

# Usando Tecnologias de Neurociência Computacional na Educação Brasileira

Raimundo José Macário Costa  
UFRRJ

macario@ufrj.br

Lizete P. Macário Costa  
UERJ  
lizetemacario@yahoo.com.br

Jorge Zavaleta, Renato Cerceau,  
Laci Mary Barbosa Manhães  
PESC-COPPE/UFRJ  
{zavaleta, cerceau, mymanhaes}@cos.ufrj.br

Sérgio Manuel Serra da Cruz  
PPGMMC e PET-SI/UFRRJ  
serra@ufrj.br

## RESUMO

A compreensão do funcionamento do cérebro se constitui em um dos grandes desafios do momento. Na área de educação, novos estudos buscam relacionar as dificuldades de aprendizagem enfrentadas por crianças e jovens com problemas comportamentais e sociais. Este trabalho tem por objetivo apresentar um ambiente computacional inteligente baseado em neurociência computacional para detectar pessoas com possíveis riscos de dislexia ou distúrbios de aprendizagem. A investigação foi avaliada através de um estudo com pessoas na faixa etária de 9 a 18 anos com ou sem o diagnóstico de dislexia. A adoção da técnica de redes neuronais demonstrou consistência ao lidar com os problemas de reconhecimento de padrão e indicam que para fins de rastreamento se mostram eficientes no diagnóstico precoce em escolares.

## Categorias e descritores

D.2.6 [Ambiente de Programação]: Ambiente Gráfico. Ambientes integrados. Ambientes interativos.

## Termos Gerais

Design, Padronização.

## Palavras-chaves

Redes Neurais, *Kmeans*, Dificuldades de Aprendizagem, Dislexia.

## 1. INTRODUÇÃO

A compreensão do funcionamento do cérebro se constitui em um dos grandes desafios do momento. A neurociência contribui no objetivo de estudar e analisar o sistema nervoso central (SNC) dos seres humanos e animais, suas funções, formato particular, fisiologia, lesões ou patologias [1]. A aproximação da neurociência com a computação originou a Neurociência Computacional que tem por objetivo propor modelos matemáticos e computacionais para simular e entender a função e os mecanismos do SNC.

Nos EUA, no início dos anos 90, foram estabelecidas diretrizes que buscavam incentivar a identificação dos processos neuropsicobiológicos normais e distúrbios relacionados ao SNC. Os esforços da área de Neurociência Computacional resultam em estudos de modelos realísticos a fim de simular o cérebro. Em 2013, houve retomada do tema pela (re) apresentação da demanda pelo projeto *BRAIN Initiative*. A estrutura proposta incluiu empresas privadas, agências governamentais, universidades, neurocientistas, nanocientistas e cientistas da computação. Envolvendo áreas de Inteligência Artificial, Bancos de Dados,

Jogos de Computadores, novas interfaces e sistemas inteligentes apoiados na Web, Redes Sociais, entre outras [2].

No Brasil registram-se atuações significativas de diversos grupos de neurocientistas em prol do desenvolvimento do conhecimento do cérebro. Dentre os diversos centros de pesquisas citamos os trabalhos desenvolvidos no Instituto Internacional de Neurociências de Natal Edmond e Lily Safra (IINN-ELS) [3] e no Instituto de Ciências Biomédicas (ICB-UFRJ), entre outros.

Na área de educação, novos estudos relacionam as dificuldades de aprendizagem enfrentadas por crianças e jovens com diversas técnicas computacionais. Tais questões têm relevância social e podem repercutir na evasão escolar, analfabetismo funcional e sucessivas reprovações. No início do processo de escolarização, a criança pode apresentar algumas dificuldades no aprendizado da leitura, escrita e cálculo. Convencionalmente, costumam-se dividir as dificuldades de aprendizagem em dois tipos: a) Dificuldades Escolares (DE) relacionadas a problemas de origem e ordem pedagógica e b) Distúrbios de Aprendizagem (DA) relacionados a uma disfunção no SNC, caracterizada por uma falha no processo de aquisição e/ou desenvolvimento das habilidades escolares.

Para [4], a aprendizagem é um aspecto necessário e universal para o desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e particularmente humanas. A aprendizagem é uma mudança no comportamento resultante da experiência ou prática e depende da interação entre fatores individuais e ambientais.

Os DA apresentam comprometimento em um ou mais componentes da linguagem. Trata-se de um transtorno caracterizado por desempenho substancialmente abaixo do esperado (nas áreas da leitura, escrita e matemática) tendo em vista a idade cronológica, medidas de inteligência e educação apropriada para a idade [5]. Dentre os DA, a dislexia destaca-se de outros transtornos que incluem atrasos graves na leitura, na escrita e ortografia, assim como inversões de símbolos. O destaque se deve a sua natureza única e limitada do déficit fonológico [6, 7].

Os diagnósticos apontados pelos profissionais habilitados a respeito dos DA devem excluir problemas de ordem sensorial, mental, motora, cultural ou outras causas [8].

O objetivo deste trabalho é apresentar uma possível solução para a identificação e planejamento de estratégias inteligentes para avaliar sistematicamente as dificuldades de aprendizagem, mais

especificamente o distúrbio de aprendizagem (dislexia). Busca-se o desenvolvimento de estratégia computacional capaz de rastrear pessoas com 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 técnicas de IA na triagem (rastreamento) em escolares com dislexia do desenvolvimento.

## 2. ABORDANDO O PROBLEMA

[9] chamam atenção para os adultos envolvidos com crianças que têm dificuldades de aprendizagem entender três pontos fundamentais: a) as crianças com dificuldades de aprendizagem frequentemente têm problemas em mais de uma área (linguagem, concentração, coordenação motora fina); b) as dificuldades de aprendizagem não desaparecem, quando uma criança volta para casa após a escola; c) as dificuldades de aprendizagem podem produzir consequências emocionais.

A literatura refere que a criança com uma dificuldade de aprendizagem passou por essa situação referida acima, e até passou tal vivência por anos. De modo que sem a maneira certa de incentivo e de apoio, essas crianças deixam de acreditar em si mesmas e em suas possibilidades de sucesso [9].

O conhecimento adquirido na área de neurociência pode ser associado às ferramentas e técnicas computacionais para aperfeiçoar as oportunidades de atuação sobre dificuldades de aprendizagem

Hoje, para fazer uma avaliação de uma pessoa verifica-se uma demora em média de três meses para o estabelecimento de um diagnóstico por um profissional qualificado. A partir do estabelecimento de um sistema inteligente pode ser possível que esta demora se reduza a poucas horas, oferecendo oportunidade de atendimento para mais pessoas em um curto espaço, de forma mais oportuna e eficiente.

A neurociência computacional pode ser empregada para a construção de um sistema computacional inteligente capaz de tratar e analisar grandes volumes de dados semiestruturados, elaborar games educacionais ou mesmo desenvolver aplicações móveis direcionadas ao apoio no diagnóstico e rastreamento de DA.

O desenvolvimento de novas tecnologias fortemente apoiadas na computação exigirá intensa colaboração entre neurocientistas e cientistas de outras áreas do conhecimento como biologia, física, engenharia, matemática e ciências estatísticas e em especial cientistas da computação.

O desafio de encontrar uma solução computacional pode ser estabelecido pela identificação da seguinte tríade: Inteligência Artificial (da área de Ciência da Computação), Ciência Cognitiva (da área de Psicologia) e Neurociência (das áreas de Medicina e Ciências Biológicas) [10].

Uma das estratégias na área de IA é o uso de redes neurais artificiais (RNAs). As redes neurais são modelos matemáticos que se assemelham às estruturas neurais biológicas e que tem capacidade computacional adquirida por meio de aprendizado e generalização [11]. Possuem aplicações diferentes campos do conhecimento [12, 13]. Consideramos que o maior desafio é reunir todo tipo de informação em bases de dados e desenvolver novos mecanismos para análise dos dados. Em geral as grandes massas de dados são semiestruturadas e de diversos formatos.

Nesse sentido nosso trabalho vem se desenvolvendo de forma singular no que diz respeito à detecção de crianças e

adolescentes com dificuldades de aprendizagem (dislexia). O sistema inteligente proposto está ampliando sua base de dados para consolidar mais ainda a veracidade dos algoritmos utilizados no sistema para extrair a informação privilegiada dos dados coletados, na busca por um padrão desejado para a identificação do indivíduo que apresenta a dificuldade.

## 3. TRABALHOS RELACIONADOS

[14] apresentam sistema especialista voltado para um pré-diagnóstico de dislexia em crianças, desenvolvendo ferramentas lúdicas de avaliação. [15 - 22] apresentam uma implementação de RNA para classificar probabilisticamente pacientes adultos com dislexia.

[23] destacam a importância dos testes sorológicos de triagem e confirmatórios na detecção de doadores de sangue infectados pelo vírus da hepatite C. A triagem sorológica de doadores de sangue com baixos índices de prevalência de infecção, como no caso da hepatite C (HCV), gera um percentual considerável de resultados falso-positivos e descarte de bolsas de hemocomponentes frequentemente não infectados.

[24] apresenta um trabalho sobre diagnóstico etiológico de AVC isquêmico em pacientes joinvilenses utilizando redes neurais artificiais. A pesquisa se limita utilização de uma rede neural capaz de decidir sobre o diagnóstico da causa do AVC isquêmico, excluindo a implementação de uma interface e diagnóstico de outros tipos de AVC.

[25] argumentam que as técnicas de análise multivariada vêm sendo muito utilizadas nos estudos epidemiológicos em saúde mental. No entanto técnicas de análise não lineares como as Redes Neurais Artificiais podem ser mais adequadas ao estudo de fenômenos complexos como o reconhecimento e a classificação de distúrbios neuropsicológicos e psiquiátricos.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

A partir do levantamento bibliográfico sobre dislexia e das teorias educacionais sobre aprendizagem foi estabelecido o referencial teórico direcionado a identificar um padrão representativo de pessoas com riscos de dislexia e dislexia com Transtorno do déficit de atenção com hiperatividade (TDHA).

Foram obtidos os questionários padronizados para coleta de dados sobre dislexia utilizados pelas instituições: Associação Internacional de Dislexia (International Dyslexia Association, IDA), Associação Nacional de Dislexia (AND), pela Associação Brasileira de Dislexia (ABD) e pelo Instituto de Neurologia Deolindo Couto. Após análise minuciosa com os especialistas foram excluídas algumas variáveis consideradas irrelevantes para a pesquisa, como exemplo, o período de gestação. Para o rastreamento da co-morbidade do TDAH associada à dislexia foram incluídas todas as perguntas do questionário MTA-SNAP IV [26].

O enfoque psicolinguístico foi adotado para seleção das perguntas. 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).

Foram selecionadas e codificadas as variáveis relacionadas ao indivíduo, seu ambiente domiciliar, escolar e social. Os dados foram agrupados nos seguintes blocos: dados pessoais, filiação, antecedentes pessoais, linguagem, escolaridade, doença, queda/pancada, distúrbios, antecedentes familiares, sociabilidade, dificuldades e comportamental.

Os tipos das variáveis foram identificados, sendo classificados pela grandeza de seus valores. As variáveis numéricas foram identificadas como quantitativas, sendo discretas (quanti.DISC), caso contivessem valores inteiros, ou contínuas (quanti.CONT), caso possuíssem valores reais. As variáveis não numéricas foram identificadas como qualitativas, sendo ordinais (QUALI.ord), caso existisse ordem de grandeza entre os seus diversos valores, ou não ordinais (QUALI.n.ord) quando não possível classificá-la por ordem de grandeza.

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. Os participantes foram pessoas com e sem o transtorno de aprendizagem na faixa etária de 09 a 18 anos de idade residentes na cidade do Rio de Janeiro, Brasil e em Salamanca, Espanha.

Observa-se a concentração dos participantes na faixa etária entre 9 e 16 anos de 60% (31 participantes) e de 40% (21 participantes) maior que 16 anos. Um total de 52 pessoas entrevistadas nos dois países, sendo 29% (15 indivíduos) com diagnóstico de dislexia e 71% (37 indivíduos) sem o diagnóstico de dislexia (Tabela 1).

**Tabela 1 – Indivíduos com e sem o diagnóstico de dislexia**

	Total	%
Com diagnóstico	15	29
Sem diagnóstico	37	71
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>100</b>

A técnica de modelagem de dados utilizada foi a abordagem relacional

#### 4.1 Procedimentos Amostrais

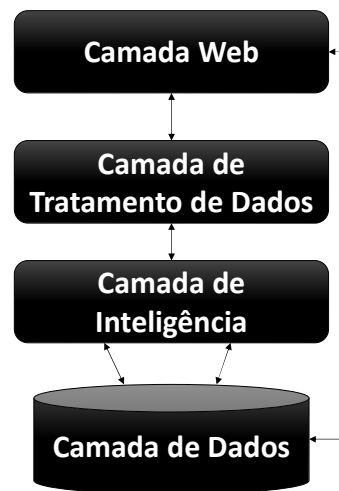
Os participantes receberam informações sobre o estudo, seus objetivos, com livre aceitação ou discordância de participação sem ônus para seu tratamento e relações institucionais. Após esclarecimentos, o responsável pelo respondente assinou um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) segundo Resolução nº 196/96 do CNS.

### 5. ABORDAGEM COMPUTACIONAL

A arquitetura básica (figura 1) proposta é composta pelas seguintes camadas: Camada Web desenvolvido usando tecnologias Java para Web (coleta, rastreamento e intervenção); Camada de tratamento de dados (limpeza e transformações de dados tais como média, desvio padrão, entre outros) e a Camada de Inteligência composta por RNA e lógica nebulosa que residem no servidor de aplicação *Tomcat*; por fim o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (BD) usado é o *MySQL* para a persistência das informações coletadas e produzidas pelos ambientes.

O fluxo das informações no ambiente de acordo com a figura 1 é a seguinte: os dados são coletados pela camada Web e armazenados no BD (1); os dados passam pela camada de tratamento de dados (estatística e de normalização) (2) antes de ser usados pelas redes neurais (3); a camada de inteligência (redes

neurais) processa os dados, apresenta para o especialista o resultado e a técnica lógica nebulosa processa os dados e escolhe as estratégias mais adequadas e envia esta informação para o especialista, os dados passam pelo módulo de tratamento de dados para serem transformados em dados gráficos inteligíveis e apresentados para o especialista, o especialista analisa os dados apresentados e determina as estratégias computacionais mais adequadas ao caso ou escolhe das estratégias sugeridas pelo módulo de lógica nebulosa. As estratégias escolhidas passam pela camada de inteligência onde são transformadas em formato gráfico como letras, números, sequências, cores, objetos geométricos e jogos, por exemplo, com diferentes fases e graus de dificuldade e apresentados ao especialista através da camada Web. Os dados resultantes são armazenados no BD, para auxiliar, personalizar e determinar o grau de desempenho do indivíduo.



**Figura 1. Representação conceitual do ambiente proposto**

#### 5.1 Camada Web - Coleta de Dados

Esta camada possui um módulo de coleta de dados que foi desenvolvido com base nas escalas diagnósticas padronizadas (questionários) cedidas pela Associação Nacional de Dislexia (AND) e Associação Brasileira de Dislexia.

O módulo 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 e filiação (anexo), antecedentes pessoais, linguagem, escolaridade, doença, queda/pancada, distúrbios, antecedentes familiares, sociabilidade, dificuldades e comportamental.

Os dados colhidos nas entrevistas são tratados e armazenados diretamente no BD para posteriormente fazer o processamento estatístico dos mesmos, tarefa que é realizada na camada de Tratamento de Dados composto por operações de média aritmética, desvio padrão, correlações e transformações textuais. Aqui por motivos de espaço, apresentamos no anexo uma versão resumida do esquema do banco de dados das principais entidades. A seguir uma descrição de forma sucinta das principais entidades que compõem o BD e a maneira como foram captadas as informações que no ambiente web aparecem como interfaces para a coleta dos dados, depois são transformados em tabelas.

Os dados coletados são de indivíduos com e sem o diagnóstico de dislexia. Este trabalho apresenta também a automatização do 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 e pode ser visualizado no anexo ao final do texto.

Na primeira entidade do instrumento automatizado no computador refere-se às informações relativas aos dados do entrevistado, como: nome, data de nascimento, email, cor, sexo, naturalidade, número de pessoas residentes no domicílio, 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.

Junto à primeira entidade 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 entidade, ou bloco II – Antecedentes Pessoais – Refere-se à informação sobre adoção, com que idade foi adotado, quais as condições de saúde do paciente à época da adoção, faz uso de algum medicamento, quantos e quais medicamentos utiliza.

Segundo [27] 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 entidade destina-se às informações sobre linguagem. Nesta tabela 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.

[7] aponta que algumas crianças podem apresentar problemas durante o processo ensino/aprendizagem da língua escrita, tendo seu rendimento escolar prejudicado.

A quarta entidade destina-se às informações sobre escolaridade. Aqui 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.

Ainda na quarta entidade procura-se saber sobre a escolaridade relacionada ao ensino fundamental, 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 quantas vezes mudou de escola, 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.

Dando continuidade 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).

A quinta entidade destina-se às informações sobre doença. Se teve ou tem má formação congênita, se nasceu prematuro. Se teve algumas das doenças adquiridas, como: sarampo, caxumba, catapora, rubéola, escarlatina, tuberculose, hepatite, meningite, pneumonia, epilepsia e se houve complicação. Se teve alguma doença adquirida, como: asma, bronquite, rinite, diabetes, doença de pele e alergia, e se também houve alguma complicação. Outras doenças descritas e as complicações ou sequelas.

Como item de exclusão para dislexia adquirida, [28] 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 entidade 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.

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

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, astigmatismo, ortóptico; já consultou oftalmologista? Usa óculos? Qual motivo do óculos: óculos/miopia, óculos/hipermetropia, óculos/astigmatismo.

A oitava entidade destina-se às informações sobre os antecedentes familiares da criança/adolescente. Nesta parte das entrevistas procura-se saber se houve ou há na família pessoas: nervosas, excepcionais, com convulsões, hiperativos, com tiques, com déficit de atenção, com doença degenerativa do cérebro, esquizofrênicos, psicoses, alcoólatras, toxicômanos, atraso de linguagem, gagueira, outros.

A nona entidade destina-se às informações sobre sociabilidade da criança/adolescente com os familiares e seu entorno. 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.

A décima entidade 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 apresentam algum desses problemas; quais dificuldades os parentes apresentaram.

A décima primeira entidade 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

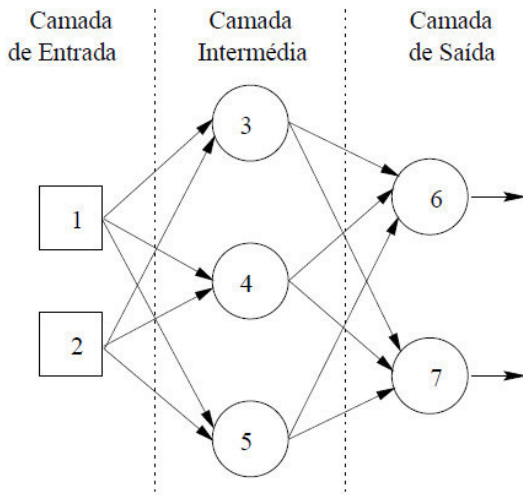


Figura 2: Redes feedforward (acíclica) com múltiplas camadas

### 5.4 Camada de Banco de Dados

O banco de dados desenvolvido [20] neste trabalho tem por objetivo automatizar a coleta das informações de pessoas com sinais de dislexia e outros transtornos de aprendizagem gerando uma base de dados. Esta base de dados também foi utilizada no reconhecimento de padrão usando redes neurais.

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 [32] [33].

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.

## 6. RESULTADOS

Para analisar o conteúdo do banco de dados criado, um processo de unificação foi efetuado de forma a possibilitar o acesso às múltiplas faces da informação.

Para identificar fatores ou dados que contribuam para construir características presentes no rastreamento de pessoas com dislexia, é necessário que a massa de dados colhida seja limpa, consistente e unificada em sua linguagem lógica. Foram utilizados neste trabalho as técnicas rede neuronal supervisionada, não-supervisionada, *K-means*. Por motivos de espaço, descreveremos somente a rede neuronal supervisionada.

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

Na tabela 2 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 2 - 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
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>100</b>

Depois de 10 execuções no treinamento de teste dos algoritmos, observamos o resultado apresentado pela rede neuronal e constatamos que a classificação em dois grupos de disléxicos e não-disléxicos apresentou uma taxa de acerto de 80%.

A análise dos resultados revela a similaridade entre os 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 técnicas de IA 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, decidiu-se usar o método PCA para termos 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.

Consideramos que os algoritmos, redes neurais supervisionadas, redes neurais não-supervisionadas e *Kmeans* utilizados apresentaram resultados satisfatórios na classificação dos indivíduos 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 indivíduo com dislexia, discriminando de forma satisfatória o padrão na base de dados [16] [17]. Outra melhora observada foi a quantidade reduzida de épocas que durou a execução da rede diminuindo o tempo de processamento.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do uso de técnicas de Inteligência Artificial desenvolve-se um sistema computacional inteligente capaz de auxiliar a classificação de indivíduos com risco de dislexia.

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 um sistema computacional inteligente usando técnicas de Inteligência Artificial na detecção de indivíduos com risco de dislexia na faixa etária de 9 a 18 anos de idade.

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 identificação de pessoas com Dislexia ou Distúrbio de Aprendizagem.

Os resultados deste estudo confirmam a pertinência do uso das redes neuronais como uma tecnologia computacional adequada no rastreio de pessoas com possíveis riscos de dislexia. O sistema proposto pode ser conduzido de forma inovadora como ferramenta de apoio ao diagnóstico de dislexia. O desenvolvimento do banco de dados específico para esta pesquisa foi fundamental para se ter uma coleta de dados controlada como também trabalhar com dados primários e a utilização da técnica de redes neuronais na descoberta de padrões sobre estes dados demonstrou consistência ao lidar com os problemas de reconhecimento de padrão e indicam que para fins de rastreio 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.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] Lent, Roberto. Cem Bilhões de Neurônios – Conceitos Fundamentais de Neurociência. São Paulo. Editora Atheneu. 2001.
- [2] NIH, 2014. Disponível em: <http://www.nih.gov/science/brain/2025/>. Acesso em agosto de 2014.
- [3] Nicolellis, M. 2013. Pesquisa afirma que cérebro trabalha de forma integrada. Disponível em: <http://www.natalneuro.org.br/imprensa/pdf/2013-08-tribuna-norte-PNAS.pdf>. Acesso em 2014.
- [4] Vygotsky LS, Luria AR, Leontiev NA. Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem. São Paulo: Ícone/EDUSP, 1988, 228p.
- [5] 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.
- [6] Shaywitz, SE. SHAYWITZ, BA. Dyslexia In: Swaiman KF, Ashwal S. Pediatric Neurology - Principal e Practice, Connecticut : Ed Mosby, 1999.
- [7] Mousinho, R. Desenvolvimento da Leitura, Escrita e seus Transtornos. In: Goldfeld, M. Fundamentos em Fonoaudiologia - Linguagem. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003 - 2º edição, 39-59.
- [8] Ciasca SM (org). Distúrbios de Aprendizagem: proposta de avaliação interdisciplinar. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2003, 220p.
- [9] Smith, C., Strick, L.. Dificuldades de aprendizagem de A a Z. Porto Alegre: ARTMED Editora, 2001.
- [10] PAKDD. Acesso em agosto de 2014. Disponível em: <http://pakdd2014.pakdd.org/tutorial3.pdf>.
- [11] Haykin, S., 2002, Redes Neurais. Princípios e prática. Porto Alegre, RS: Bookman, 2ª Reimpressão.
- [12] Santos, A.M. et al., 2005, Redes neurais artificiais e regressão logística na predição da hepatite A. Ver. Bras. Epidemiologia; 8(2): 117-126.
- [13] Penna, M. L., Rede neural artificial para detecção de sobremortalidade atribuível à cólera no Ceará. Revista Saúde Pública 2004; 38(3):351-7. Rio de Janeiro, RJ.
- [14] Riveros, L. J. M., Soares, F. S. & Munzlinger, E. 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. 2005.
- [15] Macário Costa, R. J. et al. Classificação de pacientes com transtorno de dislexia usando redes neurais artificiais. In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2007, Florianópolis. XXX CNMAC. Florianópolis, 2007
- [16] Macário Costa, R. J. ; Mousinho, Renata ; Vidal, L. A. . Redes Neuronais: um instrumento no rastreio (screening) de pessoas com risco de transtorno específico de leitura. In: I Congresso Ibero/Larc de Neurociências da América Latina, Caribe e Península Ibérica, 2008, Búzios - RJ. Anais do I Congresso Ibero/Larc de Neurociências, 2008.
- [17] Macário Costa, R. J. ; Mousinho, Renata ; Vidal, L. A. . Abordagem Computacional no Screening da Dislexia e do TDAH. In: XXXII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2009, Cuiabá - MT. Anais do CNMAC 2009A.
- [18] Macário Costa, R. J.; Mousinho, Renata ; Vidal, L. A. . Dislexia e Inteligência Computacional: Um sistema para rastrear (Screening) pessoas com sinais de transtorno de leitura. In: 2o. Congresso Internacional de Dislexia, 2009, São Paulo. Anais do II Congresso Internacional de Dislexia, 2009B.
- [19] Macário Costa, R. J. et al. Redes neuronais e transtornos de aprendizagem: rastreio de pessoas com dislexia. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2009, Florianópolis. Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2009C. v. 20. p. 1-10.
- [20] Macário Costa, R. J. et al. Abordagem tecnológica para rastreio de pessoas com dislexia. Tecer (Belo Horizonte), v. 4, p. 41-53, 2011A.
- [21] Macário Costa, R. J. Uma Estratégia computacional na detecção da dislexia. Rio de Janeiro: Tese – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, 2011B.
- [22] Macário Costa, R. J. et al. A Computational Approach for Screening Dyslexia.. In: CBMS 2013, 2013, Porto. 26th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems, 2013.
- [23] Garcia F.B. et al, 2008. Importância dos testes sorológicos de triagem e confirmatórios na detecção de doadores de sangue infectados pelo vírus da hepatite C. Revista brasileira de hematologia e hemoterapia. 2008;30(3):218-222. Acesso julho 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbhh/v30n3/a1v30n3.pdf>.
- [24] Olivette, T. W. 2009. Diagnóstico Etiológico de AVC Isquêmico em Pacientes Joinvilenses utilizando Redes Neurais Artificiais. Joinvile. SC. Acesso, setembro 2014. Disponível em: <http://www.pergamumweb.udesc.br/dados-bu/000000/0000000000D/00000D78.pdf>.
- [25] Dutra, M. V. O.; Souza, M. N., 2001, Redes neurais artificiais e análise fatorial no diagnóstico do distúrbio neuropsicológico infantil. Memórias II Congresso

- Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, Habana. La Habana, Cuba.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] Ellis, R. (ed.) (2001). Form-Focused Instruction and Second Language Learning. Malden, MA: Blackwell.
- [29] 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.
- [30] Klimasaukas C.C., 1991, Applying neural networks, Part 3: Training a neural network, Proceedings in Artificial Intelligence; 20-24.
- [31] Pereira B.B., 1999, Introduction to Neural Networks in Statistics, Center of Multivariate Analysis, Technical Report; Penn. State University.
- [32] Johnson, R. A.; Wichern, D. W. (1998) Applied Multivariate Statistical Analysis. 4 ed. New Jersey, Prentice-Hall, inc., 815 p.
- [33] Duda, R. O.; Hart, P. E.; Stork, D. G., 2001, Pattern Classification. 1 ed. New York, John Wiley & Sons, inc. 654 p.