



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
NEUROCIÊNCIAS E BIOLOGIA CELULAR
(ÁREA DE CONCENTRAÇÃO NEUROCIÊNCIAS)**

MARIA IZABEL TENTES CÔRTEZ

**Avaliação Psicofísica do Sistema Visual em Habitantes de
Duas Comunidades Ribeirinhas da Amazônia Expostos ao
Mercúrio: Comparação com Normas Estatísticas**

**Belém
2008**

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

MARIA IZABEL TENTES CÔRTEZ

**Avaliação Psicofísica do Sistema Visual em Habitantes de duas Comunidades
Ribeirinhas da Amazônia Expostos ao Mercúrio: Comparação com Normas
Estatísticas**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Neurociências e Biologia Celular (Área de Concentração Neurociências), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos de Lima Silveira.

**Belém
2008**

MARIA IZABEL TENTES CÔRTEZ

**Avaliação Psicofísica do Sistema Visual em Habitantes de duas Comunidades
Ribeirinhas da Amazônia Expostas ao Mercúrio:
Comparação com Normas Estatísticas**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências no Programa de Pós-graduação em Neurociências e Biologia Celular (Área de Concentração Neurociências), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, pela Comissão Examinadora formada pelos professores:

Data da Avaliação: 30 de janeiro de 2008

Professor Dr. Luiz Carlos de Lima Silveira - Orientador

Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Fisiologia, UFPA
Núcleo de Medicina Tropical, UFPA – Presidente

Professora Dra. Maria da Conceição Nascimento Pinheiro

Núcleo de Medicina Tropical, UFPA – Membro Titular

Professor Dr. Amauri Gouveia Júnior

Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Fisiologia, UFPA – Membro Titular

Professor Dr. Juarez Antônio Simões Quaresma

Núcleo de Medicina Tropical, UFPA – Membro Titular

Professora Dra. Dora Selma Fix Ventura

Universidade de São Paulo – Membro Titular

Professor Dr. Fernando Alan de Farias Rocha

Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Fisiologia, UFPA – Membro
Suplente

Côrtes, Maria Izabel Tentes Côrtes

AVALIAÇÃO PSICOFÍSICA DO SISTEMA VISUAL EM HABITANTES DE
DUAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS DA AMAZÔNIA EXPOSTAS AO
MERCÚRIO:

COMPARAÇÃO COM NORMAS ESTATÍSTICAS. Belém, Pará, UFPA/ICB, 2008.

xviii, 168 f

Tese: Doutor em Ciências (Neurociências)

1. Exposição mercurial. 2. Toxicidade mercurial. 3. Sensibilidade ao contraste.
4. Visão de cores. 5. Disfunção visual. 6. Ribeirinhos. 7. Amazônia. I. Universidade
Federal do Pará / Instituto de Ciências Biológicas. II. Título.

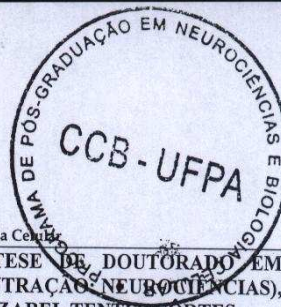
À minha família por todo amor que tem por mim e por acreditar no que escolhi para mim como profissional.

Às minhas filhas (Nathália e Izabela) por compreenderem e aceitarem os muitos momentos de ausência.

André, meu querido esposo! Em tão pouco tempo juntos, obrigada por reconhecer a importância da carreira acadêmica e pelo incentivo para que eu continue.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Biologia Celular



ATA DA COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO EM NEUROCIÊNCIAS E BIOLOGIA CELULAR (ÁREA DE CONCENTRAÇÃO NEUROCIÊNCIAS), APRESENTADO E DEFENDIDO PELA DOUTORANDA MARIA IZABEL TENTES CÔRTEZ.

No dia trina de janeiro do ano de dois mil e oito, às quatorze horas e trinta minutos, reuniu-se na Sala de Vídeo-Conferência do SECOM, no Campus da Universidade Federal do Pará, a Comissão Examinadora do Exame de Defesa de Tese de Doutorado em Neurociências e Biologia Celular, apresentada e defendida pela doutoranda **Maria Izabel Tentes Côrtes** e intitulada: "Avaliação Psicofísica do Sistema Visual em Habitantes de Duas Comunidades Ribeirinhas da Amazônia Expostas ao Mercúrio: Comparação com Normas Estatísticas". A Comissão Examinadora, organizada obedecendo ao disposto nas Resoluções do Conselho Superior de Ensino e Pós-Graduação, foi constituída pelos Professores: **Prof. Dr. Luiz Carlos de Lima Silveira** (UFPA), na condição de Presidente (sem direito a voto) e pelos membros: **Profa. Dra. Maria da Conceição Nascimento Pinheiro** (UFPA), **Prof. Dr. Amauri Gouveia Júnior** (UFPA), **Juarez Antônio Simões Quaresma** (UFPA) e **Profa. Dra. Dora Fix Ventura** (USP). Após haver a candidata apresentado os resultados de seu plano de Doutorado, obedecendo ao prazo regimental, foi dada a palavra aos examinadores para arguição, tendo a candidata respondido às perguntas formuladas. Logo após, reuniu-se a Comissão Examinadora para proceder ao julgamento, sendo atribuídas as seguintes notas: **Profa. Dra. Maria da Conceição Nascimento Pinheiro** Nota: 9,5 (~~EXCELENTE~~), **Prof. Dr. Amauri Gouveia Júnior**, Nota: 10 (~~EXCELENTE~~), **Prof. Dr. Juarez Antônio Simões Quaresma**, Nota: 10 (~~EXCELENTE~~), **Profa. Dra. Dora Fix Ventura** Nota: 10 (~~EXCELENTE~~) tendo a candidata obtido como nota final 9,95 e conceito EXCELENTE. Desta forma, a Comissão Organizadora decidiu recomendar a outorga do Grau em **Doutorado em Neurociências e Biologia Celular (Área de Concentração: Neurociências)**, à aluna **Maria Izabel Tentes Côrtes**. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Banca Examinadora deu por encerrado os trabalhos e foi lavrada a presente Ata, que vai devidamente assinada pelo Presidente e examinadores.

Belém, 30 de Janeiro de 2008.

Prof. Dr. Luiz Carlos de Lima Silveira (Presidente)

Profa. Dra. Maria da Conceição Nascimento Pinheiro

Prof. Dr. Amauri Gouveia Júnior

Prof. Dr. Juarez Antônio Simões Quaresma

Profa. Dra. Dora Fix Ventura

AGRADECIMENTOS

À Deus, por dirigir os meus passos, tudo no mundo acontece com sua permissão.

Ao Professor Dr. Luiz Carlos de Lima Silveira. Não só por sua orientação acadêmica, também pela referência profissional que é. Não esquecerei que um dia bati na porta do seu laboratório para pedir informações sobre como fazer uma pós-graduação e ele abriu as portas para a minha formação profissional.

Aos colegas do Laboratório de Neurofisiologia Eduardo Oswaldo Cruz por todos esses anos de convivência e crescimento profissional, em particular a Anderson Raiol Rodrigues pela inestimável ajuda na realização do projeto de pesquisa cujos resultados integram essa tese de doutorado.

A todos os professores que ministraram os diferentes componentes curriculares dentro do programa de pós-graduação, os quais contribuíram grandemente para a minha formação.

À Dra. Maria da Conceição Nascimento Pinheiro, por me conceder a oportunidade de participar juntamente com ela das viagens de campos para colheita dos dados, sem as quais não seria possível este trabalho e pelo seu exemplo profissional.

Agradeço também a todos os meus queridos companheiros de viagem de campo a colaboração no trabalho e as horas de descontração.

Às pessoas que foram voluntárias desta pesquisa, por terem dedicado parte do seu tempo e pela paciência, o que sei não ser fácil.

A todas as pessoas que me acolheram e me deram todo apoio em Belém no tempo em que estive presente nesta bela cidade.

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Neurofisiologia Eduardo Oswaldo Cruz, Departamento de Fisiologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, e no Laboratório de Neurologia Tropical, Núcleo de Medicina Tropical, Universidade Federal do Pará, sob a orientação do Prof. Dr. Luiz Carlos de Lima Silveira. Estavam em vigência os seguintes suportes financeiros: CNPq-PRONEX / SECTAM-FUNTEC / FADESP nº 1079; CNPq Edital Universal nº 471815/2004-7; CNPq Edital Universal nº 486351/2006-8; CNPq EDITAL MCT/CT-INFRA/CT-ENERG nº 620248/2006-8; CAPES-PROCAD nº 0019/01-1; FINEP/FADESP Rede Instituto Brasileiro de Neurociência (IBN Net), Ref nº 4191/05, Proc. nº 01.06.0842-00, Convênio nº 1723.

RESUMO

Foi estudado o desempenho visual em tarefas espaciais e temporais cromáticas e acromáticas de sujeitos expostos ao mercúrio e comparado os resultados com normas obtidas de indivíduos de idade similar. Apenas testes fotópicos foram usados para avaliar o desempenho da visão central. Os resultados são de um grupo de 40 habitantes de comunidades ribeirinhas da Bacia do Rio Tapajós, Estado do Pará, expostos ao mercúrio através da dieta rica em peixes. As normas estatísticas foram geradas pelos testes de sujeitos controles sadios, provenientes de outras regiões do Estado do Pará, divididos em três grupos de acordo com a idade, grupo I (16 – 30 anos), grupo II (31 – 45 anos) e grupo III (46 – 60 anos), compostos por 23 a 82 sujeitos, dependendo do teste e grupo etário. Os sujeitos foram examinados por médicos especializados em clínica médica, oftalmologia e neurologia antes de serem submetidos aos testes psicofísicos visuais. Os testes psicofísicos consistiram de um conjunto de programas escritos em linguagem de programação C++, desenvolvidos para uso em estação de trabalho IBM RISC6000 e computadores IBM-PC e que controlavam a exibição de padrões visuais em monitores de alta resolução espacial, temporal e cromática, registravam a resposta do sujeito e realizavam o processamento estatístico dos resultados. Os testes compreendem medidas de sensibilidade ao contraste espacial acromático entre 0,2 e 30 ciclos/grau, sensibilidade ao contraste temporal acromático entre 0,5 e 32 Hz e capacidade de ordenamento de cores (teste de Farnsworth-Munsell de cem matizes, FM-100). O coeficiente de correlação linear de Pearson mostrou uma correlação muito fraca entre o mercúrio como variável fixa e a área do campo visual, pontuação no FM-100 e sensibilidade ao contraste como variáveis dependentes. O desempenho de uma proporção significativa de sujeitos expostos ao mercúrio para os testes psicofísicos foi abaixo das normas: baixa sensibilidade ao contraste acromático nas frequências espaciais e temporais médias e altas, alto número de erros no teste de ordenamento de cores em todas as faixas etárias. Esses achados indicam que a avaliação psicofísica pode ser usada para quantificar o grau de perda visual de sujeitos expostos ao mercúrio.

Palavras chaves: exposição ao mercúrio, toxicidade do mercúrio, sensibilidade ao contraste, visão de cores, disfunção visual, ribeirinhos da Amazônia.

ABSTRACT

We studied the visual performance in achromatic and chromatic spatial and temporal tasks of mercury-exposed subjects and compared the results with norms obtained from individuals of similar age. Only photopic tests devised to measure the central vision were used. The results are from a group of 40 inhabitants of Amazonian riverside communities exposure to methylmercury through their fish diet. Statistical norms were generated by testing healthy control subjects divided in three groups according to their age (23 to 82 subjects depending of test and age group). Routine clinical, neurological, and ophthalmologic examination of all subjects was performed prior psychophysical assessment. The psychophysical tests consisted of software written in C++ programming language, and were developed for use in IBM RISC6000 and IBM-PC workstations. They comprised measurements of spatial achromatic contrast sensitivity between 0.2 and 30 cycles/degree, temporal achromatic contrast sensitivity between 0.5 and 32 Hz and Farnsworth-Munsell colour arrangement test. Pearson linear coefficient showed a weak correlation between mercury level and visual field area, FM-100 score and contrast sensitivity as dependent variables. The performance displayed by several of the mercury-exposed subjects was below the norms: lower achromatic contrast sensitivity in middle spatial and temporal frequencies and high error score in the colour arrangement test. Our findings indicate that psychophysical assessment can be used to quantify the degree of visual impairment of mercury- exposed subjects.

Key words: mercury exposure, mercury toxicity, contrast sensitivity, colour vision, visual dysfunction, Amazon, riverside.

SUMÁRIO

	Resumo	
	Abstract	
	Lista de Tabelas	
	Lista de Figuras	
1	INTRODUÇÃO	14
1.1	MERCÚRIO – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS	18
1.2	CONTEXTO HISTÓRICO DA UTILIZAÇÃO E CONSUMO DE COMPOSTOS MERCURIAIS	19
1.3	FONTES DE CONTAMINAÇÃO MERCURIAL NO BRASIL	26
1.4	ASPECTOS CLÍNICOS DAS DIFERENTES FORMAS DO MERCÚRIO NO ORGANISMO	28
1.4.1	Mercúrio Inorgânico	29
1.4.2	Mercúrio Orgânico (Metilmercúrio – MeHg)	32
1.5	A CONTAMINAÇÃO MERCURIAL EM POPULAÇÕES E PESCADO PRÓXIMOS ÀS ÁREAS DE MINERAÇÃO AURÍFERA DA AMAZÔNIA	37
1.6	EFEITOS DA INTOXICAÇÃO PELO MERCÚRIO SOBRE O SISTEMA VISUAL	42
1.7	ALTERAÇÕES PSICOFÍSICAS DO SISTEMA VISUAL NA INTOXICAÇÃO MERCURIAL	44
1.8	JUSTIFICATIVA	50
2	OBJETIVOS	51
2.1	OBJETIVO GERAL	51
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	51

3	MATERIAIS E MÉTODOS	52
3.1	POPULAÇÃO ESTUDADA	52
3.2	SUJEITOS	55
3.3	PROCEDIMENTOS INICIAIS	66
3.4	AVALIAÇÃO PSICOFÍSICA	71
3.4.1	Avaliação Psicofísica da Sensibilidade ao Contraste Espacial de Luminância (SCEL)	72
3.4.2	Avaliação Psicofísica da Sensibilidade ao Contraste Temporal de Luminância (SCTL)	75
3.4.3	Avaliação Psicofísica da Discriminação de Cores pelo Teste de Ordenamento de Cores de Farnsworth-Munsell	78
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	82
3.5.1	Índice de Correlação Linear de Pearson	82
3.5.2	Intervalos de Confiança e de Tolerância	82
3.5.3	Test t	83
4	RESULTADOS	84
4.1	DETERMINAÇÃO DA MEDIDA DA ÁREA DO CAMPO VISUAL NA PERIMETRIA DINÂMICA DE FÖRSTER.	85
4.2	ANÁLISE DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE OS RESULTADOS DA PERIMETRIA, FM-100, SCEL E A DOSAGEM DE MERCÚRIO TOTAL COMO VARIÁVEL FIXA	85
4.2.1	Área do Campo Visual Versus Concentração de Mercúrio Total	85
4.2.2	Razão Entre as Áreas dos Campos Visuais de Sujeitos Expostos e Controles e a Concentração de Mercúrio Total	86

4.2.3	Dosagem de Mercúrio Versus Teste FM-100	87
4.2.4	Dosagem de Mercúrio Versus SCEL	89
4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA SENSIBILIDADE AO CONTRASTE DE LUMINÂNCIA ESPACIAL – SCLE	92
4.3.1	Análise dos Resultados da SCEL de Sujeitos Controles e Sujeitos Expostos ao Mercúrio em Todas as Faixas Etárias	92
4.3.2	Análise dos Resultados da SCEL de Sujeitos Controles na Faixa Etária de 16-30 Anos e Sujeitos Expostos ao Mercúrio na Mesma Faixa Etária	96
4.3.3	Análise dos Resultados da SCEL de Sujeitos Controles na Faixa Etária de 31-45 Anos e Sujeitos Expostos ao Mercúrio na Mesma Faixa Etária	97
4.3.4	Análise dos Resultados da SCEL de Sujeitos Controles na Faixa Etária de 46-60 Anos e Sujeitos Expostos ao Mercúrio na Mesma Faixa Etária	99
4.3.5	Análise dos Resultados da SCEL de Sujeitos Expostos ao Mercúrio, em Todas as Faixas Etárias, Para as Duas Comunidades Estudadas	100
4.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA SENSIBILIDADE AO CONTRASTE DE LUMINÂNCIA TEMPORAL – SCLT	104
4.4.1	Análise dos Resultados da SCTL de Sujeitos Controles e Sujeitos Expostos ao Mercúrio em Todas as Faixas Etárias	104
4.5	RESULTADOS DO TESTE FM-100	112
4.5.1	Análise de Todos os Sujeitos Expostos ao Mercúrio Versus Controles	112
4.5.2	Análise dos Sujeitos Controles 16-30 Anos Versus Sujeitos Expostos ao Mercúrio de Mesma Faixa Etária	112
4.5.3	Análise dos Sujeitos Controles 31-45 Anos Versus Sujeitos Expostos ao Mercúrio de Mesma Faixa Etária	117

4.5.4	Análise dos Resultados dos Sujeitos Controles 46-60 Anos Versus Sujeitos Expostos ao Mercúrio de Mesma Faixa Etária	118
4.5.5	Análise dos Resultados de Sujeitos Expostos ao Mercúrio de São Luis do Tapajós e Barreiras Separadamente Versus as Normas Controles	123
5	DISCUSSÃO	125
5.1	ANÁLISES DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE OS RESULTADOS DE PERIMETRIA, FM-100, SCE E OS NÍVEIS DE MERCÚRIO TOTAL NO CABELO	125
5.2	ANÁLISES DOS TESTES CROMÁTICOS E ACROMÁTICOS DE AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO VISUAL NA EXPOSIÇÃO AO METILMERCÚRIO EM COMUNIDADES RIBEIRINHAS	126
5.3	SENSIBILIDADE AO CONTRASTE ESPACIAL DE LUMINÂNCIA	127
5.4	SENSIBILIDADE AO CONTRASTE TEMPORAL DE LUMINÂNCIA	128
5.5	CAPACIDADE DE ORDENAMENTO DE CORES AVALIADA COM O FM-100	129
6	CONCLUSÕES	131
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
	APÊNDICES	161

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Sujeitos controles que realizaram o Teste de Ordenamento de Cores de Farnworth Munsell.	58
Tabela 2	Sujeitos controles que realizaram o teste de Função de Sensibilidade ao Contraste Espacial de Luminância.	61
Tabela 3	Sujeitos controles que realizaram a avaliação de Função de Sensibilidade ao Contraste Temporal de Luminância (FSCTL).	64
Tabela 4	Sujeitos expostos ao mercúrio que realizaram o Teste de Ordenamento de Cores de Farnworth-Munsell de 100 Matizes (FM-100), Teste de Sensibilidade ao Contraste Espacial de Luminância (FSCEL) e Teste de Sensibilidade ao Contraste Temporal de Luminância (FSCTL).	65
Tabela 5	Valores numéricos de 29 sujeitos expostos ao mercúrio em diferentes variáveis para análise do índice de correlação linear entre as dosagens de mercúrio e os valores numéricos da área do campo visual, razão e valores de erros do FM-100.	88
Tabela 6	Valores numéricos de 13 sujeitos expostos ao mercúrio para análise do índice de correlação linear entre os valores de dosagens de mercúrio e os valores (log) de 11 frequências espaciais do Teste de Sensibilidade ao Contraste de Luminância Espacial.	90
Tabela 7	Log dos valores de medidas das 07 frequências temporais para 34 sujeitos controles.	93
Tabela 8	Log dos valores de medidas das 07 frequências temporais para 12 sujeitos expostos ao mercúrio de São Luis do Tapajós (SLT) e Barreiras (B).	94
Tabela 9	Valores de média, desvio padrão e limites de tolerância superior e inferior para o log de 11 frequências espaciais de sujeitos expostos ao mercúrio de São Luis do Tapajós e Barreiras em todas as faixas etárias.	103
Tabela 10	Log dos valores de medidas das 07 frequências temporais para 34 sujeitos controles. Também estão representados na tabela informações sobre idade, origem, olho testado, bem como os valores	105

de média, desvio padrão e limites de tolerância superior e inferior.

Tabela 11 Log dos valores de medidas das 07 frequências temporais para 12 107
sujeitos expostos ao mercúrio de São Luis do Tapajós (SLT) e
Barreiras (B).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa ilustrativo das áreas alvos do presente estudo. As comunidades de Barreiras e São Luis do Tapajós no município de Itaituba.	53
Figura 2	Foto ilustrativa da cidade de Barreiras, Itaituba.	54
Figura 3	Foto ilustrativa do Posto de Saúde da cidade de São Luis do Tapajós	55
Figura 4	Placas com Optotipos de Snellen, usadas para medida da acuidade visual. (a) Estímulo para pessoas alfabetizadas. (b-d) Estímulos para pessoas não alfabetizadas, orientadas a mostrar com as mãos a orientação espacial do estímulo.	67
Figura 5	Pranchas pseudoisocromáticas de Ishihara, utilizadas para identificação de deficiências de visão de cores dos tipos protan e deutan (daltonismo).	68
Figura 6	Arco perímetro simples de Förster.	69
Figura 7	Ilustração do procedimento de medida do campo visual, através da Perimetria Dinâmica com o Arco Perímetro de Föster.	70
Figura 8	Estímulo visual utilizado em testes psicofísicos que medem a Função de Sensibilidade ao Contraste Espacial de Luminância.	74
Figura 9	Representação gráfica do resultado de um teste de avaliação da Sensibilidade ao Contraste Espacial de Luminância, mostrando médias e desvios padrões para um sujeito controle.	75
Figura 10	Estímulos utilizados na medida da Sensibilidade ao Contraste Temporal de Luminância.	76
Figura 11	Representação gráfica do resultado de um teste de avaliação da	78

Sensibilidade ao Contraste Temporal de Luminância, mostrando médias e desvios padrões para sujeitos controles.

- Figura 12 Exemplo imagem da tela de apresentação da versão computadorizada 80
das quatro séries que compõem o teste de avaliação da discriminação
de cores pelo Teste de Ordenamento de Cores de Farnsworth-
Munsell.
- Figura 13 Seqüência de realização de uma série do Teste FM-100. 81
- Figura 14 Representação gráfica do resultado de uma avaliação da 82
discriminação de cores feita pelo Teste de Ordenamento de Cores de
Farnsworth-Munsell
- Figura 15 Análise do índice de correlação linear entre a dosagem de mercúrio 86
como variável fixa e a área do campo visual como variável
independente para sujeitos expostos ao mercúrio ($n = 29$).
- Figura 16 Análise do índice de correlação linear entre a dosagem de mercúrio 87
como variável fixa e a razão entre os valores da medida da área do
campo visual dos sujeitos expostos ao mercúrio ($n = 29$).
- Figura 17 Análise do índice de correlação linear entre a dosagem de mercúrio 89
como variável fixa e os valores de erro do teste de ordenamento de
cores de Farnsworth Munsell (FM-100) de sujeitos expostos ao
mercúrio ($n = 29$).
- Figura 18 Análise do índice de correlação linear entre a dosagem de mercúrio 91
como variável fixa e as 11 frequências espaciais do teste de
sensibilidade ao contraste espacial de luminância – FSCL.
- Figura 19 Comparação das normas estatísticas no FSCLE de todos os sujeitos 96
controles com todos os sujeitos expostos ao mercúrio das

comunidades de Barreiras e São Luis do Tapajós.

Figura 20	Comparação das normas estatísticas no FSCLE de sujeitos controles com sujeitos expostos ao mercúrio das comunidades de Barreiras e São Luis do Tapajós na faixa etária de 16 -30 anos.	98
Figura 21	Comparação das normas estatísticas no FSCLE de sujeitos controles com sujeitos expostos ao mercúrio das comunidades de Barreiras e São Luis do Tapajós na faixa etária de 31 - 45 anos.	99
Figura 22	Comparação das normas estatísticas no FSCLE de sujeitos controles com sujeitos expostos ao mercúrio das comunidades de Barreiras e São Luis do Tapajós na faixa etária de 46 -60 anos.	101
Figura 23	Comparação das normas estatísticas no FSCLE de sujeitos expostos ao mercúrio das comunidades de Barreiras e São Luis do Tapajós.	102
Figura 24	Comparação das normas estatísticas de sujeitos controles do grupo I com sujeitos expostos ao mercúrio do grupo I.	108
Figura 25	Comparação com normas estatísticas para todos os sujeitos expostos ao mercúrio.	109
Figura 26	Comparação da média dos sujeitos expostos ao mercúrio com as normas estatísticas de São Luis do Tapajós e Barreiras.	110
Figura 27	Comparação dos valores de sensibilidade de cada sujeito com as normas estatísticas.	111
Figura 28	Resultados do teste FM-100 com gráficos de média de todos os sujeitos do grupo controle e todos os sujeitos expostos ao mercúrio.	114
Figura 29	Resultados do teste FM-100 com valores de normas estatísticas para os valores de erro de sujeitos controles e sujeitos expostos ao mercúrio de todas as faixas etárias.	115

Figura 30	Resultados do teste FM-100 com gráficos de média de sujeitos controle e sujeitos expostos ao mercúrio do grupo 16-30.	116
Figura 31	Resultados do teste FM-100 com valores de normas estatísticas para os valores de erro de sujeitos controles e sujeitos expostos ao mercúrio de 16 – 30 anos.	117
Figura 32	Resultados do teste FM-100 com gráficos de média de sujeitos controle e sujeitos expostos ao mercúrio de 31-45.	119
Figura 33	Resultados do teste FM-100 com valores de normas estatísticas para os valores de erro de sujeitos controles e sujeitos expostos ao mercúrio de 31-45 anos.	120
Figura 34	Resultados do teste FM-100 com gráficos de média. de sujeitos do grupo controle de 46-60 anos e sujeitos expostos ao mercúrio do grupo 46-60.	121
Figura 35	Resultados do teste FM-100 com valores de normas estatísticas para os valores de erro de sujeitos controles e sujeitos expostos ao mercúrio de 46-60 anos.	122
Figura 36	Resultados do teste FM-100 com valores de normas estatísticas para os valores de erro de todos os sujeitos expostos ao mercúrio.	124

LISTA DE ABREVIATURAS

CIE	Comissão Internacional de Iluminação
FM-100	Teste de Ordenamento de Cores de Farnsworth-Munsell de 100
Matizes	
FSCEL	Função de Sensibilidade ao Contraste Espacial de Luminância
FSCTL	Função de Sensibilidade ao Contraste Temporal de Luminância
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
LTI	Limite de Tolerância Inferior
LTS	Limite de Tolerância Superior
MeHg	Metilmercúrio
NMT	Núcleo de Medicina Tropical
SLT	São Luis do Tapajós
UFPA	Universidade Federal do Pará
VEP	Potencial Provocado Visual (Visual Evoked Potential)

1 INTRODUÇÃO

O organismo humano recebe diariamente, seja pela alimentação, seja por outras vias de contato, uma série de substâncias químicas necessárias ou não para a sua sobrevivência. A forma de processamento dessas substâncias depende de diversos processos metabólicos nos quais participam uma série de sistemas enzimáticos presentes no organismo. A forma de proceder do organismo com as substâncias que entra em contato também se aplica aos xenobióticos. A biotransformação, o conjunto de processos que introduz mudanças na estrutura de um xenobiótico com a finalidade de favorecer sua eliminação, é a forma que o organismo usa para se proteger (BELLO GUTIÉRREZ & LÓPEZ DE CERAIN SALSAMENDI, 2001).

Os processos de biotransformação de um xenobiótico estão muito relacionados com o tempo de permanência no organismo, circunstância essa que tem grande importância no âmbito toxicológico por duas razões. Em primeiro lugar, a magnitude do dano produzido pela atividade do xenobiótico será tanto maior quanto mais prolongada a exposição ao mesmo. Em segundo lugar, a estabilidade química de um xenobiótico no organismo pode dar lugar à acumulação que permitirá alcançar níveis tóxicos depois de um tempo mais ou menos prolongado (GUTIÉRREZ & SALSAMENDI, 2001).

A neurotoxicologia, que compreende o estudo dos efeitos adversos estruturais e funcionais sobre o sistema nervoso da exposição a um agente químico durante o desenvolvimento ou a maturidade, vem ganhando campo no âmbito das ciências devido às exposições ocupacionais ou acidentais às substâncias xenobióticas terem se tornado problema de saúde coletiva mundial.

A neurotoxicidade resultante da exposição a um xenobiótico pode ser permanente ou reversível, e pode ser expressa como uma neuropatia, compreendendo

alterações neuroanatômicas, neurofisiológicas, neuroquímicas ou comportamentais. Essas lesões neurológicas, dependendo do sítio de ação, podem ser classificadas como: neuronopatias, compreendendo alterações no corpo neuronal; axonopatias, onde são observadas mudanças axonais; mielinopatias, com efeitos predominantes na bainha de mielina; dendropatias, onde são observadas alterações dendríticas; e neuropatias periféricas, compreendendo as alterações nos nervos periféricos (DORMAN, 2000).

As alterações causadas no sistema nervoso dependem da forma de exposição ao agente tóxico, podendo esta ocorrer de forma aguda, em tempo curto e em altas doses, ou de forma crônica, em doses baixas e médias de forma continuada durante meses ou anos. Nos estágios iniciais da exposição crônica, o quadro de intoxicação pode ser revertido ou compensado através de mecanismos de adaptação, sem que necessariamente haja desordem funcional; com a progressão do dano tóxico os sintomas, que inicialmente são inespecíficos, vão se tornando mais característicos da neuropatia em questão (WHO, 1991; FELDMAN, 1999).

Dentre as várias substâncias químicas que podem produzir uma neuropatia, o mercúrio é reconhecido por causar sérios problemas para as populações humanas devido a sua comprovada toxicidade para o organismo, sobretudo para o sistema nervoso. Tais danos são decorrentes tanto dos compostos inorgânicos quanto orgânicos do mercúrio. Tais compostos não são eliminados totalmente pelo organismo e, em ingestões prolongadas, poderão causar sérios problemas devido a seus efeitos serem cumulativos (GONÇALVES & GONÇALVES, 2004; CURRA, 1996).

Já foram registrados vários desastres ambientais em diversas partes do mundo pela utilização do mercúrio. Acidentes de grande amplitude ocorreram em Minamata e em Niigata, no Japão, no nordeste do Iraque, na Suécia, na Guatemala e no Novo México (BAKIR, 1973; MITRA, 1986; WHO, 1990; LACERDA, 1997a; KUDO

& TURNER, 1999). Esses acidentes originaram grande preocupação da comunidade científica e da população em geral com os possíveis danos que esse metal pode causar no ecossistema e as conseqüências para a saúde coletiva.

A principal fonte de mercúrio para pessoas que não estão sujeitas à exposição ocupacional é através da alimentação, sendo o pescado e seus derivados os que possuem compostos de metilmercúrio, caracterizando um risco possível de contaminação (WHO, 1976). A poluição aquática por metais pesados tem sido considerada uma das formas mais nocivas de poluição ambiental, uma vez que tais metais não são degradáveis, são altamente tóxicos, são persistentes no ambiente e tendem a acumular-se em organismos vivos pelo processo já mencionado de bioacumulação cujas conseqüências poderão ir desde dizimar a biota até intoxicar e envenenar os seres vivos (JARDIM, 1983; DE LA FUENTE RAMIREZ *et al.*, 1987).

A atividade garimpeira de ouro na bacia do rio Tapajós teve início no final da década de 50, quando foram feitas as primeiras descobertas do metal no rio das Tropas, afluente da margem direita do rio Tapajós (BRABO *et al.*, 1999). Nessa região, a contaminação pelo mercúrio vem sendo estudada através da análise desse metal nos peixes bem como em amostras de cabelo das populações de diferentes comunidades ribeirinhas.

Muitos estudos acerca da função visual na contaminação mercurial têm mostrado que ocorrem prejuízos à função visual em seus vários aspectos (HARADA, 1982; SABELAISH & HILME, 1976; CHANG, 1977; SHAW, 1975; BERLIM *et al.*, 1975; MUKUNO *et al.*, 1981; RICE & GILBERT, 1982, 1990; IWATA, 1980). A alteração visual é um dos sintomas iniciais da contaminação mercurial e pode surgir antes de se instalarem danos neurológicos irreversíveis. Os métodos psicofísicos de avaliação visual são meios não invasivos, que apesar de não serem biomarcadores de

exposição e da relação dose / efeito ser ainda objeto de estudo, podem fornecer dados de alterações visuais em estágios precoces de exposição mercurial e em baixas doses de intoxicação, assim como permitir o acompanhamento dos efeitos deletérios da contaminação mercurial sobre a saúde dos indivíduos de uma população exposta àquele metal. Assim, a avaliação da visão por métodos psicofísicos em populações ribeirinhas expostas ao mercúrio, mais precisamente na forma de metilmercúrio, é de grande importância para monitorar essa exposição, uma vez que a maioria das medidas de neurotoxicidade são mais complicadas de serem utilizadas e / ou estão relacionadas somente a efeitos mais graves, não reversíveis desse xenobiótico (MANZO *et al.*, 1995).

Lebel *et al.* (1996) utilizaram métodos psicofísicos ao examinar a função visual de moradores de áreas de garimpo da região do rio Tapajós. Esses autores mostraram uma relação dose dependente entre a concentração de mercúrio no cabelo e a perda da capacidade de discriminação de cores, redução da sensibilidade ao contraste espacial de luminância e constrição do campo visual.

Os métodos para acessar essas deficiências incluem testes psicofísicos de avaliação da visão de cores, como o teste de ordenamento de cores de Farnsworth-Munsell de Cem Matizes (FM-100) (FARNSWORTH, 1957) e o teste computadorizado da *Cambridge Research System*, usado para medir os limiares de discriminação de cores (REFFIN *et al.*, 1984), assim como testes de avaliação da função de sensibilidade ao contraste (ARDEN, 1978). Diversas ferramentas desse tipo foram desenvolvidas no Laboratório de Neurofisiologia Eduardo Oswaldo Cruz do Instituto de Ciências Biológicas e no Laboratório de Neurologia Tropical do Núcleo de Medicina Tropical, ambos da Universidade Federal do Pará (UFPA) (RODRIGUES, 2003; RODRIGUES *et al.*, 2007).

1.1 MERCÚRIO – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS

O mercúrio se caracteriza por ser o único metal pesado em estado líquido nas condições normais de temperatura e pressão e estar presente no meio ambiente sob a forma de compostos orgânicos e inorgânicos. As formas inorgânicas compreendem o mercúrio elementar (Hg^0), monovalente (Hg^+) e bivalente (Hg^{++}). O metilmercúrio (MeHg), é a forma mais conhecida do mercúrio orgânico. O cinábrio – (HgS) é a forma principal de ocorrência geológica do mercúrio, a qual é convertida a Hg^0 por processamento químico. Este é devolvido à atmosfera, transformado em Hg^{++} e incorporado aos sedimentos oceânicos ligando-se a íons sulfeto (WHO, 1990).

Por suas propriedades físico-químicas, o mercúrio é um dos compostos químicos mais utilizados pelo homem e, em virtude disso, encontra-se atualmente distribuído por todo o mundo (MITRA, 1986). A produção mundial de mercúrio procedente de atividades de mineração é cerca de 10.000 t / ano, podendo apresentar certa variação anual dependendo do valor comercial do metal (WHO, 1989, 1990; 1991).

O mercúrio ligado a íons sulfeto torna-se inativo e, nessas condições, não é tóxico ao homem. As formas oxidadas de Hg^{++} por ação bacteriana em certas condições, podem converter-se a formas organometálicas especialmente metilmercúrio. Essa forma de mercúrio de alta toxicidade para o ser humano pode acumular-se nos organismos aquáticos e passar ao homem ao consumir pescado contaminado (TIMARÁN, 2001). No meio ambiente o mercúrio emitido pela mineração aurífera artesanal acumula-se principalmente na forma de Hg^0 . Dependendo dos níveis de contaminação, a inalação de vapores de Hg pode contribuir significativamente para o

agravo à saúde humana, mas a ingestão de pescado é a principal fonte de intoxicação mercurial (WHO, 1990).

1.2 CONTEXTO HISTÓRICO DA UTILIZAÇÃO E CONSUMO DE COMPOSTOS MERCURIAIS

Pelo que a história relata já se usava o Hg muitos anos antes da Era Cristã pelos egípcios, fenícios, gregos e chineses. Posteriormente, os gregos incorporaram a cultura egípcia do metal, a qual foi em seguida transferida para os romanos e demais povos da Europa. O uso do Hg por essas culturas era para fins diversos como extração de ouro e aplicação na medicina da época como constituinte de muitos medicamentos (FARIA, 2003; ATSDR, 1999). O mercúrio e seus compostos passaram a ser intensamente explorados pelo homem a partir de 1557, ocasião em que Bartolomeu de Medina desenvolveu o processo de obtenção da prata por amalgamação (HUGUNIN & BRADLEY JR., 1975; WAKASA, 2003).

Os alquimistas tinham um verdadeiro fascínio pelo mercúrio. Pelo fato de ser um líquido prateado, tinha um significado mágico, chegando a ser chamado de "mensageiro dos deuses". A sua abreviatura vem do latim Hydrargyrum (prata líquida), estabelecida na tabela periódica dos elementos químicos. A ação tóxica do Hg inorgânico é conhecida desde a antigüidade quando era usado na decoração e pintura de castelos e no trabalho de mineração, que foi intensificado durante o império romano (FARIA, 2003; PIRES, 1988).

Na Europa, a terapia por mercúrio foi desenvolvida para o tratamento da sífilis, doença que se disseminava em todos os países por volta do século XIII, sendo amplamente utilizada a partir do século XVI. Nessa época, iniciou-se uma controvérsia sobre a utilização do mercúrio, que foi identificado como causador de envenenamento

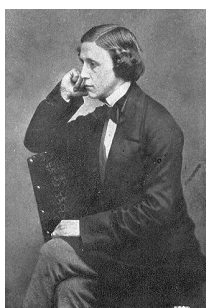
entre trabalhadores de minas de mercúrio na Áustria e Espanha. A partir daí, durante o século XVII, foram introduzidas as primeiras normas para proteção da saúde desses profissionais, que tiveram sua jornada de trabalho reduzida de 16 para 6 horas de trabalho. Nessa ocasião, o mercúrio e outros metais foram identificados como geradores de risco ocupacional para mineiros, ourives, químicos, vidraceiros, fabricantes de espelhos, pintores e pessoas ligadas à área médica (ALMKVIST, 1929, apud MEDEIROS, 2006).

A partir do século XVII, as fábricas de chapéu na Inglaterra e noutros países europeus utilizavam o nitrato de mercúrio na preparação do feltro e no tratamento do couro. A manipulação dessa substância ocasionava sérios problemas neurológicos e comportamentais nos trabalhadores. Acredita-se que esse fato tenha dado origem à frase “ele é tão maluco quanto um chapeleiro” (“*as mad as a hatter*”), assim como a inspiração para o personagem o “Chapeleiro Maluco” da história infantil “Alice no País das Maravilhas”, escrito por Lewis Carrol (ZIFF, 1987; MEDEIROS, 2006).¹

¹ Lewis Carroll é o pseudônimo de Charles Lutwidge Dodson (Cheshire, 27 de janeiro de 1832 — Guildford, 14 de Janeiro de 1898), matemático, lógico, escritor, fotógrafo e clérigo anglicano inglês. Lewis Carroll lecionava matemática no Christ Church College, em Oxford, era solteirão e excêntrico, gostava de lógica e matemática, escrevia textos *nonsense* e admirava a companhia de suas amigas crianças. Alice Liddel era filha do deão do Christ Church College e teve um papel muito importante na trajetória de Lewis Carroll, que freqüentemente levava Alice e suas irmãs para passear. Foi durante um passeio de barco que Lewis Carrol contou a história “Alice no País das Maravilhas” às irmãs Liddel que ao ouvirem gostaram tanto que lhe pediram para que a escrevesse. Quando criança, Lewis Carroll brincava com marionetes e prestidigitação e durante a vida inteira gostava de fazer passes de mágica, especialmente para as crianças. Gostava de modelar um camundongo com um lenço e em seguida fazê-lo pular misteriosamente com a mão e ensinava as crianças a fazer barquinhos de papel e também pistolas de papel que estalavam ao serem vibradas no ar. Interessou-se por fotografia quando essa arte mal havia surgido, especializando-se em retratos de crianças e pessoas famosas e compondo suas imagens com

A história da exposição humana ao mercúrio tem sido marcada por alguns relatos de catástrofes ecológicas e sanitárias, em que muitas pessoas foram contaminadas, uma proporção significativa das quais sofreram graves problemas de saúde. O mais conhecido desses casos dramáticos de comprometimento da saúde coletiva é o da contaminação da Baía de Minamata, no Japão, em que dejetos de uma indústria química, a Nihon Chisso Hiryo, contaminaram peixes consumidos em grande escala pela população vizinha (McALPINE & ARAKI, 1958; HARADA, 1982; NOMURA *et al.*, 1986). Isto levou, em 1953, ao surto de uma moléstia que ficou conhecida como doença de Minamata e que foi posteriormente identificada como relacionada à Síndrome de Hunter-Russell descrita anteriormente na Inglaterra (HUNTER *et al.*, 1940; HUNTER & RUSSELL, 1954). Oficialmente a doença de Minamata acometeu cerca de 2.000 pessoas que viviam às margens da Baía de

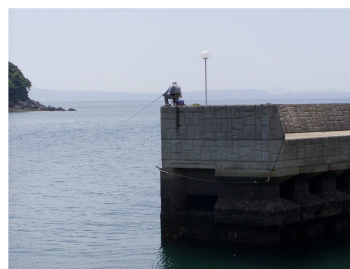
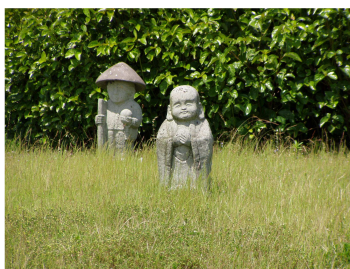
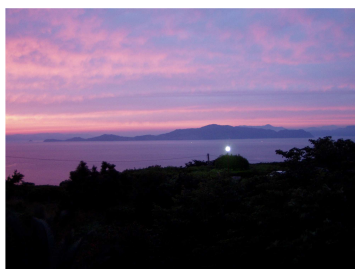
notável habilidade e bom gosto. Suas obras literárias mais conhecidas: “*Alice’s Adventures in Wonderland*” (“Alice no País das Maravilhas”) (1865); “*Through the Looking-Glass*” (“Alice no País do Espelho”) (1871). Texto modificado e ilustrações de: http://pt.wikipedia.org/wiki/Lewis_Carroll, http://en.wikipedia.org/wiki/Lewis_Carroll e páginas derivadas. Abaixo, as ilustrações da esquerda para a direita: (1) Auto retrato de Lewis Carroll; (2) Fotografia de Alice Liddell por Lewis Carroll (1858); (3) Alice circundada por personagens do País das Maravilhas na adaptação para crianças feita pelo próprio autor “*The Nursery ‘Alice’*” (1890) com 20 ilustrações do original feitas por Sir John Tenniel (1820-1914); (4) O Chapeleiro Maluco recitando o seu poema *nonsense*, “*Twinkle twinkle little bat*” (ilustração de Sir John Tenniel).



Minamata e do vizinho Mar de Shiranui: as cidades de Minamata, Tsunagi, Ashikita e Tanoura. Outras 6.000 pessoas foram contaminadas em menor grau (NOMURA *et al.*, 1986). Essa catástrofe adveio do uso de mercúrio inorgânico, como catalisador de acetaldeído, pela Nihon Chisso Hiryo, levando à formação de metilmercúrio como subproduto, o qual foi lançado na baía nos dejetos da fábrica e sofreu processo de bioacumulação nos mariscos e peixes consumidos pela população. Nesse episódio, a ingestão pela população de peixes e mariscos com altos níveis de metilmercúrio foi apontada como fator preponderante da contaminação (McALPINE & ARAKI, 1958; HARADA, 1982; TAMASHIRO *et al.*, 1985; TAKEUCHI *et al.*, 1989).²

Segundo dados levantados pelos hospitais, os pescadores apresentaram como distúrbios iniciais vômitos, desmaios e tremores. Um dos pescadores, que morreu vinte dias após o início dos sintomas, apresentava 70 ppm de mercúrio no fígado, 144 ppm nos rins e 9,60 ppm no cérebro. Outra vítima, morta após quatro anos e dez dias, apresentou, nos testes posteriores, índices de 5,44 ppm no fígado, 5,9 ppm nos rins e 2,22 ppm no cérebro. Ainda relata-se um caso no qual o paciente não apresentava mercúrio nos rins e fígado, porém 9,45 ppm de mercúrio no cérebro foram suficientes para esse paciente ir a óbito em três meses depois dos primeiros sintomas (RÍMOLI, 1988).

² O Mar de Shiranui, onde repousa o “Buda Adormecido” foi palco de um dos mais terríveis acidentes envolvendo o mercúrio de origem industrial (foto à esquerda) mas, com a conscientização da população, a ação governamental e a proteção das divindades que habitam o jardim reclamado do mar poluído (foto ao centro), o pescado são volta lentamente a ser consumido pelas pessoas que habitam Minamata e as comunidades vizinhas (foto à direita) (Fotografias: Luiz Carlos de Lima Silveira, 2004).



Em 1965, foram observados novos pacientes com doença de Minamata na parte setentrional do Japão, próximo do estuário do Rio Agano, na localidade de Niigata (TSUBAKI, 1968). A causa desse segundo surto japonês é hoje atribuída à poluição industrial provinda de uma fábrica situada cerca de 50 km ao norte do local onde os pacientes foram identificados (IGATA, 1986). Cerca de 700 pessoas foram diagnosticadas como portadores da doença e cerca de 300 outras foram também intoxicadas em algum grau (IGATA, 1986).

Outro episódio de contaminação ocorreu no Iraque, em 1971, onde 6.000 indivíduos foram hospitalizados, dos quais 459 vieram a falecer, quando grãos de cevada e trigo tratados com metilmercúrio, os quais eram primariamente destinados ao plantio, foram ingeridos pela população na forma de pães e farinha (BAKIR *et al.*, 1973; CASTOLDI, 2001). No Canadá, uma fábrica de soda cáustica também causou a contaminação mercurial, através da metilação do mercúrio inorgânico na natureza e o teor de mercúrio encontrado no cabelo da população excedeu a 50 ppm, sendo que alguns habitantes atingidos apresentaram teores até 100 ppm (HARADA *et al.*, 1976; WHEATLEY, 1994). As pesquisas alertam para ambientes mais frágeis ou suscetíveis resultantes de águas ácidas e do represamento de rios para grandes projetos hidroelétricos o que tem levado ao aumento das concentrações de mercúrio nos peixes (ASCHNER, 2000).

A doença de Minamata deve-se à ingestão de alimento contaminado com compostos organomercuriais, dos quais o mais importante epidemiologicamente tem sido o metilmercúrio. Além da forma da doença observada no adulto intoxicado, o indivíduo pode ser exposto também na vida intrauterina, quando a doença assume uma forma gravíssima, originando abortos ou crianças com séria disfunção neural (TAKEUCHI, 1977; HARADA, 1978). Essa predileção do metilmercúrio pelo feto e

pelo sistema nervoso central está associada à sua relativa lipossolubilidade, permitindo sua passagem através das barreiras placentária e hêmato-encefálica (WHO, 1990; FELDMAN, 1999).

Entretanto, a exposição humana ao mercúrio é mais geral do que apenas nos casos catastróficos exemplificados acima. A população de várias partes do mundo é exposta constantemente a grandes quantidades de mercúrio metálico de várias origens, na atmosfera que respira. A contaminação do ambiente é parcialmente de cunho natural, pelo desgaste da crosta terrestre, pela atividade vulcânica e pela evaporação natural nas grandes bacias de água, os quais representam coletivamente uma emissão de 2.700 a 6.000 toneladas por ano (WHO, 1991). Mas é também decorrente da atividade humana, da mineração de mercúrio, da combustão de fósseis, de diversas atividades de mineração, especialmente da mineração do ouro, da produção de cimento, da incineração de lixo e de diversas aplicações industriais (ASANO *et al.*, 2000). O homem é diretamente responsável pela liberação de 3.000 toneladas de mercúrio por ano na atmosfera (WHO, 1991).

Além dessa exposição de cunho geral, a que toda a população humana está submetida, determinados indivíduos, em virtude de peculiaridades profissionais, dos locais em que residem ou de outros fatores individuais, estão mais expostos do que a população em geral (WHO, 1990, 1991; FELDMAN, 1999). A intoxicação pode ocorrer pela exposição a altas doses com sinais e sintomas agudos ou se processar de forma paulatina resultante de exposição a doses baixas por um longo período de tempo. Nesta última os sintomas começam a aparecer de forma não específica na fase inicial, mas tornam-se cada vez mais evidentes à medida que aumenta o tempo de exposição. Finalmente os danos vão se tornando cada vez mais severos podendo se instalar uma síndrome clínica muitas vezes irreversível.

No Brasil, o mercúrio foi lançado no meio ambiente por fontes antropogênicas pela primeira vez através da exploração de ouro a partir de 1850 mas, até a década de 1960, a produção de ouro esteve sempre abaixo de 5 t anuais, representando uma emissão total de mercúrio para o meio ambiente, no decorrer desses 200 anos, de aproximadamente 500 t (2-5 t por ano) (LACERDA & MENESES, 1995). Até a década de 80, a indústria de cloro-soda foi a principal fonte de contaminação por mercúrio no Brasil, sendo responsável pela importação de mercúrio e pelas principais emissões para o meio ambiente. A partir desse período, o garimpo de ouro, localizado principalmente na Amazônia, tornou-se o responsável pela maior importação do metal para nosso país e pela emissão desse poluente na natureza (LACERDA, 1997b). As descargas antropogênicas em 1987 estavam em torno de 100 t por ano no Brasil, tendo como principal fonte os garimpos, onde os lançamentos ocorrem de duas maneiras distintas: as perdas de mercúrio metálico nas bicas e bateias e através da evaporação da pasta de ouro (ouro mais mercúrio), jogando no meio ambiente mercúrio inorgânico divalente em quantidades expressivas (PIRES *et al.*, 1988).

1.3 FONTES DE CONTAMINAÇÃO MERCURIAL NO BRASIL

São fontes de contaminação mercurial as mais variadas atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis como carvão, petróleo, óleo mineral e gás natural; a produção de aço, cimento e fosfato; a mineração; a refinaria; a incineração da madeira, papel ou lixo; a mineração do mercúrio; e a produção de ouro pela amalgamação com mercúrio. E para além das fontes antropogênicas encontram-se a desgaseificação da crosta terrestre, as emissões vulcânicas e a evaporação de corpos de águas naturais (MITRA, 1986; WHO, 1990; WHO, 1991).

Duas fontes distintas de contaminação por mercúrio são encontradas no Brasil. A primeira fonte originou-se da indústria de cloro-soda, responsável pela principal importação de mercúrio para o país e pelas principais emissões para o meio ambiente até a década de 80, cuja localização encontrava-se na região sul e sudeste. A segunda fonte surgiu a partir da década de 80 quando, no auge da garimpagem do ouro na Amazônia, essa atividade tornou-se a principal compradora de ouro no Brasil, e assim, tornou-se a partir desse período o responsável pela maior emissão desse poluente para o meio ambiente (LACERDA, 1997b). As perdas de mercúrio no Brasil, em 1989, foram da ordem de 210 t, sendo que o garimpo contribuiu com 80% (168 t), seguido pela indústria de cloro-soda, com 8% (17 t) e emissões decorrentes de outros usos que correspondem a menos de 5% cada uma (FERREIRA & APPEL, 1990).

Atualmente, as fontes industriais no Brasil representam menos que 30% da emissão total do mercúrio para o meio ambiente. Tais fontes se originam de indústrias de cloro, soda, fungicidas, bactericidas, tintas, acessórios elétricos, curtumes, papel, acetaldeído, cloreto de polivinil (PVC) e na fundição de minérios para a recuperação de metais como cobre, zinco, chumbo e ouro. O controle das fontes industriais de mercúrio no Brasil é bastante eficiente. Isto se deve principalmente à implantação de legislação mais restritiva na década de 90 e o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes para o beneficiamento do mercúrio. Como consequência tem havido uma redução crescente dos níveis de mercúrio no meio ambiente originado dessas fontes (LACERDA, 1997b). Por outro lado, a liberação de mercúrio pelos garimpos de ouro é muito significativa, uma vez que esse processo de mineração possui muitas perdas devido às condições ineficientes de extração do ouro (NIAGRU, 1993). Por outro lado, a queda no preço do ouro e o esgotamento das jazidas têm causado uma diminuição considerável da atividade garimpeira na Amazônia, que passou de 100 t por

ano nos anos 80 para pouco menos de 30 t por ano já no final dos anos 90 (WASSEMAN *et al.*, 2001).

Apesar da queda na produção do ouro também representar uma queda nas taxas de emissão atmosférica e ambiental do mercúrio, o passivo ambiental deixado pelos mais de 10 anos de atividade garimpeira é enorme. Estima-se que nessa última corrida do ouro (anos 80 e início dos anos 90), a quantidade de mercúrio lançado no ambiente tenha ultrapassado 2.000 t (CLEARY, 1994; LACERDA, 1995). Somem-se a essa quantidade as quase 200.000 t lançadas pelos espanhóis e portugueses durante o período colonial e pós-colonial na América do Sul e Central (NIAGRU, 1996). Dessa forma, chegamos a um passivo ambiental considerável. Embora este último valor seja impressionante, não podemos dizer qual parcela deste mercúrio foi lançada no ambiente amazônico e, mais importante ainda, qual parcela permanece hoje neste ecossistema (WASSERMAN *et al.*, 2001).

Os estudos recentes indicam que o homem não é o único responsável pelas emissões de mercúrio na Amazônia. Em avaliações das características climáticas em 30.000 anos atrás, foi possível associar o clima mais seco predominante na Amazônia nesse período às emissões mais importantes do mercúrio (LACERDA *et al.*, 1999). Ainda nesse estudo, constatou-se que a presença mais intensa de incêndios florestais lançaria na atmosfera o mercúrio presente nos solos e na biomassa vegetal, aumentando assim as concentrações do mercúrio em ambientes menos sujeitos à queima como os igarapés.

1.4 ASPECTOS CLÍNICOS DAS DIFERENTES FORMAS DO MERCÚRIO NO ORGANISMO

Os grandes acidentes de contaminação por mercúrio ocorridos nas décadas de 50, 60 e 70 no Japão e no Iraque, geraram grande interesse em entender-se como o mercúrio atinge o homem de maneira tão severa. Tradicionalmente conhecia-se que a exposição ao metal em altíssimas concentrações como em Almadén na Espanha, de onde ele vinha sendo retirado das rochas há mais de 2.000 anos, não produzia um efeito como o observado em Minamata (HILDEBRAND *et al.*, 1980, apud WASSERMAN, 2001). Os estudos que se sucederam indicaram que o grande responsável não era o mercúrio em suas formas inorgânicas, mas um composto orgânico, o metilmercúrio, aparentemente resultante de transformações causadas por bactérias presentes no ambiente (JENSEN & JERNELOV, 1969; WASSERMAN, *et al.*, 2001). E que esse organomercurial era capaz de produzir gravíssimos efeitos sobre a saúde humana, como havia sido descoberto por pesquisadores britânicos em trabalhadores expostos em uma fábrica inglesa alguns anos antes da doença de Minamata tornar-se conhecida (HUNTER *et al.*, 1940; HUNTER & RUSSELL, 1954). E que a sintomatologia da exposição a esse organomercurial tinha características específicas, diferentes do mercurialismo observado na exposição ao vapor de mercúrio.

1.4.1 Mercúrio Inorgânico

O mercúrio elementar é a uma das formas inorgânicas de maior volatilidade, solúvel em lipídios e muito difusível através das membranas biológicas, sendo oxidável e formas hidrossolúveis com cloretos predominam. Pode ser encontrado normalmente no meio ambiente, advindo de fontes naturais, devido ao desgaste da crosta terrestre, às emissões a partir de vulcões ativos e à evaporação da água.

O mercúrio metálico é muito empregado nas indústrias química (produção de soda cáustica e outros produtos) e elétrica (produção de lâmpadas). A contaminação por exposição ocupacional ao vapor de mercúrio é a forma de exposição que mais preocupa as autoridades públicas e privadas devido aos prejuízos financeiros com tratamentos médicos e indenizações. Outra maneira de exposição humana ao Hg^0 são os amálgamas dentários, que constituem uma fonte de exposição crônica ao mercúrio na população em geral. O Hg^0 é volatilizado continuamente das obturações, o que é intensificado pela mastigação, escovação e líquidos quentes. Contudo, a utilização na odontologia ainda continua, pois o amálgama é um material barato para as obturações e o assunto tem sido muito discutido pelos profissionais da área (FERREIRA, 2006).

Na ingestão oral de Hg^0 , os efeitos tóxicos são pequenos uma vez que a absorção dessa forma de mercúrio pelo tubo gastrointestinal é baixa, ocorrendo numa proporção menor que 0,01% (WHO, 1991). Por outro lado, quando a exposição é ao vapor de Hg^0 , a proporção de mercúrio elementar que é absorvido pelo sistema respiratório é maior do que 80% (WHO, 1991; MICARONI *et al.*, 2000).

Na circulação ocorre a oxidação através da enzima catalase e sua conversão para Hg^{++} . O processo de oxidação ocorre de forma que não é rápida o suficiente para evitar que o Hg^0 se deposite em vários tecidos e atravesse a barreira hematoencefálica e a placenta, atingindo o sistema nervoso central e o embrião, respectivamente (Lackowicz & Anderson, 1980). Os processos cinéticos que envolvem esse metal no organismo revelam uma elevada toxicidade, devido a seu efeito cumulativo irreversível, seu baixo poder de excreção, a insusceptibilidade à biodegradação e extensa disseminação, poderão ocasionar vários danos ao organismo humano.

No processo de biotransformação ocorre a transformação de Hg^0 através do metabolismo para outras formas químicas, por exemplo, Hg^{++} . Esse processo ocorre poucos minutos a algumas horas após a sua absorção pulmonar ainda na corrente sanguínea. A quantidade do metal que consegue atravessar a barreira hematoencefálica ou placentária é então oxidada após incorporação pelo sistema nervoso central (WHO, 1991). Na fase de distribuição no organismo, o mercúrio circulante acaba se acumulando em vários órgãos, principalmente no sistema nervoso central, rins, tireóide, hipófise, fígado, pâncreas, testículos, ovários e próstata. Os rins são os principais órgãos de deposição do mercúrio já oxidado. Após a inalação do Hg^0 , 50 a 90% do mercúrio depositado são encontrados nos rins (WHO, 1991). A distribuição do mercúrio inorgânico no cérebro depende de alguns fatores como, por exemplo, se o metal atravessou a barreira hematoencefálica na sua forma iônica, se sofreu transformação já no cérebro ou se está na sua forma metilada. Essa distribuição também é influenciada pela interação com outras substâncias químicas.

Aproximadamente 10% do Hg^0 inalado como vapor é expirado sem ser absorvido (CHERIAN *et al.*, 1978). A principal rota de eliminação ocorre através da urina e das fezes. Em intoxicação com doses elevadas por formas inorgânicas ocorre maior excreção por via urinária (WHO, 1991). A forma de excreção fecal ocorre quando o mercúrio metálico é ingerido por via oral e sofre eliminação quase que em sua totalidade sem sofrer alterações no trato gastrintestinal (CAMPBELL *et al.*, 1992). O mercúrio inorgânico oxidado apresenta uma meia vida biológica de aproximadamente um mês no organismo até ser eliminado pela urina, fato que favorece sua acumulação por exposição crônica (SUZUKI *et al.*, 1992).

As principais manifestações clínicas em decorrência da exposição aguda a altas doses de vapor de Hg^0 são inicialmente sintomas respiratórios associados a

astenia, sensação de resfriado, tosse, dispnéia, depressão, vômito, diarreia e um gosto metálico sem causa aparente. Algumas alterações neurológicas, incluindo delírios, tremores e até o coma podem surgir dentro de 24 horas. A morte por esse tipo de exposição pode acontecer dentro de algumas semanas e decorre dos efeitos de pneumonite aguda química associada à insuficiência renal aguda.

Na exposição crônica predominam os sintomas neurológicos. Com a exposição contínua, os tremores que no início eram finos e de alta frequência, depois tornam-se amplos, bastante evidentes. No início, acometem os dedos e mãos e progridem para pálpebras, face, cabeça e pescoço, são geralmente bilaterais, pioram com a atividade física e frente às alterações emocionais. Ocorrem também alterações psicológicas como depressão, irritabilidade, timidez excessiva, insônia, instabilidade emocional, amnésia, confusão mental e distúrbios vasomotores tais como sudorese excessiva e hiperemia incontrolada. Esse conjunto de sintomas é denominado de eretismo (GOYER, 1985). Também são relatados vertigem, entorpecimento, dor de cabeça, cãibra, fraqueza, inflamações gastrintestinais, queda de cabelos e queda de dentes (MICARONI *et al.*, 2000).

1.4.2 Mercúrio Orgânico (Metilmercúrio – MeHg)

O MeHg é a forma orgânica que é quase totalmente absorvida pelo trato gastrintestinal, estendendo-se a outros tecidos em apenas quatro dias, tendo como principal alvo o sistema nervoso central. Na natureza, o MeHg é encontrado proveniente predominantemente da metilação do mercúrio inorgânico, sendo esse o primeiro passo do processo de bioacumulação aquática. A bioacumulação pode ocorrer em rios ou mares, mas principalmente, nos sedimentos das profundezas dos rios (Lidenberg *et al.*,

1987), assim como no intestino de peixes (RUDD *et al.*, 1980) e associado ao perifiton de raízes de macrofitas aquáticas (GUIMARÃES *et al.*, 1993).

A maior fonte de exposição humana é a ingestão de peixes contaminados com altas concentrações de MeHg. Devido à capacidade de bioacumulação o MeHg tem uma meia vida compreendida entre dois e três anos. Essa propriedade bioacumulativa é responsável pelos níveis elevados em peixes carnívoros que são consumidos normalmente pela população, o que faz aumentar o grau de contaminação pelo metal (WHO, 1991).

A conversão do MeHg a Hg^{++} é um aspecto fundamental do processo pelo qual o MeHg exerce sua neurotoxicidade (WHO, 1991). Essa conversão é lenta, de forma que grande quantidade de MeHg pode depositar-se nesse órgão na forma orgânica e ser convertido à forma inorgânica. As estimativas da proporção de mercúrio acumulado no cérebro na forma inorgânica em seres humanos e animais varia enormemente, entre 5% e 93% do mercúrio total, dependendo da forma de exposição e se essa exposição foi continuada ou intermitente (BERLIM *et al.*, 1975; KITAMURA *et al.*, 1976; FRIBERG *et al.*, 1986; TAKIZAWA, 1986; LIND *et al.*, 1988; HANSEN *et al.*, 1989).

A quase totalidade do MeHg ingerida é absorvida no trato gastrointestinal, circula através do fígado e vem a ser excretada via bile, participando do ciclo êntero-hepático, sendo novamente reabsorvida e uma pequena fração excretada via fezes como um complexo glutathiona-metilmercúrio (NORSETH & CLARKSON, 1970). Parte do mercúrio presente na bile pode sofrer recirculação hepatobiliar, assim prolongando a meia vida desse composto no organismo, a qual chega a dois meses (DUTCZAK *et al.*, 1991). No tubo gastrointestinal, parte do MeHg é metabolizada a mercúrio inorgânico, o

qual é eliminado pela urina nessa forma ou num complexo com cisteína e glutatona (YASUTAKE *et al.*, 1989).

Os efeitos dos compostos orgânicos de mercúrio sobre a saúde humana foram primeiramente reconhecidos por Donald Hunter, Richard Bomford e Dorothy Russell, estudando trabalhadores de uma indústria inglesa especializada na produção de fungicidas para a proteção de sementes (HUNTER *et al.*, 1940; HUNTER & RUSSELL, 1954). Nesse trabalho pioneiro, foram reconhecidos os principais sintomas e sinais que constituem a Síndrome de Hunter-Russell em adultos expostos a níveis tóxicos de organomercuriais: constrição do campo visual, disartria, ataxia, distúrbios auditivos e disestesia. Outros sintomas e sinais que podem ocorrer compreendem: fraqueza muscular, tremor, distúrbios óculo-motores, distúrbios gustativos e olfativos (WHO, 1990, 1991).

Parte da sintomatologia devida à intoxicação mercurial advém de lesões do sistema nervoso central, porém uma parte significativa pode ser explicada pelo comprometimento do sistema nervoso periférico, uma vez que a neuropatia periférica e a lesão dos gânglios das raízes dorsais são prevalentes nesses pacientes (CHANG & HARTMANN, 1972; RUSTAM *et al.*, 1975). O exame *post mortem* do sistema nervoso central de seres humanos e animais expostos a compostos organomercuriais mostra que as regiões mais afetadas compreendem o cerebelo, sendo as células granulares especialmente suscetíveis de morte neuronal induzida por este agente neurotóxico, ocorrendo também comprometimento do córtex visual primário, córtex somestésico primário, córtex motor primário, córtex auditivo primário, hipocampo e tronco cerebral, dependendo se a exposição ao mercúrio ocorre na vida intrauterina, infância ou idade adulta (TAKEUCHI & ETO, 1999; ETO *et al.*, 2001a,b; MIYAMOTO *et al.*, 2001).

Em um estudo para elucidar as características crônicas da doença de Minamata e a incidência de complicações com o envelhecimento, Uchino *et al.* (1995) estudaram 80 pacientes com média de idade de 63 anos e doença de Minamata documentada. O monitoramento realizado no período de 1986 a 1994 revelou através de achados neurológicos que o dano sensorial foi visto com alta frequência em 98.8% dos casos, os danos limitados a extremidades em 86,3%, a perda da coordenação das extremidades inferiores foi observada em 60% dos casos, a constrição do campo visual em 51.9% e a perda auditiva retrococlear em 41% dos casos. Também foi observado que as complicações como hipertensão e doenças cérebro-vasculares, distúrbios oftalmológicos orgânicos (incluindo catarata) e deformação espondilosa cervical, essas complicações que aumentavam significativamente com o passar da idade. Observou-se que havia uma tendência para essas complicações em pessoas com quando comparado com pessoas sem doença de Minamata.

O MeHg afeta a transmissão sináptica, tanto no sistema nervoso periférico como no sistema nervoso central, e essa ação é mediada por vários mecanismos (ATCHISON & HARE, 1994; ASCHNER *et al.*, 2007). Um dos efeitos primários do MeHg sobre a transmissão sináptica é o aumento, seguido de diminuição, da liberação espontânea do neurotransmissor, assim como a diminuição da liberação de neurotransmissor provocada pelo impulso nervoso (JUANG & YONEMURA, 1975; ATCHISON & NARAHASHI, 1982; ATCHINSON *et al.*, 1986; YUAN & ATCHISON, 1993; ASCHNER *et al.*, 2007). A diminuição da liberação provocada de neurotransmissor tem sido associada à diminuição da quantidade de neurotransmissor disponível para a liberação (ATCHISON & NARAHASHI, 1982), ao bloqueio dos canais de Ca^{++} dependentes de voltagem que controlam a exocitose das vesículas sinápticas e à diminuição da excitabilidade da membrana neuronal (SHRIVASTAV *et*

al., 1976; ATCHISON *et al.*, 1986; TRAXINGER & ATCHISON, 1987; KAUPPINEN *et al.*, 1989; HARE & ATCHISON, 1992; SHAFER & ATCHISON, 1989). Vem sendo também estudado o efeito do MeHg de aumentar a liberação de glutamato e comprometer sua recaptação pelos astrócitos, originando seu acúmulo na fenda sináptica, excitotoxicidade e morte do neurônio pós-sináptico por apoptose (MIYAMOTO *et al.*, 2001). Esse mecanismo de excitotoxicidade glutamatérgica induzida pelo metilmercúrio atua através de receptores NMDA, é particularmente importante durante o desenvolvimento do sistema nervoso e pode explicar a plêiade de efeitos neurológicos observados na doença de Minamata congênita (MIYAMOTO *et al.*, 2001). A morte neuronal, particularmente intensa em sítios específicos do córtex cerebral, cerebelo, hipocampo e tronco cerebral, explica a irreversibilidade do quadro clínico da doença de Minamata.

Aschner *et al.* (2007) reviram recentemente o papel do *stress* oxidativo na mediação da lesão neuronal induzida por MeHg, elaborando um esquema geral de como o *stress* oxidativo induzido por MeHg pode ser disparado por uma série de eventos moleculares, tais como certas cinases, proteínas de *stress* e genes precoces imediatos, culminando na lesão celular. Segundo esses autores, um certo número de achados experimentais indicam que os astrócitos desempenham um papel importante na neurotoxicidade do MeHg: o MeHg é acumulado preferencialmente em astrócitos; o MeHg inibe a captação de glutamato pelos astrócitos; a disfunção neuronal devida ao MeHg é secundária à disfunção astrocitária. Ainda de acordo com Aschner *et al.* (2007), foi observada a produção de espécies reativas de oxigênio por MeHg em várias situações experimentais tanto *in vivo*, no cerebelo, como *in vitro*, em sinaptossomos isolados de sistema nervoso central e em cultura de células. Além disso, os

antioxidantes, incluindo compostos de Se, protegem os astrócitos submetidos à ação citotóxica do MeHg pela redução da formação de compostos reativos de oxigênio.

Outro efeito do Hg na saúde humana foi descrito por Amorim *et al.* (2000) que examinaram as funções citogenéticas em linfócitos em população ribeirinha do rio Tapajós. O estudo demonstrou uma relação entre a contaminação por MeHg e danos citogenéticos em linfócitos em teores abaixo de 50 µg / g, teor a partir do qual ocorrem os sinais clínicos iniciais de intoxicação mercurial. Os autores levantaram a questão de implicação imunológica pelo fato da exposição ao MeHg estar associada a mudanças no potencial proliferativo dos linfócitos, o que pode ser traduzido em resistência reduzida a doenças na população já que tais células estão diretamente envolvidas na defesa do organismo.

1.5 A CONTAMINAÇÃO MERCURIAL DO PESCADO E DAS POPULAÇÕES RESIDENTES PRÓXIMO A ÁREAS DE MINERAÇÃO AURÍFERA DA AMAZÔNIA

A Amazônia nos dias atuais tem sido motivo de grande preocupação para as autoridades e os cientistas, devido à prática da garimpagem e uso inadequado de mercúrio nas últimas três décadas. A preservação dos recursos naturais tem sido um desafio para as autoridades mundiais, principalmente os recursos existentes na Amazônia. Grande parte dos trabalhos realizados com contaminação de peixes está relacionada à poluição das águas através dos garimpos e outras fontes antrópicas como esgoto doméstico e industrial.

O ouro ocorre como partículas finas em solos, terraços sedimentares e sedimentos ativos de rios e, para sua extração, os garimpeiros usam técnicas de pré-concentração gravimétrica e amalgamação com mercúrio, sendo o amálgama queimado

e o mercúrio volatilizado para a atmosfera, tornando-se a principal fonte de contaminação do ambiente (JARDIM, 1988; LACERDA & MENESES, 1995).

Na região Amazônica a preocupação com o mercúrio surgiu em meados dos anos 80, à medida que o garimpo, iniciado em 1979, promoveu o lançamento de grandes quantidades do metal no ambiente. A população mais afetada é a integrada pelos próprios garimpeiros e outros trabalhadores envolvidos no processo de compra e venda de ouro, severamente expostos durante o processo de queima do amálgama ouro-mercúrio através da aspiração de vapores de Hg^0 . Indiretamente, as populações que vivem exclusivamente da pesca são afetadas através da sua alimentação de pescado contendo elevadas doses de MeHg, uma vez que o alimento é a principal fonte de mercúrio para pessoas que não possuem exposições ocupacionais e o pescado e seus derivados são os que fornecem a maior quantidade de metilmercúrio na alimentação (WHO, 1976; LACERDA *et al.*, 1990; WASSERMAN *et al.*, 2001; YALLOUZ *et al.*, 2002). A maneira como as pessoas são expostas ao mercúrio depende de diversos fatores, tais como a contaminação dos compartimentos ambientais, a existência de formas potenciais de exposição ao homem, o tamanho, a natureza e os hábitos da comunidade, e a frequência e a duração da exposição (HACON *et al.*, 1997).

As baixas condições de monitoramento ambiental nos países subdesenvolvidos fazem com que a situação de destruição dos recursos naturais seja agravada e ocorram situações como a poluição do meio ambiente pelo mercúrio e a exposição das populações a esse metal. Além disso, a falta de formação profissional adequada de diversas parcelas de trabalhadores nesses países subdesenvolvidos agrava o problema, como é observado com os garimpeiros do ouro onde a falta de treinamento adequado faz com que todo o processo de extração do ouro seja deficiente e altamente lesivo ao meio ambiente: baixo nível de recuperação do ouro devido à deficiente

amalgamação, altas perdas de mercúrio elementar durante o processo de amalgamação do ouro e altas perdas de mercúrio na forma de vapor durante a queima da amálgama (TIMARÁN, 2001). Por outro lado, esta forma de extração do ouro é praticamente a única que pode beneficiar os mineradores, uma vez que requer menor tecnologia e menor investimento de capital. Portanto, é previsível que se continue utilizando essa forma de extração do ouro por muito tempo (TIMARÁN, 2001).

Tem-se observado concentrações bastante elevadas de mercúrio em peixes amazônicos, particularmente aqueles carnívoros, situados no topo da cadeia trófica e que têm maior longevidade (AKAGI *et al.*, 1995; BIDONE, 1997; BARBOSA *et al.*, 2000). Isso se deve a elevada bioacumulação do mercúrio ao longo da cadeia trófica (AULA *et al.*, 1994). Dessa forma, as algas e plantas aquáticas apresentam concentrações poucas vezes maiores do que as das águas. Os peixes que consomem exclusivamente essas algas apresentam concentrações algumas vezes maiores que às das algas e plantas e assim por diante até atingirmos peixes como o pintado ou a piranha, que apresentam concentrações até um milhão de vezes superiores as da água. O enriquecimento em mercúrio dos peixes de maior longevidade está relacionado ao fato de o mercúrio ser muito dificilmente eliminado pelo organismo (TRUDEL, 1997). E assim, à medida que o organismo envelhece, suas concentrações de mercúrio tendem aumentar constantemente e os organismos que vivem mais tempo vão ter maiores concentrações de mercúrio (WASSERMAN, 2001).

Outro aspecto que aumenta ainda mais o potencial de contaminação dos peixes é que à medida que subimos na cadeia trófica, não apenas a concentração de mercúrio aumenta, mas também vai ocorrendo transformação em metilmercúrio. Em um peixe carnívoro adulto podemos encontrar mais de 90% do mercúrio na forma metilada (MALM *et al.*, 1995).

O peixe da Amazônia é um recurso de grande importância como fonte protéica, principalmente para as populações ribeirinhas e indígenas, as quais dependem desse recurso alimentar para a sobrevivência (HACON, 1993). A importância do consumo de peixe como fonte de contaminação por mercúrio na dieta humana engloba alguns fatores que incluem a quantidade de peixe consumida, o período no qual ele é consumido, as espécies mais consumidas, as concentrações dos compostos de mercúrio e a sua forma química presente no peixe.

O uso extensivo e intensivo do mercúrio metálico na atividade garimpeira se reflete em elevadas concentrações de mercúrio em peixes carnívoros na faixa de 0,5 a 2,7 $\mu\text{g} / \text{g}$ na bacia do rio Madeira (PFEIFFER *et al.*, 1989) e de 0,7 a 2,6 $\mu\text{g} / \text{g}$ na bacia do rio Tapajós (THORNTON *et al.*, 1991). Pfeiffer *et al.* (1989) observaram concentrações acima de 2,19 $\mu\text{g} / \text{g}$ no jaú, peixe carnívoro das redondezas de Carajás. Malm (1990) também registrou altas concentrações de mercúrio, especialmente no rio Madeira, no pintado (2,7 $\mu\text{g} / \text{g}$) e dourado (2,1 $\mu\text{g} / \text{g}$). Durante os estudos realizados por Akagi *et al.* (1995, 1996) e Rodrigues *et al.* (1994), foram colhidas amostras de peixes em Jacareacanga, região de Itaituba, onde foi observado que 12% desses peixes apresentavam concentrações de mercúrio que excediam o limite de 0,5 $\mu\text{g} / \text{g}$ proposto pela Organização Mundial de Saúde (OMS). A OMS preconiza esse valor considerando uma ingestão diária de 60 g de pescado. O consumo de peixe pela comunidade local pode chegar a 200 g / dia, o qual é elevado. No Brasil, em relação ao pescado, o limite máximo de Hg permitido para espécies não predadoras é de 0,5 ppm ($\mu\text{g} / \text{g}$) e 1,0 ppm ($\mu\text{g} / \text{g}$) para espécies predadoras, de acordo com a Portaria Normativa nº 42, de 20 de dezembro de 1999, do Ministério da Agricultura (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA DO BRASIL, 1999). Portanto, os valores observados em vários estudos representam riscos para a população.

Muitos estudos realizados em populações ribeirinhas forneceram dados epidemiológicos de contaminação mercurial nessas populações. Em estudos realizados na região do rio Tapajós, Pinheiro *et al.* (2000) demonstrou que a concentração média de mercúrio total em amostra de cabelos estava acima do limite de tolerância biológica de 10 µg / g estabelecido pelo *International Programme of Chemical Safety*, sendo que esses níveis variaram entre 2,9 e 71,5 µg / g. Ainda neste estudo foi demonstrado que determinadas espécies de peixes de hábitos carnívoros da região, como *Hoplias malabaricus* (traíra), *Cichla ocellaris* (tucunaré), *Plagioscion surinamensis* (pescada), *Hydrolycus scomberoides* (peixe-cachorro), dentre outras freqüentemente consumidas pela população local, apresentavam níveis de Hg total acima do limite recomendável para consumo humano pela OMS, ou seja, superiores a 0,5 µg / g.

Ao estudar duas comunidades ribeirinhas da Amazônia com as mesmas condições sócio-ambientais, residentes em áreas que apresentam diferentes níveis de mercúrio e que consomem peixe diariamente, Pinheiro *et al.* (2006) observaram diferentes níveis de mercúrio entre as populações dessas duas áreas de estudo, sendo que os valores da população contaminada com mercúrio excederam os valores preconizados pela OMS de 10 µg/g de Hg total.

1.6 EFEITOS DO MERCÚRIO SOBRE O SISTEMA VISUAL

Segundo Harada (1982), o sistema visual pode ser considerado um alvo importante da intoxicação pelo mercúrio. Mergler (1995), em estudos sobre a contaminação mercurial, observou em algumas pessoas, turvamento da visão, diplopia, discromatopsia e perda parcial ou total da visão. No exame do fundo do olho, observa-se a deposição do pigmento em volta do disco óptico, disco óptico hiperemiado, disco óptico com contornos mal definidos, enquanto a campimetria revela constrição de todos

os quadrantes do campo visual (SABELAISH & HILME, 1976). A constrição do campo visual também foi observada em 100% dos casos na doença de Minamata (HARADA, 1982; CHANG, 1977) sendo atribuída a lesões do córtex visual primário (SHAW, 1975). Berlim *et al.* (1975), mostraram que o metilmercúrio causa danos ao córtex visual, o qual adquire aspecto esponjoso, com perda de células gliais e cromatólise neuronal.

Em trabalhos realizados com primatas não humanos expostos ao vapor de mercúrio foi constatada deposição de mercúrio na porção não mielinizada do disco óptico, na camada interna da retina e nas paredes dos vasos capilares retinianos. Esses estudos mostraram ainda que o epitélio pigmentado da retina retém uma considerável quantidade de mercúrio, o que oferece riscos substanciais ao metabolismo retiniano (WARFIVINGE & BRUUN, 1996).

Na contaminação mercurial existe um comprometimento do transporte axonal, havendo uma relação dose-dependente nas respostas celulares da retina, nervo óptico e núcleo geniculado lateral (ASCHNER, 1987). As fibras de grosso calibre são as mais vulneráveis à intoxicação do que as fibras de calibre reduzido (CHANG, 1977). Outros fatores podem alterar ou aumentar a toxicidade dos compostos de mercúrio, como por exemplo, a deficiência nutricional da vitamina C parece aumentar os efeitos tóxicos do mercúrio no sistema nervoso central (YAMINI & SLEIGHT, 1984).

Estudos morfológicos e eletrofisiológicos em retina de peixes intoxicados com mercúrio tem mostrado alterações em diferentes tipos celulares e suas implicações para o sistema visual. Bonci *et al* (2006), ao estudarem o efeito do metilmercúrio sobre as o sistema visual da traíra (*Hoplias malabaricus*) adultos, usando técnica imunocitoquímica, observaram redução da imunoreatividade em células amácrinas quando marcadas com parvalbumina imunoreativa (PV-IR) e, essa redução ocorria de

forma dose-dependente. Ainda nesse estudo, também foi observado diminuição da imunoreatividade para células bipolares quando marcadas com proteína cinase c (PKC α -IR) em altos níveis de intoxicação. Os resultados desse trabalho sugerem que diferentes tipos celulares na retina podem ter distintos graus de susceptibilidade a intoxicação mercurial.

Tanan *et al* (2006), ao registrarem as respostas eletrofisiológicas de celular horizontais do sistema visual de traíras intoxicadas por mercúrio em diferentes doses por injeção intraperitoneal (IP) em doses de 0.01, 0.05, 0.1, 1.0, 2.0 e 6.0 mg/kg e trófica (T) em doses 0.75, 0.075 e 0.0075 mg/kg de peso corpóreo de peixe, observaram que em ambos os grupos IP e T, as respostas das celulares horizontais monofásicas foram afetadas pela intoxicação com mercúrio de forma dose-dependente, onde, basicamente essas células se caracterizavam por amplos campos receptivos e potenciais graduados lentos. No grupo IP, nenhuma resposta foi registrada para as doses mais altas de mercúrio (1.0, 2.0 e 6.0 mg/kg), segundo o que esse estudo sugere possivelmente devido ao dano celular espalhado causado pela intoxicação mercurial. Ainda nesse estudo, foi observada extensiva hemorragia na coróide e alteração do comportamento nos peixes intoxicados.

1.7 ALTERAÇÕES PSICOFÍSICAS DO SISTEMA VISUAL NA INTOXICAÇÃO MERCURIAL

O sistema visual humano pode ser avaliado através da utilização de um grande conjunto de procedimentos anatômicos, eletrofisiológicos e psicofísicos, alguns dos quais existentes desde o século XIX, como a oftalmoscopia, outros desenvolvidos ao longo do século XX, como a eletrorretinografia de campo total e a eletroencefalografia de eventos (registro do potencial cortical provocado visual), e

outros extremamente recentes, criados na última década, como a tomografia de coerência óptica e a eletrorretinografia multifocal.

Esses procedimentos, somados à investigação clínica geral e à clínica especializada oftalmológica e neurológica, permitem a caracterização detalhada das alterações visuais em condições patológicas como a intoxicação mercurial. Por exemplo, usando procedimentos psicofísicos, diversos trabalhos realizados desde a década de 50 demonstraram que na intoxicação mercurial existem alterações do sistema visual de primatas humanos e não humanos.

Mukuno *et al.* (1981) relataram em pacientes com a doença de Minamata redução na sensibilidade ao contraste espacial de luminância nas frequências médias e altas. Rice e Gilbert (1982, 1990), através de experimentos em primatas intoxicados com diferentes dosagens de metilmercúrio, relataram uma diminuição da sensibilidade ao contraste de luminância principalmente nas frequências espaciais médias e altas, havendo preservação das frequências espaciais baixas. Eles também observaram uma redução da sensibilidade ao contraste de luminância principalmente nas frequências temporais médias e baixas, havendo preservação das frequências altas.

A avaliação da função de sensibilidade ao contraste é normalmente medida usando-se um padrão de variação senoidal de luminância como estímulo visual. Tal avaliação pode ser realizada cobrindo-se uma faixa de frequências espaciais variando em contraste, através do uso de estímulos ou por técnicas computadorizadas onde os estímulos visuais são exibidos em telas de tubos de raios catódicos (SILVEIRA *et al.*, 2003), ou através de estímulos utilizando ondas quadradas, em cartões impressos como o *Vistech Teller Test* e o *Pelli-Robson Test* (CAMPBELL & GREEN, 1965; CAMPBELL & ROBSON, 1968; ARDEN, 1978, 1988; PELLI *et al.*, 1988;). Tais métodos de avaliação psicofísica têm sido úteis no exame visual dos efeitos da

contaminação mercurial devido ao seu caráter não-invasivo e à riqueza de informação que propiciam. De forma precoce, mudanças na percepção visual podem ser monitoradas avaliando-se a sensibilidade ao contraste visual. Como exemplo, pessoas sofrendo de catarata podem apresentar acuidade visual normal, mesmo sofrendo de baixa sensibilidade ao contraste. Isto se deve ao fato dos exames oftalmológicos de rotina normalmente apenas avaliarem o desempenho visual usando cartões de Snellen apresentados em alto contraste, não levando em consideração a perda da sensibilidade ao contraste. Os testes de sensibilidade ao contraste medem a quantidade mínima de contraste necessária, o limiar, para um indivíduo detectar a imagem visual (LORANCE *et al.*, 1987).

Em humanos expostos ao metilmercúrio, a diminuição da sensibilidade ao contraste de luminância nas frequências temporais altas corresponderia ao grau de constrição do campo visual (IWATA, 1980), enquanto que as deficiências nas frequências espaciais médias, mas não nas baixas poderiam ser encontradas na presença de pouca ou nenhuma constrição do campo visual (ISHIKAWA *et al.*, 1979; MUKUNO *et al.*, 1981). Como dito anteriormente, muitos estudos acerca da função visual na contaminação mercurial têm mostrado prejuízos à função visual em vários aspectos (HARADA 1982; SABELAISH & HILME, 1976; CHANG, 1977; SHAW, 1975; BERLIM *et al.*, 1975; MUKUNO *et al.*, 1981; RICE & GILBERT, 1982, 1990; IWATA, 1980). Atualmente, tais estudos da função visual utilizando as mais variadas ferramentas psicofísicas e eletrofisiológicas têm fortalecido essas afirmações (DAMIN, 2000; SILVEIRA *et al.*, 2003; RODRIGUES *et al.*, 2003, 2007; CANTO-PEREIRA *et al.*, 2005; VENTURA *et al.*, 2004, 2005; Feitosa-Santana *et al.*, 2007). É importante ressaltar que esses estudos não se aplicam somente à contaminação por mercúrio e outros metais pesados, mas têm largo emprego na avaliação visual de pacientes

acometidos das mais variadas patologias, como doença de Parkinson (CÔRTEZ, 2003; SILVA *et al.*, 2005), alcoolismo crônico (CASTRO, 2003), retinopatia diabética (VENTURA *et al.*, 2003a; GUALTIERI, 2004), intoxicação medicamentosa pela cloroquina (VENTURA *et al.*, 2003c; DOS SANTOS, 2005; DE OLIVEIRA, 2008), entre outros.

Ao estudar um grupo de 33 sujeitos expostos ao vapor de mercúrio elementar e com níveis de mercúrio na faixa de 28 a 287 $\mu\text{g/g}$ de creatinina, os quais trabalhavam na produção de instrumentos de precisão, Cavalleri *et al.* (1995), usando o teste de ordenamento de cores de Lanthony D15-d, detectou perdas na visão de cores e observou também que a perda da visão de cores ocorreu principalmente na dimensão azul-amarela para a maioria dos sujeitos. Após um ano, Cavalleri e Gobba (1998), ao testarem novamente os mesmos sujeitos com o teste de Lanthony D15-d, observaram que a percepção de cor foi significativamente melhorada em comparação com o estudo anterior, não havendo diferença entre os trabalhadores expostos e o grupo controle. É importante mencionar que, os níveis médios de mercúrio na urina para essa segunda avaliação visual foram de 10 $\mu\text{g/g}$ de creatinina. Com isso, concluíram que as perdas na visão de cores são reversíveis e dependem dos níveis de mercúrio no organismo.

Ventura *et al.* (2005) e Feitosa-Santana *et al.* (2007), ao estudar a função visual de 39 sujeitos ex- trabalhadores de indústrias de lâmpadas fluorescente, afastados há vários anos da fonte de exposição, constataram baixo desempenho em comparação com os sujeitos controles em todos os testes realizados para tarefas cromáticas e acromáticas da discriminação de cores e sensibilidade ao contraste. Ainda nesse estudo, foi observada uma redução na sensibilidade ao contraste, em todas as frequências espaciais, afirmação essa posteriormente confirmada pelo potencial provocado visual

(VEP) para as frequências médias. É importante notar que esses resultados sugerem efeitos permanentes e não reversíveis da intoxicação.

Estudando outra forma de exposição ocupacional, num grupo de dentistas, Canto-Pereira *et al.* (2005) ao usar o teste de Lanthony D15-d e o *Cambridge Colour Test* (CCT) não observaram diferença estatisticamente significativa no teste de Lanthony D15-d, mas no CCT os dentistas apresentaram as áreas das elipses de Mac Adam maiores em comparação com os controles. É importante ressaltar que o aumento do limiar de discriminação de cores medido com o CCT foi difuso, ou seja, sem eixo preferencial protan, deutan ou tritan. A medida da sensibilidade ao contraste cromático e acromático mostrou que os dentistas tinham desempenho inferior aos controles em todas as frequências espaciais.

Lebel *et al.* (1998), ao analisarem uma população que vive às margens do rio Tapajós e cujos indivíduos apresentavam níveis de mercúrio abaixo de 50 µg/g de Hg total, afirmaram que as alterações visuais, incluindo a perda da sensibilidade ao contraste e a constrição do campo visual, ocorrem de forma dose-efeito, sugerindo que, quanto maior os níveis de mercúrio no organismo, maior o dano visual. Rodrigues *et al.* (2007), ao avaliar o desempenho visual de sujeitos expostos ao mercúrio por diferentes formas, observou que o desempenho dos sujeitos mercuriais era abaixo dos sujeitos controles nas tarefas cromáticas e acromáticas em comparação com as normas estatísticas para controles.

Feitosa-Santana *et al.* (2007), ao avaliarem a função visual de 24 trabalhadores expostos ao mercúrio de forma ocupacional através da produção de lâmpadas fluorescentes, encontrou diferenças significantes entre pacientes e controles quando testados no Lanthony – D15 e no Lanthony D15d. Como mostrado em estudos anteriores, o Lanthony D15d apresenta maior sensibilidade para detectar perdas de

discriminação cromática. Segundo esse estudo, os sujeitos apresentavam exposição crônica ao vapor de mercúrio e as perdas da discriminação cromática estavam presentes muitos anos após a exposição. O que sugeriu perdas irreversíveis da visão de cores.

1.8 JUSTIFICATIVA

Na atualidade, com a preocupação por parte das autoridades em relação à contaminação do meio ambiente e à saúde da população, observa-se que muitos membros da comunidade científica e os órgãos que controlam a quantidade de mercúrio no meio ambiente, têm se empenhado em alertar e conscientizar a população para o problema de saúde pública que a contaminação mercurial se tornou e para os possíveis danos que esse metal pode causar aos organismos de um modo geral. Como exemplo, aos resultados dessas ações, observamos o uso mais rigoroso desse metal no meio industrial.

A maior fonte de exposição humana é a ingestão de peixes contaminados com altas concentrações de MeHg e sabemos que essa é a principal fonte de proteínas para populações ribeirinhas.

Muitos estudos da função visual foram realizados em populações expostas ao mercúrio de forma ocupacional e populações ribeirinhas que consumiram pescado contaminado por metilmercúrio. Tais estudos têm demonstrado prejuízos às funções visuais relacionada à percepção cromática e acromática. As ferramentas psicofísicas e eletrofisiológicas têm sido de grande importância para quantificação desses dados, bem como para gerar respostas de alterações em estágios precoces da contaminação mercurial.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho do sistema visual humano de indivíduos expostos ao mercúrio por ingestão de peixes de áreas contaminadas por mercúrio e comparar com o desempenho visual de sujeitos controles, usando paradigmas psicofísicos experimentais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Avaliar a Função de Sensibilidade ao Contraste Espacial de Luminância em diferentes faixas etárias.

b) Avaliar a Função de Sensibilidade ao Contraste Temporal de Luminância em diferentes faixas etárias.

c) Avaliar a capacidade de discriminação de cores utilizando o Método de Ordenamento de Cores de Farnsworth-Munsell em diferentes faixas etárias.

d) Comparar com normas estatísticas estabelecidas para controles em diferentes faixas etárias.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 POPULAÇÃO ESTUDADA

Este trabalho compreendeu viagens às localidades habitadas pelas populações a serem estudadas. Duas comunidades situadas às margens do rio Tapajós participaram do estudo, Barreiras e São Luis do Tapajós (Figura 1). Tais comunidades têm como principal atrativo para o presente estudo os fatos de estarem localizadas em uma região geográfica próxima a áreas de garimpos, seus habitantes possuírem dieta rica em pescado e estudos prévios terem mostrado que esse pescado está contaminado por mercúrio (PINHEIRO, 2000, 2001, 2003). As duas comunidades têm como características em comum a agricultura da mandioca e a pesca de subsistência como principal atividade ocupacional (PINHEIRO, 2000, 2001, 2003).



Figura 1. Mapa ilustrativo das áreas estudadas no presente trabalho. As comunidades de Barreiras e São Luis do Tapajós no município de Itaituba. Fonte da ilustração: http://www.unites.uqam.ca/saam/site/ws_slj_junho_2003.htm.

Barreiras é uma comunidade de pescadores situada na margem esquerda do Rio Tapajós, à jusante de Itaituba, no limite com Aveiro, sendo fluvial a sua principal via de acesso. Essa comunidade possui uma população de 746 habitantes com 250 edificações distribuídas em três ruas e quatro travessas. É importante destacar que a comunidade vive da produção agrícola da mandioca e a principal fonte de proteína alimentar é o peixe da região (Figura 2).



Figura 2. Foto ilustrativa da cidade de Barreiras, Itaituba (Fonte da ilustração: PINHEIRO, 2005).

A comunidade de São Luis do Tapajós está situada 40 km à montante da cidade de Itaituba, na margem direita do rio Tapajós, sendo também a via fluvial a principal forma de acesso. É uma comunidade constituída por 480 habitantes que em geral consomem peixe diariamente. A principal atividade ocupacional dessa comunidade também é a pesca e a agricultura de subsistência (PINHEIRO, 2000, 2001, 2003).



Figura 3. Foto ilustrativa do Posto de Saúde da cidade de São Luis do Tapajós (Fonte da ilustração: PINHEIRO, 2005).

3.2 SUJEITOS

Os habitantes das comunidades estudadas foram submetidos aos testes visuais para avaliação da Sensibilidade ao Contraste de Espacial de Luminância (SCEL), Sensibilidade ao Contraste de Temporal de Luminância (SCTL) e capacidade de discriminação de cores pelo Teste de Farnsworth-Munsell de 100 Matizes (FM-100), sendo os dados obtidos usados para a realização de estudos comparativos do desempenho do sistema visual desses habitantes com sujeitos oriundos de regiões não expostas ao mercúrio.

Os indivíduos controles sadios sem história de exposição ao mercúrio foram estudados em paralelo para obtenção de normas estatísticas que pudessem ser

usadas para as comparações desejadas. Os indivíduos foram recrutados para os testes mediante anúncio em sala de aula para alunos de graduação, anúncio entre funcionários da Universidade Federal do Pará, entre familiares e conhecidos desses.

Tanto os habitantes das comunidades alvos como os sujeitos controles foram divididos em quatro faixas etárias: 16 a 30, 31 a 45, 46 a 60 e 61 a 75 anos completos. Embora essas faixas tenham sido adotadas arbitrariamente, elas seguem algumas recomendações gerais e têm sido usadas em diversos estudos realizados ou em curso no Laboratório de Neurofisiologia Eduardo Oswaldo Cruz e no Laboratório de Neurologia Tropical (e.g.: DAMIN, 2000; RODRIGUES, 2003; RODRIGUES *et al.*, 2007): exclusão de crianças, pré-adolescentes e idosos; primeira faixa etária correspondendo a idades em que a presbiopia ainda não se instalou e as manifestações das doenças degenerativas com repercussão visual mais comuns (diabete melito, hipertensão arterial, entre outras) são relativamente raras; segunda faixa etária de idades em que a presbiopia se instala e são mais comuns as manifestações oculares de doenças degenerativas; terceira faixa etária correspondendo idades em que a presbiopia já está instalada e são comuns as manifestações oculares de doenças degenerativas; finalmente a quarta faixa etária onde é bastante freqüente comprometimento visual ocasionado por catarata, glaucoma, hipertensão arterial, diabete melito, degeneração macular relacionada à idade, entre outras causas (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2004; EYE DISEASE PREVALENCE RESEARCH GROUP, 2004).

Foram avaliados aspectos visuais de 40 indivíduos expostos ao mercúrio pela ingestão de peixes de áreas contaminadas por mercúrio, sendo o critério central para inclusão neste estudo a dosagem de mercúrio no cabelo acima dos limites estabelecidos pela organização mundial de saúde (10 µg / g). Inicialmente a amostra era composta por 55 indivíduos. Contudo, 15 indivíduos foram retirados da amostra por não

atenderem algum dos critérios para admissão nesse estudo, sendo 10 sujeitos excluídos por não terem participado do exame de análise de dosagem de mercúrio em cabelo e 5 sujeitos excluídos por não terem participado dos testes psicofísicos. Os critérios complementares considerados foram: ausência de alteração oftalmológica ou neuro-oftalmológica; ausência de determinadas doenças que potencialmente podem causar alterações no sistema visual tais como diabetes melito, hipertensão arterial, tratamento prolongado à base de cloroquina, alcoolismo crônico e doenças neurodegenerativas como doença de Parkinson e doença de Alzheimer, entre outras.

O número limitado de sujeitos expostos ao mercúrio que participaram deste estudo é justificado pelas dificuldades de acesso às comunidades ribeirinhas. Em primeiro lugar, o principal meio de acesso até as comunidades é a via fluvial, o que leva um tempo maior de permanência dos pesquisadores nas viagens para trabalho de campo. Em segundo lugar, o deslocamento de equipamentos do laboratório (computadores, perímetro, testes de rotina clínica, etc...) é dificultado em decorrência dos transportes aéreos de Belém até Santarém ou Itaituba ocorrerem freqüentemente em aeronaves pequenas. Em decorrência desse fato, muitas vezes o grupo foi impedido de viajar com grandes volumes de equipamentos.

Os dados de identificação pessoal dos sujeitos controles e expostos ao mercúrio, ou seja, informações sobre sexo, idade, olho testado e confirmação sobre os testes realizados encontram-se listados nas Tabelas 1-3 para controles que realizaram o teste FM-100, SCEL e SCTL, respectivamente, e na Tabela 4 para sujeitos expostos ao mercúrio.

Tabela 1. Relação dos 143 indivíduos controles que realizaram o Teste de Farnworth Munsell de 100 Matizes (FM-100) para avaliação da capacidade de discriminação de cores. Os sujeitos estão listados em ordem alfabética do código de identificação e são apresentadas informações sobre o sexo masculino (M) e feminino (F), idade (em anos

completos), olho testado direito (D) ou esquerdo (E) e confirmação da realização de quatro tentativas no teste (4).

Nº	Identificação	Sexo	Idade	Olho	FM-100
001	AAO031024	M	50	D	4
002	AAR030717	F	53	E	4
003	ACB020222	F	21	D	4
004	AFT970917	F	18	D	4
005	AGM020304	M	39	D	4
006	AJO010830	M	36	D	4
007	ALC030406	F	33	D	4
008	ALL020814	M	32	E	4
009	AMB040322	M	43	D	4
010	ASP030718	M	50	E	4
011	ATP031129	M	31	D	4
012	AIL970416	F	19	D	4
013	AJF980814	M	19	D	4
014	AJM010606	M	24	D	4
015	ALA970111	F	22	D	4
016	AMJ981019	F	22	D	4
017	AOF020208	F	18	D	4
018	ARR961230	M	24	D	4
019	ARS010605	M	20	D	4
020	ASB990108	M	20	D	4
021	ASS990827	M	18	D	4

022	BFA970611	M	31	D	4
023	BMC010606	F	19	D	4
024	BMR040722	M	54	E	4
025	CAF020208	F	19	D	4
026	CAS001105	M	25	D	4
027	CFA020619	F	18	D	4
028	CSF040414	F	43	D	4
029	CTP000330	F	18	D	4
030	DDG991015	M	46	D	4
031	DGS000712	F	46	D	4
032	DHL020222	M	18	D	4
033	DPM020213	M	19	D	4
034	DSB010905	F	36	D	4
035	DSO000111	F	20	D	4
036	EAB030521	M	32	E	4
037	ECO981229	M	31	D	4
038	EGS990113	M	20	D	4
039	EBM020208	F	22	D	4
040	EMN040114	F	46	D	4
041	ENO990709	M	25	D	4
042	EOK970704	F	57	D	4
043	ERF000623	F	38	E	4
044	ETB990708	F	48	D	4

045	EYS970814	M	21	E	4
046	FAF010605	M	25	D	4
047	FAS030520	M	47	D	4
048	FJU961212	M	20	D	4
049	FLG010612	M	26	D	4
050	FNR010605	M	20	D	4
051	FSA000211	M	24	D	4
052	FSC020213	F	18	D	4
053	FSM020221	F	19	D	4
054	GMS030505	F	31	D	4
055	HDM970110	M	19	D	4
056	HMA010404	M	48	D	4
057	HMS021114	F	19	D	4
058	HSB021114	M	17	D	4
059	IBS000802	F	31	D	4
060	IF040804	F	58	E	4
061	JAP001221	M	18	D	4
062	JAS030526	F	19	D	4
063	JCB010806	F	19	E	4
064	JFA010607	F	24	D	4
065	JFG010608	M	20	D	4
066	JFL971001	F	18	D	4
067	JFM010607	M	21	D	4

068	JGB990303	M	38	D	4
069	JGN000211	F	20	D	4
070	JMS981110	M	31	D	4
071	JPC990701	M	35	D	4
072	JRM980324	M	20	D	4
073	JRP031028	M	31	D	4
074	JRV981231	F	21	D	4
075	KDL010519	M	21	D	4
076	KKS991020	F	22	D	4
077	LAL031020	M	50	E	4
078	LAR010611	M	19	D	4
079	LCG031224	M	34	D	4
080	LCL011212	M	48	D	4
081	LGB000811	F	55	D	4
082	LHS001106	M	20	D	4
083	LJB030512	M	33	D	4
084	LLC980823	F	21	E	4
085	LLP990309	F	36	D	4
086	LMA021212	F	19	D	4
087	LMN020124	F	54	D	4
088	LNR010429	M	18	D	4
089	LOM010611	M	23	D	4
090	LR000905	F	21	E	4

091	LSO051103	M	29	E	4
092	MAP970918	M	20	D	4
093	MAS000814	M	33	D	4
094	MCP981119	F	40	D	4
095	MCS031112	M	33	D	4
096	MDC031108	F	51	E	4
097	MES030518	F	36	D	4
098	MFM010610	M	18	D	4
099	MFR030426	F	51	D	4
100	MFS000808	F	49	D	4
101	MGF030522	F	54	D	4
102	MIT001104	F	26	E	4
103	MJL010602	M	28	D	4
104	MOS021128	M	18	D	4
105	MPS970701	F	46	D	4
106	MSC031223	F	40	D	4
107	MSF000907	M	42	D	4
108	MSR051025	M	59	E	4
109	NCR991111	M	33	D	4
110	OBP981118	M	18	D	4
111	PBC000128	F	22	D	4
112	PCB010612	F	23	D	4
113	PEL030521	M	52	D	4

114	PFS000112	F	25	D	4
115	PGO010606	M	19	E	4
116	PHG970819	M	21	D	4
117	PJO990712	M	37	D	4
118	PSS010612	F	23	D	4
119	RAO000221	M	23	D	4
120	RCF020420	M	20	D	4
121	RCM990531	F	35	D	4
122	RCQ020420	F	18	D	4
123	RCS010917	M	48	D	4
124	RFM001105	M	20	D	4
125	RMA001215	F	17	D	4
126	RMA010603	F	19	E	4
127	RNS970805	M	25	D	4
128	RRP000913	F	35	D	4
129	RSB980113	M	48	D	4
130	RSG990901	F	27	D	4
131	SAO021129	M	28	D	4
132	SHJ000904	M	21	D	4
133	SJL010608	M	23	D	4
134	SNM031112	F	40	D	4
135	SNS990322	F	43	D	4
136	TCC010609	M	18	D	4

137	TST050712	M	47	D	4
138	VAL030916	F	60	D	4
139	VMO040106	F	19	E	4
140	VRC010606	F	23	D	4
141	WAJ020625	M	21	D	4
142	WMS990106	M	20	D	4
143	WRM980324	M	18	D	4

Tabela 2. Relação dos indivíduos controles que realizaram a avaliação da Sensibilidade ao Contraste Espacial de Luminância (SCEL). Os sujeitos estão listados em ordem alfabética do código de identificação e são apresentadas informações sobre o sexo masculino (M) e feminino (F), idade (em anos completos), olho testado direito (D) ou esquerdo (E) e confirmação da realização de seis tentativas no teste (6).

Nº	Identificação	Sexo	Idade	Olho	SCEL
001	ACS040727	F	43	D	6
002	AJL020208	M	58	D	6
003	AJM012121	M	35	D	6
004	AJM010606	M	24	D	6
005	AJO011010	M	36	D	6
006	AJM012121	M	31	D	6
007	ALV970916	M	18	D	6
008	AM000627	F	38	D	6
009	AMB951106	M	21	D	6
010	AMH011205	M	25	D	6
011	APG020717	M	24	D	6
012	APS970109	M	28	D	6

013	ARA001019	F	31	D	6
014	ASA020213	F	33	D	6
015	AVL021109	M	19	D	6
016	BDG040430	M	26	D	6
017	BMC010606	F	19	D	6
018	BMP040430	M	25	D	6
019	BMR040722	M	54	E	6
020	BPS000907	F	36	D	6
021	CAM001202	F	47	D	6
022	CCM011214	M	19	D	6
023	CCP011212	F	22	D	6
024	CRB951104	M	20	D	6
025	CSM981215	F	20	D	6
026	CTP000330	F	18	D	6
027	DMP001125	F	46	D	6
028	DSS020209	M	55	D	6
029	ECF020629	F	19	D	6
030	EGT001221	M	19	E	6
031	EMF040422	F	25	D	6
032	EMN040114	F	46	D	6
033	EYS970814	M	21	E	6
034	FAF010605	M	25	D	6
035	FCA001123	M	20	D	6

036	FCM970516	F	22	D	6
037	FLG010612	M	22	D	6
038	FLM011022	M	19	D	6
039	FNR010605	M	20	D	6
040	FPP020706	F	23	D	6
041	GAM951020	M	23	D	6
042	GMS030612	F	33	D	6
043	GSS040429	M	25	D	6
044	HDM961211	M	19	D	6
045	HNМ970917	M	19	D	6
046	HLP001019	F	36	D	6
047	ILB970517	M	19	E	6
048	IMM020629	F	21	D	6
049	IRB021116	M	19	D	6
050	JAT011003	M	57	D	6
051	JBM040728	M	47	D	6
052	JBO961015	M	58	D	6
053	JBS011206	F	18	D	6
054	JCB010806	F	19	E	6
055	JCP000908	F	46	D	6
056	JEN000909	M	54	D	6
057	JFA010607	M	24	D	6
058	JIL011130	M	19	D	6

059	JLO970514	M	54	D	6
060	JPC050415	M	48	D	6
061	JPN970528	M	22	D	6
062	KNP020629	F	21	D	6
063	LA021120	F	18	D	6
064	LAL011205	M	25	D	6
065	LAR010611	M	19	D	6
066	LAS020209	M	58	D	6
067	LB021116	F	17	D	6
068	LCF011027	M	32	D	6
069	LCL961006	M	43	D	6
070	LCL011212	M	47	D	6
071	LGB000711	F	55	D	6
072	LLO980902	M	22	D	6
073	LMA040610	F	24	D	6
074	LMW020629	F	21	D	6
075	MAF000906	F	37	D	6
076	MAS001019	M	33	D	6
077	MCF960925	F	52	D	6
078	MCM020209	F	58	D	6
079	MFR030507	F	51	D	6
080	MHT000907	F	46	D	6
081	MIT011010	F	27	E	6

082	MJL010921	M	29	E	6
083	MNM000830	F	38	D	6
084	MNS020209	F	55	D	6
085	MOC000909	F	51	E	6
086	MSC020629	F	22	D	6
087	MSC031223	F	42	D	6
088	MSC040721	M	32	D	6
089	MSF011023	M	44	D	6
090	MZC020629	F	19	D	6
091	NFS970208	M	22	D	6
092	NLM011211	F	21	D	6
093	PFS000113	F	25	D	6
094	RAF050416	M	38	D	6
095	RCB010124	R	37	D	6
096	RCF001230	M	37	D	6
097	RMA010806	F	18	D	6
098	RNS011130	M	25	D	6
099	RRS020213	M	59	D	6
100	SLB020629	F	21	D	6
101	SMA011010	F	35	E	6
102	SMS960925	F	37	D	6
103	TAC020629	F	18	D	6
104	TPB010808	M	19	D	6

105	TSM040501	F	23	D	6
106	VJA000907	M	33	D	6
107	VMM011108	F	37	D	6
108	VRC011217	F	23	D	6
109	WRM980406	M	19	D	6

Tabela 3. Relação dos indivíduos controles que realizaram a avaliação da Sensibilidade ao Contraste Temporal de Luminância (SCTL). Os sujeitos estão listados em ordem alfabética do código de identificação e são apresentadas informações sobre o sexo masculino (M) e feminino (F), idade (em anos completos), olho testado direito (D) ou esquerdo (E) e confirmação da realização de seis tentativas no teste (6).

Nº	Identificação	Sexo	Idade	Olho	SCTL
01	ARR961230	M	30	D	4
02	ALL060818	M	29	D	4
03	AOM061204	F	23	D	4
04	AVG060916	M	17	D	4
05	BNS061224	F	18	D	4
06	CJD060921	F	27	D	4
07	CAM070110	M	17	D	4
08	CBA060916	F	16	D	4
09	CLS060815	M	27	D	4
10	ERS060904	M	30	D	4
11	ECA060891	M	30	D	4
12	EMC050906	F	21	D	4
13	FVO060819	F	24	D	4
14	GCP060819	F	23	D	4

15	IBT060308	F	24	D	4
16	JLS061224	F	17	D	4
17	JS060916	M	30	D	4
18	JMR060819	M	30	D	4
19	JC060920	M	30	D	4
20	JTC060529	F	16	D	4
21	KVC061125	F	17	D	4
22	LAC061224	F	24	D	4
23	LSS061219	M	15	D	4
24	LPS061125	M	21	D	4
25	LCM060327	M	27	D	4
26	MFC060509	F	27	D	4
27	MAM060906	M	19	D	4
28	MGL051124	F	17	D	4
29	NCS060830	F	28	D	4
30	OAS061125	M	17	D	4
31	SCC060426	F	30	D	4
32	SVO060815	F	30	D	4
33	TOM061126	M	19	D	4
34	WC060218	M	27	D	4

Tabela 4. Relação dos indivíduos expostos ao mercúrio que realizaram o Teste de Farnworth-Munsell de 100 Matizes (FM-100), a avaliação da Sensibilidade ao Contraste Espacial de Luminância (SCEL) e a avaliação da Sensibilidade ao Contraste Temporal de Luminância (SCTL). Os sujeitos estão listados em ordem alfabética do código de identificação e são apresentadas informações sobre o sexo masculino (M) e feminino

(F), idade (em anos completos), comunidade de origem Barreiras (B) ou São Luis do Tapajós (SLT), olho testado direito (D) ou esquerdo (E) e confirmação da realização de uma tentativa no FM-100 (1), SCEL (1) ou SCTL (1).

Nº	Identificação	Sexo	Idade	Origem	Olho	FM-100	SCEL	SCTL
01	AAS990802	M	20	B	D	1	1	
02	ARS060713	M	38	B	D	1	1	1
03	CML050826	F	43	SLT	D	1	1	1
04	CSA030514	M	59	B	D	1	1	
05	CSB020605	M	29	SLT	D	1	1	1
06	CVF060715	F	15	B	D	1	1	1
07	DAS050826	F	27	SLT	D	1		
08	DSS050826	F	50	SLT	D	1		
09	DVS050824	F	41	B	E	1		
10	EMS020607	F	32	B	D	1		
11	ER060712	F	26	SLT	D	1	1	1
12	ELA050826	F	24	SLT	D	1		
13	FES050827	F	57	SLT	D	1	1	1
14	FOM030515	F	15	B	D	1		
15	FKL060715	F	20	B	D	1	1	1
16	GCS050827	F	32	SLT	D	1		
17	HPP060715	F	23	B	D	1	1	1
18	ISS030514	F	24	SLT	D	1		
19	JAR030517	M	38	SLT	D	1	1	1
20	JCC030514	M	64	B	D	1		
21	JCP060715	F	32	B	D	1	1	1

22	JST050827	F	32	SLT	D	1		
23	JRS050824	F	27	B	D	1		
24	JVA030514	M	50	B	D	1		
25	LPF050823	F	25	B	D	1		
26	MCR050824	F	53	B	D	1		
27	MES030514	F	39	B	D	1	1	1
28	MGP050823	F	61	B	D	1		
29	MKM050826	F	29	SLT	D	1		
30	MND030514	F	19	B	D	1		
31	MNR050826	F	43	SLT	D	1		
32	MOP050824	F	33	B	D	1		
33	MRP050824	F	49	B	D	1		
34	NF030518	F	43	SLT	D	1		
35	REV030513	M	45	B	E	1		
36	RGF030517	M	41	SLT	E	1		
37	RSR060713	M	41	SLT	D	1	1	1
38	SAA050824	M	24	B	E	1		
39	TAS050826	F	43	SLT	D	1		
40	TQS030514	M	44	B	D	1		

3.3 PROCEDIMENTOS INICIAIS

Este trabalho foi realizado em conformidade com as normas da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 1996), tendo sido

aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Núcleo de Medicina Tropical (NMT) em reunião realizada em 04 de julho de 2002.

A equipe que se deslocou até as localidades estudadas era composta por médicos, outros profissionais da área de saúde, docentes-pesquisadores, técnicos e estudantes de pós-graduação e graduação, integrantes de diversos laboratórios do NMT, do Instituto de Ciências Biológicas (ICB), do Instituto de Ciências da Saúde (ICS), do Instituto de Ciências Exatas e Naturais (ICEN) e do Instituto de Geociências (IG), todas essas unidades da UFPA. Dentre eles, os pesquisadores do Laboratório de Neurofisiologia Eduardo Oswaldo Cruz (ICB, UFPA) e do Laboratório de Neurologia Tropical (NMT, UFPA) que participaram diretamente do presente trabalho.

Como procedimentos iniciais foram aplicados dois testes oftalmológicos de rotina: o Teste de Acuidade Visual com os Optotipos de Snellen (Figura 4), que tem como objetivo medir a capacidade do sujeito quanto à discriminação visual de detalhes finos e de alto contraste, e o Teste de Discriminação de Cores com Pranchas Pseudoisocromáticas de Ishihara (Figura 5), usado para descartar deficiências congênitas da visão de cores dos tipos protan e deutan (ISHIHARA, 1997). Todos os indivíduos que participaram deste estudo fizeram os testes de acuidade visual e de Ishihara.

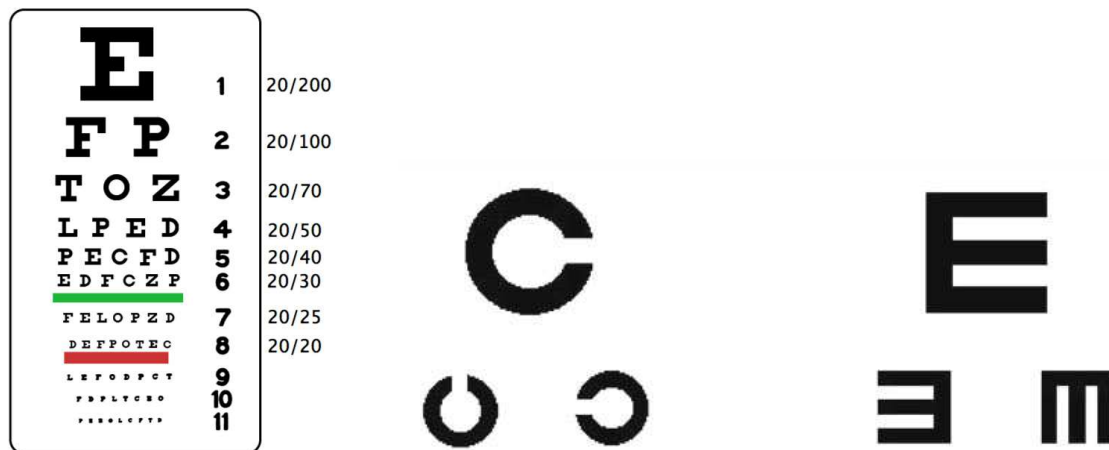


Figura 4. Placas com Optotipos de Snellen, usadas para medida da acuidade visual. À esquerda, estímulo para pessoas alfabetizadas. Na coluna do lado de fora do retângulo, a escala tradicional de pontuação para o resultado, com valores em pés (20 pés = 6 m). Fonte: http://www.productwiki.com/upload/images/example_snellen_chart.jpg. No centro e à direita, dois tipos de estímulos usados para testar pessoas não alfabetizadas, às quais é solicitado que mostre com as mãos a orientação espacial do estímulo. Os resultados são expressos de forma semelhante aos estímulos para pessoas alfabetizadas. Fonte da ilustração: <http://webvision.med.utah.edu/imageswv/KallSpat2.jpg>

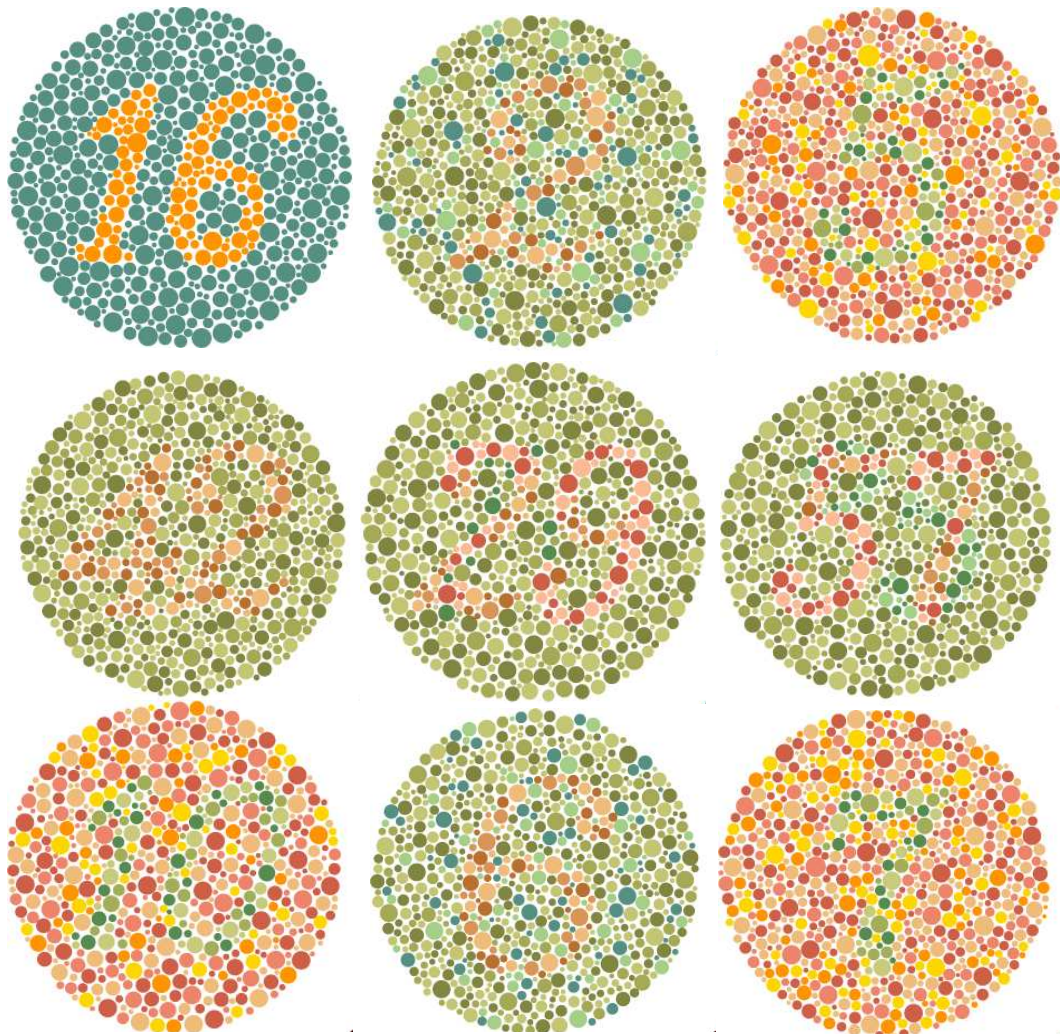


Figura 5. Pranchas pseudoisocromáticas de Ishihara utilizadas para identificação de deficiências de visão de cores dos tipos Protan e Deutan (Daltonismo). Os estímulos seguem o princípio de Stiling de apresentar o alvo a ser discriminado embebido em ruído espacial e de luminância (STILING, 1877, 1883; REGAN et al., 1994). Fonte da ilustração: <http://colorvisiontesting.com/ishihara.htm>.

Ainda na bateria de exames complementares, foi feita a delimitação do campo visual através da Perimetria Dinâmica, utilizando o Arco Perímetro de Förster (Figura 6). Tal procedimento serve para avaliar possíveis perdas no campo visual como a constrição associada à doença de Minamata. Com o arco perímetro é possível avaliar perdas nos quatro quadrantes (direito, esquerdo, superior e inferior) ou ao longo de determinados meridianos do campo visual, posicionando-se o estímulo a uma distância

constante do olho e deslocando-o à velocidade aproximadamente constante ao longo de diferentes direções do campo visual (THOMPSON & MICHAEL, 1977).

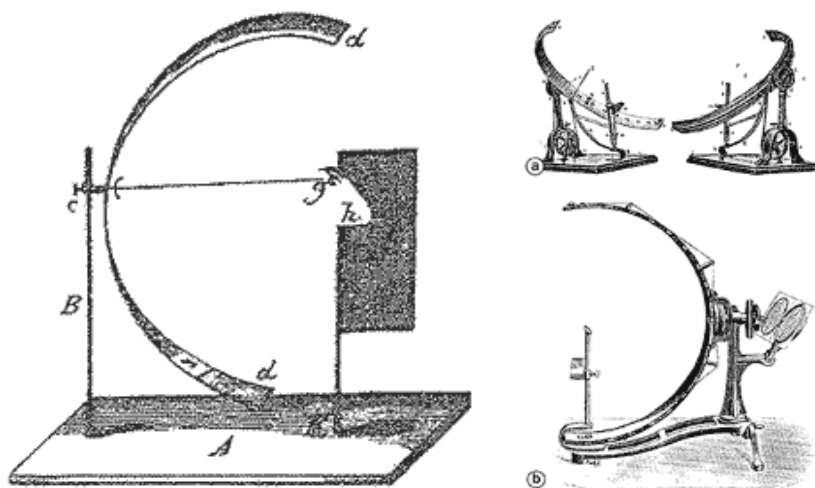


Figura 6. Arco perímetro fabricado em 1857, conhecido como Arco Perímetro de Förster, o qual foi adaptado da Tela Tangente de von Graefe. Fonte da ilustração: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/ips/PerimetryHistory/index.htm>

No procedimento de teste, inicialmente o paciente foi orientado acerca do estímulo que ele tinha que identificar no momento em que o mesmo passava pelo campo visual. Posteriormente, o experimentador interrogava a pessoa testada até onde ela estava vendo o estímulo para cada direção do campo visual avaliada e, então, todas as respostas referidas pelos sujeitos eram marcadas nos quatro quadrantes do mapa do campo visual. O campo visual foi medido ao longo do meridiano horizontal, meridiano vertical e meridianos intermediários a intervalos 30°.

Os valores padrões nos mapas perimétricos são apresentados como médias obtidas de uma amostra da população (Figura 7). Tais medidas mostram que o quadrante nasal tem uma extensão de campo visual limitada pelo nariz, enquanto o temporal estende-se mais amplamente. Em pessoas com comprometimento do campo

visual, os meridianos estendem-se a distâncias variáveis menores do que a média da população.

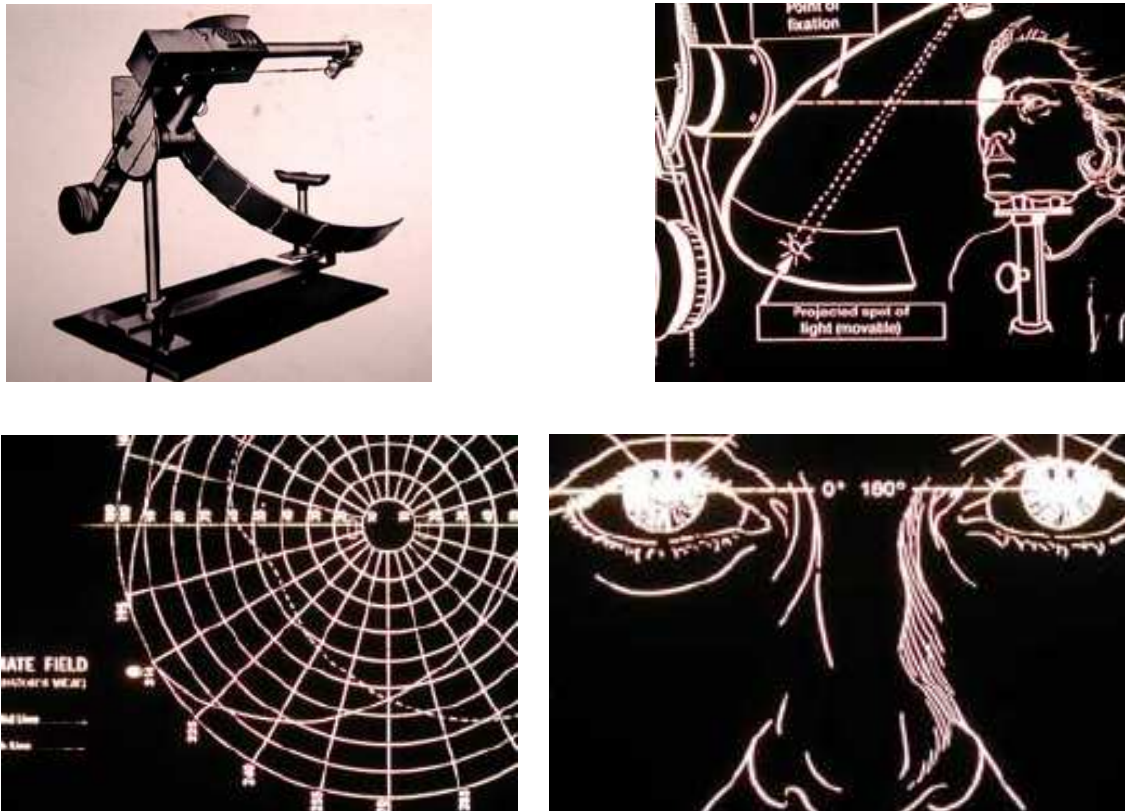


Figura 7. Ilustração do procedimento de medida do campo visual através da Perimetria Dinâmica de Förster. Na ilustração superior, à esquerda, o arco perímetro usado para medida dos limites do campo visual, enquanto à direita vê-se o posicionamento da pessoa testada em relação ao aparelho. Na ilustração inferior, à esquerda, os limites do campo visual em gráfico polar e à esquerda está indicada a limitação imposta pelo nariz no quadrante nasal quando comparado com o quadrante temporal de cada olho testado. Fonte da ilustração: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/ips/PerimetryHistory/index.htm>

Para encontrar-se um índice que exprimisse o tamanho do campo visual controle, mediu-se a área do polígono formado ligando-se os pontos de intersecção do perímetro padrão do campo visual com os meridianos onde foram realizadas as medidas do campo visual dos sujeitos controles. O contorno deste “polígono perimétrico” padrão foi digitalizado e sua área medida utilizando-se o programa Scion Image for Windows (Scion Corporation, Frederick, Maryland, EUA), obtendo-se o valor de $57,07 \text{ cm}^2$ (na

ampliação padrão do diagrama fornecido pelo fabricante). O mesmo procedimento de medida foi adotado para os polígonos perimétricos dos campos visuais dos sujeitos expostos ao mercúrio. Ao dividir o valor da área do polígono perimétrico do sujeito exposto ao mercúrio pela área do polígono perimétrico padrão obteve-se a razão adimensional que foi usada para comparações subseqüentes. Por exemplo, um sujeito exposto com polígono perimétrico de 53,7 cm², e razão de 0,941 (53,7 / 57,07) tem um campo visual que na medida adotada neste trabalho seria 94,1% do padrão ou 5,9% menor do que o padrão ($0,059 = 1 - 0,941$).

Todos os procedimentos realizados como métodos pré-diagnósticos para a concretização deste estudo foram previamente orientados por médicos oftalmologistas que trabalham em colaboração com a equipe do Laboratório de Neurofisiologia Eduardo Oswaldo Cruz. Em casos de suspeita de alterações visuais, antes de se proceder aos exames psicofísicos foi realizado o exame de fundo do olho, com o auxílio de um oftalmoscópio para verificar a possibilidade de lesões retinianas de outras etiologias. Uma vez realizados os procedimentos oftalmológicos e o sujeito aprovado para participação no estudo, deu-se prosseguimento aos testes de avaliação psicofísica do sistema visual.

3.4 AVALIAÇÃO PSICOFÍSICA

Examinamos aspectos da visão espacial e temporal empregando uma bateria de testes psicofísicos de avaliação das funções visuais humanas, compreendendo: i) avaliação da sensibilidade ao contraste espacial de luminância; ii) avaliação da sensibilidade ao contraste temporal de luminância; iii) avaliação da discriminação de cores pela medida da capacidade de ordenamento de cores.

Os aplicativos utilizados no estudo do sistema visual humano foram desenvolvidos em linguagem de programação C++, em ambiente de desenvolvimento C++ Builder 3.0 (Borland, Cupertino, California, EUA), para o uso em plataformas IBM-PC. Foi utilizado o modelo Pentium IV 1,7 GHz, com 512 MB de RAM e disco rígido de 40 GB. A estimulação visual foi gerada com placa gráfica Annihilator 2 (Creative Labs, Cingapura, Cingapura), com paleta de cores de 24 bits (8 bits por canal). Os padrões gráficos são apresentados em monitor de vídeo modelo Multiscan G420 (Sony, Tokyo, Japão), de 19 polegadas, com resolução espacial de 1024 x 768 *pixels*, frequência horizontal de 98,8 kHz e frequência de varredura vertical de 120 Hz. O presente modelo de estimulação visual representou o desenvolvimento de modelo anterior que havia sido desenvolvido anteriormente para plataformas IBM *Power station* RISC 6000 (IBM, New York, New York, EUA) (Botelho de Souza, 1995).

3.4.1 Avaliação Psicofísica da Sensibilidade ao Contraste Espacial de Luminância (SCEL)

Os estímulos visuais que foram usados neste teste baseiam-se em estudos realizados na década de 1960, em estudos de quantificação da sensibilidade ao contraste de luminância do sistema visual humano (CAMPBELL & GREEN, 1965a; ROBSON, 1966; CAMPBELL E ROBSON, 1968). Eles consistem em redes espaciais estacionárias e isocromáticas, moduladas senoidalmente ao longo de uma determinada direção da tela onde os estímulos são apresentados, a qual é posicionada a distâncias fixas, predeterminadas (Figura 8).

Embora o teste possa ser feito mono ou binocularmente, neste trabalho usou-se a estimulação monocular, uma vez que as diferentes doenças que acometem o sistema visual humano podem afetar desigualmente e progredir diferentemente nos dois

olhos. Testamos com o sujeito posicionado a 3 m de distância e condições de iluminação adequadas para o teste. O estímulo eram redes senoidais verticais apresentados em 11 frequências espaciais entre 0,2 ciclos/graus e 30 ciclos/graau.

No procedimento de testagem, inicialmente foi apresentada uma rede senoidal de frequência espacial baixa e contraste sublimiar. Em seguida, o contraste foi aumentado até atingir níveis supralimiais, para certificar-se do aspecto do estímulo a ser detectado. Posteriormente, através do método do ajuste, o contraste foi variado nas direções ascendente ou descendente, até atingir o critério do mínimo necessário para a visibilidade do padrão, ou seja, até atingir o contraste limiar. Uma vez encontrado o contraste limiar prosseguia-se para outra frequência e assim sucessivamente até o término do teste.

Os resultados foram mostrados em valores de sensibilidade ao contraste, correspondente ao inverso do contraste limiar. Para cada sujeito foi realizada uma medida de sensibilidade ao contraste em onze frequências espaciais no olho dominante. Antes de realizar o teste o sujeito recebeu as instruções relativas à sua tarefa. Os resultados foram apresentados de forma numérica e gráfica. A representação gráfica expressou no eixo das ordenadas a sensibilidade ao contraste de luminância em função da frequência espacial (Figura 9).

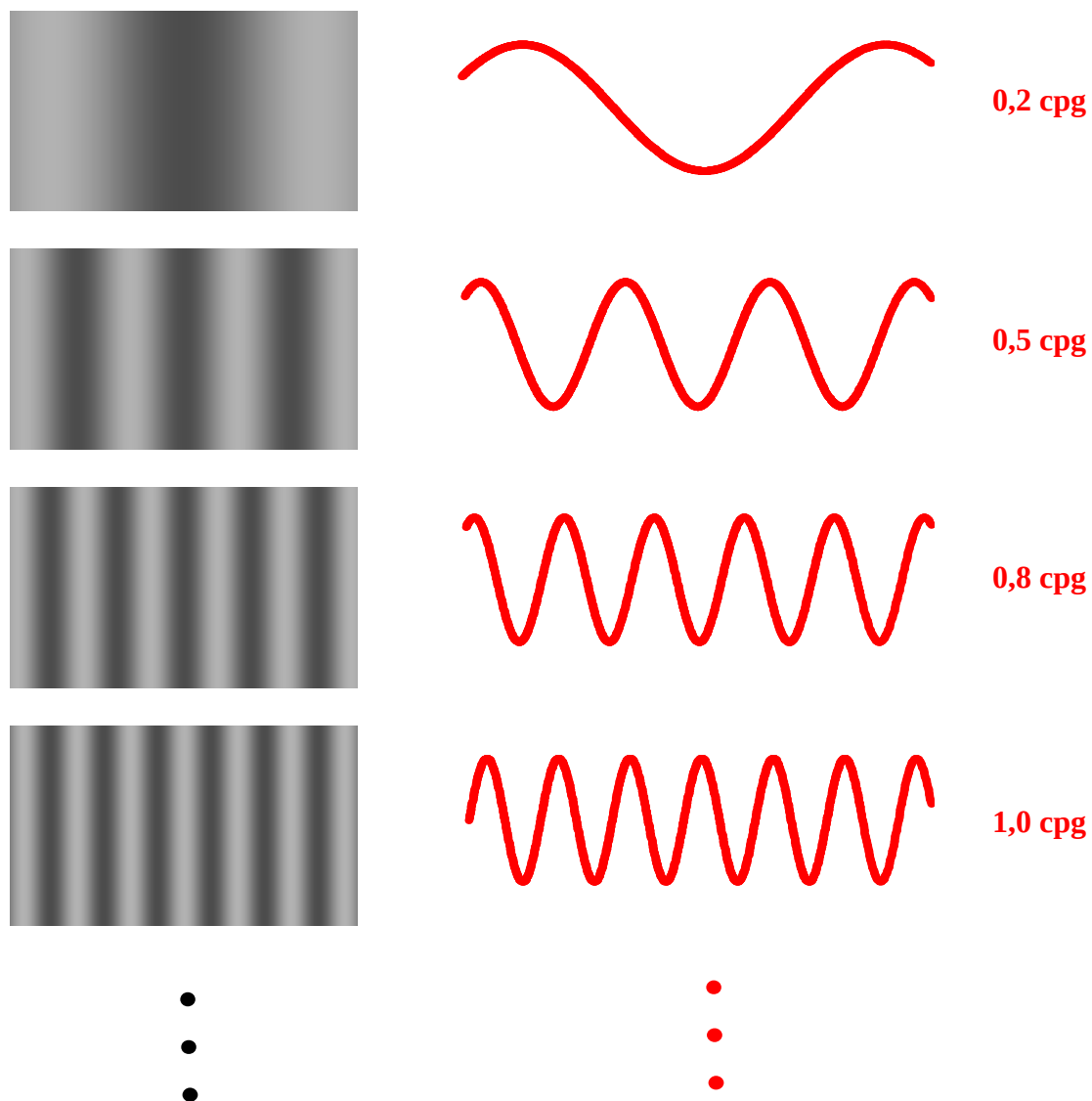


Figura 8. Exemplo de estímulo visual utilizado em testes psicofísicos que medem a Sensibilidade ao Contraste Espacial de Luminância. Na coluna da esquerda estão apresentados estímulos visuais em forma de redes senoidais estacionárias que aparecem nas telas de testes e na coluna da direita é demonstrado o aspecto gráfico das senóides para cada um dos padrões de estímulos visuais correspondentes (e.g.: SCHADE, 1956; CAMPBELL & GREEN, 1965; CAMPBELL & ROBSON, 1968).

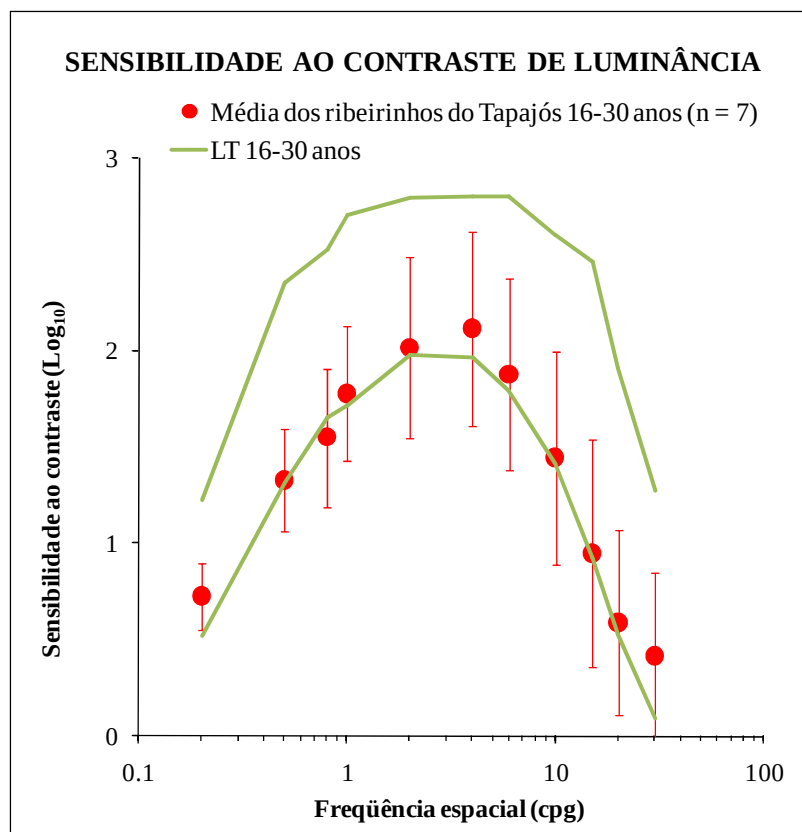


Figura 9. Representação gráfica do resultado de um teste de avaliação da Sensibilidade ao Contraste Espacial de Luminância, mostrando normas estatísticas para sujeitos expostos ao mercúrio faixa etária de 16-30 anos, N = 7. As curvas em verde representam o limite de tolerância superior e o limite de tolerância inferior com média e desvio padrão para este grupo.

3.4.2 Avaliação Psicofísica da Sensibilidade ao Contraste Temporal de Luminância (SCTL)

Para determinação da função de sensibilidade ao contraste temporal de luminância, foi realizado um teste que descreve a variação da sensibilidade do indivíduo testado quanto à percepção de contraste simultâneo numa certa faixa de frequências temporais. O estímulo utilizado consistiu de um plano isoluminante projetado em toda a tela do monitor, dentro do qual uma área quadrada central apresentou variação senoidal de luminância em relação à luminância da área geral deste plano, através de oscilações temporais em 7 frequências : 0,5, 1, 2, 4, 8, 16, e 32 Hertz (Figura 10).

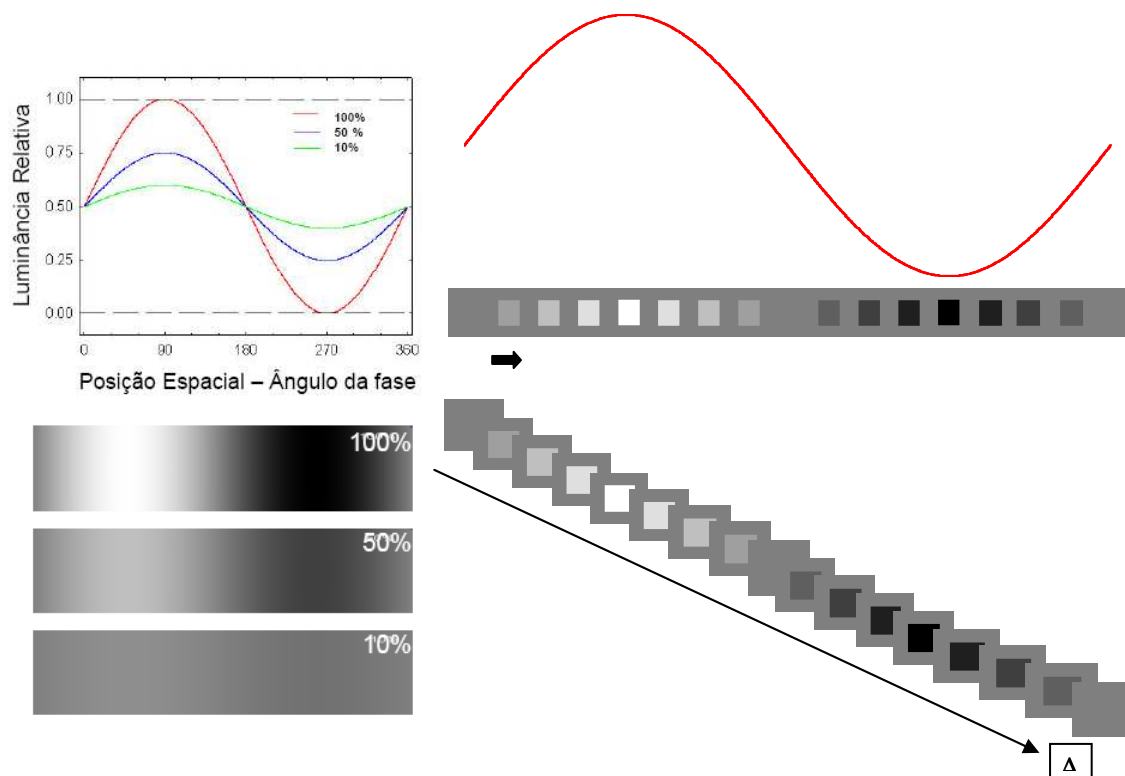


Figura 10. Exemplo dos estímulos utilizados na medida da função de sensibilidade ao contraste temporal de luminância. No diagrama superior, a linha vermelha representa como a luminância varia em frequência perpendicularmente à luminância do fundo da tela para cada um dos estímulos e nos quadros sequenciais abaixo são apresentados os estímulos que representam as telas do teste (Fonte da ilustração: TEIXEIRA, 2006).

Os testes foram realizados a uma distância de 3 m. A tela em que o padrão foi exibido era retangular e media 0,034 m por 0,027 m, correspondendo à extensão angular de 6,5° por 5° de ângulo visual a 3 m de distância, com a luminância média 43,5 cd/m². A diferença de luminância entre o estímulo quadrado e o fundo determinou o contraste, apresentado em valores entre 0 e 1, calculados através da fórmula de Michelson.

O teste era iniciado com a apresentação do estímulo quadrado sobre um fundo isocromático, em contraste subliminar. Inicialmente, o indivíduo era orientado acerca do procedimento a ser desenvolvido durante o teste, uma vez que ele entendia a tarefa, era realizado o procedimento. O indivíduo era testado através do método do

ajuste para ajustar o contraste percebível até o contraste limiar ser definido (Schade, 1956; Campbell *et al.*, 1981).

Os resultados foram mostrados em valores de sensibilidade ao contraste, correspondente ao inverso do contraste limiar. Para cada indivíduo foi realizada uma tentativa da sensibilidade ao contraste nas sete frequências temporais, assim como na avaliação da SCLE, antes da primeira tentativa o sujeito era orientado acerca do estímulo com uma prévia do teste, e assim, evitar o baixo desempenho por desconhecimento do teste. Os resultados foram mostrados numericamente como valores de sensibilidade ao contraste, e graficamente como limites de tolerância superior e inferior de sensibilidade ao contraste, em cada frequência testada (Figura 11).

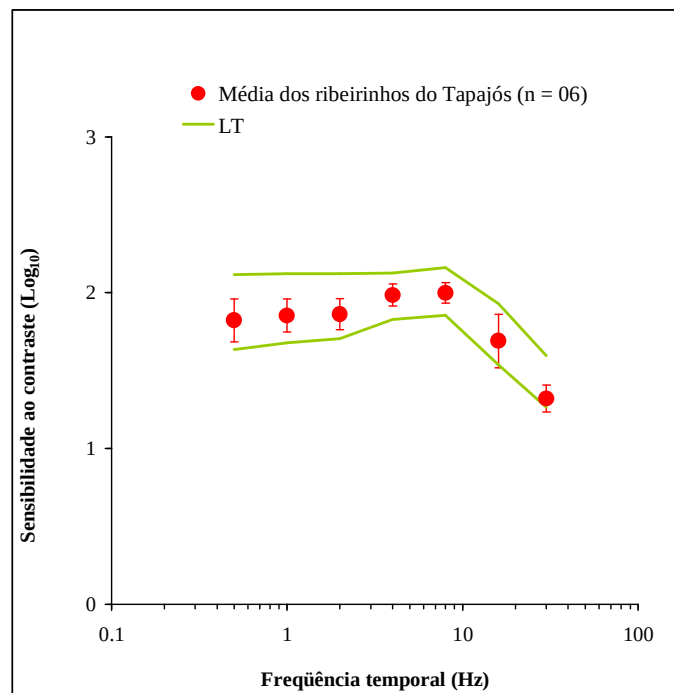


Figura 11. Representação gráfica do resultado de um teste de avaliação da Sensibilidade ao Contraste Temporal de Luminância, mostrando os limites de tolerância em sete frequências temporais para sujeitos controle.

3.4.3 Avaliação Psicofísica da Discriminação de Cores pelo Teste de Ordenamento de Cores de Farnsworth-Munsell

O Teste de 100 Matizes de Farnsworth-Munsell tem por objetivo identificar e diferenciar deficiências congênitas ou adquiridas de discriminar cores. Esse teste usa o método de ordenamento de cores para medir a capacidade do indivíduo de discriminá-las (BIRCH, 1993). Em sua versão original, são usadas 100 amostras de cores, distribuídas sistematicamente em todas as direções do diagrama de cromaticidade da CIE, procurando-se escolher cores sem diferença de saturação e luminância, de tal forma que o sujeito que está sendo testado tenha que as ordenar com base unicamente nas diferenças de matiz (FARNSWORTH, 1957). No teste usado rotineiramente na clínica, as cores são impressas e montadas em bases de plástico ou madeira, tendo que

ser visualizadas sob iluminação padrão apropriada e manuseadas à distância confortável.

No presente estudo, como já mencionado acima, foi utilizado uma versão computadorizada desenvolvida para microcomputadores dotados de placa gráfica de resolução espaçotemporal de alto desempenho. Nessa versão, assim como na versão comercial do teste, são usadas 85 em vez de 100 matizes. Na descrição do teste, os estímulos foram exibidos na tela em quatro séries de 22 quadrados coloridos, isoluminantes entre si e em relação ao fundo, igualmente espaçados no diagrama da CIE, sendo apresentada uma série de cada vez (Figura 12). A saturação dos quadrados podia ser variada, porém foi mantida constante em cada teste. O tamanho dos quadrados, onde foram exibidos os diversos matizes do teste, também podiam variar, e assim, compensar limitações de acuidade visual que o sujeito porventura apresentasse.

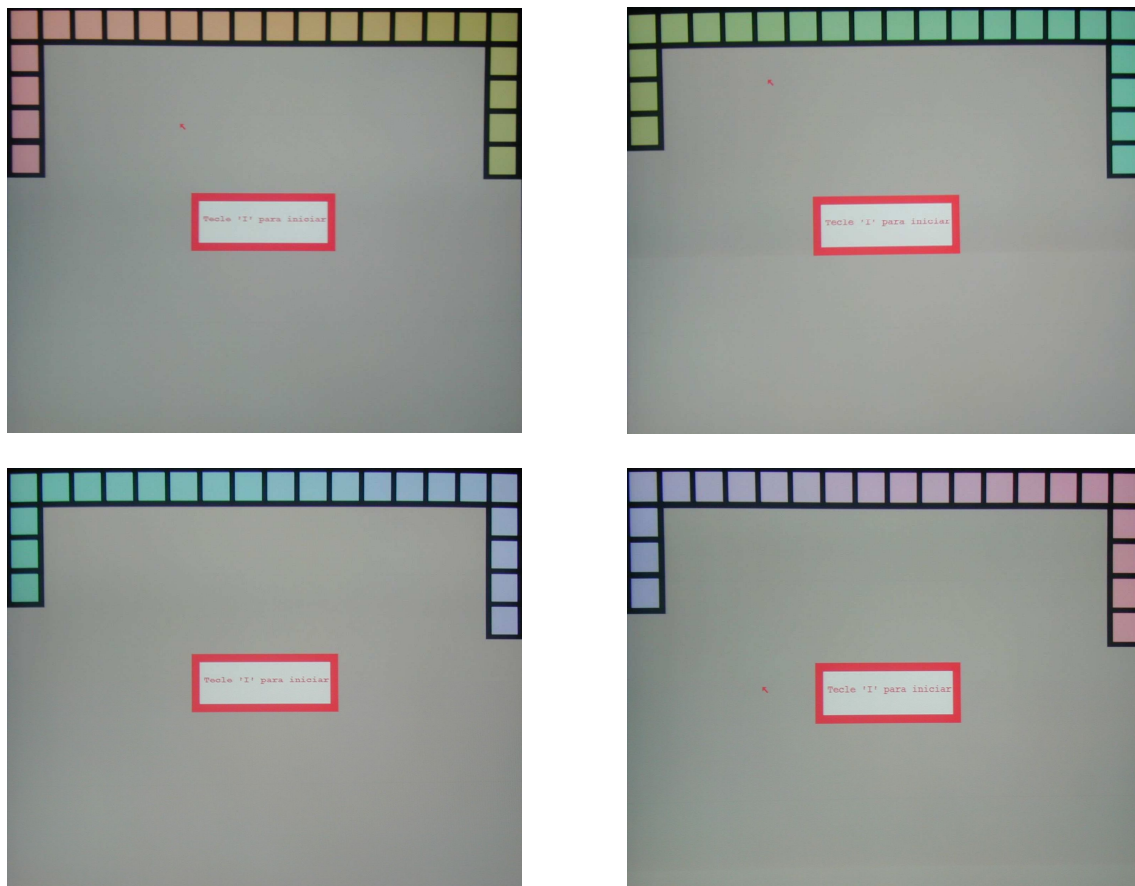


Figura 12. Exemplo imagem da tela de apresentação da versão computadorizada das quatro séries que compõem o teste de avaliação da discriminação de cores pelo método de ordenamento de Farnsworth-Munsell. Neste teste a tarefa consiste em refazer a ordem da série, apresentada inicialmente de forma ordenada (Fonte da ilustração: GONÇALVES, 2006).

Os sujeitos foram testados monocularmente com estímulos de 1° de lado, distância da tela de 1 m, saturação correspondente a uma pureza de cor de 30%. O sujeito teve como tarefa, reordenar as peças coloridas da forma mais fidedigna à forma de apresentação do teste (Figura 13). A tarefa foi explicada de forma bem detalhada, uma vez entendida a tarefa a ser cumprida, o estímulo foi distribuído de forma aleatória por toda a tela e, em seguida foi reordenado pelo sujeito. Para os voluntários que participaram para compor o grupo controle desta pesquisa, foram realizadas quatro tentativas do teste no olho dominante, posteriormente foi tirada a média. Em função do curto tempo nas comunidades alvo deste estudo, nos sujeitos do grupo mercuriais foi realizado apenas uma tentativa do teste no olho dominante. Porém, o sujeito não tinha limite de tempo para realizar a tarefa, apenas foi solicitada atenção e concentração.

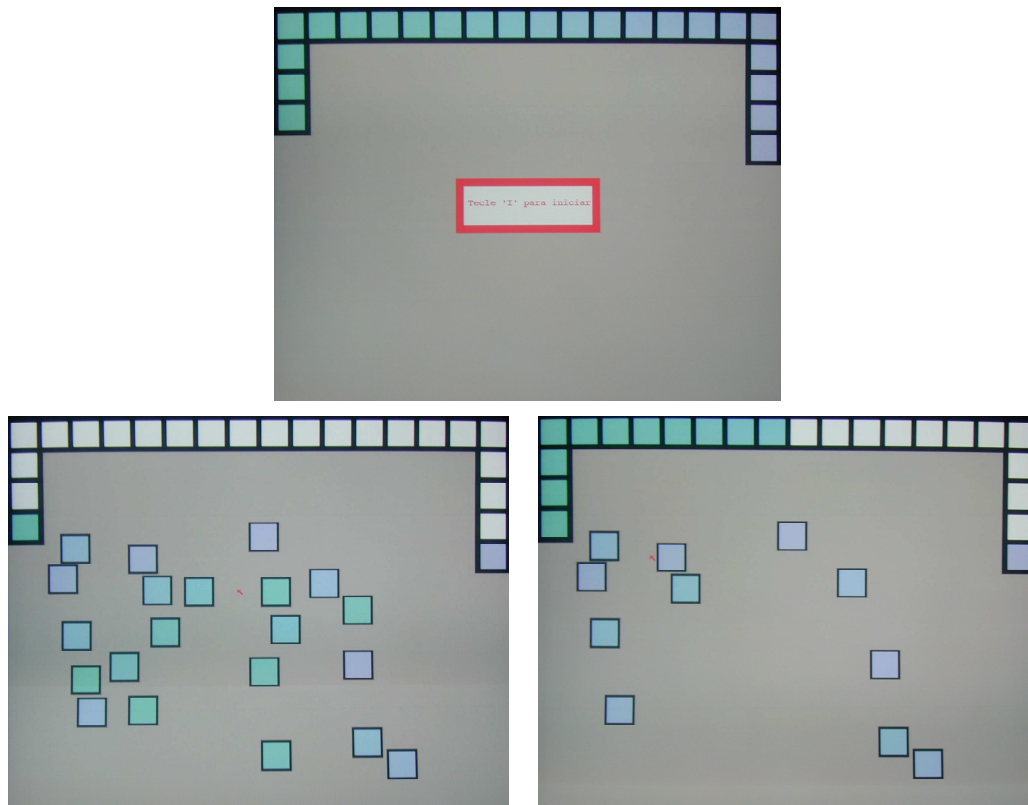


Figura 13. Seqüência de realização de uma série do teste FM 100. Em (A) visualiza-se a tela inicial de apresentação. Em (B), os estímulos desordenados, permanecendo fixos dois quadrados de modelo e orientação. Em (C), a seqüência sendo reordenada (Fonte da ilustração: GONÇALVES, 2006).

Os resultados foram automaticamente computados e apresentados de forma gráfica e numérica, usando-se uma rotina implementada por *software*, baseada no manual de Dean Farnsworth (1954). Onde, a forma gráfica apresentada era polar, a qual mostrou os erros cometidos nas diversas regiões do espaço de cor. Neste gráfico a distância a partir do centro representava o número de erros cometidos, enquanto a coordenada angular representava os matizes das cores a serem ordenadas (Figura 14).

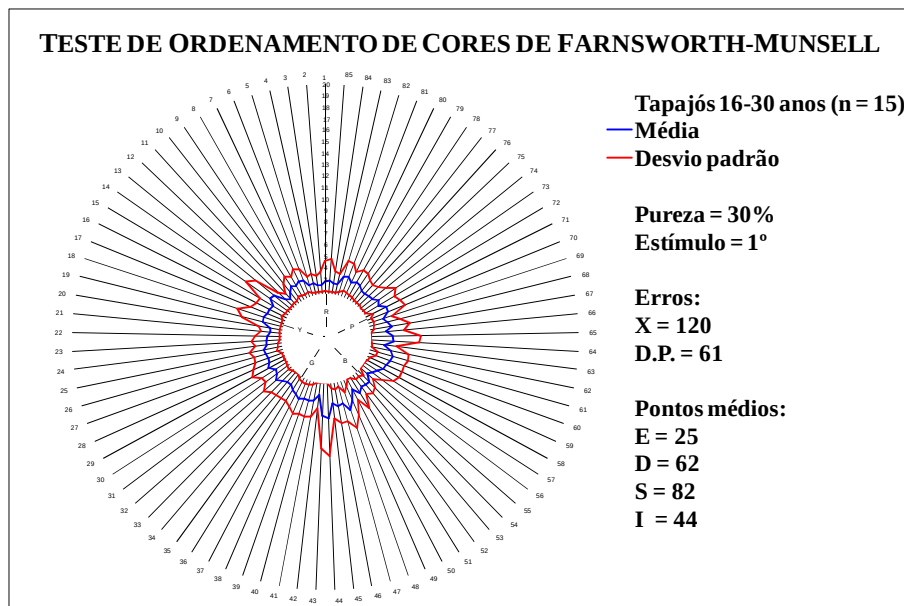


Figura 14. Representação gráfica polar do teste de ordenamento de cores de Farnsworth-Munsell para sujeitos expostos ao mercúrio da faixa etária de 16-30 anos.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

3.5.1 Índice de Correlação Linear de Pearson

Foi feita a correlação linear para indicar o quanto uma variável fixa (mercúrio) estaria influenciando as demais variáveis (perimetria, FM-100 e FSCL).

3.5.2 Intervalos de Confiança e de Tolerância

Esses intervalos são calculados com a finalidade de caracterizar uma amostra para que, a partir dos resultados obtidos, seja possível uma dada inferência a respeito da população que contém tal amostra. Para tanto, são definidos valores normativos através de estudos estatísticos descritivos de amostras populacionais, utilizando os métodos de estimativas por intervalos de confiança.

Porém, como por diversas razões as características de uma amostra podem não representar as da população, essa diferença sempre impõe um erro de inferência. Por isto, somente quando esse erro for estatisticamente tratável, tendo-se a exata idéia da probabilidade de se estar errando, é possível inferir resultados obtidos de

uma amostra populacional, sendo a estimativa entendida como uma aproximação do dado verdadeiro que sempre contém um componente de incerteza. Desse modo, para o adequado tratamento de dados observacionais, torna-se necessário o estabelecimento de determinados critérios, como o grau e confiança e o erro padrão da estimativa, a fim de verificar se a inferência de uma estimativa pode levar (ou não) a conclusões equivocadas (ARANGO, 2005).

Nesse sentido, duas estimativas intervalares podem ser citadas: o intervalo de confiança e o intervalo de tolerância. O intervalo de confiança é calculado para estimar, por exemplo, entre que valores da amostra podem estar a média e/ou a variância (desconhecidas) de uma população. Por sua vez, o intervalo de tolerância apresenta os valores extremos no qual se espera isolar uma proporção da população, sendo esses valores determinados a partir dos valores obtidos da amostra durante seu estudo (ARANGO, 2005).

3.5.3 Teste t

Este tratamento estatístico foi utilizado para comparações amostrais entre as médias dos grupos avaliados pelo FM-100, pela SCEL e pela SCTL entre normas populacionais e sujeitos expostos ao mercúrio nas três faixas etárias.

Os resultados preliminares do presente trabalho foram apresentados no *Eighth International Conference on Mercury as a Global Pollutant*, Madison, Wisconsin, EUA, 2006, e publicados como resumo nos *Abstracts* desse evento (SILVEIRA *et al.*, 2006). Foram também apresentados no *International Forum on Environmental Pollution and Health Effects “What are the Lessons from 50 years of Minamata Disease?”*, Kumamoto, Japão, 2006, e publicados como trabalho completo nos *Proceedings* desse evento (CÔRTES *et al.*, 2006).

Na realização deste trabalho foram avaliados 40 sujeitos que apresentavam níveis de mercúrio acima dos limites recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) de 10 µg/g, conforme critério estabelecido para inclusão no estudo. Esses níveis de mercúrio foram medidos previamente em cabelo nos laboratórios do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) da USP e do Núcleo de Medicina Tropical (NMT) da UFPA.

Os sujeitos controles foram classificados por faixa etária em quatro grupos, conforme os parâmetros estabelecidos pelo Laboratório de Neurologia Tropical do NMT e Laboratório de Neurofisiologia Eduardo Oswaldo Cruz do ICB, UFPA. Como mencionado na metodologia, essas faixas etárias correspondem aos seguintes grupos: Grupo I (16-30 anos), Grupo II (31-45 anos), Grupo III (46-60) e Grupo IV (acima de 60 anos). A classificação para os sujeitos expostos ao mercúrio foi feita da mesma forma utilizada para classificação dos sujeitos controles. Como nenhum dos sujeitos expostos ao mercúrio apresentou idade superior a 60 anos, somente os três primeiros grupos controles foram utilizados para a comparação com os resultados gráficos e numéricos de sujeitos expostos ao mercúrio.

Como procedimentos oftalmológicos de rotina, os sujeitos realizaram o Teste de Acuidade Visual com Optotipos de Snellen, sendo que, todos apresentaram acuidade visual mínima dentro dos parâmetros estabelecido de 20/30. No Teste de Ishihara, para detecção de alterações congênitas na visão cromática do tipo deutan e protan, todos os sujeitos responderam corretamente os números presentes em cada prancha que compõem esse teste, de modo que todos foram admitidos para a próxima etapa da avaliação.

Na sequência da bateria de testes, foi feita a medida da área do campo visual, submetendo-se todos os sujeitos expostos ao mercúrio à Perimetria Dinâmica de Förster. Nos testes psicofísicos computadorizados, todos os sujeitos expostos ao

mercúrio realizaram o Teste FM-100 e, desse total, somente 14 e 12 sujeitos foram avaliados quanto a SCEL e SCTL, respectivamente.

4.1 DETERMINAÇÃO DA MEDIDA DA ÁREA DO CAMPO VISUAL NA PERIMETRIA DINÂMICA DE FÖRSTER

No exame de perimetria, os resultados foram obtidos a partir da comparação da medida da área do polígono representando o campo visual dos indivíduos expostos ao mercúrio com aquela dos indivíduos controles, de valor igual a 57,07 cm² para ambos os olhos. Os valores da medida da área do campo visual dos sujeitos expostos e da razão da área do campo visual dos sujeitos expostos sobre a dos controles estão dispostos nas Figuras 15 e 16, respectivamente, para a análise do coeficiente de correlação linear entre essas variáveis e as dosagens de mercúrio total.

4.2 ANÁLISE DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE OS RESULTADOS DA PERIMETRIA, FM-100, SCEL E A DOSAGEM DE MERCÚRIO TOTAL COMO VARIÁVEL FIXA

Para avaliar a correlação entre os parâmetros visuais medidos e o nível de mercúrio apresentado pelos indivíduos expostos, relacionou-se a área do campo visual, a razão aritmética entre as áreas dos indivíduos expostos e controles, o número de erros cometido no Teste FM-100 e os valores de sensibilidade ao contraste em diferentes frequências espaciais, parâmetros esses consideradas variáveis dependentes, com a concentração de mercúrio total no cabelo como variável fixa. Os resultados são mostrados nas Tabelas 5-6 e nas Figuras 15-18.

4.2.1 Área do Campo Visual Versus Concentração de Mercúrio Total

Os resultados para área do campo visual são mostrados na Figura 15 e Tabela 5. Na Figura 15 observa-se que o índice de correlação é muito baixo ($R^2 = 0,011$) entre a área do campo visual e a concentração de mercúrio total no cabelo. Tal fato não descarta a possibilidade do mercúrio ser o responsável pelas alterações visuais, como discutido adiante, mas mostra que não existe uma correlação dose-dependente direta entre a quantidade de mercúrio presente no organismo e a perda de campo visual conforme avaliada no momento da testagem. A alteração visual pode ser demonstrada por outros parâmetros estatísticos, os quais serão tratados mais à frente. Contudo, ainda nessa análise, chama-se a atenção para o sujeito CSA 020608 (ponto mais distante no

eixo de dosagem de mercúrio), o qual apresenta um nível de mercúrio total igual 61,38 ppm. Apesar do alto nível de mercúrio, seu valor de área para o campo visual apresenta desempenho próximo aos controles, sendo igual a 56,04. Outro dado que chamou atenção foi o do sujeito JCC030514, que apresenta índice de mercúrio igual a 28,99 e a área do campo visual de 1,63, índice muito abaixo do desempenho padrão.

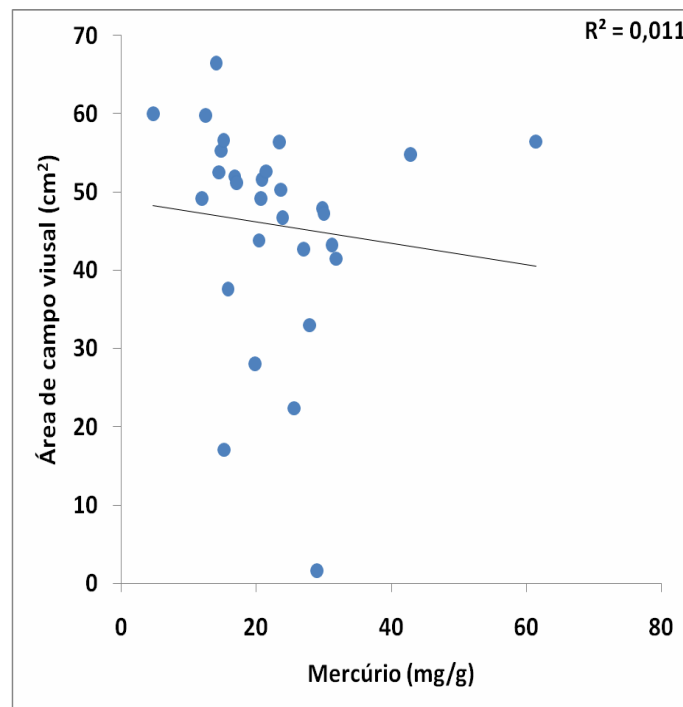


Figura 15. Análise do índice de correlação linear entre a área do campo visual como variável dependente e a concentração de mercúrio total no cabelo como variável fixa para sujeitos expostos ao mercúrio (n = 29).

4.2.2 Razão Entre as Áreas dos Campos Visuais de Sujeitos Expostos e Controles e a Concentração de Mercúrio Total

Como o cálculo da razão aritmética das áreas apenas muda os parâmetros em uma escala, percebe-se um comportamento de dispersão semelhante ao da variável área do campo visual, sendo os resultados mostrados na Figura 16 e Tabela 5. Isto é, encontrou-se um índice muito baixo de correlação linear entre a variável razão aritmética das áreas e a variável dosagem de mercúrio ($R^2 = 0,009$).

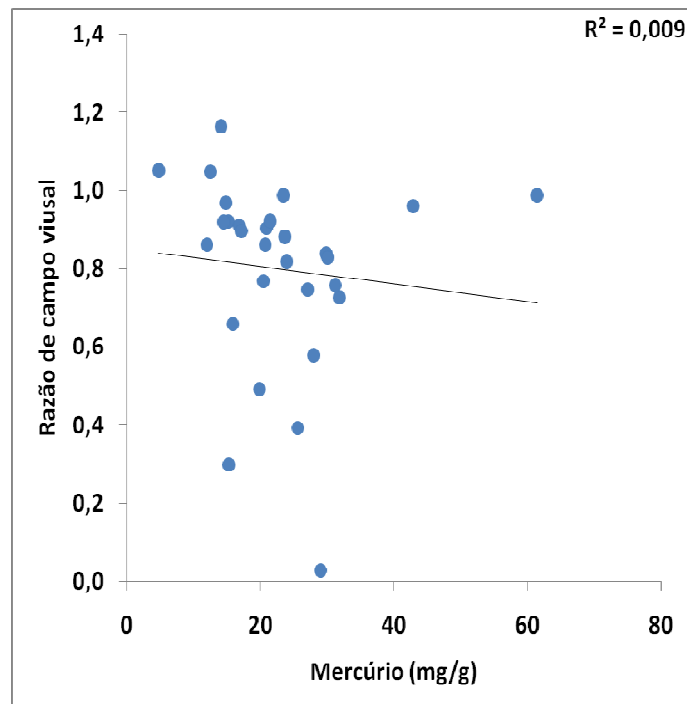


Figura 16. Análise do índice de correlação linear entre a razão entre os valores da medida da área do campo visual e a dosagem de mercúrio como variável fixa para os sujeitos expostos ao mercúrio (n = 29).

4.2.3 Dosagem de Mercúrio Versus Teste FM-100

Não se observou uma correlação direta entre a dosagem de mercúrio e o número de erros cometidos no Teste FM-100, como mostrado na Figura 17 ($R^2 = 0,004$). Contudo, 19 sujeitos com índice de mercúrio acima dos valores preconizados pela OMS apresentaram valores de erro no Teste FM-100 acima de 100, o valor considerado na literatura como máximo aceitável para indivíduos com visão de cores normal (Birch, 1993, 2001). Ainda que a correlação apresentada sugira que os valores de erro no Teste FM-100 não sejam dose-dependente do mercúrio, observa-se que quase todos os sujeitos apresentaram valores de erro próximos ou superior ao valor limite, excetuando-se apenas um sujeito que apresentou número de erros igual a 50. Esse número de erros alto é sugestivo de alteração visual (Tabela 5, Figura 17).

Tabela 5. Comparação entre concentração de mercúrio total em amostras do cabelo, área do perímetro do campo visual, razão entre as áreas e número de erro cometidos no Teste FM-100 para 29 sujeitos expostos ao mercúrio. Esses dados foram usados para análise do índice de correlação linear (Figuras 15-17), tomando-se a concentração de mercúrio como variável fixa.

Nº	Código	Hg Total (µg / g)	Perimetria Área (cm ²)	Perimetria Razão	FM-100 Erro
01	AAS990802	15,24	17,07	0,30	265
02	CSA030514	61,38	56,44	0,99	92
03	CSB020605	23,6	50,30	0,88	56
04	CML050826	31,8	41,48	0,73	164
05	DAS050826	20,7	49,16	0,86	108
06	DSS050826	29,8	47,89	0,84	120
07	ELA050826	12	49,19	0,86	136
08	EMS020607	27,04	42,68	0,75	96
09	FOM030515	42,84	54,81	0,96	108
10	FES050827	27,90	33,00	0,58	200
11	FKL060715	12,50	59,81	1,00	112
12	GCS050827	14,80	55,27	0,97	128
13	ISS030514	14,10	66,48	1,16	60
14	JVA030514	25,56	22,40	0,39	172
15	JCP060715	23,40	56,37	0,99	120
16	JAR030517	15,84	37,58	0,66	132

17	JCC030514	28,99	1,63	0,03	204
18	MES030514	31,20	43,21	0,76	84
19	MCR050824	15,19	56,60	0,92	148
20	MGP050823	14,50	52,51	0,92	232
21	MND030514	19,83	28,08	0,49	144
22	MRP050824	30,00	47,27	0,83	112
23	MKM050826	23,90	46,73	0,82	84
24	NF030581	20,85	51,60	0,90	60
25	REV030513	15,87	40,31	0,71	132
26	TQS030514	28,97	51,17	0,90	140
27	TAS050826	31,13	43,83	0,77	92

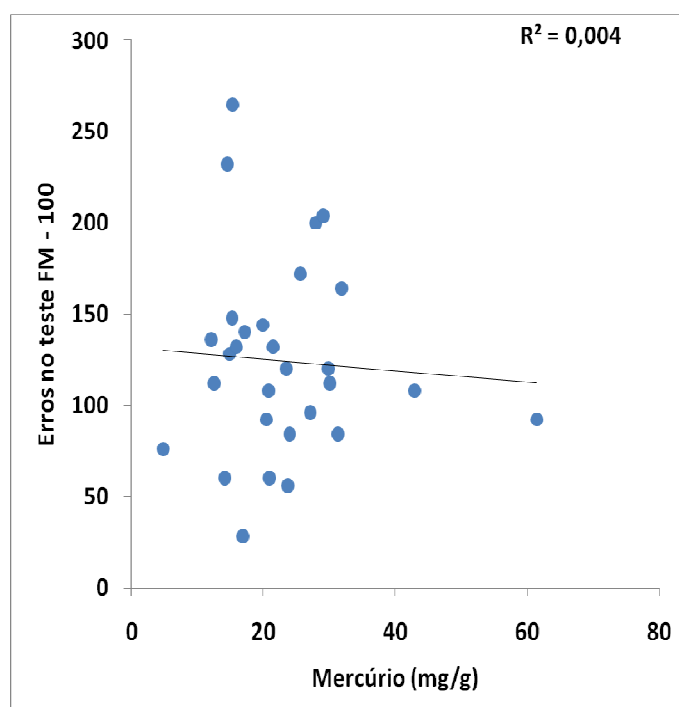


Figura 17. Análise do índice de correlação linear entre os valores de erro no FM-100 como variável dependente e a concentração de mercúrio total em amostra de cabelo como variável fixa para sujeitos expostos ao mercúrio ($n = 29$).

4.2.4 Dosagem de Mercúrio Versus SCEL

De uma forma geral, nas 11 frequências espaciais analisadas quanto à SCEL, todas apresentaram índices de correlação baixos quando os valores de sensibilidade ao contraste foram comparados com a dosagem de mercúrio total, o que pode ser observado pela dispersão nos gráficos de correlação e pelos valores de R^2 encontrados (Figura 18). Ainda assim, mesmo em doses mais baixas de mercúrio, a maioria dos sujeitos apresentou valores de SCEL abaixo do desempenho observado em sujeitos controles.

Tabela 6. Valores numéricos para 13 sujeitos expostos ao mercúrio para análise do índice de correlação linear entre os valores do logaritmo da sensibilidade ao contraste espacial de luminância nas 11 frequências espaciais testadas e de concentração de mercúrio total em amostras de cabelo.

Código	Hg Total (µg / g)	Frequência Espacial (ciclos / grau)										
		0,2	0,5	0,8	1	2	4	6	10	15	20	30
AAS990802	15,24	1,05	1,20	1,01	1,52	1,37	1,42	1,30	0,99	0,94	0,78	0,97
ARS060713	15,30	0,75	1,75	2,053	2,28	2,35	2,35	2,30	2,05	1,45	1,01	0,59
CSA030514	61,38	0,69	1,379	1,61	1,53	1,46	1,50	1,35	0,98	1,06	0,81	0,61
CML050826	13,99	0,56	1,10	1,45	1,50	1,58	1,49	1,28	0,91	0,64	0,09	0,02
CSB020605	23,60	0,67	1,58	1,75	1,94	2,35	2,66	2,35	2,05	1,28	0,71	0,28
ER060712	31,00	0,85	1,75	2,05	2,28	2,66	2,66	2,55	2,18	1,75	1,20	1,03
FES050827	27,90	0,61	1,75	2,05	2,35	2,66	2,66	2,35	1,75	0,91	0,43	0,33
FKL060715	12,50	0,73	1,45	1,86	2,18	2,35	2,35	2,18	1,75	1,45	1,10	0,49

JCP060715	23,40	0,61	1,45	1,75	2,05	2,18	2,35	2,35	1,75	1,45	0,79	0,47
JAR030517	15,84	0,64	1,21	1,35	1,58	1,45	1,58	1,75	1,35	0,82	0,09	0,09
MES030514	31,20	0,97	1,58	2,18	2,35	2,66	2,66	2,66	2,35	1,75	1,28	0,94
RSR060713	16,80	0,28	0,75	0,85	1,21	1,75	2,35	2,05	1,58	0,78	0,16	0,03

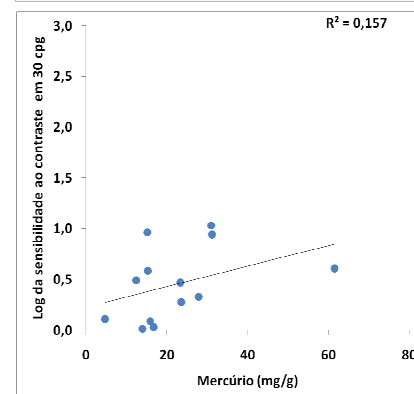
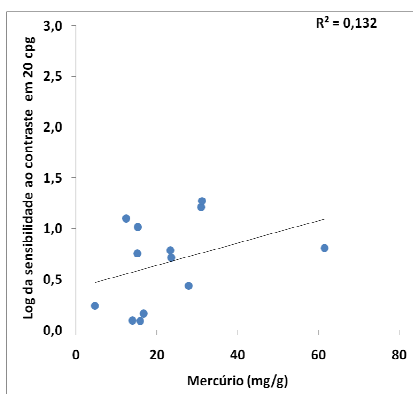
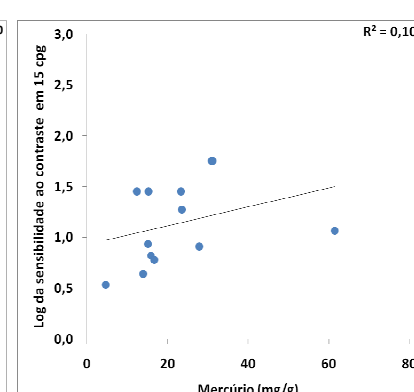
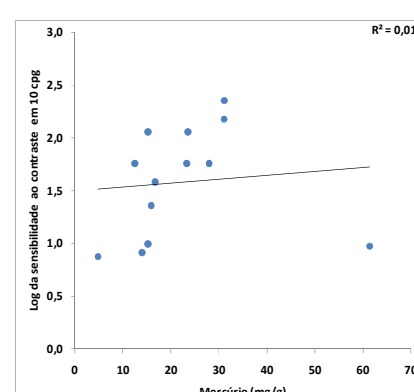
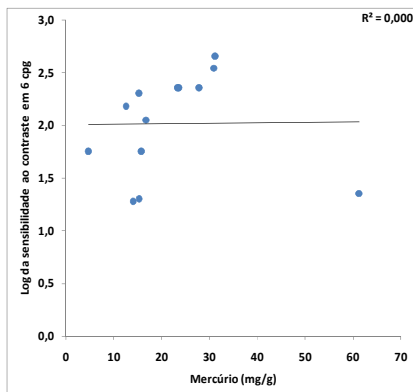
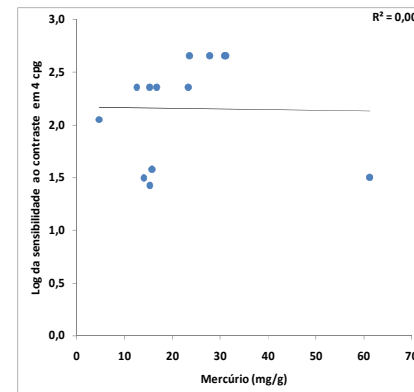
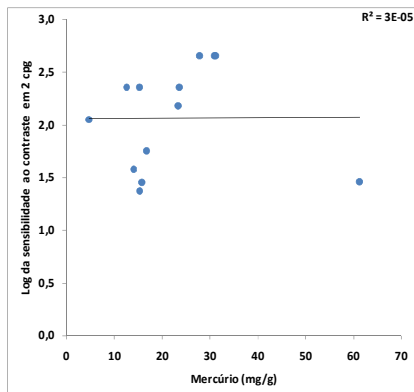
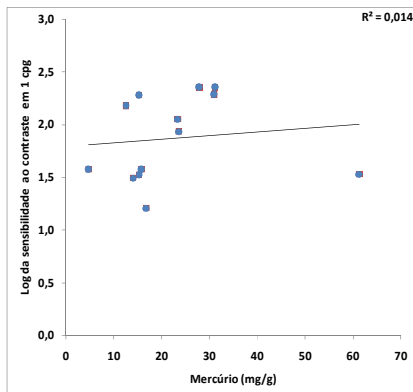
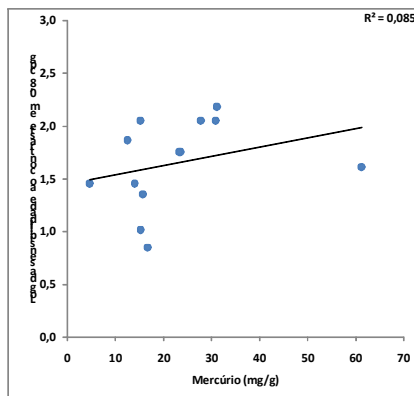
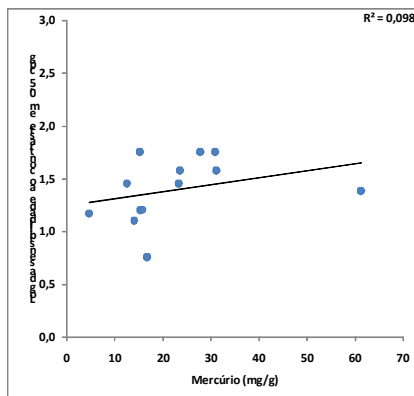
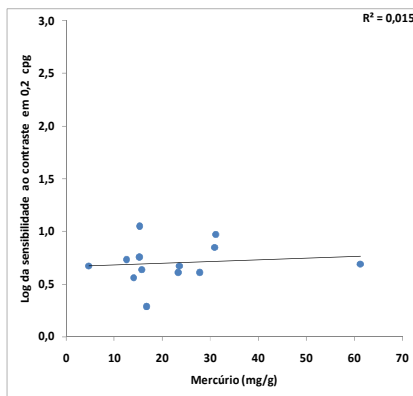


Figura 18. Análise do índice de correlação linear entre a dosagem de mercúrio de cada sujeito exposto ao mercúrio (eixo das abscissas) como variável fixa e a SCEL para as 11 frequências espaciais testadas (eixo das ordenadas). Da esquerda para a direita e de cima para baixo, os resultados para as frequências espaciais de 0,2, 0,5, 0,8, 1, 2, 4, 6, 10, 15, 20 e 30 ciclos / grau.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA SENSIBILIDADE AO CONTRASTE DE LUMINÂNCIA ESPACIAL – SCLE

No total, 132 sujeitos controles foram testados em relação à sua SCLE, sendo que 61 deles pertenciam ao grupo I, 25 ao grupo II e 23 ao grupo III. Dos sujeitos expostos ao mercúrio, somente 14 compuseram a amostra, com 7 sujeitos pertencendo ao grupo I, 5 sujeitos pertencentes ao grupo II e apenas 2 sujeitos pertencentes ao grupo III.

A medida da SCEL visa quantificar o quanto o sujeito é sensível em detectar o contraste mínimo de luminância no domínio do espaço. Ou seja qual o seu limiar em diferentes frequências espaciais apresentadas como variações periódicas senoidais numa determinada “janela espacial” limitada pelas dimensões do monitor de vídeo utilizado. Neste estudo foram analisados os resultados de 11 frequências espaciais quanto à percepção de contraste. Os valores de sensibilidade ao contraste para as frequências espaciais testadas e seus respectivos valores de média, desvio padrão e limites de tolerância superior e inferior encontram-se resumidos nas Tabelas 7 e 8 para sujeitos controles e sujeitos expostos ao mercúrio, respectivamente.

4.3.1 Análise dos Resultados da SCEL de Sujeitos Controles e Sujeitos Expostos ao Mercúrio em Todas as Faixas Etárias

Os sujeitos expostos ao mercúrio apresentaram valores de SCEL dentro dos limites de tolerância estabelecidos. Contudo, na comparação entre as médias dos valores de sensibilidade para cada frequência espacial, verifica-se que o desempenho dos sujeitos expostos ao mercúrio é sempre mais baixo do que o dos sujeitos controle, em todas as frequências espaciais ($p > 0,05$). A Figura 19B mostra que os valores médios dos sujeitos expostos ao mercúrio em todas as frequências espaciais estão bem próximos ao limite de tolerância inferior de normalidade.

31-45	Média	0,91	1,79	2,06	2,20	2,38	2,39	2,26	1,92	1,64	1,22	0,76
	DP	0,21	0,25	0,24	0,23	0,18	0,21	0,22	0,28	0,35	0,37	0,27
	LTS	1,38	2,35	2,60	2,72	2,79	2,87	2,75	2,54	2,41	2,03	1,35
	LTI	0,44	1,23	1,55	1,69	1,97	1,92	1,78	1,31	0,88	0,41	0,16
46-60	Média	0,86	1,79	2,03	2,13	2,28	2,26	2,17	1,86	1,55	1,20	0,72
	DP	0,15	0,29	0,31	0,26	0,28	0,29	0,30	0,36	0,40	0,35	0,30
	LTS	1,21	2,45	2,71	2,72	2,91	2,91	2,85	2,67	2,45	1,98	1,38
	LTI	0,51	1,13	1,34	1,53	1,65	1,60	1,50	1,05	0,66	0,41	0,05

Tabela 8. Valores de média edesvio padrão (DP) para o logaritmo da sensibilidade ao contraste de luminância nas 11 frequências espaciais testadas de sujeitos expostos ao mercúrio em todas as faixas etárias. São também listados para facilidade de comparação os limites de tolerância superior (LTS) e inferior (LTI) para os sujeitos controles.

Grupo	Variável	Frequência espacial (ciclos / grau)										
		0,2	0,5	0,8	1	2	4	6	10	15	20	30

Tabela 1. Indicadores de desempenho da produção de leite em vacas leiteiras, segundo o tipo de sistema de produção e o período de lactação												
Sistema de produção	Período de lactação	Indicadores de desempenho da produção de leite em vacas leiteiras										
		Média	DP	LTS	LTI	Índice de eficiência	Índice de eficiência	Índice de eficiência	Índice de eficiência	Índice de eficiência	Índice de eficiência	Índice de eficiência
Todos	Média	0,69	1,37	1,62	1,84	2,04	2,16	2,00	1,57	1,06	0,62	0,43
	DP	0,19	0,30	0,41	0,40	0,48	0,47	0,49	0,50	0,49	0,44	0,36
	LTS	1,20	2,28	2,50	2,62	2,74	2,77	2,74	2,54	2,36	1,85	1,22
	LTI	0,55	1,34	1,62	1,73	1,92	1,84	1,66	1,19	0,73	0,40	0,08
16 – 30	Média	0,73	1,33	1,55	1,78	2,02	2,12	1,88	1,45	0,95	0,59	0,42
	DP	0,17	0,27	0,36	0,35	0,47	0,50	0,50	0,55	0,59	0,48	0,43
	LTS	1,23	2,36	2,53	2,71	2,80	2,80	2,80	2,60	2,46	1,91	1,27
	LTI	0,52	1,32	1,65	1,72	1,98	1,97	1,79	1,41	0,92	0,53	0,09
31-45	Média	0,65	1,35	1,64	1,89	2,08	2,26	2,22	1,82	1,25	0,66	0,42
	DP	0,25	0,39	0,54	0,49	0,48	0,40	0,34	0,39	0,43	0,52	0,38
	LTS	1,38	2,35	2,6	2,72	2,79	2,87	2,75	2,54	2,41	2,03	1,35
	LTI	0,44	1,23	1,55	1,69	1,98	1,92	1,78	1,31	0,88	0,41	0,16

46-60	Sujeito 1	0,61	1,75	2,05	2,35	2,66	2,66	2,35	1,75	0,91	0,43	0,33
	Sujeito 2	0,69	1,38	1,61	1,53	1,46	1,50	1,35	0,98	1,06	0,81	0,61
	LTS	1,21	2,45	2,71	2,72	2,91	2,91	2,85	2,67	2,45	1,98	1,38
	LTI	0,51	1,13	1,34	1,53	1,65	1,60	1,50	1,05	0,66	0,41	0,055

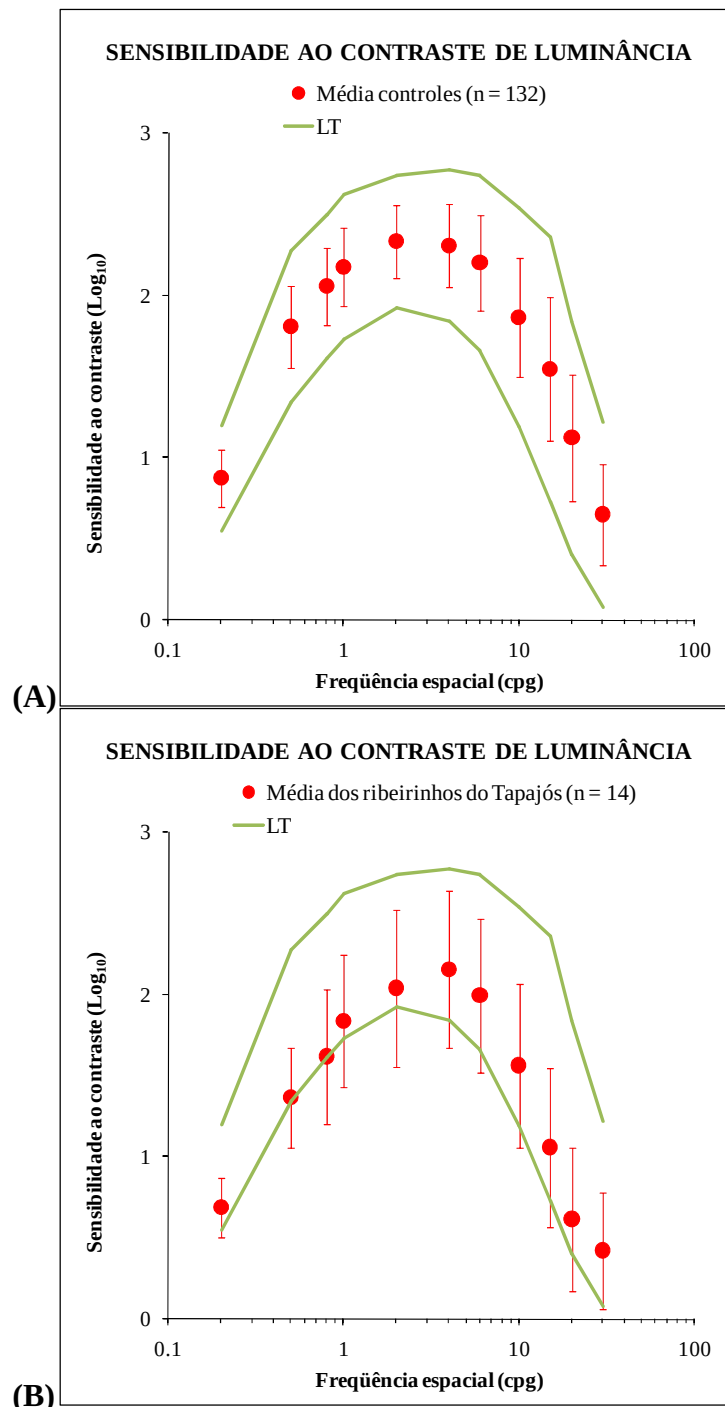


Figura 19. Sensibilidade ao contraste de luminância. **(A)** Sujeitos controles, N = 132. **(B)** Sujeitos expostos ao mercúrio das comunidades de Barreiras (n = 9) e São Luis do Tapajós (n = 5), N = 14. Os círculos e barras verticais representam os valores para as médias e desvios padrões. As curvas verdes representam os limites de tolerância superior e inferior. Os dados numéricos estão listados nas Tabelas 7 e 8 respectivamente para controles e expostos ao mercúrio.

4.3.2 Análise dos Resultados da SCEL de Sujeitos Controles na Faixa Etária de 16-30 Anos e Sujeitos Expostos ao Mercúrio na Mesma Faixa Etária

Em todas as frequências espaciais, os sujeitos expostos ao mercúrio apresentaram desempenho bem abaixo em relação à média dos sujeitos controles (Teste t de Student, $p > 0,05$). É importante ressaltar a queda acentuada na sensibilidade ao contraste nas frequências espaciais médias, a qual é sugestiva de comprometimento visual.

Como mostra a Figura 20B, em todas as frequências espaciais foi observado que os valores médios de sensibilidade encontram-se bem próximos do limite de tolerância inferior, com exceção da frequência de 0,8 cpg, a qual apresentou valor de sensibilidade abaixo do limite de tolerância inferior.

4.3.3 Análise dos Resultados da SCEL de Sujeitos Controles na Faixa Etária de 31-45 Anos e Sujeitos Expostos ao Mercúrio na Mesma Faixa Etária

Os valores de média de sensibilidade ao contraste espacial de luminância dos sujeitos expostos ao mercúrio apresentaram-se dentro dos limites de tolerância superior e inferior de normalidade. Porém, de forma semelhante aos sujeitos do grupo I, o comportamento dos valores médios de sensibilidade nas diferentes frequências espaciais apresenta-se abaixo dos valores dos sujeitos controles (Teste t de Student, $p > 0,05$).

Como mostrado na Figura 21A e B, as frequências espaciais de 4 e 6 ciclos por grau apresentam valores maiores de sensibilidade para sujeitos expostos ao mercúrio em relação às demais frequências para esses mesmos sujeitos. Ainda assim, o desempenho foi menor do que o mostrado pelos sujeitos controle, nessas frequências testadas.

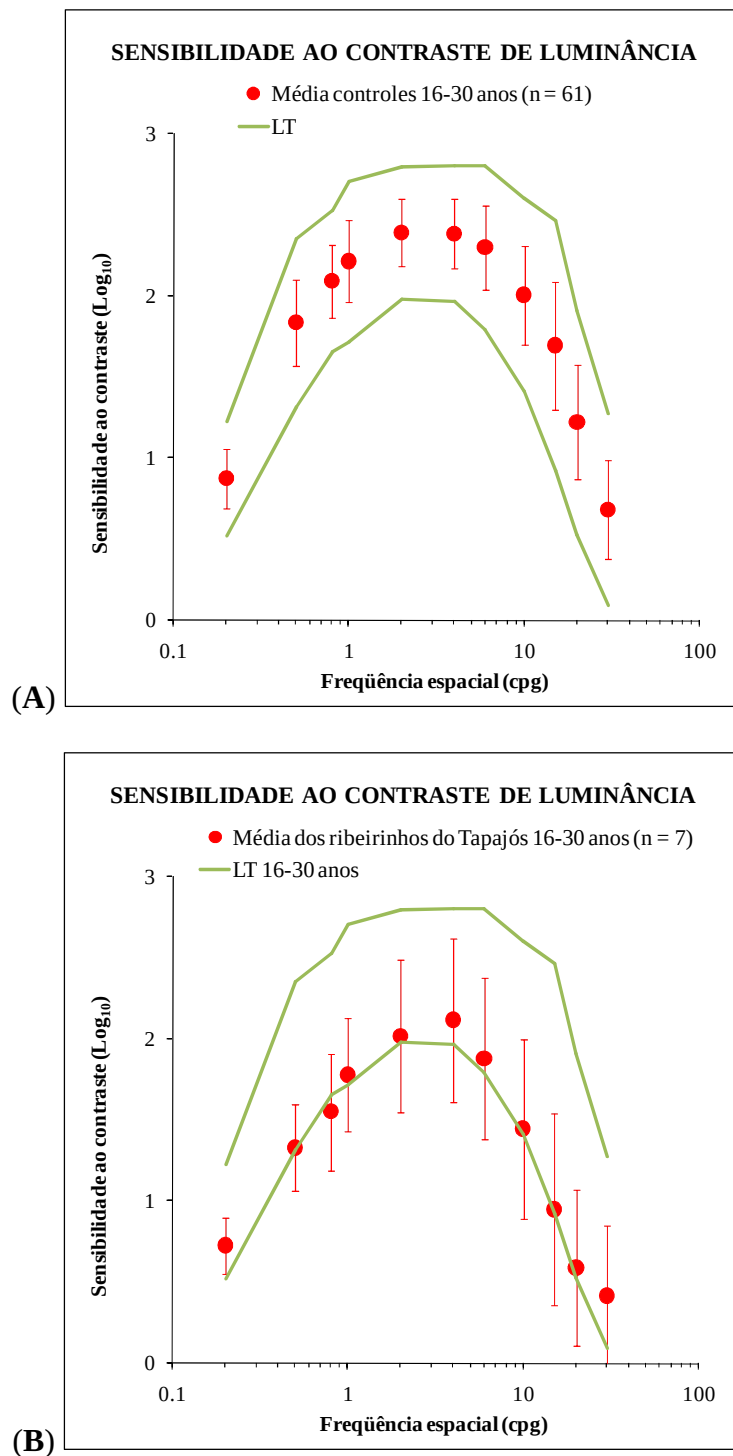


Figura 20. Sensibilidade ao contraste de luminância. **(A)** Sujeitos controles na faixa etária de 16-30 anos, N = 61. **(B)** Sujeitos expostos ao mercúrio da mesma faixa etária estudados nas comunidades de Barreiras e São Luis do Tapajós, N = 7. Os círculos e barras verticais representam os valores para as médias e desvios padrões. As curvas

verdes representam os limites de tolerância superior e inferior. Os dados numéricos estão listados nas Tabelas 7 e 8 respectivamente para controles e expostos ao mercúrio.

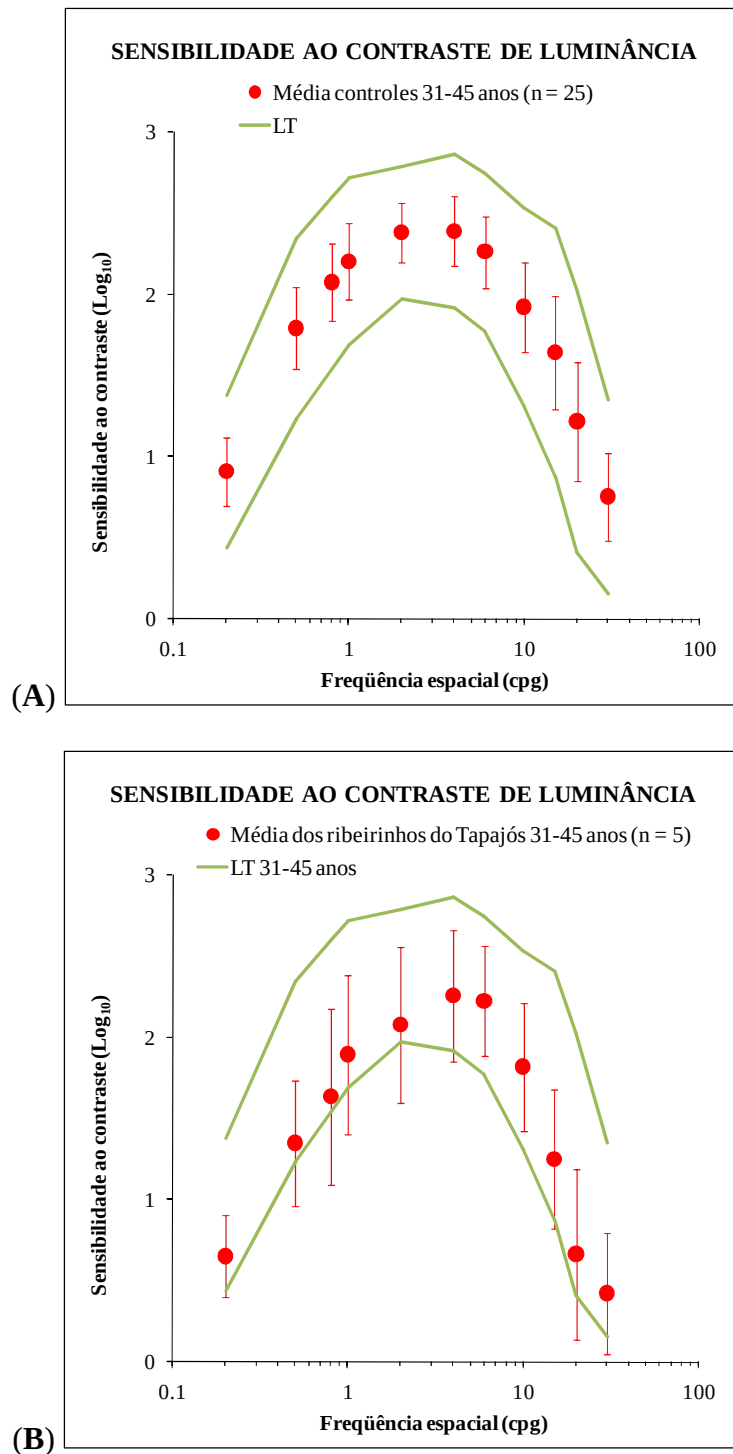


Figura 21. Sensibilidade ao contraste de luminância. **(A)** Sujeitos controles na faixa etária de 31-45 anos, N = 25. **(B)** Sujeitos expostos ao mercúrio da mesma faixa etária estudados nas comunidades de Barreiras e São Luis do Tapajós, N = 5. Os círculos e barras verticais representam os valores para as médias e desvios padrões. As curvas

verdes representam os limites de tolerância superior e inferior. Os dados numéricos estão listados nas Tabelas 7 e 8 respectivamente para controles e expostos ao mercúrio.

4.3.4 Análise dos Resultados da SCEL de Sujeitos Controles na Faixa Etária de 46-60 Anos e Sujeitos Expostos ao Mercúrio na Mesma Faixa Etária

Para a faixa etária em questão, somente dois sujeitos expostos ao mercúrio participaram deste teste. Pelo fato da amostra ser muito pequena, não foi calculada a média do grupo. Logo, os valores numéricos representados na figura 22B correspondem aos 2 sujeitos da amostra. Na análise dos dados para os sujeitos expostos ao mercúrio observa-se que o sujeito 01 apresenta valores de sensibilidade semelhante aos controles. Essa semelhança é maior nas frequências espaciais médias. Ainda nesta figura, chama a atenção o resultado do sujeito 02, pois o mesmo apresentou valores médios de sensibilidade ao contraste abaixo do limite inferior de tolerância nas frequências espaciais médias, antagônicos aos do sujeito 01.

4.3.5 Análise dos Resultados da SCEL de Sujeitos Expostos ao Mercúrio, em Todas as Faixas Etárias, Para as Duas Comunidades Estudadas

Na comparação entre os sujeitos expostos ao mercúrio em ambos os municípios (Barreiras e São Luis do Tapajós) e as normas dos sujeitos estatísticas observou-se um melhor desempenho dos sujeitos de São Luis do Tapajós nas frequências espaciais médias em relação aos sujeitos de Barreiras (Teste t de Student, $p > 0,05$).

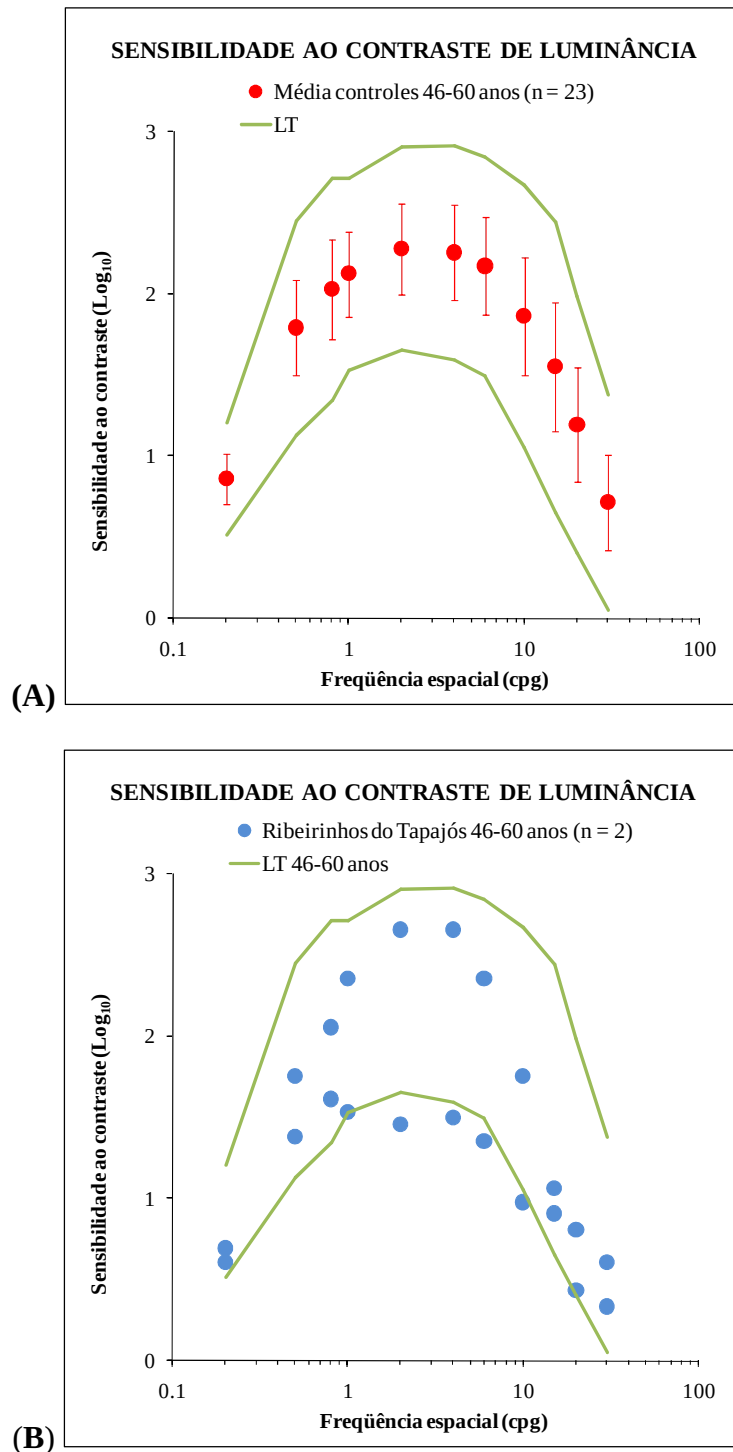


Figura 22. Sensibilidade ao contraste de luminância. **(A)** Sujeitos controles na faixa etária de 46-60 anos, N = 23. **(B)** Sujeitos expostos ao mercúrio da mesma faixa etária estudados nas comunidades de Barreiras e São Luis do Tapajós, N = 2. Os círculos e barras verticais representam os valores para as médias e desvios padrões. As curvas

verdes representam os limites de tolerância superior e inferior. Os dados numéricos estão listados nas Tabelas 7 e 8 respectivamente para controles e expostos ao mercúrio.

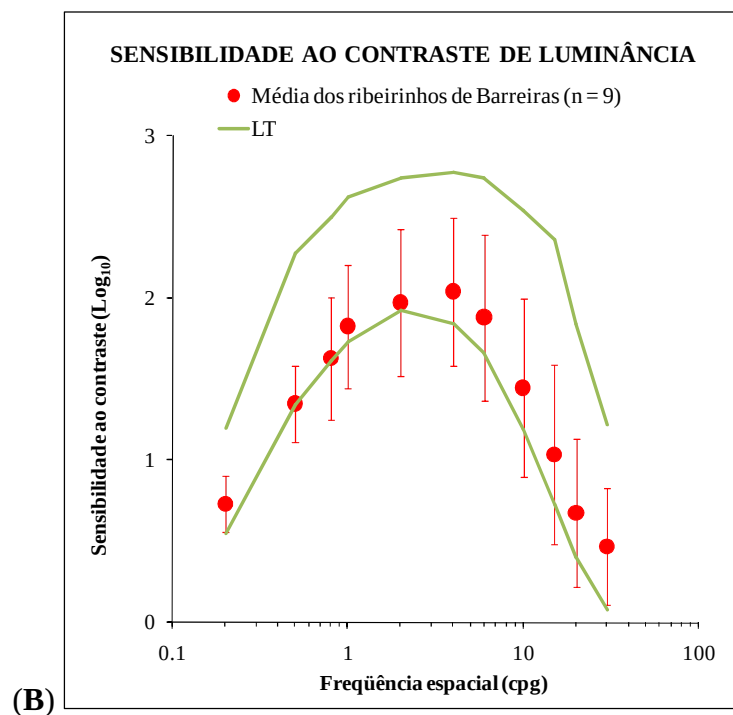
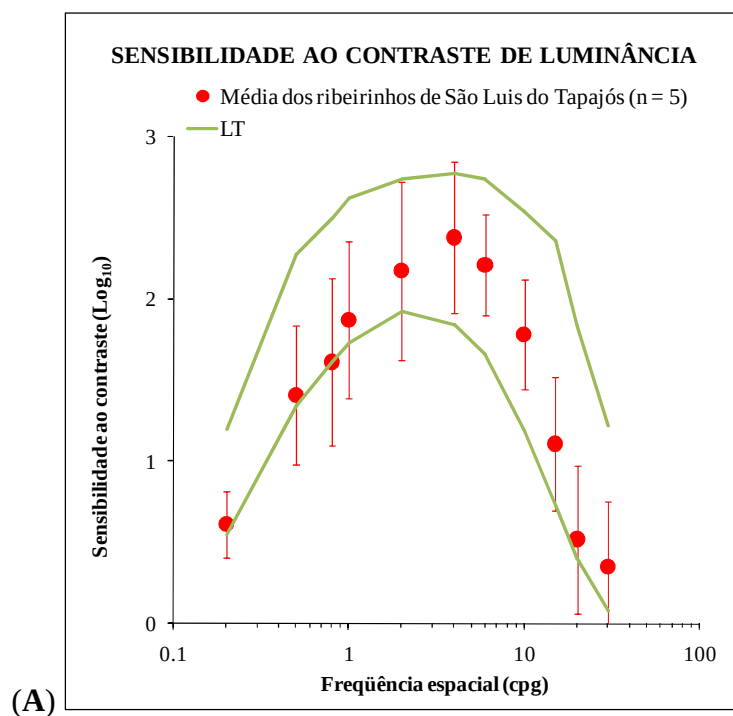


Figura 23. Sensibilidade ao contraste de luminância. **(A)** Todos os sujeitos expostos ao mercúrio estudados em São Luis do Tapajós, N = 5. **(B)** Todos os sujeitos expostos ao mercúrio estudados em Barreiras, N = 9. Os círculos e barras verticais representam os

valores para as médias e desvios padrões. As curvas verdes representam os limites de tolerância superior e inferior. Os dados numéricos estão listados na Tabela 9.

Tabela 9. Valores de média e desvio padrão (DP) do logaritmo da sensibilidade ao contraste em 11 frequências espaciais testadas para os sujeitos expostos ao mercúrio de São Luis do Tapajós e Barreiras em todas as faixas etárias. Os valores de limites de tolerância superior (LTS) e inferior (LTI) para o conjunto dos sujeitos controles testados são também listados para facilitar a comparação entre os grupos.

Grupo	Variável	Frequência espacial (ciclos / grau)										
		0,2	0,5	0,8	1	2	4	6	10	15	20	30
São Luis do Tapajós	Média	0,61	1,41	1,61	1,87	2,17	2,38	2,21	1,78	1,11	0,52	0,35
	DP	0,21	0,43	0,51	0,48	0,55	0,47	0,31	0,34	0,41	0,46	0,40
	LTS	1,21	2,45	2,71	2,72	2,91	2,91	2,85	2,67	2,45	1,98	1,38
	LTI	0,51	1,13	1,34	1,53	1,65	1,60	1,50	1,05	0,66	0,41	0,05
Barreiras	Média	0,73	1,35	1,63	1,83	1,97	2,04	1,88	1,45	1,04	0,68	0,47
	DP	0,17	0,23	0,37	0,38	0,45	0,46	0,51	0,55	0,55	0,46	0,36
	LTS	1,21	2,45	2,71	2,72	2,91	2,91	2,85	2,67	2,45	1,98	1,38
	LTI	0,51	1,13	1,34	1,53	1,65	1,60	1,50	1,05	0,66	0,41	0,05

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA SENSIBILIDADE AO CONTRASTE DE LUMINÂNCIA TEMPORAL – SCLT

4.4.1 Análise dos Resultados da SCTL de Sujeitos Controles e Sujeitos Expostos ao Mercúrio em Todas as Faixas Etárias

Por ocasião da realização deste trabalho, só estavam disponíveis as normas para sujeitos controles no SCLT relativas ao grupo I. Em relação aos sujeitos expostos ao mercúrio, foram testados 12, sendo 6 do grupo I, 5 do grupo II e 1 do grupo III. Os resultados de comparação da média dos sujeitos expostos ao mercúrio do grupo I com as normas estatísticas dos controles também do mesmo grupo encontram-se discriminados na Figura 24B.

Os resultados dos sujeitos expostos ao mercúrio apresentam valores de sensibilidade ao contraste de luminância temporal dentro dos limites de tolerância estabelecidos. Contudo, observa-se uma queda na frequência temporal mais alta (32 Hz), com valores equivalentes aos do limite de tolerância inferior. Nota-se também uma variação acentuada no desvio padrão para a frequência de 16 Hz, a variação do desvio padrão fez com que a média para esta frequência ficasse em uma região intermediária dentro dos limites de tolerância.

A Figura 25 mostra os sujeitos de todas as faixas etárias expostos ao mercúrio através de seus resultados individuais e comparados com os limites de tolerância do grupo I controle. Dos 5 sujeitos expostos ao mercúrio do grupo II, 2 apresentaram valores de sensibilidade fora dos limites de tolerância e 3 dentro desses limites. Um sujeito exposto ao mercúrio pertencia ao grupo III, sendo os valores de sensibilidade ao contraste bem abaixo do limite inferior de tolerância em todas as frequências temporais.

Nas Figuras 26 e 27 são comparados separadamente os resultados obtidos com sujeitos expostos ao mercúrio das duas comunidades ribeirinhas. Na Figura 26A-B são apresentados os valores de média e desvio padrão para a sensibilidade ao contraste nas frequências temporais testadas, enquanto que na Figura 27A-B são apresentados os valores individuais de cada sujeito. Nessas figuras observa-se que os sujeitos mais afetados são pertencente aos grupos II e III representados por triângulos verdes e losangos azuis respectivamente. Também foi observado que os sujeitos residem na comunidade de São Luis do Tapajós.

Tabela 10. Logaritmo dos valores de sensibilidade ao contraste nas 7 frequências temporais avaliadas em 34 sujeitos controles de 16 a 30 anos de idade. Nas fileiras inferiores da tabela estão listados os valores de média, desvio padrão (DP) e limites de tolerância superior (LTS) e inferior (LTI) para o grupo.

Código	Frequência Temporal (Hz)						
	0,5	1	2	4	8	16	30
ARR961230	1,65	1,72	1,81	1,90	2,04	1,75	1,50
ALL060818	1,89	1,89	1,91	1,96	1,98	1,73	1,42
AOM061204	1,98	1,98	1,87	1,92	2,07	1,63	1,34
AVG060916	1,96	1,97	1,98	2,05	2,09	1,80	1,47
BNS061224	1,87	1,84	1,95	1,96	2,01	1,65	1,36
CJD060921	1,86	1,92	1,95	2,04	2,01	1,87	1,45
CAM070110	1,79	1,78	1,87	1,89	2,02	1,61	1,34
CBA060916	1,84	1,85	1,78	1,92	1,98	1,61	1,38
CLS060815	1,99	2,02	1,94	1,96	2,10	1,84	1,47
ERS060904	1,89	1,94	1,97	1,96	1,92	1,75	1,48
ECA060891	2,11	2,12	2,11	2,04	2,15	1,86	1,55
EMC050906	1,83	1,85	1,80	1,96	1,90	1,67	1,37
FVO060819	1,94	1,91	1,89	1,98	2,01	1,63	1,32
GCP060819	1,79	1,84	1,91	1,96	1,99	1,65	1,39
IBT060308	1,60	1,74	1,73	1,94	1,92	1,89	1,42
JLS061224	1,88	1,96	1,95	1,91	1,93	1,69	1,33
JS060916	1,83	1,96	2,00	2,05	2,12	1,84	1,51
JMR060819	1,86	2,00	2,02	1,98	2,01	1,76	1,65
JC060920	1,80	1,67	1,75	1,86	1,97	1,65	1,43

JTC060529	2,00	2,00	2,08	2,15	2,15	1,87	1,53
KVC061125	1,92	1,91	2,01	2,01	1,93	1,70	1,41
LAC061224	2,15	2,15	2,11	2,15	2,02	1,77	1,42
LSS061219	1,87	1,89	1,96	2,01	2,01	1,66	1,40
LPS061125	1,87	1,94	1,87	2,02	1,98	1,63	1,39
LCM060327	1,80	1,78	1,81	1,96	2,04	1,72	1,41
MFC060509	1,81	1,85	1,84	1,95	2,06	1,77	1,48
MAM060906	1,75	1,84	1,87	1,96	2,01	1,83	1,51
MGL051124	1,89	1,94	1,97	1,96	1,92	1,75	1,48
NCS060830	1,84	1,85	1,89	1,92	1,90	1,59	1,32
OAS061125	2,00	1,96	2,05	2,12	2,12	1,89	1,58
SCC060426	1,94	1,99	1,95	1,95	2,05	1,79	1,39
SVO060815	1,96	1,87	1,85	1,94	1,98	1,71	1,39
TOM061126	1,96	1,90	1,88	1,98	2,01	1,75	1,48
WC060218	1,67	1,74	1,76	1,87	1,88	1,58	1,33
Variável							
Média	1,88	1,90	1,91	1,98	2,01	1,73	1,43
DP	0,12	0,11	0,10	0,07	0,07	0,09	0,08
LTS	2,12	2,12	2,12	2,13	2,16	1,93	1,60
LTI	1,63	1,68	1,71	1,83	1,85	1,54	1,27

Tabela 11. Logaritmo dos valores de sensibilidade ao contraste nas 7 frequências temporais avaliadas em 12 sujeitos expostos ao mercúrio de São Luis do Tapajós (SLT) e Barreiras (B). Também estão representados na parte inferior da tabela os valores de média, desvio padrão (DP) e limites de tolerância superior (LTS) e inferior (LTI) para o grupo.

		Frequência Temporal (Hz)						
Código	Origem	0,5	1	2	4	8	16	30
ARS060713	B	2,11	1,86	1,86	2,01	2,11	1,63	1,37
CMS050826	B	1,86	1,86	1,93	1,93	2,01	1,59	1,31
CSB020605	SLT	2,01	2,01	2,01	2,11	2,11	2,01	1,43
CVF060715	B	1,75	1,71	1,86	2,01	1,93	1,53	1,31
ER060712	SLT	1,75	1,80	1,75	2,01	2,01	1,63	1,31
FES050827	SLT	1,50	1,53	1,50	1,63	1,67	1,45	1,12
FKL060715	B	1,93	1,93	1,86	1,93	1,93	1,63	1,39
HPP060715	B	1,63	1,80	1,75	1,93	2,01	1,75	1,18
JCP060715	B	2,11	1,86	1,93	1,86	2,01	1,80	1,41
JAR030517	SLT	1,28	1,35	1,31	1,53	1,45	1,35	1,13
MES030514	B	1,75	1,75	1,86	1,93	1,86	1,53	1,29

RSR060713	SLT	1,59	1,59	1,63	1,75	1,80	1,53	1,22
Variável								
Média		1,77	1,76	1,77	1,89	1,91	1,62	1,29
DP		0,25	0,19	0,20	0,17	0,19	0,17	0,11
LTS		2,12	2,12	2,12	2,13	2,16	1,93	1,60
LTI		1,63	1,68	1,71	1,83	1,85	1,54	1,27

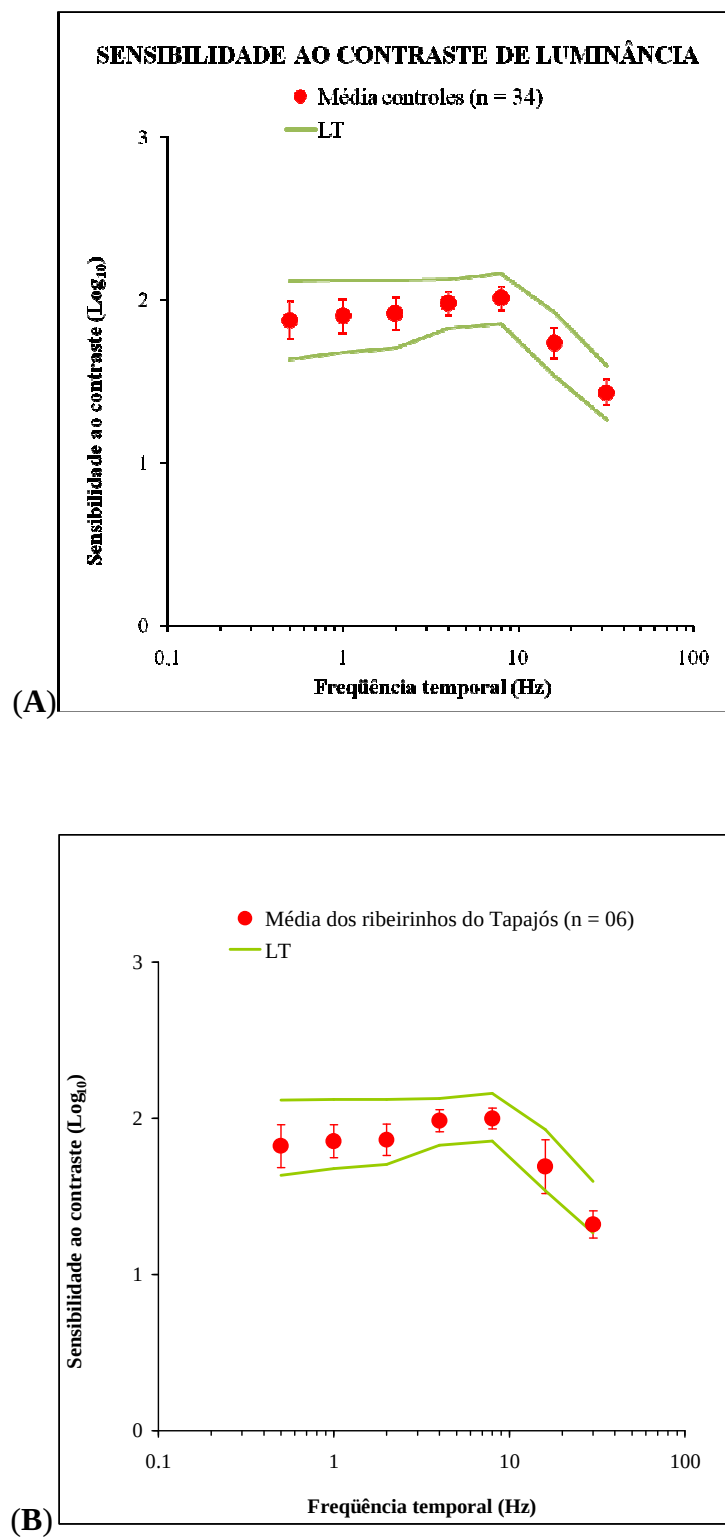


Figura 24. Sensibilidade ao contraste temporal de luminância. (A) Sujeitos controles do grupo I, N = 34. (B) Sujeitos expostos ao mercúrio do grupo I, N = 6. Os círculos e

barras verticais representam os valores para as médias e desvios padrões. As curvas verdes representam os limites de tolerância superior e inferior. Os valores de média, desvio padrão e limites de tolerância superior e inferior para ambos os grupos (controles e sujeitos expostos ao mercúrio), em cada frequência temporal, encontram-se listados nas Tabelas 10 e 11, respectivamente.

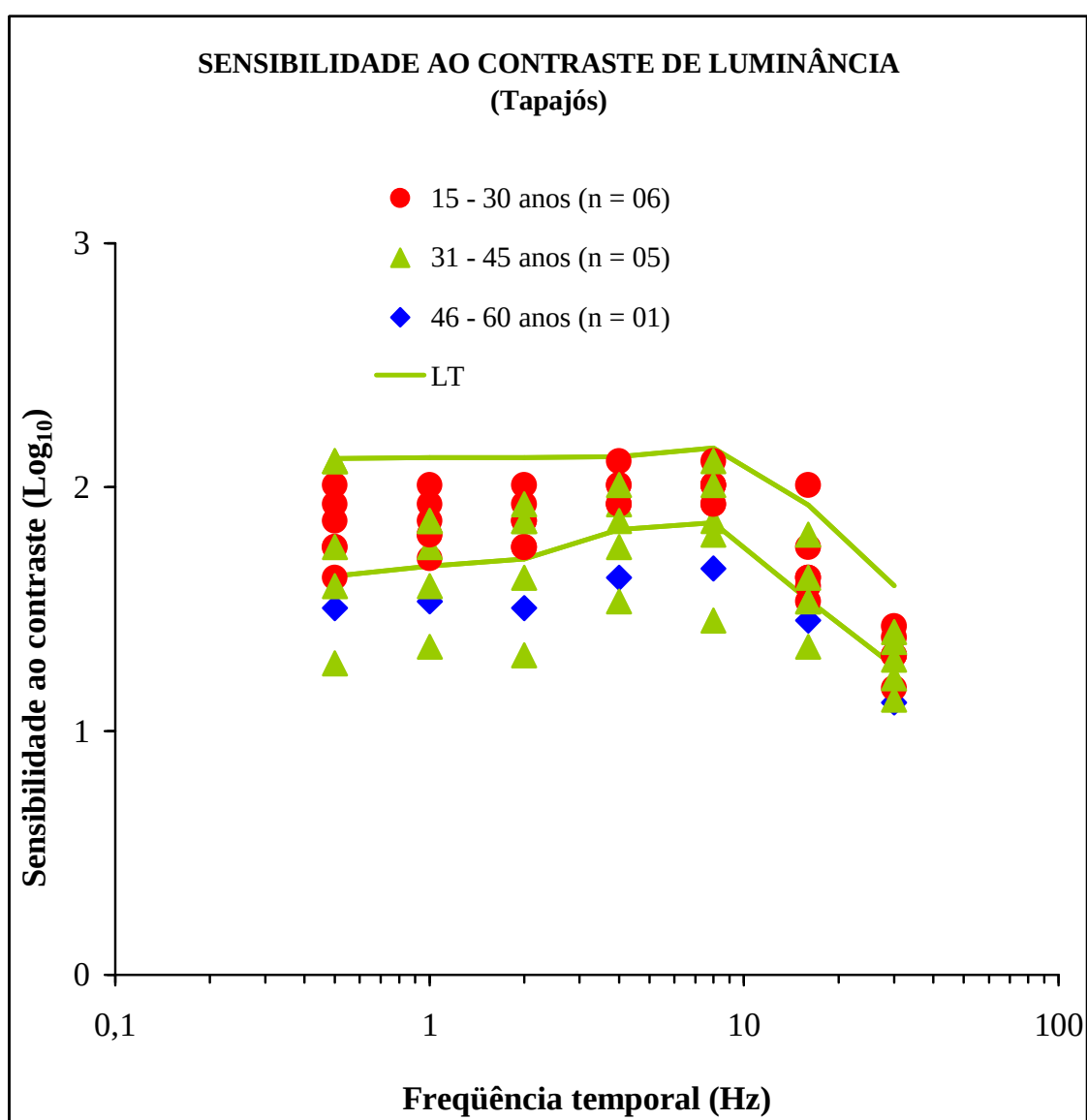


Figura 25. Sensibilidade ao contraste temporal de luminância. Dados individuais para os sujeitos expostos ao mercúrio. Os diferentes símbolos representam valores para cada

sujeito testado, sendo cada tipo de símbolo correspondente a uma das três faixas etárias estudadas. As curvas verdes representam os limites de tolerância superior e inferior para o grupo controle de 15-30 anos de idade, o único disponível por ocasião do fechamento do presente trabalho.

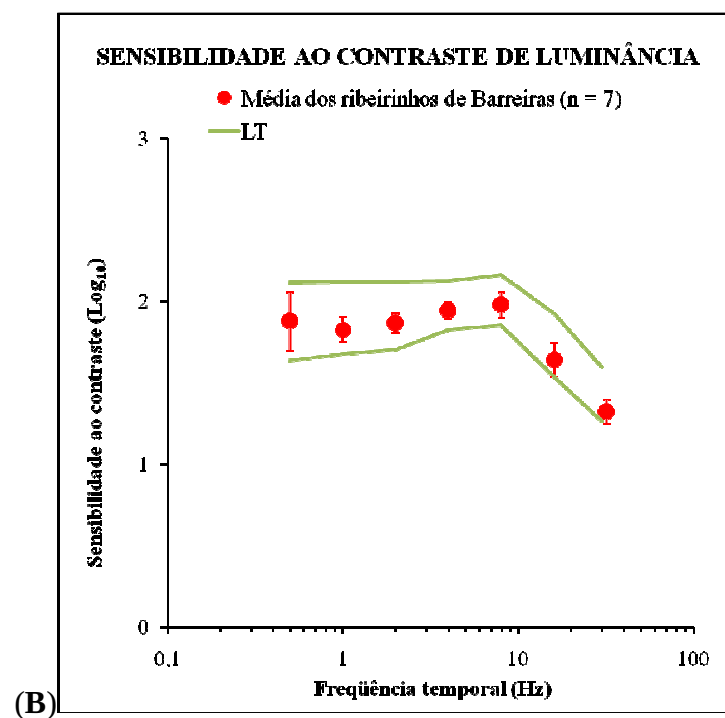
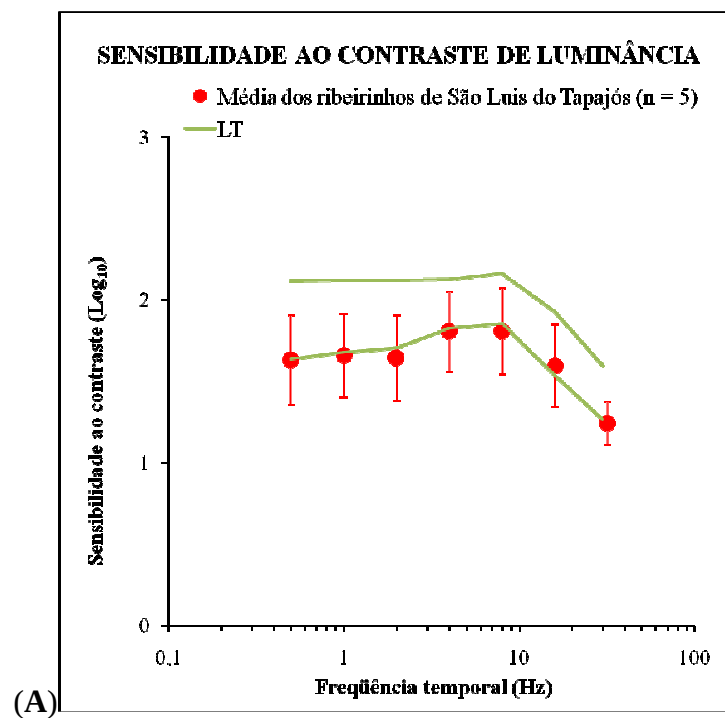
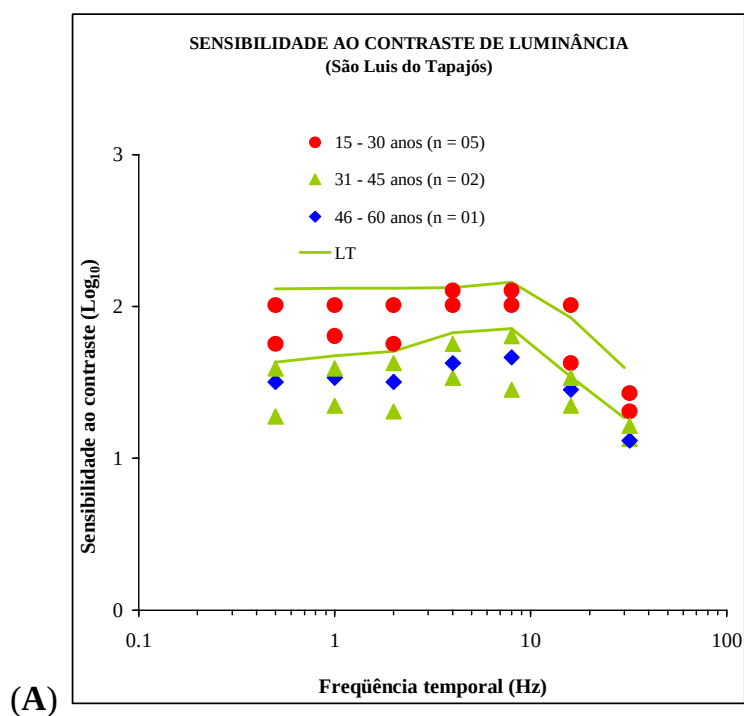


Figura 26. Sensibilidade ao contraste temporal de luminância. **(A)** Sujeitos expostos ao mercúrio de São Luis do Tapajós, N = 5. **(B)** Sujeitos expostos ao mercúrio de Barreiras, N = 7. Os círculos e barras verticais representam os valores para as médias e desvios padrões para sujeitos expostos ao mercúrio de todas as faixas etárias. As curvas verdes representam os limites de tolerância superior e inferior para o grupo controle de 16-30 anos de idade, o único disponível por ocasião do fechamento deste trabalho.



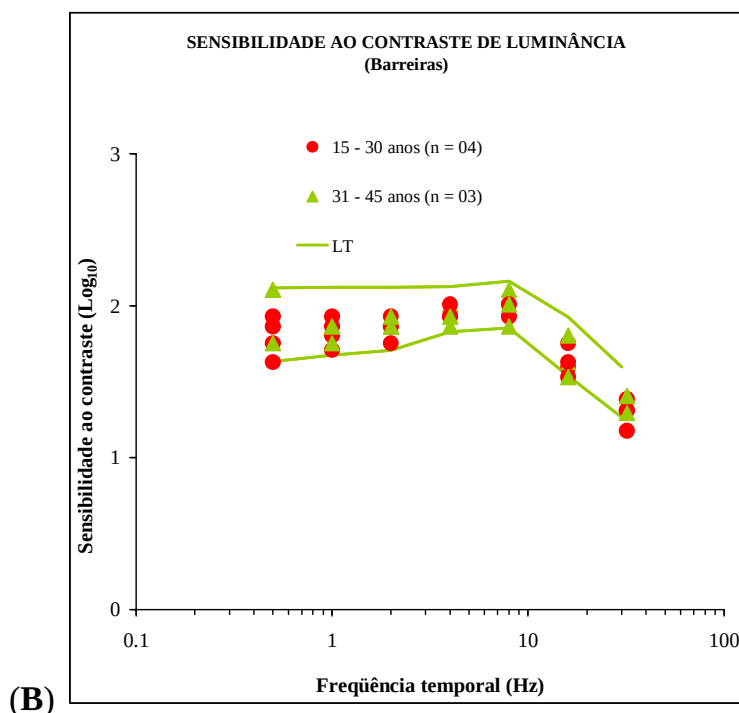


Figura 27. Sensibilidade ao contraste temporal de luminância. **(A)** Sujeitos expostos ao mercúrio de São Luis do Tapajós, N = 5. **(B)** Sujeitos expostos ao mercúrio de Barreiras, N = 7. Os diferentes símbolos representam valores para cada sujeito testado, sendo cada tipo de símbolo correspondente a uma das três faixas etárias estudadas. As curvas verdes representam os limites de tolerância superior e inferior para o grupo controle de 15-30 anos de idade, o único disponível por ocasião do fechamento do presente trabalho.

4.5 RESULTADOS DO TESTE FM -100

Dos quarenta sujeitos que participaram do estudo, todos realizaram o Teste FM-100, no qual cada sujeito realizou somente uma tentativa do teste. Duas formas de representação gráfica foram usadas para a comparação entre os três grupos de sujeitos controles e mercuriais. A primeira representação gráfica corresponde à apresentação em forma gráfica polar, mostrando-se os resultados de erro, desvio padrão e pontos centrais – esquerdo (E), direito (D), inferior (I) e superior (S) – expressos pelos números dos matizes correspondentes. A outra forma de representação gráfica corresponde à apresentação dos valores de erro e os valores estatísticos descritivos em

contraposição às normas controle, representadas pelos limites de tolerância superior (LTS) e limites de tolerância inferior (LTI).

4.5.1 Análise de Todos os Sujeitos Expostos ao Mercúrio Versus Controles

Na Figura 28A e B são apresentadas, respectivamente e para fins de comparação, as médias de todos os sujeitos controles e de todos os sujeitos expostos ao mercúrio no teste FM-100. O valor da média de erros dos sujeitos controles foi de 63 ± 33 , encontrando-se dentro dos parâmetros normais aceitáveis de até 100 (Figura 28A). Na Figura 28B verifica-se que a média de erros atinge 123 ± 54 , excedendo o valor máximo aceitável. Pela análise individual de cada gráfico dos sujeitos expostos ao mercúrio, observa-se que a maioria deles apresenta erros de discriminação de cores distribuídos difusamente no espaço de cores. A análise estatística pelo teste t mostrou diferenças significantes em comparação aos controles ($p > 0,05$).

Ao contrapor os valores de erro às normas controle (Figura 29A-B), verifica-se que dos 40 sujeitos expostos ao mercúrio analisados, 19 deles excederam o LTS e 3 sujeitos ficaram no limite das normas, mostrando que muitos indivíduos apresentaram erros altos no FM-100.

4.5.2 Análise dos Sujeitos Controles 16-30 Anos Versus Sujeitos Expostos ao Mercúrio de Mesma Faixa Etária

Na análise dos gráficos da Figura 30A-B, observa-se que os sujeitos expostos ao mercúrio cometem erros distribuídos de forma difusa no espaço de cores de Farnsworth-Munsell (A) quando comparado aos controles (B), sendo a média de erros dos expostos 120 ± 61 contra 50 ± 27 dos controles. Na análise estatística pelo teste t, as amostras apresentam diferenças significativas em comparação aos controles ($p > 0,05$). Na análise gráfica individual de cada sujeito exposto ao mercúrio, observa-se uma tendência difusa de erros para a maioria dos sujeitos, embora alguns sujeitos cometam um número maior de erros na região inferior do diagrama, correspondendo ao ponto central inferior, o que explica um alongamento mais proeminente desse eixo em relação aos demais eixos na média do grupo. Esse tipo de defeito de discriminação de matizes corresponde a um defeito tritan adquirido.

Dos 15 sujeitos mercuriais testados, 9 sujeitos apresentaram valores acima do limite de tolerância superior estabelecido para esse grupo etário, que foi de 100,72 (Figura 31B). Dois dos sujeitos atingiram valores de erro de 265, o qual é uma

diferença grande quando comparada aos controles, onde o maior valor de erro foi 127 (Figura 31A). Os demais sujeitos que ficaram dentro dos limites de tolerância porém com valores de erro próximo ao LTS.

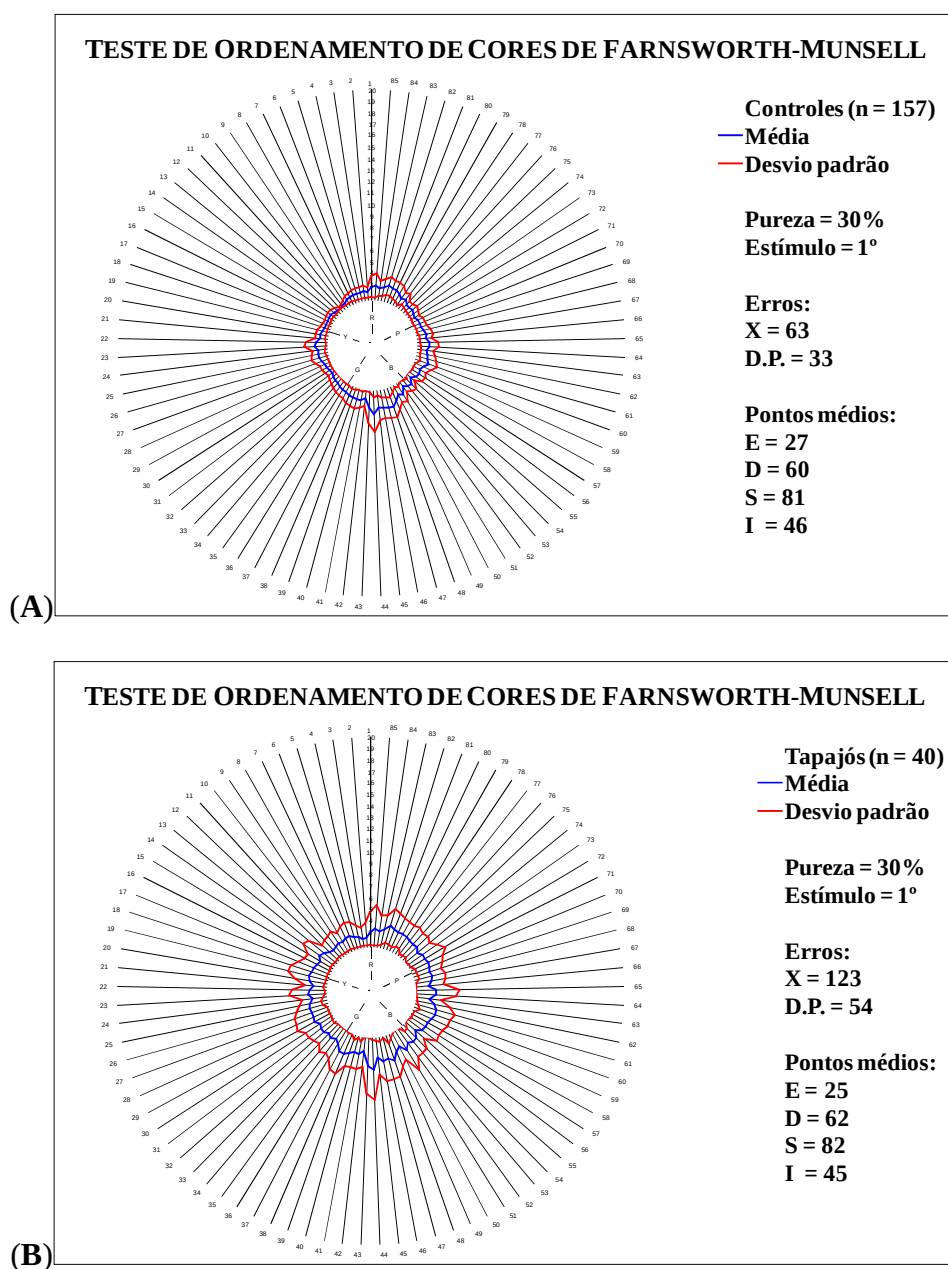


Figura 28. Resultados do Teste FM 100 apresentados como gráficos polares médios. (A) Todos os sujeitos do grupo controle, independentemente da faixa etária. (B) Todos os sujeitos do grupo exposto ao mercúrio, independentemente da faixa etária. As linhas de contorno representam os valores de média (linhas azuis) e desvio-padrão (linhas vermelhas) em cada matiz do teste. São indicadas a pureza dos matizes utilizados e o tamanho do campo quadrado em que eles foram apresentados. Os resultados numéricos compreendem: média e desvio padrão do total de erros, pontos médios centrais esquerdo

(E), direito (D), superior (S) e inferior (I), respectivamente, expressos pela número de ordem dos matizes correspondentes a eles.

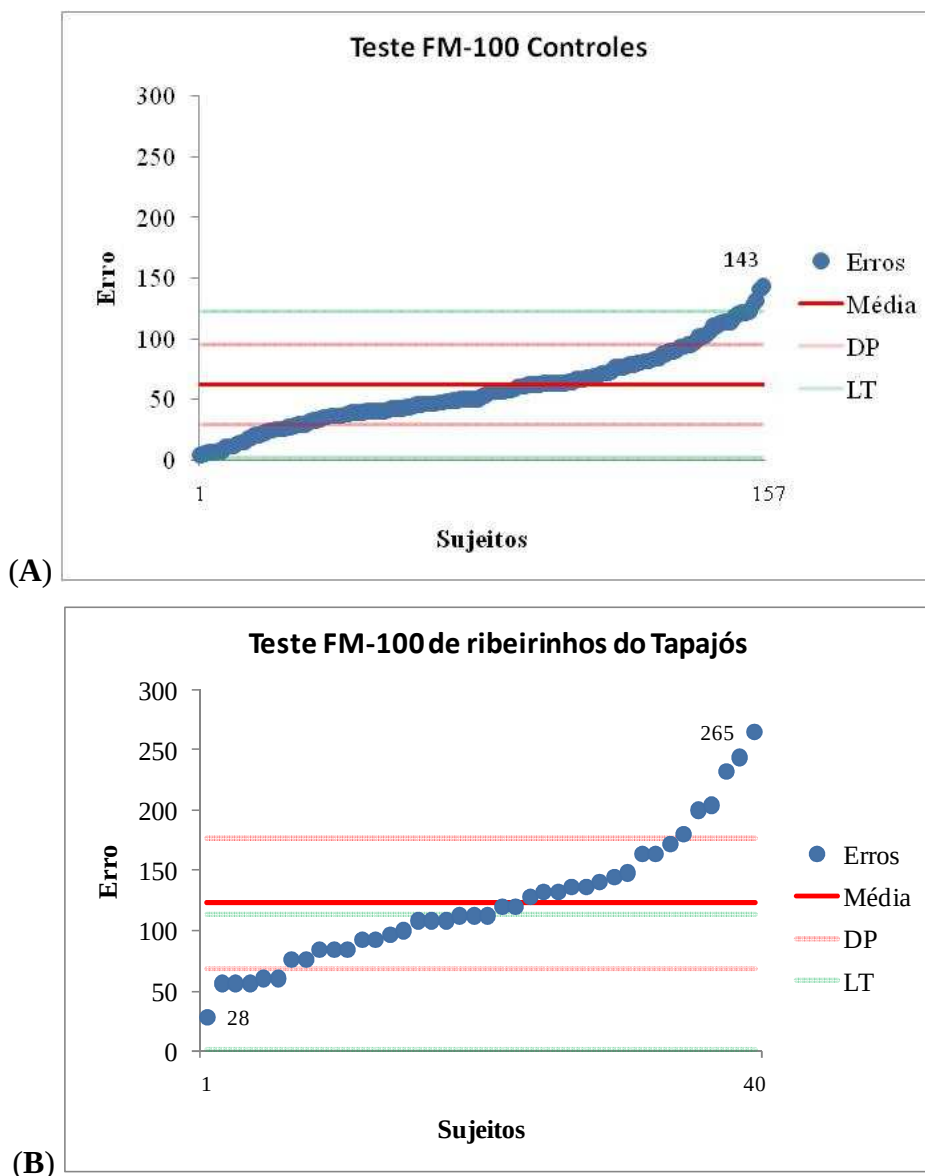


Figura 29. Resultados do teste FM-100 apresentados como valores dos erros cometidos por cada indivíduo testado (círculos azuis), sobrepostos aos limites de tolerância superior (LTS = 114,1) e inferior (LTI = 1,17) para as normas estatísticas (retas horizontais azuis claras) e às médias e desvios padrões para cada grupo (retas horizontais vermelha e púrpuras, respectivamente). **(A)** Todos os sujeitos controles de todas as faixas etárias, $n = 157$, $X = 57,6$, $DP = 31,7$. **(B)** Todos os sujeitos expostos ao

mercúrio de todas as faixas etárias, $N = 40$, $X = 123$, $DP = 54$. O maior erro encontrado em cada grupo é indicado próximo do círculo correspondente.

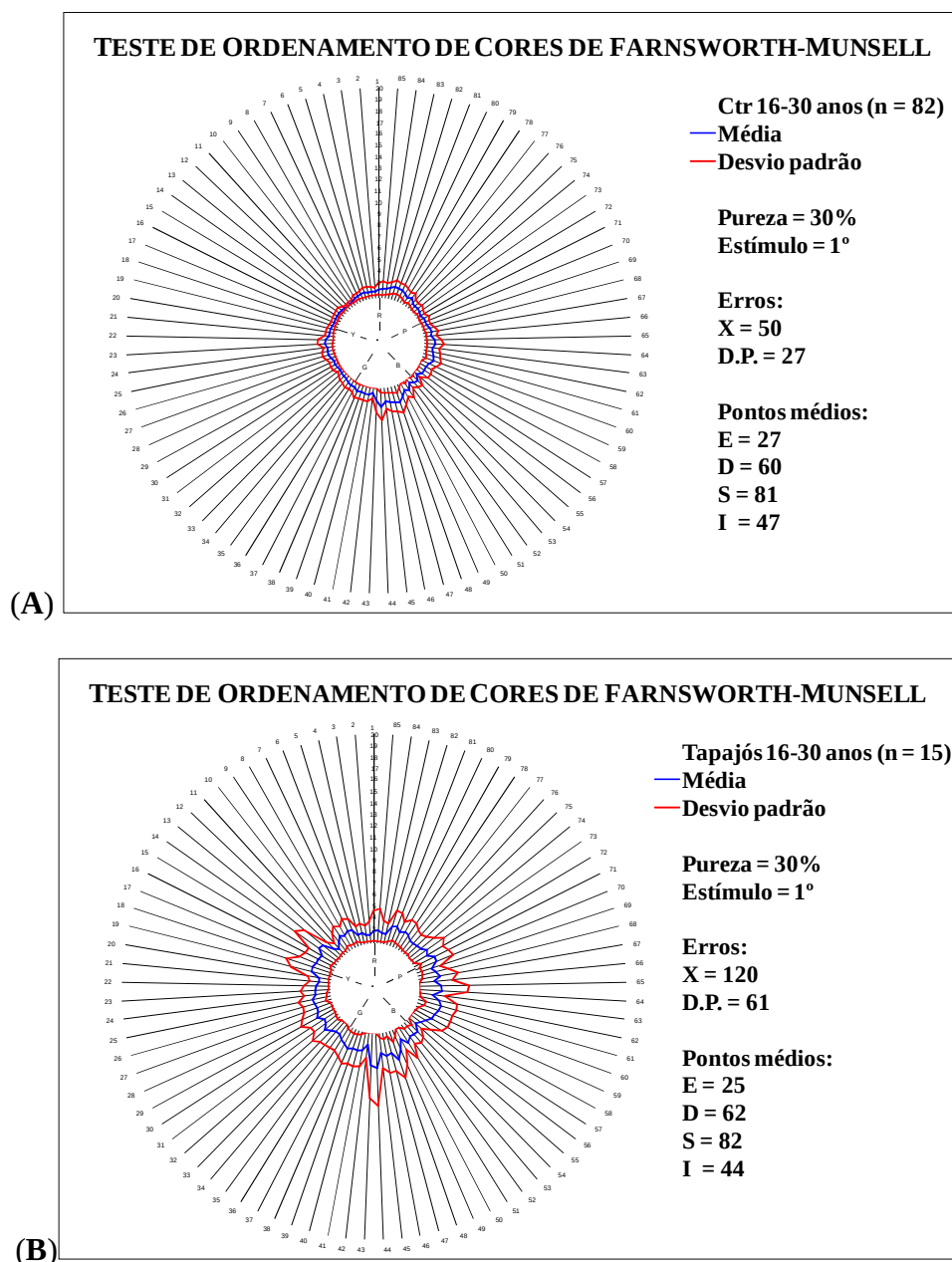


Figura 30. Resultados do Teste FM 100 apresentados como gráficos polares médios.

(A) Sujeitos do grupo controle da faixa etária 16-30 anos. (B) Sujeitos do grupo exposto ao mercúrio da faixa etária 16-30 anos. As linhas de contorno representam os valores de média (linhas azuis) e desvio-padrão (linhas vermelhas) em cada matiz do teste. São

indicadas a pureza dos matizes utilizados e o tamanho do campo quadrado em que eles foram apresentados. Os resultados numéricos compreendem: média e desvio padrão do total de erros, pontos médios centrais esquerdo (E), direito (D), superior (S) e inferior (I), respectivamente, expressos pela número de ordem dos matizes correspondentes a eles.

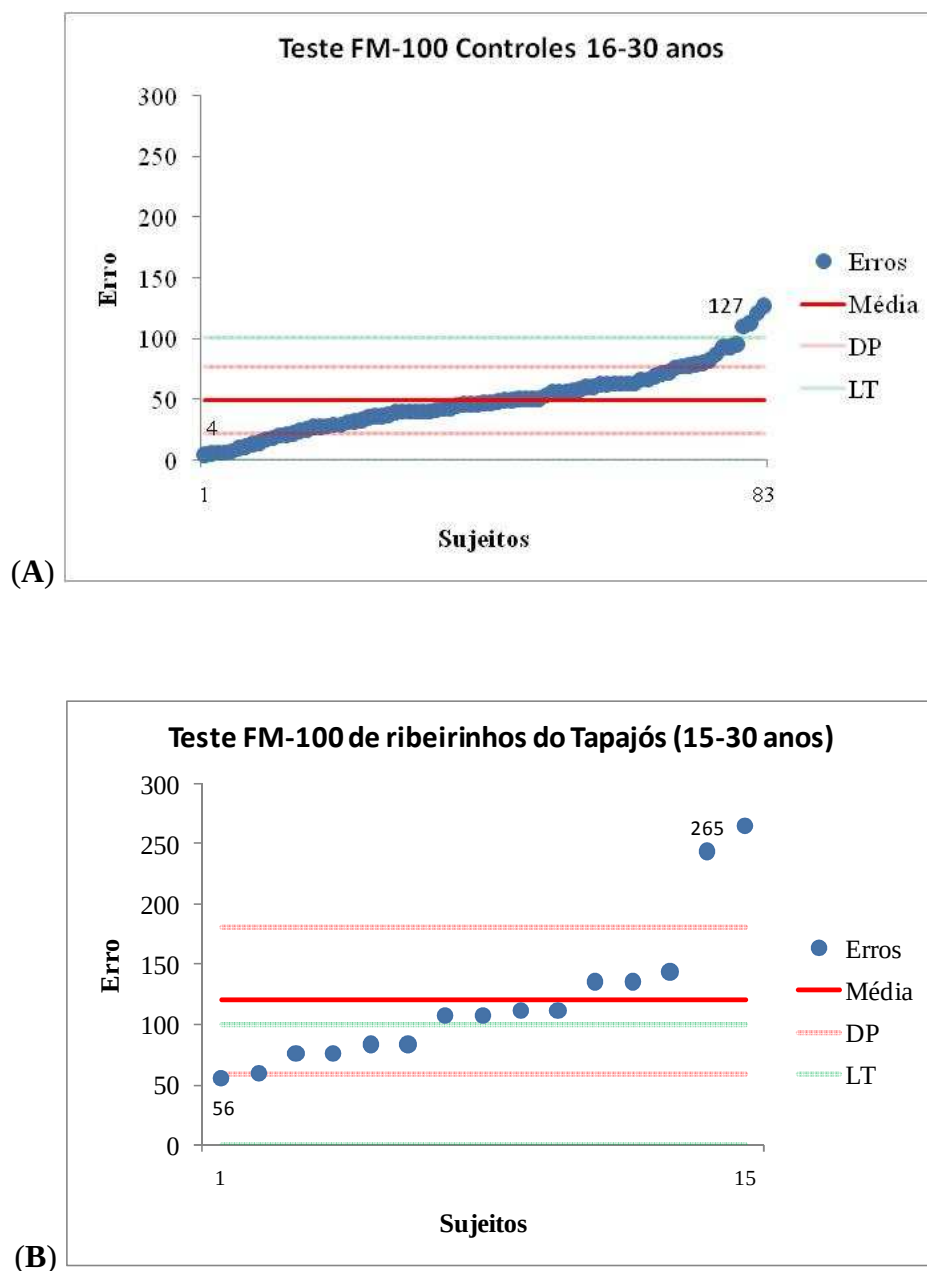


Figura 31. Resultados do teste FM-100 apresentados como valores dos erros cometidos por cada indivíduo testado (círculos azuis), sobrepostos aos limites de tolerância superior (LTS = 100,72) e inferior (LTI = -2,48) para as normas estatísticas (retas horizontais azuis claras) e às médias e desvios padrões para cada grupo (retas horizontais vermelha e púrpuras, respectivamente). **(A)** Sujeitos controles da faixa etária 16-30 anos, $n = 83$, $X = 49,1$, $DP = 27,1$. **(B)** Sujeitos expostos ao mercúrio da faixa

etária 16-30 anos, $N = 15$, $X = 120,1$, $DP = 61$. O maior erro encontrado em cada grupo é indicado próximo do círculo correspondente.

4.5.3 Análise dos Sujeitos Controles 31-45 Anos Versus Sujeitos Expostos ao Mercúrio de Mesma Faixa Etária

De forma semelhante ao grupo I, os sujeitos expostos ao mercúrio do grupo II apresentaram respostas de erro difusa no espaço de cores de Farnsworth-Munsell com um valor médio de erro igual a 108 ± 43 , também se notando um discreto alongamento no eixo central inferior (Figura 32A-B). Para os sujeitos controles de mesma faixa etária os valores de erro foram bem menores em relação aos sujeitos expostos ao mercúrio resultando na média 65 ± 29 . Estatisticamente, as duas amostras comparadas são significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Na comparação com as normas estatísticas, dos 17 sujeitos expostos ao mercúrio testados nesse grupo, 7 sujeitos apresentaram valores acima do limite superior de tolerância, sendo o valor de 180 o maior erro para este grupo. Dos 10 sujeitos expostos ao mercúrio que apresentaram valores de erro dentro dos limites de tolerância, 5 apresentaram valores próximos ao LTS, situação bastante diferente daquela observada nos controles da mesma faixa etária (Figura 33A-B).

4.5.4 Análise dos Resultados dos Sujeitos Controles 46-60 Anos Versus Sujeitos Expostos ao Mercúrio de Mesma Faixa Etária

Na análise dos resultados do terceiro grupo, ambas as amostras tanto de sujeitos expostos ao mercúrio quanto de controles mostram uma tendência de erros maiores no eixo tritan do espaço de cores (Figura 34A-B). Contudo, os sujeitos expostos ao mercúrio (160 ± 50) apresentam média de erros bem maior que a dos controles (89 ± 34), sendo a diferença entre os dois grupos bastante significativa (Teste t de Student, $p > 0,05$).

Na comparação com as normas estatísticas, dos 8 sujeitos expostos ao mercúrio avaliados nessa faixa etária, o menor valor de erro foi 92 erros, ou seja, bem distante do LTI (Figura 35). É importante ressaltar que 4 dos 8 sujeitos expostos ao mercúrio excederam o LTS, chegando a atingir o valor de 232.

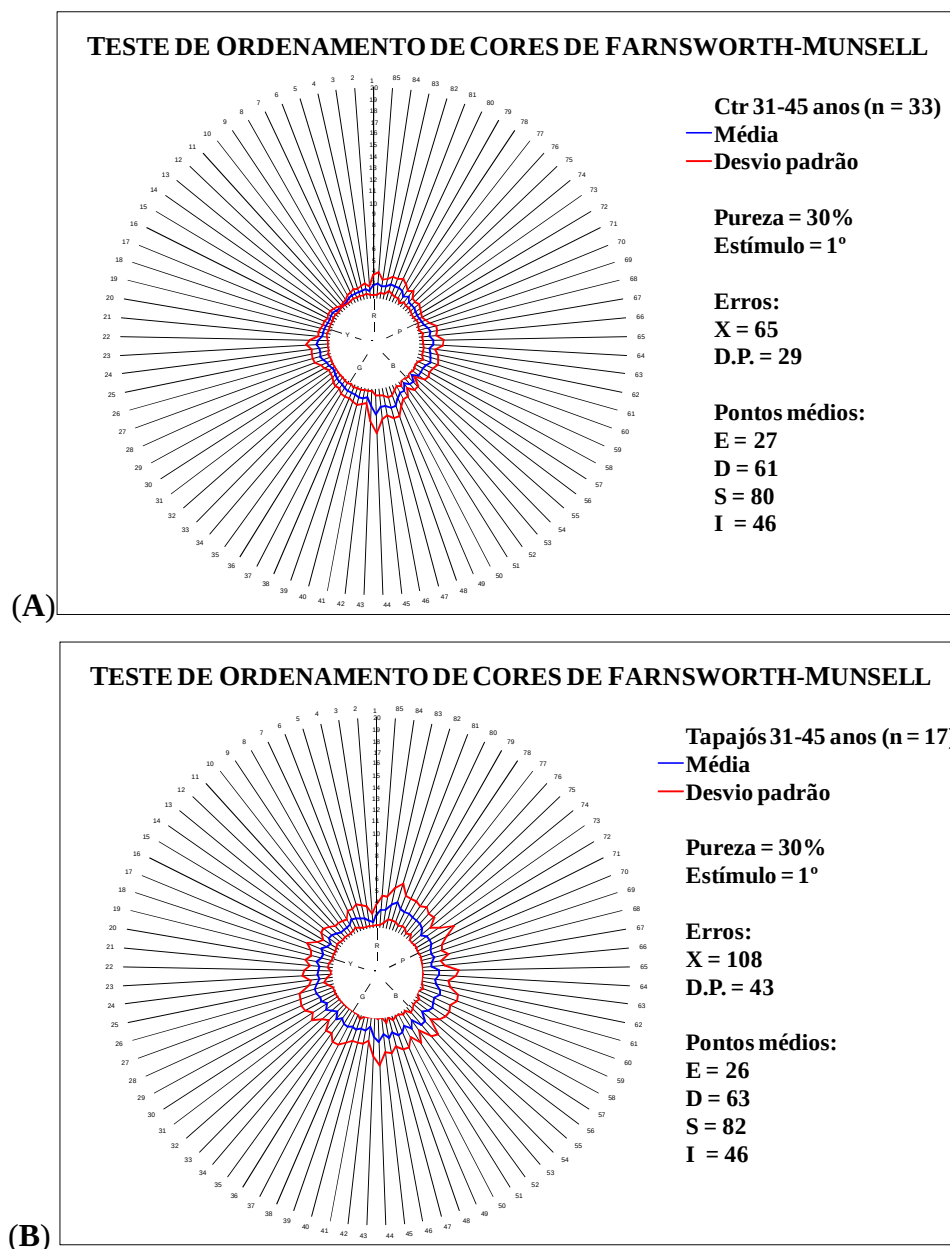


Figura 32. Resultados do Teste FM 100 apresentados como gráficos polares médios.

(A) Sujeitos do grupo controle da faixa etária 31-45 anos. (B) Sujeitos do grupo exposto ao mercúrio da faixa etária 31-45 anos. As linhas de contorno representam os valores de média (linhas azuis) e desvio-padrão (linhas vermelhas) em cada matiz do teste. São indicadas a pureza dos matizes utilizados e o tamanho do campo quadrado em que eles foram apresentados. Os resultados numéricos compreendem: média e desvio padrão do total de erros, pontos médios centrais esquerdo (E), direito (D), superior (S) e inferior

(I), respectivamente, expressos pela número de ordem dos matizes correspondentes a eles.

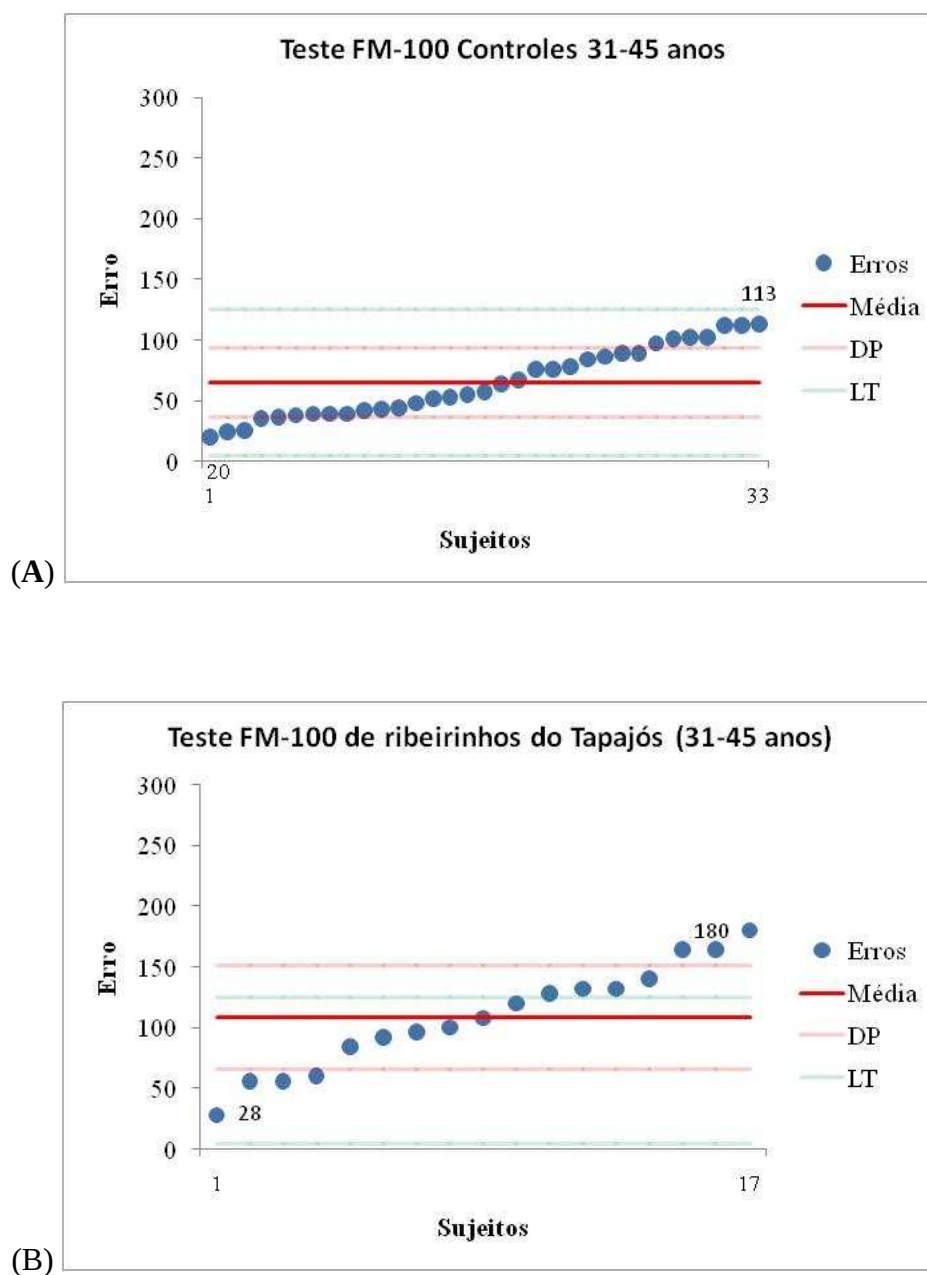


Figura 33. Resultados do teste FM-100 apresentados como valores dos erros cometidos por cada indivíduo testado (círculos azuis), sobrepostos aos limites de tolerância superior (LTS = 125,05) e inferior (LTI = 4,47) para as normas estatísticas (retas horizontais azuis claras) e às médias e desvios padrões para cada grupo (retas horizontais vermelha e púrpuras, respectivamente). **(A)** Sujeitos controles da faixa etária 31-45 anos, $n = 33$, $X = 64,8$, $DP = 28,6$. **(B)** Sujeitos expostos ao mercúrio da faixa

etária 31-45 anos, $N = 17$, $X = 108,2$, $DP = 42,8$. O maior erro encontrado em cada grupo é indicado próximo do círculo correspondente.

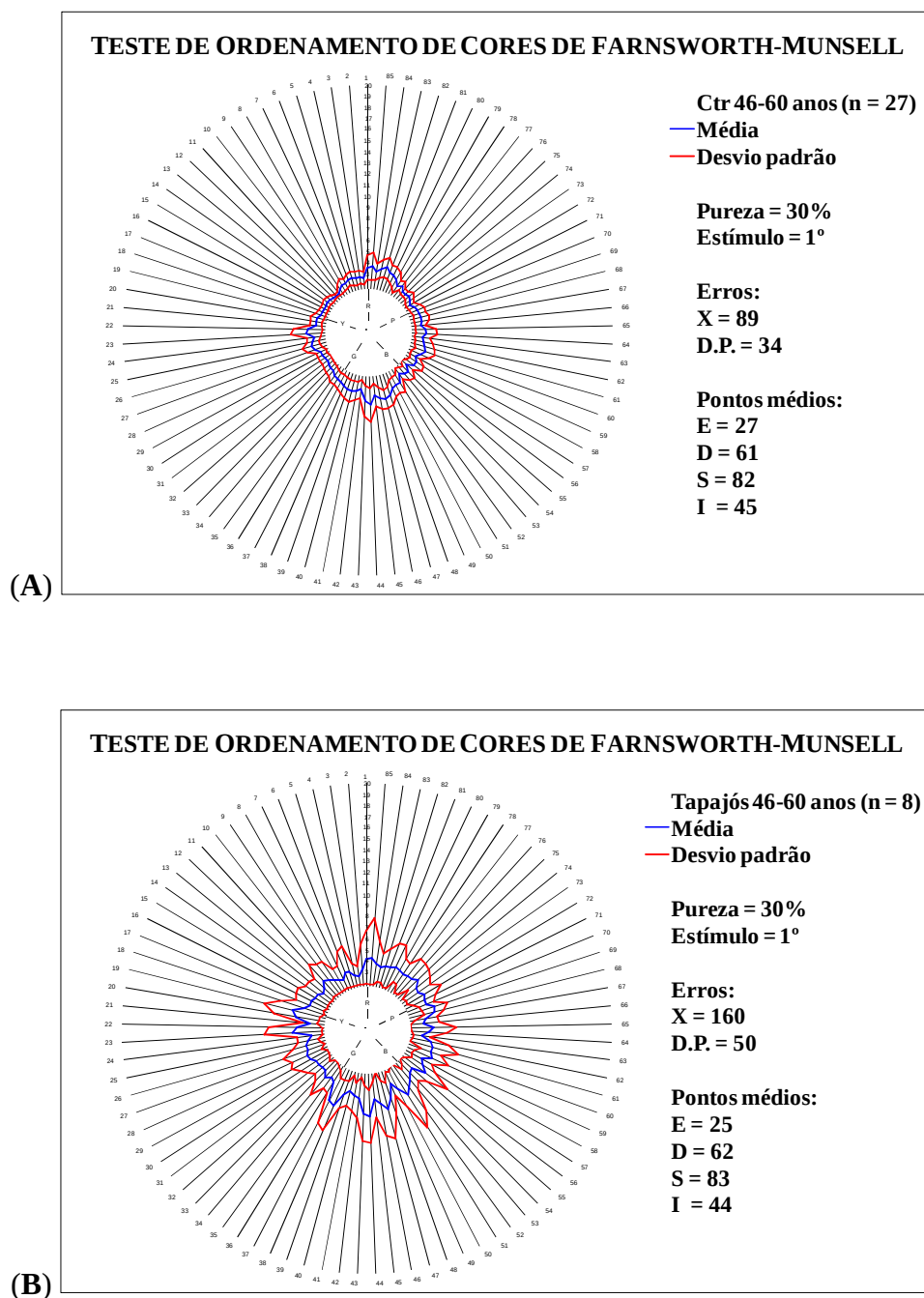


Figura 34. Resultados do Teste FM 100 apresentados como gráficos polares médios.

(A) Sujeitos do grupo controle da faixa etária 46-60 anos. (B) Sujeitos do grupo exposto ao mercúrio da faixa etária 46-60 anos. As linhas de contorno representam os valores de média (linhas azuis) e desvio-padrão (linhas vermelhas) em cada matiz do teste. São indicadas a pureza dos matizes utilizados e o tamanho do campo quadrado em que eles

foram apresentados. Os resultados numéricos compreendem: média e desvio padrão do total de erros, pontos médios centrais esquerdo (E), direito (D), superior (S) e inferior (I), respectivamente, expressos pela número de ordem dos matizes correspondentes a eles.

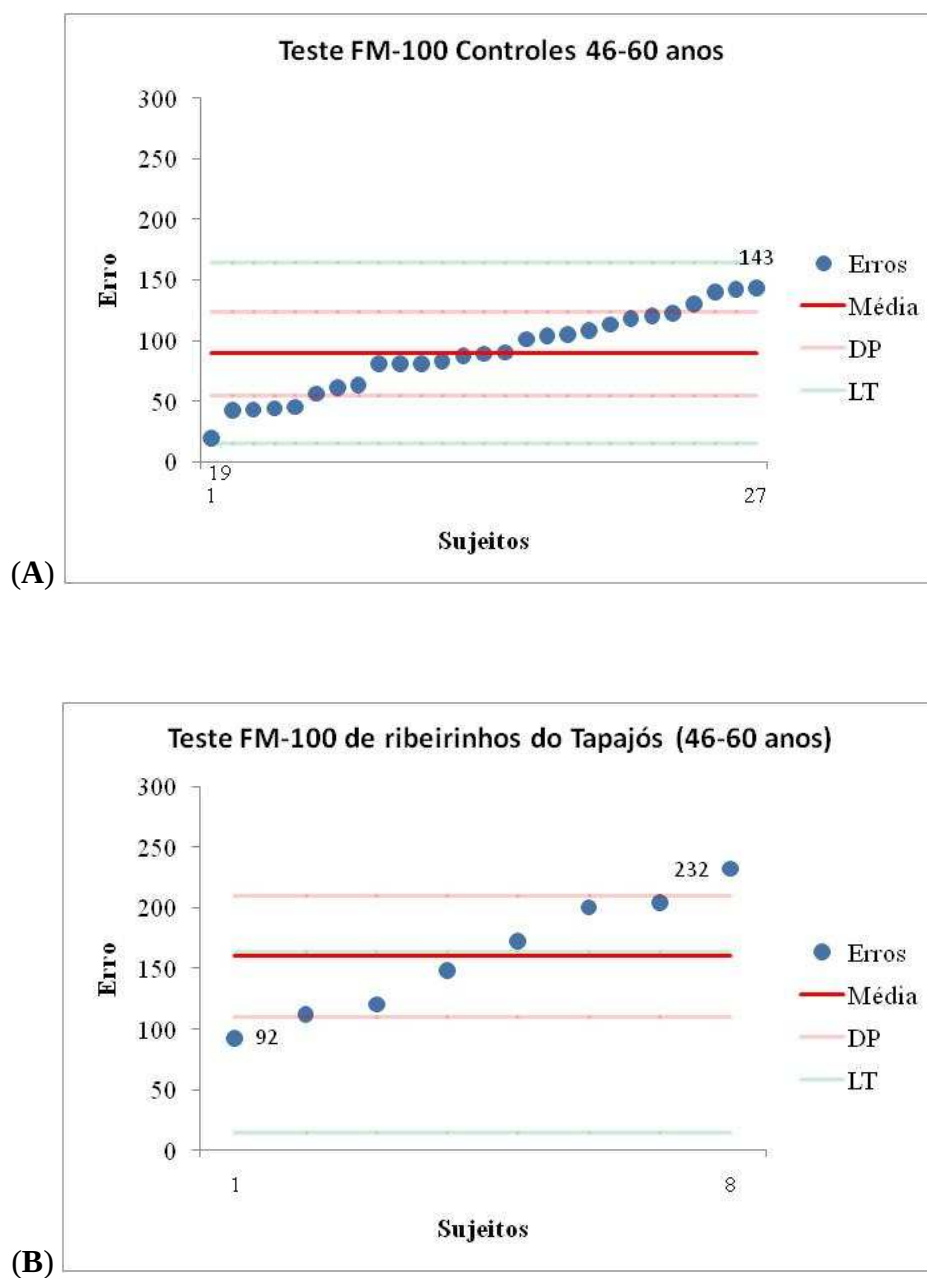


Figura 35. Resultados do teste FM-100 apresentados como valores dos erros cometidos por cada indivíduo testado (círculos azuis), sobrepostos aos limites de tolerância superior (LTS = 163,8) e inferior (LTI = 14,79) para as normas estatísticas (retas horizontais azuis claras) e às médias e desvios padrões para cada grupo (retas horizontais vermelha e púrpuras, respectivamente). **(A)** Sujeitos controles da faixa etária 46-60 anos, $n = 27$, $X = 89,3$, $DP = 34,2$. **(B)** Sujeitos expostos ao mercúrio da faixa

etária 46-60 anos, $N = 8$, $X = 160$, $DP = 50,1$. O maior erro encontrado em cada grupo é indicado próximo do círculo correspondente.

4.5.5 Análise dos Resultados de Sujeitos Expostos ao Mercúrio de São Luis do Tapajós e Barreiras Separadamente Versus as Normas Controles

Os resultados dos 17 sujeitos expostos ao mercúrio de São Luis do Tapajós e dos 23 sujeitos de Barreiras foram comparados às normas estatísticas, abrangendo todas as faixas etárias (Figura 36A-B). Na análise dos dados dos sujeitos de São Luis do Tapajós, observamos que 7 sujeitos excederam o LTS de 114,10, chegando a atingir valores de erro igual a 200. Dos demais 10 sujeitos que ficaram dentro dos limites de tolerância, 5 sujeitos ficaram logo abaixo do LTS e 5 apresentaram valores de erro no limite ou abaixo de 50, sendo que um deles apresentou valor de erro igual a 28. Na comunidade de Barreiras, 12 dos 23 sujeitos excederam o LTS, sendo o maior valor de erro igual a 265 e o menor valor igual a 56. Ao considerarmos esses dados, percebe-se que os sujeitos expostos ao mercúrio de Barreiras, de um modo geral, apresentam maiores valores de erro do que sujeitos expostos ao mercúrio de São Luis do Tapajós.

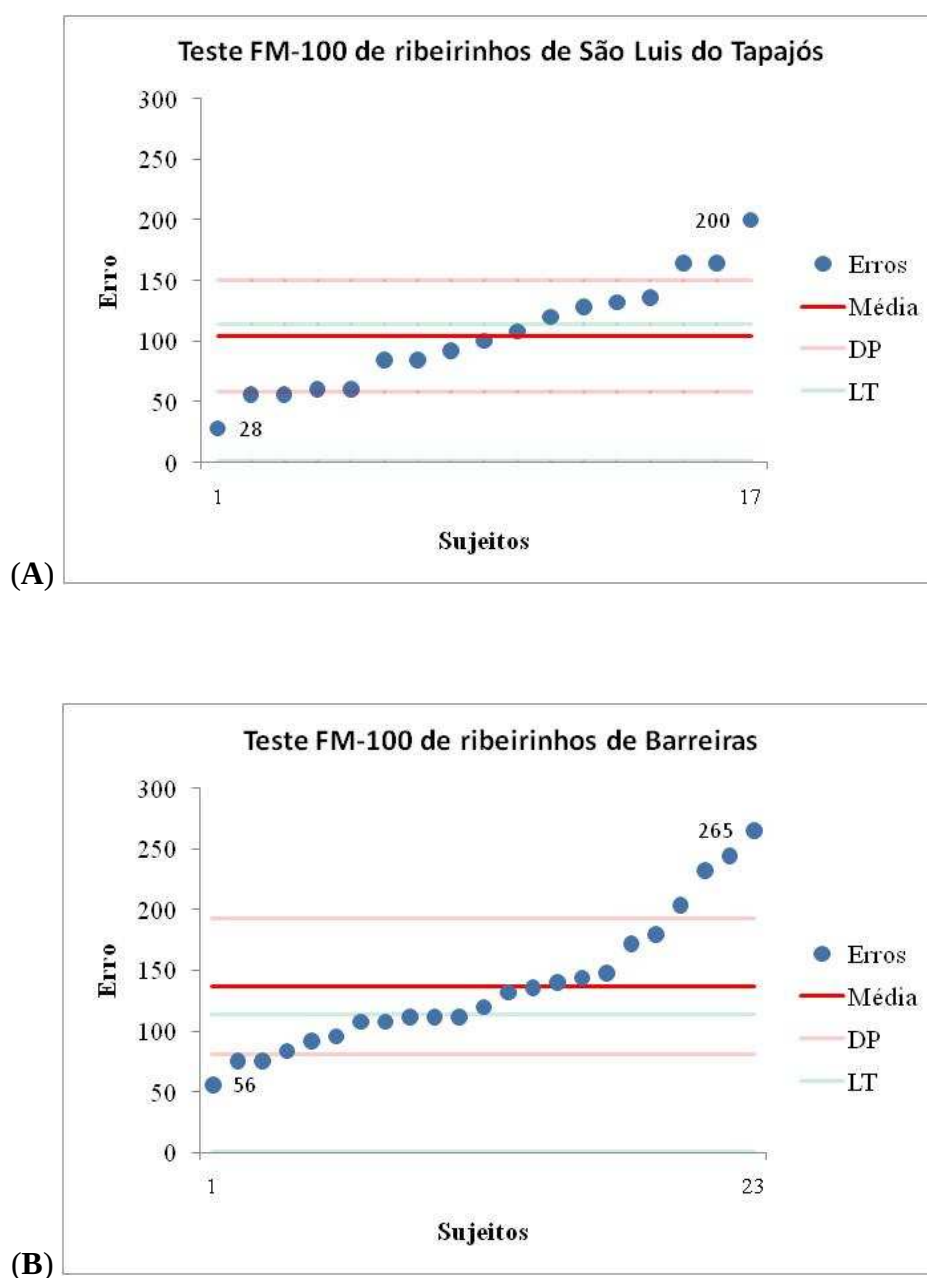


Figura 36. Resultados do teste FM-100 apresentados como valores dos erros cometidos por cada indivíduo testado (círculos azuis), sobrepostos aos limites de tolerância superior (LTS = 114,1) e inferior (LTI = 1,17) para as normas estatísticas (retas horizontais azuis claras) e às médias e desvios padrões para cada grupo (retas horizontais vermelha e púrpuras, respectivamente). **(A)** Sujeitos expostos ao mercúrio de São Luis do Tapajós de todas as faixas etárias, $n = 17$, $X = 104,2$, $DP = 46,3$. **(B)** Sujeitos expostos ao mercúrio de Barreiras de todas as faixas etárias, $N = 23$, $X = 136,9$,

DP = 56. O maior erro encontrado em cada grupo é indicado próximo do círculo correspondente.

5 DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISES DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE OS RESULTADOS DE PERIMETRIA, FM-100, SCE E OS NÍVEIS DE MERCÚRIO TOTAL NO CABELO

Como afirmado por Lebel *et al.* (1996, 1998), as alterações visuais em sujeitos ribeirinhos com níveis de mercúrio no cabelo abaixo de 50 µg/g ocorriam de forma dose-efeito. Ao contrário dos resultados encontrados no estudo acima citado, nenhuma das variáveis independentes analisadas na correlação com mercúrio como variável fixa nesse estudo mostrou que a alteração visual é dose-efeito. Contudo, é importante ressaltar que em níveis altos de exposição por mercúrio, semelhantes aos acontecidos em Minamata, observou-se alterações visuais severas. O presente estudo difere de Lebel *et al.* (1996, 1998) em dois aspectos importantes, os quais precisam ser levados em conta na discussão das diferenças entre seus resultados. Em primeiro lugar, nos estudos de Lebel *et al.*, a análise da correlação das perdas visuais com os níveis de mercúrio foi feita em 91 ribeirinhos do Tapajós, enquanto no presente estudo somente um número menor de sujeitos foi avaliado. Em segundo lugar, a avaliação visual feita por Lebel *et al.* utilizou instrumentos diferentes, um sistema de perimetria de Goldman com melhor controle de luminância do alvo do que o sistema de perimetria de Förster utilizado no presente trabalho e um conjunto de cartelas para avaliação da sensibilidade ao contraste menos preciso do que o sistema utilizado no presente trabalho.

Barboni *et al.* (2008) avaliaram com perimetria estática limiar de Humphrey 35 ex-trabalhadores expostos de forma ocupacional ao vapor de mercúrio comparando os resultados com 34 sujeitos controles. Dois testes foram usados, a perimetria automática padrão (SAP, branco-no-branco) e a perimetria automática com comprimento de onda curto (SWAP, azul-no-amarelo) em 76 localizações dentro dos 27º centrais do campo visual.. Os resultados foram analisados como medias das sensibilidades medidas na fovea e em cinco anéis concêntricos dispostos sucessivamente. A sensibilidade dos sujeitos expostos ao mercúrio medida com SAP, comparada com a dos sujeitos controles, foi menor na fóvea e em todas as excentricidades A sensibilidade medida com o SWAP foi menor em regiões periféricas porém semelhante na fóvea. Entretanto, Barboni *et al.* não encontraram correlação entre os resultados obtidos e várias variáveis relativas à exposição ao vapor de mercúrio:

tempo de exposição, tempo longe da exposição, concentração urinária no tempo de de exposição, um ano depois da exposição ou no momento do teste visual.

No presente trabalho, ainda que a análise de correlação linear entre área do campo visual e concentração de mercúrio total no cabelo não tenha sugerido uma alteração dose-efeito, observou-se que dos 29 sujeitos avaliados somente 3 sujeitos apresentaram medidas de área igual ou superior a área média dos controles. Todos os demais apresentaram valores de medida de área bem abaixo da área do controle. Para os valores do FM-100, mesmo não tendo sido observada uma forte correlação dos valores de erros nesse teste com aumento nos níveis de mercúrio, chamou atenção o fato de 19 dos 29 sujeitos apresentarem valores acima de 100 erros, sugerindo que mesmo em doses não tão elevadas já se observam alterações cromáticas visuais. Na SCEL, os resultados da análise do coeficiente de correlação linear também mostraram uma fraca correlação. Contudo observa-se que todos os sujeitos apresentaram valores baixos de sensibilidade, sugestivos de alteração visual.

A revisão da literatura mostra que embora exposição ao mercúrio cause uma série de graves efeitos sobre diversos parâmetros da fisiologia humana, a demonstração de uma relação dose-efeito é sempre difícil quando procurada em populações expostas naturalmente, diferindo do observado experimentalmente em animais ou culturas de células animais (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2000). A variabilidade das condições de exposição que cerca cada indivíduo in natura parece ser o fator mais importante para encontrar-se uma relação dose-efeito, a qual só aparece em amostras relativamente grandes. Assim, seria desejável para explorar essa questão que o presente estudo pudesse ser conduzido com o tamanho da amostra aumentada.

5.2 ANÁLISES DOS TESTES CROMÁTICOS E ACROMÁTICOS DE AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO VISUAL NA EXPOSIÇÃO AO METILMERCÚRIO EM COMUNIDADES RIBEIRINHAS

Muitos trabalhos na literatura têm mostrado que o sistema visual é um alvo em potencial da intoxicação mercurial devido aos efeitos tóxicos. Tem-se observado que nos estados tardio da intoxicação mercurial, ocorre o comprometimento do campo visual periférico, levando a constrição do campo visual (HARADA, 1982; SABELAISH & HILME, 1976; CHANG, 1977). Além dessa perda total da visão

periférica, observa-se comprometimento da visão central, as quais se refletem em baixa sensibilidade ao contraste espacial e temporal, principalmente nas frequências médias e altas (LEBEL *et al.*, 1998; SILVEIRA *et al.*, 2003; VENTURA *et al.*, 2005; RODRIGUES *et al.*, 2007) e perdas de médias a altas na capacidade de discriminação de cores (CAVALLERI *et al.*, 1995; CAVALLERI & GOBBA, 1998; SILVEIRA *et al.*, 2003; VENTURA *et al.*, 2005; RODRIGUES *et al.*, 2007). Esse conjunto de efeitos redundam em perdas parciais ou total da visão.

Em todos os testes psicofísicos realizados neste estudo, observamos uma diferença significativa na comparação com valores de sujeitos controles tanto na sensibilidade ao contraste acromático como cromático, assim como na discriminação cromática. Este estudo mostra-se em conformidade com outros estudos psicofísicos na avaliação da função visual nos quais foram observadas perdas visuais relacionadas à contaminação por mercúrio (LEBEL *et al.*, 1996, 1998; CAVALLERI *et al.*, 1995; CAVALLERI & GOBBA, 1998; SILVEIRA *et al.*, 2003; VENTURA *et al.*, 2005; CANTO-PEREIRA *et al.*, 2005; RODRIGUES *et al.*, 2007).

5.3 SENSIBILIDADE AO CONTRASTE ESPACIAL DE LUMINÂNCIA

Na comparação com normas estatísticas para esse teste, observa-se que em todas as faixas etárias os sujeitos expostos ao mercúrio apresentaram valores da média do grupo dentro dos limites de tolerância estabelecidos para controles. Contudo, pela análise dos dados numéricos, esses valores de média encontram-se abaixo da média dos controles em todas as frequências testadas e também observa-se uma alta variação no desvio padrão, mostrando que alguns sujeitos expostos ao mercúrio apresentaram valores de sensibilidade bem abaixo do limite de tolerância inferior estabelecido.

Os valores de sensibilidade ao contraste espacial variam segundo a distribuição normal nas diferentes faixas etárias, sendo mais proeminente a diminuição da sensibilidade em faixas etárias mais altas. Contudo na comparação das médias para os grupos I e II, pertencentes às faixas etárias de 16-30 anos e 31-45 anos, respectivamente, observa-se que em ambos os casos os sujeitos expostos ao mercúrio apresentaram desempenho bem abaixo dos sujeitos controles. Para o grupo III (46-60 anos), não foi possível obter a média pelo fato de somente 2 sujeitos terem participado desse estudo. Entretanto, vale a pena ressaltar a diferença entre os resultados obtidos

com os dois sujeitos. O sujeito 1 apresentou valores de sensibilidade ao contraste superiores aos sujeitos controles nas frequências espaciais de 0,8, 1, 2, 4 e 6 cpg, que correspondem às frequências espaciais situadas no meio do espectro ao qual a visão humana é sensível, as primeiras a serem afetadas em diversas afecções que comprometem o sistema visual, resultado esse que é sugestivo de uma total ausência de comprometimento visual em situação de exposição mercurial. Por outro lado, o sujeito 2 apresentou valores de sensibilidade ao contraste bem abaixo dos sujeitos controles em todas as frequências espaciais, o que é sugestivo de um efeito mais grave da exposição mercurial, levando a uma diminuição generalizada da sensibilidade ao contraste espacial.

De uma forma geral, para todas as faixas etárias observam-se perdas mais proeminentes na faixa de frequências espaciais médias, a qual é sugestiva de danos neurais, podendo ser no nível retiniano ou de vias neurais. Segundo Ventura *et al.* (2005), observa-se que o córtex visual primário, quando acessado por técnicas eletrofisiológicas, mostra que as medidas de sensibilidade ao contraste de luminância usando o potencial provocado visual, revela perdas nas respostas para todas as frequências espaciais resultantes da intoxicação mercurial, sugerindo que a perda visual é detectável no nível cortical, embora possa ter origem retiniana também ou exclusivamente. De acordo com essa interpretação, os estudos de Ventura *et al.* (2004) mostraram pela primeira vez na literatura eletrofisiológica a ocorrência de comprometimento retiniano na exposição ao vapor de mercúrio, através do registro eletrorretinográfico com estimulação de campo total, que reflete a atividade da retina periférica, e multifocal, que permite uma avaliação quantitativa da retina central e periférica, semelhante à perimetria limiar estática de Humphrey.

De forma semelhante, a psicofísica também mostrou perda difusa da sensibilidade ao contraste de luminância num grupo de pacientes expostos ao vapor de mercúrio devido à atividade garimpeira e à atividade profissional numa fábrica de lâmpadas fluorescentes (DAMIN, 2001; SILVEIRA *et al.*, 2003; VENTURA *et al.*, 2005; RODRIGUES *et al.*, 2007). A perda da sensibilidade ao contraste de luminância espacial nas frequências médias, mas não nas altas e baixas pode ser encontrada na presença de pouca ou nenhuma constrição do campo visual e possivelmente reflete os primeiros estágios de comprometimento visual na exposição ao mercúrio (ISHIKAWA

et al., 1979; MUKUNO *et al.*, 1981; DAMIN, 2001; SILVEIRA *et al.*, 2003; VENTURA *et al.*, 2005; RODRIGUES *et al.*, 2007).

5.4 SENSIBILIDADE AO CONTRASTE TEMPORAL DE LUMINÂNCIA

Dos 12 sujeitos expostos ao mercúrio avaliados nesse teste, 10 sujeitos apresentaram desempenho semelhante aos sujeitos controles em todas as frequências temporais testadas. Somente 2 sujeitos (12%) apresentaram resultados abaixo do desempenho de sujeitos controles. A parcela de sujeitos controles para compor as normas estatísticas para o presente teste ainda está sendo formada. Contudo, o presente resultado sugere que a visão temporal é menos afetada quando comparada a visão espacial em sujeitos expostos ao mercúrio.

Iwata (1980), estudando um grupo de pacientes afetados pela exposição ao metilmercúrio em Minamata, afirmou que a diminuição da sensibilidade ao contraste de luminância nas frequências temporais altas corresponderia ao grau de constrição do campo visual. No presente trabalho, não foi possível explorar essa correlação devido ao número pequeno de sujeitos testados para a SCTL.

5.5 CAPACIDADE DE ORDENAMENTO DE CORES AVALIADA COM O FM-100

No presente trabalho encontrou-se diferenças estatísticas significantes na comparação de média entre sujeitos expostos ao mercúrio e controles em todas as faixas etárias ($p > 0,05$). Observou-se também uma perda difusa em sujeitos expostos ao mercúrio nos grupos I (16-30 anos) e II (31-45 anos) em comparação com o grupo III. No grupo III, o qual corresponde à faixa etária de 46-60 anos, ambas as amostras de sujeitos expostos ao mercúrio e controles mostram uma tendência de erros maiores no eixo tritan no espaço de cores. A diminuição da capacidade de discriminação cromática seguindo o eixo tritan é um fenômeno comum que ocorre com o passar da idade, devido às alterações fisiológicas próprias do envelhecimento. Contudo, a diferença da média de erros entre os dois grupos, exposto ao mercúrio e controle, foi significativa (Teste t de Student, $p = 0,0009$). Esses resultados para o grupo III são sugestivos de perdas severas em sujeitos expostos ao mercúrio.

Os resultados do presente estudo estão consistentes com aqueles de vários outros estudos sobre o efeito da exposição ao mercúrio tanto sob a forma de vapor como sob a forma de metilmercúrio veiculado através da alimentação rica em peixes. Lebel *et al.* (1996, 1998) também encontraram diminuição na discriminação de cores quando utilizaram o Teste de Lanthony D-15d em populações ribeirinhas da bacia do Tapajós expostas ao mercúrio pela ingestão de peixes contaminados por mercúrio.

Em outros grupos expostos ao vapor de mercúrio de forma ocupacional, o Teste de Lanthony D-15-d também mostrou alterações significantes na visão de cores. Na Itália, Cavalleri *et al.* (1995), usando esse teste de ordenamento de matizes, detectou perdas na capacidade de ordenamento de cores e observou também que essa deficiência ocorreu principalmente na dimensão azul-amarela para a maioria dos sujeitos. Em São Paulo, onde foi feita a avaliação da função visual de 39 sujeitos que trabalhavam numa indústria de lâmpadas fluorescentes, constatou-se baixo desempenho na tarefa de ordenamento de matizes com o Teste de Lanthony D-15-d em comparação com os sujeitos controles (VENTURA *et al.*, 2005; FEITOSA SANTANA *et al.*, 2007)

Estudando outra forma de exposição ocupacional, num grupo de dentistas, do Canto Pereira *et al.* (2005), usando o *Cambridge Colour Test*, observaram que esses trabalhadores apresentaram as áreas das elipses de MacAdam maiores em comparação com os controles. Para esse grupo, o aumento do limiar de discriminação de cores foi difuso, ou seja, sem eixo preferencial no espaço de cores CIE1976.

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho foram medidos, através de testes psicofísicos computadorizados, os aspectos espaciais e temporais da sensibilidade ao contraste de luminância e discriminação cromática. A medida de valores normativos, delineadores de faixas de normalidade estatística (intervalos de confiança e limites de tolerância), resultou em valores consistentes para indivíduos adultos em todas as faixas etárias estabelecidas, o que valida esses testes e permite que essas medidas sejam utilizadas no estudo de alterações visuais, através da comparação entre os resultados normais de indivíduos e/ou populações que apresentem possíveis alterações visuais.

Segundo o índice de correlação de Pearson, há uma correlação muito fraca entre os níveis de mercúrio no organismo e a área do campo visual, o teste FM-100 de ordenamento de cores e a sensibilidade ao contraste de luminância espacial ou temporal.

Existem perdas na função visual de sujeitos mercuriais, quanto à capacidade de discriminação cromática, as quais ocorrem geralmente de forma difusa, porém com tendência para o eixo tritan do espaço de cores em um número menor de indivíduos.

Há diminuição da sensibilidade ao contraste em todas as frequências espaciais, mas as frequências médias foram as mais afetadas.

Os testes psicofísicos utilizados neste trabalho revelaram-se como ferramentas importantes para quantificar o grau de perda visual e fornecer diagnóstico de alterações visuais precoces e assim, serem usados para a monitoração da saúde das comunidades ribeirinhas da Amazônia expostas ao mercúrio.

2 APÊNDICE 01

3 FICHA DE ANAMNESE

4 1 Dados de Identificação

Código:

Sexo: F() M()

Idade –

Cor: Branco () Pardo () Negro () Índio () Amarelo ()

Estado Civil : Solteiro () Casado () Viúvo () Divorciado ()

Escolaridade –

Profissão atual –

Profissão anterior –

2-Histórico

Dificuldade em discriminar cores- sim () não () (S.I.C)

Familiares com problemas em discriminar cores- sim () não ()

Doenças oculares –

Doenças neurológicas –

3-Interrogatório Complementar

4-Doenças da fase adulta e infantil

Teste de Ishihara das Lâminas Pseudoisocromáticas

Tabela 1 – Planilha para acompanhamento do teste de Ishihara .

Nº	Normal	Discriminação		Resposta do Sujeito	
		Deficiente	Ausente	D	S
1	12	12	12		
2	8	3	X		
3	6	5	X		
4	29	70	X		
5	57	35	X		
6	5	2	X		
7	3	5	X		
8	15	17	X		
9	74	21	X		

10	2	X				X		
11	6	X				X		
12	97	X				X		
13	45	X				X		
14	5	X				X		
15	7	X				X		
16	16	X				X		
17	73	X				X		
18	X	5				X		
19	X	2				X		
20	X	45				X		
21	X	73				X		
		Protan		Deutan				
		Grave	Leve	Grave	leve	X		
22	26	6	26	2	26	X		
23	42	2	42	4	42	X		
24	35	5	35	3	35	X		
25	96	6	96	9	96	X		

Conclusão:

TESTE DE SNELLEN

Condições de avaliação:

OD =

OS =

5 APÊNDICE 02

VALORES LOG DAS 11 FREQUÊNCIAS ESPACIAIS DO TESTE DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE ESPACIAL DE LUMINÂNCIA
PARA O GRUPO CONTROLE 15 – 30 ANOS

				Frenquência espacial (cpg) [Log]										
	Nome	Idade	Olho	0,2	0,5	0,8	1	2	4	6	10	15	20	30
1	AJM010606	24	D	1,136	1,985	2,085	2,185	2,407	2,536	2,486	2,124	2,135	1,415	0,841
2	ALV970916	18	D	0,773	2,587	2,666	2,767	2,767	2,716	2,666	2,585	1,342	1,072	0,670
3	AMB951106	21	D	0,390	1,521	2,014	2,014	2,164	2,227	2,014	1,819	1,656	1,327	0,985
4	AMH011205	25	D	0,675	1,667	2,014	2,064	2,185	2,185	2,064	1,805	1,515	1,167	0,658
5	APG020717	24	D	0,767	1,688	1,964	2,135	2,365	2,327	2,218	1,973	1,237	0,817	0,406
6	APS970109	28	D	0,730	2,035	2,486	2,566	2,616	2,616	2,666	2,507	2,428	1,934	1,231
7	AVL021109	19	D	0,908	1,797	2,014	2,164	2,277	2,306	2,248	1,934	1,335	1,066	0,569
8	BDG040430	26	D	0,762	1,675	1,775	2,185	2,248	2,277	2,064	1,646	1,479	0,780	0,160

9	BMC010606	19	D	0,737	1,547	1,964	1,985	2,135	2,206	2,085	1,983	1,506	1,181	0,296
10	BMP040430	25	D	0,841	1,593	1,746	1,964	2,185	2,286	2,206	1,855	1,666	1,249	0,603
11	CCM011214	19	D	1,216	1,704	2,177	2,114	2,327	2,206	2,235	2,035	1,371	1,110	0,551
12	CCP011212	22	D	1,002	1,964	2,235	2,177	2,407	2,436	2,587	2,285	2,235	1,406	0,846
13	CRB951104	20	D	0,740	1,625	2,064	2,164	2,327	2,298	2,035	1,687	1,471	0,997	0,473
14	CSM981215	20	D	0,932	2,035	2,164	2,507	2,587	2,587	2,716	2,315	2,206	1,333	0,692
15	CTP000330	18	D	1,035	2,009	2,490	2,586	2,767	2,767	2,706	2,611	1,964	1,036	0,711
16	ECF020629	19	D	0,815	1,905	2,415	2,235	2,566	2,637	2,486	2,517	2,428	2,114	1,323
17	EGT001221	19	E	0,639	1,375	1,609	1,675	2,064	2,227	2,164	1,755	1,551	1,266	0,868
18	EMF040422	25	D	1,155	1,755	1,926	2,106	2,327	2,348	2,227	1,915	1,501	1,199	0,827
19	EYS970814	21	E	0,813	1,884	1,914	2,206	1,934	1,789	1,784	1,404	0,901	0,505	0,088
20	FAF010605	25	D	1,086	2,114	2,215	2,185	2,306	2,767	2,486	2,287	2,076	1,444	0,724
21	FCA001123	20	D	0,677	1,458	1,775	1,863	2,227	2,315	2,365	1,914	1,647	1,567	1,170
22	FCM970516	22	D	0,867	1,738	2,106	2,177	2,465	2,127	1,918	1,601	1,103	0,940	0,793
23	FLG010612	22	D	1,053	1,725	2,056	2,135	2,227	2,114	2,135	1,625	1,672	1,279	0,611

24	FLM011022	19	D	1,015	2,064	2,185	2,215	2,256	2,256	2,306	2,174	2,068	1,384	0,579
25	FNR010605	20	D	0,845	1,905	2,064	2,235	2,566	2,277	2,256	2,054	1,356	0,956	0,332
26	FPP020706	23	D	0,882	1,755	1,964	2,035	2,256	2,135	2,185	1,545	1,264	0,760	0,220
27	GAM951020	23	D	0,683	1,618	2,044	2,164	2,325	2,335	2,189	1,687	1,618	1,359	0,937
28	GSS040429	25	D	0,740	1,622	1,934	2,135	2,286	2,298	2,156	1,746	1,377	0,848	0,406
29	HDM961211	19	D	0,888	1,675	1,964	2,164	2,428	2,357	2,269	1,876	1,282	0,769	0,395
30	HNM970917	19	D	0,523	1,855	2,277	2,235	2,687	2,436	2,507	2,336	2,377	1,826	1,013
31	ILB970517	19	E	1,230	1,964	2,114	2,507	2,436	2,256	2,085	1,905	1,569	1,356	1,130
32	IMM020629	21	D	0,715	1,531	1,755	1,784	2,215	2,306	2,127	2,014	1,934	1,213	0,901
33	IRB021116	19	D	0,707	2,005	2,235	2,507	2,716	2,587	2,666	2,467	2,198	1,622	1,077
34	JBS011206	18	D	0,974	1,725	2,135	2,215	2,277	2,428	2,256	2,125	1,383	0,909	0,553
35	JCB010806	19	D	0,909	1,673	2,104	2,250	2,310	2,360	2,310	2,128	1,678	1,374	0,818
36	JFA010607	24	D	0,904	2,114	2,377	2,428	2,587	2,557	2,486	2,375	2,076	1,551	0,915
37	JIL011130	19	D	1,011	1,622	2,085	2,206	2,336	2,637	2,336	2,145	1,680	1,174	1,013
38	JPN970528	22	D	0,976	2,005	2,235	2,666	2,666	2,666	2,616	2,174	2,056	1,495	0,990

39	KNP020629	21	D	0,687	1,463	1,696	1,784	2,106	2,235	2,206	1,976	1,551	0,994	0,296
40	LA021120	18	D	0,765	1,590	1,985	2,215	2,256	2,348	2,227	1,965	1,519	0,717	0,277
41	LAL011205	25	D	0,858	1,905	2,064	2,215	2,336	2,516	2,666	2,064	1,481	0,763	0,483
42	LAR010611	19	D	0,958	2,135	2,256	2,428	2,536	2,716	2,566	2,134	1,976	1,406	0,522
43	LB021116	17	D	0,804	1,675	1,934	2,114	2,386	2,436	2,206	1,775	1,546	1,314	0,643
44	LLO980902	22	D	0,774	1,796	2,164	2,336	2,566	2,536	2,407	1,914	1,914	1,558	0,988
45	LMA040610	24	D	0,644	1,364	1,593	1,675	2,064	2,085	1,797	1,394	1,033	0,794	0,621
46	LMW020629	21	D	0,704	1,467	1,755	1,709	2,014	2,064	2,035	1,764	1,243	0,864	0,228
47	MIT011010	27	E	1,147	2,256	2,327	2,566	2,666	2,767	2,566	2,213	2,156	1,452	1,029
48	MJL010921	29	E	0,936	1,625	1,905	1,934	2,306	2,348	2,248	2,114	2,035	1,330	0,625
49	MSC020629	22	D	0,625	1,219	1,926	1,905	2,235	2,286	2,206	1,955	1,784	1,210	0,439
50	MZC020629	19	D	0,812	2,005	2,185	2,336	2,536	2,616	2,298	2,124	1,595	1,485	0,764
51	NFS970208	22	D	0,868	2,014	2,206	2,566	2,716	2,428	2,256	1,813	1,145	0,726	0,117
52	NLM011211	21	D	1,104	2,135	2,156	2,277	2,557	2,666	2,486	2,276	2,227	1,516	0,703
53	PFS000113	25	D	1,105	2,164	2,515	2,586	2,671	2,611	2,706	2,311	2,214	1,818	1,085

54	RMA010806	18	D	1,005	2,005	2,135	2,185	2,637	2,465	2,536	2,164	2,198	1,558	0,776
55	RNS011130	25	D	1,058	2,286	2,235	2,587	2,566	2,256	2,298	2,115	1,142	0,651	0,272
56	SLB020629	21	D	0,840	2,106	2,064	2,185	2,135	2,306	2,206	2,134	1,697	1,048	0,634
57	TAC020629	18	D	0,722	1,855	1,876	1,863	2,156	2,227	2,235	2,074	2,047	1,492	1,018
58	TPB010808	19	D	1,103	2,189	2,300	2,646	2,706	2,646	2,395	1,863	1,488	0,952	0,518
59	TSM040501	23	D	1,152	2,135	2,377	2,428	2,616	2,465	2,557	2,246	2,277	2,068	1,199
60	VRC011217	23	D	1,124	2,056	2,135	2,215	2,478	2,348	2,436	2,035	1,701	1,225	0,537
61	WRM980406	19	D	0,770	2,085	2,386	2,306	2,277	1,889	1,313	0,962	1,017	0,816	0,554
Média				0,874	1,837	2,091	2,213	2,389	2,384	2,298	2,005	1,694	1,222	0,684
Desvio padrão				0,181	0,266	0,224	0,252	0,208	0,212	0,259	0,304	0,394	0,354	0,302

N	61
P	0,90
γ	0,95
α	0,05

$z_{(1-p)/2}$	-1,645
$X^2_{\gamma,N-1}$	43,188
K	1,955

Limite de Tolerância Superior	1,23	2,36	2,53	2,71	2,80	2,80	2,80	2,60	2,46	1,91	1,27
Limite de Tolerância Inferior	0,52	1,32	1,65	1,72	1,98	1,97	1,79	1,41	0,92	0,53	0,09

6 APÊNDICE 03

VALORES LOG DAS 11 FREQUÊNCIAS ESPACIAIS DO TESTE DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE ESPACIAL DE LUMINÂNCIA
PARA O GRUPO CONTROLE 31 – 45 ANOS

				Frenquência espacial (cpg) [Log]										
	Nome	Idade	Olho	0,2	0,5	0,8	1	2	4	6	10	15	20	30
1	ACS040727	43	D	0,993	1,654	2,114	2,185	2,277	2,256	1,964	1,617	1,152	0,924	0,570
2	AJM012121	35	D	0,701	1,438	1,688	1,775	2,085	2,014	1,768	1,529	1,353	1,339	0,949
3	AJO011010	36	D	1,198	1,985	2,185	2,357	2,507	2,566	2,386	2,015	1,401	0,841	0,770
4	AM000627	38	D	0,819	1,588	1,934	2,135	2,327	2,256	2,185	1,529	1,268	0,669	0,552
5	AJM012121	31	D	0,730	2,035	2,486	2,566	2,616	2,616	2,666	2,507	2,428	1,934	1,231
6	ARA001019	31	D	1,129	1,985	2,164	2,336	2,566	2,587	2,336	2,124	1,746	1,250	0,859
7	ASA020213	33	D	0,985	2,014	2,336	2,386	2,336	2,436	2,415	2,096	2,168	1,187	0,554
8	BPS000907	36	D	0,668	1,609	1,934	2,114	2,407	2,536	2,407	2,085	2,127	1,531	1,102

9	GMS030612	33	D	1,007	1,826	2,164	2,319	2,357	2,516	2,277	1,994	1,796	1,166	0,650
10	HLP001019	36	D	1,177	2,114	2,185	2,185	2,616	2,616	2,566	2,184	2,035	1,228	0,622
11	LCF011027	32	D	1,017	2,014	2,357	2,516	2,587	2,666	2,536	2,257	2,348	2,406	1,487
12	LCL961006	43	D	0,901	1,696	2,035	2,206	2,248	2,206	2,135	1,625	1,459	1,101	0,711
13	MAF000906	37	D	0,543	1,455	1,884	2,064	2,348	2,269	2,114	1,747	1,510	1,083	0,441
14	MAS001019	33	D	1,081	2,215	2,377	2,616	2,716	2,687	2,407	2,254	1,675	1,341	0,936
15	MNM000830	38	D	0,738	1,470	1,638	1,855	2,135	1,964	2,014	1,688	1,476	0,948	0,661
16	MSC031223	42	D	1,145	1,567	2,114	2,164	2,164	2,164	1,964	1,478	1,254	0,943	0,583
17	MSC040721	32	D	1,074	1,863	2,185	2,227	2,407	2,377	2,256	1,834	1,494	1,201	0,859
18	MSF011023	44	D	0,782	1,696	1,964	2,014	2,227	2,206	2,185	1,855	1,545	1,344	0,914
19	RAF050416	38	D	1,140	1,805	2,114	2,206	2,348	2,298	2,114	1,746	1,508	1,103	0,627
20	RCB010124	37	D	0,895	1,964	2,315	2,436	2,716	2,716	2,486	2,198	1,769	1,297	0,885
21	RCF001230	37	D	0,739	1,479	1,725	1,834	2,227	2,277	2,248	1,914	1,638	1,558	0,875
22	SMA011010	35	E	0,747	1,914	2,035	2,277	2,336	2,637	2,415	2,054	1,572	0,891	0,223
23	SMS960925	37	D	0,560	1,333	1,575	1,746	2,085	2,164	1,985	1,585	1,146	0,937	0,618

24	VJA000907	33	D	0,698	1,884	2,085	2,206	2,407	2,357	2,277	1,973	1,567	1,320	0,775
25	VMM011108	37	D	1,275	2,164	2,289	2,377	2,528	2,377	2,465	2,194	1,625	0,922	0,414
Média				0,910	1,791	2,075	2,204	2,383	2,391	2,263	1,923	1,642	1,219	0,755
Desvio padrão				0,212	0,252	0,239	0,233	0,185	0,215	0,220	0,277	0,347	0,365	0,270

N	25
P	0,90
γ	0,95
α	0,05
$Z_{(1-p)/2}$	-1,645
$X^2_{\gamma,N-1}$	13,848
K	2,208

Limite de Tolerância Superior	1,38	2,35	2,60	2,72	2,79	2,87	2,75	2,54	2,41	2,03	1,35
Limite de Tolerância Inferior	0,44	1,23	1,55	1,69	1,97	1,92	1,78	1,31	0,88	0,41	0,16

7 APÊNDICE 04

VALORES LOG DAS 11 FREQUÊNCIAS ESPACIAIS DO TESTE DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE ESPACIAL DE LUMINÂNCIA
PARA O GRUPO CONTROLE 46 – 60 ANOS

				Frenquência espacial (cpg) [Log]										
	Nome	Idade	Olho	0,2	0,5	0,8	1	2	4	6	10	15	20	30
1	AJL020208	58	D	0,722	1,654	1,884	2,114	2,286	2,248	2,164	2,166	1,506	1,250	0,451
2	BMR040722	54	D	1,043	1,696	1,964	2,164	2,164	2,064	1,964	1,551	1,190	0,820	0,379
3	CAM001202	47	D	0,978	1,905	2,164	2,357	2,377	2,407	2,386	1,738	1,261	0,986	0,831
4	DMP001125	46	D	0,840	1,725	2,127	2,256	2,666	2,516	2,507	2,095	1,905	1,342	0,875
5	DSS020209	55	D	0,995	1,955	2,185	2,206	2,457	2,386	2,377	2,245	2,026	1,622	0,815
6	EMN040114	46	D	1,034	1,717	2,064	2,164	2,235	1,985	1,696	1,183	0,944	0,677	0,416
7	JAT011003	57	D	0,554	1,905	2,014	2,135	2,235	2,206	2,185	1,844	1,256	0,941	0,471

8	JBM040728	47	D	1,010	1,746	2,014	2,164	2,336	2,206	2,014	1,451	1,006	0,727	0,426
9	JBO961015	58	D	0,956	1,834	1,855	2,076	2,436	2,386	2,256	2,054	2,056	1,855	1,063
10	JCP000908	46	D	0,771	2,156	2,286	2,286	2,306	2,415	2,235	1,934	1,542	0,985	0,861
11	JEN000909	54	D	0,952	2,177	2,277	2,407	2,377	2,327	2,319	1,944	1,314	1,245	0,981
12	JLO970514	54	D	0,756	2,064	2,407	2,377	2,666	2,616	2,486	2,337	2,248	1,388	1,241
13	JPC050415	48	D	0,533	0,932	0,902	1,174	1,174	1,124	1,124	0,873	0,773	0,585	0,305
14	LAS020209	58	D	0,800	2,156	2,185	2,235	2,327	2,428	2,407	2,170	1,433	1,264	0,425
15	LCL011212	47	D	0,895	1,775	2,064	2,248	2,327	2,298	2,269	1,746	1,696	1,410	0,994
16	LGB000711	55	D	0,858	1,508	1,855	1,955	2,206	2,177	2,185	1,746	1,554	1,224	1,068
17	MCF960925	52	D	0,557	1,353	1,622	1,675	2,135	2,286	2,135	1,746	1,659	1,388	0,978
18	MCM020209	58	D	0,939	2,064	2,286	2,227	2,277	2,357	2,227	2,216	2,277	1,529	0,665
19	MFR030507	51	D	0,951	1,550	1,876	2,014	2,227	2,227	2,064	1,622	1,355	0,857	0,376
20	MHT000907	46	D	1,062	1,826	2,114	2,135	2,265	2,269	2,114	1,834	1,429	0,991	0,928
21	MNS020209	55	D	0,865	1,558	2,135	2,256	2,486	2,616	2,566	2,327	1,826	1,918	0,258
22	MOC000909	51	D	0,834	2,147	2,306	2,306	2,306	2,277	2,227	2,085	1,826	1,232	0,976

23	RRS020213	59	D	0,877	1,805	2,064	1,934	2,156	2,056	2,056	1,934	1,594	1,267	0,706
Média				0,860	1,792	2,028	2,125	2,280	2,255	2,172	1,863	1,551	1,196	0,717
Desvio padrão				0,155	0,295	0,306	0,263	0,279	0,294	0,300	0,362	0,399	0,352	0,295

N	23
P	0,90
γ	0,95
α	0,05
$Z_{(1-p)/2}$	-1,645
$X^2_{\gamma,N-1}$	12,338
K	2,244

Limite de Tolerância Superior	1,21	2,45	2,71	2,72	2,91	2,91	2,85	2,67	2,45	1,98	1,38
Limite de Tolerância Inferior	0,51	1,13	1,34	1,53	1,65	1,60	1,50	1,05	0,66	0,41	0,05

8 APÊNDICE 05

VALORES LOG DAS 11 FREQUÊNCIAS ESPACIAIS DO TESTE DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE ESPACIAL DE LUMINÂNCIA PARA O GRUPO DE INDIVÍDUOS RIBEIRINHOS EM TODAS AS FAIXAS ETÁRIAS

	Nome	0,2	0,5	0,8	1	2	4	6	10	15	20	30
01	AAS990802	1,045	1,197	1,013	1,523	1,368	1,421	1,300	0,992	0,939	0,755	0,966
02	ARS060713	0,753	1,752	2,053	2,279	2,354	2,354	2,301	2,053	1,451	1,012	0,587
03	CSA030514	0,692	1,379	1,613	1,530	1,456	1,497	1,354	0,977	1,064	0,809	0,607
04	CMS050826	0,564	1,099	1,451	1,496	1,576	1,492	1,275	0,907	0,639	0,091	0,017
05	CSB020605	0,674	1,576	1,752	1,936	2,354	2,655	2,354	2,053	1,275	0,712	0,276
06	CVF060715	0,550	1,053	1,275	1,451	1,752	2,178	1,752	1,354	0,043	0,015	0,025
07	ER060712	0,850	1,752	2,053	2,283	2,655	2,655	2,545	2,178	1,752	1,208	1,034
08	FES050827	0,607	1,752	2,053	2,354	2,655	2,655	2,354	1,752	0,907	0,433	0,332
09	FKM060715	0,732	1,451	1,861	2,178	2,354	2,354	2,178	1,752	1,451	1,099	0,488

10	HPP060715	0,674	1,173	1,451	1,576	2,053	2,053	1,752	0,878	0,537	0,238	0,106
11	JCP060715	0,607	1,451	1,752	2,053	2,178	2,354	2,354	1,752	1,451	0,785	0,465
12	JAR030517	0,639	1,208	1,354	1,576	1,451	1,576	1,752	1,354	0,823	0,088	0,090
13	MES030514	0,974	1,576	2,178	2,354	2,655	2,655	2,655	2,354	1,752	1,275	0,940
14	RSR060713	0,283	0,753	0,850	1,208	1,752	2,354	2,053	1,576	0,775	0,160	0,028
Média		0,689	1,370	1,622	1,843	2,044	2,161	1,999	1,567	1,061	0,620	0,426
Desvio padrão		0,187	0,302	0,409	0,401	0,478	0,474	0,468	0,500	0,490	0,444	0,364

Barreiras

São Luis do Tapajós

LTS	1,20	2,28	2,50	2,62	2,74	2,77	2,74	2,54	2,36	1,85	1,22
LTI	0,55	1,34	1,62	1,73	1,92	1,84	1,66	1,19	0,73	0,40	0,08

9 APÊNDICE 06

VALORES LOG DAS 07 FREQUÊNCIAS ESPACIAIS DO TESTE DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE TEMPORAL DE LUMINÂNCIA PARA OS SUJEITOS CONTROLES DA FAIXA ETÁRIA 16-30 ANOS

	Nome	Idade	Olho	0,5	1	2	4	8	16	30
01	ARR961230	30	D	0,5	1	2	4	8	16	30
02	ALL060818	29	D	1,650	1,719	1,811	1,901	2,035	1,751	1,498
03	AOM061204	23	D	1,892	1,886	1,908	1,957	1,984	1,732	1,417
04	AVG060916	17	D	1,980	1,975	1,870	1,916	2,069	1,632	1,339
05	BNS061224	18	D	1,958	1,969	1,975	2,049	2,086	1,802	1,466
06	CJD060921	27	D	1,870	1,844	1,951	1,957	2,009	1,654	1,363
07	CAM070110	17	D	1,864	1,915	1,948	2,043	2,009	1,865	1,448
08	CBA060916	16	D	1,788	1,775	1,856	1,886	2,020	1,612	1,337
09	CLS060815	27	D	1,836	1,854	1,776	1,917	1,984	1,606	1,382
10	ERS060904	30	D	1,990	2,020	1,938	1,959	2,096	1,844	1,465
11	ECA060891	30	D	1,894	1,938	1,973	1,956	1,917	1,748	1,477

12	EMC050906	21	D	2,106	2,124	2,106	2,043	2,151	1,862	1,554
13	FVO060819	24	D	1,833	1,850	1,803	1,964	1,899	1,667	1,369
14	GCP060819	23	D	1,938	1,908	1,886	1,984	2,009	1,634	1,316
15	IBT060308	24	D	1,790	1,841	1,908	1,956	1,990	1,652	1,391
16	JLS061224	17	D	1,599	1,740	1,730	1,936	1,915	1,891	1,424
17	JS060916	30	D	1,878	1,964	1,951	1,908	1,929	1,694	1,326
18	JMR060819	30	D	1,826	1,961	2,003	2,049	2,124	1,839	1,510
19	JC060920	30	D	1,862	2,003	2,020	1,984	2,009	1,757	1,647
20	JTC060529	16	D	1,801	1,672	1,753	1,862	1,971	1,654	1,429
21	KVC061125	17	D	1,996	1,996	2,076	2,151	2,151	1,868	1,530
22	LAC061224	24	D	1,922	1,908	2,009	2,009	1,929	1,697	1,409
23	LSS061219	15	D	2,151	2,151	2,106	2,151	2,020	1,766	1,415
24	LPS061125	21	D	1,868	1,886	1,957	2,009	2,009	1,664	1,400
25	LCM060327	27	D	1,868	1,938	1,868	2,020	1,984	1,630	1,386
26	MFC060509	27	D	1,800	1,777	1,810	1,961	2,043	1,722	1,409

27	MAM060906	19	D	1,808	1,853	1,842	1,951	2,060	1,769	1,479
28	MGL051124	17	D	1,745	1,844	1,868	1,957	2,009	1,829	1,505
29	NCS060830	28	D	1,894	1,938	1,973	1,956	1,917	1,748	1,477
30	OAS061125	17	D	1,840	1,852	1,885	1,923	1,897	1,587	1,322
31	SCC060426	30	D	1,996	1,959	2,054	2,124	2,124	1,886	1,580
32	SVO060815	30	D	1,942	1,994	1,951	1,951	2,050	1,788	1,391
33	TOM061126	19	D	1,957	1,868	1,854	1,938	1,984	1,710	1,393
34	WC060218	27	D	1,957	1,901	1,884	1,984	2,009	1,753	1,478
Média				1,674	1,739	1,757	1,873	1,877	1,577	1,332
Desvio Padrão				1,876	1,899	1,913	1,976	2,008	1,732	1,431
LTS				2,12	2,12	2,12	2,13	2,16	1,93	1,60
LTI				1,63	1,68	1,71	1,83	1,85	1,54	1,27

10 APÊNDICE 07

VALORES LOG DAS 07 FREQUÊNCIAS ESPACIAIS DO TESTE DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE TEMPORAL DE LUMINÂNCIA PARA O GRUPO DE INDIVÍDUOS RIBEIRINHOS EM TODAS AS FAIXAS ETÁRIAS

	Nome	Idade	Origem	Olho	0,5	1	2	4	8	16	30
1	ARS060713	38	B	D	2,106	1,862	1,862	2,009	2,106	1,628	1,365
2	CML050826	30	B	D	1,862	1,862	1,929	1,929	2,009	1,594	1,310
3	CSB020605	29	SLT	D	2,009	2,009	2,009	2,106	2,106	2,009	1,429
4	CVF060715	15	B	D	1,753	1,708	1,862	2,009	1,929	1,531	1,310
5	ER060712	26	SLT	D	1,753	1,804	1,753	2,009	2,009	1,628	1,310
6	FES050827	57	SLT	D	1,503	1,531	1,503	1,628	1,666	1,452	1,117
7	FKL060715	20	B	D	1,929	1,929	1,862	1,929	1,929	1,628	1,385
8	HPP060715	23	B	D	1,628	1,804	1,753	1,929	2,009	1,753	1,176
9	JCP060715	32	B	D	2,106	1,862	1,929	1,862	2,009	1,804	1,407

10	JAR030517	38	SLT	D	1,276	1,346	1,310	1,531	1,452	1,346	1,128
11	MES030514	39	B	D	1,753	1,753	1,862	1,929	1,862	1,531	1,293
12	RSR060713	41	SLT	D	1,594	1,594	1,628	1,753	1,804	1,531	1,216
Média					1,773	1,756	1,772	1,885	1,907	1,620	1,287
Desvio padrão					0,249	0,186	0,201	0,168	0,190	0,173	0,106

Barreiras

SLT

LTS 2,12 2,12 2,12 2,13 2,16 1,93 1,60

LTI 1,63 1,68 1,71 1,83 1,85 1,54 1,27

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAGI, H.; MALM, O.; KINJO, Y.; HARADA, M.; BRANCHES, F.J.P.; PFEIFFER, W.C.; KATO, H. Methyl mercury pollution in the Amazon, Brazil. **The Science of the Total Environment**, v. 175, p. 85-95, 1995.

AKAGI, H.; MALM, O.; BRANCHES, F.J.P. Human exposure to mercury due to gold mining in the Amazon, Brazil – A review. **Environmental Science**, v. 5, p. 199-211, 1996.

ALMKVIST, J. Some notes on the history of mercury intoxication. **Acta Medica Scandinavica**, v. 70, p. 464-475, 1929.

AMORIM, M.I.M.; MERGLER, D.; BAHIA, M.O.; DUBEAU, H.; MIRANDA, D.C.; LEBEL, J.; BURBANO, R.R.; LUCOTTE, M. Cytogenetic damage related to low levels of methyl mercury contamination in the Brazilian Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 72, p. 497-507, 2000.

ARDEN, G.B. The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbances. **British Journal of Ophthalmology**, v. 62, p. 198-209, 1978

ARDEN, G.B. Testing contrast sensitivity in clinical practice. **Clinical Vision Science**, v. 2, p. 213-224, 1988.

ARNULF, A.; DUPUY, O. La transmission des contrastes par le système optique de l'oeil et les seuils des contrastes réiniens. **Compte Rendue de l'Académie des Sciences (Paris)**, v. 250, p. 2727-2759, 1960.

ASCHNER, M.; YAO, C.P.; ALLEN, J.W.; TAN, K. H. Methlmercury alter glutamate transport in astrocytes. **Neurochemistry International**, v. 37, p. 199-206, 2000.

ASCHNER, M.; RODIER, P. M.; FINKELSTEIN, J.N. Increased axonal transport in the rat optic system after systemic exposure to methylmercury: differential effects in local vs systemic exposure conditions. **Brain Research**, v. 401, p. 132-141, 1987.

ASCHNER, M; SYVERSEN, T.; SOUZA, D.O.G.; ROCHA, J.B.T.; FARINA, M. Involvement of glutamate and reactive oxygen species in methylmercury neurotoxicity. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 40, p. 285-291, 2007.

ATCHISON, W.D.; HARE, M.F. Mechanisms of methylmercury-induced neurotoxicity. **FASEB Journal**, v. 8, p. 622-629, 1994.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES DISEASE REGISTRY. **Toxicological Profile for Mercury**. Atlanta, Georgia, USA: EPA, 1999.

AULA, I.; BRAUNSCHWEILER, H.; LEINO, T.; MALIN, I.; PORVARI, P.; HATANAKA, T.; LODENIUS, M.; JURAS, A. Levels of mercury in the Tucuruí Reservoir and its surrounding area in Pará, Brazil. In: WATRAS, C.J.; HUCKABBE, J.W. (eds.). **Mercury Pollution: Integration and Synthesis**. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, Lewis Publishers, 1994, 727 pp.

BAKIR, F.; DAMLUJI, S.F.; AMIN-ZAKI, L.; MURTADHA, M.; KHALIDI, A.; AL-RAWI, N.Y.; TIKRITI, S.; DHAHIL, H.I.; CLARKSON, T.W.; SMITH, J.C.; DOHERTY, R.A. Methylmercury poisoning in Iraq. **Science**, v. 181, p. 230-241, 1973.

BARBONI, M.T.S.; COSTA, M.F.; MOURA, A.L.A.; FEITOSA SANTANA, C.; LAGO, M.; FARIA, M.A.M.; SILVEIRA, L.C.L.; VENTURA, D.F. Visual field losses in workers exposed to mercury vapor. **Environmental Research**, v. 107, p. 124-131, 2008.

BARBOSA, A.C.; SOUZA, J.; FERRARI, I.; DÓREA, J.G.; BARRETO, F. Mercury concentrations in fish of the Negro River basin, Amazon Brazil. **International Conference on Heavy Metals in the Environment**, p. 1290, 2000.

BELLO GUTIÉRREZ, J.; LÓPEZ DE CERAIN SALSAMENDI, A. **Fundamentos de Ciência Toxicológica**. Madrid, Espanha: Ediciones Díaz de Santos, 2001, 349 pp.

BERLIN, M.; BLOMSTRAND, C.; GRANT, C.A.; HAMBERGER, A.; TROFAST, J. Tritiated methylmercury in the brain of squirrel monkeys. **Archives of Environmental Health**, v. 30, p. 591-597, 1975.

BIDONE, E.D.; CASTILHO, Z.C.; CID DE SOUZA, T.M.; LACERDA, L.D. Fish contamination and exposure to mercury in the Tapajós river basin, Para state, Amazon, Brazil: a screening approach. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 59, p. 194-201, 1997.

BIRCH, J. **Diagnosis of Defective Colour Vision**. Oxford, England, UK: Oxford University Press, 1993, 184 pp.

BIRCH, J. **Diagnosis of Defective Colour Vision**, 2nd. edition. Woburn, Massachusetts, USA: Butterworth Heinemann, 2001, 149 pp.

BONCI, D.M.O.; LIMA, S.M.A.; GRÖTZNER, S.R.; RIBEIRO, C.A.O.; HAMASSAKI-BRITTO, D.; VENTURA, D.F. Losses of immunoreactive parvalbumin amacrine and immunoreactive alfa protein kinase C bipolar cells caused by methylmercury chloride intoxication in the retina of the tropical fish *Hoplias malabaricus*. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 39, p. 405-410, 2006.

BOTELHO DE SOUZA, C.R. **Sistema de Avaliação Visual: Análise Orientada a Objetos Utilizando a Metodologia OMT**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciência

da Computação. Belém, Pará, Brasil: Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências Exatas e Naturais, 1995, 84 pp.

BRABO, E.S.; SANTOS, E.C.O.; JESUS, I.M.; MASCARENHAS, A.F.; FAIAL, K.F. Níveis de mercúrio em peixes consumidos pela comunidade indígena de Sai Cinza na Reserva Munduruku, Município de Jacareacanga, Estado do Pará, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 15, p. 325-331, 1999.

BRAGA, A.M. **Aplicação Combinada dos Métodos de Booch e OOSE na Modelagem de um Software para Avaliação Psicofísica da Capacidade de Discriminação de Cores.** Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciência da Computação. Belém, Pará, Brasil: Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências Exatas e Naturais, 1996, 222 pp.

COMISSÃO DE NORMAS E PADRÕES PARA ALIMENTOS, BRASIL. Resolução nº 18/75. Fixa Limites de Tolerância para o Mercúrio em Alimentos. **Diário Oficial da União** (Brasília, DF, Brasil), 09 de dezembro de 1975.

CAMPBELL, D.; GONZALES, M.; SULLIVAN Jr., J.B. Mercury. In: SULLIVAN JR., J.B.; KRIEGER, G.R. (eds.). **Hazardous Materials Toxicology: Clinical Principles of Environmental Health**, p. 824-834. Baltimore, Maryland, USA: Williams & Wilkins, 1992.

CAMPBELL, F.W.; GREEN, D.G. Optical and retinal factors affecting visual resolution. **Journal of Physiology (London)**, v. 181, p. 576-593, 1965.

CAMPBELL, F.W.; GUBISCH, R.W. Optical quality of the human eye. **Journal of Physiology (London)**, v. 186, p. 558-578, 1966.

CAMPBELL, F.W.; ROBSON, J.G. Application of Fourier analysis to the visibility of gratings. **Journal of Physiology (London)**, v. 197, p. 551-556, 1968.

CANTO-PEREIRA, L.H.M.; LAGO, M.; COSTA, M.F.; RODRIGUES, A.R.; SAITO, C.A.; SILVEIRA, L.C.L.; VENTURA, D.F. Visual impairment on dentists related to occupational mercury exposure. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 19, p. 517–522, 2005.

CASTOLDI, A.F.; COCCINI, T.; CECCATELLI, S.; MANZO, L. neurotoxicity and molecular effects of methylmercury. **Brain Research Bulletin**, v. 55, p. 197-203, 2001.

CASTRO, A.J.O. **Avaliação Psicofísica do Sistema Visual Humano em Sujeitos com História Clínica de Alcoolismo Crônico**. Dissertação de Mestre em Ciências. Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Área de Concentração Neurociências). Belém, Pará, Brasil: Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências Biológicas, 2003, 259 pp.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Prevalence of visual impairment and selected eye diseases among persons ≥ 50 years with and without diabetes – United States, 2002. **MMWR**, v. 53, p. 1069-1071, 2004.

CÔRTEZ, M.I.T. **Alterações Psicofísicas Visuais em Pacientes com a Doença de Parkinson.** Dissertação de Mestre em Ciências. Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Área de Concentração Neurociências). Belém: Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências Biológicas, 2003, 77 pp.

CÔRTEZ, M.I.T.; RODRIGUES, A.R.; CASTRO, A.J.O.; TEIXEIRA, C.E.C.; VIEIRA, J.L.F.; PINHEIRO, M.C.N.; VENTURA, D.F.; SILVEIRA, L.C.L. Mercury toxicity: contrast sensitivity and colour vision of mercury-exposed subjects. In: SAKAMOTO, T.; HARADA, M. (eds.). **Proceedings of the International Forum on Environmental Pollution and Health Effects “What are the Lessons from 50 years of Minamata Disease?”**, p. 63-79. Kumamoto, Japan: Kumamoto Gakuen University, Open Research Center for Minamata Studies / Japan Environmental Council, 2006, 234 pp.

CHANG, L.W. Neurotoxic effects of mercury. A review. **Environmental Research**, v. 14, p. 329-373, 1977.

CHERIAN, M.G., HURSH, J.G., CLARKSON, T.W., ALLEN, J. Radiocative mercury distribution in biological fluids and excretion in human subjects after inhalation of mercury vapor. **Archives of Environmental Health**, v. 33, p. 190-214, 1978.

CLEARY, D.; THORNSTON, I.; BROWN, N.; KARANTZIS, G.T.; DELVES, T.; WORTHINGTON, S. Mercury in Brazil. **Nature**, v. 369, p. 613-614, 1994.

CORNSWEET, T.N. The staircase method in psychophysics. **American Journal of Psychology**, v. 75, p. 485-491, 1962.

CURRA, M.A. Metales pesados en productos de la pesca. **Industria Conservera**, p. 38-41, 1996.

DAMIN, E.T.B. **Alterações Psicofísicas do Sistema Visual Humano Relacionadas à Exposição ao Mercúrio**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Área de Concentração Neurociências). Belém, Pará, Brasil: Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências Biológicas, 2000, 219 pp.

DE LA FUENTE RAMIREZ, L.; MARTINEZ, M.T.; ZAPARETO, J.; HERRANZ, M.C. Sanitaria y evaluacion toxicológica de aluminio (Al), mercurio (Hg), plomo (Pb) y arsénico (As). **Alimentaria**, v. 186, p. 67-70, 1987.

DORMAN, D.C. An integrative approach to neurotoxicology. **Toxicologic Pathology**, v. 28, p.37-42, 2000.

DOS SANTOS, R.M.A. **Avaliação Psicofísica Visual de Pacientes que Fazem Uso Terapêutico de Cloroquina e Hidroxicloroquina**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Medicina. Belém, Pará, Brasil: Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências da Saúde, 2005, 90 pp.

DUTCZAK, W.J.; CLARKSON, T.W.; BALLATORI, N. Biliary-hepatic recycling of a xenobiotic gallbladder absorption of methylmercury. **American Journal of Physiology**, v. 260, p. G873-G880, 1991

EYE DISEASE PREVALENCE RESEARCH GROUP. Blindness. **Archives of Ophthalmology**, v. 122, p. 437-676, 2004.

FARIA, M.A.M. Mercuralismo metálico crônico ocupacional. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, p. 116-127, 2003.

FARNSWORTH, D. **The Farnsworth-Munsell 100-Hue Test for the Examination of Color Discrimination Manual**. Baltimore, Maryland, USA: Munsell Color Macbeth, 1957.

FEITOSA SANTANA, C.; COSTA, M.F.; LAGO, M.; VENTURA, D.F. Long-term loss of color vision after exposure to mercury vapor. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 40, p. 409-414, 2007.

FELDMAN, R.G. **Occupational and Environmental Neurotoxicology**. Philadelphia, Pennsylvania, USA: **Lippincott-Raven**, 1999, 500 pp.

FERREIRA, R.C.H.; APPEL, L.E. Fontes e usos do mercúrio no Brasil. In: **Forest'90**. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil: 1990.

FERREIRA, M.S. **Contaminação Mercurial em Pescado Capturado na Lagoa Rodrigo de Freitas – Rio De Janeiro**. Dissertação de Mestre em Ciências. Niterói, Rio de Janeiro, Brasil: Universidade Federal Fluminense, Centro de Ciências Médicas, 2006, 100 pp.

FERREIRO, M. **Impacto dos Poluentes Metálicos em Ecossistemas Aquáticos**. Brasília, Brasil: CEPED, 1976.

FLAMANT, F. Étude de la répartition de lumière dans l'image rétinienne d'une fente. **Revue d'Optique Théorique et Instrumentale**, v. 34, p. 433-459, 1955.

FRIBERG, L.; KULLMAN, L.; LIND, B.; NYLANDER, M. Mercury in the central nervous system in relation to amalgam fillings. **Laekartidningen**, v. 83, p. 519-522, 1986. Original em sueco. Citado em: WHO (1991).

FRIBERG, L.; KULLMAN, L.; LIND, B.; NYLANDER, M. Mercury in the central nervous system in relation to amalgam fillings. **Laekartidningen**, v. 83, p. 519-522, 1986. Original em sueco. Citado em: WHO (1991).

GONÇALVES, A.; GONÇALVES, N.N.S. Exposição humana ao mercúrio na Amazônia brasileira: uma perspectiva histórica. **Revista Panameña de Salud Publica**, v. 16, p. 415-419, 2004.

GONÇALVES, N.V.O. **Avaliação Psicofísica de Uma Amostra da População Discromatópsica de Belém Por Meio dos Métodos Mollon-Reffin e Farnsworth-Munsell de 100 Matizes.** Dissertação de Mestre em Ciências. Programa de Pós-graduação em Neurociências e Biologia Celular (Área de Concentração Neurociências). Belém, Pará, Brasil: Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências Biológicas, 2006, 144 pp.

GOYER, R.A. Toxic effects of metals. In: KLASSEN, C.D.; AMDUR, M.O.; DOULL, J. (eds.). **Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons**, 3rd ed. New York, New York, USA: MacMillan Publishing, 1985.

GUALTIERI, M. **Visão de Cores e Sensibilidade ao Contraste em Indivíduos com Diabete Melito: Avaliação Psicofísica e Eletrofisiológica.** Dissertação de Mestre em Ciências. Programa de Pós-graduação em Psicologia (Área de Concentração Neurociências e Comportamento). São Paulo, São Paulo, Brasil: Universidade de São Paulo, Instituto de Psicologia, 2004, 153 pp.

GUIMARÃES, J.R.D; MALM, O.; PFEIFFER, W.C. Radiochemical determination of net mercury methylation rates in sediment, water and soil samples from the Amazon region. **International Symposium on Perspectives for Enviromental Geochemistry in the Tropical Countries**, p. 413-416, 1993.

HACON, S. Mercúrio no meio ambiente: os riscos para o homem. In: CÂMARA, V.M. (ed.). **Mercúrio em Áreas de Garimpo de Ouro**, p. 27. México, México: Centro Panamericano de Ecologia Humana e Saúde (ECO / OPS), 1993, 167 pp.

HANSEN, J.C.; RESKE-NIELSEN, E.; THORLACIUS-USSING, O.; RUNGBY, J.; DANSHER, G. Distribution of dietary mercury in a dog. Quantitation and localization of total mercury in organs and central nervous system. **The Science of the Total Environment**, v. 78, p. 23-43, 1989.

HARADA, M. Minamata disease: organic mercury poisoning caused by ingestion of contaminated fish. In: JELLIFFE, P.E.F.; JELLIFFE, D.B. (eds.). **Adverse Effects of Foods**, p. 135-147. New York, New York, USA: Plenum Publishing, 1982.

HASSE, R.F. A comercialização do mercúrio no Brasil. In: MATHIS, A.; REHAAG, R. (eds.). **Conseqüências da Garimpagem no Âmbito Social e Ambiental da Amazônia**, p. 77. Belém, Pará, Brasil: CEJUP, 1993, 240 pp.

HILDEBRAND, S.G.; HUCKABEE, J.W.; SANZ DIAZ, F.; JANZEN, S.A.; SOLOMON, J.A.; KUMAR, K.D. Distribution of mercury in the environment at Almadén, Spain. **Oak Ridge National Laboratory**, 1980. Citado em: Wasserman (2001).

HUGUNIN, A.G.; BRADLEY, JR., R.L. Contamination of food and analytical methods. **Journal of Milk Food Technology**, v. 38, p. 354-368, 1975.

ISHIHARA, S. **The Series of Plates Designed as a Test for Colour-Deficiency. 38 Plates Edition.** Tokyo, Japan: Kanehara, 1997.

ISHIKAWA, S.; OKAMURA, R.; MUKUNO, K. A simple grating test for contrast sensitivity (Arden Grating Test) with Minamata disease. **Nippon Ganka Gakkai Zasshi**, v. 83, p. 336-343. Citado em: Rice (1990).

IWATA, K.; ABE, H. Neuroophthalmological and pathological studies of organic mercury poisoning, "Minamata Disease" in Japan. In: TSUBAKI, T.; TAKAHASHI, H. (eds.). **Recent Advances in Minamata Disease Studies. Methylmercury poisoning in Minamata and Niigata, Japan**, p. 58-74. Tokyo, Japan: Kodansha, 1986, 214 pp.

JARDIM, W.F. Metais pesados, um dano irreparável. **Revista Brasileira de Tecnologia**, v. 14, p. 41-45, 1983.

JENSEN, S.; JERNELOV, A. Biological methylation of mercury in aquatic organisms. **Nature**, v. 223, p. 753-754, 1969.

KITAMURA, S.; SUMINO, K.; HAYAKAWA, K.; SHIBATA, T. Mercury content in human tissues from Japan. In: NORDBERG, G.F. (ed.). **Effects and Dose-Response Relationships of Toxic Metals**, p. 290-298. Amsterdam, Holland: Elsevier Science Publishers, 1976, 576 pp. Citado em: WHO (1991).

KRAUSKOPF, J. Light distribution in human retinal image. **Journal of the Optical Society of America**, v. 52, p. 1046-1050, 1962.

LACERDA, L.D.; MENESES, C.F. O mercúrio e a contaminação de reservatórios no Brasil. **Ciência Hoje**, v. 19, p. 34-39, 1995.

LACERDA, L.D. Evolution of mercury contamination in Brazil. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 97, p. 247-255, 1997b.

LACERDA, L.D; RIBEIRO, M.G; CORDEIRO, R.C; SIFEDDINE, A.; TURCQ, B. Atmospheric mercury deposition over Brazil during the past 30,000 years. **Ciência & Cultura**, v. 51, p. 363-371, 1999.

LACKOWICZ, J.R.; ANDERSON, C.J. Permeability of lipid bilayers to methylmercuric chloride: quantification by fluorescence quenching of a carbazole labeled phospholipid. **Chemical-Biological Interaction**, v. 30, p. 309-323, 1980.

LEBEL, J.; MERGLER, D.; LUCOTTE, M.; AMORIM, M.; DOLBEC, J.; MIRANDA, D.; ARANTES MELLO, G.; RHEAULT, T.; PICHET, P. Evidence of early nervous system dysfunction in Amazonian populations exposed to low-levels of methylmercury. **Neurotoxicology**, v. 17, p. 157-168, 1996.

LEBEL, J.; MERGLER, D.; BRANCHES, F.; LUCOTTE, M.; AMORIM, M.; LARRIBE, F.; DOLBEC, J. Neurotoxic effects of low-level methylmercury contamination in the Amazonian Basin. **Environmental Research Section A**, v. 79, p. 20-82, 1998.

LIND, B.; FRIBERG, L.; NYLANDER, M. Preliminary studies on methylmercury biotransformation and clearance in the brain of primates. II. Demethylation of mercury in brain. **Journal of Trace Elements & Experimental Medicine**, v. 1, p. 49-56, 1988.

LINDBERG, S.; STOKES, P.; GOLDBERG, E.; WREN, C. Group report: Mercury – Environmental Aspects. In: HUTCHINSON, T.C.; MEEMA, K.M. (eds.). **Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in The Environment**, p. 17-34. New York, New York, USA: John Wiley & Sons, Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), 1987, 384 pp.

LORANCE, R.W.; KAUFMAN, D.; WRAY, S.H.; MAO, C. Contrast visual testing in neurovisual diagnosis. **Neurology**, v. 37, p. 923–929, 1987.

MacADAM, D.L. Visual sensitivities to color differences in daylight. **Journal of the Optical Society of America**, v. 32, p. 247-274, 1942.

MALM, O.; PFEIFFER, W.C.; SOUZA, C.M.M.; REUTHER, R. Mercury pollution due to gold mining in the Madeira River Basin, Brasil. **AMBIO**, v. 19, p. 11-15, 1990.

MALM, O.; CASTRO, B.M.; BASTOS, W.R.; BRANCHES, F.J.P.; GUIMARÃES, J.R.; ZUFFO, C.E.; PFEIFFER, W.C. An assessment of Hg pollution in diferentes goldmining areas, Amazon Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 175, p. 127-140, 1995.

MANZO, L.; CASTOLDI, A.F.; COCCINI, T.; ROSSI, A.D.; NICOTERA, P.; COSTA, L.G. Mechanisms of neurotoxicity: applications to human biomonitoring. **Toxicology Letter**, v. 77, p. 63-72, 1995.

MEDEIROS, R.J. **Distribuição do Metal Mercúrio em Atum (*Thunnus albacares*) e Pescada Bicuda (*Cynoscion microlepidotus*) Capturados no Litoral do Rio de Janeiro, Brasil**. Dissertação de Mestre em Ciências. Niterói, Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, Centro de Ciências Médicas, 2006, 90 pp.

MELLO, G.A. **A Avaliação da Sensibilidade ao Contraste no Estudo das Patologias Visuais**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Medicina. Belém, Pará, Brasil: Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências da Saúde, 1996, 123 pp.

MERGLER, D. Behavioral neurophysiology: quantitative measures of sensory toxicity. In: CHANG, L.W.; SLLIKER JR., W. (eds.). **Neurotoxicology: Approaches and Methods**, p. 727-736. Sand Diego, California, USA: Academic Press, 1995, 851 pp.

MICARONI, R.; MESQUITA, C.; BUENO, M.; SILVEIRA, I. M.; JARDIM, W. F. Compostos de mercúrio: Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. **Química Nova**, v. 23, p. 487-495, 2000.

MITRA, S. **Mercury in the Ecosystem. Its Dispersion and Pollution Today**. Stafa-Zurich, Switzerland: Trans Tech Publications, 1986, 327 pp.

MOLLON, J.D.; REFFIN, J.P. A computer-controlled colour vision test that combines the principles of Chibret and of Stilling. Proceedings of the Phsyiological Society. **Journal of Physiology (London)**, v. 414, p. 5P, 1989.

MUKUNO, K.; ISHIKAWA, S.; OKMURA, R. Grating test of contrast sensitivity in patients with Minamata disease. **British Journal of Ophthalmology**, v. 65, p. 284-290, 1981.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, COMISSION ON LIFE SCIENCES. BOARD ON ENVIRONMENTAL STUDIES AND TOXICOLOGY, COMMITTEE ON THE TOXICOLOGICAL EFFECTS OF METHYLMERCURY. **Toxicological Effects of Methylmercury**. Washington, District of Columbia, USA: National Academy Press, 2000, 344 pp.

NRIAGU, J.O. Mercury pollution from silver mining in colonial South America. In: Abrão, J.J; Wasserman, J.C.; Silva Filho, E.V. (eds). **Proceedings of the International Symposium**

on Environmental Geochemistry in the Tropical Countries, p. 365-368. Niterói, Rio de Janeiro, Brasil: Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geoquímica, 1993.

NRIAGU, J.O. A history of global metal pollution. **Science**, v. 272, p. 223-224, 1996

NORSETH, T.; CLARKSON, T.W. Studies on the biotransformation of Hg²⁰³-labeled methylmercury chloride. **Archives of Environmental Health**, v. 21, p. 717-727, 1970.

PELLI, D.G.; ROBSON, J.G.; WILKINS, A.J. The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. **Clinical Vision Science**, v. 2, p.187-199, 1988.

PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D. Mercury inputs into the Amazon Region, Brasil. **Environmental Technology Letters**, v. 9, p. 325-330, 1988.

PINHEIRO, M.C.N.; GUIMARÃES, G.A.; NAKANISHI, J.; OIKAWA, T.; VIEIRA, J.L.; QUARESMA, M.; CARDOSO, B.; AMORAS, W.W. Avaliação da contaminação mercurial mediante análise do teor de Hg total em amostras de cabelo em comunidades ribeirinhas do Tapajós, Pará, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 33, p. 181-184, 2000.

PINHEIRO, M.C.; HARADA, M.; YASODA, E.; NAKANISHI, J.; OIKAWA, T.; VIEIRA, J.F.V.; COSTA, S.M.; GUIMARÃES, G.A.; BACELAR, M.D.R.; DE ALMEIDA, S.S.;

SILVEIRA, L.C.L. Toxicological and epidemiological data on human exposure to mercury in the Tapajós River basin. **Environment Science**, v. 10, p. 99-105, 2003.

PINHEIRO, M.C.N.; OIKAWA, T.; VIEIRA, J.L.F.; GOMES, M.S.V.; GUIMARÃES, G.A.; CRESPO-LÓPEZ, M.E.; MÜLLER, R.C.S.; AMORAS, W.W.; RIBEIRO, D.R.G.; RODRIGUES, A.R.; CÔRTEZ, M.I.T.; SILVEIRA LCL. Comparative study of human exposure to mercury in riverside communities of Amazon. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 39, p. 411-414, 2006.

PIRES, J.A.; MACHADO, E.P.; BITTAR, N. Riscos à saúde e ao ambiente por mercúrio. **Engenharia Sanitária**, v. 17, p. 317-309, 1988. Citado em Medeiros (2006).

PREGNOLATO, W.; TOLEDO, M.; SANTESSO, N. Teor de mercúrio em águas da Baixada Santista, São Paulo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 39, p. 5-15, 1979.

REFFIN, J.P.; ASTELL, S.; MOLLON, J.D. Trials of a computer controlled colour vision test that preserves the advantages of pseudoisochromatic plates. In: DRUM, B.; MORELAND, J.D.; SERRA, A. (eds.). **Colour Vision Deficiencies X**, p. 69-76. Dordrecht, Holland: Kluwer Academic Publishers, 1991, 676 pp.

REGAN, B.C.; REFFIN, J.P.; MOLLON, J.D. Luminance noise and the rapid determination of discrimination ellipses on colour deficiency. **Vision Research**, v. 34, p. 1279-1299, 1994.

RICE, D.B.; GILBERT, S.G. Early chronic low-level methylmercury poisoning in monkeys impairs spatial vision. **Science**, v. 216, p. 759-761, 1982.

RICE, D.B., GILBERT, S.G. Effects of developmental exposure to methyl mercury on spatial and temporal visual function in monkeys. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 102, p. 151-163, 1990.

RIMOLI, L. Alerta contra o mercúrio. **Revista Brasileira de Tecnologia**, v. 19, p. 47-49, 1988.

ROBSON, J.G. Spatial and temporal contrast sensitivity functions of the visual system. **Journal of the Optical Society of America**, v. 56, p. 1141-1142, 1966.

RODRIGUES, A.R.; BRAGA, A.M.; DAMIN, E.T.B.; SILVEIRA, L.C.L.; YAMADA, E.S.; SILVEIRA, A.T. Desenvolvimento de software com mapeamento automático no diagrama C. I. E. para avaliação da visão de cores através do teste de cem matizes de Farnsworth-Munsell. **Resumos da XII Reunião Anual da Federação de Sociedades de Biologia Experimental (FESBE)**, p. 68, 1997a.

RODRIGUES, A.R.; BRAGA, A.M.; SILVEIRA, A.T.; SILVEIRA, L.C.L. Desenvolvimento de software para avaliação das elipses de discriminação de cores segundo Regan-Reffin-Mollon. **Resumos do VIII Seminário de Iniciação Científica da Universidade Federal do Pará (UFPA)**, 1997.

RODRIGUES, A.R.; SILVEIRA, L.C.L. Sistema de avaliação das elipses de discriminação de cores. **Resumos do IX Seminário de Iniciação Científica da Universidade Federal do Pará (UFPA)**, p. 188, 1998.

RODRIGUES, A.R. **Desenvolvimento de Aplicativos de Avaliação Psicofísica Visual em Estações de Trabalho IBM RISC 6000**. Dissertação de Mestre em Ciências. Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Área de Concentração Neurociências). Belém, Pará, Brasil: Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências Biológicas, 2003, 111 pp.

RODRIGUES, A.R.; BOTELHO DE SOUZA, C.R.; RODRIGUES, P.S.S.; SILVEIRA, A.T.; CÔRTEZ, M.I.T.; CASTRO, A.J.O.; DAMIN, E.T.B.; MELLO, G.A.; VIEIRA, J.L.F.; PINHEIRO, M.C.N.; VENTURA, D.F.; SILVEIRA, L.C.L. Visual dysfunction following mercury exposure – necessity of norms for Amazonian populations. In: ETO, K.; NAKAMURA, K.; SILVEIRA, L.C.L.; TEZUKA, H.; NAGAI, K.; HORIIKE, H. (eds.). **Proceedings of the International Workshop on Health and Environmental Effects of Mercury – Impacts of Mercury in South and Central America**, p. 188-202. Minamata, Japan: National Institute for Minamata Disease, 2003, 266 pp.

RODRIGUES, A.R.; BOTELHO DE SOUZA, C.R.; BRAGA, A.M.; RODRIGUES, P.S.S.; SILVEIRA, A.T.; DAMIN, E.T.B.; CÔRTEZ, M.I.T.; CASTRO, A.J.O.; MELLO, G.A.; VIEIRA, J.L.F.; PINHEIRO, M.C.N.; VENTURA, D.F.; SILVEIRA, L.C.L. Mercury toxicity:

contrast sensitivity and color discrimination of subjects exposed to mercury. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 40, p. 415-424, 2007.

RUDD, J.W.M.; FURUTANI, A.; TURNER, M.A. Mercury methylation by fish intestinal contents. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 40, p. 777-782, 1980.

RUSTAM, H.; VON BURG, R.; AMIN-ZAKI, L.; ELHASSANI, S. Evidence for a neuromuscular disorder in methylmercury poisoning. **Archives of Environmental Health**, v. 30, p. 190-195, 1975.

SABELAISH, S.; HILME, G. Ocular manifestations of mercury poisoning. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 53, s. 1, p. 83-86, 1976.

SALOMÃO, S.R.; VENTURA, D.F. Large sample population age norms for visual acuities obtained with Vistech-Teller acuity cards. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 36, p. 657-670, 1995.

SCHADE SR., O. Optical and photoelectric analog of the eye. **Journal of the Optical Society of America**, v. 46, p. 721-739, 1956.

SHAW, C.; METTET, N. K.; BODY, R. L.; LUSCHEI, E. S. Variability of neurologic lesions in experimental methylmercurial encephalopathy in primates. **American Journal of Pathology**, v. 80, p. 451-469, 1975.

SILVEIRA, L.C.L.; DAMIN, E.T.B.; PINHEIRO, M.C.N.; RODRIGUES, A.R.; MOURA, A.L.A.; CÔRTEZ, M.I.T.; MELLO, G.A. Visual dysfunction following mercury exposure by breathing mercury vapour or by eating mercury-contaminated food. In: MOLLON, J.D.; POKORNY, J.; KNOBLAUCH, K. (eds.). **Normal and Defective Colour Vision**, p. 409-417. Oxford, England, UK: Oxford University Press, 2003, 422 pp.

SILVEIRA, L.C.L.; PINHEIRO, M.C.N.; VENTURA, D.F.; VIEIRA, J.L.F.; RODRIGUES, A.R.; CÔRTEZ, M.I.T.; CASTRO, A.O. Mercury toxicity: visual dysfunction following mercury exposure by breathing mercury vapor and eating mercury contaminated food. **Abstracts of the Eighth International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Madison**, p. 74-75. Lancaster, Pennsylvania, USA: DEStech Publication, 2006, 574 pp.

SILVA, M.F.; FARIA, P.; REGATEIRO, F.S.; FORJAZ, V.; JANUÁRIO, C.; FREIRE, A.; CASTELO-BRANCO, M. Independent patterns of damage within magno-, parvo-, and koniocellular pathways in Parkinson's disease. **Brain**, v. 128, p. 2260-2271, 2005.

STILLING, J. Die Prüfung des Farbensinnes beim Eisenbahn- und Marine-Personal. Kassel, Deutschland: Theodor Fischer, 1877. Original em alemão. Citado em: Mollon e Reffin (1989); Regan *et al.* (1994).

STILLING, J. **Pseudo-isochromatische Tafeln für die Prüfung des Farbensinnes**. Kassel: Theodor Fischer, 1883. Original em alemão. Citado em Mollon e Reffin (1989).

SUZUKI, T.; HONGO, T.; MATSUO, N.; IMAI, H.; NAKAZAWA, M.; ABE, T.; YAMAMURA, Y.; YOSHIDA, M.; AOYAMA, H. An acute mercuric poisoning: chemical speciation of hair mercury shwos a peak of inorganic mercury value. **Human and Experimental Toxicology**, v. 11, p. 53-57, 1992.

TAKIZAWA, Y. Mercury content in recognized patients and non-reconized patients exposed to methylmercury form Minamata Bay in the last ten years. In: TSUBAKI, T.; TAKAHASHI, H. (eds.). **Recent Advances in Minamata Disease Studies. Methylmercury poisoning in Minamata and Niigata, Japan**, p. 24-39. Tokyo, Japan: Kodansha, 1986, 214 pp.

TANAN, C.L.; VENTURA, D.F.; SOUZA, J.M.; MELA, M.; RIBEIRO, C.A.O. Electrophysiological study of the effects of mercury intoxication in the retina of the thraira (*Hoplias malabaricus*). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 39, p. 987-995, 2006.

TEIXEIRA, C.E.C. **Medida de Sensibilidade ao Contraste de Luminância Aplicada Através de Teste Computadorizado: Determinação de Valores Normativos para Uso Clínico.** Dissertação de Mestre em Ciências. Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Área de Concentração Neurociências). Belém: Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências Biológicas, 2007, 130 pp.

TIMARAN, F.P. Tecnologias apropiadas para disminuir la contaminacion ocasionada por mercurio en la mineria del oro. **Jornada Internacional sobre el Impacto Ambiental del Mercurio Utilizado por la Minería Aurífera Artesanal en Iberoamérica.** Lima, Perú: 2001.

THORTON, I.; CLEARY, D.; WORTHINGTON, S. Mercury contamination in the Brazilian Amazon. **A Cooperative Research Study Conducted by: Gedebam, Brazil e sol 3, Switzerland e Luzembourg,** 1991.

THOMPSON, H.S.; MICHAEL, W. History of Perimetry. **Acta Ophthalmologica**, v. 55, p. 837-853, 1977.

TRUDEL, M.; RASMUSSEN, J.B. Modelling the elimination of mercury by fish. **Environmental Science & Technology**, v. 31, p. 1716-1722, 1997.

UCHINO, M.; TANAKA, Y.; ANDO, Y.; YONEHARA, T.; HARA, A.; MISHIMA, I.; OKAJIMA, T.; ANDO, M. Neurologic features of chronic minamata disease (organic mercury

poisoning) and incidence of complications with aging. **Journal Environmental Science Health B**, v. 30, p. 699-715, 1995.

VENTURA, D.F.; COSTA, M.F.; GUALTIERI, M.; NISHI, M.; BERNICK, M.; BONCI, D.; DE SOUZA, J.M. Early vision loss in diabetic patients assessed by the Cambridge Colour Vision Test. In: MOLLON, J.D., POKORNY, J., KNOBLAUCH, K. (eds.). **Normal and Defective Colour Vision**, p. 395–403. Oxford, England, UK: Oxford University Press, 2003a, 422 pp.

VENTURA, D.F.; SILVEIRA, L.C.L.; RODRIGUES, A.R.; DE SOUZA, J.M.; GUALTIERI, M., BONCI, D.; COSTA, M.F. Preliminary norms for the Cambridge Colour Test. In: MOLLON, J.D., POKORNY, J., KNOBLAUCH, K. (eds.). **Normal and Defective Colour Vision**, p. 331–339. Oxford, England, UK: Oxford University Press, 2003b, 422 pp.

VENTURA, D.F.; SILVEIRA, L.C.L.; NISHI, M.; COSTA, M.F.; GUALTIERI, M.; SANTOS, R.M.A.; PINTO, C.T.; MOURA, A.L.A.; RODRIGUES, A.R.; SAKURADA, C.; SAUMA, M.F.L.C.; DE SOUZA, J.M. Color vision loss in patients treated with chloroquine. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, v. 66, p. 9–15, 2003c.

VENTURA, D.F.; COSTA, M.T.V.; COSTA, M.F.; BEREZOVSKY, A.; SALOMÃO, S. SIMÕES, A.L.; LAGO, M.; CANTO PEREIRA, L.H.M.; FARIA, M.A.M.; DE SOUZA, J.M.; SILVEIRA, L.C.L. Multifocal and full-field electroretinogram changes associated with

color-vision loss in mercury vapor exposure. **Visual Neuroscience**, Estados Unidos v. 21, n. 3, p. 421–429, 2004.

VENTURA, D.F.; SIMÕES, A.L.; TOMAZ, S.; COSTA, M.F.; LAGO, M.; COSTA, M.T.V.; CANTO-PEREIRA, L.H.M.; DE SOUZA, J.M.; FARIA, M.A.M.; SILVEIRA, L.C.L. Colour vision and contrast sensitivity losses of mercury intoxicated industry workers in Brazil. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 19, p. 523–529, 2005.

WAKASA, Y.S. **Contaminação Mercurial em Siris e Caranguejos da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestre em Ciências. Niterói, Rio de Janeiro, Brasil: Universidade Federal Fluminense, Centro de Ciências Médicas, 2003, 97 pp.

WASSERMAN, J.C.; HACON, S.S.; WASSERMAN, M.A. O ciclo do mercúrio no ambiente amazônico. **Mundo & Vida**, v. 2, p. 46-53, 2001.

WESTHEIMER, G. Modulation threshold for sinusoidal light distribution on the retina. **Journal of Physiology (London)**, v. 152, p. 67-74, 1960.

WESTHEIMER, G.; CAMPBELL, F.W. Light distribution in the image formed by the living human eye. **Journal of the Optical Society of America**, v. 152, p. 67-74, 1962.

WHEATLEY B. Exposure of Canadian aboriginal peoples to methylmercury. **Environmental Science**, v. 3, p. 33-40, 1994.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), INTERNATIONAL PROGRAM IN CHEMICAL SAFETY (IPCS). **Environmental Health Criteria 1. Mercury**. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 1976, 99 pp.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), INTERNATIONAL PROGRAM IN CHEMICAL SAFETY (IPCS). **Environmental Health Criteria 86. Mercury – Environmental Aspects**. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 1989, 115 pp.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), INTERNATIONAL PROGRAM IN CHEMICAL SAFETY (IPCS). **Environmental Health Criteria 101 Methylmercury**. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 1990, 144 pp.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), INTERNATIONAL PROGRAM IN CHEMICAL SAFETY (IPCS). **Environmental Health Criteria 118 Inorganic Mercury**. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 1991, 168 pp.

YAMINI, B.; SLEIGHT, S.D. Effects of Ascorbic acid deficiency on methylmercury dicyandiamide toxicosis in guinea pigs. **Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology**, v. 5. p. 139-150, 1984.

YASUTAKE, A.; HIRAYAMA, K.; INOUE, M. Mechanism of urinary excretion of methylmercury in mice. **Archives of Toxicology**, v. 63, p. 479-483, 1989.

ZIFF, S. Almágama: A Tóxica Bomba Relógio. São Paulo, São Paulo, Brasil: **Veja Lux**, 1987, 210 pp.

11 APÊNDICE 08

MEDIA E DESVIÃO PADRÃO DE TODOS OS INDIVÍDUOS CONTROLES NO TESTE DE ORDENAMENTO DE CORES DE FARNSWORTH-MUNSELL - FM – 100

Média	57,6
Desvio padrão	31,7

N	240
P	0,90
γ	0,95
α	0,05
$Z_{(1-p)/2}$	-1,645
$X^2_{\gamma, N-1}$	204,211
K	1,783

Limite de Tolerância Superior	114,10	114,10
Limite de Tolerância Inferior	1,17	1,1706

MEDIA E DESVIÃO PADRÃO DE INDIVÍDUOS CONTROLES NA FAIXA ETÁRIA DE 15 – 30 ANOS NO TESTE DE ORDENAMENTO DE FARNSWORTH-MUNSELL - FM – 100

Média			49,1
Desvio padrão			27,1
N	83		
P	0,90		
G	0,95		
A	0,05		
$Z(1-p)/2$	-1,645		
$X^2_{g,N-1}$	62,132		
K	1,901		
Limite de Tolerância Superior	100,72	100,72	
Limite de Tolerância Inferior	-2,48	0	

MEDIA E DESVIÃO PADRÃO DE INDIVÍDUOS CONTROLES NA FAIXA ETÁRIA DE 31 – 45 ANOS NO TESTE DE ORDENAMENTO DE CORES DE FARNSWORTH-MUNSELL - FM – 100

Média	64,8
Desvio padrão	28,6

N	33
P	0,90
γ	0,95
α	0,05
$Z_{(1-p)/2}$	-1,645
$X^2_{\gamma, N-1}$	20,072
K	2,108

Limite de Tolerância Superior 125,05 125,05

Limite de Tolerância Inferior 4,47 4,4691

MEDIA E DESVIÃO PADRÃO DE INDIVÍDUOS CONTROLES NA FAIXA ETÁRIA DE 46 – 60 ANOS NO TESTE DE ORDENAMENTO DE FARNSWORTH-MUNSELL - FM – 100

Média 89,3

Desvio padrão 34,2

N	27
P	0,90
γ	0,95
α	0,05
$Z_{(1-p)/2}$	-1,645
$X^2_{\gamma, N-1}$	15,379
K	2,178

Limite de Tolerância Superior 163,80 163,80

Limite de Tolerância Inferior 14,79 14,793

12 APÊNDICE 09

MEDIA E DESVIÃO PADRÃO DE TODOS OS INDIVÍDUOS RIBEIRINHOS NO TESTE DE ORDENAMENTO DE CORES DE FARNSWORTH-MUNSELL - FM – 100

Média 123,025

Desvio padrão 54,0

Limite de Tolerância Superior 114,10

Limite de Tolerância Inferior	1,17
--------------------------------------	------

MEDIA E DESVIÃO PADRÃO DE TODOS OS INDIVÍDUOS RIBEIRINHOS NA FAIXA ETÁRIA DE 15 – 30 ANOS NO TESTE DE ORDENAMENTO DE CORES DE FARNSWORTH-MUNSELL - FM – 100

Média	120,1
-------	-------

Desvio padrão	61,0
---------------	------

Limite de Tolerância Superior	100,72	100,72
--------------------------------------	--------	--------

Limite de Tolerância Inferior	-2,48	0
--------------------------------------	-------	---

MEDIA E DESVIÃO PADRÃO DE TODOS OS INDIVÍDUOS RIBEIRINHOS NA FAIXA ETÁRIA DE 31 – 45 ANOS NO TESTE DE ORDENAMENTO DE CORES TESTE DE ORDENAMENTO DE CORES DE FARNSWORTH-MUNSELL - FM – 100

Média	108,2
-------	-------

Desvio padrão	42,8
---------------	------

Limite de Tolerância Superior	125,046053
--------------------------------------	------------

Limite de Tolerância Inferior	4,469098519
--------------------------------------	-------------

MEDIA E DESVIÃO PADRÃO DE TODOS OS INDIVÍDUOS RIBEIRINHOS NA FAIXA ETÁRIA DE 46 – 60 ANOS NO TESTE DE ORDENAMENTO DE CORES DE CORES DE FARNSWORTH-MUNSELL - FM – 100

Média	160,0
-------	-------

Desvio padrão	50,1
---------------	------

Limite de Tolerância Superior	163,80
--------------------------------------	--------

Limite de Tolerância Inferior	14,79
--------------------------------------	-------

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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