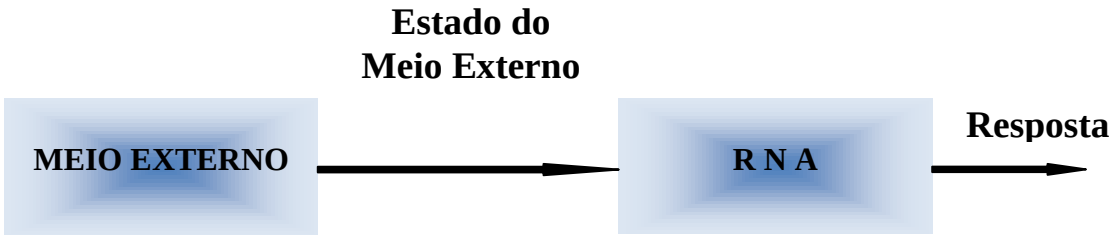

Figura 9: Esquema do Aprendizado Não-Supervisionado adaptado de Lemos (2003)

4.7. Arquiteturas de Rede

A denominação de arquitetura ou topologia de uma rede é dada pela forma como os nodos se interligam numa estrutura. Pode-se classificar as redes neuronais com relação a função de fluxo de dados. Existe uma variedade de arquitetura de rede neuronal, cada uma com suas próprias potencialidades. Por este aspecto em geral as redes neuronais se classificam em três categorias:

Redes *Feedforward* (acíclica) de uma só camada. Esta é o tipo de rede mais simples, tem uma camada de entrada de nós de fonte que se projeta sobre a camada de saída de neurônios (nós computacionais). Esta rede é estritamente do tipo unidirecional, ou seja, apenas para a frente. Também é designada de rede de camada única e se refere a camada de saída de nós computacionais (neurônios). A camada de entrada de nós não conta porque nesta camada não é realizada qualquer tipo de computação (**figura 10**).

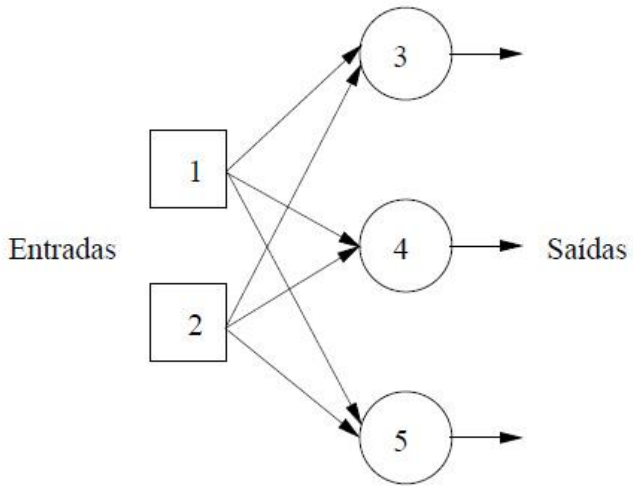

Figura 10: Redes *feedforward* (acíclica) com uma única camada

Redes *feedforward* (acíclica) com múltiplas camadas. Essa é a segunda classe de rede neuronal, onde os dados se propagam apenas unidirecional, ou seja, apenas para frente. Distingue-se pela presença de uma ou mais camadas ocultas, de neurônios ditas de entrada, intermediária e de saída (**figura 11**). A camada de entrada recebe os sinais de excitação e os repassa à camada intermediária que, por sua vez os repassa à camada de saída que fornece a resposta da rede neuronal. Os padrões de entrada e saída a serem associados pela rede neuronal são apresentados simultaneamente às camadas de entrada e saída respectivamente. Neurônios que não pertencem nem a camada de entrada nem a de saída são os neurônios internos à rede e pertencem a uma ou mais camadas intermediárias, ou camadas ocultas. A camada intermediária tem o papel de servir como elemento associador entre a entrada e a saída. Com uma mais camada oculta, a rede é capaz de extrair estatísticas de ordem elevada (HAYKIN, 2002; AZEVEDO, BRASIL e OLIVEIRA, 2000).

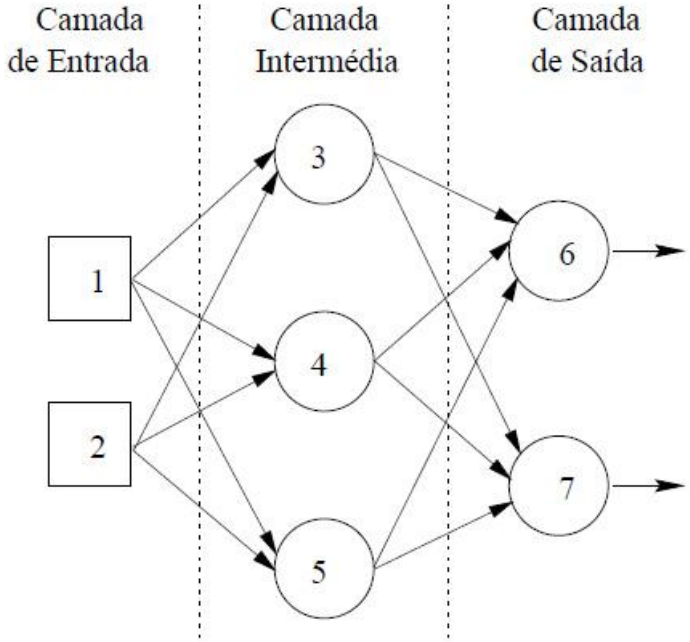

Figura 11: Redes *feedforward* (acíclica) com múltiplas camadas

Todos os neurônios da camada intermediária têm sinapse de polarização que é dispensável no neurônio de saída. Cada entrada se comunica através de sinapses *w* com todos os neurônios da primeira camada, e a saída de cada neurônio da primeira camada se comunica através de sinapses *t* com o neurônio de saída, na segunda camada. Sem perda de generalidade fazemos *t1* constante, *t1* = 1.

Nos casos em que o número de neurônios na camada intermediária torna-se elevado, o uso de duas ou três (pouco usado) camadas pode às vezes permitir a diminuição do número de neurônios na camada escondida (SANTOS, 2003).

Redes *feedback* ou recorrentes (cíclica). A diferença entre uma rede recorrente e uma rede neuronal *feedfoward* é que a rede recorrente tem menos realimentação. Redes cíclicas são aquelas cujo grafo de conectividade contém, pelo menos, um ciclo e além de apresentarem ciclos, envolvem neurônios dinâmicos (HAYKIN, 2002).

Uma rede recorrente pode consistir de uma única camada de neurônios com cada neurônio alimentando seu sinal de saída de volta para a entrada de todos os outros neurônios, como ilustrado na f**igura 12** a seguir.

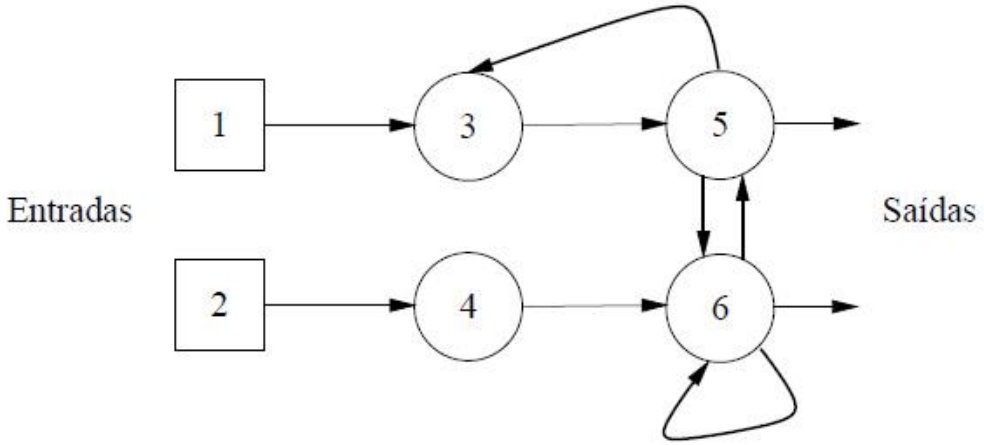

Figura 12: Rede recorrente (acíclica)

4.8. Reconhecimento de Padrão

A escolha de um algoritmo de aprendizagem em particular é influenciada pela tarefa de aprendizagem que uma rede neuronal deve executar. Haykin (2002) identifica seis tarefas de aprendizagem que se aplicam ao uso de redes neuronais de uma forma ou de outra. Entre as tarefas destaco reconhecimento de padrões definido por Haykin como "o processo pelo qual um padrão/sinal recebido é atribuído a uma classe dentre um número predeterminado de classes (categorias)".

Carvalho (2005) faz referência à técnica de *classificação* das redes neuronais artificiais relacionando-a com as tarefas cognitivas que as pessoas utilizam para a compreensão do seu ambiente. Os indivíduos classificam o que percebem ao seu redor, criando diferentes classes de relações humanas (amigos, familiares, colegas de trabalho) e atribuindo a cada classe diferentes formas de tratamento; formando classes de protocolos de comportamento em diferentes ambientes; definindo classes sociais; estabelecendo preconceitos e tratando pessoas segundo estes estereótipos, entre outras formas de classificação.

Um sistema para reconhecimento de padrões ocorre em três etapas: a) a primeira etapa é a representação dos dados de entrada. Nesta fase os dados podem ser mensurados a fim de descrever padrões característicos do objeto, possibilitando sua classificação numa determinada classe; O vetor que caracteriza um objeto seria de dimensionalidade infinita representado pelo vetor X:

$$X = \begin{pmatrix} x_2 \\ x_3 \\ x_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_N \end{pmatrix} \text{ onde: } x_1,\ x_2,\ x_3, \dots, x_N \qquad (4.11)$$

são suas características. b) a segunda etapa é a extração de características intrínsecas e atributos do objeto e consequente redução da dimensionalidade do vetor padrão; c) a terceira etapa é a identificação e classificação do objeto em classe de objetos (CASTRO e PRADO, 2002).

Se o treinamento do classificador exigir conhecimento *a priori* da estrutura estatística dos padrões a serem analisados e o padrão de entrada for identificado como membro de uma classe pré-definida pelos padrões de treinamento, a classificação se processa de forma supervisionada. Agora, se o classificador utilizar modelo estatístico, ajustando-se mediante processos adaptativos e a associação entre padrões se fizer com base em similaridade entre os padrões de treinamento, a classificação se processará de forma não-supervisionada. A **figura 13** a seguir ilustra as fases do reconhecimento de padrões.

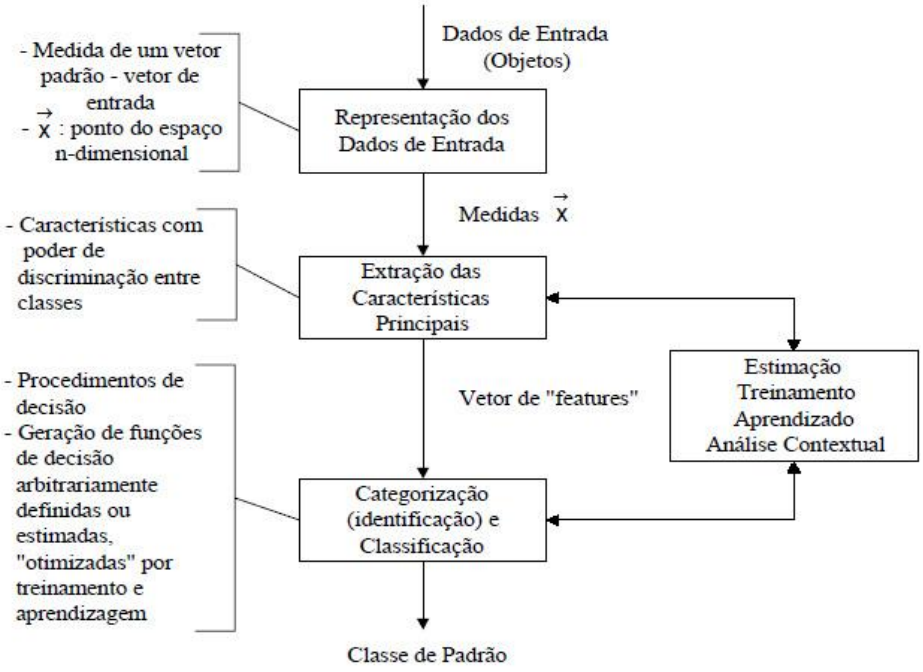

Figura 13: Fases do Reconhecimento de Padrões adaptado de Castro e Prado, (2002).

4.9. Algoritmo de Aprendizado por Retropropagação de Erros

Em 1982 surge o paradigma conexionista através da rede neuronal de Hopfield, e foi consolidado por Rumelhart como rede neuronal com aprendizado por retropropagação de erros. Os erros de aprendizado dos neurônios das camadas intermediárias e de entrada são calculados em função dos erros dos neurônios da camada de saída. Ou seja, os erros da camada de saída são "propagados para trás" em direção à entrada, possibilitando a alteração das sinapses para o aprendizado. O termo em inglês pelo qual a rede neuronal é comumente conhecida é "*Backpropagation Neural Networks*" o que levou ao termo "Rede Neuronal de *Backpropagation*" em português (CARVALHO, 2005).

A topologia da rede neuronal com aprendizado por retropropagação de erros é definida com três camadas de neurônios conhecidas como *entrada*, *intermediária* e de *saída* (**figura 14**). A camada de *entrada* recebe os estímulos e os repassa à camada *intermediária* e esta, por sua vez os repassa à camada de *saída* que fornece a resposta da

rede neuronal. Os padrões de entrada e saída a serem associados pela rede neuronal são apresentados simultaneamente à camada de entrada e saída, respectivamente.

Topologia da Rede Neuronal de Humelhart

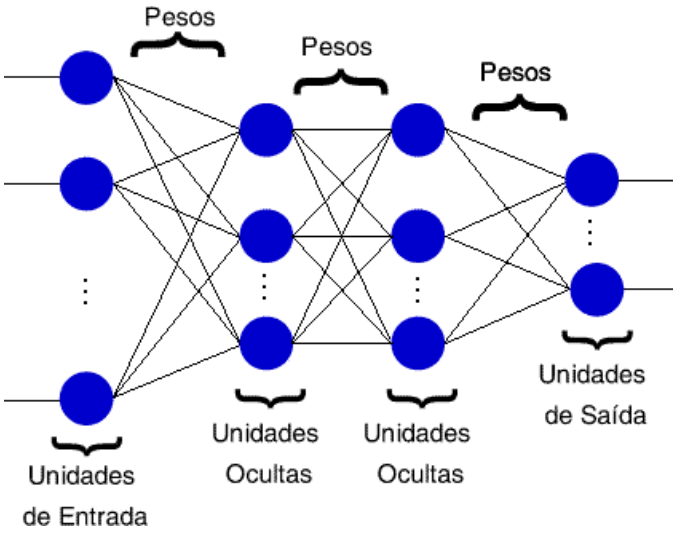

Figura 14: Rede neuronal com camada entrada, oculta e saída neurônios (LNCC, 2011)

Do ponto de vista matemático é a camada intermediária que fornece os graus de liberdade necessários para que vários padrões de entrada (no caso, sintomas) possam ser associados a vários padrões de saída (no caso, diagnósticos médicos) em uma mesma rede neuronal (CARVALHO, 2005).

Em uma rede neuronal de aprendizado por retropropagação de erros, os neurônios são sempre semi-lineares. Cada um dos neurônios de entrada representa uma variável do problema, por exemplo, os sintomas de um paciente. Os neurônios de saída representam as possíveis doenças do paciente. Em uma aplicação de diagnóstico, à rede seria ensinada uma série de associações entre sintomas e doenças, de forma que ao apresentarmos à rede neuronal os sintomas de um novo paciente, esta estimularia na saída aquele neurônio representante da doença mais provável. Os estados de ativação dos neurônios de entrada e saída devem ser escalados de forma a estarem dentro da faixa necessária para a representação de cada variável do problema. Dessa forma, se um neurônio da camada de entrada representa a variável febre, sua função sigmóide deve ser escalada para estar entre o valor mínimo de 33°C e máximo de 42°C.

Neurônios semi-lineares

$$\begin{cases} u_j = \sum_i w_{ji} * o_i \text{ (regra de propagação)} \\ o_j = f(u_i) \quad \text{(regra de ativação sigmóide)} \end{cases} \tag{4.12}$$

A regra de aprendizagem define um *erro de aprendizado* que se baseia na diferença quadrática entre o valor obtido na saída produzida pela saída, o_j , em relação ao valor da saída desejada, t_j , somado para cada neurônio N_j da camada de saída:

$$E = \frac{1}{2} * \sum_j (t_j - o_j).^2 \tag{4.13}$$

O objetivo consiste, em reduzir continuamente o *erro* ***E*** em relação às sinapses w_{ji} de forma que se possa encontrar um conjunto de sinapses para as quais o erro seja nulo ou um valor aceitável.

Isto é alcançado pelo ajuste dos pesos entre as conexões dos neurônios pela aplicação do Método Gradiente, que calcula o erro para alguma unidade particular e propaga esse erro para a camada anterior. Cada unidade tem seus pesos ajustados de modo a minimizar o erro da rede neuronal.

Vale lembrar que o gradiente de uma função em um ponto qualquer de seu domínio é o conjunto de derivadas da função em relação a cada uma de suas variáveis no referido ponto. Este vetor sempre indica a direção de maior crescimento da função a partir daquele ponto. Para minimizar uma função, uma metodologia direta e simples a ser utilizada - guardando as devidas limitações devido à simplicidade - é calcular o gradiente da função em um ponto e caminhar na direção oposta (recíproco do gradiente). Sendo assim, a variação sináptica imposta à rede neuronal para minimizar o erro de aprendizado é proporcional ao recíproco do gradiente:

$$\Delta w_{ji} = \sim - \frac{\partial E}{\partial w_{ji}} \tag{4.14}$$

Mas pela Regra da Cadeia do Cálculo Diferencial, deriva-se primeiro o erro em relação ao impulso total de entrada do neurônio e depois deriva-se o impulso total de entrada em relação às sinapses:

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ji}} = \underset{\underset{-\delta_j}{\downarrow}}{\frac{\partial E}{\partial u_j}} \cdot \underset{\underset{o_i}{\downarrow}}{\frac{\partial u_j}{\partial w_{ji}}} \tag{4.15}$$

Ao primeiro termo da deriva é denominado de erro do neurônio N_j , $-\delta_j$, por definição enquanto o segundo termo pode ser calculado a partir da regra de propagação do neurônio semi-linear. O gradiente do erro de aprendizado assume a forma:

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ji}} = -\delta_j \ . \ o_i \ . \tag{4.16}$$

Como pelo Método do Gradiente sempre se alteram as varáveis no sentido contrário ao gradiente da função, a variação sináptica para a minimização do erro de aprendizado deve ser:

$$\Delta w_{ji} \ = \ \eta \ . \ \delta_j \ . \ o_i \ ; \tag{4.17}$$

onde η, é uma constante pequena (dita “passo”) que limita o quanto se deve alterar as variáveis ou “caminhar” na direção calculada. Caminhando muito na direção de minimização, corre-se o risco de passar do ponto de mínimo. Daí a necessidade de colocar um passo pequeno e sempre positivo. A expressão acima afirma que a alteração da sinapse que parte do neurônio N_i da camada inferior para o neurônio N_j da camada imediatamente superior é proporcional ao produto do erro do neurônio da camada superior, δ_j , pela saída do neurônio da camada inferior o_i .

É preciso avaliar o erro do neurônio N_j, dado por δ_j. Pela regra da cadeia, podemos escrever a derivada do erro em relação ao impulso total de entrada como o encadeamento da derivada em relação à saída do neurônio com a derivada desta saída em relação ao impulso total de entrada:

$$\delta_j = -\frac{\partial E}{\partial u_j} = -\underbrace{\frac{\partial E}{\partial o_j}}_{\text{2 casos}} * \underbrace{\frac{\partial o_j}{\partial u_j}}_{f'(u_j)} \tag{4.18}$$

O segundo termo da cadeia é a derivada da regra de ativação do neurônio semi-linear, que se reduz à derivada da função sigmóide $f'(u_j)$. Já o primeiro termo da cadeia tem duas possibilidades de cálculo:

1º Caso: O neurônio N_j é da camada de saída:

Se o neurônio pertence à camada de saída, basta derivar o erro diretamente de sua equação de definição apresentada no inicio, o que fornece:

$$\frac{\partial E}{\partial o_j} = -(t_j - o_j) e\ então\ \delta_j = (t_j - o_j) * f'(u_j) \tag{4.19}$$

Sendo assim,

$$\Delta w_{ji} = \eta \,.\, \delta_j \,.\, o_i\,; \tag{4.20}$$

onde

$$\delta_j = (t_j - o_j) * f'(u_j) \tag{4.21}$$

Ou seja, o erro do neurônio N_j da camada de saída é a diferença entre a resposta desejada t_j e a resposta realmente fornecida pelo neurônio o_j, multiplicado pela derivada da função sigmóide $f'(u_j)$.

2º Caso: O neurônio N_j NÃO é da camada de saída:

Neste caso, a variação da saída de um neurônio da camada intermediária produzirá alterações em todos os neurônios da camada de saída, uma vez que os neurônios da camada intermediária se conectam com todos os da camada de saída. A derivada do erro será a soma das alterações provocadas pelo neurônio intermediário nos neurônios de saída:

$$\frac{\partial E}{\partial o_j} = \underbrace{\frac{\partial E}{\partial u_1} * \frac{\partial u_1}{\partial o_j} + \frac{\partial E}{\partial u_2} * \frac{\partial u_2}{\partial o_j}}_{\text{neurônios da camada de saída}} \tag{4.22}$$

ou pode ser escrito de forma reduzida, onde o índice k representa os neurônios da camada de saída:

$$\frac{\partial E}{\partial o_j} = \sum_k \underbrace{\frac{\partial E}{\partial u_k}}_{-\delta_k} * \underbrace{\frac{\partial u_k}{\partial o_j}}_{w_{kj}} \tag{4.23}$$

Regra de propagação.

Mas, por definição, o primeiro termo é $-\delta_k$. Já o segundo termo, obtém-se da regra de propagação do neurônio. Assim, o erro do neurônio N_j da camada intermediária é a soma dos erros dos neurônios da camada superior (δ_k) ponderados pelas sinapses (w_{kj}) que partem do neurônio N_j da camada intermediária para os neurônios N_k da camada superior:

$$\delta_j = \sum_k \delta_k \, w_{kj} \, . \, f'(u_j). \tag{4.24}$$

É este modelo que confere o nome de retropropagação de erro à regra de aprendizado. Os erros dos neurônios da camada superior são “propagados” para uma camada inferior, em um movimento contrário ao fluxo natural da informação na rede neuronal, nesse movimento calcula-se o erro dos neurônios da camada intermediária.

Desta forma, a regra de aprendizado para alterar as sinapses entre a camada de entrada e a camada intermediária tem a mesma forma básica já apresentada:

$$\Delta w_{ji} = \eta \,.\, \delta_j \,.\, o_i \,, \tag{4.25}$$

Com a diferença de que o erro do neurônio N_j da camada intermediária é dado pela expressão acima.

Desse modo, é possível identificar duas fases distintas no processo de aprendizagem da rede neuronal (**figura 15**):

1) A rede neuronal é estimulada e as respostas, desejada $\boldsymbol{t}$ e efetiva $\boldsymbol{o}$ são obtidas:
2) As sinapses (w_{ij} que partem do neurônio N_i para o neurônio N_j são modificados proporcionalmente ao produto do erro do neurônio N_j pela saída do neurônio N_i. Se o neurônio N_j pertence à camada de saída, seu erro é facilmente calculado sabendo-se a diferença entre a resposta real e a resposta efetiva do mesmo. Mas, se o neurônio N_j pertence à camada intermediária, seu erro é calculado com base na retropropagação dos erros dos neurônios da camada de saída. Estes erros são somados ponderadamente pelas sinapses que ligam o neurônio da camada intermediária aos neurônios da camada de saída.

Com o grande número distinto de redes neuronais presentes na literatura e considerando a diversidade de tipos de aprendizagem e topologias, as redes neuronais de um modo geral são aplicadas nos mais variados campos de trabalho. Quando se tem dados do passado que se relacionam entre si, é recomendável o uso de uma rede neuronal de aprendizado por retropropagação de erros para aprender as relações de modo supervisionado, isto é, as associações são fornecidas pelo projetista da rede neuronal.

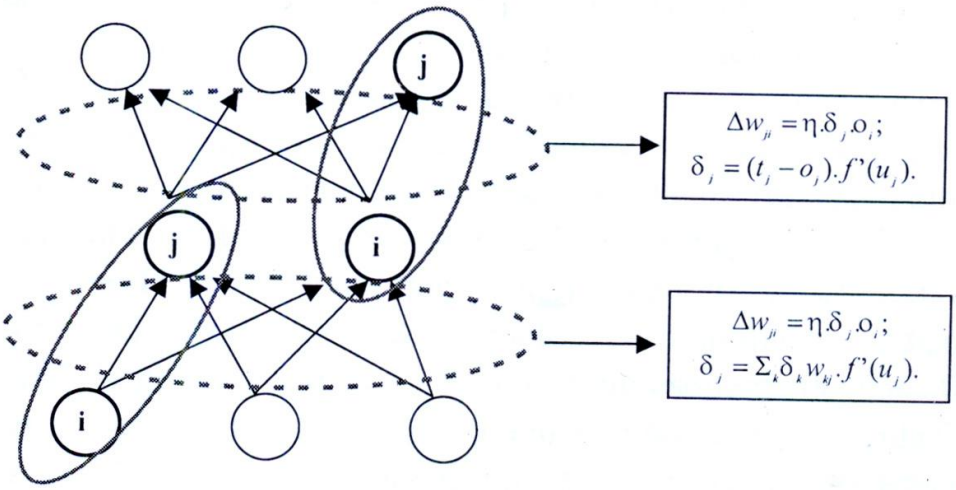

Figura 15: Aprendizado da rede neuronal (CARVALHO, 2005)

Posteriormente, quando novos dados lhes forem apresentados, a rede neuronal fornecerá na sua camada de saída às respostas associadas segundo as relações já aprendidas por ela. Assim, podemos ensinar a rede neuronal associar dados de transações bancárias na camada de entrada ao grau de suspeita de sua legalidade ou não na camada de saída, para um conjunto de transações do passado para os quais se conhece a legalidade ou não. Para cada nova transação bancária que se deseje avaliar o grau de legalidade, basta estimular os neurônios da camada de entrada com seus detalhes e na camada de saída um neurônio fornecerá o nível de legalidade da transação.

4.9.1. Etapas do Algoritmo *Backpropagation*

As etapas do algoritmo *backpropagation* podem ser sumarizadas nos seguintes passos:

1 - Iniciar rede com pesos entre neurônios aleatórios [-1;1]

2 - Enquanto critério de parada não for satisfeito

3 - Por cada exemplo apresentado à rede

4 - Output = Resposta da Rede ao Exemplo // *feedforward*

5 - Erro = Resposta esperada ao exemplo – Output

6 – Backpropagate (Erro,Net) // propagar erro para as camadas intermédias

7 – Atualizar Pesos (Net)

8 - Retorna Net (passo 2)

4.9.2. Desempenho do *Backpropagation*

O desempenho do algoritmo de aprendizado por retropropagação de erros está condicionado à modelagem adotada na rede neuronal e ao conjunto de dados utilizados no processo de ajuste dos pesos sinápticos entre as conexões da rede. A utilização de técnica de diminuição da quantidade de variáveis pode ajudar no desempenho do algoritmo. Uma dessas técnicas será discutida a seguir.

4.10. Análise de Componentes Principais (PCA).

Análise de Componentes Principais (PCA) é uma técnica estatística que pode ser utilizada para redução do número de variáveis e para fornecer uma visão estatisticamente privilegiada do conjunto de dados; em outras palavras, o conjunto de dados sofre uma redução de dimensionalidade (HAYKIN, 2001). A análise de componentes principais fornece as ferramentas adequadas para identificar as variáveis mais importantes no espaço das componentes principais.

Essa técnica consiste em reescrever as variáveis originais em novas variáveis denominadas componentes principais, através de uma transformação de coordenadas. A transformação é projetada de tal forma que o conjunto de dados pode ser representado por um número reduzido de características e ainda reter a maioria do conteúdo de informação intrínseco dos dados. A transformação matemática das coordenadas pode ser feita de diversas maneiras conforme a aplicação a ser desenvolvida. A transformação das variáveis originais em componentes principais tem algumas especificidades.

As componentes principais são as novas variáveis geradas através de uma transformação matemática realizada sobre as variáveis originais. Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais. Como exemplo: um sistema com oito variáveis, após a transformação, terá oito componentes principais. Cada uma destas componentes principais, por sua vez, será escrita como uma combinação linear das oito variáveis originais. Nestas combinações, cada variável terá uma importância ou peso diferente.

O reconhecimento estatístico de padrões, o valor prático da análise de componentes principais é que ela fornece uma técnica efetiva para a redução de dimensionalidade. Nesse sentido é possível reduzir o número de características necessárias para a representação efetiva dos dados descartando aquelas combinações lineares que apresentam pequenas variâncias e conservando somente aqueles termos que têm variâncias significativas (HAYKIN, 2001).

4.11. Mapas Auto-organizáveis (SOM)

Os Mapas Auto-organizáveis (*Self-organizing Map – SOM*) de Kohonen também considerados um tipo de classe especial de grades neuronais, são baseadas na aprendizagem competitiva. Os neurônios de saída da grade competem entre si para serem ativados ou disparados, com o resultado que apenas um neurônio de saída, ou um neurônio por grupo, está ligado em um instante de tempo. O neurônio de saída que vence a competição é chamado de *neurônio vencedor*, ou seja, “o vencedor leva tudo” (HAYKIN, 2002).

Um mapa auto-organizável é caracterizado pela formação de um mapa topográfico dos padrões de entrada no qual as *localizações espaciais (coordenadas) dos neurônios na grade são indicativas das características estatísticas intrínsecas contidas nos padrões de entrada*, justificando assim o nome “mapa auto-organizável” (HAYKIN, 2002).

O desenvolvimento da rede de Kohonen foi motivado por uma característica peculiar do cérebro humano, que é a organização das informações em várias regiões, isto é, conceitos similares se juntam, outros não tão similares ficam próximos e

conceitos completamente diferentes se encontram bem distantes, de tal forma que entradas sensoriais distintas são representadas por mapas computacionais topologicamente ordenados (KOHONEN, 1997).

Um mapa computacional é definido como um arranjo de neurônios representando processadores que operam paralelamente os sinais que transportam informação.

Considerando o SOM uma rede de duas dimensões (domínio e imagem), não há uma imposição do conceito de agrupamentos com fronteiras totalmente separadas, mas, cria regiões que muda aos poucos de um conceito a outro, podendo ser hexagonal (**figura 16**), retangular, triangular e outros.

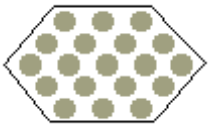

Figura 16: Exemplo de um conceito hexagonal

Na rede SOM não é necessário especificar *a priori* a quantidade de agrupamentos que se quer encontrar. Após a apresentação dos dados, analisa-se a resposta do SOM para entender como os dados estão distribuídos no domínio e a partir desta análise, determinam-se os agrupamentos (**figura17**).

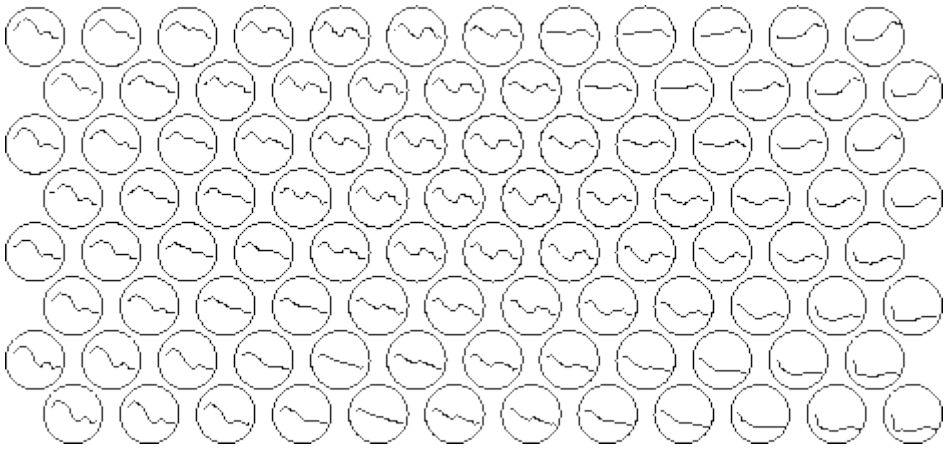

Figura 17: Exemplo de resposta de um SOM. Os círculos representam as posições dos neurônios e a curva dentro deles, o modelo que se quis representar. Note que modelos vizinhos são mutuamente similares (Kohonen, 2011).

O SOM é uma rede neuronal de apenas duas camadas completamente conectadas entre si: *camada de entrada*, para receber os registros; e *camada de saída*, onde é possível visualizar a resposta (**figura 18**).

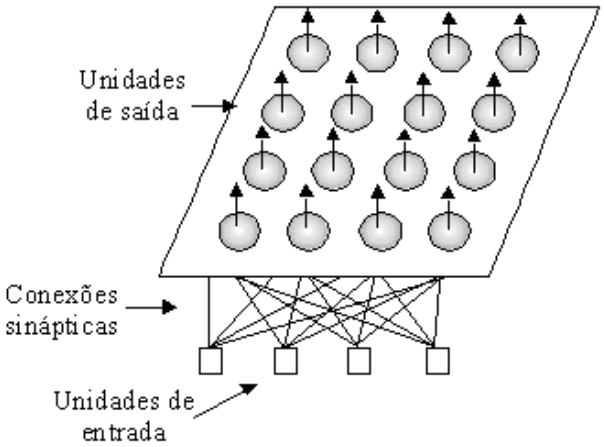

Figura 18: Modelo de Kohonen

O principal objetivo da rede neuronal SOM é transformar um padrão de sinal, de dimensão arbitrária, em um mapa discreto de uma ou duas dimensões e executar esta transformação adaptativa de uma forma topologicamente ordenada (HAYKIN, 2002). O que pode ser visto no diagrama esquemático de uma grade bidimensional de neurônios normalmente usada como mapa discreto (**figura 19**).

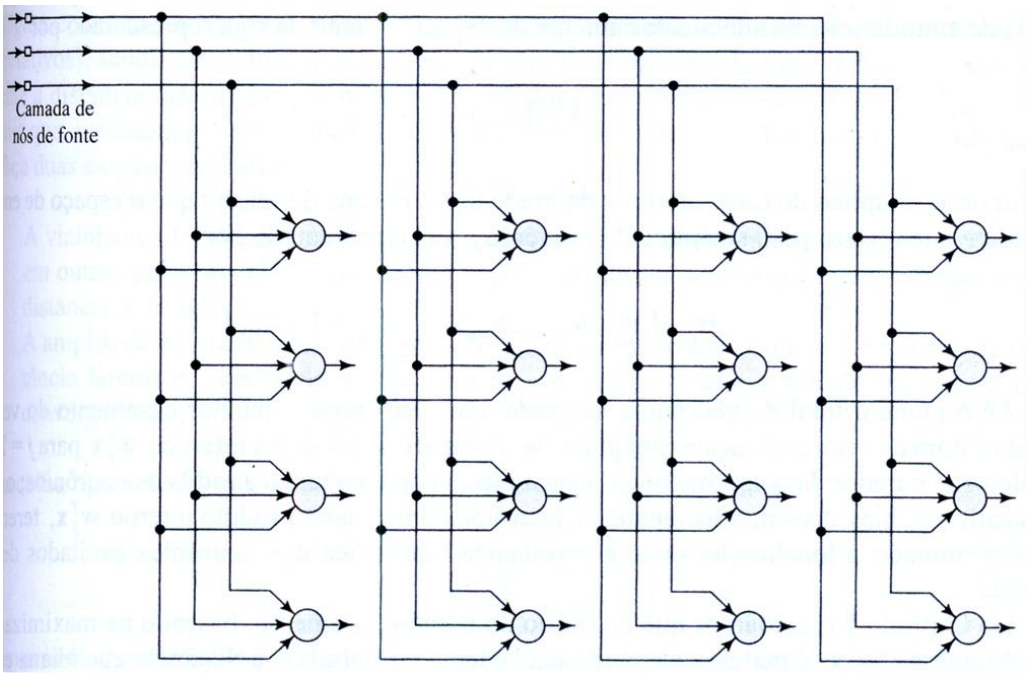

Figura 19: Grade bidimensional de neurônios (HAYKIN, 2002)

No treinamento é escolhido o neurônio vencedor, sendo aquele que apresentar a menor distância (no caso euclidiana) ao vetor de entrada. Na sequência é atualizado seu peso e de toda sua vizinhança determinada pelo raio topológico e pela topologia determinada conforme o princípio de aprendizagem de Kohonen. Desta maneira ocorrem os agrupamentos e cada grupo está associado aos vetores de peso (neurônios da camada de saída).

Partindo de um estado inicial de desordem completa, o algoritmo SOM gradualmente conduz a uma representação organizada dos padrões de ativação extraídos do espaço de entrada, no sentido de que os neurônios que são adjacentes na grade tenderão a ter vetores de pesos sinápticos similares (HAYKIN, 2002).

Além disso, para se utilizar uma rede neuronal SOM, deve-se especificar a adequação para o problema proposto, observando os seguintes pontos:

A resposta da rede neuronal SOM é uma grade *n-dimensional* de neurônios. Se a quantidade de neurônios for igual ou próxima da quantidade de registro, a tendência é ter uma resposta como a da figura 14. Se a quantidade de neurônios for muito grande em relação à quantidade de registros, a tendência das regiões associadas com os registros ficarem mais separadas no espaço, facilitando a separação de agrupamentos.

A topologia é determinada pela maneira como os neurônios da camada de saída estão conectados. O tipo mais comum de topologia é: grade hexagonal. O cálculo de quem são os vizinhos do neurônio vencedor é influenciado diretamente pela topologia.

Com a definição das características da arquitetura da rede neuronal SOM, o algoritmo de Kohonen segue os seguintes passos (CHON, 1996):

Passo 0: INICIALIZAÇÃO

Inicializar a taxa de aprendizagem inicial (a=)

Inicializar o raio topológico (r=)

Informar o número máximo de épocas a serem executadas (e=)

Inicializar pesos: Matriz W_{ixjxk} (onde: i = nº de colunas do arquivo de dados, j = nº de colunas do mapa e k = nº de linhas do mapa), com valores aleatórios entre 0 e 1

Passo 1: CRITÉRIO DE PARADA

Comparar o número máximo de épocas e a alteração dos valores da matriz peso.

Passo 2: TREINAMENTO

Para cada vetor x_i:

Fase Competitiva

Calcular as distâncias *(D(j) = soma* $(w_{ij} - x_i)^2$), de cada linha da matriz de dados com todas as colunas da matriz peso

Encontrar o índice *j* tal que *D(j)* seja mínimo (é o neurônio vencedor)

Fase Cooperativa

Para todas as colunas da matriz peso:

Localizar os vizinhos do neurônio vencedor (*j*) pelo raio topológico (se o neurônio analisado fizer parte da vizinhança, faça z(*k*) = *1*, caso contrário *z(k) = 0)*

Fase Adaptativa

Atualizar toda a matriz de peso:

w_{ij} *(t+1)* = w_{ij} (t) + a($x_i - w_{ij}(t)$) * *z(k)*

Retornar para Passo 2: com a entrada de um novo x_i

Passo 3: ATUALIZAÇÃO

Atualizar taxa de aprendizagem: (uma função decrescente linear, exponencial ou geométrica em função das épocas)

Atualizar raio topológico: (definido como uma função monotonicamente decrescente em função das épocas)

Retornar ao Passo 1

Fim

Saída de Dados

4.12. Algoritmo de Agrupamento *k-means*

O *k-means* é um algoritmo clássico relativamente simples, trabalha agrupando objetos em k números de grupos, com k >1. O número de grupos k que se deseja encontrar nos dados selecionados deve ser definido previamente pelo usuário. O que pode ser considerado uma deficiência do algoritmo para certos contextos de problemas, a especificação do número de grupos *a priori*, pois existem situações em que não há conhecimento da quantidade de grupos ou classes existentes no conjunto de dados (JAIN, MURTY e FLYNN, 1999; KANUNGO, *et al*, 2002).

O algoritmo baseia-se na minimização da soma dos quadrados da distância interna entre os padrões e seus respectivos centros de um grupo (centróides). A minimização do custo garante encontrar um mínimo local da função objetivo, que dependerá do ponto inicial do algoritmo.

Primeiramente são escolhidos aleatoriamente k objetos para serem os centros dos k grupos. Em seguida são calculadas as distâncias de cada objeto para cada centro de grupo. Cada objeto será considerado pertencente ao grupo do centróide quando apresentar a menor distância calculada. Na etapa seguinte são identificados os k grupos formados. Nesse momento é calculado o centro geométrico de cada novo grupo (o novo centróide de cada grupo). O processo continua até que se chegue a um determinado número de iterações configurado inicialmente como ponto de parada, ou não haja mais mudanças significativas, isto é, os objetos não mudem de grupos a cada etapa (KANUNGO, *et al*, 2002).

Algoritmo desse tipo é chamado de "não-convexo", pois, a cada iteração diminui o valor da distorção e o resultado final depende do ponto inicial usado pelo algoritmo. O *k-means* se comporta melhor com dados que contenham grupos esféricos. Assim, grupos com outra geometria podem não ser encontrados (JAIN, MURTY e FLYNN, 1999).

No agrupamento de dados o algoritmo *k-means* utiliza a métrica Euclidiana $d(x(t), w_i)$ para o cálculo das distâncias entre os pontos (registros da base de dados):

T representa o conjunto de treinamento;

$T = \{(x(t)),\ t = 1..N\}$, onde $x(t)$ é um registro, sendo N o número total de registros;

$x(t) = (x_1(t), ..., x_p(t)) \in X^p$, ou seja, cada $x(t)$ é um vetor de p atributos, onde X^p representa o universo de atributos;

W = $[w_1, \dots, w_K]$ é uma matriz de coordenadas, onde cada coluna $w_i \in X^p$ define as coordenadas do centro do agrupamento.

K sementes deverão ser selecionadas logo no início da execução do algoritmo. Na seleção destas sementes diversas formas são usadas: aleatoriamente; usando os primeiros *K* registros; escolhendo os *K* registros mais distantes entre si; especificando *K* pontos espaçados regularmente em uma grade no domínio; e outros (FERRARI, 2008).

Na sequência da execução, cada um dos registros será ligado a uma única semente, que será substituída por centróides, ou centros do agrupamento. O valor médio dos grupos é que determina os valores dos centróides, que se encontram armazenados na matriz *W*.

Uma vez definida a matriz *W*, o algoritmo busca minimizar um critério de erro *J*(*W*), baseado na distância entre os registros da base de dados e os centros dos agrupamentos, procurando a melhor localização dos centros a partir da seguinte fórmula:

$$J(W) = \frac{1}{N} \sum_{t=1..N} \sum_{i=1..K} d(x(t), w_i)^2 \qquad (4.26)$$

O critério de parada para a interrupção do algoritmo *k-means* é determinado quando a norma da diferença entre os valores da matriz *W* em duas iterações sucessivas é menor que uma tolerância especificada δ:

$$\|W_n - W_{n-1}\| \leq \delta, \text{ onde } \eta \text{ é a iteração atual.} \qquad (4.27)$$

Como essas medidas de distâncias são diretamente influenciadas pela escala de valores dos dados é indicada a normalização dos dados antes da aplicação do algoritmo *k-means*.

Com a definição do problema a execução do algoritmo *k-means* segue os seguintes passos:

Passo 1:

Definir o número *K* de grupos a serem procurados (neste trabalho o número agrupamentos foi definido em k=3);

Passo 2:

Estimar a posição inicial dos *K* centros de agrupamentos (neste trabalho, a inicialização foi aleatória)

Passo 3:

Enquanto o critério de parada não for alcançado, repita:

3.1 – (Re)agrupar cada registro $x(t)$ do conjunto de treinamento no agrupamento *K*, escolhendo a menor distância do registro a um dos centros.

3.2 – Atualizar a matriz *W*, calculando os novos valores dos centros pela média das coordenadas dos pontos de cada agrupamento

Passo 4:

Fim

O comportamento do algoritmo *k-means* apresenta vantagens por ser considerado um algoritmo simples e eficiente. É rápido para cálculos simples, possibilitando o processamento sequencial dos dados, acarretando baixa quantidade de armazenamento de informações a serem processadas. A desvantagem reside na dependência dos valores iniciais de *k*, da ordem em que as amostras são processadas, da escolha dos primeiros centros de agrupamento e da geometria das amostras disponíveis para análise. Em alguns casos sua utilização requer experimentação com vários valores de *k* e diferentes escolhas dos parâmetros iniciais (DUDA e HART, 1974).

4.13. Arquitetura do banco de dados

O banco de dados desenvolvido neste trabalho tem por objetivo automatizar a coleta das informações de pessoas com sinais de dislexia e outros transtorno de aprendizagem gerando uma base de dados. Esta base de dados será utilizada no reconhecimento de padrão usando redes neuronais.

Observa-se que a complexidade dos problemas da realidade exige do pesquisador a coleta de observações (dados, padrões) contendo, cada uma delas, muitas variáveis (atributos, entradas). Desta forma realiza-se a análise exploratória objetivando utilizar métodos estatísticos para captar/explorar informações destes dados (JOHNSON e WICHERN, 1998; DUDA *et al*., 2001).

As referidas informações são coletadas e armazenadas em banco de dados relacional que foi modelado e desenvolvido especificamente para esta pesquisa com base em perguntas padronizadas cujas respostas geram uma avaliação para cada respondente.

A técnica de modelagem de dados utilizada é a abordagem entidade-relacionamento (ER). Essa abordagem ER foi criada em 1976 por Peter Chen (COUGO, 1997; HEUSER, 2001). Uma entidade representa um conjunto de objetos da realidade modelada sobre os quais se deseja manter informações no banco de dados. Um relacionamento é representado através de um losango, ligado por linhas aos retângulos representativos das entidades que participam do relacionamento. A **figura 20** representa um diagrama de entidade-relacionamento simplificado contendo apenas três entidades, Paciente, Respostas e Avaliação, e dois relacionamentos, Dá e Geração. A versão completa do esquema de dados contempla dezenas de tabelas, por esse motivo optou-se por uma representação resumida das principais entidades.

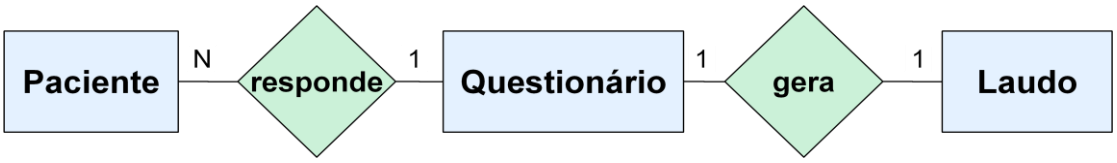

Figura 20: Representação gráfica de um relacionamento

O sistema de banco de dados inclui um conjunto de softwares responsáveis por alimentar a base de dados com as informações necessárias para o processamento de reconhecimento de padrão de dislexia.

O sistema de banco de dados desenvolvido utiliza os seguintes softwares livre:

MySQL: Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD). O MySQL é o SGBD de código aberto mais popular atualmente, com mais de 100 milhões de cópias distribuídas.

OpenXava: Framework de aplicações web para o desenvolvimento de aplicações voltadas para negócios (aplicações comerciais). Utiliza as tecnologias Java Servlets e Java Server Pages.

Apache Tomcat: Container servlet, de código aberto, que implementa as tecnologias Java Servlets e Java Server Pages especificadas pela Sun Microsystem.

4.14. Visão Geral do Sistema de Banco de Dados

A **figura 21** exibe a arquitetura geral do sistema. A base de dados é alimentada com as informações necessárias para a construção da matriz a ser utilizada no reconhecimento do padrão.

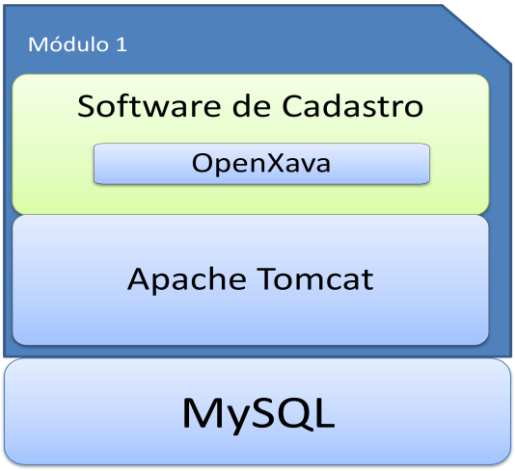

Figura 21: Arquitetura geral do Sistema de Banco de Dados.

Na base do desenvolvimento temos o banco de dados MySQL que irá armazenar todas as informações necessárias para compor a matriz a ser utilizada pela rede neuronal na classificação de pessoas com dislexia.

O módulo de cadastramento é responsável por alimentar o banco de dados com as informações usadas neste trabalho. Este módulo utiliza o framework OpenXava para gerar as páginas web contendo os respectivos cadastros. Para que estas páginas sejam exibidas aos usuários, é necessário a utilização de um container servlet, o Apache Tomcat. Este container é responsável por interpretar as páginas requisitadas pelo usuário e realizar a gravação dos cadastros preenchidos no banco de dados.

No próximo capítulo apresentaremos o caminho investigativo percorrido na realização deste trabalho.

Capítulo 5

O caminho da investigação

Esta é uma pesquisa de corte transversal de caráter analítico abrangendo dados de pessoas na faixa etária de 08 anos a 18 anos de idade.

A escolha dos participantes da investigação se relacionou com o interesse do estudo em verificar a pertinência de identificar um padrão representativo de pessoas com sinais de dislexia e transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) associado.

Após a definição do objeto de estudo e seleção das formas de investigação da pesquisa, as providências necessárias foram tomadas para dar início ao nosso trabalho. Tratava-se de partir para o trabalho de campo, que, baseado em Cruz Neto (1999) se apresenta como uma possibilidade de conseguirmos não só uma aproximação com o que desejamos conhecer e estudar, mas também de criar um conhecimento, partindo da realidade presente no campo.

5.1. População-alvo

Os participantes deste estudo foram pessoas com e sem o transtorno de aprendizagem na faixa etária de 08 a 18 anos de idade residentes na cidade do Rio de Janeiro, Brasil e em Salamanca, Espanha. Um total de 52 pessoas entrevistadas nos dois países, conforme Quadro I.

Características da população alvo

Optou-se por pessoas com idade entre 08 a 18 anos de idade, a faixa etária em que se detecta mais precocemente e de forma mais fidedigna sinais de dislexia e a comorbidade

TDAH associada. O quadro I apresenta o total de pessoas entrevistas nos dois países: Brasil e Espanha.

Quadro I - Total de pessoas entrevistas por país	
País	***Total de entrevistas***
Brasil (BR)	25
Espanha (ES)	27
Total	**52**

A escolha dos participantes leva em conta o diagnóstico de dislexia quando as crianças aprendem a ler, ou seja, no mínimo com dois anos de escolaridade formal o que compreende a faixa etária de 08 a 12 anos de idade (FLAVELL, 1999). Para o objetivo deste estudo o ponto de corte será a idade de 8 anos equivalendo também ao período de escolaridade no sistema educacional brasileiro e espanhol.

População acessível

Pessoas com e sem o transtorno de aprendizagem, de ambos os sexos, nos centros especializados no atendimento de pessoas com dislexia e nas associações de atendimento específico nos estados do Rio de Janeiro, Brasil e na cidade de Salamanca, Espanha. Na cidade do Rio de Janeiro foi escolhido o ambulatório de atendimento e diagnóstico de pessoas com dislexia do Instituto de Neurologia Deolindo Couto da Faculdade de Medicina/UFRJ, uma referência no atendimento em Dislexia e TDAH. Participaram também do estudo a Associação Nacional de Dislexia (AND) no Rio de Janeiro, outra referência para a questão da dislexia. A Associação Brasileira de Dislexia (ABD) disponibilizou material investigativo, embora não tenha participado como local de coleta dos dados.

Em síntese, os dados foram coletados somente no Instituto de Neurologia Deolindo Couto, Associação Nacional de Dislexia (AND), em uma Escola Estadual do Rio de Janeiro e através de entrevistas avulsas na cidade do Rio de Janeiro. Em

Salamanca, a coleta foi realizada através do Departamento de Psicologia Evolutiva e Educação da Universidade de Salamanca, Espanha, que indicou as escolas da Junta de Castilla y León. A primeita escola fica na cidade de Ávila, o Instituto de Educación Secundária Isabel de Castilla e outra escola, fica no *pueblo* de El Barco de Ávila, o Instituto de Educación Secundária Aravalle. Dois alunos foram entrevistados na Escola de Turismo de Ávila, ambos do ensino primário.

Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídas pessoas na faixa etária de 08 a 18 anos de idade, de ambos os sexos, com mais de dois anos de escolaridade formal, atendidas nos centros especializados no tratamento de pessoas com dislexia. Não participaram pessoas com idade abaixo de 08 e acima 18 anos, sem déficit sensorial, déficit cognitivo global, pessoas participantes de outros estudos clínicos e pessoas que não concordaram em assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (**anexo).**

O entrevistado estava sempre acompanhado de seu responsável de modo a viabilizar a concordância com o estudo e a aplicação do instrumento da pesquisa. Ressaltamos que o responsável pelo menor participante da pesquisa foi a pessoa que respondeu às questões. A entrevista ocorria sempre quando a criança estava em atendimento por outro profissional, ou estava em sala de aula. Nesta situação ressaltamos a pertinência do responsável na entrevista porque muitas das questões não seriam de entendimento da criança.

5.2. Material

Instrumento de coleta de dados

Essa pesquisa pretende agilizar o processo de classificação diagnóstica da dislexia e a comorbidade TDAH associada a partir do desenvolvimento de um sistema computacional inteligente capaz de fazer essa classificação diagnóstica em crianças e adolescentes compreendidos na faixa etária de 08 anos a 18 anos.

Os instrumentos utilizados foram os seguintes: 1) um banco de dados com perguntas padronizadas; 2) um sistema computacional inteligente. Todo este conjunto foi desenvolvido em três fases.

Instrumento 1: banco de dados com perguntas padronizadas

O questionário constitui hoje uma das mais importantes técnicas disponíveis para obtenção de dados nas pesquisas. É uma técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo como objetivo o conhecimento de sintomas, opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas (LÜDKE & ANDRÉ, 1986).

O questionário em questão contém perguntas relacionadas ao indivíduo, o seu ambiente domiciliar, escolar e social. Estas informações foram coletadas por meio de entrevistas face a face, através de um formulário eletrônico codificado. As perguntas estão agrupadas em dados pessoais, filiação, antecedentes pessoais, linguagem, escolaridade, doença, queda/pancada, distúrbios, antecedentes familiares, sociabilidade, dificuldades e comportamental (**figura 22 e apêndice**).

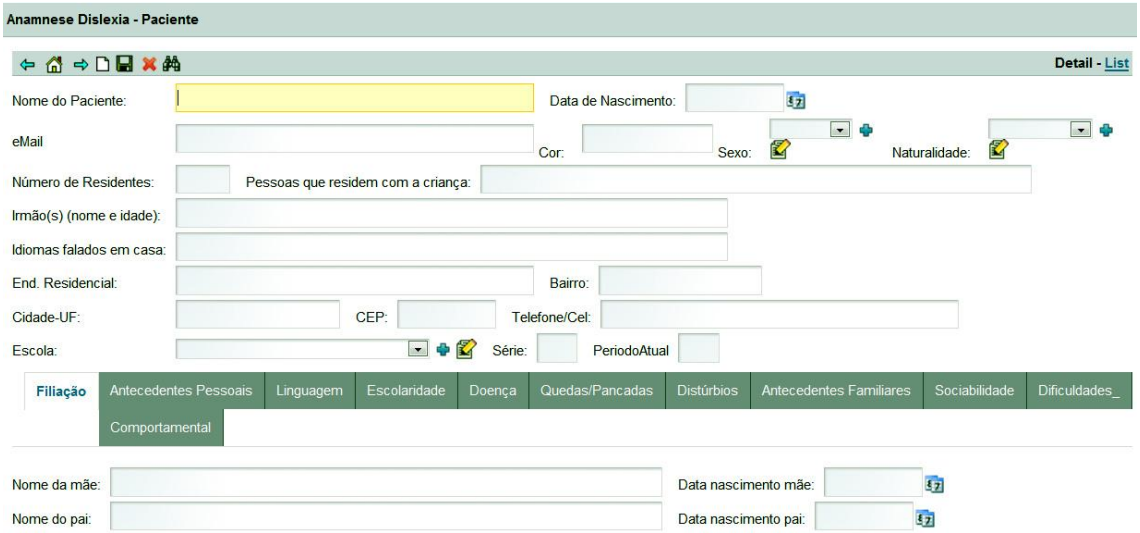

Figura 22: primeira tela de entrada dos dados

Desenvolvimento do Banco de dados: o banco de dados foi implementado com base no questionário / prontuário oferecido pela Associação Nacional de Dislexia,

Associação Brasileira de Dislexia e Instituto de Neurologia Deolindo Couto e o questionário instrumento MTA-SNAP-IV de avaliação de sintomas de transtorno do déficit de atenção/hiperatividade (TDAH) disponibilizado por Mattos *et al* (2006). Na primeira etapa do projeto foi desenvolvido o banco de dados com todos os pré-requisitos no sentido de evitar redundâncias das informações.

Uma vez testado o BD com dados fictícios para detectar algum erro/problema, foi dado início a coleta dos dados dos participantes da pesquisa indicados por profissionais responsáveis pelo atendimento de cada uma das instituições acima citadas. Esta fase da pesquisa se deu a partir do momento em que recebemos o parecer final favorável do Comitê de Ética do Instituto de Neurologia Deolindo Couto/UFRJ (ver anexo).

No Brasil foram coletados dados de 25 pessoas. Na Espanha foram coletados dados de 27 pessoas em duas escolas de ensino secundário e em uma escola de ensino primário.

Instrumento de coleta de dados

A partir das teorias educacionais, da psicologia evolutiva e das neurociências estudos poderão ter bases teórico metodológico para a criação de um modelo computacional para identificar crianças em situação de risco antes que elas evidenciem os problemas de leitura.

Esta invstigação automatizou um instrumento concreto de coleta de dados para agilizar o tempo de entrevistas e o processamento dos dados emitindo informações possíveis para a identificação do sujeito em situação de risco frente aos problemas de leitura. O instrumento concreto foi automatizado da seguinte forma e pode ser visualizado através de todas telas localizadas no apêndice:

Na primeira tela do instrumento automatizado no computador refere-se a informações relativas aos dados cadastrais da criança/adolescente. Estes dados são: nome, data de nascimento, email, cor, sexo, naturalidade, número de pessoas residentes no domicilio, pessoas que residem com a criança/adolescente, irmão(s) (nome e idade), idiomas falados em casa, endereço residencial, bairro, cidade, estado, CEP, telefone, escola, série e período (**apêndice 1**).

Junto à primeira tela está o bloco I. Este bloco é relativo à filiação, ou seja, nome e data de nascimento da mãe e do pai da criança/adolescente.

A segunda tela, ou bloco II – Antecedentes Pessoais – Refere-se à informação sobre adoção, com que idade foi adotado, quais as condições de saúde do paciente à epóca da adoção, faz uso de algum medicamento, quantos e quais medicamentos utiliza (**apêndice 2**).

Segundo Farias (2008) o uso de medicamentos ou drogas causam efeitos colaterais que interferem em funções como atenção, memória e ritmo de sono. Exemplo: Antiepilépticos, Antihistamínicos, Álcool, Maconha, Cocaína, Cola de sapateiro.

A terceira tela destina-se às informações sobre linguagem. Nesta tela procura-se saber se a criança/adolescente demorou a começar a falar, se era bem compreendido pela mãe e por outras pessoas, se trocava muitos sons na fala, até que idade ocorreu a troca de sons na fala, se tem dificuldade para compreender ordens ou histórias, se é falante, ou fala pouco, se apresenta ou apresentou algum problema de fala, quando, qual a evolução e qual a atitude dos familiares em relação a este problema (**apêndice 3**).

Mousinho (2003) aponta que algumas crianças podem apresentar problemas durante o processo ensino/aprendizagem da língua escrita, tendo seu rendimento escolar prejudicado.

A quarta tela destina-se às informações sobre escolaridade. Nesta tela procura-se saber sobre a escolaridade da criança/adolescente. Sobre a educação infantil (2-5 anos), onde (local), com idade, se apresentou dificuldades nesse período, quais, se houve orientação da escola nesse período, quais as atitudes tomadas (**apêndice 4a**).

Ainda na quarta tela procura-se saber sobre a escolaridade relacionada ao ensino fundameal, período 1 (1-3 anos) em que escola estudou e com que idade ingressou na escola, quantas vezes repetiu nessa fase e qual motivo da repetição. Nos períodos 2 (2-4 anos) e 3 (7-9 anos) as perguntas são as mesmas do período 1. Pergunta-se também quantas vezes mudou de escola durante esta fase, motivo da mudança de escola, em que escola foi alfabetizado, em que ano foi alfabetizado, com que idade foi alfabetizado, como foi esta fase, precisou de ajuda, de que tipo de ajuda (**apêndice 4b**).

Dando continuidade na quarta tela procura-se saber informação sobre a escolaridade, se está estudando no momento, necessita se esforçar muito na escola, necessita ou necessitou de ajuda na lição de casa, de que tipo de ajuda, precisa ou

precisou de professor particular, quando, costumar faltar à escola com frequência, se sim, por que, fica doente com frequência, com que frequência (por ano) (**apêndice 4c**).

A quinta tela destina-se às informações sobre doença. Se teve ou tem má formação congênita, se nasceu prematuro. Se teve algumas das doenças adquiridas, como: sarampo, cachumba, catapora, rubeola, escarlatina, tuberculose, hepatite, meningite, peneumonia, epilepsia e se hove complicação. Se teve alguma doença adquirida, como: asma, brinquite, rinite, diabetes, doença de pele e alergia, e se também houve alguma complicação. Outra doenças, descreva e as complicações ou sequelas (**apêndice 5**).

Como item de exclusão para dislexia adquirida, Ellis (2001) afirma que o cérebro é órgão da mente e do corpo, e como tal, está suscetível a danos e a doenças. O dano mais comum no cérebro é o acidente cérebro-vascular.

A sexta tela destina-se às informações sobre queda e/ou pancada na cabeça. Se sofreu quedas ou pancadas na cabeça, lesão cerebral, queixas de dificuldades de concentração, desmaio, ou hemorragia, com que idade, quanto tempo durou o desmaio, houve necessidade de pronto-socorro, hospitalização, por quanto tempo (dias), houve necessidade de acompanhamento médico (**apêndice 6**).

A sétima tela destina-se a obter informações sobre os distúrbios auditivos e visuais. No disturbio auditivo perguntamos se fala muito alto, ou muito baixo, prefere que lhe fale alto demais, ou baixo demais, demora para responder quando é chamado, tem dificuldade para compreender o que lhe dizem, para se fazer entende utiliza: mímica, gestos, ou gritos, já teve otite? Quando? Frequentes? Já fez exame de audição (audiometria), quando, por quê, qual o resultado? (**apêndice 7a**).

Estes dois distúrbios servem de parâmetros de exclusão para a dislexia adquirida.

No distúrbio visual perguntamos se tem problema de visão, qual distúrbio: miopia, hipermetropia, astiguimatismo, ortóptico; já consultou oftalmogista? Usa óculos? Qual motivo do óculos: óculos/miopia, óculos/hipermetropia, óculos/astiguimatismo (**apêndice 7b**).

A oitava tela destina-se às informações sobre os antecedentes familiares da criança/adolescente. Nesta parte da entrevistas procura-se saber se houve ou há na família pessoas: nevosas, excepcionais, com convulsões, hiperativos, com tiques, com

déficit de atenção, com doença degenerativa do cerebro, esquizofrênicos, psicoses, alcoólatras, toxicômanos, atraso de linguagem, gagueira, outros (**apêndice 8**).

A nona tela destina-se às informações sobre sociabilidade da criança/adolescente com os afamiliarres e seu entorno. Como se realciona com a mãe; com o pai; com os irmãos; com os colegas; com os professores; com outros familiares; como é o relacionamento dos pais entre si (**apêndice 9**).

A décima tela destina-se às informações sobre as dificuldades da criança/adolescente com rima; entende melhor com alguém ler; lê com esforço; adivinha palavras; troca letras lendo; se expressa melhor falando do que escrevendo; troca muitas letras na escrita; troca algumas letras na escrita; tem dificuldade de memorizar; tem dificuldade de soletrar. Alguma parente apresentou algum desses problemas; que parentes; quantos familiares apresentram algum desses problemas; quais dificulades os parentes apresentaram (**apêndice 10**).

A décima primeira tela destina-se às informações sobre o comportamento da criança/adolescente. Nesta parte do instrumento a investigação quer saber: tem tendência a se deprimir e com que frequência (agravamento por ano); dispersão; rapidez excessiva; inquietude; impaciência; lentidão; desorganização; impulsividade; qual a atitude familiar em relação aos problemas escolares. As 26 questões seguintes nesta tela são específicas de avaliação de sintomas de TDAH (**apêndice 11**).

Desta forma acredita-se na possibilidade de utilização de técnicas de inteligência artificial e redes neurais artificiais, na simulação de um modelo de aprendizagem humana.

Para o desenvolvimento do sistema computacional proposto nesta pesquisa, as redes neuronais parecem dar conta na classificação de um padrão de pessoas com transtorno de aprendizagem e a comorbidade TDAH associada.

Instrumento 2 - Segunda fase: desenvolvimento do sistema computacional inteligente (algoritmo) utilizando redes neuronais para o reconhecimento de padrão representativo para o diagnóstico de pessoas com dislexia e a comorbidade TDAH associada.

Instrumento 2 - Terceira fase: Teste do sistema computacional para verificar possíveis falhas e ajuste. Para o desenvolvimento do sistema computacional foram analisadas

redes neuronais adequadas ao objeto deste estudo. Todo o processo de *normalização* das perguntas existentes nos questionários, o desenvolvimento do banco de dados e a coleta das informações foram acompanhadas por equipe multidisciplinar pertinente a área em questão (profissionais de saúde e informatas).

Tamanho da amostra:

Em termos quantitativos de participantes definimos o tamanho da amostra (*n*) em 52 casos. Levando-se em conta o embasamento estatístico do Teorema do Limite Central no qual uma amostra é significativa quando *n* maior ou igual 30 elementos, ainda que não seja uma regra rígida se o valor de *n* for menor do que 30, ou seja, 29, 28 ... desde que não seja muito menor poderá ser considerado válido (LEVINE, BERENSON & STEPHAN, 1998).

Nesta pesquisa consideramos adequada a amostra de 52 casos. Estes casos foram coletados da seguinte forma: 25 casos coletados no Brasil nas instituições acima mencionadas e 27 casos coletados na Espanha, também nas instituições mencionadas acima. Esta amostra servirá de base para criarmos o padrão para a classificação dos novos casos a serem pesquisados.

A considerar ainda, que se trata de uma amostra Não Probabilística. Esse tipo de amostra tem como característica principal não fazer uso de formas aleatórias de seleção. Ressaltamos que amostras definidas desta forma, ou seja, Não Probabilística, não permitem que se faça inferência estatística sobre o universo ao qual pertencem. Para avaliar a probabilidade do erro cometido na escolha dos elementos é necessário satisfazer a condição de que o processo de seleção da amostra seja probabilístico. Já na amostra Probabilística a seleção é aleatória de tal forma que cada elemento da população tenha uma probabilidade conhecida de fazer parte da amostra (FONSECA & MARTINS, 1982).

5.3. Procedimentos

Foi organizado um plano de trabalho para o desenvolvimento da pesquisa traçando as metas a serem desenvolvidas no campo de ação. A decisão sobre o local onde seria

desenvolvido o estudo levou em consideração a facilidade de acesso. Não constituía critério de escolha o local da escola, ou centro, nem o caráter público ou privado da instituição.

Aplicação da coleta dos dados do sistema computacional inteligente privilegiou pessoas na faixa etária compreendida entre 08 e 18 anos de idade. Com os dados armazenados no banco de dados o algoritmo incidirá sobre os mesmos para encontrar padrões baseados nas características de similaridades encontradas nas respostas dos entrevistados.

Uma comparação será feita entre os resultados apresentados pela rede neuronal e os dados coletados, no sentido de traçar o caminho para a análise dos dados e discussão dos resultados.

5.4. Descrevendo o campo da pesquisa

No trabalho de campo, baseado em Cruz Neto (1999) foi imediata a interação com os participantes do estudo; na escola enquanto assistiam suas aulas, seu responsável (pai, mãe, avô, tia) fornecia os dados através da entrevista; no centro de atendimento, no decorrer da consulta de rotina ocorria o registro dos dados. Nesse momento estivemos participando da realidade presente no campo.

Para Minayo (1992), o campo de pesquisa é concebido como o recorte que o pesquisador faz em termos de espaço, representando uma realidade empírica a ser estudada a partir das concepções teóricas que fundamentam o objeto da investigação. Para este estudo os participantes selecionados correspondem a um campo empiricamente determinado.

Etapas do recrutamento

As pessoas foram convidadas para entrevista quando do seu comparecimento nos locais escolhidos como campo da pesquisa. O pesquisador/entrevistador realizou a aplicação do questionário computadorizado antecedido de um encontro preliminar entre pesquisador/entrevistador e os profissionais dos locais da obtenção dos dados. Tinha por

objetivo informar sobre a pesquisa, os procedimentos e o desenho do estudo. A entrevista ocorreu em sala reservada de modo a assegurar o sigilo e a confidencialidade no processo de coleta dos dados. Toda a informação necessária para que os indivíduos decidissem quanto a participação no estudo foi fornecida antes da aplicação do questionário. Os participantes da amostra foram indicados pelos profissionais responsáveis pelo atendimento de cada uma das instituições acima citadas, seguindo os critérios já delineados, ou seja, população de pessoas na faixa etária de 08 a 18 anos de idade.

O responsável pelo participante foi esclarecido sobre sua participação voluntária, cuja recusa não representaria prejuízo para o seu tratamento nem para sua relação com a instituição. Foi esclarecido que as suas respostas seriam tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento seria divulgado o nome ou qualquer outro dado que o identificasse em qualquer fase do estudo. Os dados obtidos são apenas para esta pesquisa e divulgados em eventos e revistas científicas. A participação na pesquisa consistirá em dar respostas às perguntas através de entrevista com uso de questionário computadorizado, sem prejuízo pessoal. Após a concordância do responsável, este assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), (ver anexo), elaborado de acordo com as regras estabelecidas pela Resolução n° 196/96 do CNS (Conselho Nacional de Saúde).

Uma cópia do termo de consentimento livre e esclarecido, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, foi entregue ao responsável pelo participante, após assinatura e outra cópia também assinada pelo responsável fica com o pesquisador. Na impossibilidade de aplicação do TCLE, há que registrar os seus motivos. Foram entrevistados somente aqueles que assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido pelo responsável. Em seguida foi realizada a entrevista usando o questionário estruturado. No momento da entrevista o próprio entrevistador entregou o TCLE.

Nesse mesmo momento a equipe do estudo verificou se os critérios de inclusão e exclusão foram preenchidos.

A confidencialidade e o anonimato dos sujeitos da pesquisa foram garantidos do seguinte modo: um código numérico foi utilizado para relacionar o nome e suas respostas. O pesquisador/entrevistador não terá novo contato com o sujeito da pesquisa mesmo que seja necessário completar informações da entrevista.

Todas as entrevistas foram realizadas pelo próprio pesquisador, evitando assim qualquer dificuldade que surgisse no momento da entrevista, e perda de informação.

5.5. Plano de Análise e discussão dos dados

Inicialmente foi realizada a caracterização da população do estudo de acordo com a idade. Em seguida foi realizada a análise descritiva das variáveis de interesse. As variáveis contínuas foram analisadas levando-se em conta a sua distribuição. Neste sentido, formam estimadas as medidas estatísticas para cada variável, se necessário. Prosseguindo, foram categorizadas utilizando-se informações da literatura ou a mediana para definição do ponto de corte. As variáveis categóricas nominais foram tratadas como variáveis dicotômicas e/ou ordinárias.

Considerações éticas da pesquisa

O protocolo de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Neurologia Deolindo Couto/UFRJ e anexado ao protocolo as declarações de consentimento dos locais de coleta dos dados tais como: Associação Nacional de Dislexia (AND), Associação Brasileira de Dislexia (ABD) e Colégio Estadual Mal. João Batista de Matos (Acari/RJ) para a autorização de acesso aos campos de pesquisa.

O termo de consentimento informado foi elaborado de acordo com as regras estabelecidas pela Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. No TCLE constam os objetivos do estudo e informações sobre os riscos, os benefícios para o participante, o sigilo, a possibilidade de desistência da participação no estudo. Para garantir o anonimato, todos os sujeitos receberão registro numérico. No projeto não foram utilizado nenhum procedimento que envolva aspectos de biossegurança.

Capítulo 6

Resultados e Discussão

Neste capítulo passamos à apresentação e discussão dos resultados encontrados a partir da aplicação dos métodos computacionais conforme descritos no capítulo 4: redes neuronais supervisionadas, redes neuronais não supervisionadas, *k-means* e Análise de Componentes Principais sobre os dados do experimento.

Inicialmente informamos que foi realizado para esta pesquisa um experimento piloto em 2006. Os dados para este experimento piloto foram extraídos de questionários com perguntas respondidas por pessoas adultas fornecidos pela Associação Nacional de Dislexia (AND) na cidade do Rio de Janeiro. O questionário (Inventário para Identificação de Dislexia em Adultos) elaborado pela AND com 50 perguntas focalizava as dificuldades de leitura, escrita e organização do pensamento. Todas as perguntas foram codificadas e transformadas em 53 variáveis. Destas 53 variáveis foram descartadas as três últimas perguntas por entendermos o não comprometimento no processo de reconhecimento do padrão. Este experimento revelou que as ferramentas conexionistas seriam apropriadas para fazer classificação e reconhecimento de padrão.

A amostra para este experimento é composta de 50 casos, sendo 25 de pessoas com dislexia e 25 de não-disléxicos. O interesse neste experimento é saber o quanto a rede neuronal supervisionada é capaz de identificar esses dois grupos a partir dos dados apresentados. As informações extraídas dos questionários deram origem a uma matriz com 50 amostras.

Os dados foram normalizados e foi realizada a correlação dos mesmos. As variáveis de entrada são do tipo categóricas: 5 binárias (exemplo: frio, quente); 42 ordinais (exemplo: congelado, frio, morno, quente); 3 nominais (exemplo: solteiro, casado, separado, viúvo). A variável de saída esperada é binária: -1 Não-Disléxico (ND) e +1 Disléxico (D).

Em função do tamanho da amostra, mantivemos todos os dados obtidos na normalização (*outlayers*) bem como as variáveis após a correlação.

Neste Experimento piloto foram considerados dois tipos de treinamento: um treinamento com PCA e outro sem a PCA, caracterizando Experimento piloto 1 e Experimento piloto 2. A ferramenta escolhida para a simulação da Rede Neuronal Supervisionada foi o *software NNTools* do Matlab v. 7.0. Foi desenvolvido um script no Matlab, utilizando o treinamento RP (*Resilient Backpropagation*).

A topologia da Rede Neuronal foi uma RN de duas camadas. Na camada oculta utilizamos dois (02) neurônios não-lineares do tipo tangente hiperbólica e na camada de saída um (01) neurônio linear.

Para os conjuntos dos pares de entrada-saída, foram utilizados: 60% para o treinamento (30 casos) e 40% para o teste (20 casos). Foram realizados dois tipos de experimentos descritos a seguir.

6.1 Experimento Piloto

Experimento piloto 1: Observamos que a rede neuronal *feedforward* sem a utilização da técnica de Análise de Componentes Principais (PCA) fez uma boa classificação dos dois grupos Disléxicos e Não-Disléxicos (ver gráficos 1 e 2).

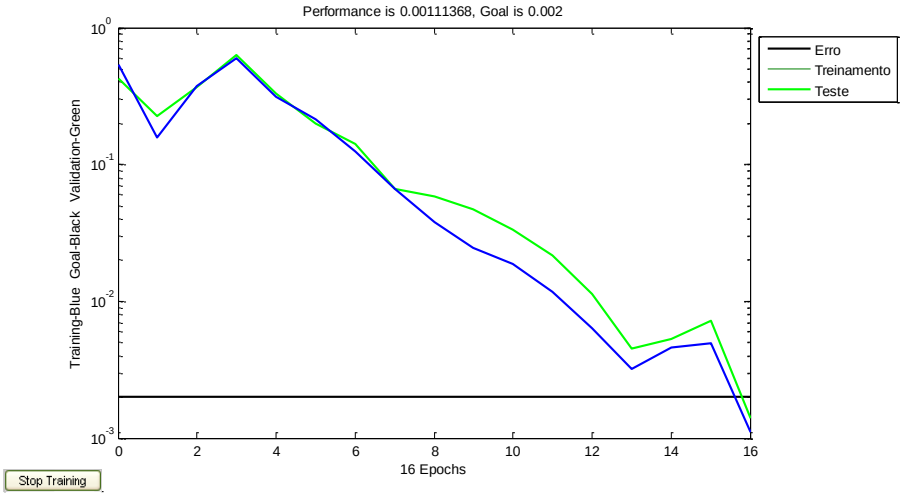

Gráfico 1 – Erro de Treinamento e Teste

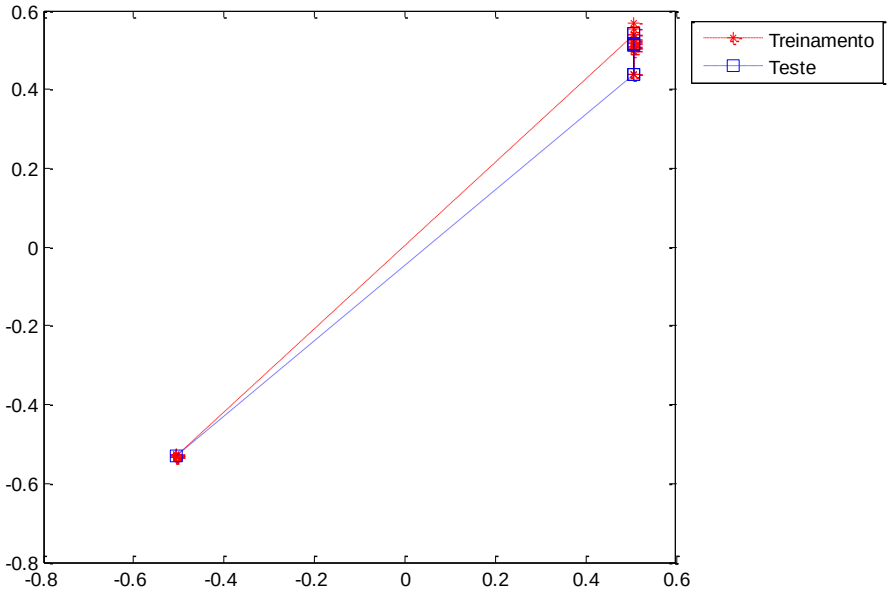

Gráfico 2 – Dispersão das duas classes (D e ND)

Experimento piloto 2: Neste experimento observou-se que, com a utilização da técnica de Análise de Componentes Principais (PCA), a rede neuronal apresentou uma classificação melhor para os dois grupos Disléxicos e Não-Disléxicos e também houve a convergência em um número menor de épocas (ver gráficos 3 e 4).

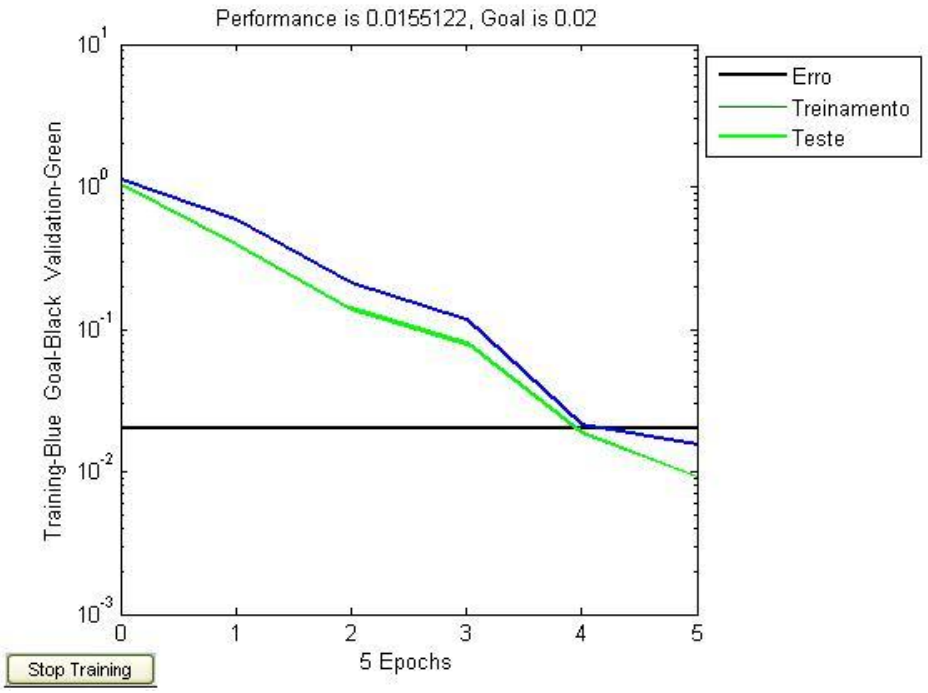

Gráfico 3: Erro de Treinamento e Teste com PCA - 5 épocas

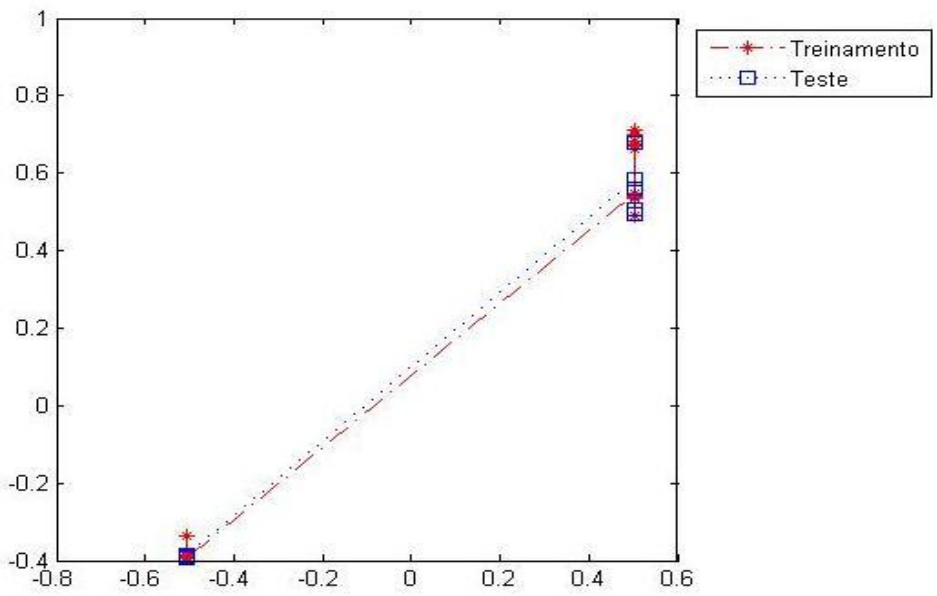

Gráfico 4: Dispersão das duas classes (D e ND) com PCA

Comparando os resultados dos dois experimentos, consideramos que a rede neuronal sem a utilização da técnica PCA poderá apresentar melhor resultado se o pré-processamento for feito com cuidado excluindo os ruídos existentes nos dados. Dessa forma manteremos todas as informações sem a necessidade de excluir variáveis redundantes que poderão apresentar resultados significativos no reconhecimento de padrões (COSTA *et al*, 2008; 2009).

6.2. Experimento da pesquisa

Para analisar o conteúdo da base de dados *mac_dislexia*, criada especialmente para a pesquisa central, um processo de unificação foi efetuado de forma a possibilitar o acesso às múltiplas faces da informação. Para que o reconhecimento de padrão seja realizado é necessário o acesso a base de dados limpa, consistente e unificada em sua linguagem lógica.

Neste experimento apresentamos os resultados referentes aos dados atuais coletados a partir de perguntas feitas a crianças e adolescentes, a população escolhida para fazer parte desta pesquisa (tabela 1). Os locais de coletas de informações são

apresentados na tabela 2 bem como o grau de escolaridade dos participantes na tabela 3. As demais informações detalhando os procedimentos da pesquisa estão descritos na metodologia (capítulo 5) e as informações referentes às perguntas e respostas se encontram nos apêndices. Utilizamos os mesmo critérios de normalização da base de dados descritos no experimento piloto, correlações de variáveis e todos os cuidados para manter a base de dados limpa, consistente e unificada, possibilitando o acesso às múltiplas faces da informação.

Na **tabela 1** observa-se a concentração dos participantes na faixa etária entre 9 e 16 anos, num total de 31 participantes o que representa 60% do total de 52 participantes e 21 participantes maior que 16 anos o que representa 40%.

Tabela 1 - Idade da população participante deste trabalho

Faixa Etária	***Total por faixa etária***	***%***
09-12	16	30
13-16	15	30
Maior que 16	21	40
Total	**52**	**100**

Na **tabela 2** observamos a distribuição dos locais de coleta das informações com os respectivos totais em cada local. Os 14 entrevistados no centro de referência tinham todos os diagnósticos de dislexia e sem dislexia. Nas entrevistas avulsas somente um entrevistado tinha diagnóstico de dislexia. Nos outros locais todos os entrevistados não tinham passado por qualquer tipo de avaliação.

Observa-se na **tabela 3** uma expressiva concentração de respondentes no primeiro ano do ensino médio com um total de 30 participantes. Enquanto a soma dos participantes do ensino fundamental alcançou o total de 21 participantes e apenas um participante do segundo ano do ensino médio. O que chamou atenção também foi ausência de participante da pesquisa cursando a 7ª série do ensino fundamental. Mas isso não traz nenhuma consequência para o estudo em questão.

Tabela 2: Locais de coletas das informações

	Centro de referência	Escola	Avulso	El Barco	Ávila	Total
Com diag. de dislexia	14	-	1	-	-	**15**
Sem diag. de dislexia	-	4	6	16	11	**37**
Total Geral	**14**	**4**	**7**	**16**	**11**	**52**

Tabela 3 – Nível de escolaridade dos participantes deste trabalho

Séries	Total por séries
1 série ensino fundamental	1
2 série ensino fundamental	4
3 série ensino fundamental	4
4 série ensino fundamental	5
5 série ensino fundamental	3
6 série ensino fundamental	2
8 série ensino fundamental	1
9 série ensino fundamental	1
1 ano ensino médio	30
2 ano ensino médio	1
Total Ensino fundamental	**21**
Total Ensino médio	**31**
Total Geral	**52**

A partir das informações armazenadas no banco de dados foi possível gerar uma matriz com todos os dados necessários para o processamento de reconhecimento de padrão. Os dados foram normalizados para a amplitude na faixa (-1, +1) evitando assim dado discrepante fora do intervalo estipulado e realizamos a correlação dos mesmos. As variáveis de entrada são do tipo categórica: tipo binárias (exemplo: Xi ϵ {frio, quente}; ordinais (exemplo: Xi ϵ {congelado, frio, morno, quente}; nominais (exemplo: Xi ϵ {solteiro, casado, separado, viúvo}. A variável de saída é binária: -1 ND (Não-Disléxico), +1 DI (Disléxico). Mantivemos todos os dados obtidos na normalização (*outlayers*) bem como as variáveis após a correlação. Observamos apenas duas variáveis discrepantes no conjunto de dados, mesmo assim foram mantidas na matriz.

6.2.1. Experimento usando a Rede Neuronal supervisionada (*Backpropagation*)

Dentre as várias execuções de aprendizagem do algoritmo (rodadas da rede), comentaremos apenas dois resultados nesta primeira abordagem do problema. O treinamento é feito primeiro para que a rede neuronal aprenda e identifique o que se quer saber. O teste ou validação é a comprovação do aprendizado da rede.

A topologia da rede neuronal (**figura 23**) utilizada neste experimento foi definida da seguinte forma: camada de entrada, camada intermediária e camada de saída. Um conjunto de 5 neurônios nas camadas internas e 1 neurônio na saída, utilizando uma rede neuronal supervisionada com o algoritmo de aprendizado por retropropagação de erros (B*ackpropagation*) corrigindo os pesos da rede para apresentar a resposta desejada.

No primeiro experimento as 52 amostras foram divididas da seguinte forma: 70% dos casos destinados ao treinamento da rede e 30% dos casos para o teste.

Depois de várias execuções do algoritmo referentes a este primeiro experimento, observamos que o teste não correspondia com o treinamento da rede neuronal. Alguns casos ficavam de forma solta no espaço fora do agrupamento de disléxicos e não-

disléxicos. Observamos que o problema poderia estar relacionado com o agrupamento dos sujeitos no banco de dados.

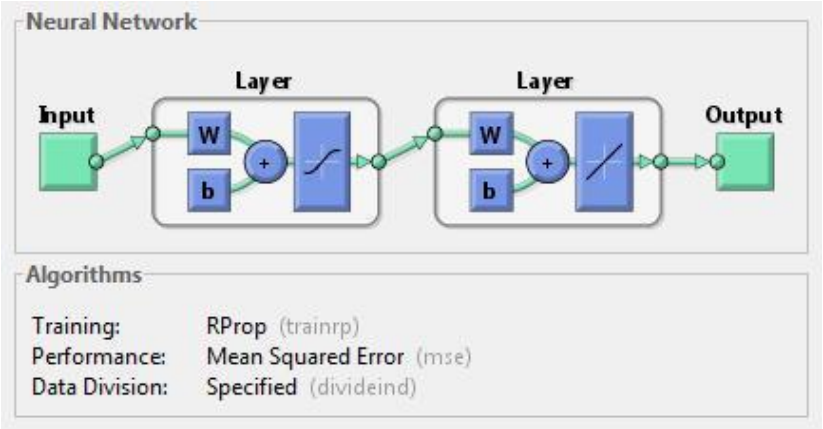

Figura 23: Topologia da rede neuronal supervisionada.

Decidimos agrupar os sujeitos, ou seja, separar o grupo de disléxicos dos não-disléxicos de acordo com o diagnóstico e apresentamos os dados à rede no segundo experimento. Depois de várias execuções no treinamento de teste do algoritmo, observamos o resultado apresentado pela rede neuronal e constatamos que a classificação em dois grupos foi satisfatória (**gráficos 1 e 2**).

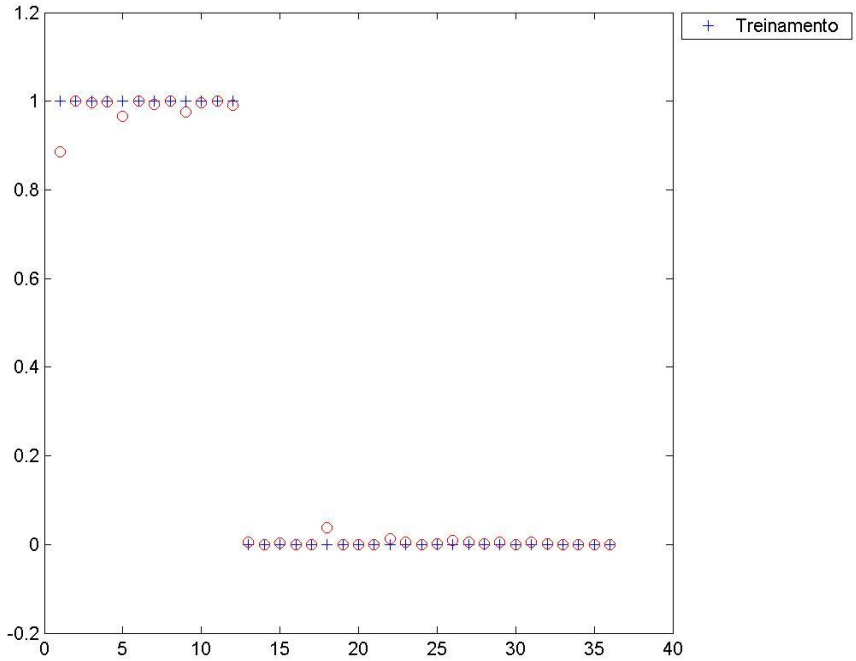

Gráfico 1: Treinamento de aprendizagem da rede

Nestes dois experimentos não utilizamos a técnica de Análise de Componentes Principais (PCA) descrita acima para não haver redução no número de variáveis da matriz com os dados apresentados para a rede neuronal.

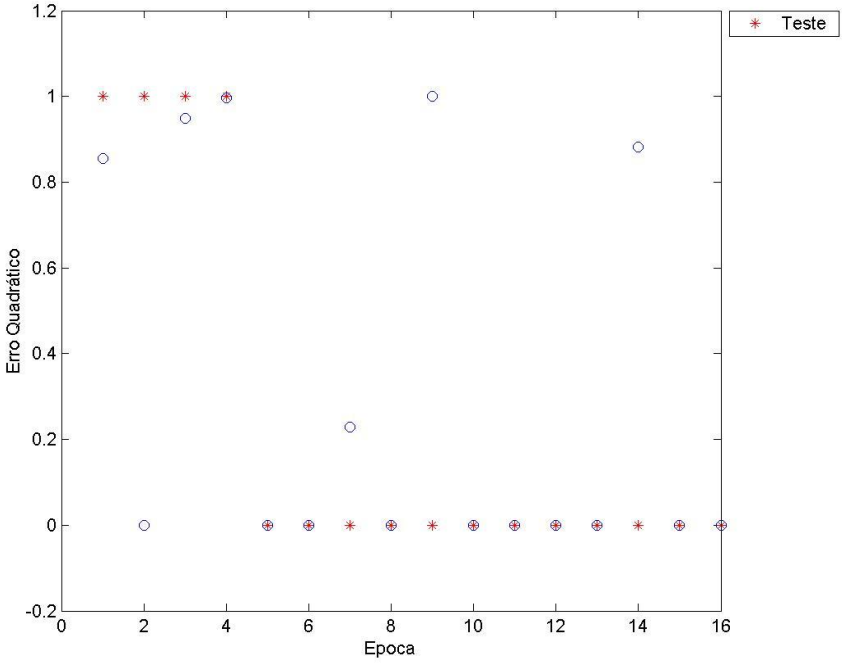

Gráfico 2: Teste de aprendizagem da rede, após o treinamento da rede neuronal.

Na comparação dos dois experimentos, consideramos que a rede neuronal apresentou resultados satisfatórios na classificação dos dois grupos, disléxicos e não-disléxicos. Constatamos também que o pré-processamento feito na base de dados, tais como a exclusão dos ruídos existentes nos dados, completando dados faltosos, foi fundamental no reconhecimento do padrão do individuo com dislexia, discriminando de forma satisfatória o padrão na base de dados (COSTA *et al*, 2008; 2009). Outra melhora observada entre os dois experimentos foi a quantidade reduzida de épocas que durou a execução da rede diminuindo consideravelmente o tempo de processamento.

6.2.2. Experimento usando Rede neuronal não-supervisionada (SOM)

Na implementação da rede neuronal não-supervisionada, utilizamos a *Neural Network Toolbox* do *software* MatLab (MATILAB, R2009b). Vários parâmetros e definições *default* desta *toolbox* foram mantidos, sendo modificado o mínimo necessário para adequar a rede neuronal aos dados. A estrutura da rede neuronal não supervisionada usada no treinamento pode ser observada na **figura 24** onde temos a entrada dos dados, o processamento e a saída dos agrupamentos.

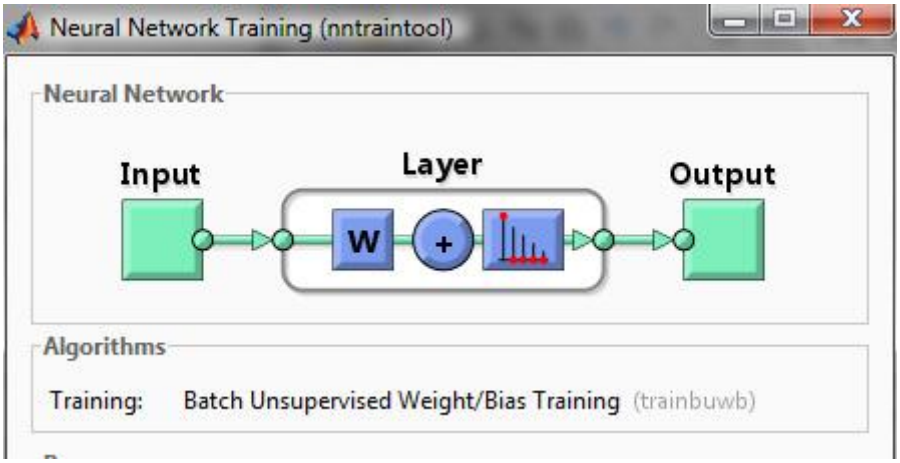

Figura 24: Estrutura da rede SOM

A rede neuronal tem os seguintes parâmetros e definições:

- ✓ A camada de entrada possui 2 neurônios, que lêem as duas primeiras componentes principais geradas a partir dos dados.
- ✓ A camada de saída possui 30 neurônios, distribuídos numa grade bidimensional de 12 x 12. Como temos 52 registros, espera-se que com 20 neurônios os grupos criados fiquem bem separados na grade; e que para 2 registros terem o mesmo neurônio vencedor associado a ele, estes 2 têm que ser realmente muito semelhantes.

- ✓ A topologia da camada de saída é hexagonal e a distância entre os neurônios é calculada pela quantidade de conexões entre os neurônios.
- ✓ A função de vizinhança faz com que a cada passo na distância entre neurônios, o incremento no valor dos vizinhos seja a metade do passo anterior. Ou seja, para o vencedor o incremento é a própria taxa de aprendizado; para a distância do vencedor igual a 2, o incremento será a metade da taxa de aprendizado aplicada aos vizinhos com distância 1; e assim sucessivamente.

A **figura 25** mostra a topologia da camada de saída hexagonal da rede SOM.

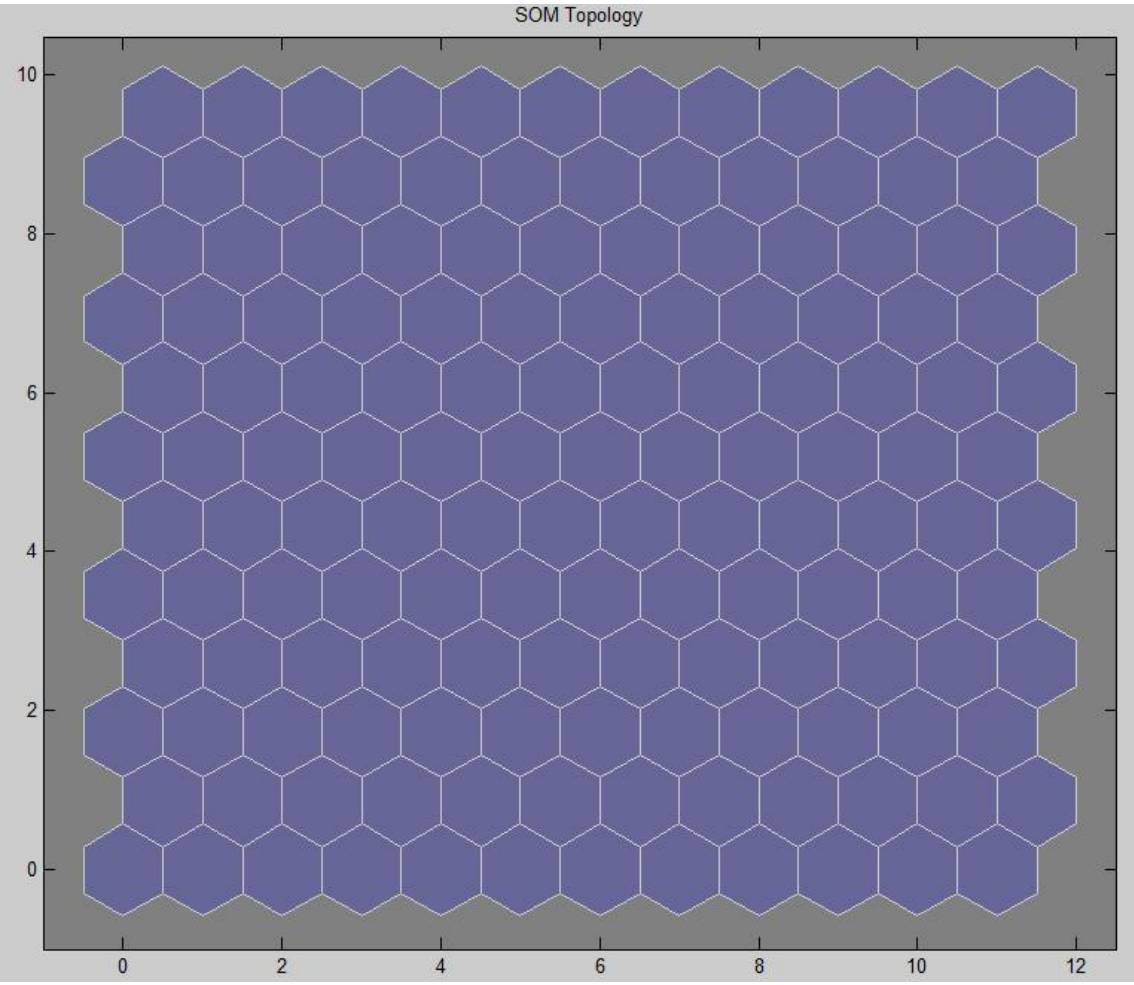

Figura 25: Topologia hexagonal da rede neuronal SOM

Localização dos pontos de dados e os vetores de peso SOM

Depois do processamento da rede SOM, existem várias visualizações úteis para uma análise do resultado do processamento. A **figura 26** mostra as localizações dos pontos de dados e os vetores de peso. Como a figura indica, depois de 200 iterações do algoritmo em lote, o mapa é bem distribuído através do espaço de entrada.

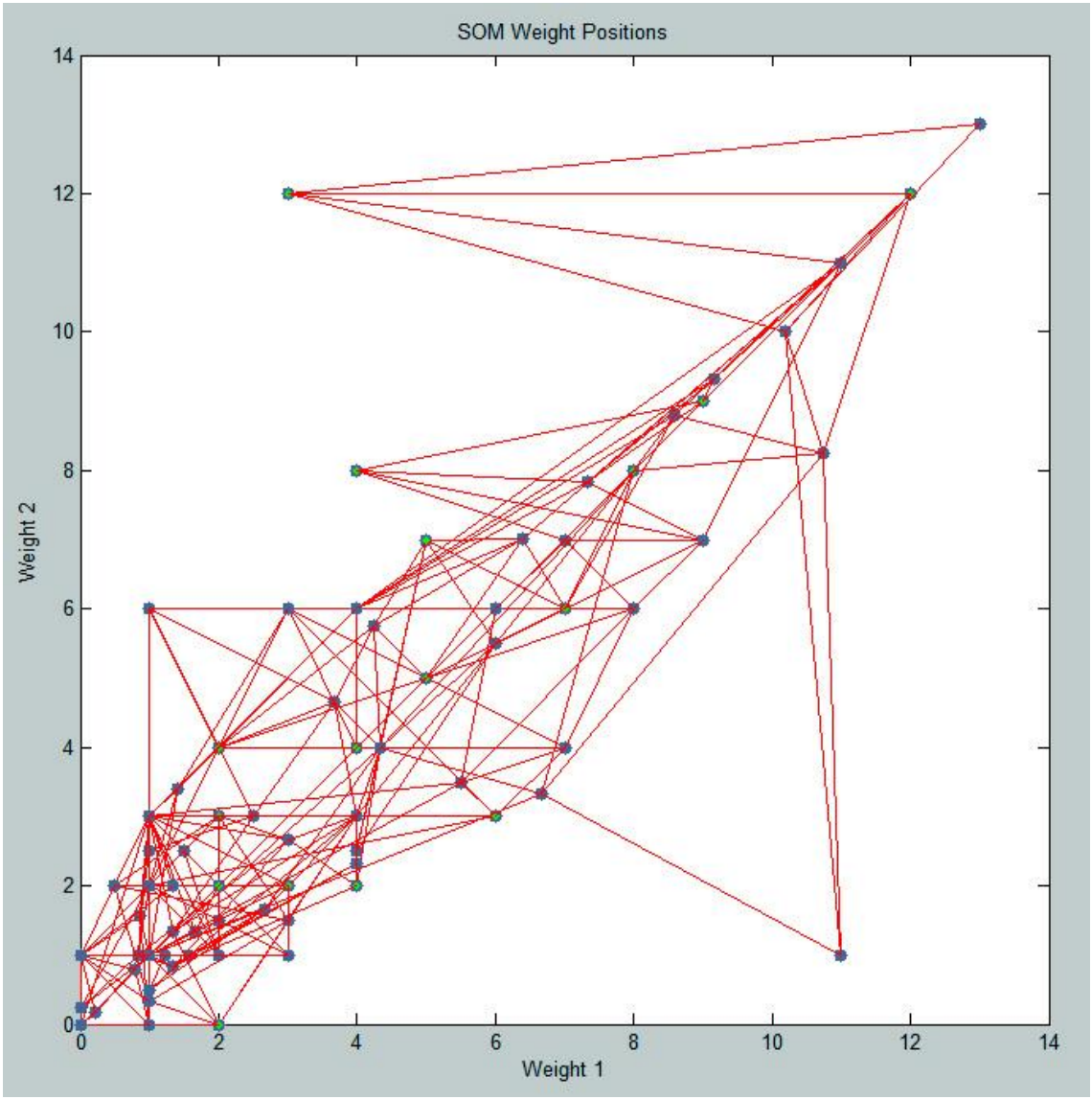

Figura 26: posição dos pesos do SOM.

Na **figura 27**, os pontos representam os neurônios, as figuras de cor mais escura representam os disléxicos e as figuras de cor mais claras representam os não disléxicos. As figuras relativas a cada disléxico representadas sobre um neurônio indicam que este neurônio está associado àquele estímulo (disléxico). Cada neurônio pode estar associado a nenhum ou a mais de um estímulo, mas cada disléxico só estará associado a um neurônio.

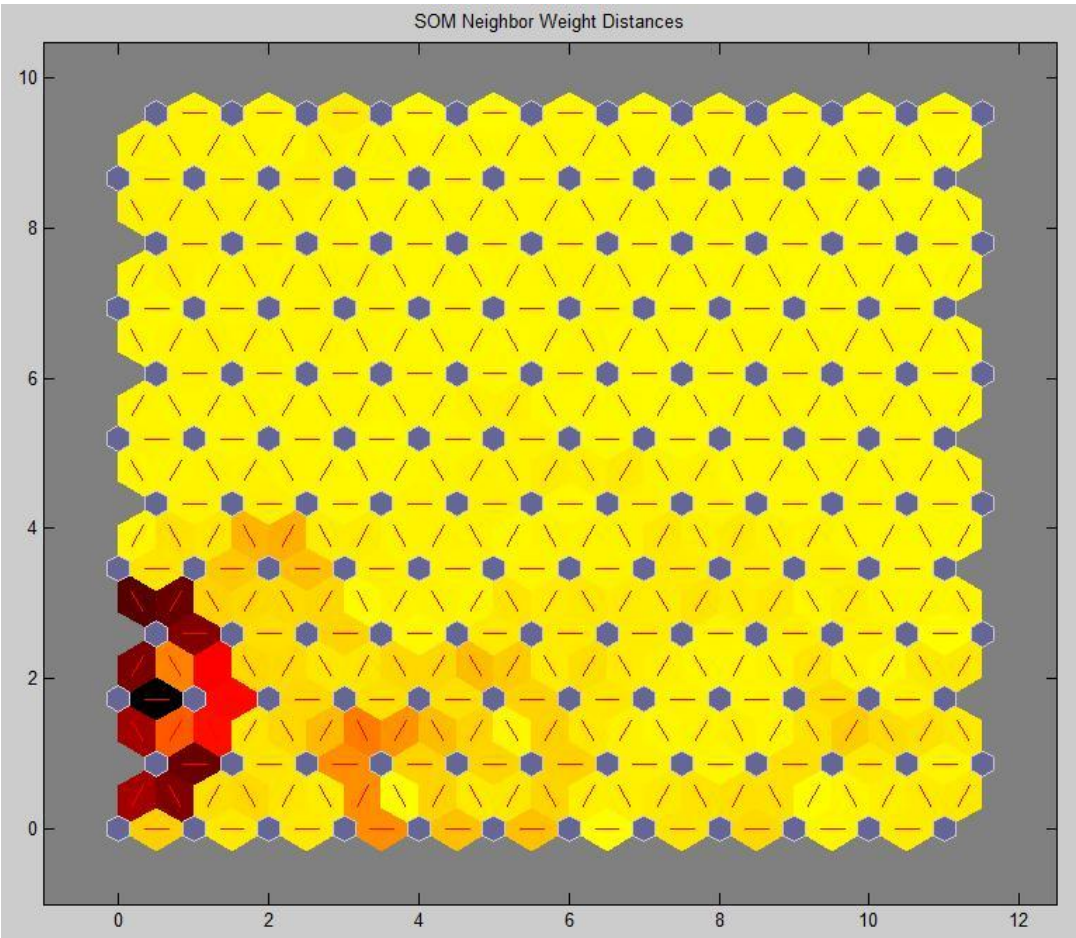

Figura 27: Distância de vizinhos na rede SOM

Quando o espaço de entrada tem alta dimensionalidade não é possível visualizar todos os pesos ao mesmo tempo. As figuras que aparecem na tela indicam as distâncias entre neurônios vizinhos.

Este valor usa a cor no seguinte código: Os hexágonos azuis representam os neurônios; As linhas vermelhas conectam os neurônios vizinhos; As cores das regiões contendo as linhas vermelhas indicam as distâncias entre os neurônios; As cores mais

escuras representam as distâncias maiores; As cores mais claras representam as distâncias menores.

Um grupo de segmentos de luz aparece na região inferior esquerda, delimitada por alguns segmentos mais escuro. Este grupo indica que a rede tem agrupado os dados em dois grupos. A região inferior centro da figura contém um agrupamento de pontos de dados. Os pesos correspondentes estão mais próximos nesta região, o que é indicado pelas cores mais claras a distância vizinha. Os pesos nessa região fazem conexão com a região maior, as distâncias são maiores. Os segmentos na região inferior esquerda são mais escuros do que aqueles na parte superior direita. Esta diferença de cor indica que os dados (pontos) nesta região estão mais afastados. Esta distância é confirmada na **figura 26** posição dos pesos.

A **figura 28** mostra o quanto os pontos de dados estão associados com cada neurônio. Principalmente se os dados são uniformemente distribuídos em todos os neurônios. Observa-se uma maior concentração dos dados nos neurônios superior direito, mas no geral a distribuição é bem uniforme.

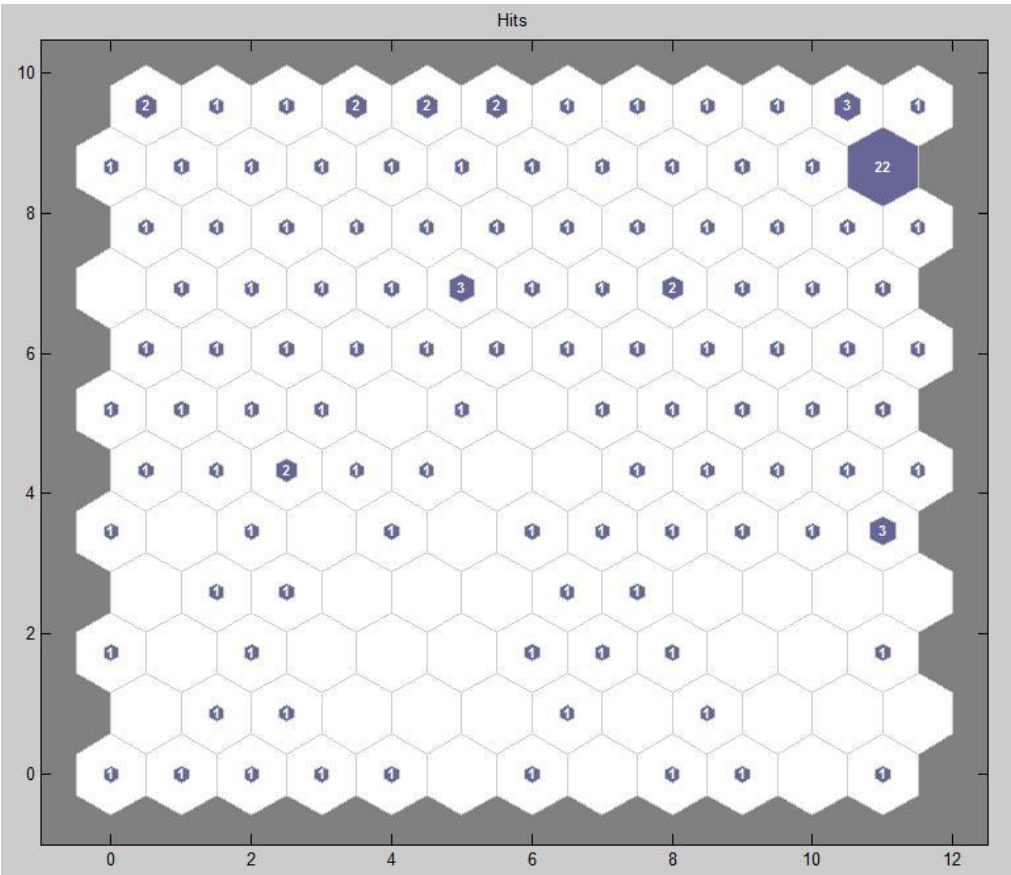

Figura 28: SOM Hits

Outra visualização dos pesos bastante interessante é mostrada na **figura 29**. Há um plano de peso para cada elemento do vetor de entrada (dois, neste caso). São visualizações dos pesos que conectam cada entrada para cada um dos neurônios. (Cores mais escuras representam pesos maiores.) Se os padrões de ligação de duas entradas são muito semelhantes, assume-se que as entradas foram altamente correlacionadas. Neste caso, a entrada 1 tem conexões que são muito diferentes das conexões da entrada 2.

Nesta **figura 29** existe um plano de peso para cada elemento do vetor de entrada (52, neste caso). São visualizações dos pesos que conectam cada entrada para cada um dos neurônios (cores mais escuras representam maiores pesos). Se os padrões de ligação de duas entradas são muito semelhantes, pode-se assumir que as entradas eram altamente correlacionadas. Neste caso, a entrada 1 tem conexões que são muito diferentes das conexões da entrada 2.

Ainda na **figura 29** identificamos dois grupos distintos, crianças e adolescentes com e sem Dislexia ou Distúrbios de Aprendizagem. A utilização do algoritmo SOM neste trabalho se justifica pelo fato de encontrarmos na literatura informações de possível comorbidade associada à dislexia. Nesse caso buscávamos encontrar um terceiro grupo com a utilização da rede não-supervisionada, uma vez que esse tipo de rede não carece de um especialista, nem de especificação *a priori* do número de agrupamentos.

Diante dos resultados apresentados pela rede SOM podemos inferir que neste conjunto de dados não foram encontradas características que definissem elementos para o terceiro grupo de disléxico com a comorbidade TDAH associada. É possível que em estudos com uma massa de dados mais robusta possa existir pessoas com dislexia e a comorbidade associada TDAH, ou outros transtornos. Entendemos a necessidade de mais estudos sobre o assunto, uma vez que a investigação não se esgota aqui.

Observando os resultados (52 entrevistas) das entradas apontadas na **figura 29** ressaltamos que 14 pessoas passaram por uma avaliação com especialista no centro de referência ELO-UFRJ. Entre os demais entrevistados tem uma pessoa com diagnóstico de dislexia avaliada por profissional particular, duas pessoas com suspeita de dislexia entrevistadas na Espanha. Uma pessoa entrevistada na Escola Batistão/RJ com suspeita de Diagnóstico nessa área.

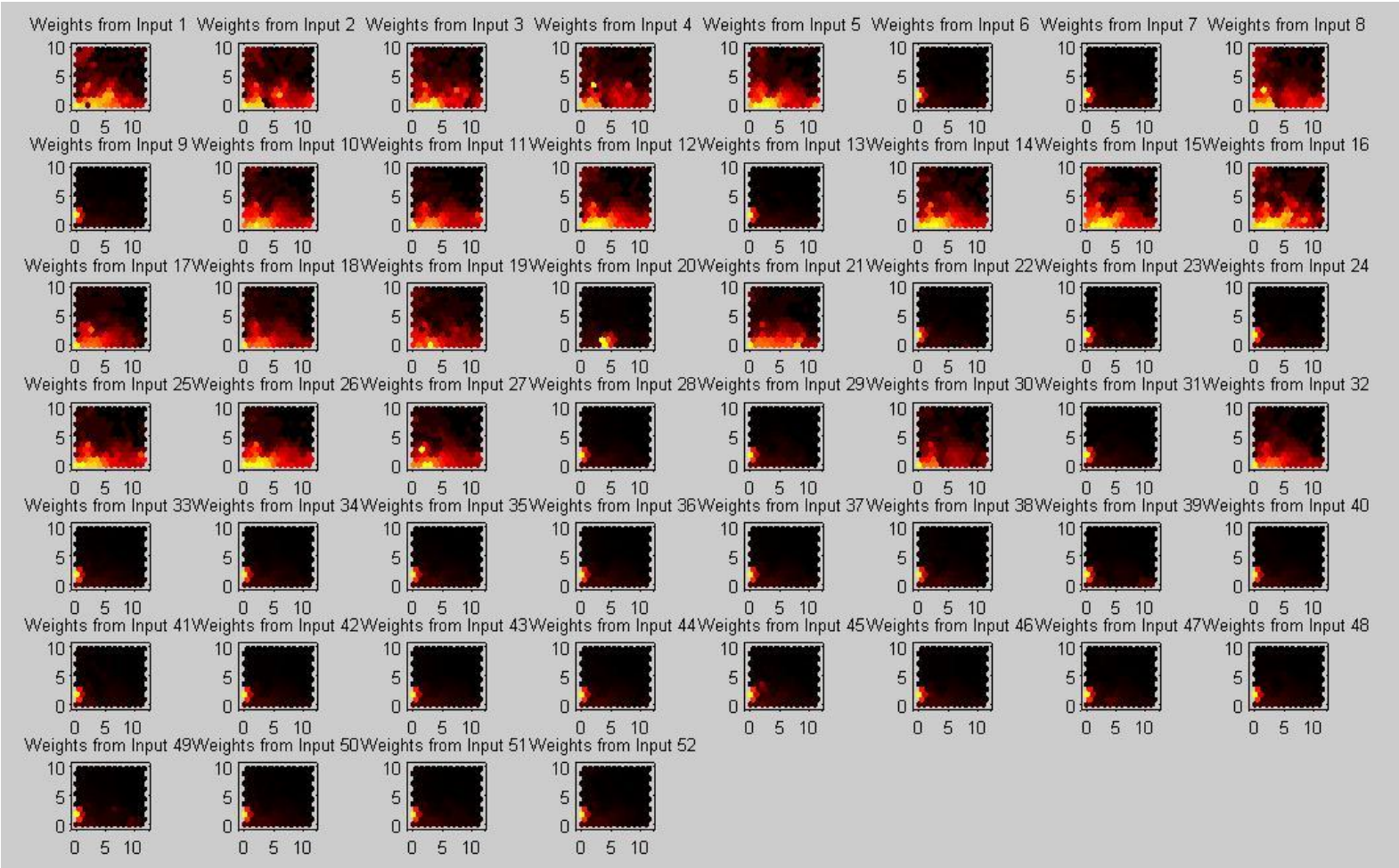

Figura 29: SOM Plano de Pesos

No entanto, observamos algumas entradas apresentadas pela rede entre os 14 entrevistados que passaram pela avaliação com especialistas no centro de referência 04 (quatro) casos aparecem como sendo normais, ou sem nenhum problema de aprendizagem, o que nos leva a pensar em falsos negativos.

Entendemos por falso negativo, pessoas que passaram por uma avaliação e têm um diagnóstico positivo do transtorno em questão. O mesmo se aplica para os casos que nunca passaram por uma avaliação e apresentam positividade para o transtorno pesquisado. A resposta da rede neuronal tem por base as informações armazenadas no banco de dados referente a cada entrevistado, cujos dados são incrementados com pesos atribuídos a cada variável (característica), e pode ser útil também na identificação destes casos.

Porém chamamos atenção que tanto os falsos positivos como os falsos negativos deverão ter atenção por parte do especialista para que esclareça a real situação da pessoa.

Sobre os casos identificados como falsos positivos, voltamos ao centro de referência e analisamos detalhadamente com o especialista a história da evolução de cada um dos pacientes envolvidos neste grupo. Foram identificados todos os casos, o que passo a descrever cada um em separado.

A entrada de número seis que aparece na classificação da rede como um falso negativo se trata de estudante de 11 anos de idade que passou por uma avaliação no centro de referência e foi submetido a um diagnóstico precoce e que não se caracterizou, com a evolução do quadro, como Dislexia. O especialista confirma que a rede classificou corretamente.

A entrada de número sete que aparece na classificação da rede como um falso negativo se trata de estudante de 11 anos de idade que passou por uma avaliação no centro de referência sendo submetido à bateria de testes sendo identificado como Disortografia, que é um transtorno específico de escrita, mas que não necessariamente apresenta Dislexia associado. Neste caso, não havia Transtorno Específico de Leitura, confirmando também que a rede classificou corretamente.

A entrada de número nove que aparece na classificação da rede como um falso negativo se trata de aprendiz de 11 anos de idade que passou por uma avaliação no centro de referência sendo submetido à bateria de testes sendo identificado como

problemas de ordem comportamental, possivelmente psiquiátrico, não caracterizando Dislexia ou outro Transtorno de Aprendizagem. A resposta apresentada pela rede é confirmada positivamente pelo especialista.

A entrada de número 13 que aparece na classificação da rede como um falso negativo se trata de aprendiz de nove anos de idade que passou por uma avaliação no centro de referência e foi submetido a um diagnóstico precoce e que não caracterizava dislexia. A resposta apresentada pela rede neuronal é confirmada positivamente pelo especialista.

Observamos também que a rede neuronal não-supervisionada classificou alguns casos sem diagnóstico que foram coletados fora do centro de referência apontando como falsos positivos. No entanto, comentaremos todos os casos com base nos dados da entrevista coletadas e armazenadas no banco de dados.

A título de ilustração para os casos de falso positivo uso um dos itens do questionário Dificuldades onde são perguntadas as dificuldades com rima, leitura, memória, soletração (**apêndice 10**).

A entrada de número 11 se trata de aprendiz de 15 anos de idade. Trata-se de um aprendiz sem nenhum tipo de avaliação sobre dificuldades de aprendizagem. No item Dificuldades do questionário, adivinha palavras. A rede neuronal classificou como uma pessoa com dislexia ou distúrbio de aprendizagem.

A entrada de número 12 se trata de aprendiz de 11 anos de idade. Este aprendiz nunca passou por testes de avaliação sobre dificuldades de aprendizagem. O respondente (mãe) confirma as dificuldades enfrentadas pelo aprendiz. No item Dificuldades do questionário ler melhor quando alguém lê, lê com esforço, se expressa melhor falando do que escrevendo, troca letras na escrita, tem dificuldade de memorizar. A rede neuronal classificou como uma pessoa com dislexia ou distúrbio de aprendizagem.

Na entrada de número 17 se trata de aprendiz de 17 anos de idade. As informações prestadas pelo responsável sobre este aprendiz foi de dificuldades na leitura. Com base nas informações a rede classificou como sendo um caso de distúrbio de aprendizagem. No item dificuldades este aprendiz apresenta dificuldade com rima e escrita. Este caso foi dado como suspeita em decorrência de dificuldades apresentada

pelo respondente. Recentemente o pesquisador voltou a contatar este aprendiz e o mesmo confirmou que as dificuldades persistem na disciplina de português.

A entrada de número 18 se trata de aprendiz de 17 anos de idade. Este escolar tem diagnóstico de dislexia feito por profissional particular. Os respondentes confirmaram as dificuldades enfrentadas pelo escolar. No item Dificuldades do questionário apresenta dificuldades com leitura, entende melhor quando alguém lê, troca letras quando está lendo, se expressa melhor falando do que escrevendo, apresenta dificuldades de memorizar, de soletrar e não tem antecedentes com estes tipos de dificuldades. A rede neuronal classificou com algum Transtorno do Aprendizado, ou seja, entendemos que a rede levantou a possibilidade do diagnóstico.

A entrada de número 19 se trata de aprendiz espanhol de 9 anos de idade. Este aprendiz passou por testes de avaliação na área de aprendizagem e foi constatado atrasos na leitura. Os respondentes (mãe e professora) confirmaram as dificuldades enfrentadas. No item Dificuldades do questionário apresenta dificuldades com rima, leitura, dificuldades de memorizar. A mãe informou ser disléxica. A rede neuronal classificou como uma pessoa com possível Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem.

A entrada de número 20 se trata de aprendiz espanhol de 10 anos de idade. Este aprendiz passou por testes de avaliação sobre dificuldades de aprendizagem e foi constatado atrasos na leitura. Os respondentes (mãe e professora) confirmaram as dificuldades enfrentadas. No item Dificuldades do questionário apresenta dificuldades com rima, lê com esforço, adivinha palavras, troca letras, dificuldade com a escrita, dificuldade de memorizar. A mãe informou ter outro filho com os mesmos problemas. A rede neuronal classificou como uma pessoa com possível Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem.

A entrada de número 25 se trata de aprendiz de 13 anos de idade. Trata-se de um adolescente sem nenhum tipo de avaliação sobre dificuldades de aprendizagem. No item Dificuldades do questionário, se expressa melhor falando do que escrevendo. A rede neuronal classificou como uma pessoa com possível Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem.

A entrada de número 26 se trata de aprendiz de 12 anos de idade. Trata-se de um aprendiz sem nenhum tipo de avaliação sobre dificuldades de aprendizagem. No item Dificuldades do questionário, se expressa melhor falando do que escrevendo. A rede

neuronal classificou como uma pessoa com possível Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem.

A entrada de número 27 corresponde a um estudante de 12 anos de idade. Trata-se de um aprendiz sem nenhum tipo de avaliação sobre dificuldades de aprendizagem. No item Dificuldades do questionário apresenta dificuldade com a escrita, se expressa melhor falando do que escrevendo, troca algumas letras na escrita. A rede neuronal classificou como uma pessoa com possível Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem.

A entrada de número 30 é um adolescente espanhol de 17 anos de idade. Trata-se de um aprendiz sem nenhum tipo de avaliação sobre dificuldades de aprendizagem. No item Dificuldades do questionário, apresenta dificuldade de memorizar. A rede neuronal classificou como uma pessoa com possível Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem.

A entrada de número 32 se trata de aprendiz espanhol de 17 anos de idade. Nunca realizou nenhum tipo de avaliação sobre dificuldades de aprendizagem. No item Dificuldades do questionário, na escrita se expressa melhor falando do que escrevendo, troca algumas letras na escrita. A rede neuronal classificou como uma pessoa com possível Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem.

Todos os casos relacionados como falsos positivos e falsos negativos devem ser avaliados por especialistas para confirmação ou não do resultado apresentado pela rede neuronal, pois a principal característica das redes neuronais é a capacidade de aprender com a experiência e a única tarefa de uma rede neuronal é executar e associar padrões. Esses padrões são indicativos de que a rede encontrou algum problema escondidos nos dados apresentados.

6.2.3. Algoritmo de agrupamento *k-means*

O algoritmo *k-means* foi implementado no *software* Matlab (MATLAB, 2009b). Como mencionado anteriormente no capítulo 4, no *k-means* é necessário a definição *a priori* do número de agrupamentos (*k*). Fixamos este parâmetro em k=3. O conjunto de dados é o mesmo utilizado pelos algoritmos *bakpropagation* e SOM. Os dados foram

separados de forma que cada registro corresponde a uma pessoa, e os indivíduos são os pontos a serem agrupados. Os símbolos utilizados para representar cada pessoa são os pontos azuis para não disléxico e os pontos verdes para os disléxicos. O ponto vermelho é para representar disléxicos com a comorbidade TDAH associada. Os centros dos grupos são indicados com um círculo maior. Os agrupamentos definidos para o *k-means* estão apresentados através das **figuras 30** e **31**.

Como o foco deste estudo é encontrar padrão, as figuras 30 e 31 mostram os grupos de disléxico e não-disléxico, porém, este classificador não encontrou elementos representativos para o agrupamento disléxico e a comorbidade TDAH associada.

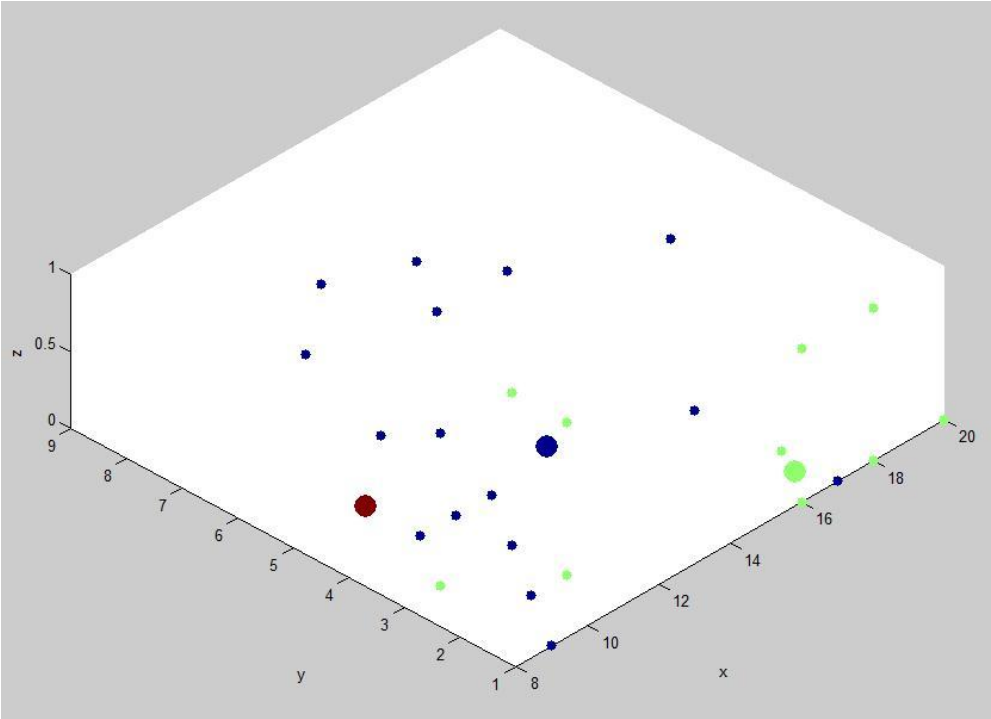

Figura 30: Agrupamento em clusters

Observe que em ambas as figuras, a maior parte dos indivíduos se concentra em um grupo. Isto indica que a maioria dos indivíduos já tinha um repertório de características significativas para a discriminação dos grupos durante o processamento de agrupamento.

Os resultados obtidos pelos três classificadores mostram uma semelhança na quantidade de agrupamentos encontrados, ou seja, todos apresentam somente a existência de dois grupos encontrados nos dados.

A rede neuronal supervisionada usando o algoritmo backpropagation já se esperava encontrar dois grupos distintos, disléxicos e não disléxicos. A rede apresentou a classificação dos dados em dois grupos bem distintos. Observamos também que nesta classificação alguns pontos ficaram mais distantes dos grupos, mas permaneciam mantendo alguma proximidade de um dos grupos.

Observamos que na utilização dos mapas auto-organizáveis os resultados apresentados mostram elementos mais afastados do grupo ao qual pertence. Mesmo assim mantém as características que determinam ao qual grupo pertence.

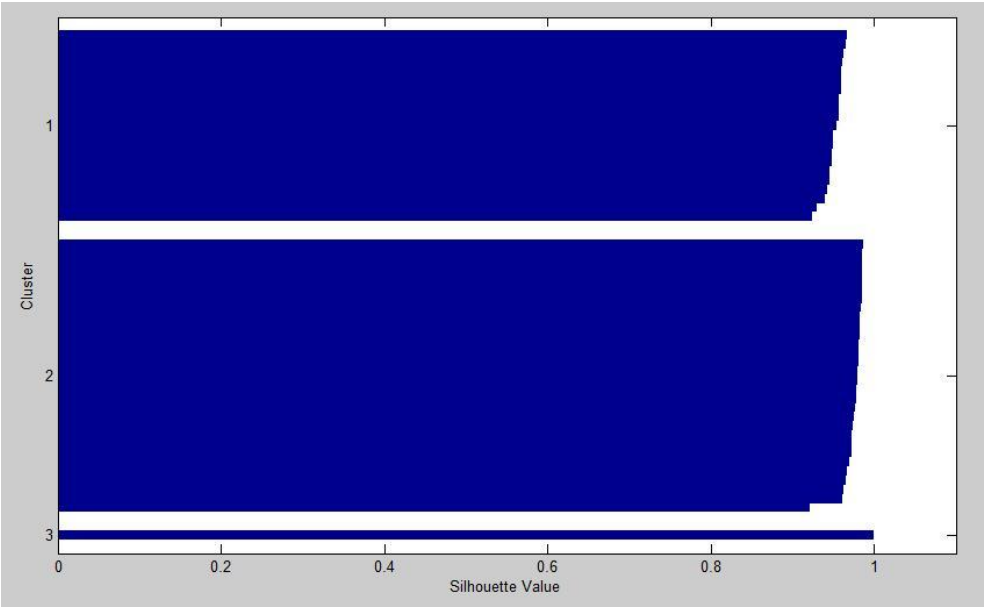

Figura 31: Contorno de agrupamentos

Também vemos nos resultados apresentados pelo classificador *k-means*, onde esperávamos encontrar três grupos distintos, disléxico, não disléxico e disléxico com a comorbidade TDAH associada. Mas o que ficou demonstrado é que nesta base de dados não ficou evidente característica que denotasse o terceiro grupo.

Com base nos resultados dos três classificadores ficou evidenciado que nesta base de dados existem apenas dois grupos distintos, disléxicos e não disléxicos.

Os gráficos gerados pelo classificador *k-means* tem o objetivo de comparar com os resultados obtidos com a rede SOM. O que observamos é que os dois classificadores apresentaram os mesmos resultados no que diz respeito ao número de agrupamentos.

Com estas constatações podemos concluir que para a abordagem deste problema visando uma solução de agrupamentos, os especialistas poderão eleger qualquer um dos classificadores utilizados neste trabalho. Mas cabe uma ressalva, o classificador SOM tem a vantagem sobre os outros, pelo fato de não necessitar de especificação de número de agrupamentos.

Com base no exposto acima, reafirmamos que objetivo desse estudo se manteve visando o desenvolvimento de estratégia computacional inteligente capaz de encontrar pessoas em risco de dislexia e analisar os achados resultantes dos procedimentos de avaliação em escolares com dislexia do desenvolvimento e escolares sem dificuldades, bem como constatar a eficácia do uso das redes neuronais no *screanning* em escolares com dislexia do desenvolvimento.

A análise dos resultados revela a similaridade entre os três classificadores quanto à classificação dos agrupamentos de acordo com as características encontradas nos dados, o que possibilita pensar em um perfil de habilidades cognitivo-linguísticas tanto para os escolares com dislexia como para os escolares sem histórico de dificuldades de aprendizagem.

Estes resultados corroboram que as redes neuronais neste estudo demonstraram serem eficazes na classificação de transtornos de aprendizagem, bem como de antecipar o diagnóstico em escolares o mais precoce possível.

Para clarificar o posicionamento dos elementos pertencentes a um grupo classificado pelos três classificadores citados, decidimos usar a técnica Análise de Componentes Principais – PAC, para temos uma visão mais ampla das variáveis referentes aos registros que podem influenciar através de características determinantes do quanto o elemento pertence a um grupo ou não.

6.2.4. Análise de Componentes Principais

O método de Análise de Componentes Principais foi usado neste trabalho como mais um método que corrobora os resultados obtidos com os três classificadores no reconhecimento de padrões. Sabemos que este método tem como característica o

redimensionamento na matriz de variáveis. É um método que tem por finalidade básica, a análise dos dados usados visando sua redução, eliminação de sobreposições e a escolha das formas mais representativas de dados a partir de combinações lineares das variáveis originais.

A correlação entre duas variáveis aleatórias é medida pelo coeficiente de correlação. Sabendo-se que PCA opera sobre uma matriz de covariância e que covariância está diretamente relacionada ao coeficiente de correlação, podem-se excluir variáveis que apresentam correlação total entre si. Sem estas variáveis, reduz-se o número inicial de variáveis e, consequentemente, separa a informação importante da redundante e aleatória processada (e simplificada) pelo método.

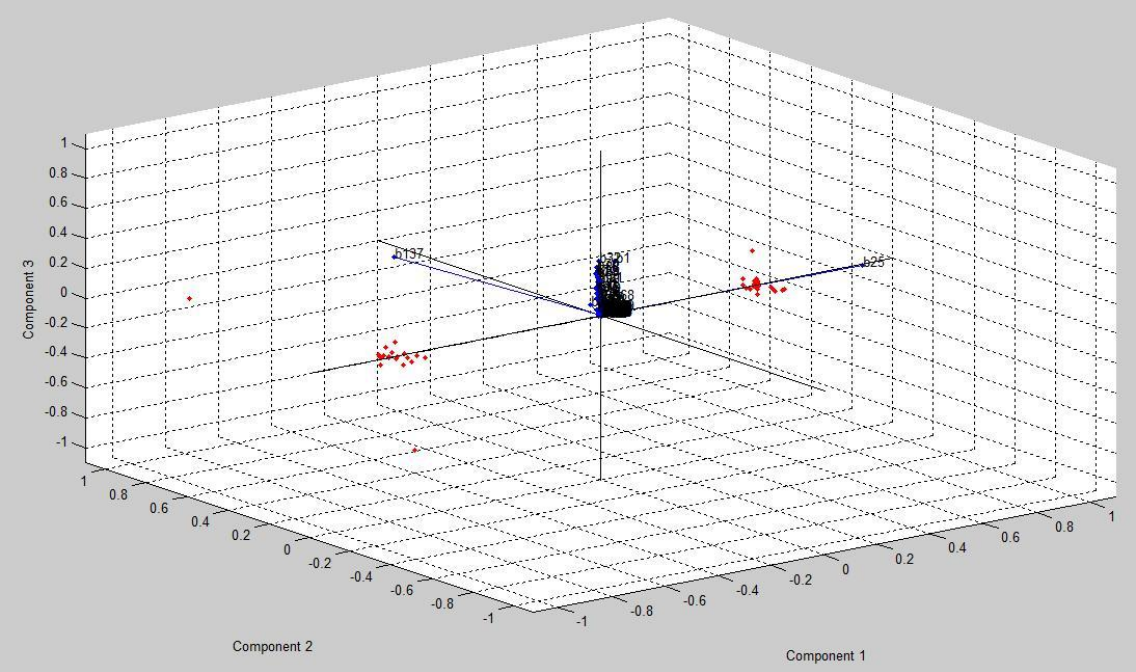

Figura 32: Análise de Componentes Principais

Ressaltamos que não utilizamos esse método no reconhecimento de padrões e reafirmo que a finalidade de sua utilização neste ponto da pesquisa é de termos uma visão e o controle das variáveis utilizadas pelos classificadores no reconhecimento do padrão e classificação dos agrupamentos encontrados.

A análise de componentes principais (PCA) é uma maneira de identificar a relação entre características extraída de dados. É bastante útil quando os vetores de

características têm muitas dimensões, quando uma representação gráfica não é possível, mas também pode ser útil em dimensões menores.

No gráfico gerado pela PCA (**figura 32**) observamos que duas variáveis 25 e 137 em especial estão deslocadas do conjunto de variáveis que estão na média, o que pode ter causado o deslocamento de pontos no espaço observados nos gráficos gerados pelos classificadores.

O que se observa neste gráfico é que embora estas duas variáveis estejam distante do intervalo [-1 +1] as mesmas não retiram as características dos dados e classificam os mesmo em seus respectivos grupos. O que podemos inferir que são variáveis que não influenciam nos resultados, mas carece de uma boa análise e conhecimento por parte do especialista para identificar as variáveis.

Essa técnica opera uma transformação linear nos dados de modo que os dados resultantes desta transformação tenham suas componentes mais relevantes nas primeiras dimensões, em eixos denominados principais.

Diante do exposto consideramos pertinente apresentar esta técnica no exame mais detalhado dos dados coletados para este trabalho.

Tantos as redes neuronais como o *k-means* e PCA apresentaram resultados satisfatórios neste estudo. Destaque para o uso das redes neuronais inferindo que assim como na literatura científica que aborda temas relacionados com a área da saúde, o presente trabalho mostra que as redes neuronais se colocam como uma ferramenta eficiente no rastreio de transtornos diversos. Outros trabalhos apresentam abordagens bem sucedidas em área de saúde: Usando Redes Neurais Artificiais e Regressão Logística na Predição da Hepatite A (dos SANTOS *et al*, 2005) e Rede neural artificial para detecção de sobremortalidade atribuível à cólera no Ceará (Penna, 2004). A utilização de uma rede neural artificial para previsão da incidência da malária no Município de Cantá, Estado de Roraima (CUNHA *et al*, 2010) e Redes Neuronais Artificiais e Análise Fatorial no Diagnóstico do Distúrbio Neuropsicológico Infantil (DUTRA e SOUZA, 2001).

Capítulo 7

Conclusão e Trabalhos Futuros

O Transtorno Específico de Leitura que se caracteriza por dificuldades na decodificação de palavras simples e reflete uma habilidade de processamento fonológico insuficiente (Sociedade Internacional de Dislexia) se define por Dislexia. O Distúrbio de Aprendizagem, por sua vez, se caracteriza por um grupo heterogêneo de alterações manifestas por dificuldades significativas na aquisição e uso da audição, fala, leitura, escrita, raciocínio ou habilidades matemáticas.

O Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), a presença de sinais de hiperatividade, impulsividade e desatenção na criança, se revela uma "comorbidade", ou seja, uma simultaneidade ou superposição de ocorrência com o déficit de leitura. O déficit de leitura repercute sobre o processo fonológico e o déficit de atenção atua sobre a função executiva do cérebro, a capacidade dos lobos frontais de planejar, coordenar e executar ações complexas.

Neste estudo as dificuldades de aprendizagem de leitura estiveram como base do interesse da investigação para detectar pessoa com ou sem uma dificuldade específica de leitura (se o sujeito tem ou não Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem).

Em se tratando do objeto da investigação a meta principal foi a categorização da pessoa em questão, e com essa perspectiva, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver uma estratégia computacional inteligente usando técnicas de Inteligência Artificial na detecção de pessoas com risco de Dislexia e a comorbidade TDAH associada na faixa etária de oito a 18 anos de idade.

Para dar conta do citado objetivo optou-se por utilizar modelos computacionais inteligentes capazes de classificar grupos de padrões por similaridades. Com as técnicas de Inteligência Artificial foi desenvolvido uma estratégia computacional inteligente para a classificação e avaliação de pessoas com dislexia. Foi automatizado o instrumento de coleta de dados para a pesquisa.

O uso de modelos a partir de redes neuronais permitiu o desenvolvimento de uma metodologia para a construção de uma ferramenta computacional com intuito de

dar suporte ao processo de rastreio de pessoas com Dislexia ou Distúrbio de aprendizagem.

A aplicação dessa metodologia permitirá a construção de modelos que tragam uma economia de tempo e dinheiro, dispondo ao operador uma ferramenta que possa agilizar precocemente o diagnóstico de Dislexia, através de um rastreio mais eficiente.

Com a execução do algoritmo de redes neuronais supervisionada (*backpropagation*), obteve-se a classificação de dois grupos: com e sem risco de Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem. Observou-se que o pré-processamento feito na base de dados foi fundamental no reconhecimento do padrão do individuo com dislexia, discriminando de forma satisfatória o padrão na base de dados. Outra melhora observada foi a quantidade reduzida de épocas que durou a execução da rede, diminuindo o tempo de processamento.

Após a execução do algoritmo SOM identificamos também dois grupos distintos como os acima citados: pessoas com Dislexia ou com Distúrbios de Aprendizagem e pessoas sem Dislexia. A utilização do algoritmo SOM neste trabalho se justifica pelo fato de encontrarmos na literatura informações de possível comorbidade associada à dislexia. Esperávamos encontrar um terceiro grupo com a utilização da rede não-supervisionada, uma vez que esse tipo de rede não carece de um especialista, nem de especificação *a priori* do número de agrupamentos.

De acordo com os resultados apresentados pela rede SOM podemos afirmar que neste conjunto de dados não foram encontradas características que definissem elementos para o terceiro grupo de disléxico com a comorbidade TDAH associada. É possível que em estudos com uma massa de dados mais robusta possam existir pessoas com dislexia e a comorbidade associada TDAH, ou outros transtornos. Entendemos a necessidade de mais estudos sobre o assunto, uma vez que a investigação não se esgota aqui.

Ainda nos resultados depois da execução da rede SOM, detectamos falsos positivos e falsos negativos, o que nos leva a concluir acertos na rede na detecção de pessoas com Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem. Foram atribuídos falsos negativos os casos que tinham passado por uma avaliação com especialista no centro de referência. Analisando esses casos específicos com o especialista verificou-se que o diagnóstico não se confirmou com a evolução do caso. Dessa forma ficou constatado

que a rede classificou esses casos corretamente ao não caracterizar como casos de dislexia.

A atribuição de falsos positivos encontrados pela rede SOM dá-se em função de que nenhum dos casos passou por qualquer tipo de avaliação sobre dificuldades de aprendizagem. Mesmo o caso que tem o diagnóstico de dislexia foi considerado falso positivo por não ter sido atendido no centro de referência. A rede encontrou similaridade de acordo com as características extraídas do banco de dados. Isso nos leva a inferir que a rede aprendeu com os dados e classificou em apenas dois grupos distintos.

O que nos chama a atenção é que a rede identificou corretamente e classificou no grupo com Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem. O que comprova a aprendizagem da rede em classificar corretamente esse caso e os outros como explicado no capítulo 6.

Mas chamamos atenção que tanto os falsos positivos como os falsos negativos descritos neste estudo deverão ter atenção por parte do especialista para que esclareça a real situação do indivíduo.

Observamos que os dois algoritmos das redes neuronais apresentam similaridade nos resultados, ou seja, a rede neuronal não-supervisionada apresentou a classificação de dois grupos distintos, igual à classificação da rede neuronal supervisionada. Isto indica uma probabilidade alta de que os grupos/padrões encontrados nos dados não sejam fruto do acaso. E desta forma propicia uma liberdade de escolha por parte do especialista de qualquer um dos algoritmos para a solução do problema a ser resolvido.

Destacamos o uso de mapas auto-organizáveis por não haver necessidade de determinar *a priori* a quantidade de agrupamentos procurados, apresenta uma vantagem. Trata-se de uma análise mais isenta de tendências.

O resultado apresentado pelo *k-means* também coincide com os resultados apresentados pelas duas redes neuronais. Ou seja, nesta base de dados só foram encontrados dois grupos distintos: com e sem suspeita de Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem. O *k-means* foi utilizado para comparar e corroborar os resultados apresentados pela rede neuronal não-supervisionada, o que foi confirmado com os resultados apresentados pelas duas técnicas de agrupamentos.

A utilização do método PCA utilizado neste trabalho corrobora os resultados apresentados pelos classificadores, pois esse método tem como característica o redimensionamento na matriz de variáveis. É um método que tem por finalidade básica, a análise dos dados usados visando sua redução, eliminação de sobreposições e a escolha das formas mais representativas de dados a partir de combinações lineares das variáveis originais. Ressaltamos que esse método não foi utilizado no processamento dos algoritmos das redes neurais, pois decidimos não suprimir nenhuma variável.

Os resultados deste estudo confirmam a pertinência do uso das redes neuronais como uma tecnologia computacional adequada no rastreio de pessoas com possíveis sinais de Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem e a comorbidade TDAH associada. O modelo neuronal aqui proposto pode ser conduzido de forma inovadora como ferramenta de apoio para o diagnóstico de Dislexia e outros Transtornos de Aprendizado, visando repostas úteis ao gerenciamento destas dificuldades do desenvolvimento. A técnica de redes neuronais demonstrou consistência ao lidar com os problemas de reconhecimento de padrão e indicam que para fins de *screening* se mostram eficientes.

Estes resultados corroboram que as redes neuronais neste estudo demonstraram serem eficazes na classificação de transtornos de aprendizagem, bem como de antecipar o diagnóstico em escolares o mais precoce possível.

Essa tecnologia se insere na prevenção em saúde, e a partir de então, mobilizando mecanismos inclusivos do indivíduo em seu meio com a perspectiva de diminuir o preconceito e o estigma.

7.1. Trabalhos Futuros

- ✓ Estudos sobre novos métodos que possam confirmar os resultados obtidos com os algoritmos de redes neuronais.
- ✓ Desenvolver novos módulos para integração com o banco de dados.
- ✓ Desenvolver algoritmo de extração de regras utilizadas pelas redes neuronais na comparação de padrões.

Referências Bibliográficas

ALEGRÍA, J., 2006, *Por un enfoque psicolingüístico del aprendizaje de la lectura y sus dificultades. Veinte años después*. Infancia y aprendizaje, ISSN 0210-3702, Nº 29(1), 93-111.

ANDRADE, L. C. V. de, 2007, *Uso de Técnicas Inteligentes para Análise de Avaliações do Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade em um Jogo Computacional*. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro :

ANULA, J.J., 1995, *La práctica del lenguaje integrado, donde motivación y comprensión van unidas*. Comunicación: Lenguaje y Educación, 25, pp. 51-64.

AZEVEDO, F.M., BRASIL, L.M. e OLIVEIRA, R. C. L., 2000, *Redes neurais com aplicações em controle e em sistemas especialistas*. Florianópolis, SC: Bookstore.

BERGERON, B.S., 1990, *What does the term whole language mean? Constructing a definition from the literature.* Journal of Reading Behavior, 22(4), 301-329.

BRAGA, A.P.; CARVALHO, A.P.L.F.; LUDEMIR, T.B., 2003, *"Sistemas Inteligentes – Fundamentos e Aplicações"*, RECOPE-IA, Rede Cooperativa de Pesquisa em Inteligência Artificial, p. 141 a 168, Editora Manole, SãoPaulo,.

BRUNER, J. e HASTE, H., 1990, *La Elaboración del sentido: la construcción del mundo por el niño*. Barcelona, España, México : Paidós.

BRUNER, J., 1991, *Actos de significado. Más allá de la revolución cognitva*. Madrid: Alianza Psicología Minor: (Acts of meaning. Harvard College, 1990).

BRYANT, P.; GOSWAMI, U., 1987, *Beyond grapheme-phoneme correspondence*. Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition, Vol 7(5), Oct 1987, 439-443.

CARVALHO, L. A. V., 2005, *Datamining – A Mineração de Dados no Marketing, Medicina, Economia, Engenharia e Administração*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda.

CASAL10, 2011, *Mentes artificiais, consciência e outros delírios*. Disponível em: http://casal10.evonblogs.com.br/bytes/877. Acesso junho 2011.

CASTLES, A. & COLHART, M., 1993, *Varieties of developmental dyslexia*. Cognition, 47, 149-180.

CASTRO, A. A. M. e PRADO, P. P. L., 1999-2002, *Algoritmos para reconhecimento de padrões*. Revista Ciências Exatas, Taubaté, v. 5-8, p. 129-145.

CEREBROMENTE, 2011, *O Que São as Redes Neurais Artificiais*. Disponível em: http://www.cerebromente.org.br/n05/tecnologia/rna.htm. Acesso junho de 2011.

CLEMENTE, M., 1997, *¿Aprendemos a leer como aprendemos a hablar? algunas objeciones al lenguaje integrado*. Revista: C&E. Cultura y Educación; No. 6-7 Página(s): 207-222 ISSN: 11356405.

CLEMENTE, M. e DOMINGUEZ, A. B., 1999, *La enseñanza de la lectura: Un enfoque psicolinguístico y sociocultural*. Madrid: Pirámide.

CLEMENTE, M., 2001, *Enseñar a leer*. Madrid: Pirámide.

CLEMENTE, M., 2008, *Enseñar a leer. Bases teóricas y propuestas prácticas.* Madrid: Pirámide.

CLEMENTE, M.; RAMÍREZ, E. e SÁNCHEZ, M. C., 2010, *Enfoques teóricos y prácticas docentes en la enseñanza inicial de la lengua escrita*. Revista: C&E. Cultura y Educación; Vol. 22, nº3 Página(s): 313-328 ISSN: 11356405.

CHON, T.-S. et al, 1996, *Patternizing communities by using an artificial neural network*. Ecological Modelling, v.90, p.69-78.

COLLARES, C. A. L. e MOYSÉS, M. A. A. A História não Contada dos Distúrbios de Aprendizagem. Cadernos CEDES no. 28, Campinas: Papirus, 1993, pp.31-48.

COSMOLOGIAXAMANICA, 2011, *O cérebro*. Disponível em: http://cosmologiaxamanica.blogspot.com/2011/04/o-cerebro.html. Acesso junho de 2011.

COSTA, R. J. M. et al., 2008, *Redes Neuronais: um instrumento no rastreio (screening) de pessoas com risco de transtorno específico de leitura.* I Congresso Ibero / Larc de Neurociências da América Latina, Caribe e Península Ibérica, Búzios, RJ.

COSTA, R. J. M. et al., 2009, *Dislexia e Inteligência Computacional: um sistema para rastrear (screening) pessoas com sinais de transtorno de leitura.* Congresso Internacional de Dislexia, São Paulo.

COUGO, P. S., 1997, *Modelagem conceitual e projeto de banco de dados*. Rio de Janeiro: Editora Campus.

CRUZ NETO, O., 1999, *Pesquisa Social : teoria, método e criatividade*. Petrópolis, RJ: Editora Vozes.

CUNHA, G. B. et al, 2010, *A utilização de uma rede neural artificial para previsão da incidência da malária no Município de Cantá, Estado de Roraima*. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 43(5):567-570, set-out, 2010.

DAVIS, Ronaldo D., 2004, *O Dom da Dislexia.* Tradução de Ana Lima e Gracia Badaró Massad. RJ, ed. Rocco.

DeFRIES, J., ALARCÓN, M. e OLSON, R. K., 1997, *Genetic aetiologies of reading and spelling deficits: Developmental differences*. In C. Hulme & Snolwling (Eds.), Dyslexia. Bialogy, cognition and intervention (pp. 20-37). London: Whurr Publisher.

dos SANTOS et al, 2005, *Usando Redes Neurais Artificiais e Regressão Logística na Predição da Hepatite A*. Revista Brasileira Epidemiologia. 8(2): 117-26.

DUTRA, M. V. O.; SOUZA, M. N., 2001, *Redes neurais artificiais e análise fatorial no diagnóstico do distúrbio neuropsicológico infantil*. Memorias II Congresso Latinoamericano de Ingenieria Biomédica, Habana. La Habana, Cuba.

DUDA, R. O. and HART, P. E., 1974, *Pattern Classification and Scene Analysis*. Wiley Interscience, New York.

DUDA, R. O.; HART, P. E.; STORK, D. G., 2001, *Pattern Classification*. 1 ed. New York, John Wiley & Sons, inc. 654 p.

DSM-IV, 1995, *Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais*. Porto Alegre: Artes Médicas. Trad. da edição da APA. Diagnostic and Statical Manual of Mental Disorders, 4 ed., 1994.

ESTILL, Cléria A., 2006, *Dislexia, as muitas faces de um problema de linguagem*. AND - Associação Nacional de Dislexia, RJ.

FARIAS, A. C., 2008. *Por que a criança não aprende na escola? Abordagem Neuropediátrica*. Disponível em: http://www.neuropediatria.org.br/. Acesso março de 2011.

FAWCETT, M. E. & Nicholson, R. I., 2001, *Dyslexia: the role of the cerebellum*. In A. Fawcett (Ed.), Dyslexia. Theory and Good Practice. London: Whurr Publisher.

FLAVELL, J. H.; MILLER, P. H., MILLER, S. A., 1999, *Desenvolvimento Cognitivo*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed.

FERRARI, L. I., 2008, *Uma metodologia para extração de informação sobre o sistema imunológico*. Tese de doutorado. UFRJ. Rio de Janeiro.

FERRERAS, A. P., 2011, *Coexistencia de la dislexia y el Déficit de Atención*. Fundación de Neuropsicología Clínica. Disponível em: http://www.fnc.org.ar/pdfs/puente_1.pdf. Acesso janeiro de 2011.

FERREIRO & TEBEROSKY, A., 1984, *A psicogênese da língua escrita*. Porto Alegre: Artes Médicas.

FILOSOFIAADISTANCIA, 2011, *Neurofisiologia Introdutória*. Disponível em URL: http://www.filosofiaadistancia.com.br/gravações agosto/Neurociências/ Neurociência - apostila I.htm. Acesso junho de 2011.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A., 1982, *Curso de Estatística*. São Paulo: Ed. Atlas,

FRITH, U., 1999, *Paradoxes in the Definition of Dyslexia.* Dyslexia 5: 192–214. Institute of Cognitive Neuroscience, University College London, UK.

GALABURDA, A. M.; et al, 1987, *Planum Temporale Asymmetry, Reappraisal Since Geschwind And Levitsky*. Neuropsychologio, Vol. 25, No. 6, pp. 853-868, 1987. Printed m Great Britain.

GERBER, A., 1996, *Problemas de aprendizagem relacionados à linguagem - sua natureza e tratamento*. Porto Alegre: Artes Médicas.

GOODMAN, K.S. and GOODMAN, Y. M., 1979, *Learning to read is natural*. In LB Resnick and PA Weaver (eds.). Theory and Practice of Early Reading, Vol. 1, pp. 137-154. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

GOODMAN, K. S. e GOODMAN, Y. M., 1990, *El lenguaje integral: un camino fácil para el desarrollo del lenguaje*. Lectura y vida, 1, 5-13.

GOODMAN, Y. M., 1992, *Las raíces de la alfabetización*. Infancia y aprendizaje, 58, 29-42.

HAYKIN, S., 2002, *Redes Neurais. Princípios e prática*. Porto Alegre, RS: Bookman, 2ª Reimpressão.

HEUSER, C. A., 2001, *Projeto de Banco de Dados*, Porto Alegre. Sagra Luzzatto.

JAIN, A. K., MURTY, M. N. e FLYNN, P., 1999, *Data clustering: a review.* ACM Computing Surveys 3 (31): 264–323.

JIMÉNEZ, J.E., O'SHANAHAN, I., 2008, *Enseñanza de la lectura: de la teoría y la investigación a la práctica educativa.* Revista Iberoamericana de Educación, 45, 1-22.

JIMÉNEZ GLEZ, J. E. e RODRIGO LÓPEZ, M., 1994, *Is It True That the Differences in Reading Performance Between Students With and Without LD Cannot Be Explained by IQ?.* Journal of Learning Disabilities, 27 (3), 155-163.

JORM A.F., & SHARE D.L., 1983, *Phonological recoding and reading acquisition*. Applied Psycholinguistics, 4, 104-147.

KANUNGO, T. et al., 2002, *An Efficient k-Means Clustering Algorithm: Analysis and Implementation*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, nº 7, July.

KAVANAGH, J.F. e MARTTINGLY, I., 1972, *Language by ear and by eye: The relationship between speech and reading*. Oxford, England: MIT Press.

KLIMASAUKAS C.C., 1991, *Applying neural networks, Part 3: Trainning a neural network*, Proceedings in Artificial Intelligence; 20-24.

KOHONEN, T., 2001, *The Self-Organizing Map (SOM) by Teuvo Kohonen*, Springer Series in Information Sciences, Vol. 30, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1995, 1997,.

KOHONEN, T. Intro to SOM by Teuvo Kohonen, Disponível em http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox/theory/somalgorithm.shtml. Acesso em abril de 2011.

LACASA, P., 1995, *El lenguaje integrado y la educación especial: las dos caras de una misma moneda*. Comunicación, Lenguaje y Educación, 25, pp. 65-80.

LACASA, P., ANULA, J. J., MARTÍN, B., 1995, *Lenguaje integrado: ¿simples práctica, un método o una filosofía?* Comunicación, Lenguaje y Educación, 1995, 25, pp. 9-19.

LANGER, J e ALLINGTON, R., 1992, *Curriculum research in writing and reading*. En Ph. Jackson (ed) Handbook research of curriculum (pp. 687-725). New York: MacMillan Publishing Co.

LEMOS, E. P., 2003, *Análise de crédito bancário com o uso de Data Mining: Redes Neurais e Árvores de Decisão*. Dissertação de mestrado. Disponível em: http://www.ppgmne.ufpr.br/arquivos/diss/70.pdf. Acesso em: janeiro de 2011.

LEVINE, D. M., BERENSON, M. L., STEPHAN, D., 1998, *Estatística: Teoria e Aplicações usando Microsoft Excel*, Livros Técnicos e Científicos Editoras,.

LIBERMAN, I., et al., 1974, *Explicit syllable segmentation in the young child*. Journal of Experimental Child Psychology, 18, 201-212.

LNCC, 2011, *O Modelo do Neurônio Artificial.* Disponível em URL: http://www.lncc.br/~labinfo/tutorialRN/frm1_neuronio.htm. Acesso em junho de 2011.

LNCC, (2011). Introdução a Redes Neurais. Acesso em junho de 2011. Disponível em URL: http://www.lncc.br/~labinfo/tutorialRN/frm1_introducao.htm

LÜDKE, N. e ANDRÉ, M. E. D. A., 1986, *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.

LURIA, A. R., 1988, *O desenvolvimento da escrita na criança*. In: VYGOTSKY et al. Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem. São Paulo: Ícone/Edusp, (p143-189).

MACÁRIO COSTA, R. J., et al, 2007, *Classificação de pacientes com transtorno de dislexia usando Redes Neurais Artificiais*. XXX Congresso de Matemática Aplicada e Computacional, Florianópolis, SC, 03 a 06 de set..

MANCINI, F. *et al*., 2007, *Aplicação de redes neurais artificiais na classificação de padrões posturais em crianças respiradoras bucais e nasais.* RITA vol. 14, n 2.

MANIS, F. R., et al, 1999, *Development of Dyslexic Subgroups: A One-Year Follow Up*. Annals of Dyslexia, Vol. 49.

MARTÍN, B., 1995, *Lenguaje integrado: sus creencias sobre la alfabetización.* Comunicación, Lenguaje y Educación, 25, pp. 21-29.

MatLab – *The Language of Technical Computing*. 2009b, MatWorks. Mais informações em www.mathworks.com – Acesso em 2011.

MATTOS, P. *et al*, 2006, *Apresentação de uma versão em português para uso no Brasil do instrumento MTA-SNAP-IV de avaliação de sintomas de transtorno do déficit de atenção/hiperatividade e sintomas de transtorno desafiador e de oposição*. Revista Psiquiátrica RS ste/dez 2006; 28(3):290-7.

McCARTHEY, Y. S. y RAPHAEL, T., 1994, *Perspectivas de la investigación alternativa*. J. Irwin y M. Doyle Conexiones entre lectura y escritura.

MINAYO, M. C. S., 1992, *O desafio do conhecimento – Pesquisa qualitativa em saúde*. HUCITEC-ABRASCO, São Paulo-Rio de Janeiro.

MOOJEN S e FRANÇA M., 2007, *Visão fonoaudiológica e psicopedagógica dos transtornos severos da aprendizagem: dislexia*, Capítulo de livro a ser lançado, Rio de Janeiro.

MORAIS, J., 1998, *El arte de leer*. Madrid: Aprendizaje-Visor.

MORRIS, R. D.; *et al*, 1998, *Subtypes of reading disability: Variability around a phonological core*. Journal of Educational Psychology, Vol 90(3), Sep 1998, 347-373.

MOUSINHO, R., 2003, *Desenvolvimento da leitura e escrita e seus transtornos*. In: Goldfeld M. Fundamentos em fonoaudiologia: linguagem. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan;.p.61-76.

MÜLLER, K.; BRADY S., 2001, *Correlates of early reading performance in a transparent orthography. Reading and Writing*, Volume 14, Numbers 7-8, December 2001 , pp. 757-799(43).

NEWMAN, J. M., 1985, *Whole Language: Theory in Use*. Heinemann Educational Books, Inc., 70 Court St., Portsmouth, NH. ISBN-0-435-08244-2.

PANG, E. S. et al, 2003, *Teaching Reading*. Disponível em: http://www.ibe.unesco.org. Acesso em janeiro de 2011.

PEREIRA B.B., 1999, *Introduction to Neural Networks in Statistics, Center of Multivariate Analysis, Technical Report*; Penn. State University;.

PLISZKA, Steven R., 2004, *Neurociência para o clínico de saúde mental*. Capítulo 13. Transtornos Cognitivos. Trad. Carlos Alberto Silveira Neto. – Porto Alegre : Artmed.

PRESSLEY, M., 1999, *Cómo enseñar a leer*. Barcelona: Paidós.

RAPIN, I., 2002, *Distúrbios estáticos do desenvolvimento cerebral*. Capítulo 76. Merrit Tratado de Neurologia. Décima Edição. Editora Guanabara Koogan. Rio de Janeiro..

RICH, E., 1988, *Inteligência artificial*. São Paulo : McGraw-Hill.

RIO, del P., 1995,. *¿Se puede evaluar el lenguaje integrado?* Comunicació, Lenguaje y Educación, 25, 81-90.

RIVEROS, L. J. M., SOARES, F. S. & MUNZLINGER, E., 2005, *Validade de um Sistema Especialista para o Pré-Diagnóstico da Dislexia*. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. UNISINOS – São Leopoldo / RS. 22 a 29 de julho.

ROHDE, L. A.; MATTOS, P., 2003, *Princípios e práticas em TDAH*. Porto Alegre: Artmed.

RUSSELL, S.; NORVIG, P., 2004, *Inteligência Artificial*. Rio de Janeiro: Campus. 1040 p.

SÁNCHEZ E. M. y MARTÍN, J. M., 1997, *Las dificultades en el aprendizaje de la lectura*. Capítulo 5. En BELTRÁN, J. y SANTIUESTE, V. Dificultades de aprendizaje. Madrid. Síntesis.

SANTOS, C.F.L. e MARINHO, D.H., 2001, *Reconhecimento e manejo do distúrbio de leitura na criança*. Monografia. (Aperfeiçoamento/Especialização em Residência em Pediatria) - Hospital Universitário Evangélico de Curitiba.

SANTOS A. M., 2003, *Redes neurais e árvores de classificação aplicadas ao diagnóstico da tuberculose pulmonar paucibacilar* (tese de doutorado). Rio de Janeiro: COPPE/ UFRJ.

SANTOS, A.M. *et al*., 2005, *Redes neurais artificiais e regressão logística na predição da hepatite A*. Ver. Bras. Edidemiologia; 8(2): 117-126.

SANTOS, L. F. e VASCONCELOS, L. A., 2010, *Transtorno do Déficit de Atenção e hiperatividade em Crianças: Uma Revisão Interdisciplinar*. Psicologia: Teoria e Pesquisa. Out-Dez 2010, Vol. 26 n. 4, pp. 717-724.

SCHNEUWLY, B., 1992, *La concepción vygotskiana del lenguaje escrito. Comunicació*, Lenguaje y Educación, 16, 49-59.

SERRANO, F. e DEFIOR, S., 2004, *Dislexia en Español: estado de la cuestión*. Revista Electrónica de Invstigación y Psicopedagógica. Nº 2(2), 13-34. Disponível em: http://www.investigacion-sicopedagogica.org/revista/articulos/4/espannol/ Art_4_44.pdf. Acesso em: 30/01/2011.

SEYMOUR, P. H. K., ARO, M. and ERSKINE, J. M., 2003, *Foundation literacy acquisition in European orthographies*. British J. of Psychology, 94, 143–174

SHAYWITZ, S. E. SHAYWITZ, B.A., 1999, *Dyslexia* In: Swaiman KF, Ashwal S. Pediatric Neurology - Principal e Practice, Connecticut : Ed Mosby,.

SHAYWITZ, S., 2006, *Entendendo a dislexia: um novo e completo programa para todos os níveis de problemas de leitura*; tradução Vinicius Figueira. – Porto Alegre : Artmed,.

SMOLENSKY, P., 1988, *On the proper treatment of connectionism.* Behavioral and Brain Sciences, 11, 1–74.

SNOW, C. E. e JUEL, C., 2005, *Teaching Children to Read: What do we know about How to Do it*. In M. Snowling and C. Hulme (ed). The Science of Reading. A Handbook (pp. 501-520). Malden, MA.: Blackwell Publ.

SNOWLING, M. et al., 2007, *Dislexia, fala e linguagem: um manual do profissional.* Trad. Magda França Lopes. – Porto Alegre: Artmed, 2004. Reimpressão 2007.

STANOVICH, K. E., 1988, *Explaining the Differences Between the Dyslexic and the Garden-Variety Poor Reader: The Phonological-Core Variable-Difference Model*. Journal of learning disabilities, 21, 590-604.

STEIN, J.F. and WALSH, V., 1997, *To see but not to read; the magnocellular theory of dyslexia.* Trends in Neuroscience, 20, 147–152.

TABOADA, D. S. e MORA, J. K., 2008, *El Contexto Entero del Ámbito Docente Mexicano para la Enseñanza de la Lecto-escritura Inicial*. IRA Congreso Mundial de Lectura San José, Costa Rica julio de 2008. Disponível em: http://coe.sdsu.edu/people/jmora. Acesso em: janeiro de 2011.

TRESSOLDI, P. E.; STELLA, G; FAGGELLA, M., 2001, *The Development of Reading Speed* in Italians with Dyslexia: A Longitudinal Study. Journal of Learning Disabilities, v34 n5 pp 414-17 Sep-Oct 2001

Van DIJK, T. A. e KINTSCH, W., 1983, *Strategies of discourse comprehension*. Nueva York: Academic Press.

VYGOTSKY et al., 1988, *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone/Edusp.

VYGOTSKY, L. S., 1977, *Pensamiento y Lenguaje*. Buenos Aires: La Pleyade.

VYGOTSKY, L. S., 1979, *El desarrollo de los procesos básicos superiores*. Barcelona: Grijalbo.

WELLS, G., 1987, *Aprendices en el dominio de la lengua escrita*. En A. Alvarez (ed.). Psicología y Educación: realizaciones y tendencias actuales en la investigación y en la práctica (pp. 57-72). Madrid: Visor.

WIMMER, H., 1993, *Characteristics of developmental dyslexia in a regular writing system.* Applied Psycholinguistics, 14, 1-33

WOLF, M., VELLUTINO e GLEASON, J. B., 2000b, *Una explicación psicolingüística de la lectura*. In J. B. Gleason & N. Bernstein (Eds), Psicolinguistica (pp. 433-468). Madrid: McCraw-Hill.

WOLF, M., *et al*, 1994, *Towards a more universal understanding of the developmental dyslexias: The contribution of orthographic factors*. In V. W. Berninger, (Ed). The varieties of orthographic knowledge, Vol. 1 (pp. 137-171). New York, NY, US: Kluwer Academic/Plenum Publishers, xvi, 380 pp.

WOLF M. ; *et al*., 2000a, *Naming-speed processes, timing, and reading: A conceptual review*. Journal of Learning Disabilities, 33(4), 387-407.

YOPP, H. K. e YOPP, R., 2000, *Supporting phonemic awareness development in the classroom*. The Reading Teacher, 54, (2), 130-143.

ANEXOS

FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO INFORMADO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA CLÍNICA

Pesquisador responsável: Raimundo José Macário Costa – Telefone 9367-1468

PROJETO DE PESQUISA: UMA ESTRATÉGIA COMPUTACIONAL NA DETECÇÃO DA DISLEXIA

Eu, abaixo assinado, responsável pelo(a) menor

_____

declaro ter lido e/ou ouvido a leitura do presente termo e estar ciente do que se segue:

1- que voluntariamente autorizo a participação do meu/minha filho(a) neste projeto de pesquisa realizado por Raimundo José Macário Costa, instituição Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE Sistemas;

2- que esta pesquisa tem por objetivo desenvolver um sistema computacional "inteligente" visando rastrear (screening) pessoas com possíveis sinais de dislexia e a comorbidade TDAH associada e analisar os limites e possibilidades de disponibilizar o sistema computacional segundo objetivo do estudo;

3- que os estudantes serão avaliados individualmente sobre os aspectos de Dislexia e TDAH;

4- que poderão ser aplicados exames mais completos sobre os mesmos aspectos acima mencionados, caso haja necessidade;

5- que todo esse processo será realizado nas dependências onde é atendido, em horário acordado com que não interferirá nas atividades agendadas;

6- que só participarão do trabalho as crianças que desejarem e que tiverem autorização dos pais e/ou responsáveis;

7- que não haverá qualquer risco para os escolares que participarem do trabalho;

8- que não haverá por parte dos pais ou responsáveis qualquer custo financeiro;

9- que caso eu não concorde com a participação do meu/minha filho (a) na pesquisa, não haverá nenhum prejuízo para ele(a);

10- que os resultados das avaliações realizadas e as ações dela decorrentes poderão ser explicados a mim sempre que disponíveis e por mim solicitados;

11- que todos os dados obtidos na pesquisa referentes ao meu/minha filho(a) serão mantidos em anonimato pelos autores;

12- que quaisquer dúvidas sobre a pesquisa poderão ser obtidas com o pesquisador responsável COPPE Bloco H I. Fundão ou pelo telefone citado acima.

Rio de Janeiro, de de

_____

Responsável pelo menor estudante

_____

Testemunha

APÊNDICE

Apêndice 1

Anamnese Dislexia - Paciente

Detail - List

Nome do Paciente: | Data de Nascimento:

eMail | Cor: | Sexo: | Naturalidade:

Número de Residentes: | Pessoas que residem com a criança:

Irmão(s) (nome e idade):

Idiomas falados em casa:

End. Residencial: | Bairro:

Cidade-UF: | CEP: | Telefone/Cel:

Escola: | Série: | PeriodoAtual

Filiação | Antecedentes Pessoais | Linguagem | Escolaridade | Doença | Quedas/Pancadas | Distúrbios | Antecedentes Familiares | Sociabilidade | Dificuldades_ Comportamental

Nome da mãe: | Data nascimento mãe:

Nome do pai: | Data nascimento pai:

Apêndice 2

Filiação | **Antecedentes Pessoais** | Linguagem | Escolaridade | Doença | Quedas/Pancadas | Distúrbios | Antecedentes Familiares | Sociabilidade | Dificuldades_ | Comportamental

Adotivo: ☐ Com que idade foi adotado(a)?

Quais as condições de saúde do paciente à época da adoção?

Faz uso de algum medicamento? ☐ Quantos?

Quais medicamentos utiliza?

Apêndice 3

Filiação | Antecedentes Pessoais | **Linguagem** | Escolaridade | Doença | Quedas/Pancadas | Distúrbios | Antecedentes Familiares | Sociabilidade | Dificuldades_ | Comportamental

Demorou para começar a falar? ☐ Explique:

Era bem compreendido pela mãe? ☐ E por outras pessoas? ☐

Trocava muitos sons na fala? ☐ Até que idade?

Tem dificuldade para compreender ordens ou histórias? ☐

É falante ☐ ou Fala pouco? ☐

Apresenta ou apresentou algum problema de fala? ☐ Quando?

Qual foi a evolução?

Qual a atitude dos familiares em relação a este problema?

Apêndice 4a

Filiação | Antecedentes Pessoais | Linguagem | **Escolaridade** | Doença | Quedas/Pancadas | Distúrbios | Antecedentes Familiares | Sociabilidade | Dificuldades_ | Comportamental

Educação Infantil | Ensino Fundamental | Info Escolaridade

Ensino Infantil (2-3 anos): ☐ Onde? Com que idade?

Ensino Infantil (4-5 anos): ☐ Onde? Com que idade?

Apresentou dificuldades nesse período? ☐ Quais?

Houve orientação da escola nesse período? ☐ Qual?

Quais as atitudes tomadas?

Apêndice 4b

Educação Infantil | **Ensino Fundamental** | Info Escolaridade

Período 1 (1-3 ano): Escola: Idade que entrou nesta fase:

Quantas vezes repetiu durante esta fase: Motivo pelo qual repetiu:

Período 2 (4-6 ano): Escola: Idade que entrou nesta fase:

Quantas vezes repetiu durante esta fase: Motivo pelo qual repetiu:

Período 3 (7-9 ano): Escola: Idade que entrou nesta fase:

Quantas vezes repetiu durante esta fase: Motivo pelo qual repetiu:

Quantas vezes mudou de escola nesse período? Motivo da mudança de escola:

Em que escola foi alfabetizado? Em que ano foi alfabetizado? (1-9) Com que idade foi alfabetizado?

Como foi esta fase:

Precisou de ajuda? De que tipo de ajuda?

Apêndice 4c

Filiação | Antecedentes Pessoais | Linguagem | **Escolaridade** | Doença | Quedas/Pancadas | Distúrbios | Antecedentes Familiares | Sociabilidade | Dificuldades_ | Comportamental

Educação Infantil | Ensino Fundamental | **Info Escolaridade**

Está estudando no momento? ☐

Necessita ou necessitou de ajuda na lição de casa? ☐

Precisa ou precisou de professor particular? ☐

Constuma faltar à escola com frequência? ☐

Fica doente com frequência? ☐

Necessita se esforçar muito na escola? ☐

De que tipo de ajuda?

Quando?

Se sim, por que?

Com que frequencia? (por ano)

Apêndice 5

Filiação	Antecedentes Pessoais	Linguagem	Escolaridade	**Doença**	Quedas/Pancadas	Distúrbios	Antecedentes Familiares	Sociabilidade	Dificuldades_	Comportamental

Teve ou tem alguma má formação congênita? ☐ Descreva:

Prematuro? ☐

Teve algumas dessas doenças adquiridas?			
Sarampo:	☐	Houve complicacão:	☐
Caxumba:	☐	Houve complicacão:	☐
Catapora:	☐	Houve complicacão:	☐
Rubeola:	☐	Houve complicacão:	☐
Escarlatina:	☐	Houve complicacão:	☐
Tuberculose:	☐	Houve complicacão:	☐
Hepatite:	☐	Houve complicacão:	☐
Meningite:	☐	Houve complicacão:	☐
Pneumonia:	☐	Houve complicacão:	☐
Epilepsia:	☐	Houve complicacão:	☐

Teve algumas dessas doenças desenvolvidas?			
Asma:	☐	Houve complicacão:	☐
Bronquite:	☐	Houve complicacão:	☐
Rinite:	☐	Houve complicacão:	☐
Diabetes:	☐	Houve complicacão:	☐
Doença de Pele:	☐	Houve complicacão:	☐
Alergia:	☐	Houve complicacão:	☐

Outras doenças: ☐ Descreva:

Descreva as complicações ou sequelas:

Apêndice 6

Filiação	Antecedentes Pessoais	Linguagem	Escolaridade	Doença	**Quedas/Pancadas**	Distúrbios	Antecedentes Familiares	Sociabilidade	Dificuldades_	Comportamental

Sofreu quedas ou pancadas na cabeça? ☐

Lesão cerebral? ☐ Queixa de dificuldade de concentração? ☐

desmaios ☐ ou hemorragia ☐ com que idade? ☐

Quanto tempo durou o desmaio? ☐ Houve necessidade de pronto-socorro? ☐

Hospitalização? ☐ Por quanto tempo? (dias) ☐

Houve necessidade de acompanhamento médico? ☐

Apêndice 7a

Filiação | Antecedentes Pessoais | Linguagem | Escolaridade | Doença | Quedas/Pancadas | **Distúrbios** | Antecedentes Familiares | Sociabilidade | Dificuldades_ | Comportamental

Auditivo | Visão

Fala muito alto? ☐ Muito baixo? ☐

Prefere que lhe falem alto demais? ☐ ou baixo demais? ☐

Demora para responder quando é chamado? ☐

Tem dificuldade para compreender o que lhe dizem? ☐

Para se fazer entender utiliza: mímica ☐ gestos ☐ gritos ☐

Já teve otites? ☐ Quando? _____ Frequentes? ☐

Já fez exame de audição (audiometria)? ☐ Quando? _____

Por quê? _____

Qual o resultado? _____

Apêndice 7b

Filiação | Antecedentes Pessoais | Linguagem | Escolaridade | Doença | Quedas/Pancadas | **Distúrbios** | Antecedentes Familiares | Sociabilidade | Dificuldades_ | Comportamental

Auditivo | **Visão**

Tem problema de visão ☐

Qual distúrbio:

Miopia ☐ Hipermetropia ☐ Astigmatismo ☐ Ortoptico ☐

Já consultou oftalmologista? ☐

Usa óculos? ☐

Qual motivo do óculos

OculosMiopia ☐ OculosHipermetropia ☐ OculosAstigmatismo ☐

Apêndice 8

Filiação | Antecedentes Pessoais | Linguagem | Escolaridade | Doença | Quedas/Pancadas | Distúrbios | **Antecedentes Familiares** | Sociabilidade | Dificuldades_ | Comportamental

Houve ou há na família pessoas:

Nervosas	☐	Parentesco
Excepcionais	☐	Parentesco
Com convulsões	☐	Parentesco
Hiperativos	☐	Parentesco
Com tiques	☐	Parentesco
Com déficit de atenção	☐	Parentesco
Com doenças degenerativas do cérebro	☐	Parentesco
Esquizofrênicos	☐	Parentesco
Psicoses	☐	Parentesco
Alcoólatras	☐	Parentesco
Toxicômanos	☐	Parentesco
Atraso de linguagem	☐	Parentesco
Gagueira	☐	Parentesco
outros		

Apêndice 9

Filiação	Antecedentes Pessoais	Linguagem	Escolaridade	Doença	Quedas/Pancadas	Distúrbios	Antecedentes Familiares	**Sociabilidade**	Dificuldades_	Comportamental

Como se relaciona com a mãe

Com o pai

Com os irmãos

Com os colegas

Com os professores

Com outros familiares

Como é o relacionamento dos pais entre si

Apêndice 10

Filiação | Antecedentes Pessoais | Linguagem | Escolaridade | Doença | Quedas/Pancadas | Distúrbios | Antecedentes Familiares | Sociabilidade | Dificuldades_ | Comportamental

Rima

Dificuldade com rima? ☐

Leitura

Entende melhor quando alguem lê? ☐ Lê com esforço? ☐

Adivinha palavras? ☐ Troca letras lendo? ☐

Escrita

Se expressa melhor falando do que escrevendo? (nem parece a mesma criança) ☐

Troca muitas letras na escrita? ☐

Troca algumas letras na escrita? ☐

Memória

Tem dificuldade de memorizar? ☐

Soletração

Tem dificuldade de soletrar? ☐

Antecedentes

Algum parente apresentou alguma dessas dificuldades? ☐

Que parentes?

Quantos Familiares apresentaram algum desses problemas?

Quais dificuldades os parentes apresentaram?

Apêndice 11

Filiação | Antecedentes Pessoais | Linguagem | Escolaridade | Doença | Quedas/Pancadas | Distúrbios | Antecedentes Familiares | Sociabilidade | Dificuldades_ | **Comportamental**

Tem tendência a se deprimir? ☐ Com que frequencia? (por ano)

Durante as atividades escolares apresenta algum problema do tipo de:

Dispersão: ☐ Rapidez excessiva: ☐ Inquietude: ☐

Impaciência: ☐ Lentidão: ☐ Desorganização: ☐

Impulsividade ☐ Qual a atitude familiar em relação aos problemas escolares?

Perguntas

Não consegue prestar muita atenção a detalhes ou comete erros por descuido nos trabalhos da escola ou tarefas

Tem dificuldades de manter a atenção em tarefas ou atividades de lazer

Parece não estar ouvindo quando se fala diretamente com ele

Não segue instruções até o fim e não termina deveres de escola, tarefas ou obrigações

Tem dificuldades para organizar tarefas e atividades

Evita, não gosta ou se envolve contra a vontade em tarefas que exigem esforço mental prolongado

Perde coisas necessárias para atividades (por exemplo: brinquedos, deveres da escola, lápis ou livros

Distrai-se com estímulos externos

É esquecido em atividades do dia-a-dia

Mexe com as mãos ou os pés ou se remexe na cadeira

Sai do lugar na sala de aula ou em outras situações em que se espera que fique sentado

Corre de um lado para outro ou sobe demais nas coisa em situações em que isto é inapropriado

Tem dificuldade em brincar ou envolver-se em atividades de lazer de forma calma