



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

**Sistema integrado de monitoramento da saúde da criança na
escola**

Jean Andrade Canestri

Belo Horizonte, 26 de abril de 2013
Jean Andrade Canestri

Sistema integrado de monitoramento da saúde da criança na escola

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Bioengenharia

Linha de pesquisa: Bioengenharia

Orientador(a): Prof. Dr. Marcos Pinotti Barbosa

UFMG

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG

2013

Para os meus amigos,
família e professores

AGRADECIMENTOS

À equipe do Laboratório de Bioengenharia.

À equipe do LAPAN, pela contribuição neste trabalho.

À CAPES e ao CNPq pelo apoio recebido.

À Microsoft pelo apoio através dos softwares.

À minha família, por me apoiar nos momentos difíceis e compartilhar tantos momentos felizes.

Aos membros da banca, pela colaboração.

Ao Dr. Marcos Pinotti, ao Dr. Ricardo Guimarães e à Dra. Márcia Guimarães, pelo apoio e pelo conhecimento transmitido durante estes últimos anos.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS E QUADROS.....	9
LISTA DE GRÁFICOS.....	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	13
RESUMO.....	15
1 - INTRODUÇÃO.....	16
2 - OBJETIVOS.....	19
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1 - Programas de triagem no Brasil e no mundo.....	20
3.2 - Técnicas de triagem.....	23
3.2.1 - Triagem visual.....	23
3.2.1.1 - Acuidade Visual.....	23
3.2.1.2 - Sensibilidade ao contraste.....	29
3.2.1.3 - Visão estereoscópio.....	34
3.2.1.4 - Forias.....	36
3.2.1.5 - Visão de cores.....	40
3.2.2 - Triagem auditiva.....	42
3.2.3 - Análise de desempenho de leitura.....	43
3.3 - Banco de dados.....	44
4 - ARQUITETURA DO SISTEMA.....	47
4.1 - Subsistemas auxiliares.....	49
4.1.1 - Cadastro de usuários.....	49
4.1.2 - Anamnese.....	53
4.1.3 - Dados biométricos.....	60
4.1.4 - Desempenho de leitura.....	64
4.2 - Subsistema de triagem.....	68
4.2.1 - Triagem Visual.....	68
4.2.1.1 - Equipamento Analógico.....	68
4.2.1.2 - Equipamento Digital.....	85

4.2.2 - Triagem Auditiva.....	94
4.2.3 - Audiometria.....	98
5 - SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO.....	102
5.1 - Servidor.....	102
5.2 - Transmissão de dados.....	103
6 - PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	106
6.1 - Relatórios individuais.....	106
6.2 - Relatórios Coletivos.....	109
7 - CONCLUSÕES.....	112
8 - TRABALHOS FUTUROS.....	113
ABSTRACT.....	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 -	Exame de triagem de acuidade visual realizado pela Prefeitura Municipal de Vitória – ES (a) e exame de triagem realizado pela Secretaria Municipal de Educação do Piauí (SEMEC) (b). Nestas fotos pode-se observar em (a) a luminosidade inadequada devido ao mau posicionamento da tabela com optotipo “E”. e em (b) má postura dos examinadores e vários exames realizadas na mesma sala.....	17
FIGURA 1.2 -	Exame de (a) triagem da acuidade visual e (b) do limiar auditivo que mesmo utilizando equipamentos mais modernos tem seus resultados axotados em papel.....	18
FIGURA 3.1 -	Tabela de optotipos de Snellen.....	24
FIGURA 3.2 -	Tabelas (a) "C" de Landolt, (b) imagens de Lea e (c) "E" de Tumbling	26
FIGURA 3.3 -	Tabela ETDRS.....	28
FIGURA 3.4 -	(a) tabela Vistech e (b) Melboun Edge Test.....	32
FIGURA 3.5 -	Tabela Campbell-Robertson. A frequência aumenta da esquerda para a direita e o contraste diminui de baixo para cima.....	33
FIGURA 3.6 -	Tabelas (a) Peli-Robson, (b) uma das 3 tabelas de Mars.....	34
FIGURA 3.7 -	Figuras do teste de Lang.....	35
FIGURA 3.8 -	Titmus Stereo Test. A seta da direita contém uma mosca com grande ilusão estereoscópica e os círculos contém ilusões cada vez mais discretas da esquerda para a direita e de cima para baixo.....	36
FIGURA 3.9 -	Teste de cobertura (a) Ortoforia, (b) Exofovia e (c) Esofovia.....	37
FIGURA 3.10 -	Teste de Maddox. Neste teste é perguntado ao paciente onde as setas branca e vermelha tocam a escala. Se a seta branca e a vermelha estiverem no zero, o paciente tem ortoforia (alinhamento normal). Caso contrário a branca identifica esoforias e exoforias; e a vermelha hiperforia direita ou esquerda.....	38
FIGURA 3.11 -	Maddox Rod. Vemos (a) um paciente sendo submetido ao teste e (b)	

	diagnóstico de ortoforia, esoforia ou exoforia. Girando a lente 90 graus (c) ortoforia, hiperforia esquerda ou hiperforia direita.....	39
FIGURA 3.12 -	Lâminas de Ishihara.....	41
FIGURA 3.13 -	(a) Teste de Fansworth-Munsel e (b) eixos de confusão de cores no qual o padrão 3-14-13-4 caracteriza anomalia deutan.....	42
FIGURA 3.14 -	Diferentes modelos de eye trackers.....	44
FIGURA 4.1 -	Modelo simplificado do sistema.....	47
FIGURA 4.2 -	Visão do sistema- divisão em subsistemas.....	49
FIGURA 4.3 -	Modelo ER para o cadastro de pacientes, examinadores e escolas.....	50
FIGURA 4.4 -	Modelo ER para anamnese.....	54
FIGURA 4.5 -	Modelo ER para os dados biométricos e cálculo de IMC.....	61
FIGURA 4.6 -	Diagrama de casos de uso para dados biométricos.....	63
FIGURA 4.7 -	Voluntário realizando teste de desempenho leitura.....	64
FIGURA 4.8 -	Teste de desempenho de leitura em (a) uma pessoa com leitura normal e (b) com distúrbio de leitura com (c) os dados do exame de b.....	65
FIGURA 4.9 -	Modelo entidade-relacionamento para a análise do desempenho de leitura.....	66
FIGURA 4.10 -	Diagrama de casos de uso para a análise do desempenho de leitura....	67
FIGURA 4.11 -	Equipamento de triagem analógico.....	69
FIGURA 4.12 -	Modelo entidade-relacionamento para o equipamento de triagem visual analógico-modelo Adulto.....	72
FIGURA 4.13 -	Modelo entidade-relacionamento para o equipamento de triagem visual analógico-modelo Universal.....	72
FIGURA 4.14 -	Modelo entidade-relacionamento para o equipamento de triagem visual analógico-modelo Pediátrico.....	73
FIGURA 4.15 -	Modelo ER para as rotinas de testes.....	74
FIGURA 4.16 -	Diagrama de casos de uso para o equipamento de triagem analógico...	84
FIGURA 4.17 -	Modelo 3d do equipamento desenvolvido. Nele temos (a) o corpo	

	principal, (b) a base e (c) o tubo telescópico.....	85
FIGURA 4.18 -	Algumas telas de triagem (a) acuidade com letras de Sloan, (b) acuidade com "E" de Tumbling, (c) acuidade com C de Landolt, (d) cores de Ishihara, (e) Forias horizontal, (f) contraste de Pelli-Robson e (g) linhas de Gabor.....	87
FIGURA 4.19 -	Modelo entidade-relacionamento para a análise do desempenho de leitura.....	88
FIGURA 4.20 -	Modelo entidade-relacionamento para a sincronia do equipamento de triagem visual digital.....	93
FIGURA 4.21 -	Voluntário submetido à triagem auditiva.....	94
FIGURA 4.22 -	Diagrama ER para a triagem auditiva.....	95
FIGURA 4.23 -	Diagrama de casos de uso para a sincronia do equipamento de triagem auditiva.....	97
FIGURA 4.24 -	Modelo entidade-relacionamento para a sincronia do equipamento de triagem auditiva.....	99
FIGURA 4.25 -	diagrama de casos de uso para a sincronia do audiômetro.....	101
FIGURA 5.1 -	Representação do sistema. Cada (a) banco de dados local da estação de triagem de se comunicar com (b) o servidor central que recebe todos os dados.....	102
FIGURA 5.2 -	Software realizando o envio de dados ao servidor central.....	104
FIGURA 5.3 -	Configuração do programa de sincronia automático.....	104
FIGURA 5.4 -	Sincronia dos dados.....	105
FIGURA 6.1 -	Template de relatório.....	107
FIGURA 6.2 -	XML de dados de triagem.....	107
FIGURA 6.3 -	Relatório gerado aplicando os dados ao template.....	108
FIGURA 6.4 -	Diagrama de casos de uso para emissão de relatórios.....	109
FIGURA 6.5 -	Interface de acesso para o servidor.....	110
FIGURA 6.6 -	Relatório extraído do servidor.....	111

LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA 3.1 -	Diferentes escalas de acuidade. Entre elas temos a decimal, em frações, frações de Snellen, MAR, logMAR e porcentagem.....	27
TABELA 3.2 -	Comparativo entre MySql e SQL Server.....	46
QUADRO 4.1 -	Mapeamento de Escola (figura 4.3).....	51
QUADRO 4.2 -	Mapeamento de Sala (figura 4.3).....	51
QUADRO 4.3 -	Mapeamento de Paciente (figura 4.3).....	52
QUADRO 4.4 -	Mapeamento de Examinador (figura 4.3).....	53
QUADRO 4.5 -	Mapeamento de Gestação (figura 4.4).....	55
QUADRO 4.6 -	Mapeamento de Parto (figura 4.4).....	56
QUADRO 4.7 -	Mapeamento de Infância (figura 4.4).....	56
QUADRO 4.8 -	Mapeamento de Desenvolvimento de Linguagem (figura 4.4).....	57
QUADRO 4.9 -	Mapeamento de Desenvolvimento Motor (figura 4.4).....	57
QUADRO 4.10 -	Mapeamento de Socialização (figura 4.4).....	58
QUADRO 4.11 -	Mapeamento de Histórico Familiar (figura 4.4).....	58
QUADRO 4.12 -	Mapeamento de Tratamentos e Medicamentos (figura 4.4).....	58
QUADRO 4.13 -	Mapeamento de Doenç�s e ocorrências (figura 4.4).....	59
QUADRO 4.14 -	Mapeamento de Comportamento (figura 4.4).....	59
QUADRO 4.15 -	Mapeamento de Queixas (figura 4.4).....	60
QUADRO 4.16 -	Mapeamento de Dados (figura 4.5).....	62
QUADRO 4.17 -	Mapeamento de Teste (figura 4.9).....	66
QUADRO 4.18 -	Comandos ASCII para o equipamento analógico.....	70
QUADRO 4.19 -	Mapeamento de Acuidade (figura 4.12).....	75
QUADRO 4.20 -	Mapeamento de Anamnese da triagem visual (figuras 4.12, 4.13 e 4.14).....	75

QUADRO 4.21 -	Mapeamento de Contraste (figuras 4.12 e 4.13).....	76
QUADRO 4.22 -	Mapeamento de Cores (figuras 4.12 e 4.13).....	76
QUADRO 4.23 -	Mapeamento de Cores-pediátrico (figura 4.14).....	77
QUADRO 4.24 -	Mapeamento de Estereopsia (figura 4.12).....	77
QUADRO 4.25 -	Mapeamento de Estereopsia-pediátrico (figura 4.14).....	77
QUADRO 4.26 -	Mapeamento de Hyperopia-pediátrico (figura 4.14).....	78
QUADRO 4.27 -	Mapeamento de Forias (figuras 4.12 e 4.13).....	78
QUADRO 4.28 -	Mapeamento de Forias Pediátrico Lateral (figura 4.14).....	78
QUADRO 4.29 -	Mapeamento de Forias Pediátrico Vertical (figura 4.14).....	79
QUADRO 4.30 -	Mapeamento de Supressão (figura 4.14).....	79
QUADRO 4.31 -	Mapeamento de Acuidade universal (figura 4.13).....	79
QUADRO 4.32 -	Mapeamento de Acuidade pediátrico (figura 4.13 e 4.14).....	80
QUADRO 4.33 -	Mapeamento de Estereopsia Universal (figura 4.13).....	80
QUADRO 4.34 -	Mapeamento de Estereopsia Pediátrico (figura 4.14).....	80
QUADRO 4.35 -	Mapeamento de AcuidadePonto (figura 4.14).....	81
QUADRO 4.36 -	Mapeamento de VisaoPeriferica (figuras 4.12,4.13 e 4.14).....	81
QUADRO 4.37 -	Mapeamento de TesteCustomizado (figura 4.15).....	82
QUADRO 4.38 -	Mapeamento de Testes (lista os testes que cada rotina de testes customizados possui na figura 4.15).....	83
QUADRO 4.39 -	Mapeamento de Acuidade (figura 4.19).....	89
QUADRO 4.40 -	Mapeamento de Pelli-Robsson (figura 4.19).....	90
QUADRO 4.41 -	Mapeamento de Estereopsia (figura 4.19).....	90
QUADRO 4.42 -	Mapeamento de Ishihara (figura 4.19).....	91
QUADRO 4.43 -	Mapeamento de Triagem (figura 4.22).....	92
QUADRO 4.44 -	Mapeamento de Triagem (figura 4.24).....	96

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3.1-	Curvas de sensibilidade ao contraste para várias idades.....	31
--------------	--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMR / MAR	Ângulo mínimo de resolução, em minutos de arco;
ASA	American Standards Association;
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, sistema de codificação;
cd/m ²	Candela por metro quadrado, unidade de intensidade luminosa;
dB	Decibel, unidade de medida de pressão sonora;
di	Dioptria, unidade de medida de potência de lentes;
ER	Entidade-relacionamento, modelo de projeto de banco de dados;
ETDRS	Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study;
HTML	Hyper Text Markup Language, compõe as páginas web;
HTTP	HyperText Transfer Protocol, protocolo web;
Hz	Hertz, unidade de medida de frequência;
IMC	Índice de Massa Corpórea;
LAPAN	Laboratório de Pesquisa Aplicada à Neurovisão;
LCD	Liquid Crystal Display, tela de cristal líquido;
logMAR	logaritmo do ângulo mínimo de resolução;
MD5	Message-Digest algorithm 5 - algoritmo para implementação de hash de 128 bits.
MSDN	Microsoft Developer Network- porção da Microsoft responsável pelo relacionamento entre desenvolvedores que contém blogs, artigos e outras ferramentas interação;
PHP	PHP (Personal Home Page) Hypertext Preprocessor, linguagem de servidor (acrônimo recursivo);
SGDB	Sistema de gerenciamento de banco de dados;
SQL	Structured Query Language, ou Linguagem de Consulta Estruturada;
UML	Unified Modeling Language, metodologia de projeto de software;
USB-HID	Universal Serial Bus-Human Interface Device, interface para comunicação de periféricos;

XML

eXtesible Markup Language- linguagem de codificação de dados;

RESUMO

O objetivo dessa dissertação foi desenvolver um sistema *hardware/software* com a finalidade de monitorar o desenvolvimento e a saúde da criança, coletando, integrando e organizando informações relacionadas a parâmetros biológicos e a dados socioeconômicos monitorados na escola. Ele é composto de diversos subsistemas (abrangendo diferentes hardwares e softwares) para a aquisição, o armazenamento e a transmissão de dados adquiridos por meio de questionários e de exames de triagem, tanto visual quanto auditiva, além da análise do desempenho de leitura. A triagem visual compreende testes de acuidade visual, sensibilidade ao contraste, visão estereoscópica, forias e visão de cores. Já a triagem auditiva trata-se da avaliação do limiar auditivo. A análise do desempenho de leitura é feita por um *eye tracker*, que afere a posição do olho a cada instante. São armazenados, também, dados biométricos básicos, como peso e altura, o que permite monitorar a incidência de obesidade e de desnutrição nas crianças. Os parâmetros socioeconômicos coletados incluem, principalmente, a idade da criança, a idade dos pais, a renda familiar, e se a família é beneficiária de programas sociais do governo. Com esse sistema é possível acompanhar a saúde visual, a saúde auditiva, obesidade e desnutrição nas crianças a cada ano. Após serem agregados e processados em um servidor, esses dados geram informação que, ao ser disponibilizada aos gestores públicos de saúde e de educação, na forma de relatórios individuais e coletivos, subsidiará conclusões clínicas, epidemiológicas e estratégicas, importantes na elaboração e acompanhamento de políticas públicas preditivas, preventivas, mais eficientes e coordenadas.

Palavras Chaves: acuidade visual; triagem; limiar auditivo; transmissão e armazenamento de dados; criança em idade escolar.

INTRODUÇÃO

A criança, ao ingressar na escola, inicia o seu processo formal de aprendizagem. Durante essa etapa, segundo Cano e Silva (1994), o processamento das informações, que são fornecidas pelo meio, depende da integração de diversas habilidades e, para que o processo de aprendizagem e de socialização seja facilitado, a criança necessita de visão e audição normais ou com correção adequada. Nessa mesma linha está o trabalho de Siqueira e Gurgel-Giannetti (2011). Segundo os autores, durante o processo de aquisição da informação, a entrada (*input*) ocorre por meio das vias aferentes - visão, audição, gustação, olfação e somatossensitiva (tato fino e grosseiro, propriocepção, temperatura e dor), produzindo a percepção sensorial da informação pelo cérebro.

A ocorrência de distúrbios visuais e auditivos constitui uma barreira sensorial que afeta de maneira negativa e muito significativa o processo de aprendizagem. Dados epidemiológicos brasileiros mostram que 30% das crianças em idade escolar e 100% dos adultos com mais de 40 anos apresentam algum problema refracional, que interfere em seu desempenho diário, na sua auto-estima e qualidade de vida (Ministério da Saúde, 2007). Muitos alunos encaminhados para classes especiais destinadas a crianças com baixo rendimento, na realidade possuem visão precária, não sendo mentalmente deficientes (Cano e Silva, 1994).

No Brasil não existe a obrigatoriedade de exames de triagem visual e auditiva. Os profissionais que realizam estes exames, em alguns casos, ainda são submetidos à condições inadequadas para o bom exercício dos exames (figura 1.1). Esses fatores, somados à necessidade crescente de informações, objetivando a tomada de decisões nos programas de saúde e educação, abrem espaço para novas tecnologias e metodologias que devem: possuir equipamentos de baixo custo, ter eficiência durante a realização dos exames, ser de fácil utilização, não expor tanto examinadores quanto examinados a riscos, padronizar os parâmetros básicos de exame de triagem e ter a possibilidade de armazenagem e processamento dos dados coletados, gerando informações úteis à tomada de decisão em uma determinada região (Soares, 2009).



(a)



(b)

FIGURA 1.1 - Exame de triagem de acuidade visual realizado pela Prefeitura Municipal de Vitória – ES (a) e exame de triagem realizado pela Secretaria Municipal de Educação do Piauí (SEMEC) (b). Nestas fotos pode-se observar em (a) a luminosidade inadequada devido ao mau posicionamento da tabela com optotipo “E”. e em (b) má postura dos examinadores e vários exames realizadas na mesma sala.

FONTE - www.semec.pi.gov.br (b) e aplic.vitoria.es.gov.br (a)

A coleta e processamento dessa informação de forma correta também é de extrema importância. Em alguns casos, como o apresentado na figura 1.2, mesmo utilizando equipamentos dos mais modernos, ainda é utilizado o papel como a principal forma de coletar e armazenar os dados dos exames. É necessário o desenvolvimento de programas computacionais que facilitem o processo de triagem e garantam que os dados sejam processados de maneira uniforme, gerando informação útil e confiável.

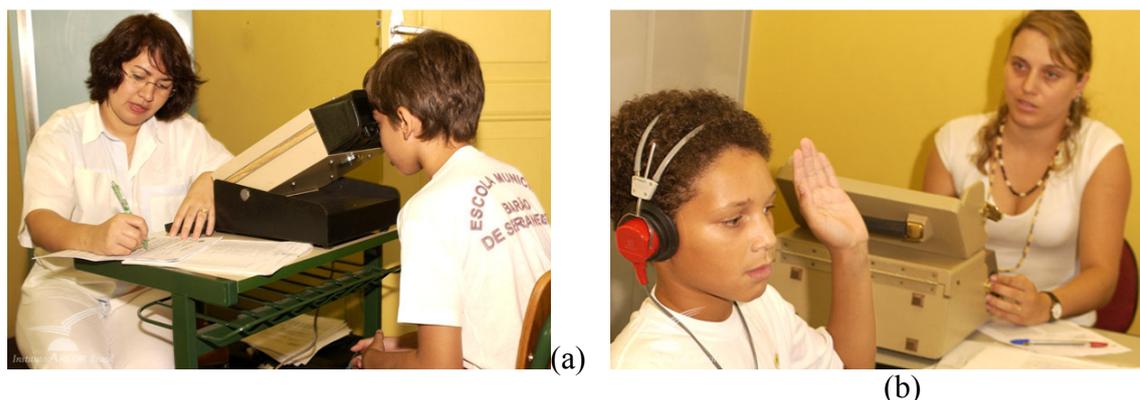


FIGURA 1.2 - Exame de (a) triagem da acuidade visual e (b) do limiar auditivo que mesmo utilizando equipamentos mais modernos tem seus resultados anotados em papel.
FONTE - www.institutoarcor.org.br

Nesse cenário, o Projeto Bom Começo foi criado com o objetivo de desenvolver uma plataforma de gerenciamento do desenvolvimento e da saúde da criança, coletando, integrando e processando informações relacionadas a parâmetros biológicos e sócio-econômicos monitorados na escola. Por meio da aplicação de exames de triagem visual e auditiva, da análise de desempenho de leitura e do monitoramento de dados biológicos básicos, como peso e altura, o projeto tem como objetivo monitorar a saúde visual, saúde auditiva, obesidade e desnutrição da criança na escola. Espera-se desenhar o perfil epidemiológico da população de escolares, de forma a identificar anomalias na visão e audição que não são solucionadas com o conhecimento padrão, em especial medir a incidência da Síndrome de Irlen, fornecer um histórico de dados de saúde para o indivíduo e para o sistema de saúde e fornecer parâmetros para o desenvolvimento de políticas de educação focadas no melhor aproveitamento escolar das crianças.

Muitas crianças que hoje são diagnosticadas como hiperativas ou com déficit de atenção sofrem na verdade de patologias específicas de visão ou de audição, quando não de ambas. A implantação do Projeto Bom Começo permitirá identificar dificuldades visuais, distúrbios de aprendizagem relacionados à visão e dificuldades de audição, como perdas auditivas moderadas ou severas que impedem o bom entendimento das crianças, melhorando o aproveitamento escolar e reduzindo a repetência.

2 – OBJETIVOS:

O objetivo dessa dissertação é desenvolver um sistema *hardware/software* integrado de triagem e acompanhamento da saúde da criança na escola composto por:

- Equipamento para triagem visual;
- Equipamento para triagem auditiva;
- Equipamento para análise de desempenho de leitura;
- Aquisição de dados biométricos básicos;
- Sistemas para aquisição, armazenagem, transmissão e processamento dos dados obtidos pelos diferentes hardwares.

Estes sistemas de aquisição, armazenagem, transmissão e processamento dos dados tem como requisitos:

- Possuir uma interface simples e intuitiva;
- Reunir os dados adquiridos em um servidor central;
- Garantir a integridade dos dados durante o processo de transmissão;
- Processar os dados de exames afim de gerar informação de forma a facilitar o seu tratamento estatístico;
- Emitir relatórios individuais ou coletivos;

O sistema tem como objetivos específicos:

- Projetar e executar um sistema com banco de dados central, contendo informações dos indivíduos analisados e os resultados da triagem visual e auditiva;
- Integrar os diversos hardwares utilizados , armazenando e processando as informações coletadas.

3 - Revisão Bibliográfica

A Revisão bibliográfica aqui apresentada foi dividida em 3 partes. Na primeira parte estão relacionados programas de triagem realizados no Brasil e no mundo. A segunda parte descreve técnicas de triagem visual e auditiva, além de técnicas para análise de desempenho de leitura. A terceira parte analisa os bancos de dados e técnicas de programação utilizados no projeto.

3.1 – Programas de triagem no Brasil e no Mundo

Entre os primeiros programas de triagem, temos uma triagem visual realizada em 1899 em Connecticut. Os resultados não foram como esperados, talvez por problemas de iluminação, treinamento dos professores que realizaram os testes e por não serem tomadas medidas para evitar a memorização dos optotipos da tabela utilizada (Sloane & Rosenthal, 1960).

Uma série de slides para testar outros parâmetros relacionados à visão além da acuidade visual, como a estereopsia, foi criado em 1934 por E.A. Betts. Utilizando o *Keystone Ophthalmic Telebinocular*, o primeiro equipamento comercial para exames binoculares, concluiu-se que o processo apresentou falhas que podem ter como causa a adoção de um padrão muito empírico e a dificuldade de relacionar alguns testes com seu significado real (Sloane & Rosenthal, 1960).

O *Massachusetts Vision Test*, um estudo envolvendo testes para detectar erros latentes de binocularidade e hipermetropia, assim como a baixa visão, foi realizado na década de 1940 por Lura Oak com 6000 crianças e foi desenvolvido um kit de testes padronizado.

Um estudo sobre testes de visão em escolas apresentado por Sloane e Rosenthal (1960) concluiu que:

- É necessário criar um padrão para exames de triagem e apresentação de relatórios individuais, do envio de resultados aos pais, da comunicação entre médicos, a escola e instituições responsáveis pela triagem;
- os exames de triagem podem ser feitos por qualquer profissional treinado (professores, por exemplo);
- Os testes devem ser rápidos, simples, econômicos e eficazes;

- Devem ser realizados de maneira periódica;
- Em caso de desconforto ocular ou problemas de leitura, o aluno deverá ser encaminhado ao oftalmologista, mesmo que não tenha detectado anomalias neste aluno durante a triagem.

Um dos primeiros programas de saúde realizados no Brasil foi realizado em 1967 no município de São Paulo. Foram avaliados 1901 escolares de 7 a 14 anos. Após triagem auditiva, aproximadamente 17% dos escolares apresentaram suspeitas de possuir hipoacusia, que é a diminuição do limiar auditivo, sendo 7.2% do total eram realmente portadores de deficiência auditiva (Rodrigues *et al.*, 1972)..

Em 1977 foi realizado um estudo comparativo entre a aplicação de triagem visual por médicos e por professores treinados na cidade de São Paulo. Foram 1352 escolares avaliados da primeira à quarta série do ensino fundamental e concluiu-se que, quando devidamente treinados, os professores conseguem aplicar triagens válidas, ocorrendo em 80,86% dos casos a divergência de no máximo de uma linha entre os testes realizados por professores e por médicos, considerada normal (Temporini *et al.*, 1977).

Na cidade de São Carlos em 1993, foram realizados testes de acuidade visual em nove escolas. Das 2.025 crianças testadas, 88,1% apresentaram níveis de acuidade visual maiores que 0,8 e uma prevalência de estrabismo de 2,17%. Vários cenários foram propostos pelos próprios profissionais da educação que realizaram os testes para a melhoria do sistema, sendo um deles constituído por um coordenador especialista. A ele caberia a coordenação dessas atividades em nível municipal, sendo auxiliados por um profissional de saúde que treinaria os professores na realização dos testes e os acompanharia (Figueiredo *et al.*, 1993).

Gasparetto *et al.* (2004) realizaram estudo no período de dezembro de 1999 a junho de 2000 para verificar o conhecimento dos professores de 23 escolas da cidade de Campinas sobre sinais para identificação de alunos com problemas visuais. Concluíram que: “Os professores apresentaram conhecimento insuficiente quanto à saúde ocular e, portanto, as ações desenvolvidas não foram completas e abrangentes. Sugere-se a implantação de um programa de saúde ocular em todo o sistema público de ensino visando desenvolver ações de prevenção da incapacidade visual, promoção e recuperação da saúde ocular”.

Na cidade de Campinas foram avaliados 287 escolares de cinco a dez anos, do sexo feminino e masculino, que frequentavam o PRODECAD (Programa de Desenvolvimento e Integração da Criança e do Adolescente) da UNICAMP. 60% das crianças passaram no teste de acuidade auditiva. Segundo o estudo a triagem auditiva constitui uma forma eficaz para

determinar perdas auditivas moderadas e severas em escolares (Colella-Santos *et al.*, 2009).

Na cidade de Juiz de Fora, no ano de 2010, 143 crianças entre 6 e 7 anos foram submetidas aos testes de acuidade visual. Destas crianças, 13 foram encaminhadas (18%) ao serviço de oftalmologia. O estudo aponta a importância do treinamento dos professoras para a identificação de distúrbios o mais precocemente possível (Coelho *et al.*, 2010).

Nos Estados Unidos, na Carolina do Norte, um programa de melhoramento da qualidade da triagem para crianças foi implementado. O estudo obteve melhoras significativas no processo de triagem, evidenciando a necessidade de padronização e treinamento nos exames de triagem (Kemper *et al.*, 2011).

Um sistema computadorizado de telemedicina para aferir acuidade visual foi desenvolvido em 2012 na Índia. Utilizando a tabela LogMAR, o estudo concluiu que tanto o sistema computadorizado quanto o teste realizado à distância não obtiveram diferenças estatísticas significativas, sendo tão confiáveis quanto o teste presencial com tabela impressa (Srinivasan *et al.*, 2012).

A partir dessa revisão é importante observar a importância do desenvolvimento de uma metodologia adequada para os exames de triagem em escolares. Além disso, é de extrema importância o adequado treinamento dos profissionais que aplicarão os testes, sejam eles profissionais da saúde ou professores. Todos os profissionais de educação devem ser treinados para identificar distúrbios de aprendizagem o mais precocemente possível, trazendo assim mais benefícios às crianças afetadas, tanto para o desempenho acadêmico quanto para a saúde.

3.2 – Técnicas de triagem

3.2.1 – Triagem visual

A triagem visual compreende testes de acuidade visual, sensibilidade ao contraste, visão estereoscópica, forias e visão de cores.

3.2.1.1 – Acuidade visual

Acuidade visual é uma característica do olho de reconhecer dois pontos muito próximos. Sua medida é dada pela relação entre o tamanho do menor objeto (optotipo) visualizado e a distância entre observador e objeto. Pode ser definida como a habilidade de ler uma série de optotipos padrões que podem ser reconhecidos a certa distância e, normalmente, é uma medida relativa à visão normal (Evans, 2006).

A acuidade visual é talvez o parâmetro único mais importante na tomada de decisões na oftalmologia clínica (Leinonen *et al.*, 2005). É o procedimento mais comum entre todos os oftalmológicos e é também importante em decisões legais, como aquelas pertinentes à concessão de licenças de direção e à constatação de deficiências visuais. De fato, embora não seja o único dos parâmetros de desempenho funcional do sistema visual, o índice com que se quantifica a capacidade de discriminação de formas é o que mais exprime a sua adequação.

Um dos testes atuais de detecção de acuidade visual mais utilizado é baseado em tabelas de optotipos de Snellen. A Figura 1 mostra uma tabela de Snellen.

E	1	20/200
F P	2	20/100
T O Z	3	20/70
L P E D	4	20/50
P E C F D	5	20/40
E D F C Z P	6	20/30
F E L O P Z D	7	20/25
D E F P O T E C	8	20/20
L E F O D P C T	9	
F B P L T C E O	10	
F E E L C F T D	11	

FIGURA 3.1- Tabela de optotipos de Snellen.
 FONTE - www.precision-vision.com

Essas tabelas, tanto impressas quanto projetadas, são utilizadas por médicos ou por outros profissionais treinados. Enquanto o treinamento dos primeiros para a aplicação do teste é completo, padronizado e fiscalizado; o treinamento dos últimos deixa algumas dúvidas relacionadas ao método de aplicação e interpretação das respostas dos sujeitos e quanto ao tipo de tabela utilizada nesses procedimentos. Em suma, essas questões colocam em dúvida a eficácia do método (Ehrlich et al., 1983). Uma possível medida para solucionar tais problemas seria o desenvolvimento de programas computadorizados para determinação da acuidade visual, com rígido controle das variáveis que possam interferir na qualidade da medida proposta, como o tamanho do optotipo e a distância do paciente. O controle do estímulo apresentado permite reduzir a memorização da sequência dos optotipos, realizar mudança instantânea do contraste, variar o tamanho das letras, alternar as apresentações entre linear e angular, inserir barras de interação, desta forma diminuindo a variabilidade das medidas obtidas com as tabelas e projetores geralmente utilizados (Arippol, 2006).

Testes de acuidade visual utilizando a leitura são realizados deste antes da Idade Média. As maiores mudanças começaram a ocorrer no século XIX. Em 1843, Kuechler defendeu a

criação de padrões para os testes de acuidade visual e desenvolveu três tabelas diferentes, para evitar memorização (Colenbrander, 2001).

Como se pode observar a tabela de Snellen é composta por várias linhas com letras, chamados optotipos, de tamanho decrescente e número crescente à medida que se percorre a tabela de cima para baixo. Os pares de números presentes em cada linha é que representa a escala de medição de Snellen. Uma pessoa com visão considerada normal consegue discernir as letras até a linha 20/20. Nesse caso a uma distância de 20 pés (aproximadamente 6 metros), que é a distância das salas de exame e é uma distância considerada infinito ótico (os raios de luz entram no olho praticamente paralelos). Nessa distância, o optotipo apresenta uma angulação de 5 minutos de arco. Para o desenvolvimento destes optótipos Snellen utilizou uma matriz no tamanho 5x5. O tamanho total da letra é equivalente a 5' de arco para a acuidade normal, ou seja, cada secção da matriz corresponde a 1' de arco. (Colenbrander, 2001). A tabela apresentada em 1862 continha nove letras (C D E F L O P T Z). São de fácil identificação com excessão das letras P e F nos limites de percepção (Evans, 2006).

Landholt e Snellen (1874) reconheceram que nem todos os caracteres da tabela possuíam a mesma legibilidade. Em 1888 Landolt propôs uma nova tabela, que ficou conhecida como "*C*" de Landolt (Evans, 2006), observada na figura 3.2a. Outra tabela utilizada em crianças, adultos não alfabetizados e em países como a China é a chamada "E" de Tumbling (figura 3.2c).

A finlandesa Lea Hyvärinen desenvolveu em 1976 um teste pediátrico onde ao invés de ter letras como optotipos, ele apresenta as figuras: casa, maçã, quadrado e bola (Hyvärinen, 1980) que pode ser observado na figura 3.2b.

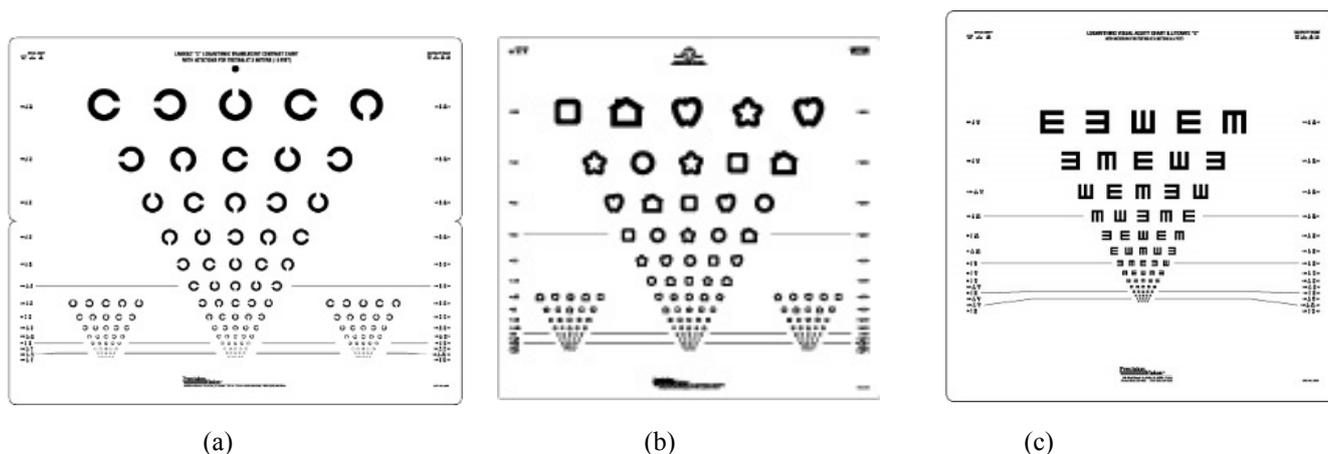


FIGURA 3.2 - Tabelas (a) "C" de Landolt, (b) imagens de Lea e (c) "E" de Tumbling.
 FONTE - www.precision-vision.com

Atualmente existem quatro escalas para testes de acuidade, todas baseadas no ângulo mínimo de resolução: *Minimum Angle of Resolution* (MAR) é uma escala linear do ângulo e inversamente proporcional à capacidade discriminativa; a de Snellen, que pode ser tanto em forma de fração quanto decimal e a do logaritmo do ângulo de mínimo de resolução (LogMAR), que tem se tornado mais popular é o logaritmo do MAR. Podemos ver o comparativo entre as escalas na tabela 3.1.

TABELA 3.1
Diferentes escalas de acuidade. Entre elas temos a decimal, em frações, frações de Snellen,
MAR, logMAR e porcentagem
FONTE - Modificado de Colenbrander, 2001.

Faixas ICD-9CM		Notações Equivalentes		Frações de Snellen Verdadeiras (numerador=distância de teste)					Notações de Ângulo Visual		Pontuação de Acuidade Visual (%)
		Decimal	Fração (US)	6.3m	6m	5m	4m	1m	MAR (1/V)	Log MAR	
Visão Normal	Visão Normal	1.6	20/12.5	6.3/4	6/3.8	5/3.2	4/2.5	1/0.63	0.63	-0.2	110
		1.25	20/16	6.3/5	6/4.8	5/4	4/3	1/0.8	0.8	-0.1	105
		1.0	20/20	6.3/6.3	6/6	5/5	4/4	1/1	1.0	0	100
		0.8	20/25	6.3/8	6/7.5	5/6.3	4/5	1/1.25	1.25	0.1	95
	Visão Próxima da Normal	0.63	20/32	6.3/10	6/9.5	5/8	4/6.3	1/1.6	1.6	0.2	90
		0.5	20/40	6.3/12.5	6/12	5/10	4/8	1/2	2.0	0.3	85
		0.4	20/50	6.3/16	6/15	5/12.5	4/10	1/2.5	2.5	0.4	80
		0.32	20/63	6.3/20	6/19	5/16	4/12.5	1/3.2	3.2	0.5	75
Acuidade Reduzida	Visão Reduzida Moderada	0.25	20/80	6.3/25	6/24	5/20	4/16	1/4	4	0.6	70
		0.20	20/100	6.3/32	6/30	5/25	4/20	1/5	5	0.7	65
		0.16	20/125	6.3/40	6/38	5/32	4/25	1/6.3	6.3	0.8	60
		0.125	20/160	6.3/50	6/48	5/40	4/32	1/8	8	0.9	55
	Visão Reduzida Severa	0.1	20/200	6.3/63	6/60	5/50	4/40	1/10	10	1.0	50
		0.08	20/250	6.3/80	6/75	5/63	4/50	1/12.5	12.5	1.1	45
		0.063	20/320	6.3/100	6/95	5/80	4/63	1/16	16	1.2	40
		0.05	20/400	6.3/125	6/120	5/100	4/80	1/20	20	1.3	35
	Visão Reduzida Profunda	0.04	20/500	6.3/160	6/150	5/125	4/100	1/25	25	1.4	30
		0.03	20/630	6.3/200	6/190	5/160	4/125	1/32	32	1.5	25
		0.025	20/800	6.3/250	6/240	5/200	4/160	1/40	40	1.6	20
		0.02	20/1000	6.3/320	6/300	5/250	4/200	1/50	50	1.7	15
Cegueira ou Perto	Perto da Cegueira	0.016	20/1250	6.3/400	6/380	5/320	4/250	1/63	63	1.8	10
		0.0125	20/1600	6.3/500	6/480	5/400	4/320	1/80	80	1.9	5
		0.01	20/2000	6.3/630	6/600	5/500	4/400	1/100	100	2.0	0
		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Cegueira	Sem percepção de luz - No Light Perception (NLP)									

Em 1982, o National Eye Institute adotou a tabela usada pelo *Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study* (ETDRS), mostrada na figura 3.3, a qual usava o *layout* de Bailey e Lovie junto com os optotipos de Sloan, com distância de teste de 4 metros, com retro-iluminação, intensidade calibrada e adotando protocolo detalhado, contando cada letra acertada pelo examinado (Evans, 2006).



FIGURA 3.3 - Tabela ETDRS.
 FONTE - www.precision-vision.com

A automação do exame de acuidade visual possibilita a gravação dos testes em computador para futura análise e comparação, faz com que ele se torne objetivo, com resultados mais corretos e independentes da interação do examinador, além de ser mais atraente e estimulante para as pessoas em geral e de se ter um tempo reduzido de exame. O teste automatizado também favorece o transporte e armazenamento de dados, que podem ser gravados em mídias móveis ou transmitidos via internet (Raymond *et al.*, 1988).

3.2.1.2 – Sensibilidade ao contraste

A detecção de gradientes de luminância, também conhecida como sensibilidade ao contraste, é a base de processamento visual (Hawken *et al.*, 1997). Se a tabela de Snellen mede como vemos em alto contraste (preto e branco), a medida de sensibilidade ao contraste mede como discriminamos os tons de cinza, pois o mundo real é feito por gradientes de cinza (Fisk e Stenson, 2004).

Existem três definições para o contraste. A de Michaelson é a mais utilizada (Peli, 1990) e segue equação 3.1:

$$C = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} \quad , \quad (3.1)$$

Onde: C=Contraste;

L_{max} = Luminância máxima do estímulo;

L_{min} = Luminância mínima do estímulo.

Outra definição de contraste é a da equação de Weber (equação 3.2), utilizada para medir contraste local de um objeto único de luminância uniforme observado em um fundo uniforme (Peli, 1990).

$$C = \frac{\Delta L}{L} \quad , \quad (3.2)$$

Onde: C=Contraste;

ΔL = Variação de luminância;

L= Luminância de fundo.

Essas duas definições não coincidem e nem compartilham a mesma faixa de valores. O contraste de Michelson tem um valor que varia de 0 a 1.0, enquanto o de Weber varia de -1.0 a $+\infty$. Outras definições de contraste que compartilham semelhante problema (por exemplo, $C = 2AL / (2L + AL)$) foram apresentado por Westheimer (1985).

Outra forma de se definir o contraste é feita por meio de uma análise em frequência. Para isso utiliza-se um filtro passa-banda radicalmente simétrico $G(r)$. A banda passante deve se aproximar de um envelope gaussiano da função de Gabor no domínio da frequência (Peli, 1990) da seguinte maneira:

$$A(u, v) = A(r, \theta) = F(r, \theta)G(r) \quad , \quad (3.3)$$

Onde: u = frequência espacial horizontal;
 v = frequência espacial vertical;
 r = coordenada polar para raio;
 θ = coordenada polar para ângulo;
 $F(r, \theta)$ = transformada de Fourier para a
imagem $f(x,y)$.

Para ficar mais claro a transformação em coordenadas polares de r e θ segue :
 $r = \sqrt{u^2 + v^2}$ e $\theta = \tan^{-1}(u/v)$. Quando analisado no domínio do tempo ela pode ser representada como:

$$a(x, y) = f(x, y) * g(x, y) \quad , \quad (3.4)$$

Onde: $g(x,y)$ = transformada de Fourier
inversa de do filtro $G(r)$;

É importante observar que o símbolo $*$ representa o operador convolução. Para cada imagem filtrada por esse filtro passa-banda G , definida como $a(x,y)$, existe a imagem local de luminância média, $l(x,y)$, que é uma uma imagem resultante de uma filtragem por um filtro passa baixa contendo toda a energia abaixo da banda filtrada por G . O contraste então pode ser representado como o arranjo bidimensional $c(x,y)$ definido por:

$$c(x, y) = \frac{a(x,y)}{l(x,y)} \quad , \quad (3.5)$$

Onde $l(x,y) > 0$.

Essa definição fornece uma medida local para cada banda que depende não só da energia da banda mas também da luminância de fundo, uma vez que ela varia de um lugar

para outro na imagem (Peli, 1990).

Uma forma de se analisar a sensibilidade ao contraste é utilizando o padrão de Gabor, no qual são apresentados padrões circulares contendo listras contendo uma frequência espacial específica. Para uma mesma frequência espacial, o contraste é diminuído até que o indivíduo não mais reconheça a orientação das listras (figura 3.4). O teste então é repetido para uma nova frequência, afim de traçar uma curva de contraste como a do gráfico 3.1, que mostra o resultado de uma pesquisa com a sensibilidade ao contraste média de um grupo de adultos de várias idades (Owsley et al., 1983).

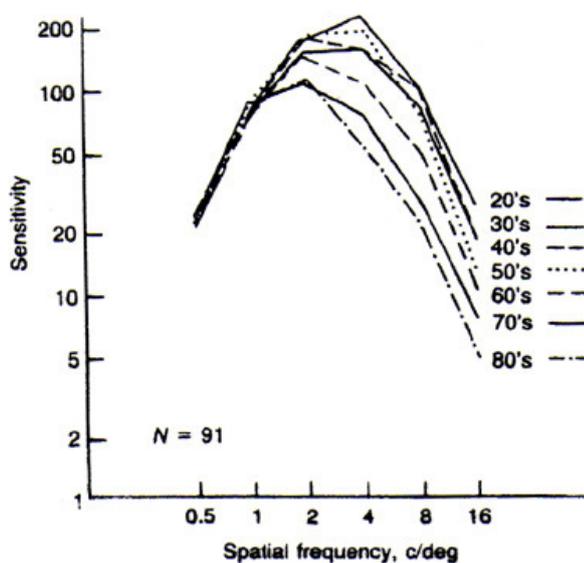


GRÁFICO 3.1 - Variação da curva de sensibilidade ao contraste em várias idades.
FONTE - Owsley et al. 1983

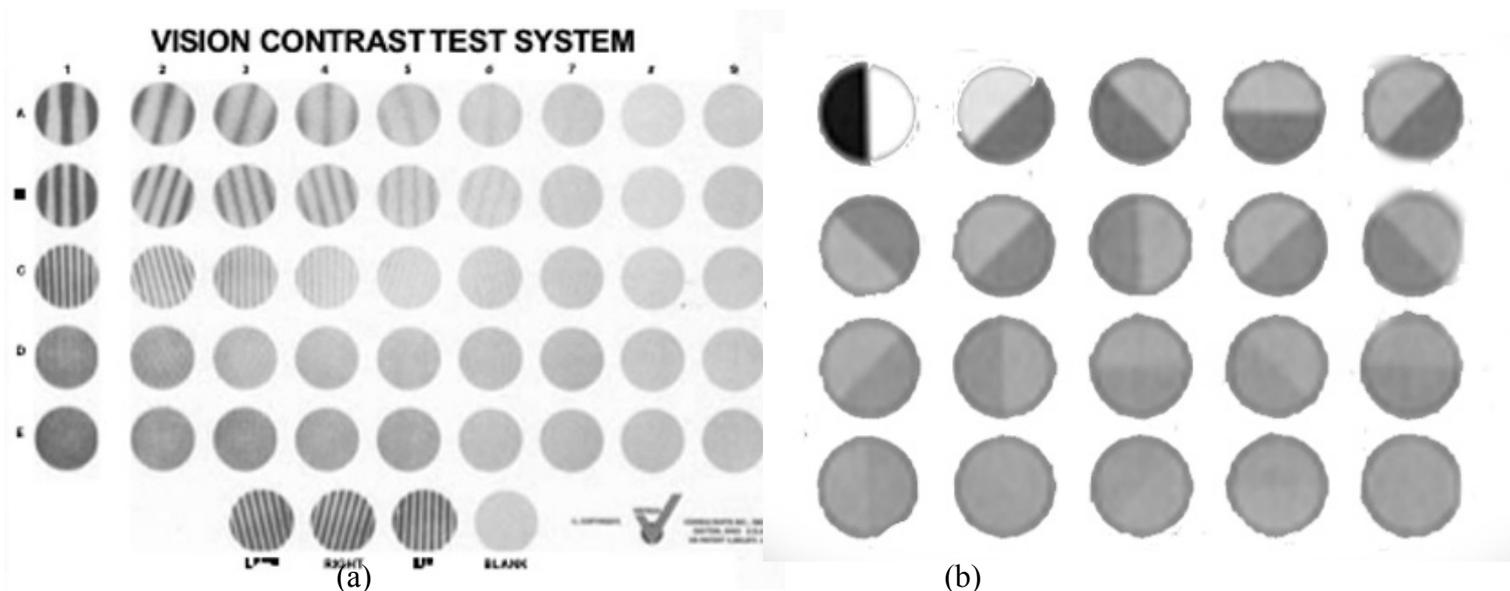


FIGURA 3.4 - (a) Tabela Vistech e (b) Melbourn Edge Test.
 FONTE - www.pacificu.edu

A função de sensibilidade ao contraste, FSC, pode ser definida como o inverso da curva de limiar de contraste, $1/\text{FSC}$ (Levine et al, 2000). Geralmente, ela estima a performance do sistema visual humano para detectar um objeto em função de sua frequência espacial. Assim, a FSC avalia o desempenho do sistema visual em níveis diferentes de contrastes (baixo, médio e alto contraste) e frequências, sendo um bom indicador dos fatores ópticos e neurais da visão. A frequência espacial corresponde ao número de ciclos (ou listras claras e escuras) por grau de ângulo visual (cpg) (França *et al.*, 2006). A função de sensibilidade ao contraste apresenta sensibilidade máxima nas frequências intermediárias ou médias e valores menores nas frequências altas e baixas (Santos, 2003) como pode ser observado na tabela Campbell-Robertson de sensibilidade ao contraste (figura 3.5).

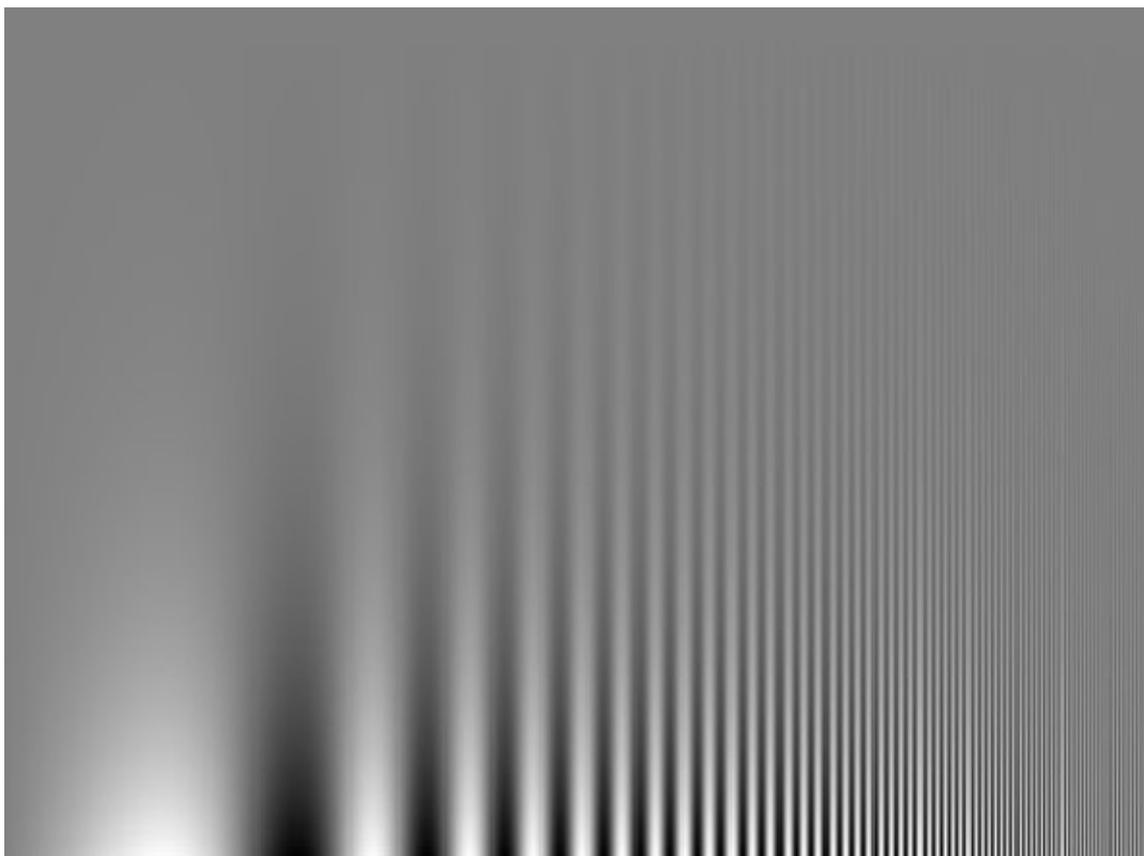
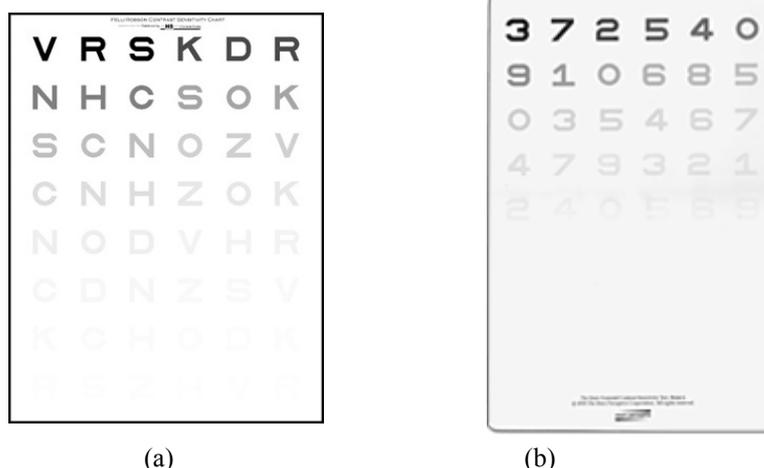


FIGURA 3.5 -Tabela Campbell-Robertson. A frequência aumenta da esquerda para a direita e o contraste diminui de baixo para cima.

FONTE: www.precision-vision.com

Outra forma de avaliar essa sensibilidade é através da tabela de Peli-Robson (figura 3.6a). Nela podemos notar como há variação do contraste das letras, que vão ficando em tons de cinza cada vez mais claros. Nas 8 linhas, com 6 optotipos cada, cada linha pode ser agrupada em 2 grupos de 3 letras. As letras da esquerda apresentam um contraste maior do que as da direita, com variação de 0,15 unidade logarítmica para cada grupo. Conforme indicação na tabela, este exame deve ser feito com iluminação de 85 cd/m² (Oliveira *et al.*, 2005). Outra teste utilizado é o de Mars, onde 3 tabelas são utilizadas e o contraste varia de 91% à 1.2% (figura 3.6b).



(a) (b)
 FIGURA 3.6 - Tabelas (a) Peli-Robson, (b) uma das 3 tabelas de Mars.
 FONTE - www.precision-vision.com

Os resultados obtidos com a tabela Mars apresentam boa concordância com os obtidos com a de Pelli-Robson e similar repetibilidade. A grande vantagem da tabela Mars para o uso clínico é o seu reduzido tamanho em relação a Pelli-Robson, sendo mais fácil de transportar e de iluminar (Dougherty *et al.*, 2005).

3.2.1.3 – Visão estereoscópica

A visão binocular dá a sensação espacial das imagens, com diferenças proporcionais à profundidade relativa aos objetos no campo visual e, ainda que vejamos duas imagens de um mesmo objeto (uma por meio de cada olho), percebemos apenas uma. Na visão binocular, as imagens são captadas pelos olhos individualmente (embora semelhantes, possuem diferenças de poucos segundos de grau para objetos próximos) e transmitidas ao cérebro, que deve ser capaz de medir essas diferenças e fundi-las, resultando em uma visão estéreo ou estereopsia (Howard e Rogers, 2002).

A primeira definição de estereopsia feita por Charles Wheatstone:

"A mente percebe um objeto de três dimensões através de duas imagens dissimilares projetadas a ela através das duas retinas...

" (Wheatstone, 1838)

Ele reconheceu que devido ao fato de que cada olho captura o mundo de um ponto de vista um pouco diferente do outro, cada imagem percebida se difere da outra. Essa disparidade, chamada disparidade horizontal, causa a ilusão de profundidade. Ao apresentar

duas imagens diferentes a cada olho, ele inventou o estereoscópio.

Leonardo da Vinci também percebeu que os objetos diferem em suas posições horizontais, mas concluiu apenas que isto tornou impossível para um pintor retratar uma representação realista da profundidade em uma cena a partir de uma única tela (Beck, 1979).

A estereoscopia se tornou popular durante a época vitoriana, com a invenção do estereoscópio de prisma por David Brewster. Isto, combinado com a fotografia, fez com que dezenas de milhares de estereogramas fossem produzidos. Até cerca de 1960, a investigação sobre estereopsia foi dedicada a explorar seus limites e sua relação com a visão. Pesquisadores incluíram Peter Ludvig Panum, Ewald Hering, Adelbert Ames Jr., e Kenneth N. Ogle. Na década de 1960, Bela Julesz inventou os estereogramas de ponto aleatório (Julesz, 1960).

A estereopsia pode ser testada pelo teste de Lang. Desenvolvido pelo cientista suíço Joseph Lang, consiste em um estereograma de ponto aleatório em uma série de listras paralelas. Lentes cilíndricas são feitas de forma a separar as imagens, sendo uma visualizada por cada olho. Sem estereopsia a imagem parece apenas uma série de pontos aleatórios, mas formas se tornam visíveis se o indivíduo possui visão estereoscópica. As figuras (figura 3.7) consistem de um gato (1200 segundos de arco de diferença), uma estrela (600 segundos de arco) e um carro (550 segundos de arco) (Millodot, 2008).

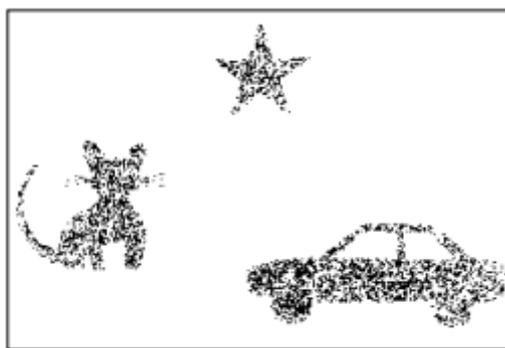


FIGURA 3.7 - Figuras do teste de Lang.
FONTE - www.lang-stereotest.com

Outros tipos de teste são chamados testes de contorno. Um exemplo desse tipo de teste é o *Titmus Fly Stereotest*. Trata-se de um teste que é composto por um livro de duas faces, sendo que em cada face estão dispostas figuras que foram projetadas em duplicidade e com uma disparidade horizontal entre si (Canestri, 2008). Com o uso de um óculos polarizado e o livro posicionado entre 30 e 40 cm dos olhos, o paciente é orientado a indicar as figuras que

ele percebeu em "relevo" (tridimensão). Essa percepção de tridimensionalidade é a disparidade de imagem, e é medida em segundos de arco ("). Quantitativamente o ângulo de estereopsia nesse teste varia numa faixa entre 3000" e 40", sendo que o nível dessa disparidade vai diminuindo progressivamente à medida que o paciente é capaz de identificá-las, determinando assim o limiar de percepção de profundidade. Portanto, quanto menor o valor numérico em segundos de arco, maior é a acuidade estereoscópica (Oliveira *et al.*, 2005). A figura 3.8 contém uma foto do livro e óculos.



FIGURA 3.8 - Titmus Stereo Test. A seta da direita contém uma mosca com grande ilusão estereoscópica e os círculos contém ilusões cada vez mais discretas da esquerda para a direita e de cima para baixo.
FONTE - modificado de www.sussexvision.co.uk

3.2.1.4 – Forias

A foria é uma tendência de desvio dos olhos da posição normal, um mal alinhamento. Esse mal alinhamento é discreto e não aparece de imediato, na inspeção ou fotografia do rosto de uma pessoa (CBO, 2013). O indivíduo com heteroforias é capaz de corrigir o desalinhamento e os olhos permanecem alinhados e as imagens de cada olho são fundidas. Existem diversas formas de avaliá-la, entre os quais estão o teste de cobertura (*Cover Test*), os testes de Maddox, Worth 4-Dot Test, entre outros (Dome, 1999).

O teste de cobertura é realizado para identificar heteroforias e heterotropias, através da cobertura do olho fixador e da análise da sua movimentação. Se o olho se deslocar para dentro, em direção ao nariz, teremos esoforia; se deslocar para fora teremos a exoforia; se ficar na posição normal, a ortoforia (figura 3.9). Na foria, se o oclusor for retirado rapidamente, o olho voltará para a posição normal (Grosvenor, 2004).

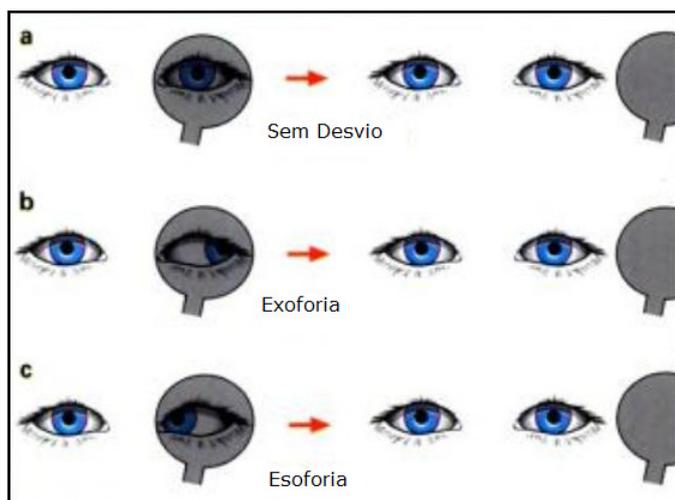


FIGURA 3.9 – Teste de cobertura (a) Ortoforia, (b) Exoforia e (c) Esoforia.
 FONTE: T. R. Tarrant em Kanski, 2003.

No teste de Maddox, temos um equipamento onde o olho direito vê somente duas setas, uma branca vertical e uma vermelha horizontal, e o olho esquerdo vê dois eixos com números, um na posição vertical e o outro na horizontal. A foria é verificada pelo número que a seta indicar, conforme a figura 3.10 (Kanski, 2003).

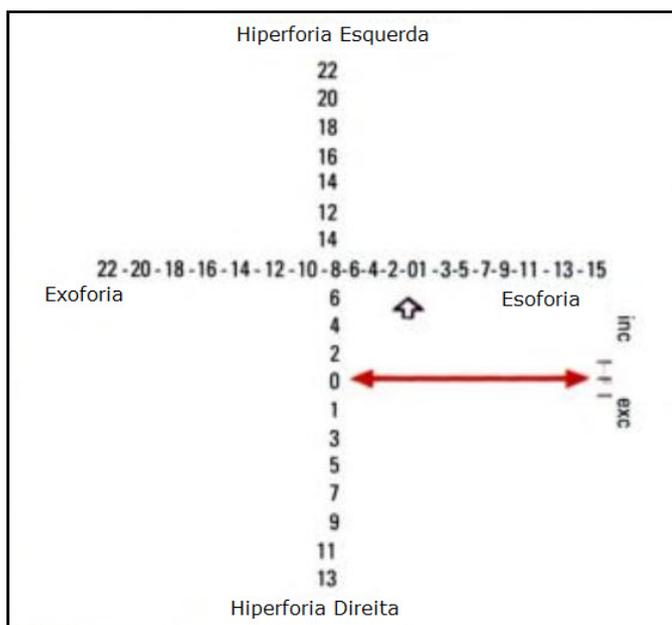
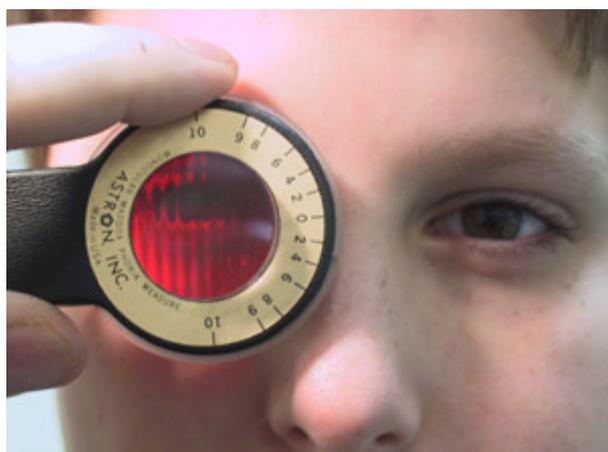


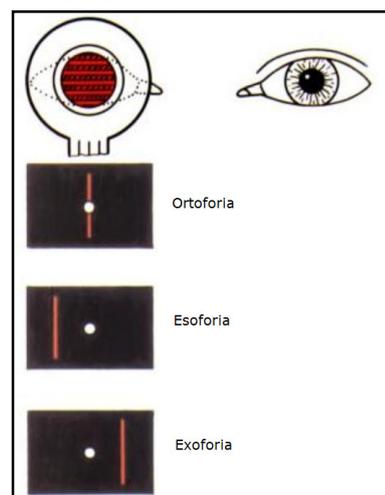
FIGURA 3.10 - Teste de Maddox. Neste teste é perguntado ao paciente onde as setas branca e vermelha tocam a escala. Se a seta branca e a vermelha estiverem no zero, o paciente tem ortoforia (alinhamento normal). Caso contrário a branca identifica esoforias e exoforias; e a vermelha hiperforia direita ou esquerda.

FONTE - T. R. Tarrant em Kanski, 2003.

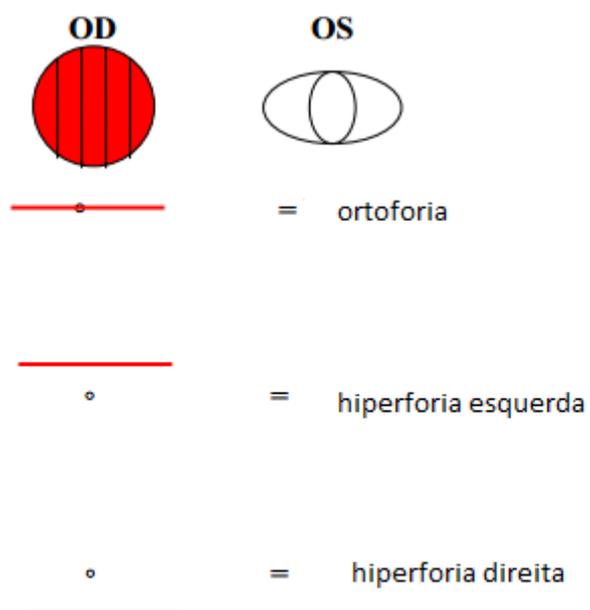
Existe outro tipo de teste de Maddox, conhecido como Maddox Rod, no qual uma lente com uma série de barras de vidro. Essas barras dispersam uma luz puntual, e o paciente vê um ponto de luz com o olho destampado e uma linha com o olho tampado. Ele quantifica o desvio horizontal ou vertical, dependendo do posicionamento da lente (Hansen, 2006). A figura 3.11 exemplifica a sua utilização.



(a)



(b)



(c)

FIGURA 3.11 - Maddox Rod. Vemos (a) um paciente sendo submetido ao teste e (b) diagnóstico de ortoforia, esoforia ou exoforia. Girando a lente 90 graus (c) ortoforia, hiperforia esquerda ou hiperforia direita.

FONTE - T. R. Tarrant em Kanski(2003) ((a) e (b)) e Hansen (2006) (c)

3.2.1.5 – Visão de cores

A avaliação da visão de cores é utilizada na identificação de discromatopsia, que é uma perturbação da percepção visual das cores caracterizada pela incapacidade de diferenciar todas ou algumas cores sob circunstâncias normais de iluminação. Esses distúrbios normalmente resultam de alguma alteração nos cones, que são células presentes nos olhos responsáveis pela identificação de cores. Existem três tipos de cones, um responsável pela percepção de comprimentos de onda baixos (azul), outro pela percepção de comprimentos de onda médios (verde), e outro pela percepção de comprimentos de onda altos (vermelho). As discromatopsias podem ser divididas em 3 grupos (Tovee, 2008):

- monocromacia - quando há apenas percepção de luminosidade e nenhum dos tipos de cones, ou apenas um, está presente ou funcionando (visão em preto e branco mesmo quando um cone está funcionando, pois é preciso ao menos dois cones funcionando para que haja percepção de cor);
- dicromacia - quando um dos três cones está ausente ou não funciona. Se caracteriza pela ausência na identificação de uma das cores: vermelho, verde ou azul (protanopia, deuteranopia ou tritanopia respectivamente) ;
- tricromacias - quando todos os três tipos de cones estão presentes. A percepção de cores é normal ou subnormal, quando há perda na sensibilidade de algum dos cones (protanomalias, deuteranomalias ou tritanomalias).

Os casos mais comuns são de protanopia, deuteranopia, protanomalia e deuteranomalia (Tovee, 2008). O químico inglês John Dalton publicou o primeiro trabalho científico sobre o assunto em 1798, intitulado "fatos extraordinários relacionados com a visão das cores", após a identificação de sua própria discromatopsia. Devido ao trabalho de Dalton, a condição geral tem sido chamado daltonismo, embora, em Inglês, este termo é usado agora mais especificamente para a deuteranopia (Dalton, 1798).

Um dos teste mais usados para identificação da percepção das cores é o teste de Ishihara. Recebeu esse nome devido ao Dr. Shinobu Ishihara (1879-1963), um professor da Universidade de Tóquio, que foi o criador desses testes em 1917. O teste de Ishihara consiste em identificar números dentro de um padrão colorido. Tanto o número quanto o padrão são formados por pequenos círculos com variação de cores. Apesar de não detectar todos os

problemas relacionados à visão de cores, ele consegue identificar os mais usuais, sendo amplamente utilizado em exames e triagens (Birch, 1997).. Algumas Lâminas de Ishihara podem ser observadas na figura 3.12.

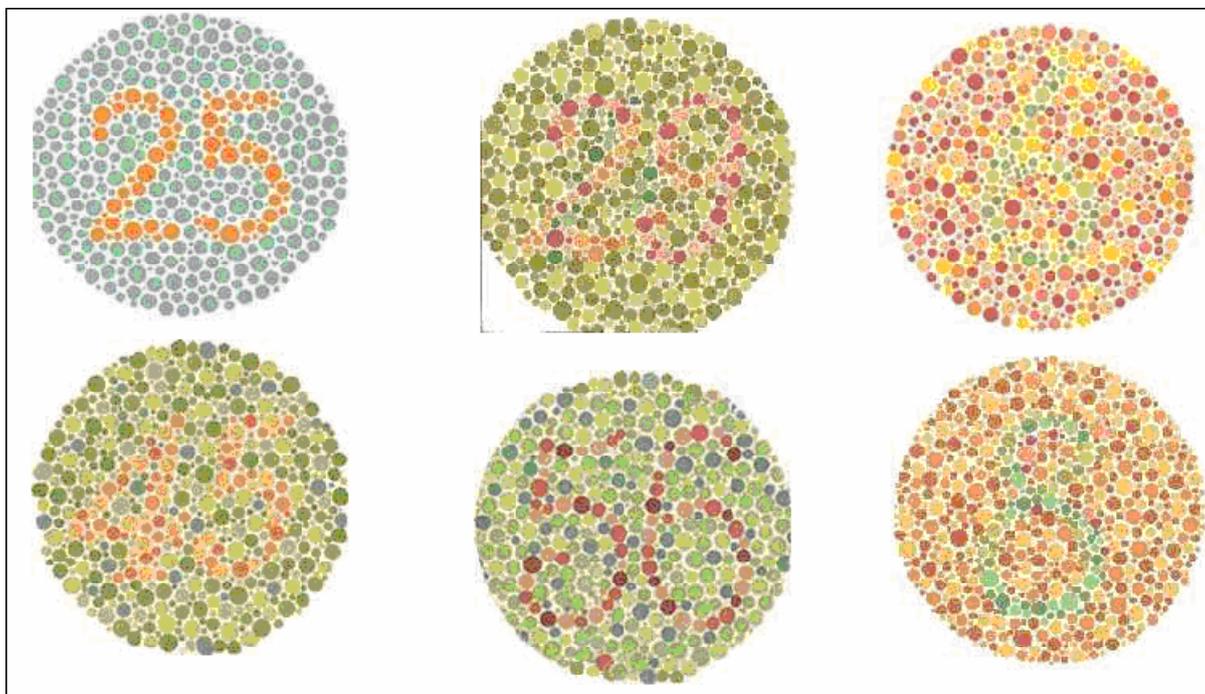


FIGURA 3.12 - Lâminas de Ishihara.
FONTE - www.precision-vision.com

Um outro teste para identificação de discromatopsias é o Fansworth-Munsell, que é composto por diferentes ímãs ou cartões nos quais são pintadas com várias tonalidades de cor. O objetivo do teste é fazer com que o paciente os arranje de forma ordenada de tonalidade (figura 3.12a). Ele é útil para medir a zona de confusão de cores (Fansworth, 1943). Os eixos de confusão para discromatopsias protan, tritan e deután podem ser vistos na figura 3.13b.

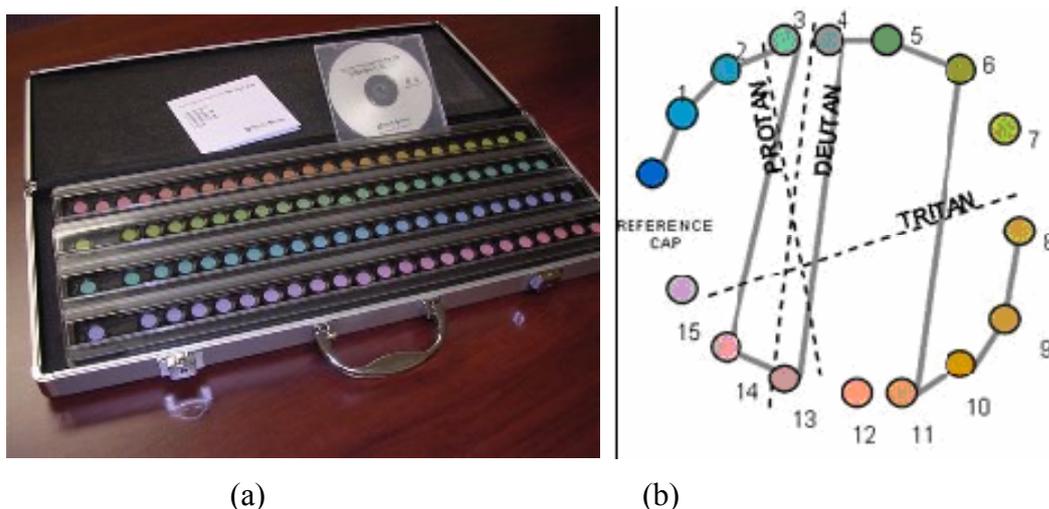


FIGURA 3.13 - (a) Teste de Fansworth-Munsell e (b) eixos de confusão de cores no qual o padrão 3-14-13-4 caracteriza anomalia deutan.

FONTE - www.precision-vision.com

3.2.2 – Triagem auditiva

O processamento auditivo é definido como um conjunto de operações que o sistema auditivo realiza: receber, detectar, atender, reconhecer, associar e integrar os estímulos acústicos para posteriormente programar uma resposta (Alvarez, 1997), ou seja, é um conjunto de habilidades necessárias para analisar e interpretar os padrões sonoros (Jacob, 2000).

A via auditiva periférica encontra-se pronta ao nascimento e engloba a orelha externa, orelha média e orelha interna. A cóclea, que fica localizada na orelha interna, representa o componente sensorial que transforma o impulso sonoro em elétrico para que o componente neural receba, analise e apresente uma resposta. Este se desenvolve a partir de experiências sonoras pelas quais a criança passa nos primeiros anos de vida, período em que se formam as primeiras conexões (Engelmann e Ferreira, 2009).

A triagem auditiva em crianças em idade escolar é uma ferramenta fundamental na identificação de crianças com perda auditiva que não foram identificadas no nascimento ou que desenvolveram perda auditiva mais tarde. Esforços para fornecer protocolos consistentes, formação de examinadores e acompanhamento através de toda idade escolar ajudarão a garantir que as crianças com perda auditiva sejam identificadas e tratadas de forma oportuna e assim minimizar os aspectos acadêmicos negativos (ASHA 2013)..

A diferença entre a triagem auditiva e audiometria pode ser por vezes confusa. A

triagem auditiva é geralmente um exame preliminar, na qual audição de um indivíduo é testada, afim de identificar se o paciente necessita de uma avaliação audiométrica futura. Em outras palavras, a triagem auditiva é um método rápido e de baixo custo de separar um grande número de pessoas em dois grupos: os que passam e os que falham. Os que passam na triagem auditiva presume-se não terem perda auditiva. Os que falham necessitam de avaliação audiométrica mais detalhada com profissional audiológico qualificado. A audiometria é uma análise profunda da saúde auditiva individual por um audiológico, com o propósito de determinar a natureza e profundidade da perda auditiva e auxiliar na escolha do melhor tratamento (ASHA 2013).

Northen e Downs (1989) preconizaram que a triagem é o processo de aplicação de medidas rápidas e simples em um grande número de indivíduos, nos quais serão identificados, com alto grau de confiabilidade e validade, as alterações da função testada. Já Bess e Humes (1998) acreditam que a triagem deve ser um procedimento válido, fidedigno, uniforme e padronizado bem aceito pelos avaliados, de aplicação rápida e fácil e em ambiente natural.

3.2.3 – Análise de desempenho de leitura

O processo de leitura pode ser realizado por duas rotas distintas, a lexical e a fonológica que, em conjunto, recebe o nome de Modelo de Leitura de Rota Dupla. A rota fonológica utiliza a conversão de grafemas impressos em fonemas, com o objetivo de identificar palavras não familiares e pseudo-palavras. Na rota lexical, geralmente utilizada por leitores adultos, a palavra é identificada como um todo, sendo as palavras com maior frequência de utilização mais facilmente reconhecidas. No leitor hábil as duas rotas estão disponíveis e podem intervir paralelamente (Salles e Parente, 2002).

O transtorno fonológico deve ser identificado o mais precocemente possível em pré-escolares e escolares para que, com o levantamento de outros sinais de alterações da aprendizagem, sejam trabalhados, minimizando assim o impacto nas alterações cognitivo-linguísticas na aprendizagem, pois o processo fonológico alterado compromete o acesso e a recuperação do léxico mental, ocasionando problemas no mecanismo de conversão letra-som, tão exigidos nas atividades de leitura e escrita de um sistema de escrita como o português (Salgado e Capellini, 2004).

Para avaliar o desempenho de leitura é realizado o rastreamento ocular durante a leitura, utilizando um equipamento especial, um eye tracker (figura 3.14), para isso (Maia *et*

al., 2007). A compreensão da leitura é feita pedindo para a criança contar a história de um texto após a leitura. Outra opção é realizar algumas perguntas sobre o texto após a leitura. O tempo de leitura é cronometrado a partir do início da leitura de um texto pré-determinado (Salles e Parente, 2002).

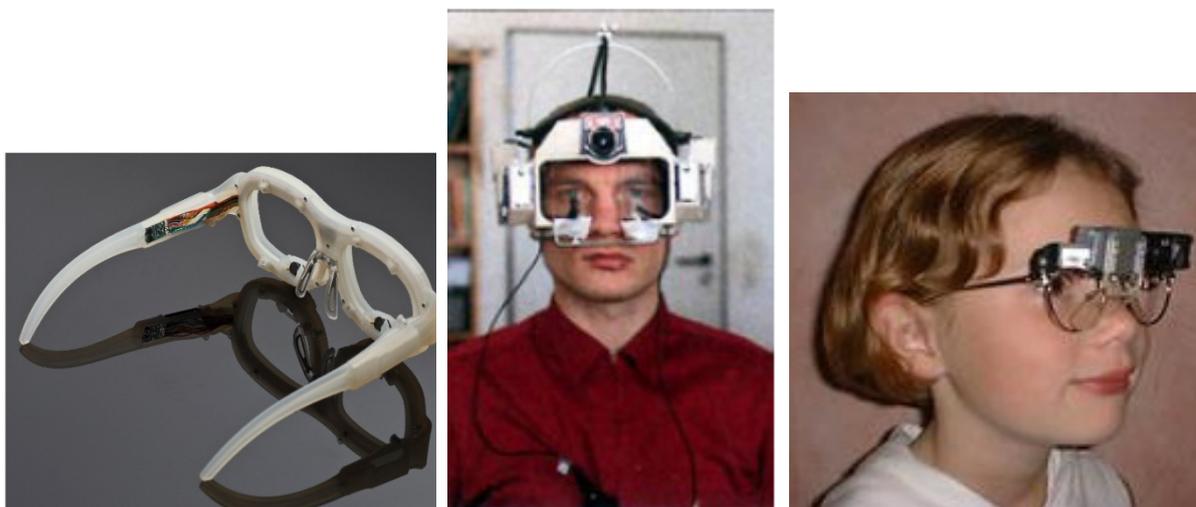


FIGURA 3.14 - Diferentes modelos de eye trackers.

O rastreamento ocular tem como objetivo identificar os pontos de fixação, de sacada e de regressão durante a leitura de um texto (Maia et al., 2007). Pode apresentar como resultado: a quantidade de fixações por cem palavras, o número de regressões a cada cem palavras, o tempo médio de fixação e a velocidade de leitura, medida em palavras por minuto (Hoover e Harris, 1997).

3.3 – Bancos de dados

Segundo Silberschatz, “Um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) é constituído por um conjunto de dados associados a um conjunto de programas para acesso a esses dados”. O conjunto de dados chamado de banco de dados, recebe informações de uma fonte em particular. O principal objetivo de um SGBD é proporcionar um ambiente tanto conveniente quanto eficiente para a recuperação e armazenamento das informações do banco de dados” (Silberschatz *et al.*, 2005).

Os SGBDs são projetados para gerir grandes volumes de informações. O gerenciador de informações implica a definição das estruturas de armazenamento das informações e a definição dos mecanismos para a manipulação dessas informações. Ainda, um sistema de

banco de dados deve garantir segurança das informações armazenadas contra eventuais problemas com o sistema, além de impedir tentativas de acessos não autorizadas. Se os dados são compartilhados por diversos usuários, o sistema deve evitar a ocorrência de resultados anômalos (SILBERSCHATZ et al., 2005).

O SGBD deve ter como características (SILBERSCHATZ et al., 2005):

- Permitir concorrência de acesso;
- Controlar a segurança;
- Manter a integridade dos dados;
- Permitir *backup* e restauração;
- Ter controle de redundância;
- Permitir independência dos dados;
- Fornecer uma linguagem de consulta não procedural;
- Fornecer comunicação com aplicativos desenvolvidos em diversas plataformas, como Java, PHP, Visual Basic, C++, Delphi, entre outros;
- Possuir algoritmos de otimização de consultas.

O modelo relacional para gerenciamento de banco de dados foi proposto inicialmente em 1969 por Edgar F. Codd. Ele é o mais utilizado em todas as aplicações de banco de dados. No modelo relacional de um banco de dados, todos os dados são representados em termos de tuplas (linhas de dados em uma tabelas), agrupadas através de relacionamentos. Um banco de dados organizado em termos do modelo relacional é um banco de dados relacional (Codd, 1969).

O objetivo do modelo relacional é fornecer um método declarativo para especificar dados e consultas: os usuários declaram diretamente as informações que desejam do banco de dados, e deixam o SGBD cuidar de estruturas que descrevem dados para armazenar o dados e procedimentos de recuperação para responder às consultas (Chapple, 2013)..

Outros modelos de bancos de dados são o modelo hierárquico, o modelo de redes e o modelo orientado a objetos. Os dois primeiros são considerados obsoletos e o último ainda não apresenta nenhum SGBD com bom desempenho atualmente (Chapple, 2013)..

O modelo relacional é o mais utilizado em bancos de dados atualmente, e a grande maioria deles utiliza a *System Query Language* (SQL) como linguagem de consulta. O SQL foi uma das primeiras linguagens comerciais para o modelo relacional. Apesar de não aderir

completamente ao modelo relacional de Codd (por conter alguns elementos procedurais), tornou-se a linguagem de base de dados mais amplamente utilizada (Chapple, 2013).

A tabela 3.2 apresenta um comparativo entre os SGBDs SQL Server e Mysql:

TABELA 3.2
Comparativo entre MySql e SQL Server
FONTE: karuta.wordpress.com

Funcionalidade	SQL Server 2005/2008	Mysql 5.1
Sistema Operacional	Windows	Windows, Linux, Unix, Mac entre outros
Licença	Comercial	Open Source, Grátis
Graphical View Designer	Sim	Não
Ferramenta de GUI	Sim	Sim
Views	Indexadas	Atualizáveis
View de visão única	Sim	Sim
Vies atualizáveis	Sim	Sim
COUNT(DISTINCT), AGGREGATE(DISTINCT)	Sim	Não
Chave Estrangeira- Cascade Update/Delete	Sim	Sim no InnoDB (não em MyISAM)
Valores de retorno em FROM	Sim	Não
Triggers, Functions, SPs	Sim	Sim
Insert Multilinha	Não no 2005	Sim
Sensível ao caso	Não	Sim
CROSS APPLY	Sim	Não
LIMIT .. OFFSET	Sim	Não
Database Tuning Wizard	Sim	Não
Maintenance Plan Wizard	Sim	Não
Pluggable Storage Engine	Não	Sim
Numeração automática	Sim - coluna Identidade	Sim - AUTO_INCREMENT
Suporte XML	Sim	Não
Replicação	Snapshot, Transact, Merge	One-way
Locking e concorrência	Sim	Sim (no InnoDB)
Indexação	Sim	Sim(cluster, b-tree, hash, full-text)
Criptografia de dados	Sim	Sim
Commit, Rollback	Sim	Sim
Clustering	Sim	Sim
Backups	Sim	Sim
Integridade referencial	Sim	Sim
Schemas	Sim	Sim
Particionamento de tabela	Sim	Sim

4 - ARQUITETURA DO SISTEMA

O sistema tem como meta o a integração de dados de triagem provenientes de diversos *hardwares* para o acompanhamento da saúde da criança na escola. Para que isso seja possível, é necessário projetar e executar um sistema com banco de dados central, contendo informações dos indivíduos analisados e os resultados da triagem visual e auditiva. Além disso é necessária também a integração dos diversos hardwares utilizados, armazenando, transmitindo e processando as informações coletadas :

O sistema implementado utiliza um modelo baseado em um sistema cliente-servidor automatizado, representado de forma simples na figura 4.1.



FIGURA 4.1- Modelo simplificado do sistema.

O examinador se comunica com o paciente, conduzindo um dos testes implementados. Utilizando o equipamento de triagem específico e uma estação de trabalho (normalmente um computador fixo ou móvel), os dados da triagem são armazenados enquanto o teste é realizado localmente. Ao fim do teste o resultado é processado e apresentado ao examinador e, caso ele tenha apontado alguma falha, o paciente é encaminhado para um profissional de saúde para a realização de exames complementares. Os dados são armazenados localmente na estação de trabalho e são enviados ao servidor central (caso haja conexão com a internet) após um intervalo de tempo definido ou quando solicitado. No servidor central os dados são processados e relatórios são gerados.

O sistema pode ser dividido em :

- Subsistema de triagem: realiza a triagem de acuidade visual, sensibilidade ao contraste, visão de cores, estereopsia, forias e limiar auditivo;
- Subsistemas auxiliares: cadastro de pacientes, dados biométricos e análise de desempenho de leitura;
- Equipamentos de triagem;
- Computador Auxiliar;
- Subsistema de integração, transmissão e processamento dos dados: garante que os dados sejam processados, que encaminhamentos sejam feitos no caso de falhas e que relatórios sejam emitidos.

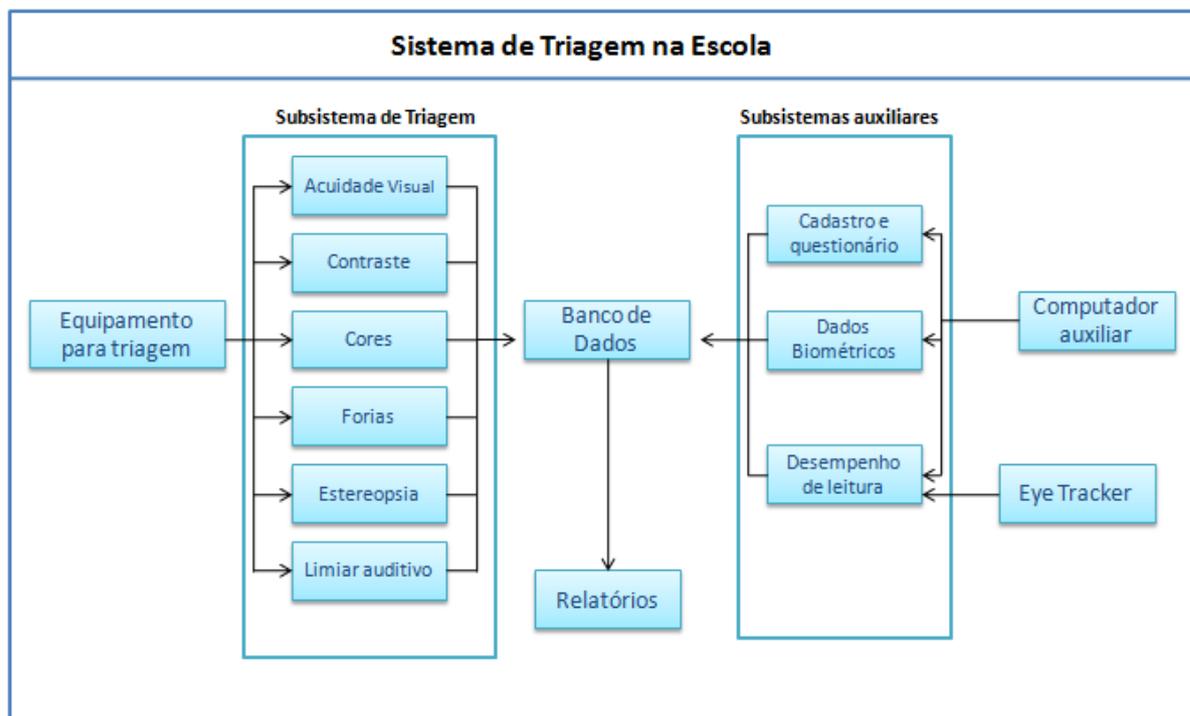


FIGURA 4.2- Visão do sistema - divisão em subsistemas.
 FONTE: Modificado de Soares (2009)

4.1 – Subsistemas auxiliares

Esse subsistema contém o cadastro dos usuário, o questionário de anamnese, os dados biométricos e a análise do desempenho de leitura.

4.1.1 – Cadastro de usuários

O cadastro de usuários contém as informações básicas do paciente, além de informações dos examinadores e da escola.

A figura 4.3 apresenta o diagrama Entidade-Relacionamento do banco de dados. O modelo de entidades e relacionamentos é um modelo abstrato cuja finalidade é descrever, de maneira conceitual, os dados a serem utilizados em um sistema de informações ou que pertencem a um domínio (Chen, 1976). A principal ferramenta do modelo é sua representação gráfica, o diagrama entidade relacionamento. Normalmente o modelo e o diagrama são conhecidos por suas siglas: MER e DER.

O diagrama ER contém 3 elementos principais: as entidades (retângulos), os atributos (elipses) e os relacionamentos (losangos). O modelo apresentado neste trabalho é o de Peter

Chen simplificado, não contendo elementos de cardinalidade e obrigatoriedade, embora eles constem nos esboços iniciais em papel. Ele fornece uma boa representação do sistema em alto nível de abstração. Nele não é necessário se preocupar com tabelas ou tipos de dados inicialmente, sendo necessário apenas o conhecimento das entidades a serem representadas no banco e dos relacionamentos entre elas.

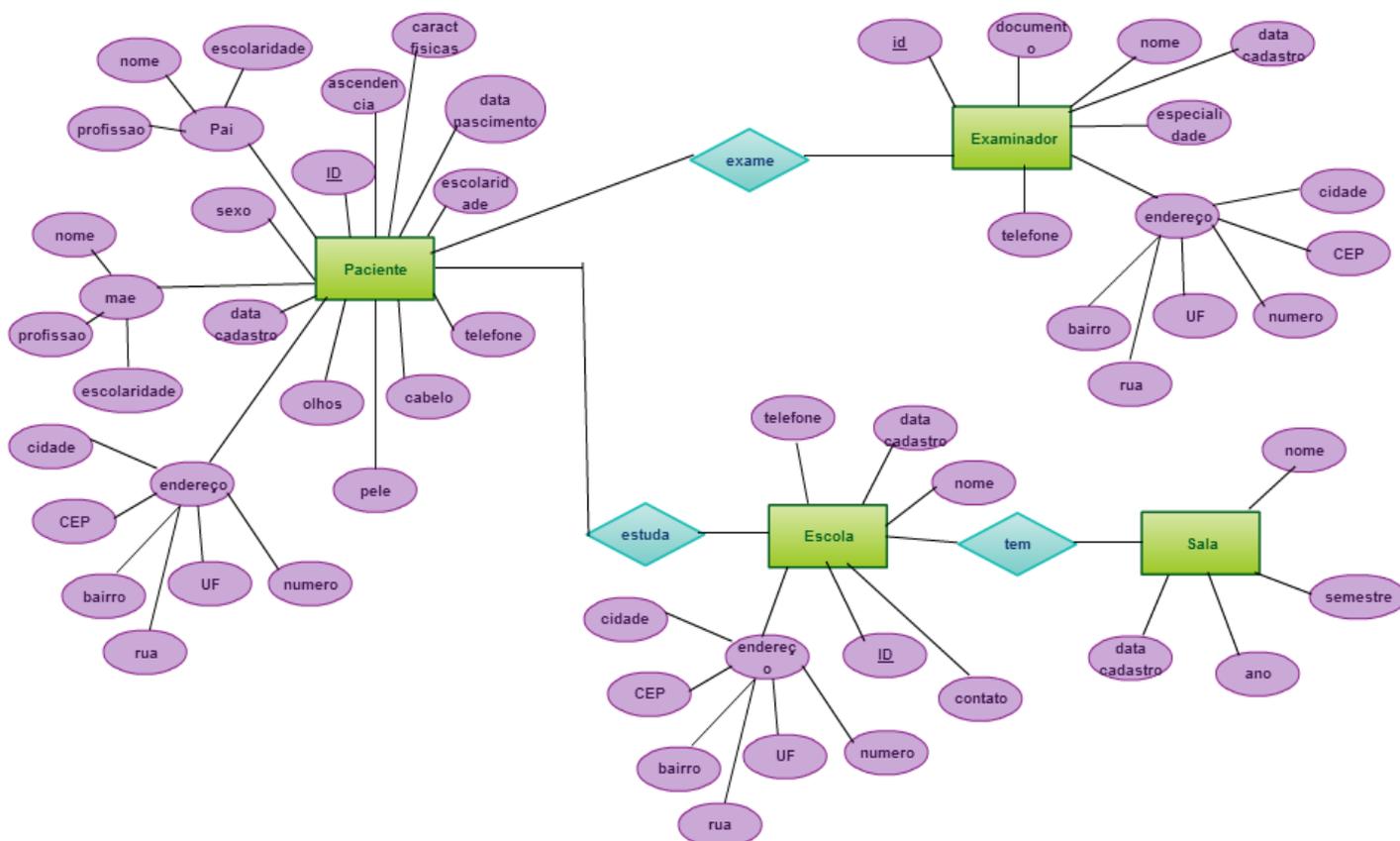


FIGURA 4.3- Modelo ER para o cadastro de pacientes, examinadores e escolas.

Cada paciente possui um identificador único (ID) e todos os dados relacionados a este paciente terão este mesmo número, relacionando-o entre as diversas tabelas. Este campo será a chave primária da tabela com os dados gerais do aluno, evitando que duas pessoas tenham o mesmo número.

Os examinadores também são cadastrados e embora o relacionamento *exame* não esteja totalmente representado na figura 4.3, ele representa de forma genérica a relação entre os dois. A escola está dividida em salas e os alunos são alocados a estas salas.

Uma vantagem do modelo ER é que o mapeamento do modelo para tabelas relacionadas é feita de forma muito simples. Os quadros 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 apresentam o mapeamento do cadastro da escola, da sala, do paciente e do examinador respectivamente. O SGBD escolhido

para esse cadastro é o MySQL. Esse cadastro foi implementados nos dois softwares de triagem visual desenvolvidos.

Quadro 4.1
Mapeamento de Escola (figura 4.3).

Nome do Campo	Tipo	Chave
escola_id	Int	primária
data_cadastro	Date	
Nome	Varchar	
Endereco	Varchar	
Bairro	Varchar	
Cidade	Varchar	
Estado	Varchar	
Cep	Varchar	
tel1	Varchar	
tel2	Varchar	
tel3	Varchar	
Email	Varchar	
Contato	Varchar	

O quadro 4.1 apresenta os dados básicos da escola encontrados no diagrama E-R da figura 4.3. O campo escola_id é a chave primária, que identifica cada tupla que estará contida na tabela com um valor inteiro único.

Quadro 4.2
Mapeamento de Sala (figura 4.3).

Nome do Campo	Tipo	Chave
sala_id	Int	primária
data_cadastro	Date	
escola_id	Int	estrangeira->escola(id)
Ano	Int	
Semestre	Int	
Nome	Varchar	
Origem	Int	

O quadro 4.2 apresenta os dados de cada sala da escola, que podem ser observados no

diagrama E-R da figura 4.3. Além de possuir a chave primária sala_id, ele também apresenta uma chave estrangeira escola_id, que identifica a qual escola pertence uma determinada tupla na tabela Sala (através do valor da chave primária da tabela Escola).

Quadro 4.3
Mapeamento de Paciente (figura 4.3).

Nome do Campo	Tipo	Chave
Ascendência	Varchar	
Altura	Float	
Bairro	Varchar	
caract_fisica	Varchar	
CEP	Varchar	
Cidade	Varchar	
cor_cabelo	Varchar	
cor_olho	Varchar	
cor_pele	Varchar	
data_cadastro	Date	
data_modificacao	Date	
data_nascimento	Date	
Email	Varchar	
escola_id	Int	estrangeira->escola(id)
escola_sala_id	Int	estrangeira->sala(id)
Endereco	Varchar	
Escolaridade	Int	
Estado	Varchar	
Estuda	Tinyint	
local_nascimento	Varchar	
mae_escolaridade	Int	
mae_nome	Varchar	
mae_profissao	Varchar	
nivel_socio_econo	Int	
Nome	Varchar	
Numero	Int	
Origem	Int	primária
pai_escolaridade	Int	
pai_nome	Varchar	
pai_profissao	Varchar	
Pais	Varchar	
Peso	Float	

Nome do Campo	Tipo	Chave
Sexo	Binary	
telefone1	Varchar	
telefone2	Varchar	

O quadro 4.3 apresenta os dados básicos de cada paciente, com sua respectiva chave primária e as chaves estrangeiras que o relacionam à uma escola e sala específicas.

Quadro 4.4
Mapeamento de Examinador.

Nome do Campo	Tipo	Chave
Numero	Int	primária
data_cadastro	date	
Nome	varchar	
Especialidade	varchar	
Documento	varchar	
Endereco	varchar	
Cidade	varchar	
Estado	char	
Pais	varchar	
telefone1	varchar	
telefone2	varchar	
Origem	Int	

O quadro 4.4 apresenta os dados dos examinadores, responsáveis por aplicar os testes nos pacientes, contendo dados básicos e sobre sua formação profissional.

4.1.2 – Anamnese

Para um bom diagnóstico de um paciente é necessário obter diversas informações sobre ele no processo denominado anamnese (do grego *ana*, trazer de novo e *mnesis*, memória), que consiste numa entrevista realizada por um profissional da área da saúde com um paciente (com os pais da criança no caso), que tem a intenção de ser um ponto inicial no diagnóstico de uma doença. Em outras palavras, é uma entrevista que busca lembrar todos os fatos que se relacionam com a doença e à pessoa doente. Essas informações são de fundamental importância para o diagnóstico de um paciente. O diagrama ER para anamnese encontra-se na

A opção por se dividir os vários grupos de dados do paciente em entidades fracas foi feita para que se possa ter uma melhor visão e agrupamento dos dados. A grande quantidade de informações é necessária para uma anamnese mais completa e um diagnóstico mais eficiente. Mas há casos em que não é necessária essa grande quantidade de informações dos pacientes. Por isso o programa apresenta a opção de cadastro somente das informações básicas dos pacientes.

Os quadros 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 e 4.15 apresentam o mapeamento dos dados de gestação, de parto, do desenvolvimento da linguagem, do desenvolvimento motor, de socialização, do histórico familiar, de tratamentos e medicamentos, de doenças e ocorrências, do comportamento e de queixas, respectivamente.

Quadro 4.5
Mapeamento de Gestação (figura 4.4).

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
gestacao_paciente	Text	
gestacao_prenatal	Tinyint	
gestacao_prenatalinicio	Int	
gestacao_idadepai	Int	
gestacao_idademaes	Int	
gestacao_periodo	Int	
gestacao_queda	Tinyint	
gestacao_aborto	Tinyint	
gestacao_fumo	Tinyint	
gestacao_alcool	Tinyint	
gestacao_doenca	Tinyint	
gestacao_doenca_qual	Text	

O quadro 4.5 contém os dados relacionados à gestação da criança, como se a mãe fez o pré-natal, a duração da gestação, entre outras.

Quadro 4.6
Mapeamento de Parto (figura 4.4).

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
parto_local	Text	
parto_tipo	Text	
parto_choro	Tinyint	
parto_incubadora	Tinyint	
parto_apgar1	Float	
parto_apgar2	Float	
parto_peso	Float	
parto_comprimento	Float	
parto_altam	Int	
parto_altad	Int	
parto_obs	Text	

O quadro 4.6 contém os dados relacionados ao parto da criança. Como em todos os outros quadros da anamnese, existe uma chave estrangeira para o cadastro básico do paciente.

Quadro 4.7
Mapeamento de Infância (figura 4.4).

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
inf_al_seio	Tinyint	
inf_al_seio_mes	Int	
inf_al_seio_dia	Int	
inf_al_mam	Tinyint	
inf_al_mam_mes	Int	
inf_al_mam_dia	Int	
inf_bico	Tinyint	
inf_bico_tipo	Tinyint	
inf_bico_mes	Int	
inf_bico_dia	Int	
inf_obs	Text	
inf_al_mam_tipo	Tinyint	

O quadro 4.7 contém os dados relacionados aos primeiros anos da infância, contendo dados sobre aleitamento materno e utilização de bico.

Quadro 4.8
Mapeamento de Desenvolvimento de Linguagem (figura 4.4).

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
dl_balb_ano	Int	
dl_balb_mes	Int	
dl_balb_ns	Tinyint	
dl_pp_ano	Int	
dl_pp_mes	Int	
dl_pp_ns	Tinyint	
dl_frase_ano	Int	
dl_frase_mes	Int	
dl_frase_ns	Tinyint	
dl_com	Tinyint	
dl_obs	Text	

O quadro 4.8 contém os dados relacionados ao desenvolvimento da linguagem da criança, como quando ela começou a balbuciar e a falar palavras e frases.

Quadro 4.9
Mapeamento de Desenvolvimento Motor (figura 4.4).

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
dm_arr_ano	Int	
dm_arr_mes	Int	
dm_arr_ns	Tinyint	
dm_cc_ano	Int	
dm_cc_mes	Int	
dm_cc_ns	Tinyint	
dm_eng_ano	Int	
dm_eng_mes	Int	
dm_eng_ns	Tinyint	
dm_senta_ano	Int	
dm_senta_mes	Int	
dm_senta_ns	Tinyint	
dm_anda_ano	Int	
dm_anda_mes	Int	
dm_anda_ns	Tinyint	
dm_obs	Text	

O quadro 4.9 contém os dados relacionados ao desenvolvimento da linguagem da criança, como quando ela começou a balbuciar e a falar palavras e frases.

Quadro 4.10
Mapeamento de Socialização (figura 4.4).

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
so_adap	Tinyint	
so_rel_prof	Tinyint	
so_amigos	Tinyint	
so_familia	Tinyint	
so_turma	Tinyint	
so_outro	Tinyint	
so_outro_tipo	Text	

O quadro 4.10 contém informações sobre a socialização, o relacionamento com família, amigos, colegas de classe e professores.

Quadro 4.11
Mapeamento de Histórico Familiar (figura 4.4).

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
hist_familiar_doenca	Text	

O quadro 4.11 contém um histórico familiar de doenças, anotado como texto livre.

Quadro 4.12
Mapeamento de Tratamentos e Medicamentos (figura 4.4).

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
trata_medicado	Tinyint	
trata_tipo	Text	
trata_trata	Text	
trata_contato	Text	
trata_obs	Text	

O quadro 4.12 contém informações sobre tratamentos e medicamentos.

Quadro 4.13
Mapeamento de Doenças e ocorrências (figura 4.4).

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
doenca_nt	Tinyint	
doenca_otite	Tinyint	
doenca_mening	Tinyint	
doenca_hep	Tinyint	
doenca_sar	Tinyint	
doenca_catap	Tinyint	
doenca_lfa	Tinyint	
doenca_rub	Tinyint	
doenca_col	Tinyint	
doenca_bronq	Tinyint	
doenca_asma	Tinyint	
doenca_ag	Tinyint	
doenca_ag_qual	Text	
doenca_outro	Tinyint	
doenca_outro_tipo	Text	

O quadro 4.10 contém informações sobre doenças e ocorrências consideradas importantes.

Quadro 4.14
Mapeamento de Comportamento (figura 4.4).

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
comportamento_na_familia	Text	
comportamento_escola	Text	
comp_st	tinyint	
comp_sa	tinyint	
comp_timida	tinyint	
comp_ext	tinyint	
comp_irr	tinyint	
comp_cd	tinyint	
comp_ru	tinyint	
comp_cb	tinyint	
comp_dist	tinyint	
comp_inq	tinyint	

comp_est	Tinyint	
comp_dm	Tinyint	
comp_sono	Tinyint	
comp_insonia	Tinyint	
comp_desatenta	Tinyint	
comp_outro	Text	
comp_obs	Text	

O quadro 4.14 possui campos referentes ao comportamento da criança, se ela é desatenta, hiperativa ou irritada, entre outros parâmetros.

Quadro 4.15
Mapeamento de Queixas.

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
Queixa	Text	
inicio_queixa	Date	
evolucao_clinica	Text	

O quadro 4.15 contém quaisquer queixas que não puderam ser anotadas nas outras etapas.

4.1.3 – Dados biométricos

Os dados biométricos adquiridos são peso e altura, utilizados para monitorar a obesidade e desnutrição nas crianças avaliadas. O excesso de peso e obesidade são diferentes graus de uma doença provocada por uma acumulação excessiva de gordura corporal, sendo uma ameaça para a saúde pública. O excesso de peso origina no organismo uma série de doenças, tais como: doenças cardiovasculares, diabetes mellitus tipo2, osteoartrose, enfarte do miocárdio, AVC e hipertensão. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), obesidade é uma doença crônica e a doença nutricional mais relevante a nível Mundial, sendo considerada a epidemia do século XXI (Hedley *at al.*, 2004).

A subnutrição é provocada por um consumo insuficiente de nutrientes essenciais para a saúde, originado de uma dieta pobre que tem como consequências várias doenças tais como: gastrointestinais, dor de cabeça, visão dupla, raquitismo, escorbuto, doenças coronárias, entre outras. Ela contribui com mais de metade das mortes de crianças no mundo. Tanto a

obesidade quanto a desnutrição podem ser monitoradas em termos absolutos pelo IMC (índice de Massa Corporal).

Coutinho e colaboradores em 2008 realizou um estudo sobre obesidade e subnutrição. Concluiu-se que no Brasil a população infantil tem a obesidade prevalente em 5% do grupo. Em contrapartida, a desnutrição embora tenha sofrido declínio notável (superior a 60%), ainda permanece como o agravo mais importante entre crianças no Brasil. Observa-se que a desnutrição no grupo tende a ser mais prevalente do que a obesidade (cerca de 1,5 vezes).

A figura 4.5 contém o diagrama entidade-relacionamento do sistema de cadastro de dados biométricos:

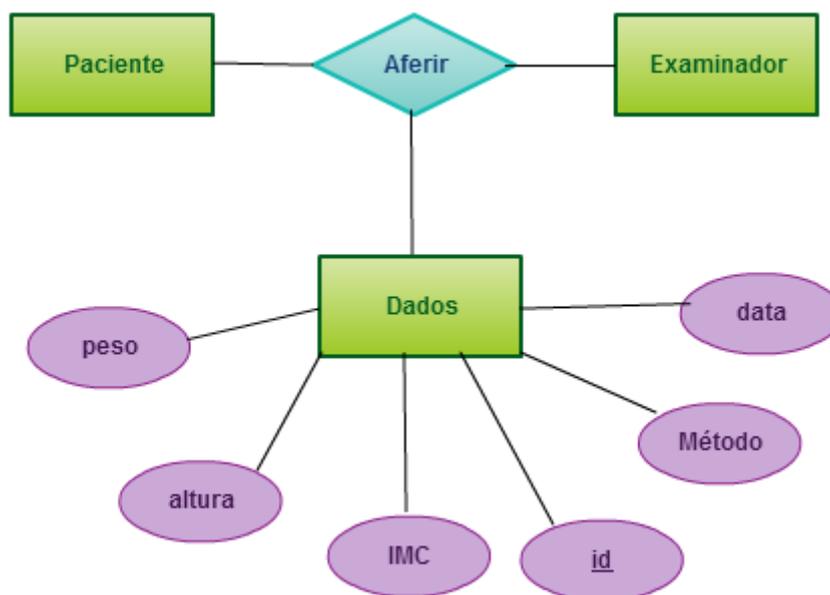


FIGURA 4.5- Modelo ER para os dados biométricos e cálculo de IMC.

Os atributos de *Paciente* e de *Examinador*, uma vez que são os mesmos da figura 4.3, não foram representados nesse diagrama para facilitar a sua compreensão. O relacionamento *Aferir*, em relação às entidades *Paciente/Examinador/Dados*, tem cardinalidade 1:1:n, ou seja, N medidas de peso e altura podem ser feitas por 1 examinador em 1 paciente.

O SGBD utilizado foi o MySQL, o mesmo utilizado nos exames de triagem visual e auditiva. O mapeamento do modelo em tabelas pode ser visto no quadro 4.16

Quadro 4.16
Mapeamento de Dados (figura 4.5).

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
examinador	Int	estrangeira->examinador(id)
Id	Int	primária
evolucao_clinica	Text	
data	Date	
peso	Float	
altura	Float	
imc	Float	
metodo	Varchar	

Alguns teóricos de bancos de dados considerariam a ocorrência dos campos *peso*, *altura* e *IMC* como sendo uma redundância, uma vez que o IMC resulta de um cálculo utilizando peso e altura. Embora isso seja verdade, o objetivo do sistema é o cálculo do IMC, e calculá-lo a cada consulta ou via software não o torna prático em muitas das aplicações possíveis.

A medida do IMC pode ser feitas com métodos diferentes. Para comportar todos foi necessário criar o campo *método*. O método utilizado atualmente pelo software é da equação:

$$IMC = k \left(\frac{peso}{altura} \right), \quad (4.1)$$

Onde: k =índice que varia com a faixa etária.

O software responsável pelo peso e altura tem como requisitos de projeto:

- Entrada dos dados (peso e altura) pelo examinador;
- Cálculo automático do IMC;
- Armazenar as informações em banco de dados local;
- Sincronia com o servidor central quando solicitado ;
- Sincronia com o servidor central periodicamente.

Essa aferição é feita através da abertura do formulário de controle de desnutrição e obesidade. A figura 4.6 apresenta o diagrama UML de casos de uso. A Unified Modeling Language (UML) é uma linguagem de modelagem não proprietária de terceira geração. A

UML não é uma metodologia de desenvolvimento, o que significa que ela não impõe uma ordem de desenvolvimento e tão pouco é uma metodologia de projeto, mas ela auxilia a visualizar o projeto do software e a comunicação entre objetos. A UML permite que desenvolvedores apresentem os produtos de seus trabalhos em diagramas padronizados. A UML contém um modelo entidade-relacionamento, mas foi escolhido utilizar o modelo de Peter Chen por ele ser de mais fácil compreensão para os leitores e por possuir um melhor fluxo em desenvolvimentos *bottom-up*, como o desse projeto.

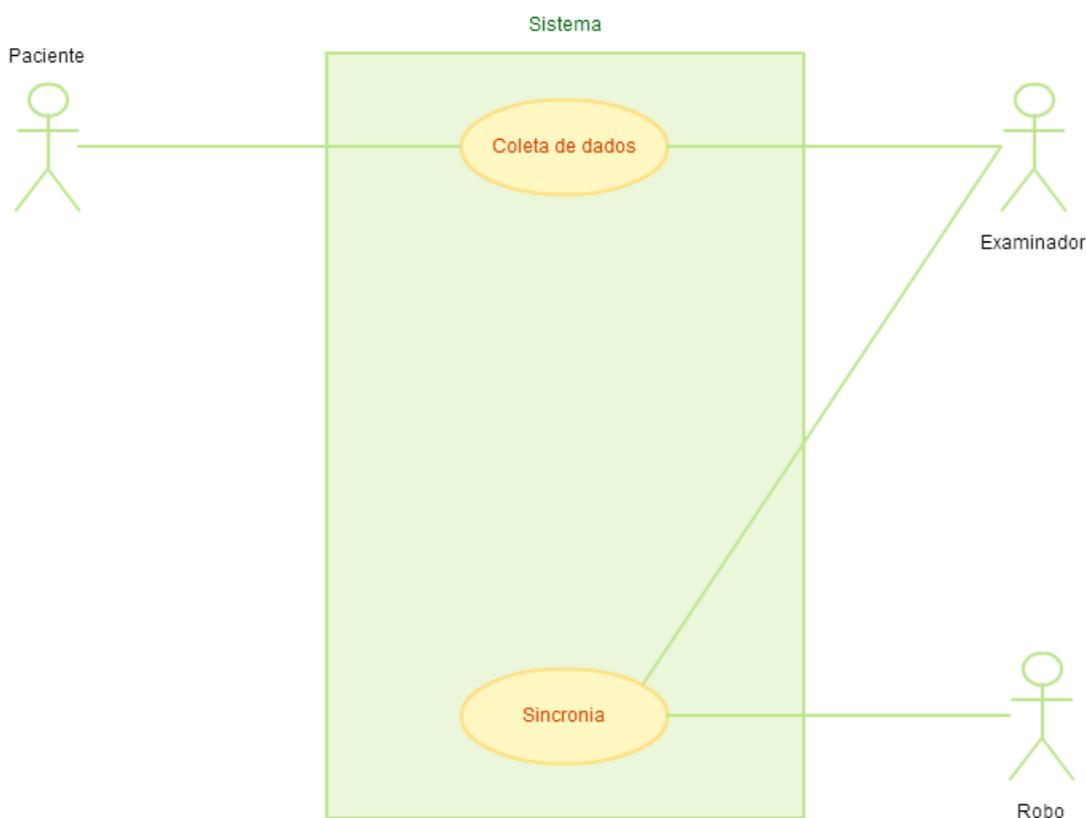


FIGURA 4.6- Diagrama de casos de uso para dados biométricos.

O diagrama de casos de uso é composto de atores, que são bonecos de linha, e de ações, que são as elipses. Na ação *Coleta de Dados* o *Examinador* realiza a medida do peso e da altura do *Paciente*. Nessa coleta os dados são armazenados em banco de dados local. A sincronização dos dados coletados pelo examinador pode ser realizado por comando direto do examinador ou por programa robô de sincronia (BOT) devidamente configurado. Mais detalhes sobre sincronia podem ser vistos no capítulo 5.

A rotina de coleta de dados biométricos é parte integrante do software de triagem visual, que foi desenvolvido em *C#*.

4.1.4 – Desempenho de leitura

A análise do desempenho de leitura é feita por um *eye tracker*. O eye tracker é um dispositivo que monitora a posição dos olhos a cada instante. Essa medição pode ser feita de varias maneiras: com eletromiografia, com reflexo de infravermelho ou com visão computacional (eye-comresearch, 2013). O hardware utilizado (Visagraph, da empresa Compevo), utiliza o reflexo de luz infravermelha (invisível a humanos) projetada no olhos. A figura 4.7 apresenta um voluntário sendo submetido ao teste de desempenho de leitura.

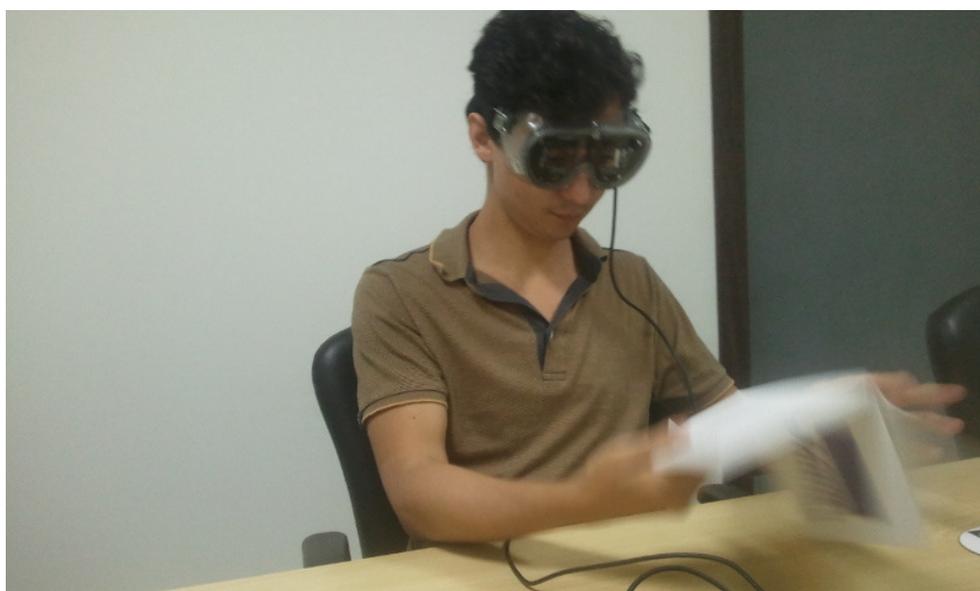


FIGURA 4.7- Voluntário realizando teste de desempenho leitura.

Ao se iniciar o exame, é solicitado que o voluntário leia um dos diversos textos padrão sobre a mesa. Durante a leitura do texto a posição dos olhos é registrada pelo hardware. Após a leitura é feito um pequeno questionário para avaliar a compreensão do texto e os dados de posicionamento são processados. Temos como resultadoo número de palavras por segundo, o tempo médio de fixação, entre outros, que podem ser observados na figura 4.8. Todos os voluntários avaliados tiveram desempenho de leitura considerado normal.

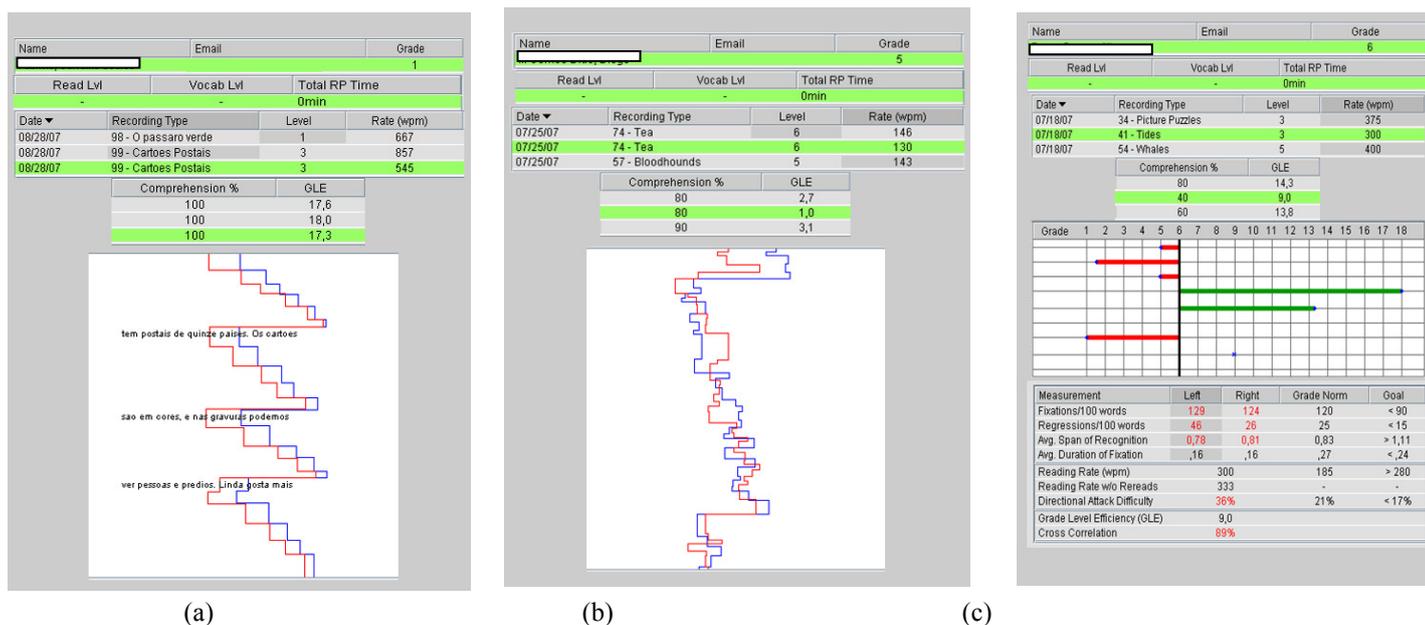


FIGURA 4.8- Teste de desempenho de leitura em (a) uma pessoa com leitura normal e (b) uma com distúrbio de leitura e (c) os dados do exame de b.

Esse sistema hardware/software não foi desenvolvido pelo LAPAN, e possui as seguintes características:

- Software feito em Java for Web;
- Instala um servidor TomCat na máquina local;
- Utiliza banco de dados Firebird;
- Banco de dados inacessível.

O diagrama entidade-relacionamento implementado para a análise do desempenho de leitura encontra-se na figura 4.9.

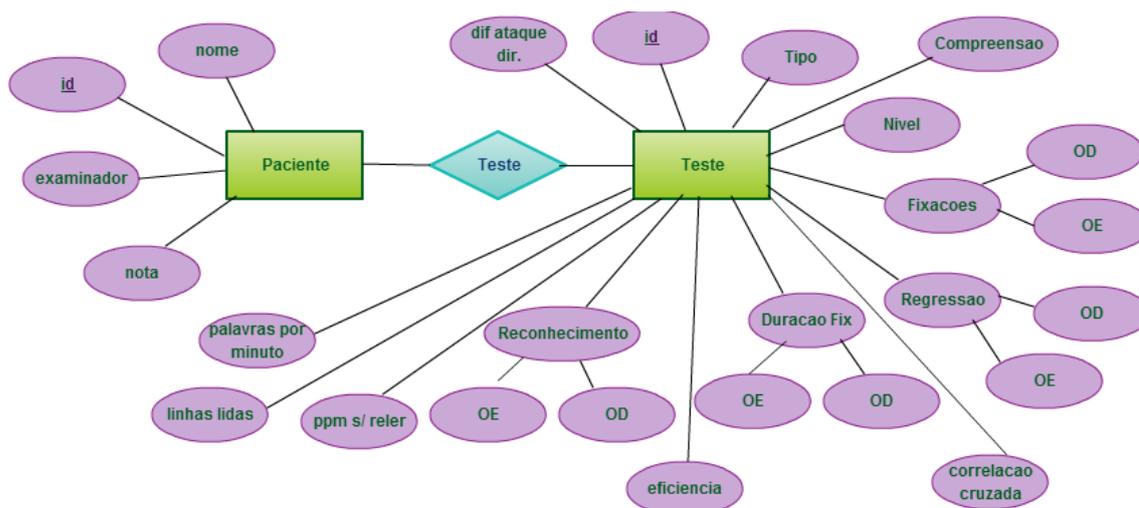


FIGURA 4.9- Modelo entidade-relacionamento para a análise do desempenho de leitura.

O mapeamento do diagrama ER encontra-se no quadro 4.17:

Quadro 4.17
Mapeamento de Teste (figura 4.9).

Nome do Campo	Tipo	Chave
paciente_numero	Int	estrangeira->paciente(id)
examinador	Int	estrangeira->examinador(id)
Id	Int	primária
nivel	Int	
tipo	Int	
compreensao	Int	
dad	Int	
fix_od	Int	
fix_oe	Int	
reg_od	Int	
reg_oe	Int	
crosscor	Int	
dur_fix_od	Int	
dur_fix_oe	Int	
gle	Int	
rec_od	Int	
rec_oe	Int	
ppm	Int	
ppmsr	Int	
linhas	Int	

A maior dificuldade em integrar esse sistema foi a inacessibilidade da informação contida no banco de dados. Para contornar esse problema foi necessário utilizar o mecanismo de exportação manual dos dados do teste para uma pasta específica, seguindo um determinado padrão. A partir desse ponto, toda a armazenagem local e sincronia é realizada por um programa robô, que transfere os dados da pasta para o banco de dados local e os sincronizam com o servidor, Como pode ser exemplificado no diagrama de casos de uso da figura 4.10.

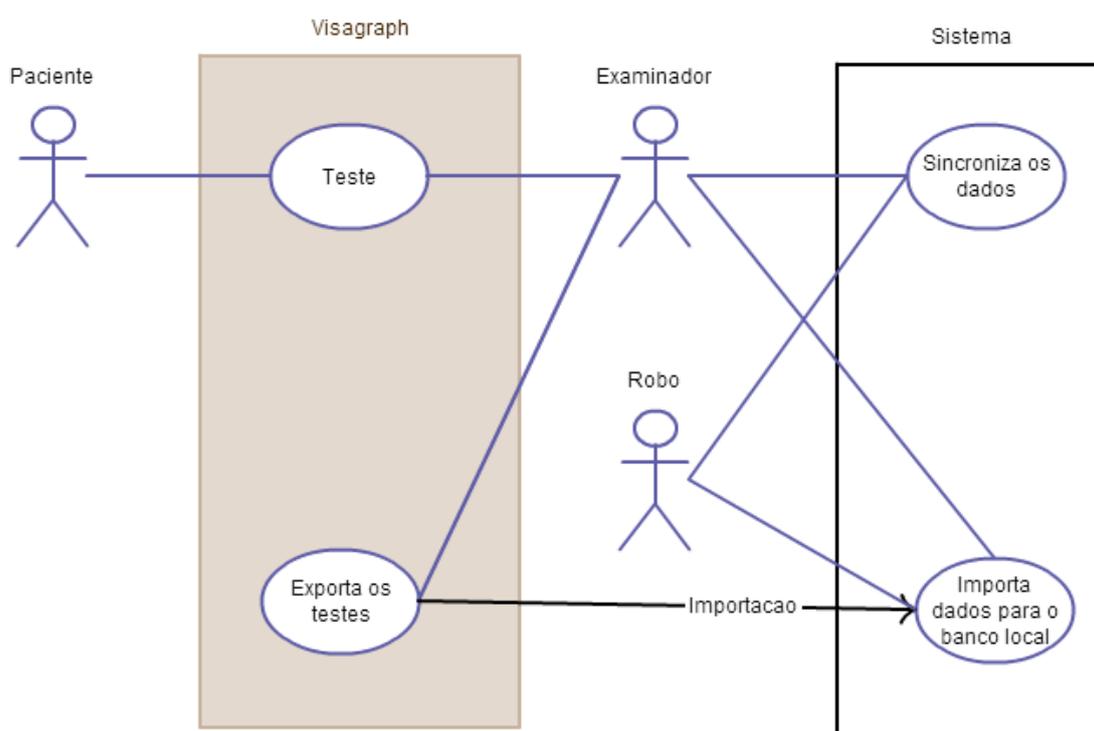


FIGURA 4.10- Diagrama de casos de uso para a análise do desempenho de leitura.

Nesse diagrama o bloco em cinza (Visagraph) não está sobre o controle do nosso sistema e ele é o responsável pela realização do *Teste* pelo *Examinador* no *Paciente*. Além disso, cabe ao examinador exportar os resultados do teste para uma pasta específica através da ferramenta de exportação contida no programa de avaliação de leitura. A partir desse momento, ele pode solicitar a importação dos dados para o banco local ou esperar que o *Robo* o faça automaticamente (quando configurado para esta tarefa). Essa exportação salva o resultado dos testes em formato HTML (Hyper Text Markup Language é a principal linguagem utilizada para criação de sites da internet), que é interpretado por um código específico, que condiciona os dados para armazenamento local. Além disso, caso haja conexão, tanto o *Examinador* quanto o *Robo* podem sincronizar os dados com o servidor central.

O *software* desenvolvido teve os seguintes requisitos:

- Armazenar as informações em banco de dados local MySQL;
- entrada de dados provenientes da pasta de exportação automática periodicamente;
- entrada de dados provenientes da pasta de exportação quando solicitado;
- Sincronia com o servidor central quando solicitado;
- Sincronia com o servidor central periodicamente.

O programa foi desenvolvido em *C#* na plataforma *Visual Studio*.

4.2 – Subsistema de Triagem

Esse subsistema pode ser dividido em subsistema de triagem visual e subsistema de triagem auditiva.

4.2.1 – Triagem Visual

Dois equipamentos são suportados pelo sistema atualmente. O primeiro é um dispositivo eletromecânico que realiza os testes de forma analógica. O segundo equipamento foi desenvolvido pelo Lapan é um sistema com apresentação de testes de forma digital, tem baixo custo de produção e possui tamanho reduzido, sendo fácil de transportar. (Soares, 2009).

4.2.1.1 – Equipamento Analógico

O equipamento analógico (Keystone View Vision Screener) pode ser visualizado na figura 4.11.



FIGURA 4.11- Equipamento de triagem analógico.

FONTE: www.keystoneview.com

O equipamento é composto de um tambor interno, contendo slides com diferentes testes. Ele se comunica via entrada USB com uma estação de trabalho, normalmente um computador fixo ou móvel. Essa comunicação se dá através de um software específico fornecido pelo fabricante (Keystone View Company).

Esse sistema apresenta as seguintes características:

- Aplicação de testes de triagem de: acuidade visual, sensibilidade ao contraste, visão estereoscópica, forias, visão de cores e campo visual;
- Equipamento analógico;
- entrada de dados provenientes da pasta de exportação quando solicitado;
- Software de testes com banco de dados MySQL;
- Possui 3 modelos com slides diferentes: Universal, Adulto e Pediátrico;
- Perda de dados na sincronia e não confiabilidade.

Ao realizar a sincronia de dados obtidos por diversos equipamentos em um servidor central, constatou-se que houve perda significativa dos dados (cerca de 90% em um dos testes). Além disso alguns dos dados locais do programa foram corrompidos, sendo o programa fornecido pelo fabricante considerado não confiável. Essa perda de dados fez com que a utilização do programa *Visionary* fosse considerada inviável.

A solução encontrada para esse problema foi contatar o fabricante e solicitar a lista de comandos dados ao hardware para a realização dos exames e construir um novo software, no qual fosse garantida a realização dos testes e a segurança no fluxo de informações ao sistema, com a integridade dos dados garantida.

O quadro 4.18 apresenta a lista de comandos fornecida pelo fabricante.

Quadro 4.18
Comandos ASCII para todos os modelos do equipamento analógico.

Comando ASCII	Descrição
9	GOTO posição 1
:	GOTO posição 2
;	GOTO posição 3
<	GOTO posição 4
=	GOTO posição 5
>	GOTO posição 6
?	GOTO posição 7
@	GOTO posição 8
B	Avançar tambor uma posição
C	Oclusão direita
D	Oclusão esquerda
E	Limpar Oclusão
F	Luz periférica 85 graus esquerda
G	Luz periférica 70 graus esquerda
H	Luz periférica 55 graus esquerda
I	Luz periférica nasal esquerda
J	Luz periférica nasal direita
K	Luz periférica 55 graus direita
L	Luz periférica 70 graus direita
M	Luz periférica 85 graus direita
N	Limpar Luzes
O	Iluminação noite
P	Iluminação dia
Q	Lente Longe
R	Lente intermediária 1
T	Luz de Glare ligada
U	Luz de Glare desligada
V	Lente Intermediária 2
W	Lente Perto
X	Voltar tambor uma posição
a	Mudar para luzes verticais
b	Mudar para luzes horizontais
c	Desligar sensor de cabeça
d	Ligar sensor de cabeça
e	Reiniciar máquina

O ASCII (American Standard Code for Information Interchange) é um esquema de codificação de caracteres binário, publicado inicialmente em 1963 (ASA, 1963). Podemos dizer que ele é uma evolução do código Morse, amplamente utilizado em dispositivos eletrônicos, nos quais atualmente uma sequência de 8 bits é mapeada em caracteres. O caractere *J* da tabela é representado por 01001010 (ou 74 em base decimal ou 4A em base hexadecimal). O ASCII inclui 128 caracteres, sendo constituídos de 33 caracteres de controle (a maioria deles obsoleto) e de 95 caracteres impressos (Maini, 2007).

A partir desses comandos, foi necessário desenvolver um programa que se comunicasse com o equipamento. Para fazê-lo ele utiliza uma interface USB-HID IO (Universal Serial Bus - Human Interface Device, Input and Output). Em computação, a classe de interface de dispositivo humana (classe USB HID) é parte da especificação USB para periféricos de computador. Ela especifica uma família de dispositivos (um tipo de hardware) para interface humana, como mouses, impressoras e teclados.

A partir da leitura da especificação USB e uma pesquisa sobre dispositivos que as utilizam, foi encontrada uma biblioteca para comunicação desenvolvida pelo engenheiro Juan Caruca. Ela foi utilizada em um projeto de robótica para controle de um robô via USB (Caruca, 2011). Essa biblioteca foi utilizada como base e, após diversas modificações, tornou-se possível o acesso ao equipamento e a entrada dos comandos do quadro 4.17.

O próximo passo foi o desenvolvimento do software em si que deveria ter os seguintes requisitos:

- Comunicação com os equipamentos via USB;
- Realizar todos os testes para os 3 modelos de equipamento;
- Programação de rotinas de exames com sequencias pré-definidas;
- Armazenar as informações em banco de dados Local;
- Sincronia com o servidor central quando solicitado ;
- Sincronia com o servidor central periodicamente ;
- Emissão de relatórios local.

O modelo entidade-relacionamento para o sistema encontra-se na figuras 4.12, 4.13, 4.14 e 4.15.

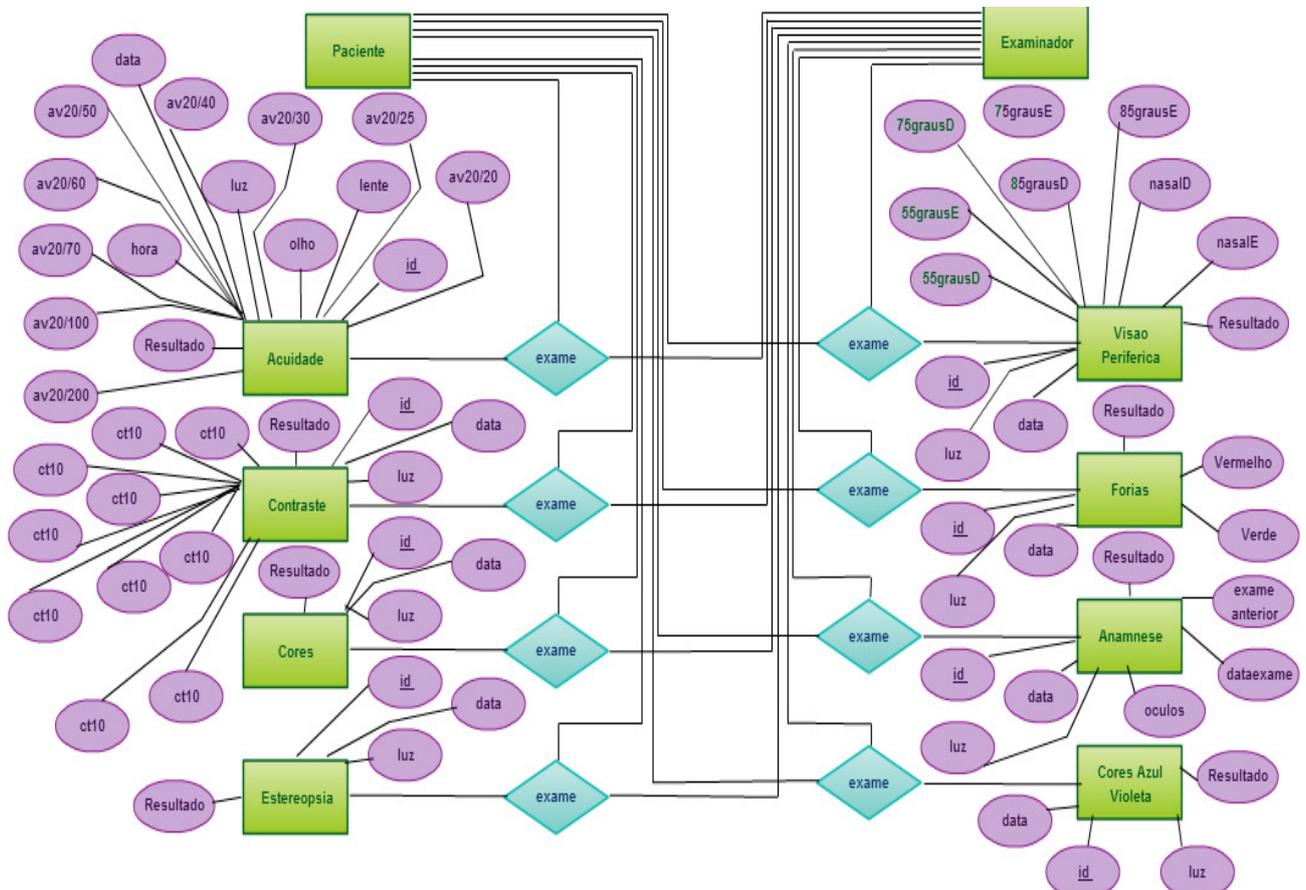


FIGURA 4.12- modelo entidade-relacionamento para o equipamento de triagem visual analógico-modelo Adulto

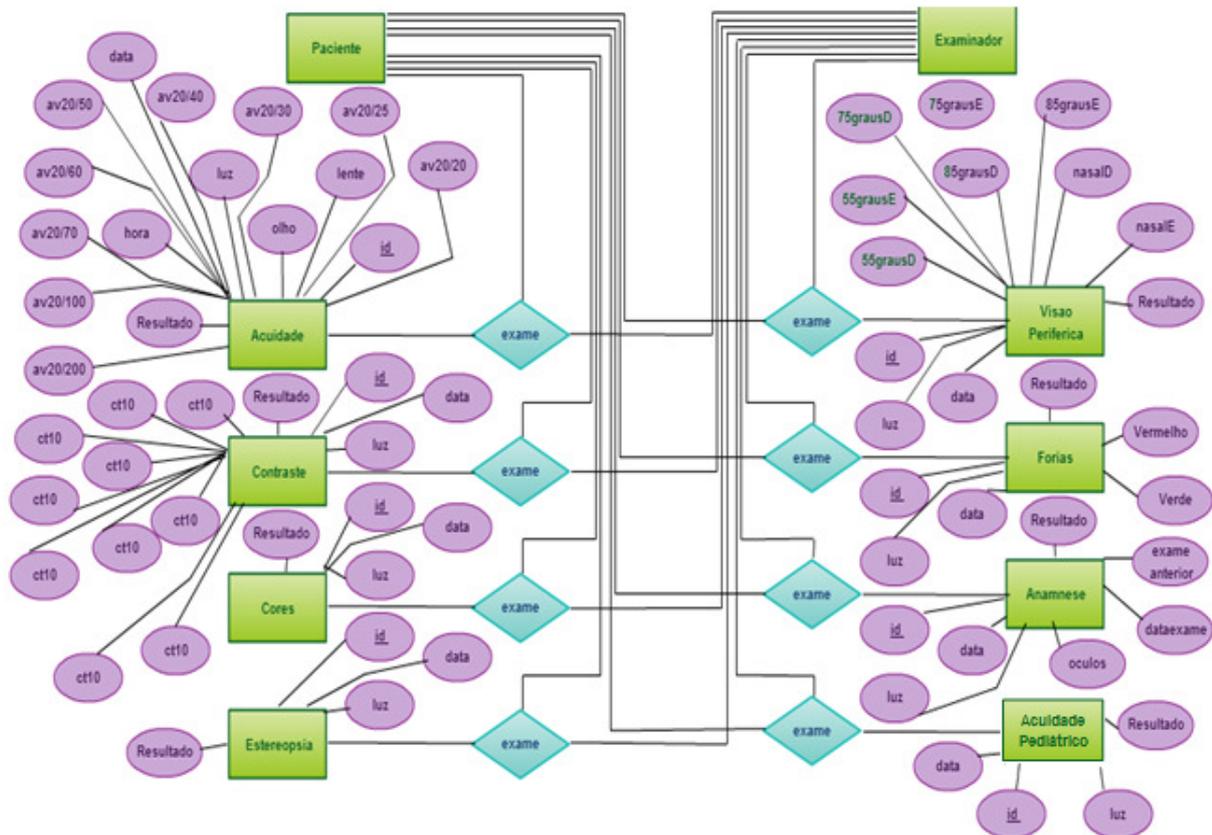


FIGURA 4.13- modelo entidade-relacionamento para o equipamento de triagem visual analógico - Universal

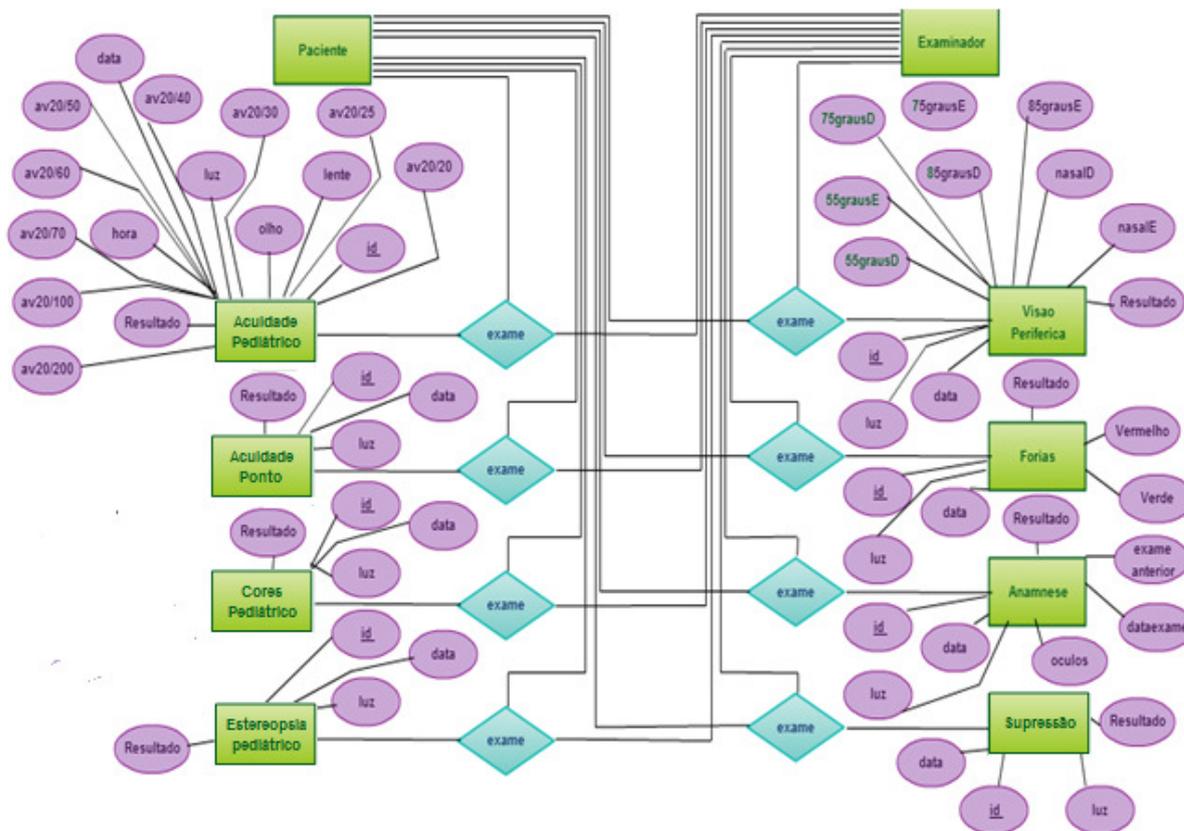


FIGURA 4.14- modelo entidade-relacionamento para o equipamento de triagem visual analógico - modelo Pediátrico

Na figura 4.12 , o *Examinador* aplica um *exame* em um *Paciente* que pode ser: *Acuidade*, *Contraste*, *Cores* (verde/vermelho ou azul/violeta), *Visão Periférica*, *Estereopsia*, *Forias* e *Anamnese* (composta de perguntas simples como: se foi examinado por um oftalmologista recentemente ou se usa óculos). Todos os relacionamentos *exame* apresentam cardinalidade 1:1:N (para *Paciente/Examinador/Exame* respectivamente), ou seja, cada examinador pode realizar N exames em cada paciente.

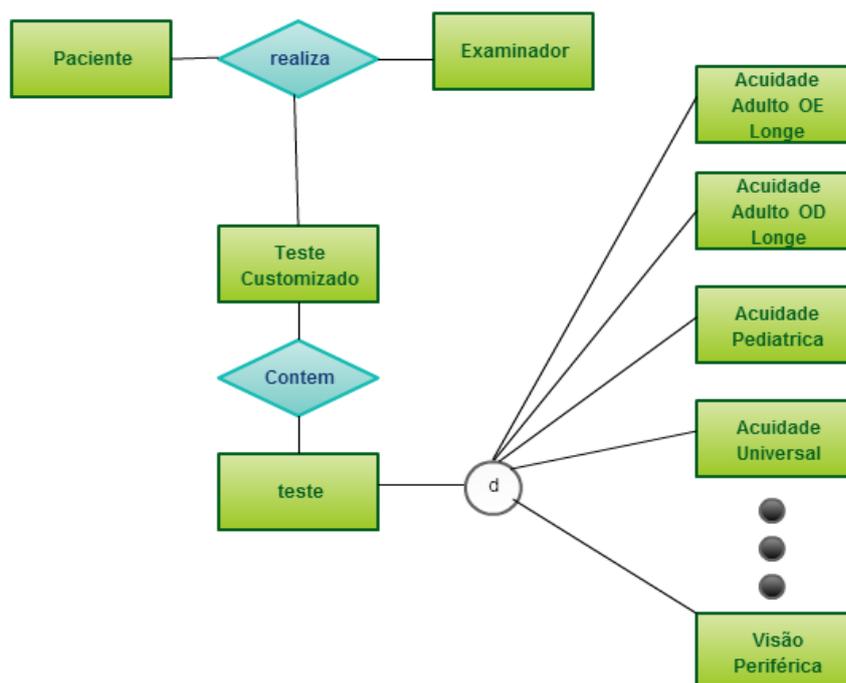


FIGURA 4.15- Modelo ER para as rotinas de testes.

A figura 4.15 apresenta um modelo para as rotinas de testes. Cada "Teste Customizado" contém de 1 até 13 entidades do tipo "teste" (número máximo de testes encontrado em 1 dos 3 equipamentos), sendo o relacionamento "contem" com cardinalidade 1:13. Cada "teste" obrigatoriamente deve ser de um dos tipos relacionados na especialização disjunta (d), composto de 26 testes diferentes. A rota usual na metodologia de desenvolvimento de programas *bottom-up*, utilizada nesse programa, seria transformar o diagrama entidade-relacionamento em tabelas e construir as classes da camada de persistência do programa (que foi feito em duas camadas: a de persistência/dados e a de apresentação). No diagrama 4.15 a especialização disjunta deveria gerar herança na construção das classes de dados e diversas subclasses para cada exame, mas, para tornar o esquema de dados e a execução do programa mais simples, optou-se por representar todas as rotinas de exames em duas tabelas e fazer a amarração dos dados via software.

Os quadros 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, 4.37 e 4.38 apresentam o mapeamento em tabelas dos diagramas entidade-relacionamento para o equipamento de triagem analógico.

Quadro 4.19
Mapeamento de Acuidade (figura 4.12).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
iluminacao	char	
lente	char	
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
av2020	int	
av2025	int	
av2030	int	
av2040	int	
av2050	int	
av2060	int	
av2070	int	
av20100	int	
av20200	int	
semresposta	binary	
origem	int	
olho	char	
resultado	varchar	

O teste de acuidade representado no quadro 4.19 é para o modelo Adulto.

Quadro 4.20
Mapeamento de Anamnese da triagem visual (figuras 4.12, 4.13 e 4.14).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
examinado	bit	
dataexame	datetime	
oculos	bit	
oculostipo	varchar	
dificuldade	bit	
qualdif	varchar	
escola	int	estrangeira->escola(id)

A anamnese do quadro 4.20 possui apenas algumas informações básicas sobre o examinado como se ele visitou um oftalmologista, se usa óculos, entre outras.

Quadro 4.21
Mapeamento de Contraste (figuras 4.12 e 4.13).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	Primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
iluminacao	char	
data	date	
hora	time	
ct10	int	
ct20	int	
ct30	int	
ct40	int	
ct50	int	
ct60	int	
ct70	int	
ct80	int	
ct90	int	
semresposta	binary	
resultado	varchar	

No quadro 4.21 os resultados do exame de contraste são armazenados para cada valor em porcentagem nos campos ct10 e ct20 para 10% e 20% respectivamente.

Quadro 4.22
Mapeamento de Cores (figuras 4.12 e 4.13).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	Primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
iluminacao	varchar	
resultado	varchar	
tipo	varchar	

No quadro 4.22 são armazenados os dados do teste de cores para discromatopsia verde-vermelho e azul-violeta com imagens semelhantes às lâminas de Ishihara.

Quadro 4.23
Mapeamento de Cores-pediátrico (figura 4.14).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
iluminacao	varchar	
resultado	varchar	

No quadro 4.23 são armazenados os dados do teste de cores pediátrico, que consiste na identificação de cores em objetos, como uma bola verde, presente no equipamento pediátrico.

Quadro 4.24
Mapeamento de Estereopsia (figura 4.12).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
iluminacao	varchar	
resultado	varchar	
tipo	varchar	

No quadro 4.24 são armazenados os dados do teste estereopsia do modelo Adulto, que consiste na identificação de objetos com profundidade em uma lista.

Quadro 4.25
Mapeamento de Estereopsia - pediátrico (figura 4.14).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)

Nome do Campo	Tipo	Chave
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
iluminacao	varchar	
resultado	varchar	

No quadro 4.25 são armazenados os dados do teste estereopsia do modelo Pediátrico, que consiste na identificação de apenas um objeto com ilusão de profundidade.

Quadro 4.26
Mapeamento de Hyperopia - pediátrico (figura 4.14).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
iluminacao	varchar	
resultado	varchar	

Quadro 4.27
Mapeamento de Forias (figuras 4.12 e 4.13).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
iluminacao	char	
data	date	
hora	time	
foriavermelho	float	
foriaverde	float	
resultado	varchar	
semresposta	binary	

No quadro 4.27 são armazenados os dados do teste de forias, que é o mesmo para os equipamentos Adulto e Universal.

Quadro 4.28
Mapeamento de Forias Pediátrico Lateral (figura 4.14).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
iluminacao	varchar	
resultado	varchar	

No quadro 4.28 são armazenados os dados do teste de forias pediátrico que identifica o desvio lateral (horizontal), consiste em identificar para onde um palhaço aponta.

Quadro 4.29
Mapeamento de Forias Pediátrico Vertical (figura 4.14).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
iluminacao	varchar	
resultado	varchar	

No quadro 4.29 são armazenados os dados do teste de forias pediátrico que identifica o desvio vertical, semelhante ao do quadro 4.28.

Quadro 4.30
Mapeamento de Supressão (figura 4.14).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
iluminacao	varchar	
resultado	varchar	

No quadro 4.30 são armazenados os dados do teste de supressão, que identifica se a criança suprime um dos olhos no caso de conflito entre a imagem da direita e da esquerda.

Quadro 4.31
Mapeamento de Acuidade universal (figura 4.13).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
iluminacao	varchar	
resultado	varchar	
lente	varchar	

No quadro 4.31 são armazenados os dados do teste de acuidade do modelo Universal, que possui slides diferentes dos do modelo Adulto, com uma faixa um pouco menor.

Quadro 4.32
Mapeamento de Acuidade pediátrico (figuras 4.13 e 4.14).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	Primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
iluminacao	varchar	
resultado_direita	varchar	
resultado_esquerda	varchar	

No quadro 4.32, os dados do exame semelhante ao dos símbolos de Lea.

Quadro 4.33
Mapeamento de Estereopsia Universal (figura 4.13).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	Primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)

Nome do Campo	Tipo	Chave
data	date	
hora	time	
resultado	varchar	
iluminacao	varchar	

No quadro 4.33, temos os dados do teste de estereopsia do modelo Universal, que é semelhante ao do modelo Adulto.

Quadro 4.34
Mapeamento de Estereopsia Pediátrico (figura 4.14).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	Primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
resultado	varchar	
iluminacao	varchar	

Quadro 4.35
Mapeamento de AcuidadePonto (figura 4.14).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	Primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
data	date	
hora	time	
resultado	varchar	
lente	varchar	
olho	varchar	
iluminacao	varchar	

Quadro 4.36
Mapeamento de VisaoPeriferica (figuras 4.12,4.13 e 4.14).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	Primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)

Nome do Campo	Tipo	Chave
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
iluminacao	char	
data	date	
hora	time	
nasaldireita	binary	
nasalesquerda	binary	
g55direita	binary	
g55esquerda	binary	
g70direita	binary	
g70esquerda	binary	
g85direita	binary	
g85esquerda	binary	
semrespostadireita	binary	
semrespostaesquerda	binary	
resultado	varchar	

No quadro 4.36, temos os dados do teste de visão periférica, no qual luzes são acesas em diferentes ângulos, determinando o campo visual do examinado.

Quadro 4.37
Mapeamento de TesteCustomizado (figura 4.15).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	Primária
paciente_numero	int	estrangeira->paciente(id)
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
tipo	int	estrangeira->Testes(id)
exame1	int	estrangeira->?
exame2	int	estrangeira->?
exame3	int	estrangeira->?
exame4	int	estrangeira->?
exame5	int	estrangeira->?
exame6	int	estrangeira->?
exame7	int	estrangeira->?
exame8	int	estrangeira->?
exame9	int	estrangeira->?
exame10	int	estrangeira->?
exame11	int	estrangeira->?
exame12	int	estrangeira->?

Nome do Campo	Tipo	Chave
exame13	int	estrangeira->?
anamnese	int	estrangeira->anamnese(id)
data	date	
hora	time	

Quadro 4.38
Mapeamento de Testes (lista os testes que cada rotina de testes customizados possui na figura 4.15).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	Int	primária
nome	varchar	
exame1	varchar	
exame2	varchar	
exame3	varchar	
exame4	varchar	
exame5	varchar	
exame6	varchar	
exame7	varchar	
exame8	varchar	
exame9	varchar	
exame10	varchar	
exame11	varchar	
exame12	varchar	
exame13	varchar	

No quadro 4.37 cada *exameN* (N de 1 à 13) aponta para alguma tabela contida nos quadros 4.19 à 4.36. Esse exame específico depende do *tipo* de rotina de testes (contida no quadro 4.38). Essa estratégia implica na transposição da complexidade dos relacionamentos do SGBD para o programa, mas foi necessária para acomodar todos os 3 modelos de equipamento utilizados no programa.

A figura 4.16 apresenta o diagrama de casos de uso para o sistema desenvolvido.

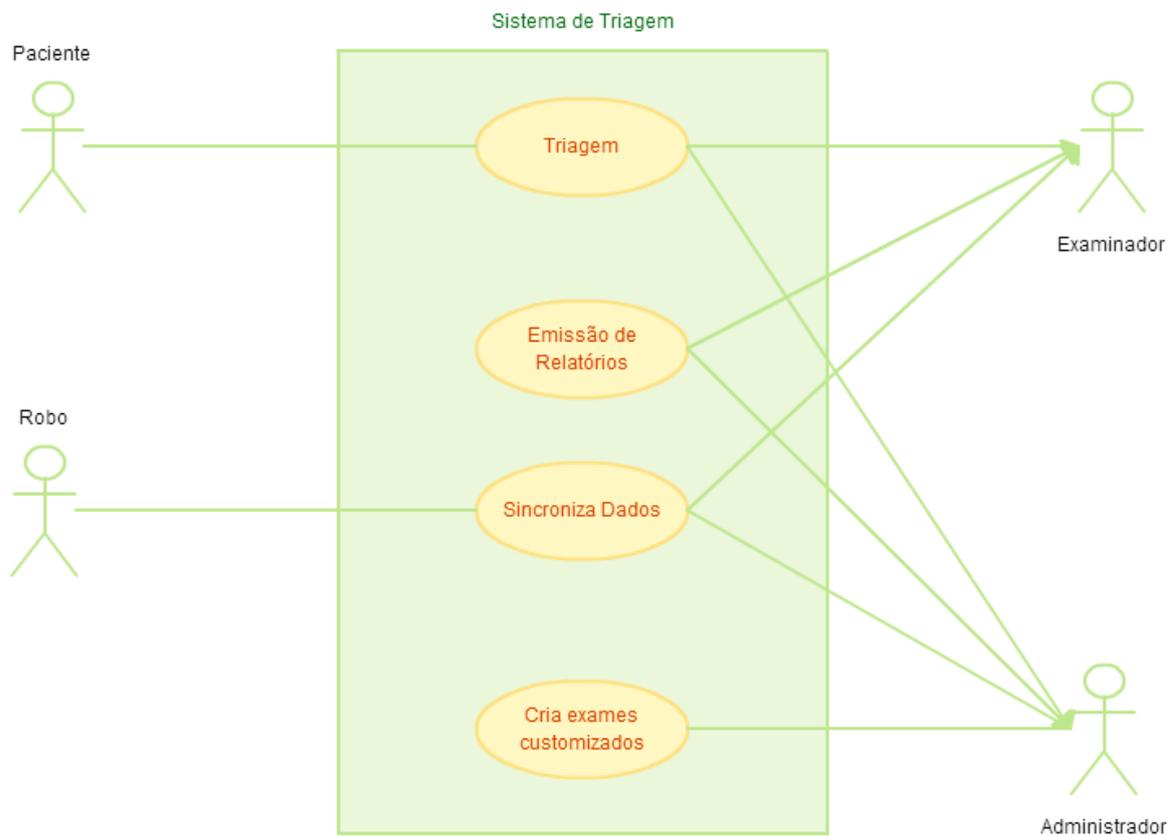


FIGURA 4.16- Diagrama de casos de uso para o equipamento de triagem analógico.

O ator *Examinador* realiza uma *Triagem* em um *Paciente*, que é armazenado no banco de dados local. Além disso, o *Examinador* ainda pode emitir relatórios individuais locais e realizar a *Sincronia de Dados* com o servidor central. O programa *Robo* também pode realizar essa sincronia quando configurado para tal. O ator *Administrador* pode realizar todas as tarefas anteriores e ainda *Cria exames customizados*.

O programa desenvolvido em linguagem C# em ambiente Visual Studio.

4.2.1.2 – Equipamento Digital

O equipamento de triagem digital foi desenvolvido pelo LAPAN. Um modelo tridimensional do equipamento pode ser visualizado na figura 4.17, constituído de 3 partes:

- Base de sustentação, que permite ajustar o ângulo do corpo;
- Corpo do equipamento contendo uma tela LCD (liquid crystal display);
- Tubo telescópico retrátil contendo o bloco de lentes utilizado pelo equipamento.

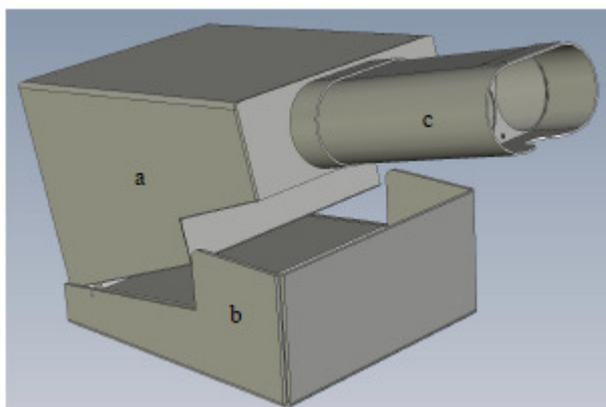


FIGURA 4.17- Modelo 3d do equipamento desenvolvido.

Nele temos (a) o corpo principal, (b) a base e (c) o tubo telescópico.

FONTE: Soares, 2009

O sistema apresenta as seguintes características:

- Desenvolvido em linguagem Delphi em ambiente CodeGear RadStudio;
- SGBD MySQL;
- Código fonte disponível;
- Banco de dados Acessível.

Ele realiza os seguintes testes:

- Acuidade Visual - Utilizando letras de Sloan, Tabela de "E" de Tumbling ou "C" de Landolt (figura 4.18). Apresenta 5 optotipos para cada linha com valores de acuidade de 20/12.5, 20/20, 20/30, 20/40, 20/50, 20/60, 20/70, 20/80, 20/90, 20/100 na escala Snellen, ou -0,3 à 0,7 na escala LogMar;

- Visão de Cores - utiliza imagens contendo as lâminas de Ishihara, que são apresentadas uma de cada vez (figura 4.19);
- Sensibilidade ao contraste - como o de Pelli-Robson, possuindo 6 optotipos de tamanho único, nos quais o contraste é reduzido a cada iteração do teste. Além disso o teste com franjas utilizando o filtro de Gabor é realizado, no qual o examinado deve identificar a orientação do padrão.
- Forias: Aplica um teste de Maddox Modificado, contendo um ponto e uma série de linhas paralelas. O examinado deve apontar em qual linha o ponto toca. São dois testes, um para identificar foria vertical e outro para foria horizontal.

Algumas telas de teste podem ser visualizadas na figura 4.18.

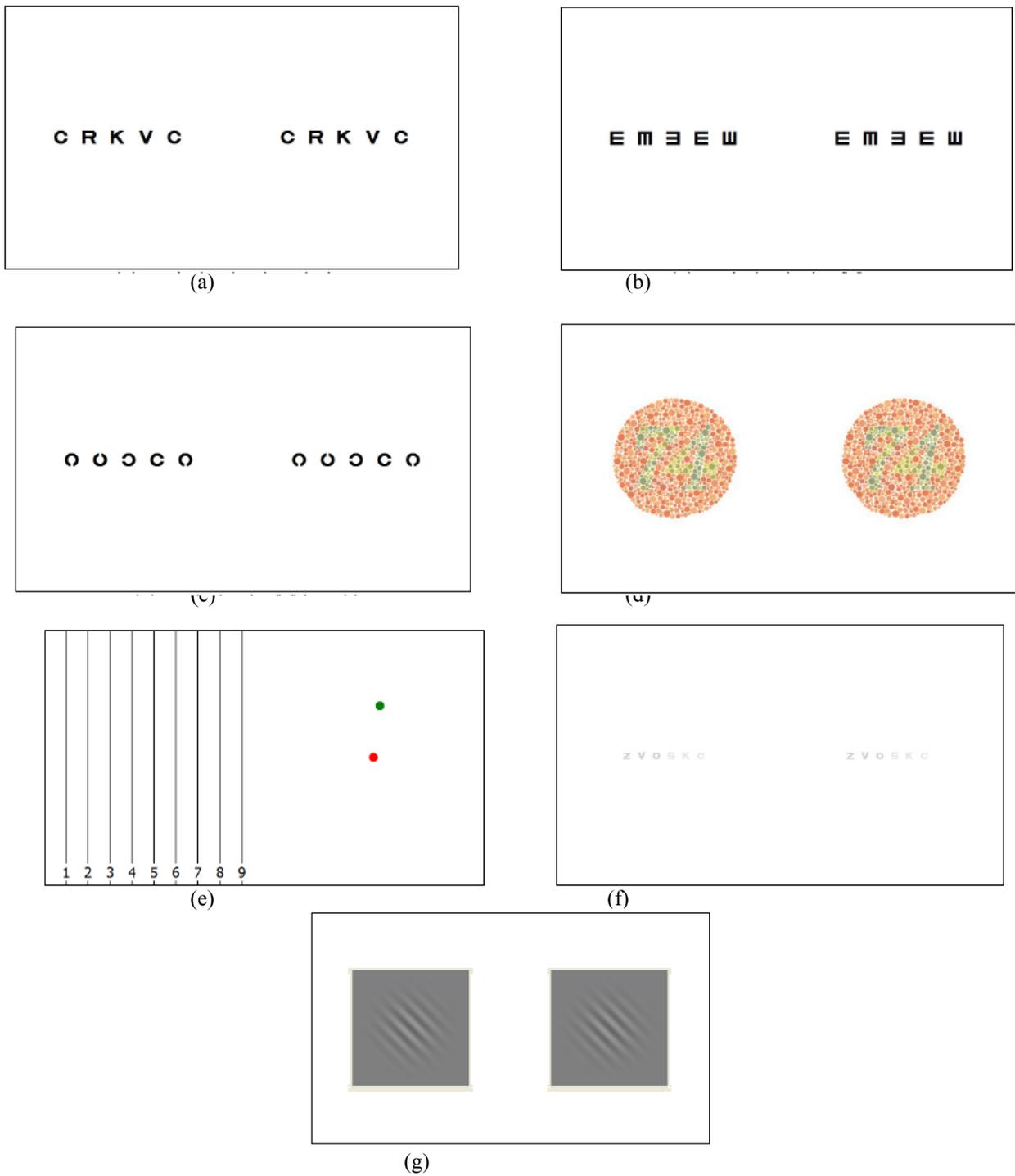


FIGURA 4.18- Algumas telas de triagem (a) acuidade com letras de Sloan, (b) acuidade com "E" de Tumbling, (c) acuidade com C de Landolt (d) cores de Ishihara, (e) Forias horizontal, (f) contraste de Pelli-Robson e (g) linhas de Gabor.

FONTE: Soares, 2009

A figura 4.19 apresenta o diagrama entidade-relacionamento para o equipamento digital.

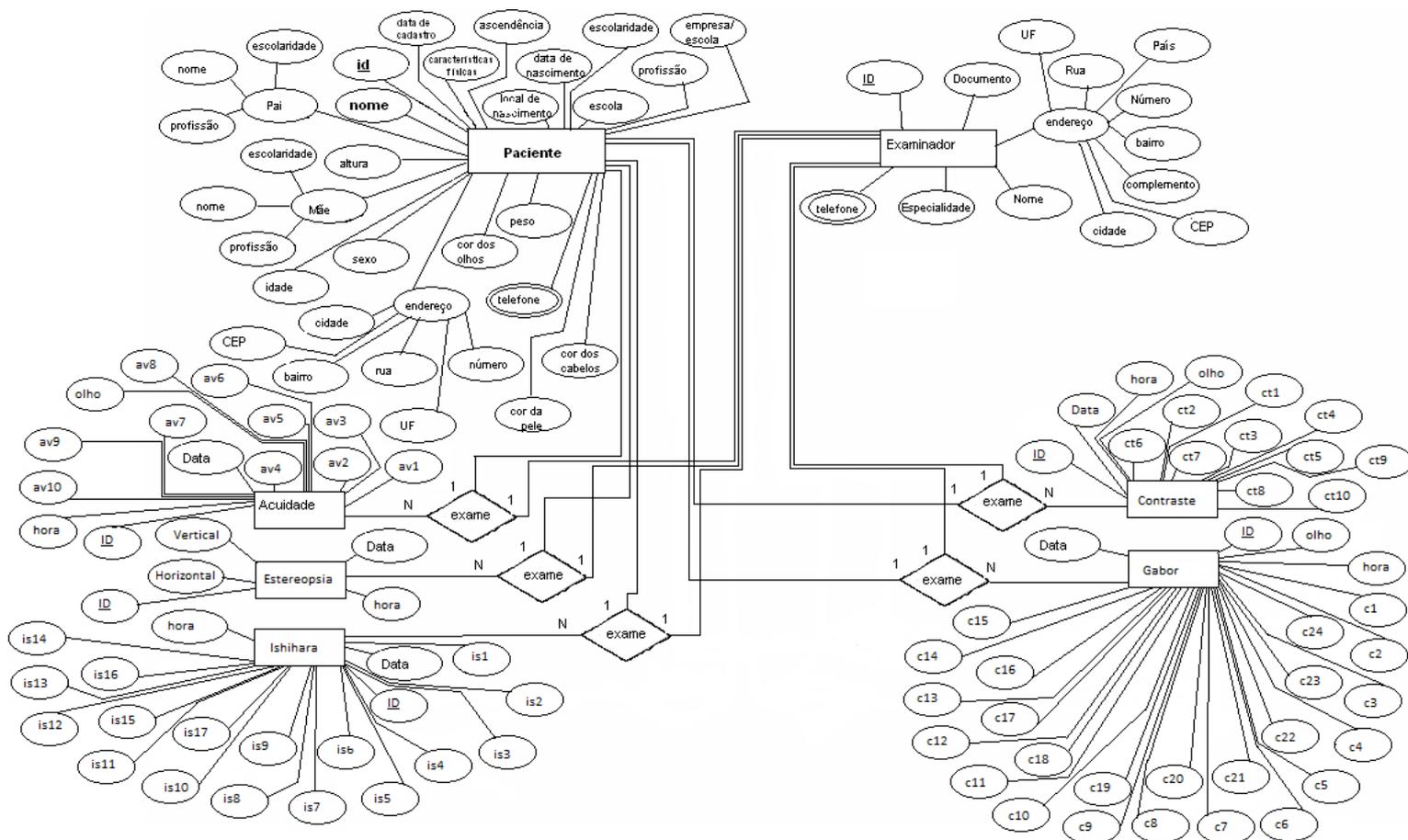


FIGURA 4.19- Modelo entidade-relacionamento para o equipamento digital
 FONTE: Modificado de Canestri, 2008

O *Examinador* realiza um *exame* no *Paciente*. Todos os relacionamentos *exame* apresentam uma cardinalidade de 1:1:N (examinador/paciente/exame), ou seja, um examinador pode realizar N exames em um paciente.

O mapeamento desse diagrama em tabelas encontra-se nos quadros 4.39, 4.40, 4.41, 4.42 e 4.43.

Quadro 4.39
Mapeamento de Acuidade (figura 4.19).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
paciente	int	estrangeira->paciente(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
av1	int	
av2	int	
av3	int	
av4	int	
av5	int	
av6	int	
av7	int	
av8	int	
av9	int	
av10	int	
olho	int	
data	date	
hora	time	
letra	int	

Além dos dados apresentados na figura 4.19, o sistema também armazena a quantidade de optotipos reconhecidos em cada série para o teste de acuidade visual.

Quadro 4.40
Mapeamento de Contraste (figura 4.19).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
paciente	int	estrangeira->paciente(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
ct1	int	
ct2	int	
ct3	int	
ct4	int	
ct5	int	
ct6	int	
ct7	int	
ct8	int	
ct9	int	
ct10	int	
olho	int	
data	date	
hora	time	

Semelhante ao teste de acuidade, no teste de sensibilidade ao contraste é possível anotar a quantidade de optotipos identificados em cada série.

Quadro 4.41
Mapeamento de Estereopsia (figura 4.19).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
paciente	int	estrangeira->paciente(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
vertical	int	
horizontal	int	
data	date	
hora	time	

Quadro 4.42
Mapeamento de Gabor (figura 4.19).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
paciente	int	estrangeira->paciente(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
c1	int	
c2	tinyint	
c3	tinyint	
c4	tinyint	
c5	tinyint	
c6	tinyint	
c7	tinyint	
c8	tinyint	
c9	tinyint	
c10	tinyint	
c11	tinyint	
c12	tinyint	
c13	tinyint	
c14	tinyint	
c15	tinyint	
c16	tinyint	
c17	tinyint	
c18	tinyint	
c19	tinyint	
c20	tinyint	
c21	tinyint	
c22	tinyint	
c23	tinyint	
c24	tinyint	
olho	int	
data	date	
hora	time	

No teste de Gabor são armazenados os acertos ou erros na identificação de cada um dos padrões.

Quadro 4.43
Mapeamento de Ishihara (figura 4.19).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
paciente	int	estrangeira->paciente(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
is1	int	
is2	int	
is3	int	
is4	int	
is5	int	
is6	int	
is7	int	
is8	int	
is9	int	
is10	int	
is11	int	
is12	int	
is13	int	
is14	int	
is15	int	
is16	int	
is17	int	
data	date	
hora	time	

Como o sistema já se encontrava implementado e funcionando corretamente bastava somente integrá-lo ao sistema. Um programa de sincronia foi desenvolvido conforme o diagrama de casos de uso da figura 4.20.

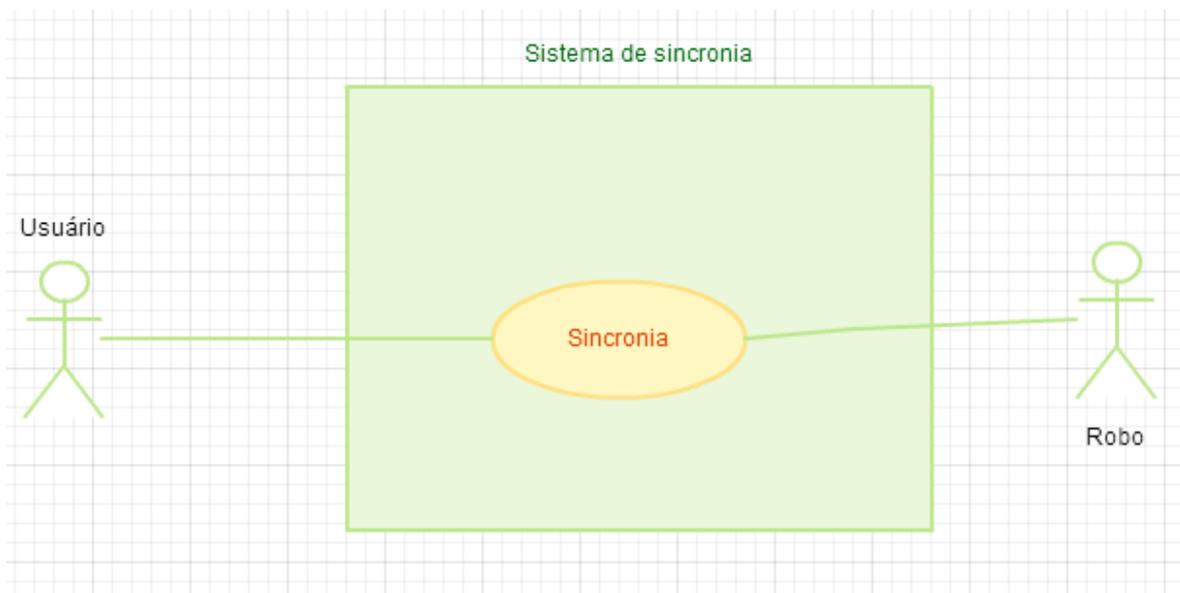


FIGURA 4.20- Modelo entidade-relacionamento para a sincronia do equipamento de triagem visual digital

O ator *Usuário* apenas solicita a execução da rotina de sincronia. Além disso o programa *Robo* pode realizar essa sincronia quando programado para tal.

O programa de sincronia foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C# e o mecanismo de sincronia está descrito em detalhes na seção 5.1.

4.2.2 – Triagem Auditiva

O equipamento de triagem auditiva é um equipamento desenvolvido pelo LAPAN. O teste aplicado é o de tom puro que determina as menores amplitudes que um indivíduo consegue identificar para uma determinada frequência em um sinal sonoro. As frequências variam de 500Hz à 8 kHz, valores contidos no espectro audível humano. Fones de ouvido são utilizados durante o teste para que a informação possa ser obtida por cada ouvido separadamente. A figura 4.21 apresenta um voluntário sendo submetido à triagem auditiva.

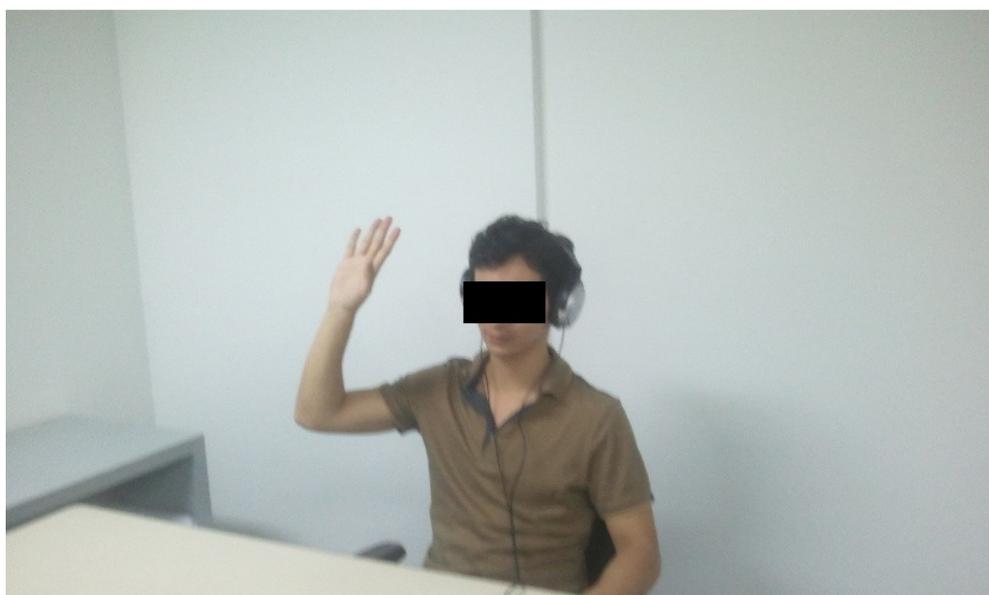


FIGURA 4.21- Voluntário submetido à triagem auditiva.

O software de triagem auditiva possui as seguintes características:

- Desenvolvido em linguagem Delphi em ambiente CodeGear RadStudio;
- SGBD MySQL;
- Código disponível;
- Banco de dados acessível sendo o mesmo utilizado pelo equipamento de triagem digital.

A figura 4.22 apresenta o diagrama entidade-relacionamento para a triagem auditiva.

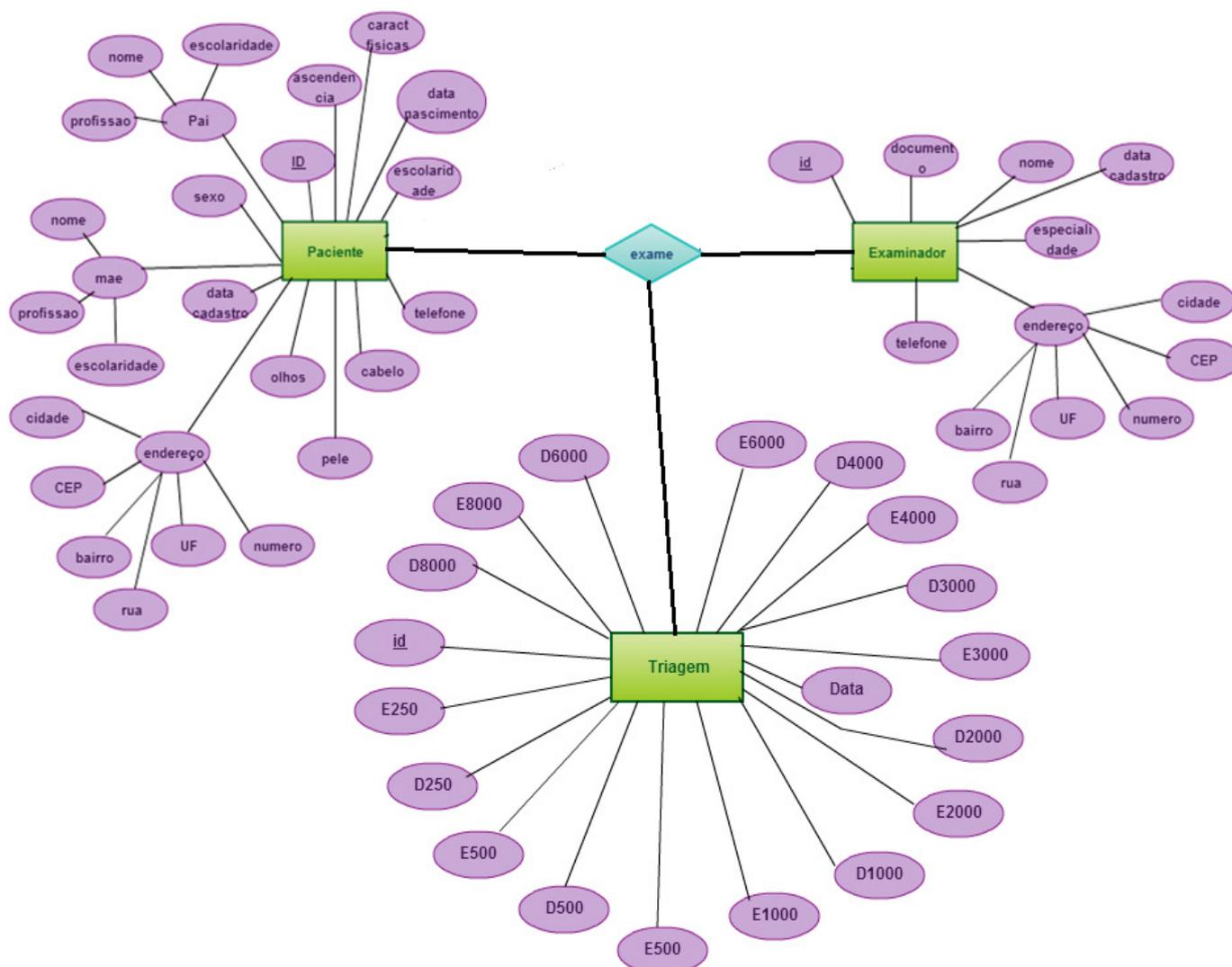


FIGURA 4.22- Diagrama ER para a triagem auditiva.

O *Examinador* aplica um *exame* em um *Paciente*. A cardinalidade do relacionamento *exame* é 1:1:N (para *Paciente:Examinador:Triagem*). Os atributos na *Triagem* correspondem ao limiar auditivo para o ouvido analisado (E para o ouvido esquerdo e D para o direito) para cada frequência, além de conter a data do exame e o sua chave primária *id*.

O quadro 4.44 apresenta o mapeamento desse diagrama em tabela.

Quadro 4.44
Mapeamento de Triagem (figura 4.22).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
paciente	int	estrangeira->paciente(id)
escola	int	estrangeira->escola(id)
E250	int	
D250	int	
E500	int	
D500	int	
E1000	int	
D1000	int	
E2000	int	
D2000	int	
E3000	int	
D3000	int	
E4000	int	
D4000	int	
E6000	int	
D6000	int	
E8000	int	
D8000	int	
data	date	
hora	time	

O equipamento possui baixo custo quando comparado com o custo de um audiômetro e é capaz de identificar perdas auditivas moderadas, severas e profundas. Como o módulo já se encontrava implementado e funcionando corretamente bastava somente integrá-lo ao sistema. Um programa de sincronia foi desenvolvido conforme o diagrama de casos de uso da figura 4.23.

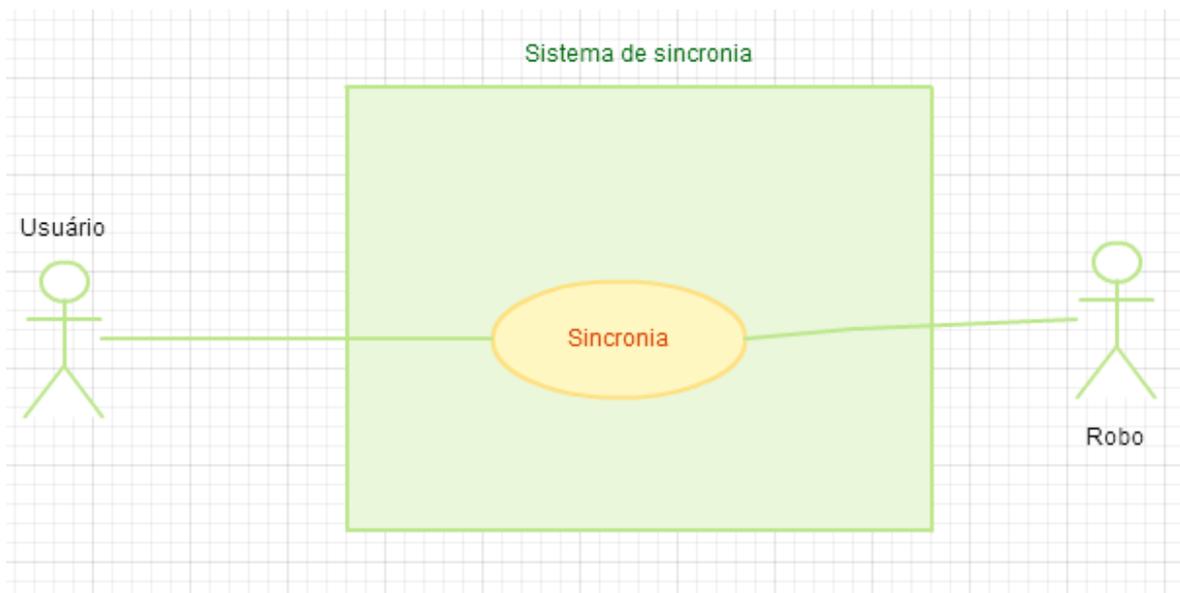


FIGURA 4.23- Diagrama de casos de uso para a sincronia do equipamento de triagem auditiva.

O ator *Usuário* apenas solicita a execução da rotina de sincronia. Além disso o programa *Robo* pode realizar essa sincronia quando configurado para tal.

O programa de sincronia foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C# e o mecanismo de sincronia está descrito em detalhes na seção 5.1.

4.2.3 – Audiometria

O equipamento de audiometria integrado ao sistema é o audiômetro Miracle, produzido pela empresa 3J de Santa Rita do Sapucaí, que possui as seguintes características:

- SGBD Firebird;
- banco de dados acessível;
- Desenvolvido com tecnologia totalmente digital;
- O envio dos estímulos é feito através do teclado e mouse com precisão, qualidade e estabilidade;
- O visor e o manuseio são totalmente pelo computador;
- Memória ilimitada para exames;
- Os exames e laudos podem ser impressos em qualquer impressora ligada ao computador;
- Produto desenvolvido conforme as normas técnicas nacionais e internacionais;
- Saída para computador - comunicação USB ou serial RS232.

O fabricante forneceu o acesso ao banco de dados Firebird utilizado pelo equipamento. A finalidade da integração é o encaminhamento das crianças que falharem na triagem para o exame audiométrico com profissional de saúde treinado e a comparação futura entre testes dos equipamentos.

O teste do audiômetro que é armazenado no sistema é o de limiar auditivo e o diagrama entidade-relacionamento do banco de dados do audiômetro encontra-se na figura 4.24

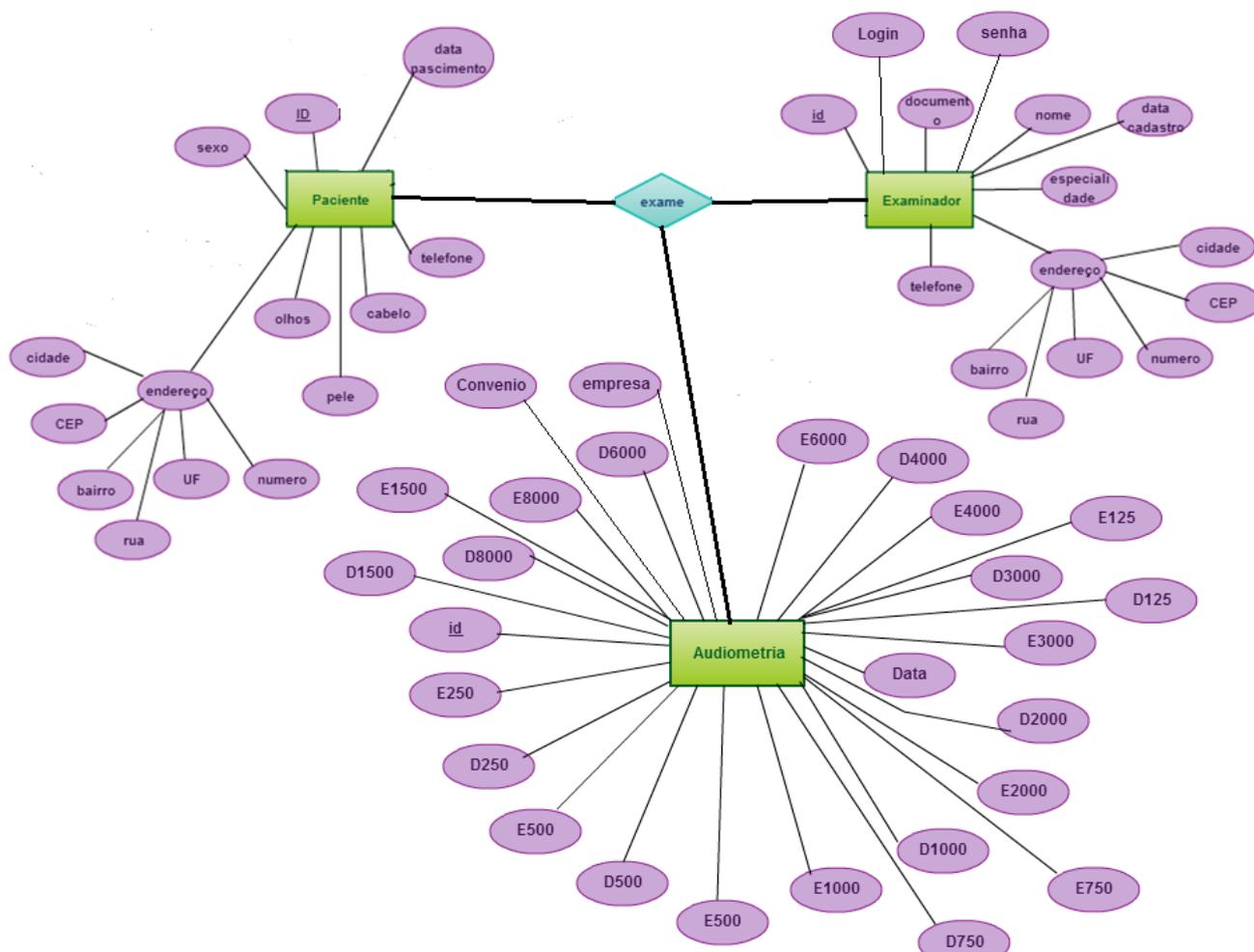


FIGURA 4.24- Modelo entidade-relacionamento para a sincronia do audiômetro.

Podemos observar que os dados de limiar do audiômetro são bem similares aos do equipamento de triagem (figura 4.22). Ele possui algumas frequências adicionais e a audiometria está ligada à uma empresa/escola.

O quadro 4.45 apresenta o mapeamento desse diagrama em tabela.

Quadro 4.45
Mapeamento de Triagem (figura 4.24).

Nome do Campo	Tipo	Chave
id	int	primária
examinador	int	estrangeira->examinador(id)
paciente	int	estrangeira->paciente(id)
empresa	int	estrangeira->escola(id)
E125	int	
D125	int	
E250	int	
D250	int	
E500	int	
D500	int	
E750	int	
D750	int	
E1000	int	
D1000	int	
E1500	int	
D1500	int	
E2000	int	
D2000	int	
E3000	int	
D3000	int	
E4000	int	
D4000	int	
E6000	int	
D6000	int	
E8000	int	
D8000	int	
data	date	
hora	time	

Como o banco de dados já se encontrava implementado e funcionando corretamente bastava somente integrá-lo ao sistema. Um programa de sincronia foi desenvolvido conforme o diagrama de casos de uso da figura 4.25.

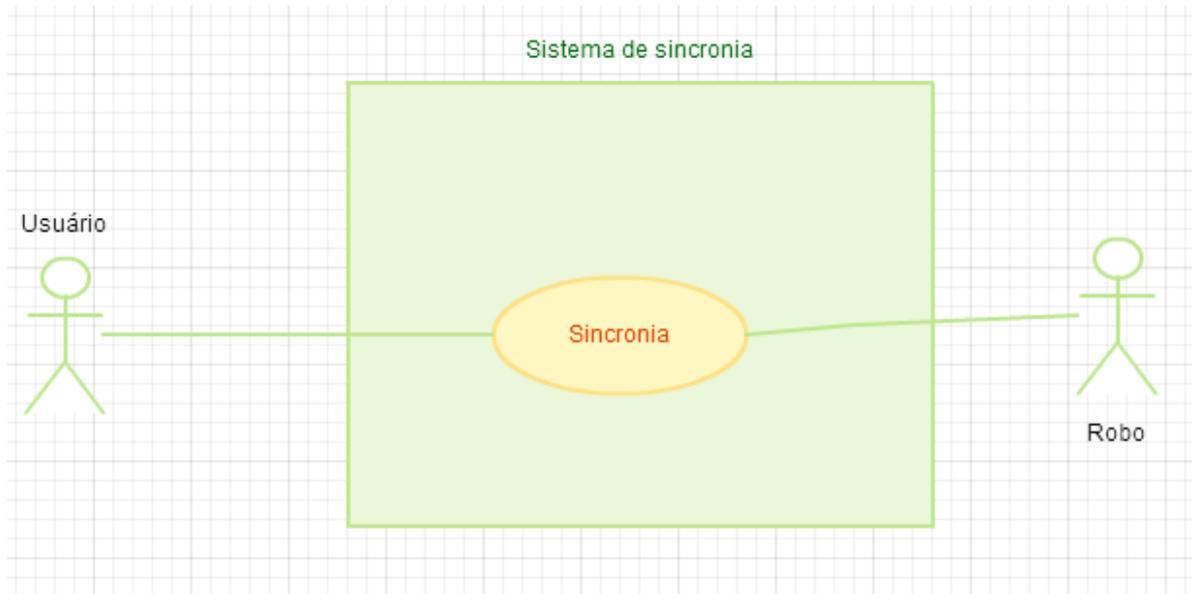


FIGURA 4.25- Diagrama de casos de uso para a sincronia do audiômetro.

O ator *Usuário* apenas solicita a execução da rotina de sincronia. Além disso o programa *Robo* pode realizar essa sincronia quando configurado para tal.

O programa de sincronia foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C# e o mecanismo de sincronia está descrito em detalhes na seção 5.1.

5 - SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO

Este capítulo detalha os mecanismos de integração e análise dos hardwares que compõem o sistema.

5.1 – Servidor web e servidor de dados

O servidor, que desempenha tanto a função de servidor web quanto a de servidor de dados, é responsável por:

- reunir os dados provenientes de cada estação de triagem;
- processar os dados afim de obter informação;
- apresentar a informação gerada na forma de relatórios.

O servidor deve funcionar como a representação da figura 5.1.

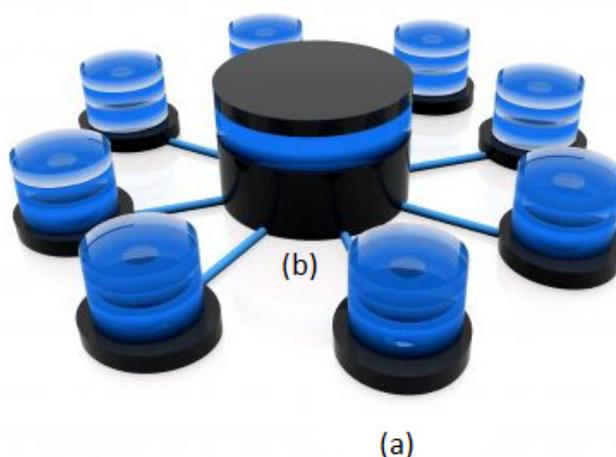


FIGURA 5.1 - Representação do sistema. Cada (a) banco de dados local da estação de triagem de se comunicar com (b) o servidor central que recebe todos os dados.

O SGBD (sistema de gerenciamento de banco de dados) do servidor é o Microsoft SQL Server 2008 Datacenter, cuja principal função é a de armazenar e recuperar dados solicitados por outras aplicações de software, seja aqueles no mesmo computador ou aqueles em execução em outro computador através de uma rede (incluindo a Internet). Ele possui diversos mecanismos que facilitam a consulta e o processamento dos dados por parte dos programas e possui algoritmos otimizados para a pesquisa, sendo um SGBD amplamente utilizado

atualmente.

Além disso, o sistema apresenta um servidor HTTP (*HyperText Transfer Protocol*, protocolo de comunicação que levou ao estabelecimento da World Wide Web como conhecemos atualmente) Apache, que é o servidor *web* mais utilizado atualmente, contendo aproximadamente 63.7% de todas as páginas web ativas e compondo 58.49% dos principais servidores dentre todos os domínios (W3Techs, 2013).

A linguagem de programação de servidor utilizada é o PHP (*PHP: Hypertext Preprocessor*, onde *PHP* é *Personal Home Page*, sendo este um acrônimo recursivo), uma das primeiras linguagens *server-sided* para a *web* a embutir um código fonte HTML ao invés de utilizar um arquivo externo. Ele pode ser utilizado na maioria dos servidores HTTP atuais e funciona em praticamente todos os sistemas operacionais, sendo, em 2007, utilizado por mais de 20.000.000 de páginas web e em mais de 1.000.000 de servidores (PHP.net, 2013).

5.2 – Transmissão de Dados

A transmissão dos dados adquiridos por cada deve possuir as seguintes características:

- ocorrer quando solicitado pelo examinador;
- ocorrer periodicamente;
- garantir a integridade dos dados.

Para atingir esse objetivos e, visto que o SGBD local é o MySQL e o SGBD do servidor é o SQLServer, a estratégia aplicada consiste em criar um campo de sincronia para cada tabela, tanto na estação de trabalho quanto no servidor. Além disso é criado um campo de origem para cada tabela do banco de dados do servidor.

O algoritmo de sincronia percorre cada tabela em uma ordem lógica procurando por tuplas não sincronizadas que, quando encontradas, são sincronizadas com o servidor. O campo de sincronia na estação de trabalho contém o id da tupla no servidor e o campo de sincronia no servidor contém o id da tupla na estação de trabalho. Além disso cada estação de trabalho contém um id único, que define a origem de cada tupla no servidor através do campo de origem.

Esse algoritmo foi implementado no *software* de triagem visual e em um outro *software* específico de sincronia que pode ser visualizado na figura 5.2.

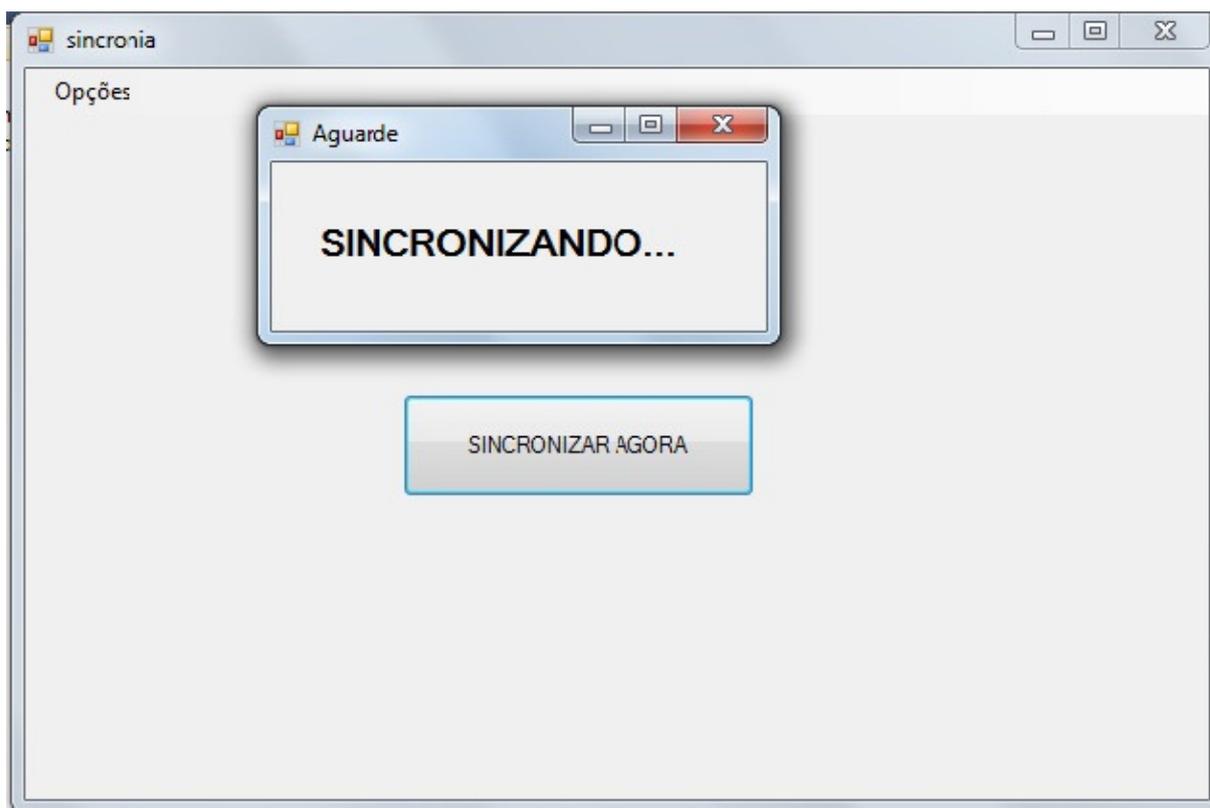


FIGURA 5.2 - Software realizando o envio de dados ao servidor central.

O software de sincronia também contém o agente *Robo* descrito nos vários diagramas do capítulo 4, que é uma rotina configurável pelo usuário no menu da figura 5.3 que executa automaticamente a transmissão dos dados no período selecionado.

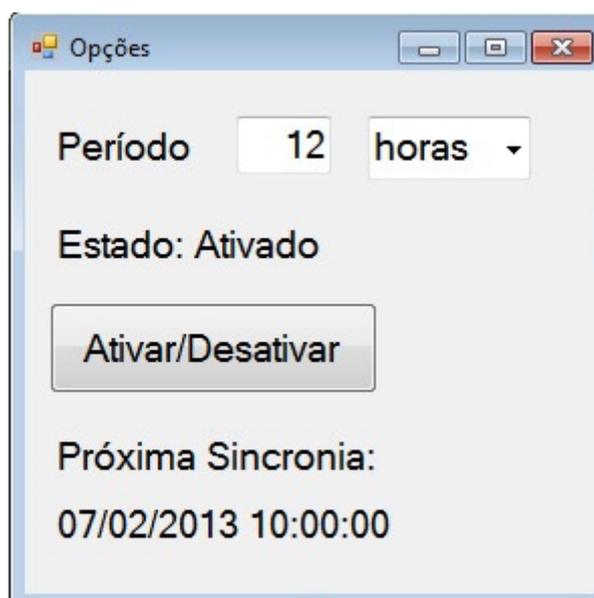


FIGURA 5.3 - Configuração do programa de sincronia automático.

O usuário escolhe um período, que pode ser em dias, horas ou minutos e pode ativar e desativar a sincronia automática. Além disso o menu *Opções* mostra quando será a próxima sincronia para o período selecionado.

Um teste de sincronia foi realizado transmitindo 2000 exames gerados aleatoriamente e todos foram sincronizados sem nenhuma perda. Além disso foi simulada uma queda de conexão com o servidor no meio da transferência e nenhum dado foi perdido ou corrompido no processo. Após o reestabelecimento da conexão os dados que não foram enviados antes da queda foram enviados com êxito.

A figura 5.4 apresenta o processo de sincronia de uma tupla. Essa tupla corresponde ao cadastro de um aluno teste.

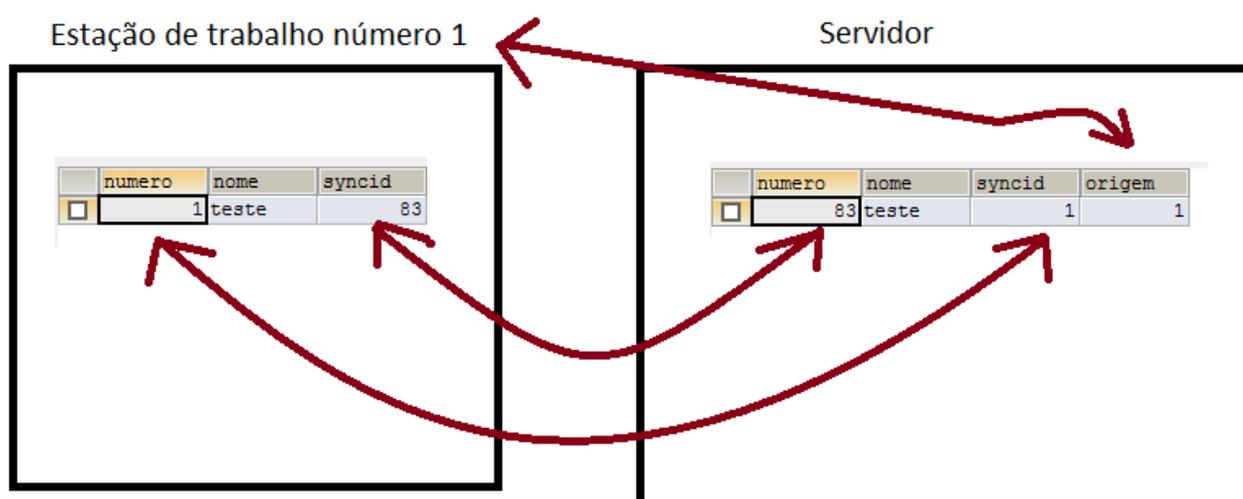


FIGURA 5.4 - Sincronia dos dados

Com os 3 campos adicionados (2 no servidor e 1 na estação de trabalho) é possível afirmar que o estudante "teste" possui id igual a 1 na estação de trabalho de número 1 e um id 83 no servidor. Essa informação pode ser obtida em consultas realizadas tanto no servidor central quanto na estação de trabalho.

O Mysql foi escolhido como SGBD nas estações de trabalho por ser fácil de instalar, leve e de código. O Microsoft SQL Server é utilizado no servidor por possuir ferramentas de gestão de dados e de manutenção que auxiliam o administrador de banco de dados, além de possuir bom desempenho, escalabilidade e confiança nos dados.

6 - PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os sistema deve ser capaz de gerar relatórios a partir da análise das informações coletadas e possuir as seguintes características:

- emitir relatórios por de uma determinada área: global, cidade, escola, sala;
- emitir relatórios individuais;
- garantir a segurança no acesso à essas informações.

6.1 – Relatórios individuais

A emissão de relatórios individuais deve ser feita logo após os testes de triagem visual. Para isso foi utilizado um programa que utiliza o OpenXML (Open eXtensible Markup Language). Utilizando o padrão ISO/IEC 29500, ele define uma codificação XML para arquivos em diversos softwares de edição de texto, planilhas e apresentação que é utilizado nos documentos com extensão docx, xlsx e pptx do Microsoft Office (Mahugh, 2010). O XML (eXtensible Markup Language) é uma linguagem de marcação de dados de forma a ser legível tanto por humanos quanto por máquinas através de etiquetas (comumente denominadas *tags*), que podem ser aninhadas umas dentro de outras, quando os dados são apresentados de uma forma hierárquica (W3C, 2010).

A figura 6.1 apresenta um modelo (*template*) de relatório utilizado para relatórios individuais.

RELATÓRIO DE TRIAGEM VISUAL

Prezado (a) Sr(a) ./Nome,

No dia ./Data, o(a) senhor(a) participou de uma triagem visual no ./Local. Esclarecemos que este exame, chamado Rastreamento Visual, objetiva detectar alguns dos aspectos mais importantes de sua função visual, sendo insuficiente, no entanto, para se fazer um diagnóstico preciso e completo, motivo pelo qual não substitui o exame oftalmológico feito pelo médico. Na presença de sintomas visuais, mesmo em casos onde este teste não detecte anormalidades, é recomendável uma avaliação médica.

Nome: ./Nome	Idade: ./Idade
Email: ./Email	Telefone: ./Telefone
Examinador: ./Examinador	

Examinado anteriormente: ./ExameAnterior

Oculos/lentes de contato: ./OculosLente

Problema ocular: ./ProblemaOcular

Resultado da Triagem

ASPECTO AVALIADO	RESULTADO	CONCLUSÃO
Acuidade visual/Olho direito (perto)	./ADP	./ADPC
Acuidade visual/Olho esquerdo (perto)	./AEP	./AEPD
Acuidade visual/Olho direito (longe)	./ADL	./ADLC

FIGURA 6.1 - Template de relatório.

Nesse modelo os campos assinalados pelo símbolo ./ são campos de seleção que serão posteriormente preenchidos a partir de uma fonte de dados também codificada em XML, que pode ser observada na figura 6.2.

```

1      <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2      <Exames>
3      <Exame>
4          <ExameID>22</ExameID>
5          <Nome>teste</Nome>
6          <Data>22/10/2012</Data>
7          <Local>Escola Teste/Local</Local>
8          <Email>mail@mail.com</Email>
9          <Examinador>Jean</Examinador>
10         <Idade>10</Idade>
11         <Telefone>00000000</Telefone>
12         <ExameAnterior> não.</ExameAnterior>
13         <OculosLente> não.</OculosLente>
14         <ProblemaOcular> não.</ProblemaOcular>
15         <unstereo>L7</unstereo>
16         <unstereoC>NORMAL</unstereoC>
  
```

FIGURA 6.2 - XML de dados de triagem.

O algoritmo criado injeta os dados do relório no template diretamente, gerando assim o relatório final sem a necessidade de utilizar o Microsoft Office ou qualquer outro editor de textos. A confecção desse algoritmo só foi possível graças ao estudo da norma ISO/IEC 29500 e à leitura de artigos do desenvolvedor Eric White, tanto na MSDN (MicroSoft Development Network) quanto no seu blog sobre o OpenXML. Essa estratégia faz com que seja possível a emissão de relatórios de forma muito mais rápida e sem erros de execução quando comparada à alternativa mais comum, que é usar o Microsoft Automation, que cria uma interface com o Microsoft Office. O relatório gerado pela união dos dados da figura 6.2 com o template da figura 6.1 pode ser visto na figura 6.3.





RELATÓRIO DE TRIAGEM VISUAL

Prezado (a) Sr.(a) teste,

No dia 22/10/2012, o(a) senhor(a) participou de uma triagem visual na Escola Teste. Esclarecemos que este exame, chamado Rastreamento Visual, objetiva detectar alguns dos aspectos mais importantes de sua função visual, sendo insuficiente, no entanto, para se fazer um diagnóstico preciso e completo, motivo pelo qual não substitui o exame oftalmológico feito pelo médico. Na presença de sintomas visuais, mesmo em casos onde este teste não detecte anormalidades, é recomendável uma avaliação médica.

Nome: teste	Idade: 10
Email: mail@mail.com	Telefone: 0000-0000
Examinador: Jean	

Examinado anteriormente: não.
 Oculos/lentes de contato: não.
 Problema ocular: não.

ASPECTO AVALIADO	RESULTADO	CONCLUSAO
Estereopsia	L7	NORMAL
Teste de visão de cores / Vermelho e Verde	2	NORMAL
Teste de visão de cores / Azul e Violeta	2	NORMAL
Acuidade visual/ Olho dir. (longe)	20/20	NORMAL
Acuidade visual/Olho esq. (longe)	20/20	NORMAL

FIGURA 6.3 - Relatório gerado aplicando os dados ao template.

6.2 – Relatórios coletivos

A interface web é responsável por emitir relatórios coletivos e segue o diagrama de casos de uso da figura 6.4.



FIGURA 6.4 - Diagrama de casos de uso para emissão de relatórios.

Essa interface implementa os diferentes atores de acordo com o seu nível de permissão de acesso (individual, sala, escola, região e global). O controle dos dados é feito através de acesso controlado por login e senha (figura 6.5).



The image shows a login interface on a dark blue background. At the top, the word "Login" is written in a large, white, sans-serif font. Below it, a smaller white font reads: "Favor entrar o seu usuário e senha para o sistema e clicar no botão LOGIN." There are two input fields: the first is labeled "Usuário:" and the second is labeled "Senha:". Both fields are empty and have a dark blue border. To the right of the "Senha:" field is a blue button with the word "LOGIN" in white, uppercase letters.

FIGURA 6.5 - Interface de acesso para o servidor.

O sistema de login implementado utiliza *hash* MD5 para as senhas. O *hash*, que também é conhecido como escrutínio, é uma sequência de bits geradas por um algoritmo de dispersão, geralmente representados em base hexadecimal. Ele possui a particularidade de poder possuir duas entradas diferentes com a mesma saída, não sendo possível construir um algoritmo inverso para decodificá-lo. O MD5 é um algoritmo de hash de 128 bits muito utilizado por diversos sistemas de segurança. Quando o usuário cadastra a sua senha no campo de senha, ela passa pelo algoritmo hash MD5 e a senha codificada é armazenada. Quando o usuário tenta entrar no sistema ele digita a senha, que é então codificada e comparada com a senha presente no banco (que também está codificada). Isso faz com que invasores, mesmo tendo acesso direto ao banco de dados, não consigam extrair as senhas dos usuários, sendo este mecanismo amplamente utilizado por sistemas de informação considerados seguros.

Quando o usuário acessa o sistema, é apresentado a ele opções de geração de relatórios dependendo do escopo das suas permissões. Após selecionadas algumas opções de filtragem, como data de início e data de fim e local, é apresentado ao usuário uma tabela contendo os resultados das triagens.

Bom Começo

[USUÁRIOS](#)
[RELATÓRIOS](#)
[CONTATO](#)
[SOBRE](#)

Mostrar 5 resultados

Triagem

ID	Paciente	Examinador	Local	Estereopsia	CoresVV	CoresAV	AcuidadeEL	AcuidadeDL	AcuidadeAL	Forias	Vis. Per.	AcuidadeEP	AcuidadeDP	AcuidadeAP
35		LAPAN	Setor de Dislexia/sala 13	L8	3	3	20/20	20/20	20/20	5/5.5	nasalD-55D-75D-85D-nasalE-55E-70E-85E-	20/20	20/20	20/20
36		LAPAN	Setor de Dislexia/sala 13	L8	3	3	20/30	20/30	20/20	5/6	55D-75D-55E-70E-85E-	20/30	20/30	20/20
38		LAPAN	Setor de Dislexia/sala 13	L2	3	3	20/50	20/70	20/50	5/6	nasalD-55D-75D-85D-nasalE-55E-70E-85E-	20/50	20/70	20/50
39		LAPAN	Setor de Dislexia/sala 13	L8	3	3	20/30	20/30	20/20	5/5	85D-85E-	20/30	20/30	20/20

FIGURA 6.6 - relatório extraído do servidor

7 - CONCLUSÕES

Foi desenvolvido um sistema capaz de integrar os dados obtidos por diversos sistemas hardware/software, coletando dados de triagem visual, triagem auditiva, análise de desempenho de leitura e dados biométricos básicos com o objetivo de monitorar a saúde visual, saúde auditiva, obesidade e desnutrição das crianças em idade escolar.

O sistema apresentou um desempenho conforme as especificações do projeto e se mostrou adequado para sua aplicação, em fase de testes, nas crianças em idade escolar. Ele é um sistema *hardware/software* sem igual, de fácil operação que integra diversas informações relacionadas à saúde das crianças e que permite o acompanhamento da criança a cada ano. Os dados são transmitidos para o servidor central de forma confiável e são processados de forma rápida, integrando as informações geradas de diversas estações de exame situadas em diferentes escolas.

Este sistema se mostra pertinente à medicina do futuro. Diferente da medicina atual, que age de forma corretiva, a medicina do futuro é uma medicina "4P": Preditiva, Preventiva, Personalizada e Participativa. O sistema gera um cadastro personalizado de cada aluno, auxilia na identificação e correção distúrbios que, quando identificados precocemente, não interferem de forma negativa ao desenvolvimento da criança. Além disso, ele gera informações úteis à tomada de decisões e integra os profissionais de saúde e educação através de uma plataforma de acompanhamento do desenvolvimento da criança.

8-TRABALHOS FUTUROS

Novos desenvolvimentos para aprimoramento do sistema já foram iniciados, tendo como objetivos a otimização dos processos já implementados e a agregação de novas informações ao sistema, como o acompanhamento do desempenho escolar e dados de imunização.

O acompanhamento do desempenho escolar, além do benefício de monitorar via software o desempenho em si, pode também ser utilizado como indicador do impacto que as medidas corretivas aplicadas às crianças que apresentam falha na triagem têm em sua aprendizagem.

Os dados de imunização criariam uma carteira de vacinação digital para a criança, constituindo mais um parâmetro relacionado à saúde da criança que pode ser acrescido ao sistema.

Abstract

Integrated system for monitoring the health of children health at school

The main goal of this dissertation was the design of a hardware/software system in order to monitor the development and health of children by collecting, integrating and organizing information related to socioeconomic data and biological parameters monitored at school. It consists of several subsystems (covering different hardware and software) of the acquisition, storage and transmission of data acquired through questionnaires, visual and auditory screening tests and analysis of reading performance. The visual screening includes testing of visual acuity, contrast sensitivity, stereopsis, color vision and phoria. Auditory screening evaluates the hearing threshold. The reading performance analysis is performed by an eye tracker, which measures the position of the eye at every moment. Basic biometric data, such as weight and height, are also stored, which allows the monitoring of obesity and malnutrition in children. Socio-economic data is also collected, such as age of child, age of parents, family income and whether the family is in receipt of government social programs. With this system it is possible to monitor visual health, hearing health, obesity and malnutrition among children each year. After being aggregated and processed on a server, these data generate information to be made available to managers and public health education in the form of individual and group reports, could subsidize clinical, epidemiological and strategic conclusions and would be important in the formulation and monitoring of public policies in more predictive, preventive, efficient and coordinated way.

Keywords: visual acuity screening, hearing threshold, data management, data integration, school-age child;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *ASA X3.4-1963 - American Standard Code for Information Interchange*, American Standards Association, 17 de Junho, 1963.
2. AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION (ASHA). **School-Age Hearing Screening**. Disponível em: <<http://www.asha.org/Advocacy/state/School-Age-Hearing-Screening/>> Acesso em : 10 de jan. 2013.
3. ALVAREZ A.M.M.A., CAETANO A.L., NASTAS S.S. **Processamento auditivo central. O que é isto?** Fono Atual. 1997;
4. ARIPPOL P.K.K., SALOMÃO S.R., BELFORT Jr. R. **Método computadorizado para medida da acuidade visual**. Arq. Bras. Oftalmol; 2006.
5. BESS F.H., HUMES L.E. **Fundamentos de Audiologia**. Porto Alegre,RS: Artes Médicas; 1998.
6. BECK J. **Leonardo's rules of painting**. Oxford: Phaidon Press. ISBN 0-7148-2056-3; 1979
7. BIRCH J. **Efficiency of the Ishihara test for identifying red-green color deficiency**. Ophthalmic & Physiological Optics, Great Britain, v. 17, n. 5, p 403-408,1997.
8. CANESTRI J.A. **Desenvolvimento de um sistema digital para mensurar a acuidade visual** In: XI seminário de Engenharia de Controle e Automação, 2008, Belo Horizonte. Anais do XI Seminário de Engenharia de Controle e Automação, 2008.
9. CANO M.A.T., SILVA G.B. **Deteção de problemas visuais e auditivos de escolares em Ribeirão Preto: estudo comparativo por nível sócio-econômico**. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*. 1994, vol.2, n.1
10. CARUCA J. **HID Application Class for Easy Reading of Joystick and Robotic Sensors**. Disponível em <www.codeproject.com>. Acesso em 30 Maio 2011.
11. CHAPPLE M. **SQL Fundamentals Databases**. Disponível em: <<http://databases.about.com/od/sql/a/sqlfundamentals.htm>> Acesso em 10 jan. 2013
12. CHEN P.P. **The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data**. ACM Transactions on Database Systems; 1976.
13. CODD E.F. **Derivability, Redundancy, and Consistency of Relations Stored in Large Data Banks**, IBM Research Report, 1969.

14. COELHO A.C.O., MARTA D.C., DIAS I.M.Á.V., SALVADOR M., REIS V. N., PACHECO Z.M.L. **Olho vivo: analisando a acuidade visual das crianças e o emprego do lúdico no cuidado de enfermagem.** Esc. Anna Nery, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2; 2010.
15. COLELLA-SANTOS M.F., BRAGATO G.R., MARTINS P.M.F., DIAS A.B. **Triagem auditiva em escolares de 5 a 10 anos.** Rev. CEFAC, São Paulo, v. 11, n. 4, Dec. 2009 .
16. COLENBRANDER A. **Measuring Vision and Vision Loss.** San Francisco, 2001.
17. CONSELHO BRASILEIRO DE OFTALMOLOGIA (CBO). **Glossário.** Disponível em: <<http://www.sboportal.org.br/site2/glossario.asp>> Acesso em : 5 de jan. 2013.
18. COUTINHO J.G., GENTIL P.C., TORAL N. **A desnutrição e obesidade no Brasil: o enfrentamento com base na agenda única da nutrição.** Cad Saude Publica. 2008;24
19. DALTON J. **Extraordinary facts relating to the vision of colours: with observations.** *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester* 5: 28-45. 1798
20. DOME E.F. **Estudo Do Olho Humano Aplicado à Optometria.** Editora Senac, 1999.
21. DOUGHERTY B.E., FLOM R.E.; BULLIMORE, M.A. **An Evaluation of the Mars letter contrast sensitivity test.** *Optometry and Vision Science*, v. 82, n. 11, p. 970-975, 2005.
22. EHRLICH M.I., REINECKE R.D., SIMONS K. **Preschool vision screening for amblyopia and strabismus. Programs, methods, guidelines.** *Surv Ophthalmol.* 1983;28(3):145-63. 1983.
23. ENGELMANN L., FERREIRA M.I.D.C. **Avaliação do processamento auditivo em crianças com dificuldades de aprendizagem.** *Rev. soc. bras. fonoaudiol.* [online]. 2009
24. EVANS, J.M. **Standards for visual acuity.** Gaithersburg - USA: NIST, 2006. 18 p.
25. EYE-COM RESEARCH. **Eye Tracking Research.** Disponível em:<<http://eyecomresearch.com/category/eyetrackingresearch/>> Acesso em 5 de jan. 2013.
26. FARNSWORTH, D. **The Farnsworth-Munsell 100-hue and dichotomous tests for color vision.** *Journal of the Optical Society of America*, 33, 568-578. 1943.
27. FIGUEIREDO R.M., SANTOS E.C., ALMAS DE JESUS I.A., CASTILHO R.M., SANTOS E.V. **Proposição de procedimento de detecção sistemática de perturbações oftalmológicas em escolares.** *Rev. Saúde Pública* [serial on the Internet]. 1993.
28. FISK D., STENSON S. **Contrast sensitivity, glare and quality of vision. Beyond**

20/20, 2004

29. FRANÇA V.C.R.M., SANTOS N.A. **The contrast sensitivity to distincts patterns in pre-school children.** *Paidéia* (Ribeirão Preto) , Ribeirão Preto, v. 16, n. 34, 2006
30. GASPARETTO M.E.R.F., TEMPORINI E.R., CARVALHO K.M.M., KARA-JOSE N. **Dificuldade visual em escolares: conhecimentos e ações de professores do ensino fundamental que atuam com alunos que apresentam visão subnormal.** *Arq. Bras. Oftalmol.* 2004, vol.67
31. GROSVENOR T. **Optometría de Atención Primaria.** Tradução de Santos, C.A.S. Elsevier España, 2004
32. HALPIN T. **Object-Role Modeling: an overview.** Report. 2001.
33. HANSEN S. **The Maddox Rod Test.** *Journal of Ophthalmic Medical Technology;* 2006.
34. HAWKEN M.J, BLAKEMORE C., MORLEY J.W. **Development of contrast sensitivity and temporal-frequency selectivity in primate lateral geniculate nucleus.** *Exp Brain Res* 114: 86–98, 1997.
35. HEDLEY A.A., Ogden C.L., Johnson C.L., Carroll M.D., Curtin L.R., Flegal K.M. **Prevalence of overweight and obesity among US children, adolescents, and adults 1999-2002.** *JAMA.* 2004.
36. HOOVER C, HARRIS P. **The Effects of Using the Readfast Computer Program on Eye Movement Abilities as Measured by the OBER2 Eye Movement Device.** *Journal of Optometric Vision Development.*v. 28. 1997.
37. HOWARD I., ROGERS B. **Seeing in Depth.** Oxford ISBN-13: 9780195367607. 2002
38. HYVÄRINEN L., NÄSÄNEN R., LAURINEN P. **New visual acuity test for pre-school children.** *Acta Ophthalmol* (Copenh). 1980
39. JACOB L.C.B., ALVARENGA K.F., ZEIGELBOIM B.S. **Avaliação audiológica do sistema nervoso auditivo central.** *Arq Int Otorrinolaringol.* 2000;
40. JULESZ, B. **Binocular depth perception of computer-generated images.** *Bell System Technical Journal* 39 (5): 1125–1163. 1960
41. KANSKI J.J. **Clinical ophthalmology: a systematic approach.** 5. ed. Philadelphia: Elsevier, 2003.
42. KEMPER A.R., HELFRICH A., TALBOT J., PATEL N., CREWS J.E. **Improving the rate of preschool vision screening: an interrupted time-series analysis.** *Pediatrics.* 2011
43. LEINONEN J., LAAKKONEN E., LAATIKAINEN L. **Random measurement error in visual acuity measurements in clinical settings.** *Acta Ophthalmol*

- Scand.* 2005;83:328–332
44. LEVINE M.W., SHEFNER J. **Fundamentals of Sensation and Perception.** New York: Oxford University Press. 2000.
 45. MAIA M., LEMLE M., FRANÇA A.I. **Efeito Stroop e rastreamento ocular no processamento de palavras.** *Ciências & Cognição.* v. 4, p. 2-17, 2007.
 46. MAHUGH D. **Office's Support for ISO/IEC 29500** Strict. MSDN blogs. Disponível em: <<http://blogs.msdn.com/b/dmahugh/archive/2010/04/06/office-s-support-for-iso-iec-29500-strict.aspx>> 2010.
 47. MAINI A.K. **Digital Electronics: Principles, Devices and Applications.** John Wiley and Sons. p. 28. ISBN 978-0-470-03214-5. 2007.
 48. MILLODOt M., **Dictionary of Optometry and Visual Science.** ISBN -0702029580; 2008
 49. MCALLISTER D.F. **Stereo & 3D Display Technologies, Display Technology.** In Hornak, Joseph P. (Hardcover). *Encyclopedia of Imaging Science and Technology*, 2 Volume Set. 2. New York: Wiley & Sons. pp. 1327–1344. ISBN 978-0-471-33276-3; 2002.
 50. MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE. **Projeto Olhar Brasil.** Brasília, 2007. Relatório , 24p.
 51. NORTHEN J.L., DOWNS M. P. **Desenvolvimento do Comportamento Auditivo.** Em J. L. Northen & M. P. Downs (Orgs.), *Audição em Crianças* (pp. 101-125). São Paulo,SP: Manole. 1989.
 52. OLIVEIRA F, MUCCIOLI C., SILVA L.M.P., SORIANO E.S., SOUZA C.E.B.,BELFORT JR R. **Avaliação da sensibilidade ao contraste e da estereopsia em pacientes com lente intra-ocular multifocal.** *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, v. 68, n. 4, p. 439 – 443, 2005.
 53. OWSLEY C., SEKULER R., SIEMSEN D. **Contrast sensitivity throughout adulthood.** *Vision Res.* 1983;23(7):689-99.
 54. PELI E. **Contrast in complex images.** *JOSA A*, Vol. 7, Issue 10, pp. 2032-2040 .1990
 55. PHP.NET, **Introduction: What can PHP do?** Manual de PHP Disponível em: <<http://www.php.net/manual/en/intro-whatcando.php>>. Acesso em 3 jan 2013.
 56. RAYMOND J.E., SHAPIRO K.L. **Usefulness of computerized visual acuity testing in a pediatric ophthalmology clinic.** *Can J Ophthalmol.* 1988;23(5):213-15.
 57. RODRIGUES, E.C., SOUZA G.A.C, MARTINS W.A., SOIBELMAN I., MEIRA A.R., FAUSTINO N.C., PRADO A.R.F. **Levantamento de condições de saúde de alunos dos estabelecimentos de ensino primário da Secretaria dos Negócios da Educação do Governo do Estado, no município de São Paulo Brasil.** *Rev. Saúde*

- Pública* [online]. 1972, vol.6, n.4
58. SALGADO C., CAPELLINI S.A. **Desempenho em leitura e escrita de escolares com transtorno fonológico.** *Psicol. Esc. Educ.* 2004, vol.8, n.2 , pp. 179-188 .
 59. SALLES J.F., PARENTE M.A.M.P. **Processos cognitivos na leitura de palavras em crianças: relações com compreensão e tempo de leitura.** *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 15(2), 321-331. 2002
 60. SANTOS N.A. **Tópicos em percepção e processamento visual da forma: acuidade visual versus sensibilidade ao contraste.** *Estudos e Pesquisas em Psicologia*, v. 3, n. 1, 2003.
 61. SILBERSCHATZ A., KORTH H.F., SUDARSHAN S. **Database System Concepts.** Sudarshan, 2005
 62. SIQUEIRA C.M., GURGEL-GIANNETTI J. **Mau desempenho escolar: uma visão atual.** *Rev. Assoc. Med. Bras.* 2011, vol.57, n.1 , pp. 78-87 .
 63. SLOANE A.E., ROSENTHAL P. **School vision testing.** *Transactions of the American Ophthalmological Society*, v. 58. 1960.
 64. SNELLEN H. **Probuchstaben: Zur Bestimmung der Sehschärfe.** (traduzido para inglês) Utrecht, 1862.
 65. SOARES F.C. **Sistema de triagem visual e auditiva de crianças em idade escolar, contactado a um banco de dados** [tese]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2009.
 66. SRINIVASAN K., RAMESH S.V, BABU N., SANKER, N., RAY A., K S.M. **Efficacy of a remote based computerised visual acuity measurement.** *Br J Ophthalmol* bjophthalmol-2012-301751; 2012.
 67. TEMPORINI E.R., KARA J.N, TAIAR A., FERRARINI M.L. **Validade da aferição da acuidade visual realizada pelo professor em escolares de 1ª à 4ª série de primeiro grau de uma escola pública do município de São Paulo, Brasil.** *Revista de Saúde Pública*, Vol.11, p.229-237; 1977.
 68. TOVEE M.J. **An Introduction to the Visual System.** Cambridge University Press. ISBN 0521709644. 2008.
 69. WESTHEIMER G. **The oscilloscopic view: retinal illuminance and contrast of point and line targets** *Vision Res.* 25, 1097-1103 1985.
 70. WHEATSTONE C. **On some remarkable and hitherto unobserved phenomena of binocular vision.** *Philosophical Transaction. Royal Society of London* 1838, vol. 128, pp 371-394
 71. WHITE E. **Generating Documents from SharePoint with Open XML Content Controls.** Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/en>

us/magazine/ee532473.aspx> Acesso em : 03 Jan 2013.

72. WHITE E. **Generating Open XML WordprocessingML Documents**. Disponível em: <<http://ericwhite.com/blog/2011/01/24/generating-open-xml-wordprocessingml-documents/>> Acesso em : 03 Jan 2013.
73. W3C, **Extensible Markup Language (XML) 1.1 (Second Edition)**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/REC-xml>>. Acesso em jan. 2010.
74. W3TECHS, **Usage of web servers for websites** Disponível em: <http://w3techs.com/technologies/overview/web_server/all>Acesso em : 03 Jan 2013.