

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
Programa de Pós-Graduação em Design



Ergonomia de *tablets* em uso ocupacional: atividade visual e
biomecânica postural sob a influência de ofuscamentos reflexivos
causados pela iluminação

Discente: Alexandre de Souza Ribeiro

Orientador: Professor Dr. João Roberto Gomes de Faria

BAURU
2014

Alexandre de Souza Ribeiro

Ergonomia de *tablets* em uso ocupacional: atividade visual e biomecânica postural sob a influência de ofuscamentos reflexivos causados pela iluminação

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design (área de concentração: Desenho do Produto; linha de pesquisa: Ergonomia), da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista - UNESP, câmpus de Bauru, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Professor Dr. João Roberto Gomes de Faria

BAURU

2014

Alexandre de Souza Ribeiro

Ergonomia de *tablets* em uso ocupacional: atividade visual e biomecânica postural sob a influência de ofuscamentos reflexivos causados pela iluminação

Dissertação de Mestrado ao Programa de Pós-graduação em Design (área de concentração: Desenho do Produto; linha de pesquisa: Ergonomia), da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista – UNESP, câmpus de Bauru, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovado em:

Comissão Examinadora

Professor Dr. João Roberto Gomes de Faria (orientador)
Universidade Estadual Paulista – UNESP/FAAC

Professor Dr. Luiz Carlos Paschoarelli
Universidade Estadual de Paulista - UNESP/FAAC

Professora Dra. Lígia Maria Presumido Braccialli
Universidade Estadual Paulista – UNESP/FFC

Dedico este trabalho aos meus pais, por me orientarem aos estudos e pelo grande apoio sempre proporcionado.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, ao meu orientador, Professor Dr. João Roberto Gomes de Faria, sem o qual eu não teria chegado a este ponto, por todo o suporte acadêmico prestado e pela oportunidade quando acreditou em meu projeto de pesquisa e em meu potencial para desenvolvê-lo.

Ao Professor Dr. Sérgio Tosi Rodrigues pelo apoio imprescindível para a realização desta pesquisa. Importante ressaltar que o Professor disponibilizou o Laboratório de Informação, Visão e Ação (LIVIA), e o sistema *eye tracker* com *head tracker* integrados, além de colaborar com grande empenho por meio de execuções e orientações técnicas de uso do equipamento, assim como para estabelecer e realizar os procedimentos metodológicos.

À Professora Dra. Lígia Maria Presumido Braccialli, que me orientou no trabalho de conclusão de curso na graduação em Fisioterapia da UNESP de Marília, e que também colaborou muito, com orientações e material no decorrer do meu mestrado. O seu comprometimento e competência com a pesquisa e o ensino é um grande exemplo.

À Gisele Chiozi Gotardi, Professora de Educação Física e membro do grupo de trabalho do Laboratório de Informação, Visão e Ação (LIVIA - UNESP) pelo apoio integral e imprescindível durante a realização de pré-testes e coleta de dados.

Ao José Vinícius Alda Bonfim, graduando em Educação Física e membro do grupo de trabalho do Laboratório de Informação, Visão e Ação (LIVIA - UNESP), por sua colaboração durante a realização de pré-testes e coleta de dados.

Ao Robson Sabbadini Francisco, Professor de Educação Física e Assistente de Suporte Acadêmico da Faculdade de Educação Física (UNESP – Bauru), pela importante colaboração por meio de ideias, aquisição de material e desenvolvimento do sistema de iluminação utilizado na pesquisa.

À Dra. Andreia Naomi Sankako, que colaborou substancialmente com ensinamentos sobre a utilização do software de análise de movimento, e por meio de discussões sobre condutas metodológicas.

À Fundação para o Desenvolvimento da UNESP (FUNDUNESP) pelos recursos financeiros de parte essencial da instrumentação obtida para o desenvolvimento de pesquisas.

Ao Laboratório Didático de Conforto Ambiental (LADICA) por disponibilizar a instrumentação voltada à área de luminotécnica.

Ao Núcleo de Conforto Ambiental (NUCAM) da FAAC por disponibilizar a sala onde foi montado o laboratório para o desenvolvimento da pesquisa, além de equipamentos necessários.

Aos funcionários da seção de oficinas e marcenaria da UNESP de Bauru, Benedito Mariano e Gino Mariano, pelo auxílio na montagem do sistema de iluminação utilizado na pesquisa.

A toda minha família pelo apoio e compreensão.

Aos meus amigos “unespianos” que de diversas maneiras prestaram alguma colaboração.

RESUMO

Atualmente, pesquisas sobre ergonomia relacionada à iluminação do ambiente não estão restritas à concepção qualitativa de condições visuais, vertentes apontam para a importância de considerar os impactos biológicos da interação com a luz. Com a recente e próspera implementação do uso ocupacional do *tablet*, em ambientes escolares e de trabalho, pouca atenção tem sido dada aos princípios ergonômicos neste processo, ao mesmo tempo, em que surgiram diversas problemáticas ergonômicas. A abordagem desta pesquisa surgiu da hipótese de que a ambiência luminosa comumente encontrada não é adequada para atividades com terminais de vídeo no plano horizontal, ou próximo deste. A interação com a interface altamente reflexiva do *tablet* tende a gerar ofuscamento por reflexão, o qual pode comprometer o desempenho da atividade de varredura visual, bem como levar a compensações posturais inadequadas em função da busca por uma melhor condição visual. Neste contexto, o objetivo foi analisar o uso ocupacional do *tablet* quanto à influência do ofuscamento refletido sobre o desempenho da atividade de varredura visual e biomecânica postural da região cervical da coluna vertebral. A pesquisa foi desenvolvida com 20 participantes, com idade média de 20,2 anos, os quais realizaram tarefa prescrita de observação visual de optótipos e verbalização de sua direção, sujeitos a áreas com e sem ofuscamento refletido na interface do *tablet*. Para a coleta de dados foram utilizados sistemas *eye tracker* e *head tracker* integrados, o primeiro aplicado à análise da atividade de varredura visual, representada pelo comportamento da linha do olhar horizontal e o segundo para aferir a biomecânica postural da coluna cervical, por meio da análise cinemática dos movimentos da cabeça (posição - coordenadas dos eixos X, Y e Z) e (orientação – ângulos *azimuth*, *elevation* e *roll*). Os dados foram tratados no *Matlab* e submetidos à análise estatística (*ANOVA one-way* de medidas repetidas) para o efeito do ofuscamento, com três níveis (antes, durante e depois da faixa de ofuscamento na interface). Adotou-se valor de $p \leq 0,05$, ao encontrar diferenças significativas foram realizadas comparações aos pares no *post-hoc*. Os resultados demonstram que a atividade de varredura visual ocorre de maneira mais lenta sob a condição de ofuscamento, o qual também tem influência sobre a biomecânica postural, identificada por meio da análise da cinemática dos movimentos da cabeça. Observa-se, portanto, que mesmo recorrendo a compensações posturais como estratégia para evitar o ofuscamento, o desempenho visual foi comprometido. Destacam-se na pesquisa: a abordagem sobre problemáticas ergonômicas importantes e pouco estudadas; a aplicação de equipamentos sofisticados sob uma nova perspectiva de pesquisa; e o desenvolvimento de um método quantitativo de análise da atividade visual e cinemática dos movimentos da cabeça de indivíduos sujeitos a ofuscamento por reflexão.

Palavras chaves: Atividade visual e iluminação; Ergonomia do *Tablet*; Postura e Iluminação; *Tablet* no trabalho; Visão e postura.

ABSTRACT

Atualmente, a pesquisa sobre ergonomia relacionados com a iluminação do ambiente não estão restritos a concepção qualitativa das condições visuais, as perspectivas apontam para a importância de se considerar o impacto biológico de interação com a luz. With the recent and successful implementation of the occupational use of the digital tablet in school and work environments. With the recent and successful implementation of the occupational use of the tablet in school and work environments, little attention has been paid to ergonomic principles in this process at the same time, in which several ergonomic problems have arisen. The approach of this research came from the hypothesis that the luminous ambience commonly found is not suitable for activities with video terminals in the horizontal plane, or close to this. The interaction with the highly reflective interface of the tablet tends to generate glare by reflection, which can compromise the performance of the visual exploration activity, as well as lead to inappropriate postural compensations due to the search for better visual condition. In this context, the objective was analyze the occupational use of the tablet how much the influence of glare by reflection about the performance of the visual exploration activity and postural biomechanics of the cervical region of the spine. The research was developed with 20 participants with a mean age of 20.2 years, who underwent the prescribed task of visual observation of optotypes and verbalization of their direction, subjected the areas with and without glare by reflection in the tablet interface. To the collect of data were used integrated systems of tracking of the eye and of the head, the first applied to the analysis of visual exploration activity, represented by the behavior of the line of the horizontal gaze and the second to measure the postural biomechanics of cervical spine by kinematics analysis of head movements (position - coordinates of the axes X, Y and Z) and (orientation - angles of rotation, azimuth, elevation and roll). The data were treated at the Matlab and subjected to statistical analysis (ANOVA one-way for repeated measures) for the effect of glare, with three levels (before, during and after of the area of glare on the interface). Was adopted the value of $p \leq 0.05$, when were found significant differences was performed comparison of the peers in the post-hoc. The results demonstrate that visual exploration activity occurs of the more slowly under the condition of glare, which one also has an influence on the postural biomechanics, identified by analysis of the kinematics of head movements. It is noted, however, that even resorting to postural compensations as a strategy to avoid glare, visual performance was compromised. Stand out in the research: the approach on problematic ergonomic issues and little studied; the application of sophisticated equipment under a new research perspective; and the development of a quantitative method of analysis of visual activity and kinematic of the head movements of individuals subjected to glare by reflection.

Keywords: Visual activity and lighting; Ergonomics of the tablet, Posture and lighting; Tablet at work; Vision and lighting.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – AMBIENTE ESCOLAR COM USO DE <i>TABLET</i>	23
FIGURA 2 - MODELO DE AMBIENTE OCUPACIONAL COM USO DOS <i>TABLETS</i> EM ESCOLA NORTE AMERICANA.....	27
FIGURA 3 - DEFINIÇÃO E ILUSTRAÇÃO DE LUMINÂNCIA.....	30
FIGURA 4 - MODELO DA INTERAÇÃO ESTRUTURAL E FUNCIONAL INTEGRA ENTRE O DISCO INTERVERTEBRAL, CORPOS VERTEBRAIS, MEDULA ESPINHAL E RAIZ NERVOSA.....	34
FIGURA 5 - EXEMPLOS DE MÚSCULOS QUE ESTABILIZAM E MOVIMENTAM A COLUNA VERTEBRAL.	35
FIGURA 6 - LIGAMENTOS QUE ESTABILIZAM A COLUNA VERTEBRAL.	35
FIGURA 7 - ESTRUTURAS ARTICULARES DE UM CORPO VERTEBRAL.....	35
FIGURA 8 - CURVATURAS FISIOLÓGICAS DA COLUNA VERTEBRAL.....	36
FIGURA 9 - VARIAÇÃO DA PRESSÃO SOBRE OS DISCOS INTERVERTEBRAIS EM DECORRÊNCIA DA POSTURA SENTADA ADOTADA.	39
FIGURA 10 - POSTURA SENTADA COM A MANUTENÇÃO DAS CURVATURAS DA COLUNA VERTEBRAL, O QUE LEVA A UMA DISTRIBUIÇÃO MAIS HOMOGÊNEA DA DESCARGA DE PESO ENTRE OS CORPOS VERTEBRAIS ADJACENTES.	40
FIGURA 11 - LOCALIZAÇÃO DOS ÍSQUIOS NO OSSO DO QUADRIL COM O INDIVÍDUO EM PÉ, E SEU DEVIDO APOIO PARA UMA POSTURA SENTADA ADEQUADA.	40
FIGURA 12 - DESCONFIGURAÇÃO DAS CURVATURAS FISIOLÓGICAS DA COLUNA VERTEBRAL NA POSTURA SENTADA COM FLEXÃO DE TRONCO, CONDIÇÃO QUE ELEVA A PRESSÃO INTRA DISCAL.	41
FIGURA 13 - POSTURA SENTADA COM DESLIZAMENTO ANTERIOR DA REGIÃO GLÚTEA SOBRE O ASSENTO CAUSANDO RETIFICAÇÃO DA LORDOSE LOMBAR E CONSEQUENTEMENTE MAIOR PRESSÃO SOBRE AS ESTRUTURAS DA COLUNA VERTEBRAL.	41
FIGURA 14 - RELAÇÃO DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO DO TRONCO NA POSTURA SENTADA COM A PRESSÃO SOBRE OS DISCOS INTERVERTEBRAIS E SOBRE O TRABALHO ESTÁTICO DOS MÚSCULOS DAS COSTAS AFERIDA POR ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA.	42
FIGURA 15 - LINHA DE VISÃO.	43
FIGURA 16 - POSICIONAMENTOS CORRETOS E INCORRETOS PARA A MANUTENÇÃO DA CABEÇA PARA A REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES LABORAIS.	43
FIGURA 17 - RELAÇÃO ENTRE O GRAU E O TEMPO DE MANUTENÇÃO DA INCLINAÇÃO DA CABEÇA PARA O SURGIMENTO DE DORES NO PESCOÇO.....	44
FIGURA 18 - RELAÇÃO ENTRE A CARACTERÍSTICA DA TAREFA E A INCLINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE TRABALHO PARA PROPORCIONAR UMA POSTURA ADEQUADA.....	45
FIGURA 19 - ANATOMIA DO OLHO (GLOBO OCULAR).	46
FIGURA 20 - ANATOMIA DO OLHO (MÚSCULOS EXTRÍNSECOS).	47

FIGURA 21- ESQUEMA SEQUENCIAL ILUSTRATIVO DO MOVIMENTO E LOCALIZAÇÃO DE UM CORPO NO ESPAÇO POR MEIO DE SISTEMAS CARTESIANOS E DA ROTAÇÃO SOBRE SEUS EIXOS.....	50
FIGURA 22 - ORIENTAÇÃO DOS ÂNGULOS DE EULER. OS TRÊS ÂNGULOS SÃO FORMADOS PELOS REFERENCIAIS (X, Y E Z) DO PLANO CARTESIANO FIXO EM RELAÇÃO AOS REFERENCIAIS (X, Y E Z) DO PLANO CARTESIANO QUE SE MOVE JUNTO AO ELEMENTO RASTREADO.	51
FIGURA 23 – EXEMPLO DE APRESENTAÇÃO DE RELATÓRIO DE ATENÇÃO VISUAL UTILIZANDO <i>HEAT MAP</i> (MAPA DE CALOR).....	54
FIGURA 24 – EXEMPLO DE APRESENTAÇÃO DE RELATÓRIO DE ATENÇÃO VISUAL UTILIZANDO O MAPA DE ZONA SOMBREADA.	54
FIGURA 25 – RELATÓRIO DE RESULTADOS <i>GAZE PLOT</i> (TRAÇADO DE OLHARES).	55
FIGURA 26 – EXEMPLO DE APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO <i>CLUSTER</i>	55
FIGURA 27 – SISTEMA CARTESIANO DE COORDENADAS E ÂNGULOS DE ROTAÇÃO. POSIÇÃO E ORIENTAÇÃO DA CABEÇA RESPECTIVAMENTE.	57
FIGURA 28 - SISTEMA DE COORDENAS PARA AFERIÇÃO DA POSIÇÃO RELATIVA DO TRANSMISSOR E SENSOR MAGNÉTICO DO <i>HEAD TRACKER</i> . À IMAGEM À ESQUERDA É DE UM RECEPTOR MAGNÉTICO QUE FICA ACOPLADO À CABEÇA.	57
FIGURA 29 - <i>EYE TRACKER</i>	59
FIGURA 30 - <i>HEAD TRACKER</i>	59
FIGURA 31 - LUXÍMETRO.	60
FIGURA 32 - LUMINANCÍMETRO.	60
FIGURA 33 - SISTEMA MÓVEL DE ILUMINAÇÃO.	61
FIGURA 34 – ILUMINAÇÃO HORIZONTAL (IH).	63
FIGURA 35 – REFLEXO GERADO PELA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DO LABORATÓRIO SEM UTILIZAR A ILUMINAÇÃO DA CONDIÇÃO EXPERIMENTAL.	63
FIGURA 36- VISÃO GERAL DO LABORATÓRIO.....	64
FIGURA 37 - DISTINÇÃO DAS ÁREAS DA INTERFACE NA PROGRAMAÇÃO DO <i>MATLAB</i> PARA A ANÁLISE DOS DADOS.....	67
FIGURA 38 - EXEMPLO DE GRÁFICO DO OLHAR HORIZONTAL COM MARCAÇÕES (CÍRCULOS VERMELHOS) NO INÍCIO (I) E FIM (F) DA LEITURA DOS OPTÓTIPOS EM CADA UMA DAS DEZ LINHAS. OS NÚMEROS QUE ACOMPANHAM AS LETRAS CORRESPONDEM A CADA UMA DAS 10 LINHAS DE LEITURA.	69
FIGURA 39 – GRÁFICOS DE REGRESSÃO LINEAR DE UM DOS PARTICIPANTES, COM OS RESPECTIVOS VALORES DE INCLINAÇÃO DA RETA E DO COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2).	70

Lista de Tabelas

TABELA 1 - DADOS DO PREGÃO ELETRÔNICO SOBRE A COMPRA E DISTRIBUIÇÃO DOS <i>TABLETS</i> EDUCACIONAIS.	24
TABELA 2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS <i>TABLETS</i> EDUCACIONAIS PRODUZIDOS PELA POSITIVO.	25
TABELA 3 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS <i>TABLETS</i> EDUCACIONAIS EXIGIDAS PELO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO NO EDITAL DA LICITAÇÃO PARA FABRICAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO.....	25
TABELA 4 – DURAÇÃO MÉDIA DOS MOVIMENTOS SACÁDICOS E FIXAÇÕES SEGUNDO A TAREFA EXECUTADA.....	48
TABELA 5 – DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DO LABORATÓRIO.....	65
TABELA 6 - PERSPECTIVA VISUAL DOS PARTICIPANTES QUE OBSERVARAM O OFUSCAMENTO FORA DA ÁREA PRÉ-DETERMINADA.	68
TABELA 7 – COMPARAÇÃO AOS PARES DA INCLINAÇÃO DAS RETAS DO OLHAR HORIZONTAL CORRESPONDENTE ÀS ÁREAS ANTES E DURANTE O OFUSCAMENTO.....	72
TABELA 8 – COMPARAÇÃO AOS PARES DA INCLINAÇÃO DAS RETAS DO OLHAR HORIZONTAL CORRESPONDENTE ÀS ÁREAS DURANTE E DEPOIS DO OFUSCAMENTO.	73
TABELA 9 - RESULTADO DOS MOVIMENTOS (DESLOCAMENTO) DA CABEÇA NO EIXO X. COMPARAÇÃO AOS PARES PARA ANTES E DURANTE O OFUSCAMENTO.....	73
TABELA 10 - RESULTADO DOS MOVIMENTOS (DESLOCAMENTO) DA CABEÇA NO EIXO X. COMPARAÇÃO AOS PARES PARA DURANTE E DEPOIS DO OFUSCAMENTO.....	74
TABELA 11 - COMPARAÇÃO AOS PARES PARA ANTES E DURANTE O OFUSCAMENTO, REFERENTE AOS MOVIMENTOS DA CABEÇA (DETERMINADO EM GRAUS) SOBRE O ÂNGULO DE ROTAÇÃO <i>AZIMUTH</i>	75
TABELA 12 - COMPARAÇÃO AOS PARES PARA DURANTE E DEPOIS DO OFUSCAMENTO, REFERENTE AOS MOVIMENTOS DA CABEÇA (DETERMINADO EM GRAUS) SOBRE O ÂNGULO DE ROTAÇÃO <i>AZIMUTH</i>	75
TABELA 13 - COMPARAÇÃO AOS PARES PARA ANTES E DURANTE O OFUSCAMENTO, REFERENTE AOS MOVIMENTOS DA CABEÇA (DETERMINADO EM GRAUS) SOBRE O ÂNGULO DE ROTAÇÃO <i>ELEVATION</i>	76
TABELA 14 - COMPARAÇÃO AOS PARES PARA DURANTE E DEPOIS DO OFUSCAMENTO, REFERENTE AOS MOVIMENTOS DA CABEÇA (DETERMINADO EM GRAUS) SOBRE O ÂNGULO DE ROTAÇÃO <i>ELEVATION</i>	76

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
3.1 ERGONOMIA E A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA NOVA TECNOLOGIA NOS AMBIENTES OCUPACIONAIS: USO DE TABLETS	19
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA INTERFACE DO TABLET E OS ASPECTOS ERGONÔMICOS RELACIONADOS.....	21
3.3 O USO OCUPACIONAL DO TABLET	22
3.3.1 Uso ocupacional do <i>tablet</i> na área da educação no Brasil	23
3.3.2 Dados da comercialização de tablets no Brasil	25
3.3.3 O uso ocupacional do <i>tablet</i> no exterior	27
3.4 ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE OCUPACIONAL E O TABLET.....	28
3.4.1 Ofuscamento e a interface tablet	29
3.5 BIOMECÂNICA POSTURAL E O USO OCUPACIONAL DO TABLET	32
3.5.1 Biomecânica da coluna vertebral e a postura sentada	33
3.6 CARACTERIZAÇÃO DAS INADEQUAÇÕES POSTURAIS DECORRENTES DO USO OCUPACIONAL DO TABLET EM UM CONJUNTO MESA-CADEIRA .	38
3.6.1 Mobiliário ocupacional (conjunto mesa-cadeira) e a região lombar da coluna vertebral	39
3.6.2 Mobiliário ocupacional (conjunto mesa-cadeira) e a região cervical da coluna vertebral	42
3.7 ATIVIDADE VISUAL, DESEMPENHO OCUPACIONAL E O USO DO <i>TABLET</i>	45
3.8 TÉCNICAS DE ANÁLISE DA BIOMECÂNICA POSTURAL DA COLUNA VERTEBRAL E DA ATIVIDADE VISUAL.....	48
3.8.1 Técnicas de análise da biomecânica postural	48

	13
3.8.2 Técnicas de análise da atividade visual	51
3.8.3 Rastreadores integrados de movimento: eye tracker e head tracker	56
4. MÉTODO	58
4.1 SUJEITOS DA PESQUISA	58
4.2 ASPECTOS ÉTICOS	58
4.3 LOCAL.....	58
4.4 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	59
4.5 DESCRIÇÃO DO LABORATÓRIO	62
4.6 ESTUDO-PILOTO	65
4.7 PROTOCOLO EXPERIMENTAL	65
4.8 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DOS DADOS	66
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	71
5. RESULTADOS	72
5.1 OLHAR HORIZONTAL.....	72
5.2 MOVIMENTOS DA CABEÇA	73
5.2.1 Posição da cabeça (coordenadas dos eixos X, Y e Z)	73
5.2.2 Orientação da cabeça (ângulos azimuth, elevation e roll)	74
6. DISCUSSÃO	77
6.1 – OLHAR HORIZONTAL.....	77
6.2 MOVIMENTOS DA CABEÇA	78
6.2.1 Posição da cabeça (coordenadas dos eixos X, Y e Z)	79
6.2.2 Orientação da cabeça (ângulos azimuth, elevation e roll)	80
7. CONCLUSÃO	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
APÊNDICE A - Parecer do Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Filosofia e Ciências de Marília	90

APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e esclarecido.	92
APÊNDICE C – Tarefa utilizada no experimento e apresentada na interface do <i>tablet</i> para o reconhecimento da direção dos optótipos para a coleta de dados.	93

1 INTRODUÇÃO

Sob a perspectiva da ergonomia, a disposição da interface de leitura e escrita é uma questão de grande relevância, visto que esta característica do posto de trabalho influencia diretamente as ações corporais, dinâmicas e estáticas do trabalhador e determina a escolha das posturas mais usuais para a execução da atividade. As interfaces de escrita e leitura são representadas por uma simples folha de papel, ou mesmo por elementos mais sofisticados, como a tela de um terminal de vídeo.

Inicialmente, o uso de superfície horizontal para a escrita e leitura no papel era predominante. Com a expansão do uso do computador, a superfície verticalizada passou a ser muito utilizada, condição que contribui substancialmente para a manutenção de posturas corporais adequadas, já que a flexão de cabeça e tronco é minimizada ou até mesmo desnecessária para o alcance visual a informação. Apesar dos benefícios ergonômicos relacionados à utilização de superfícies verticalizadas, o uso de superfícies horizontais é predominante para as atividades de escrita e leitura, quando não são realizadas em um computador.

Além dos benefícios, a introdução dos computadores nos ambientes de trabalho também gerou consequências negativas relacionadas ao brilho da estrutura física da tela do monitor, que em contato com a iluminação do ambiente favorecia a ocorrência de ofuscamento por reflexão, que *a priori* causa desconforto e dificuldade visual, que pode comprometer o desempenho ocupacional, bem como levar o trabalhador a adotar e manter posturas corporais inadequadas em busca de uma melhor condição visual.

Entre os aspectos físicos do ambiente, a iluminação é um dos elementos de grande relevância na análise e intervenção ergonômica, a qual deve ser adequada à atividade desenvolvida, proporcionando conforto ambiental, segurança e eficiência. Ela pode apresentar problemas na forma de ofuscamento por reflexão em superfícies, causar perda de informação e obrigar a pessoa a alterar ou a posição da superfície ou a postura corporal. Entre os agravos à saúde decorrentes da iluminação inadequada dos ambientes ocupacionais, destacam-se na bibliografia as manifestações características da fadiga visual como, vermelhidão, ardor e dor nos olhos, fotofobia e diplopia. No entanto, a influência das condições de iluminação do ambiente, sobre a biomecânica humana e a manutenção de posturas da coluna vertebral é pouco abordada por estudos científicos, assim como por recomendações e normas regulamentadoras.

Desconsiderando a iluminação, existem muitos estudos ergonômicos acerca da biomecânica postural da coluna vertebral em atividades laborais, os quais consensualmente demonstram os riscos ocupacionais à saúde devido à manutenção de posturas inadequadas, fato que levou ao desenvolvimento de parâmetros angulares para a manutenção de posturas da cabeça e tronco. Estes são parâmetros ergonômicos importantes, pois auxiliam em questões como, organização dimensional e adequação da altura da área de trabalho, inclinação do encosto e altura da cadeira, entre outras previstas em normas regulamentadoras.

As posturas da cabeça e tronco, mantidas respectivamente pela coluna cervical e lombar através de sustentação muscular e conformação óssea, são de grande significância na análise ergonômica, devido à expressiva incidência e prevalência de distúrbios e processos patológicos nestas regiões comnexo causal ocupacional, tais como, hérnia de disco e compressão do nervo ciático, entre outros acometimentos musculares e estruturais da coluna vertebral que geram lombalgia, cervicalgia, dor irradiada pelos membros, cefaléia cervicogênica e desvio postural permanente.

Com o avanço tecnológico foram desenvolvidos monitores com telas foscas muito eficientes, capazes de, em conjunto com uma adequada condição luminosa do ambiente, eliminar os problemas de visualização e conseqüentemente as inadequações posturais em busca de evitá-los. É importante ressaltar que o brilho que interfere na capacidade da sensação visual não é uma característica exclusiva dos monitores de computador e pode ser proveniente tanto da interface de interação, como de uma superfície que a circunda, ou sobre a qual ela é colocada, ou ainda de objetos de seu entorno.

Atualmente, com o uso ocupacional do *tablet*, ressurgiram diversas problemáticas ergonômicas. Ao observar as características físicas estruturais do *tablet*, dos mobiliários convencionais e a iluminação comumente utilizada nota-se, de forma bastante evidente, a inadequação ergonômica para que a associação destes elementos constitua um posto de trabalho ou de estudo. A implementação de nova tecnologia como instrumento de trabalho e ensino também traz a necessidade de uma revisão da ergonomia do renovado ambiente laboral. Sob a abordagem desta pesquisa, a revisão ergonômica para o uso ocupacional do *tablet* justifica-se pela mudança física estrutural do posto de trabalho, determinada pela incidência da iluminação do ambiente sobre sua interface altamente reflexiva, portanto potencialmente geradora de ofuscamento por

reflexão. O ofuscamento por reflexão pode comprometer a saúde ocular, o desempenho da atividade de varredura visual e levar a compensações posturais inadequadas da coluna vertebral em busca de uma melhor condição visual.

Neste contexto, esta pesquisa apresenta uma análise ergonômica acerca do uso ocupacional do *tablet* atendo-se a análise da atividade de varredura visual e da biomecânica postural da região cervical da coluna vertebral de usuários sujeitos a ofuscamento por reflexão. Destaca-se na pesquisa, uso dos *tablets* em condições próximas das reais, o emprego de equipamento integrado para medição direta de parâmetros visuais e posturais (*eye-tracker* + *head tracker*) e o desenvolvimento de um método quantitativo para a análise da atividade visual e cinemática dos movimentos da cabeça de indivíduos sujeitos a ofuscamento por reflexão. Em revisão bibliográfica, não foram encontrados trabalhos científicos com essas abordagens.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o uso ocupacional do *tablet* quanto ao desempenho da atividade de varredura visual e à biomecânica postural da coluna cervical, representada pela cinemática dos movimentos da cabeça, de usuários sujeitos a ofuscamento por reflexão gerado na interface do instrumento em interação com a iluminação do ambiente.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Em simulação a um ambiente ocupacional e sob a perspectiva da ergonomia física analisar indivíduos durante o acesso visual a informações na interface de um *tablet* sujeita a reflexo causador de ofuscamento em interação com a iluminação do ambiente e estabelecer considerações com base em dados quantitativos acerca da:

- A influência do ofuscamento por reflexão sobre o desempenho da atividade de varredura visual.
- A influência do ofuscamento refletido na busca por uma melhor condição visual, sobre a biomecânica postural da região cervical da coluna vertebral.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda, sob a perspectiva da ergonomia física, aspectos relacionados à implementação do *tablet* como instrumento ocupacional, as características de sua interface e a interação desta com a iluminação do ambiente de trabalho, e trata brevemente das implicações, acerca destes elementos, sobre atividade de varredura visual e a biomecânica postural da coluna vertebral.

3.1 ERGONOMIA E A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA NOVA TECNOLOGIA NOS AMBIENTES OCUPACIONAIS: USO DE TABLETS

A ergonomia aplicada ao ambiente ocupacional é uma área de estudo de abordagem multiprofissional, valendo-se do conhecimento de várias ciências para a construção sistemática de métodos de intervenção, constituindo diversas ferramentas de análise ergonômica considerando os aspectos, físicos, dimensionais, antropométricos, fisiológicos, biomecânicos, biológicos e psicossociais.

Abrahão (2000) coloca que o impacto de novas tecnologias no trabalho tem sido abordado por vários ângulos e a ergonomia é cada vez mais solicitada para a análise de processos de reestruturação produtiva, sobretudo no que se refere à inadequação dos postos de trabalho, situações de mudanças ou introdução de novas tecnologias. A mesma atenção ergonômica, também deve ser aplicada ao ambiente de ensino, ao qual Rio e Pires (2001) referem ser o ambiente de trabalho do estudante. Especificamente na área da educação, segundo Grando, Konrath e Tarouco (2003) os projetos dos objetos educacionais devem considerar aspectos inerentes à aprendizagem e combinar conhecimentos de outras áreas como a ergonomia.

Para Moraes e Mont'Alvão (2010) o uso de novos instrumentos e/ou materiais nos ambientes ocupacionais comumente representa um desarranjo ergonômico, portanto é imprescindível a realização de análise ergonômica do trabalho (AET) quando estas mudanças ocorrem. Após extensiva revisão bibliográfica, foi observado que os princípios ergonômicos não estão sendo considerados para a implementação do uso ocupacional do *tablet*, o qual já é de expressiva proporção e apresenta um grande potencial de expansão, como é demonstrado na sessão 3.3.

Como parâmetro do impacto da falta de atenção ergonômica dada à introdução, de grande proporção, de uma nova tecnologia, segundo Hedge *et al.* (2011) nos Estados Unidos em 1980, ocorreu nos ambientes de escritório uma grande expansão da

Tecnologia da Informação e pouca atenção foi dada aos princípios do design ergonômico para o trabalho com computador, o que gerou um aumento dos distúrbios osteomusculares ao longo dos anos 1990. Os autores ainda apontam para a expansão futura dos programas de ergonomia além do trabalho tradicional. Johanning (2000) cita que, no final dos anos 1980, segundo dados oficiais de estatística laboral da indústria privada Norte Americana, 40% das doenças ocupacionais estavam relacionados com movimentos repetitivos. Carneiro (1997) e Martins e Duarte (2000) referem que no início dos anos 1990 no Brasil, 70% dos casos de afastamento reconhecidos pela Previdência Social relacionava-se a lesões musculoesqueléticas. Segundo as informações estatísticas mais atuais relativas à segurança e saúde ocupacional do Ministério da Previdência Social, Brasil (2011) “em 2011 foram registrados 711164 acidentes e doenças do trabalho, entre os trabalhadores assegurados da Previdência Social”.

Grandjean (1998) metaforicamente refere-se à transformação dos ambientes de trabalho, com a introdução dos computadores, como uma metamorfose através da qual os escritórios de papel passaram a ser escritórios eletrônicos, e enfatiza que estas mudanças geram problemas ergonômicos.

Estas referências e dados estatísticos demonstram e reforçam a necessidade dos ambientes ocupacionais serem revistos ergonomicamente quando ocorrem mudanças estruturais nas condições, ou na forma de desenvolver as atividades, de modo a atender as especificações da NR-17, que “visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente” (BRASIL, 2007). Neste sentido, esta pesquisa estuda o uso ocupacional do *tablet* sob a perspectiva da ergonomia física, a qual conforme a *International Ergonomics Association - IEA* (2000) atem-se às características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica relacionadas à atividade física humana. Com parâmetro na definição da *IEA*, que também é adotada pela Associação Brasileira de Ergonomia – ABERGO, entre os tópicos relevantes da ergonomia física diretamente relacionados com a abordagem desta pesquisa estão o estudo da postura no trabalho, o manuseio de materiais e os distúrbios músculo-esqueléticos relacionados ao trabalho e saúde.

A revisão ergonômica do ambiente ocupacional proposta nesta pesquisa, frente à aplicação de nova tecnologia, representa uma contribuição ao *design* ergonômico para

otimizar a implementação do uso do *tablet*, beneficiando o desempenho do usuário, além de minimizar os riscos ocupacionais a saúde.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA INTERFACE DO TABLET E OS ASPECTOS ERGONÔMICOS RELACIONADOS

Sem encontrar referências em normas e recomendações ergonômicas, ou em pesquisas científicas é postulado neste estudo que existem diversas problemáticas ergonômicas relacionadas à interface do *tablet* para o seu uso ocupacional, como, por exemplo: a ocorrência de ofuscamento por reflexão ou velamento; falta de um mecanismo adequado para o posicionamento verticalizado para minimizar a flexão de cabeça e tronco, de modo que não exija extensão de punho para a manipulação como quando são utilizados os suportes convencionais; interface de escrita reduzida, que pode levar ao posicionamento do punho em desvio radial ou ulnar. A manutenção do punho em extensão, desvio ulnar ou radial é fator predisponente a doenças ocupacionais. Outro fator desfavorável é a interface de escrita e leitura integrada: a NR – 17 (BRASIL, 1990) estabelece que “o teclado deve ser independente e ter mobilidade, permitindo ao trabalhador ajustá-lo de acordo com as tarefas a serem executadas”. Supõe-se que a flexão de tronco tende a ser acentuada devido à interface de escrita e leitura ser a mesma, desta forma as mãos podem representar uma barreira para o acesso visual à interface, quando esta é utilizada no plano horizontal sobre uma mesa.

Quanto aos aspectos relacionados às problemáticas ergonômicas do escopo da pesquisa, a tela do *tablet* é um elemento importante. Produzida com vidro polido a tela possui brilho intenso, o que torna a interface altamente reflexiva. O acabamento superficial do vidro polido proporciona propriedade antiaderente, minimizando o fator de incrustação durante a manipulação da interface. Os *E-readers* (leitores de *e-books*) têm tela opaca, que imitam o contraste de papel, para garantir conforto na leitura. Estes instrumentos são aplicáveis exclusivamente à leitura de documentos. Ao abordar a usabilidade do *tablet*, o especialista em livro digital Procópio (2012) relata os benefícios relacionados à multifuncionalidade do aparelho, mas que, em contrapartida a tela apresenta brilho demasiado. “Há quem prefira ler livros no *tablet*, com cores e mais opções de aplicativos. Outros preferem as vantagens dos leitores com tinta eletrônica, que cansam menos os olhos e podem ser usados sob o sol” (PROCÓPIO, 2012).

O *tablet* visto como um produto, quando manipulado pelo usuário, principalmente em atividades ocupacionais passa a integrar o sistema homem-máquina-ambiente. Fazendo uma analogia contextual a problemática abordada pelo estudo, tem-se então o sistema homem-*tablet*-ambiente luminoso. Iida (2005) conceitua como máquina qualquer artefato ou objeto usado para melhorar o desempenho da tarefa, ainda segundo as definições do autor. Com fundamento na definição do autor, conclui-se que o *tablet* se caracteriza como uma máquina cognitiva, enquanto que as máquinas consideradas tradicionais são aquelas que auxiliam o desempenho do trabalho físico.

Sob a óptica projetual do design e segundo Lobach (2001) os produtos são configurados considerando as funções estéticas, funcionais e simbólicas. A problemática ergonômica, referente ao reflexo por ofuscamento gerado na interface do *tablet*, talvez seja facilmente ignorada devido à predominância dos anseios estéticos e simbólicos do produto em detrimento a funcionalidade.

De acordo com Iida (2005) do ponto de vista do consumidor, são características desejáveis em um produto a, qualidade técnica, estética e ergonômica. Culturalmente as qualidades estéticas são muito valorizadas. Assim, o brilho excessivo da tela do *tablet*, que é uma característica intrínseca do vidro polido necessário para a manipulação da interface, também agrega valor estético. Por isso, comumente não é percebido e abordado como um problema direto para a questão visual e indireto para a questão postural, principalmente quando utilizado como instrumento ocupacional.

3.3 O USO OCUPACIONAL DO TABLET

A implementação dos *tablets* como instrumento ocupacional é uma tendência relativamente recente, por conta de sua origem recente, no ano de 2010, além de seu alto custo de aquisição enquanto inovação tecnológica. Como elemento que também contempla a casuística desta pesquisa, o uso ocupacional do *tablet* já é amplamente difundido no Brasil e, para dimensioná-lo, o método adotado foi a análise retrospectiva da sua introdução nos ambientes educacionais. No mesmo sentido, a comercialização dos *tablets* no país também foi abordada e modelos internacionais sobre a utilização ocupacional dos instrumentos são apresentados como parâmetro.

Estes dados possibilitaram inferir considerações sobre a amplitude, atual e futura, da utilização dos *tablets*. Os mesmos dados também corroboram para evidenciar a necessidade dos fatores ergonômicos serem observados, para que não ocorra

novamente uma introdução de grande proporção de nova tecnologia sem a devida atenção ao design ergonômico, semelhante à ocorrida na década de 80 nos Estados Unidos, relatada na sessão 3.1.

3.3.1 Uso ocupacional do *tablet* na área da educação no Brasil

Por meio de uma análise retrospectiva da introdução dos *tablets* na área da educação foi possível obter dados quantitativos fidedignos sobre a abrangência e prosperidade deste novo modelo de ambiente do sistema educacional.

Segundo Platonow (2011) o empresário Chaim Zaher, presidente do maior grupo de ensino básico do País, que controla as redes COC, Pueri Domus e Dom Bosco, relatou que só em 2011 seriam distribuídos vinte mil *tablets* em suas escolas e até 2013 pretendia atingir a marca de cem mil unidades; ele ainda afirmou que o Brasil por volta de 2014 seria o País mais moderno e digitalizado no ensino, prevendo que o modelo será seguido por outras instituições privadas e públicas. Na Figura 1 é possível observar o desarranjo ergonômico para a utilização do *tablet* e as conseqüentes inadequações posturais em decorrência da superfície de trabalho no plano horizontal, condição que também é desfavorável para a utilização de outras interfaces de escrita e leitura. Também fica evidente o reflexo na tela dos instrumentos, proveniente da interação com a iluminação do ambiente.

Figura 1 – Ambiente escolar com uso de *tablet*.



Fonte: Revista Veja.

A Empresa Brasil de Comunicação, Brasil (2011) publicou o pronunciamento do então Ministro Fernando Haddad sobre a distribuição de *tablets* na rede pública de ensino para o ano de 2012, o número de aparelhos foi estimado na casa das “centenas de milhares”. Conforme consta no portal do MEC, Brasil (2012) seria investido, no projeto Educação Digital, cerca de cento e cinquenta milhões de reais naquele ano para a aquisição de seiscentos mil *tablets* que seriam distribuídos em escolas públicas. Os instrumentos seriam voltados para o uso ocupacional de professores e gestores. De acordo com o ministro da Educação, Aloizio Mercadante, os equipamentos seriam doados às escolas e entregues no segundo semestre de 2012.

Ainda não foram divulgados dados oficiais sobre o número total de distribuição dos chamados “*tablets* educacionais” na rede pública de ensino em consolidação do projeto Educação Digital do MEC que pretende alcançar a meta de um *tablet* por aluno. A Tabela 1 demonstra a quantidade e a área de distribuição dos *tablets* educacionais adquiridos no primeiro pregão eletrônico, realizado pelo governo em 2012.

Tabela 1 - Dados do pregão eletrônico sobre a compra e distribuição dos *tablets* educacionais.

Descrição	Grupo de abrangência	Quantidade	Valor unitário	Valor global (R\$)	Marca do fabricante	ATA
Tablet tipo 1	Centro-oeste Sudeste	250,000	278,90	69.725.000,00	CCE Digibras	37/20 12
Tablet tipo 2		250,000	461,99	115.497.500,00	Positivo informática	38/20 12
Tablet tipo 1	Nordeste Sul	200,000	276,99	55.398.000,00		
Tablet tipo 2		200,000	462,49	92.498.000,00		

Fonte: Adaptado de [//www.fn.de.gov.br/portaldecompras/index.php/produtos/tablet-educacional/tablet-educacional-pregoes-anteriores](http://www.fn.de.gov.br/portaldecompras/index.php/produtos/tablet-educacional/tablet-educacional-pregoes-anteriores).

As especificações técnicas dos *tablets* educacionais (Tabela 2) produzidos pela Positivo em atendimento as exigências contratuais previstas no processo licitatório (

Tabela 3) são idênticas ao modelo *Ypy AB7D*, já comercializado no varejo pela empresa. As tabelas 2 e 3 apresentam apenas as especificações técnicas que foram consideradas relevantes sob a abordagem da ergonomia física.

Tabela 2 - Especificações técnicas dos *tablets* educacionais produzidos pela Positivo.

Modelo 1	Modelo 2
Tela de 7 polegadas tipo	Tela de 9,7 polegadas
Medidas: 196 x 120 x 11,4mm (LxAxP)	Medidas: 242 x 186,1 x 10,8mm (LxAxP)
Peso: 398g (sem a capa emborrachada)	Peso: 606g (sem a capa emborrachada)

Fonte: Adaptado de //www.androidplay.com.br/2013/01/tablet-android-escolas-publicas/.

Tabela 3 – Especificações técnicas dos *tablets* educacionais exigidas pelo Ministério da Educação no edital da licitação para fabricação e comercialização.

Modelo 1	Modelo 2
Tela: tamanho mínimo de 7 e máximo de 8,9 polegadas	Tela: tamanho mínimo de 9 e máximo de 10,1 polegadas
Peso máximo com bateria: 600g	Peso máximo com bateria: 700g

Fonte: adaptado de

https://www.google.com.br/search?q=edital+licita%C3%A7%C3%A3o+tablet+educacional&rlz=1C1AVSX_enBR391BR409&oq=edital+licita%C3%A7%C3%A3o+tablet+educacional&aqs=chrome..69i57.7451j0j8&sourceid=chrome&espv=210&es_sm=93&ie=UTF-8

Quanto à utilização de *tablets* na rede privada de ensino, não é possível apontar qual é o aparelho utilizado, visto a diversidade de marcas e modelos e a inexistência de normatização sobre qualquer especificação técnica para o uso ocupacional dos instrumentos.

Importante observar, que não há nenhum relato do Ministério da Educação ou do fabricante dos aparelhos, assim como de instituições de ensino ou empresas, relacionado à distribuição qualquer tipo de objeto ou adaptação voltada à usabilidade ou ergonomia para o uso ocupacional dos *tablets*. O mesmo é observado em relação às instituições privadas de ensino.

O uso ocupacional do *tablet* na área da educação no Brasil já é uma realidade amplamente desenvolvida, tendenciosamente crescente e próspera. A próxima sessão apresenta dados sobre a comercialização dos referidos instrumentos no país como forma de evidenciar o seu uso em outros contextos.

3.3.2 Dados da comercialização de *tablets* no Brasil

Os números apresentados nesta sessão acerca dos *tablets* já comercializados no Brasil, assim como as projeções de vendas são dados importantes como indicadores da abrangência do uso dos instrumentos, mesmo não sendo possível inferir de maneira

precisa qual é a parcela destes instrumentos destinada ao uso ocupacional. Mesmo não sendo o foco da pesquisa, o uso destes instrumentos fora das atividades laborais também tem relação o sistema humano-máquina, desta forma a abordagem desta pesquisa presta contribuição para a ergonomia e usabilidade dos referidos produtos em atividades extra ocupacionais.

Segundo a revista Exame (2012) os *tablets* ganhariam mercado em ritmo acelerado no Brasil e cita a pesquisa divulgada pela consultoria GfK demonstrando que entre janeiro e agosto de 2012 houve um aumento de 267% nas vendas do produto em comparação ao mesmo período de 2011. O autor acrescenta, que no até então último levantamento da consultoria IDC, o indicativo era de que 2,6 milhões de *tablets* seriam vendidos em 2012 e que para 2013 existia uma expectativa de venda de 5,4 milhões de unidades. Estavam incluídos nessa estimativa os *tablets* adotados em empresas, universidades públicas e privadas e as cerca de 900 mil unidades que o Ministério da Educação iria entregar a escolas públicas entre o fim de 2012 e meados de 2013.

Segundo O Globo (2013) o estudo da consultoria (IDC Brasil) *International Data Corporation*, demonstrou que a venda de *tablets* no Brasil no primeiro trimestre de 2013 superou o total registrado em todo ano de 2011. Este crescimento das vendas representou um crescimento de 164% em comparação com o mesmo período em 2012, alcançando 1,3 milhão de aparelhos vendidos. No primeiro trimestre de 2012, 493 mil *tablets* foram vendidos. No ano de 2011 o número de aparelhos vendidos foi de 1,1 milhão de aparelhos. A expectativa do IDC era que em 2013 fossem vendidos 5,9 milhões de *tablets*, o que significaria um aumento de 81% em relação a 2012.

Conforme Brigatto (2013) em sua publicação na revista Valor Econômico, a empresa de pesquisa Nielsen apontava que no primeiro semestre de 2013, as vendas de *tablets* no Brasil cresceriam 400% em número de unidades em relação ao mesmo período do ano anterior.

Segundo a consultoria *International Data Corporation* – IDC Brasil (2012) 606 mil *tablets* foram comercializados no Brasil durante o segundo trimestre de 2012, em percentuais, o número apresentado é de 275% superior ao registrado pela indústria no primeiro trimestre do mesmo ano. A expectativa para o final de 2012 era de que a venda de *tablets* chegasse a 2,6 milhões de unidades, sendo que para 2013, a estimativa era de que o número alcançasse 5,4 milhões de unidades comercializadas. Este crescimento na

comercialização dos portáteis fez o Brasil saltar do 17º para o 11º lugar no ranking mundial das nações que mais vendem *tablets*.

3.3.3 O uso ocupacional do *tablet* no exterior

“Desde o lançamento do *tablet*, em 2010, diversas escolas e universidades no mundo já adotaram o aparelho” (MACWORLD, 2011).

A Figura 2 demonstra um modelo de ambiente escolar com a introdução do *tablet*. É possível observar o desarranjo ergonômico para o uso ocupacional do aparelho, assim como o reflexo na interface dos mesmos.

Figura 2 - Modelo de ambiente ocupacional com uso dos *tablets* em escola norte americana.



Fonte: http://macmagazine.com.br/2011/10/31/piper-jaffray-pesquisa-informal-revela-dominacao-do-ipad-em-escolas-dos-estados-unidos/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+blogmacmagazine+%28MacMagazine%29&utm_content=FriendFeed+Bot.

Segundo a *Dell company* (2013) um levantamento encomendado pela *Dell e Intel*, realizado pela consultoria *Harris Interactive* apontou que 53% das instituições de ensino norte americanas consultadas utilizavam *tablets* como dispositivo de tecnologia padrão para o ensino.

Segundo companhia de *internet Terra* (2013) em reprodução a publicação do *El País*, o Departamento de Educação de *Los Angeles*, o segundo maior distrito escolar dos Estados Unidos já decidiu substituir os livros impressos pelo *download* das obras através do *iPad*. Para tal foi aprovado um orçamento inicial de US\$ 30 milhões para a compra da primeira remessa de mais de 31 mil *iPads* destinados aos alunos de escolas públicas. Esta iniciativa é parte do compromisso definido pelo governo de *Los Angeles* de fornecer *iPads* a todos os alunos das escolas públicas, desde a pré-escola até o último

ano do ensino médio, quando o plano estiver concluído serão mais de 640 mil aparelhos em uso nas escolas. “De acordo com a *Apple*, mais de 10 milhões de *iPads* já são utilizados nas escolas atualmente”.

No México, o Uno Internacional, que é um modelo de ensino criado no Brasil, mas implantado antes em outros países, que atualmente utiliza *tablets (iPad)*, segundo Saldaña (2012) envolve 130 mil alunos de 420 escolas, o projeto é chegar a 1 milhão de alunos na América Latina em quatro anos. O sistema de ensino já está presente em diversos países da América Latina. Para começar a operar no Brasil, foram investidos 22 milhões de reais em 2013, projeta-se que 75 mil alunos de 150 escolas privadas adotarão o Uno Internacional. “Temos um objetivo forte de chegar à rede pública. O antecedente em escolas particulares é importante”, relata o diretor global da Uno Internacional, Pablo Doberti (2013).

Os fatores referentes aos *tablets*, como os de índices de comercialização no Brasil, os parâmetros internacionais sobre a popularização de seu uso e os dados que precisam o uso ocupacional na área da educação no país, somados à implementação do instrumento aos demais locais de trabalho, não deixam dúvidas sobre a necessidade de se estudar amplamente a ergonomia destes renovados ambientes ocupacionais e, portanto, reforçam a relevância da abordagem proposta neste estudo, acerca do *tablet* e sua relação com, a iluminação do ambiente, a postura corporal e o desempenho da tarefa visual, elementos que são tratados no capítulo seguinte.

3.4 ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE OCUPACIONAL E O TABLET

A iluminação do ambiente ocupacional deve ser adequada à atividade executada, de maneira que proporcione conforto ambiental, segurança e condições eficientes de trabalho, de acordo com Couto (1995), Iida (2005) e em conformidade com a NR-17 (BRASIL, 1990) e o Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (ESPAÑA, 1997).

Segundo Dul e Weerdmeester (2004) e Iida (2005), não basta à iluminação no ambiente ocupacional ser adequada em relação à intensidade, mas deve ter também contraste luminoso ajustado, com ausência de brilho que ofusque, mantendo concordância com Palmer (1976) que acrescenta a importância de considerar a tarefa em relação ao ambiente.

Fiedler (2006) coloca que a luminosidade imprópria representa uma fonte de tensão no trabalho, além de provocar danos à saúde, os quais, por muitas vezes ocorrem por trauma cumulativo em uma situação na qual o trabalhador só irá perceber os efeitos deletérios muito tempo de exposição às condições que ele mesmo considerava até cômoda.

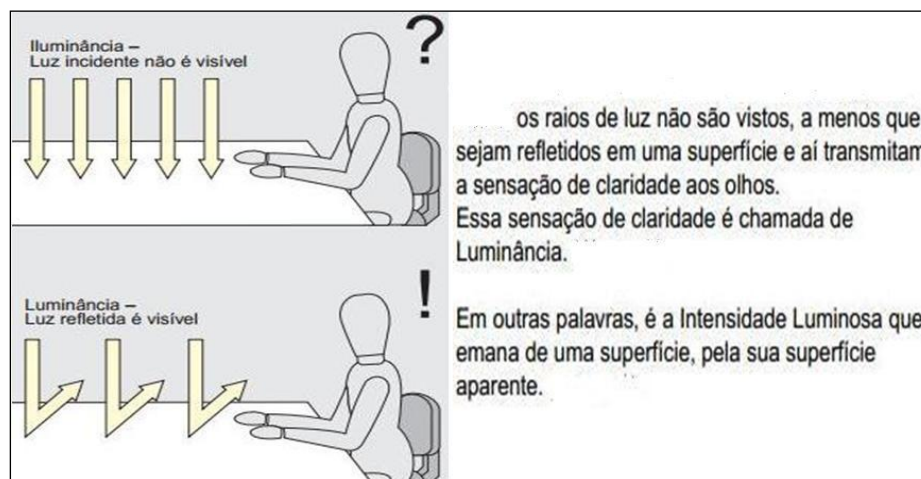
De acordo com Moraes e Mont'Alvão, (2010) as especificações constantes na NR-17- Ergonomia, referentes aos postos de trabalho com terminal de vídeo são de grande importância, porém sua aplicação na íntegra não garante a eficiência ergonômica aos ambientes ocupacionais quanto ao ambiente luminoso e as exigências biomecânicas. Ainda há o agravante de que a expressão “terminais de vídeo” generaliza as diversas interfaces e suas peculiaridades de uso.

Segundo dados da NR – 17 Ergonomia (1990), no item 17.4.3, os terminais de vídeo devem atender a condições de mobilidade suficientes para permitir o ajuste de tela do equipamento à iluminação do ambiente, protegendo-a contra reflexos, de modo a proporcionar corretos ângulos de visibilidade. No entanto, para o uso ocupacional do *tablet*, o qual permite grande mobilidade, o que estabelece essa normativa pode levar a adaptações e compensações posturais nocivas a coluna vertebral, parecendo ser mais coerente e necessária uma intervenção sobre a ambiência luminosa, em conformidade com o item 17.5.3.2, da mesma norma e como também coloca Fiedler (1998), que a iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar o ofuscamento, reflexos, incômodos, sombras e contrastes excessivos.

3.4.1 Ofuscamento e a interface tablet

Iida (2005) define ofuscamento como a redução da eficiência visual, provocada por objetos ou superfícies de grande luminância (Figura 3), presentes no campo visual.

Figura 3 - Definição e ilustração de luminância.



Fonte: Adaptado de OSRAM (s.d.).

Segundo Abrahão *et al.* (2009) a luz refletida, ou seja, a luminância, provém da interação da luz com a característica da superfície na qual incide, portanto é resultante da relação de absorção e refletância da luz. Falzon (2007) define refletância como “a capacidade de uma superfície em refletir a luz”. A tela de vidro do *tablet* possui alta refletância.

Segundo Iida (2005) o ofuscamento é classificado como direto, quando é ocasionado por uma fonte de brilho no campo visual e indireto quando causado por reflexão. Este último, que está diretamente relacionado com a problemática da pesquisa, contextualmente surge da interação da iluminação do ambiente ocupacional com a interface do *tablet*.

Brandimiller (1999) define ofuscamento como uma perturbação da visão causada pela incidência de luz intensa sobre os olhos e que são muito frequentes nos locais de trabalho, e ainda faz a seguinte consideração:

Se o ofuscamento é muito intenso, fica impossível trabalhar, obrigando a corrigir a situação de alguma forma. O problema é aquele ofuscamento que incomoda, mas não é tão intenso e a pessoa acaba se “acostumando”. Pode até ser um ofuscamento pequeno do qual você nunca se deu conta.

Quando se está trabalhando num microcomputador, qualquer ofuscamento, mesmo os pequenos, perturba o trabalho dos olhos: é importante eliminá-los (BRADIMILLER, 1999, p. 157).

Com o parâmetro na citação anterior e considerando que as adaptações posturais representam uma forma de corrigir a situação visual deficitária por conta do ofuscamento, é possível inferir que, o fato de um indivíduo acostumar-se com o ofuscamento pouco intenso pode estar associado à manutenção costumeira de posturas

nocivas a coluna vertebral e ao desenvolvimento de doenças, com o longo período de exposição a este fator de risco ocupacional.

Os ambientes ocupacionais tradicionais, com iluminação projetada para a utilização de terminais de vídeo na posição vertical, o que não é usual para o *tablet*, também não são eficientes para a utilização do mesmo, devido à relação da incidência da luz com o posicionamento horizontal da interface do instrumento, gerando déficit luminoso por conta do ofuscamento por reflexão, que conseqüentemente pode ocasionar compensações posturais nocivas à coluna vertebral em função de uma melhor condição visual. Segundo Moraes e Mont'Alvão (2010), o arranjo físico de componentes de uma estação de trabalho, como um monitor de vídeo, redundante em constantes esforços musculares visuais de adaptação, acomodação e convergência em função de diferentes níveis de iluminância. De acordo com Brandimiller (1999) e Rio e Pires (2001), a busca pelo conforto visual pode muitas vezes levar a adoção de posturas e movimentos inadequados.

A localização das fontes de informações visuais determina o posicionamento da cabeça que pode, por sua vez, influenciar a postura do tronco, levando o trabalhador a adotar posturas inadequadas por períodos prolongados, como cabeça em flexão ou extensão extrema ou ainda a inclinação e torção do tronco (BRASIL, 2002).

Iida (2005), ao abordar o ofuscamento em monitores, coloca que, superfícies envidraçadas podem gerar ofuscamento por reflexão, quando não há adaptação do ambiente luminoso, e faz referência ao passado com o exemplo dos escritórios e a inadequação luminosa para a introdução dos computadores, os quais ele chamou de superfícies verticais refletoras. Atualmente os computadores possuem telas com mecanismos antirreflexivos bastante eficientes, porém a tela do *tablet* é altamente reflexiva por se produzida com vidro polido por exigência da tecnologia *touch screen* e os sistemas de iluminação dos ambientes ocupacionais, em alusão a Iida, não estão adequados para o uso de superfícies refletoras próximas do plano horizontal, que é a maneira mais usual do *tablet*.

Segundo o Manual de Aplicação da Norma Regulamentadora 17 (BRASIL, 2002) o reflexo das janelas na superfície da tela de monitores pode levar o trabalhador a adotar posturas fatigantes tentando evitar o ofuscamento. Reafirmando o referido anteriormente Juul-Kristensen *et al.* (2004) e Ferreira, Shimano e Fonseca (2009)

verificaram que o brilho e reflexo na tela do monitor predis põem os indivíduos a sintomas no ombro, o que pode ser decorrente da postura inadequada assumida para evitar tal situação.

De acordo com Lyra (1994) a iluminação inadequada do ambiente de trabalho decorrente de ofuscamento leva o trabalhador a forçar a visão e exige uma postura inadequada para uma melhor visualização. Em consequência desta condição, em relação da saúde do trabalhador ocorrem fadiga visual, dor de cabeça e dores coluna e pescoço. Quanto ao desempenho da atividade laboral, em decorrência da diminuição da capacidade visual ao longo do tempo ocorre à elevação do número de erros na execução das tarefas, diminuição do ritmo de trabalho e menor percepção de detalhes.

Desta maneira, no contexto deste estudo, o ofuscamento refletido gerado na interface do *tablet* representa, de forma direta, um fator que compromete a atividade visual e que indiretamente pode desencadear posturas corporais deletérias a biomecânica postural.

3.5 BIOMECÂNICA POSTURAL E O USO OCUPACIONAL DO TABLET

"Biomecânica é uma ciência que investiga o movimento sob aspectos mecânicos, suas causas e efeitos nos organismos vivos" (Encontro Internacional sobre Biomecânica do Esporte - Donskoi, 1960; Seminário Internacional sobre Biomecânica, 1969). Apesar de esta definição já ter mais de quarenta e quatro anos e se originar do esporte, ela aborda a biomecânica de maneira objetiva, lógica e sintética, além de ser abrangente quanto à interdisciplinaridade, desta forma pode ser aplicada a outras áreas do conhecimento, como no caso da ergonomia, dentro da qual é abordada como biomecânica ocupacional.

"A biomecânica ocupacional estuda as interações físicas do trabalhador com seu posto de trabalho, ferramentas e materiais, visando reduzir os riscos de distúrbios musculoesqueléticos" (IIDA, 2005).

Dentre as interações físicas entre o trabalhador e seu posto de trabalho abordadas pela biomecânica ocupacional, a postura corporal é uma questão imprescindível, principalmente quanto aos aspectos relacionados aos efeitos deletérios da postura sentada sobre a coluna vertebral.

A postura, segundo a Academia Americana de Ortopedia é definida como um estado de equilíbrio entre músculo e ossos capaz de proteger as demais estruturas do

corpo humano de traumatismo, seja na posição sentada, em pé ou deitada (ADAMS et al., 1985).

“A postura corporal é definida como um arranjo balanceado das estruturas corporais, sendo determinada pelas posições dos segmentos entre si num dado momento (KENDALL et al, 2007).

Conforme Braccialli e Vilarta (2000) “existem inúmeras outras definições, porém deve-se ressaltar que a postura envolve uma relação dinâmica na qual as partes do corpo, principalmente os músculos esqueléticos, se adaptam em resposta a estímulos recebidos”. Os referidos estímulos recebidos, no contexto do presente estudo são representados pela postura sentada, mobiliário (conjunto mesa cadeira), posicionamento do *tablet*, iluminação do ambiente e ofuscamento por reflexão. Estes elementos podem levar a perda do equilíbrio homeostático dos ossos e músculos, bem como a perda da capacidade dos mesmos de proteção corporal.

O elevado índice de doenças relacionadas aos acometimentos posturais se tornou uma questão de saúde pública, que por atingir grande parte da população em idade produtiva, conseqüentemente gera sobrecarga previdenciária e absenteísmo laboral, e até mesmo escolar. As afecções posturais podem ocasionar limitação e incapacidade, temporária ou definitivamente, para o trabalho. Candott et al. (2011) colocam que as dores decorrentes de posturas inadequadas não raramente conduzem à diminuição da capacidade física e psíquica. Coury (1994) relata que as afecções posturais decorrentes dos efeitos da postura sentada têm sido consideradas como um sério problema de saúde pública, pois atingem alta incidência na população economicamente ativa, crianças e adolescentes. Braccialli e Vilarta (2000) colocam que o modelo biomecânico da coluna vertebral não foi constituído para permanecer por longos períodos na posição sentada.

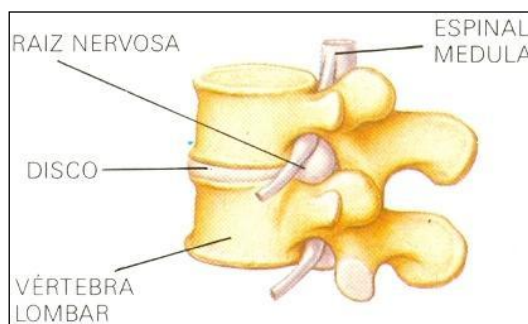
3.5.1 Biomecânica da coluna vertebral e a postura sentada

Os posicionamentos da cabeça e tronco são determinados respectivamente pela conformação da coluna cervical e lombar, a região torácica é pouco móvel devido às inserções das costelas que se fixam anteriormente ao osso esterno, portanto tem influência menos significativa quanto aos movimentos e posicionamentos. A manutenção prolongada de posturas estáticas, assim como os movimentos repetitivos em demasia representam condições nocivas à coluna vertebral, e estão intrinsecamente

relacionadas à expressiva incidência e prevalência de distúrbios e processos patológicos nestas regiões, com nexos causais ocupacionais.

Conforme ilustrado na Figura 4, a interposição entre os discos intervertebrais e os ossos que compõem a coluna vertebral, denominados corpos vertebrais, formam um arcabouço estrutural responsável por diversas funções, entre elas, a proteção mecânica da medula espinhal, proporcionar a integridade da integração do sistema nervoso central (medula espinhal) e sistema nervoso periférico (raízes nervosas), e manter de forma funcional a sustentação e a movimentação corporal. No entanto, estas funções podem ser comprometidas por acometimentos osteomusculares decorrentes das condições de trabalho.

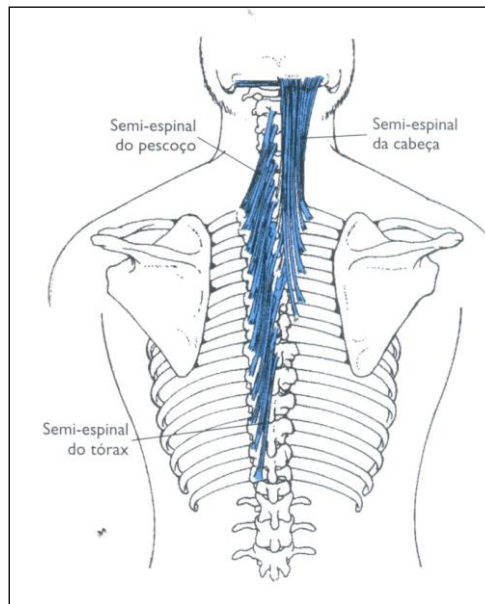
Figura 4 - Modelo da interação estrutural e funcional entre o disco intervertebral, corpos vertebrais, medula espinhal e raiz nervosa.



Fonte: Sobotta (2000, p. 8).

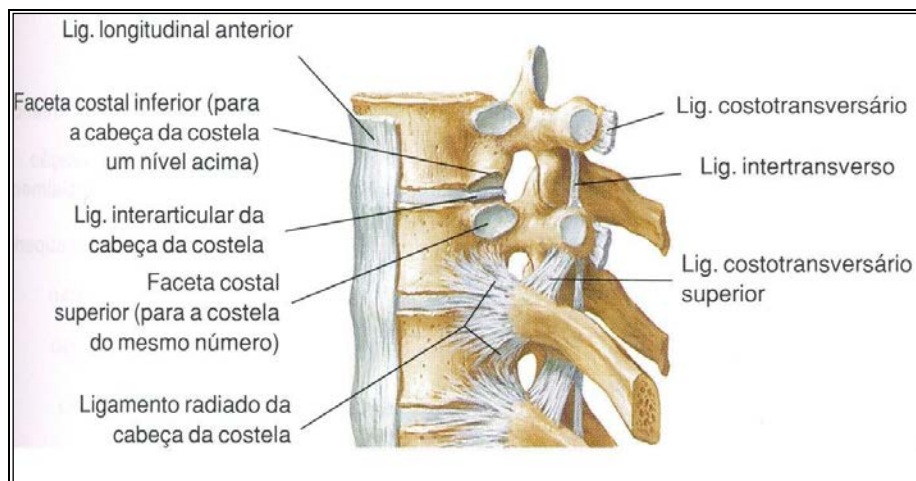
A disposição dos corpos vertebrais forma uma coluna estrutural mantida com o auxílio do suporte exercido pelo sistema músculo-ligamentar (Figura 5 e Figura 6), que mantém a junção e proporciona movimentação da coluna vertebral em conjunto com suas estruturas articulares (Figura 7), sob estímulos aferentes e eferentes do sistema nervoso periférico comandados pelo sistema nervoso central.

Figura 5 - Exemplos de músculos que estabilizam e movimentam a coluna vertebral.



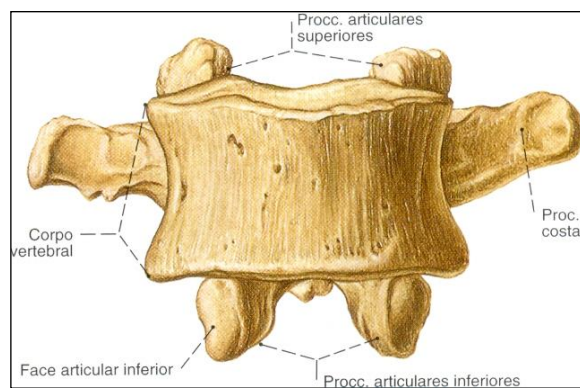
Fonte: Hall (2009, p. 237).

Figura 6 - Ligamentos que estabilizam a coluna vertebral.



Fonte: Netter (2007, p. 165).

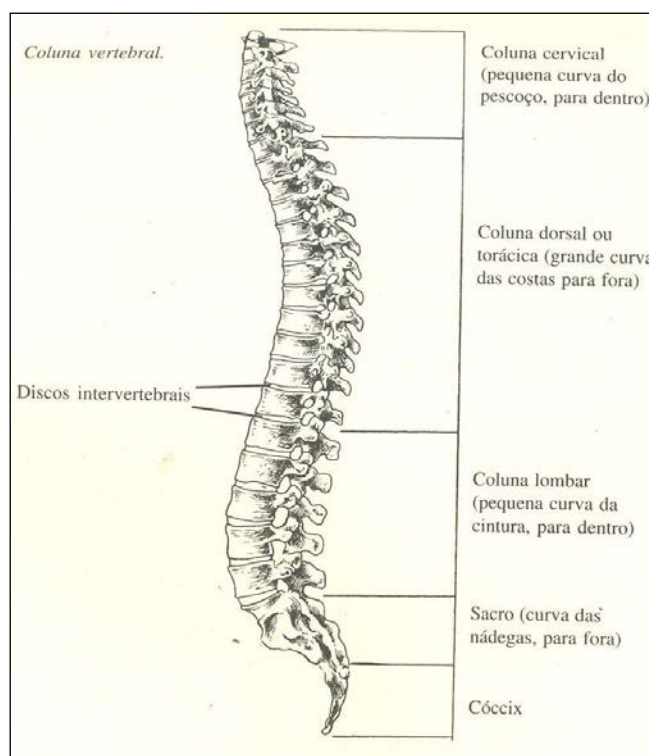
Figura 7 - Estruturas articulares de um corpo vertebral.



Fonte: Sobotta (2000, p. 9).

A coluna vertebral é caracteristicamente configurada com curvaturas fisiológicas no plano sagital, longitudinalmente denominadas lordose cervical, cifose torácica e lordose lombar (Figura 8). Estas curvaturas têm a função de minimizar o impacto mecânico da descarga de peso exercida sobre a coluna vertebral, que é transmitida de forma adjacente entre os corpos vertebrais.

Figura 8 - Curvaturas fisiológicas da coluna vertebral.



Fonte: Brandimiller (1999, p. 78).

De acordo com Rio e Pires (2001) considera-se uma boa postura da coluna vertebral quando, a configuração estática natural é respeitada, mantendo as curvaturas originais, sem esforço e dor.

Deste complexo sistema biomecânico, que envolve ossos, músculos, discos intervertebrais, estruturas articulares e a integração entre o sistema nervoso central e periférico, surgem as principais afecções posturais decorrentes das inadequações das atividades ocupacionais, as quais estão intrinsecamente relacionadas com a postura sentada.

A postura sentada representa um fator de grande significância para os estudos ergonômicos. Neste contexto, este estudo justifica-se por prestar colaboração por meio de informações que podem auxiliar o projeto do posto de trabalho com o uso do *tablet*,

de forma a minimizar os impactos negativos da varredura visual sobre a biomecânica postural da coluna vertebral na postura sentada.

Sobretudo, prevalecem como problemas posturais as afecções relacionadas à coluna vertebral, comumente associada à postura sentada, devido a sua frequente utilização e ao longo período de permanência na mesma, estes fatores exercem sobrecarga as estruturas ósseas, musculares e ligamentares. Segundo Marques, Hallal e Gonçalves (2010) a postura sentada é a mais utilizada nos ambientes de trabalho, na escola e nas atividades de lazer e o sentar é uma ação dinâmica, um comportamento e não somente uma condição estática. Para manter-se sentado, como em qualquer outra postura, é necessário o trabalho contínuo de grupos musculares, ao qual Brandimiller (1999) se referiu como um esforço invisível e silencioso contra a gravidade.

Coury (1994) coloca que “a postura sentada, independente de qualquer condição associada, reduz a curvatura lombar fisiológica” e aumenta em 35% a pressão interna dos discos intervertebrais, o que pode predispor os indivíduos a diversos acometimentos musculoesqueléticos, como a degeneração do disco intervertebral dada pelo rompimento do anel fibroso devido à pressão exercida pelo núcleo pulposo, o que caracteriza a hérnia de disco. Também pode desencadear desconfortos gerais, como dor e formigamento e alterações fisiológicas, como diminuição do fluxo sanguíneo e inchaços. As condições inadequadas, relacionadas ao mobiliário, hábito postural inadequado ao sentar e a longa permanência nessa postura podem potencializar os efeitos deletérios. A postura sentada associada à flexão de tronco ou falta de apoio para a região lombar ou para o antebraço pode elevar para 70% a pressão nos discos intervertebrais.

Segundo Iida (2005) nos países mais desenvolvidos, as crianças e adolescentes passam aproximadamente 20% de suas vidas em sala de aula, já nos países menos desenvolvidos essa percentagem é menor, no entanto, os mesmos permanecem sentados por longos períodos e assumem basicamente duas posturas: na primeira, momento em que se utiliza a superfície horizontal para as atividades de escrita ou desenho, há inclinação do tronco à frente, sem usar o encosto e com um ou dois braços sobre a mesa; na segunda postura, quando estão apenas ouvindo, o encosto é utilizado e os braços não mantêm contato com a mesa. A primeira postura é mantida por cerca de 80% do tempo.

Destacando a insuficiência de pesquisas sobre ambientes ocupacionais de ensino e a prática incomum do uso de novas tecnologias, o que torna evidente o despreparo ergonômico para a utilização de *tablets*. De forma genérica, Kowaltowski e Borges (1999) e Kowaltowski e Pina (2001) colocam que a funcionalidade dos ambientes escolares públicos é pouco estudada no Brasil, o que é justificado pela predominância do arranjo tradicional de mobiliário e ao uso de equipamento pouco diversificado nas salas de aula. Reis, Reis e Moro (2005) colocam que no Brasil o mobiliário escolar não é adequado e expõe as crianças a um ambiente desfavorável a saúde e a aprendizagem conforme. Alvarez (1995) relata que estudos nacionais sobre conforto visual na escola, demonstraram a necessidade de uma iluminação adequada para o reconhecimento das atividades que exigem percepção do campo visual.

Para Bracciali e Vilarta (2000) é paliativo procurar soluções para os problemas posturais da população adulta, sem considerar as condições desfavoráveis e hábitos incorretos reforçados cotidianamente durante desenvolvimento e crescimento. Para Zapater et al (2004) não considerar os fatores ergonômicos relativos a postura corporal pode ser mais preocupante para o público infantil, por estarem em fase de formação da consciência e da estrutura corporal.

A curto prazo, os benefícios da correta aplicação do design ergonômico, proporcionam maior rendimento no desenvolvimento das tarefas escolares. A longo prazo, proporciona conforto e facilidade para uma postura fisiológica a sujeitos em crescimento, como forma de evitar o desenvolvimento posterior de vícios posturais (INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE VALENCIA, 1992 apud PASCHOARELLI; SILVA, 2010, p. 27).

As contrações musculares estáticas solicitadas para a manutenção da postura sentada por longo período, por si já representam uma condição potencialmente nociva à saúde postural, portanto medidas auxiliares para minimizar a sobrecarga postural, como é proposta nesta pesquisa, são de suma importância como forma de contribuir com a melhoria das condições para o desenvolvimento de bons hábitos posturais, para a saúde do trabalhador e para o desempenho laboral.

3.6 CARACTERIZAÇÃO DAS INADEQUAÇÕES POSTURAIS DECORRENTES DO USO OCUPACIONAL DO TABLET EM UM CONJUNTO MESA-CADEIRA

Esta sessão aborda a postura sentada e as alterações biomecânicas e fisiológicas da coluna vertebral, caracteristicamente causadas pela adoção de posturas corporais com a manutenção de posicionamentos em flexão de cabeça, flexão de tronco e deslocamento anterior da região glútea sobre o assento. Estes posicionamentos corporais

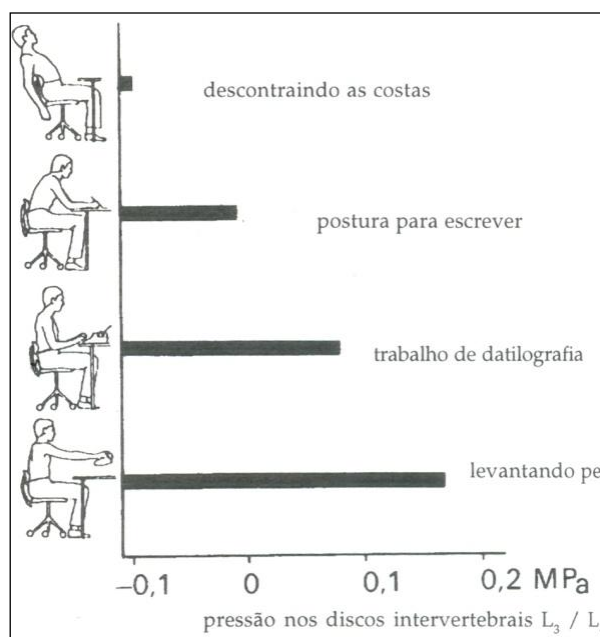
comprometem a integridade física da coluna vertebral e são comumente identificados em postos de trabalho com inadequações ergonômicas, principalmente quando é utilizada uma superfície de trabalho horizontal, ou próxima desta, o que se aplica ao uso ocupacional do *tablet*.

3.6.1 Mobiliário ocupacional (conjunto mesa-cadeira) e a região lombar da coluna vertebral

Para o uso ocupacional do *tablet* sobre o mobiliário convencional, com a utilização de uma superfície horizontal, há uma grande tendência em manter o tronco em flexão, o que é uma problemática ergonômica importante e bastante reconhecida, e que está sendo reforçada com a implementação deste novo instrumento ocupacional.

A Figura 9 demonstra os efeitos decorrentes de diversas maneiras de manter a postura sentada e a respectiva variação da pressão exercida sobre os discos intervertebrais.

Figura 9 - Variação da pressão sobre os discos intervertebrais em decorrência da postura sentada adotada.



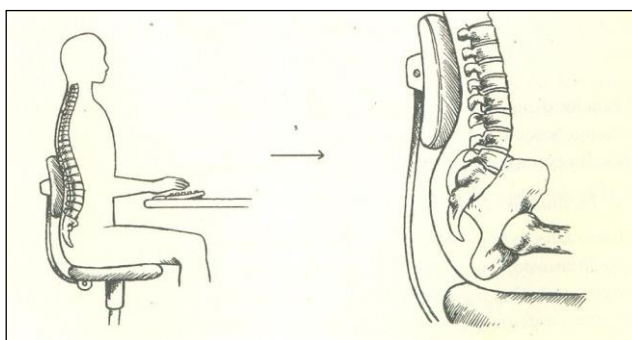
Fonte: Grandjean (1998, p. 66).

Segundo Iida (2005) atividades com alcances horizontais exigem maior flexão de tronco. No entanto, Ribeiro, Faria e Santos (2013) observaram em pesquisa experimental acerca da biomecânica postural da coluna vertebral na postura sentada com o uso de *tablet* posicionado no plano horizontal, que a inclinação de tronco não foi a principal característica postural adotada. No referido estudo, todos os participantes assumiram posturas inadequadas, caracterizadas pela flexão de tronco e principalmente

pelo deslizamento anterior da região glútea sobre o assento. É importante observar que os autores ponderam que possivelmente os participantes, por saberem que estavam sendo avaliados quanto a sua postura tenham evitado assumir ou manter o tronco fletido. Comumente ao preocupar-se em corrigir a postura, manter o tronco ereto é uma das atitudes mais adotadas.

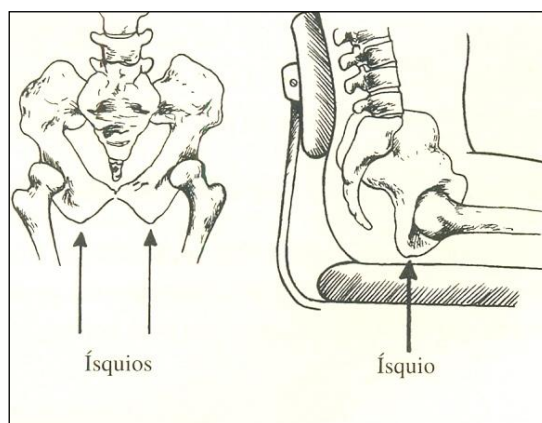
A seguir estão ilustradas, a conformação óssea da coluna vertebral em uma postura sentada adequada (Figura 10) e o devido apoio da região glútea no assento da cadeira (Figura 11).

Figura 10 - Postura sentada com a manutenção das curvaturas da coluna vertebral, o que leva a uma distribuição mais homogênea da descarga de peso entre os corpos vertebrais adjacentes.



Fonte: Brandimiller (1999, p. 80).

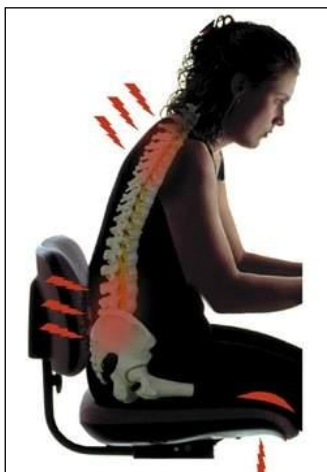
Figura 11 - Localização dos ísquios no osso do quadril com o indivíduo em pé, e seu devido apoio para uma postura sentada adequada.



Fonte: Brandimiller (1999, p. 81).

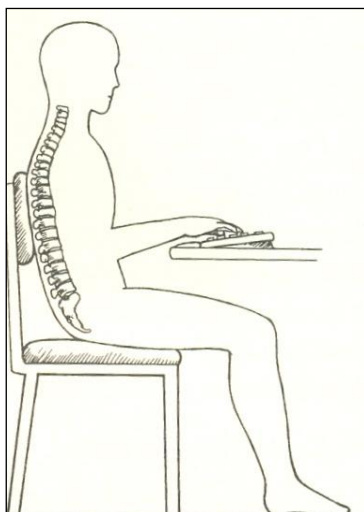
Tanto a flexão de tronco (Figura 12), quanto o deslizamento anterior da região glútea sobre o assento (Figura 13) são condições deletérias a coluna vertebral por desconfigurar as suas curvaturas fisiológicas da coluna vertebral causando aumento demasiado da pressão nos discos intervertebrais.

Figura 12 - Desconfiguração das curvaturas fisiológicas da coluna vertebral na postura sentada com flexão de tronco, condição que eleva a pressão intra discal.



Fonte: <http://orionsaudeebeleza.blogspot.com.br/>.

Figura 13 - Postura sentada com deslizamento anterior da região glútea sobre o assento causando retificação da lordose lombar e consequentemente maior pressão sobre as estruturas da coluna vertebral.



Fonte: Brandimiller (1999, p. 83).

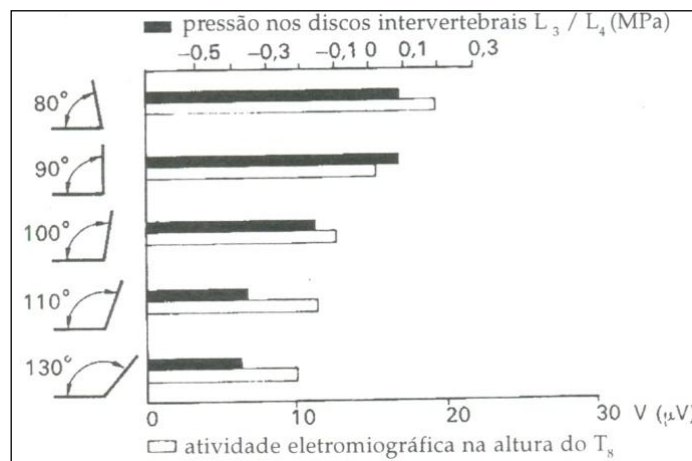
Segundo Brandimiller (1999) após algum tempo de trabalho na posição sentada é comum que os indivíduos escorregarem o corpo à frente na cadeira, em uma tentativa inconsciente de aliviar a tensão sobre a nuca proveniente da busca pelo alcance visual de algo sobre uma superfície horizontal relativamente baixa. Dul e Weerdmeester (2004) colocaram que o foco visual determina a postura da cabeça e tronco. As duas citações anteriores são alternativas bastante prováveis para justificar a prevalência da postura (Figura 13) com o uso de *tablet* identificada no estudo de Ribeiro, Faria e Santos (2013).

A retificação da lordose lombar também decorre da falta de controle postural por contração muscular estática capaz de promover a estabilização lombar preservando sua

lordose. Outro fator que favorece esta condição é a característica da cadeira, que oferece apoio para a região torácica desprivilegiando a região lombar, aspecto que exige maior controle para a manutenção de uma boa postura ao sentar. Segundo Bracciali e Vilarta (2000) ao utilizar o encosto da cadeira, com apoio da região torácica ocorre um aumento da pressão sobre os discos intervertebrais, enquanto que a utilização do apoio lombar diminui esta pressão.

A Figura 14 demonstra quantitativamente a influência do ângulo entre a superfície de assento e da cadeira e relação com a pressão exercida sobre os discos intervertebrais e sobre o trabalho estático da musculatura das costas.

Figura 14 - Relação do ângulo de inclinação do tronco na postura sentada com a pressão sobre os discos intervertebrais e sobre o trabalho estático dos músculos das costas aferida por atividade eletromiográfica.



Fonte: Grandjean (1998, p. 66).

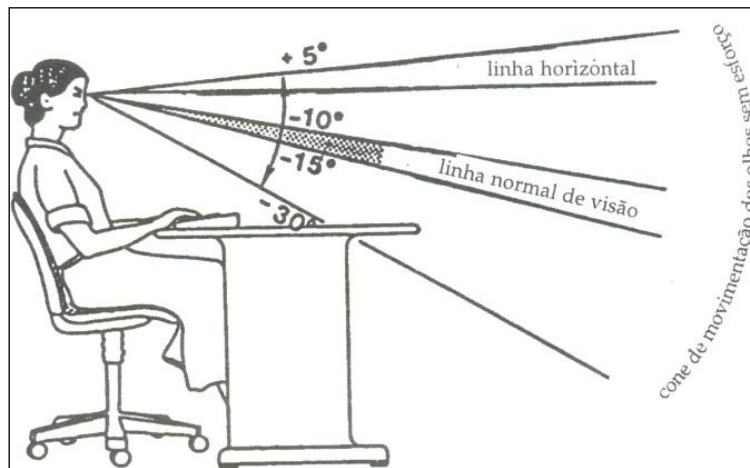
3.6.2 Mobiliário ocupacional (conjunto mesa-cadeira) e a região cervical da coluna vertebral

A postura com a manutenção da cabeça em flexão é responsável por diversos quadros algicos, distúrbios e doenças ocupacionais, que acometem as regiões do pescoço, nuca e membros superiores. Com este posicionamento da cabeça, a coluna cervical se mantém retificada, condição que provoca um aumento da pressão intra discal devido transferência e distribuição não homogênea de peso entre os discos intervertebrais, provocando desconforto, dores musculares e o desenvolvimento de doenças.

De acordo com Grandjean (1998) a cabeça não deve ser mantida em flexão por muito tempo com ângulo superior a quinze graus, para que não surjam os primeiros sinais de fadiga muscular. O autor também coloca que a linha de visão preferencial está

entre quinze a vinte graus abaixo da correspondente linha horizontal, o que forma o ângulo de visão dos operadores de terminais de vídeo, como está exemplificado na Figura 15.

Figura 15 - Linha de visão.

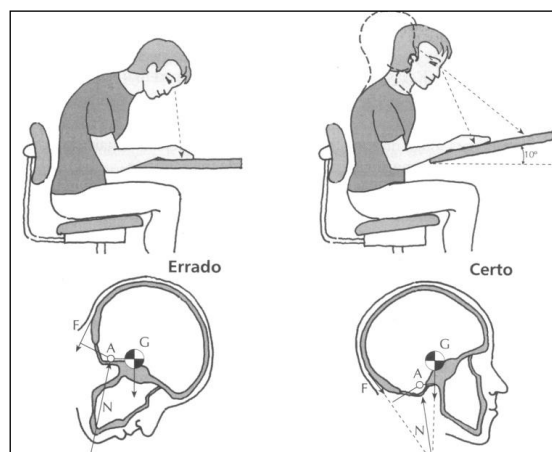


Fonte: Grandjean (1998, p. 54).

Conforme Brandimiller (1999) quando o foco de visão está apoiado sobre a mesa, este determina a posição da cabeça inclinada para baixo, assim como a dor na nuca. Tendo a interface do *tablet* como o foco de visão e colocado sobre uma mesa, que é o seu modo mais usual para o desempenho de atividades ocupacionais, torna-se bastante evidente a grande tendência para a manutenção do posicionamento da cabeça em flexão.

A Figura 16 orienta quanto ao posicionamento da cabeça para a realização de atividades ocupacionais com o foco de visão sobre uma mesa.

Figura 16 - Posicionamentos corretos e incorretos para a manutenção da cabeça para a realização de atividades laborais.

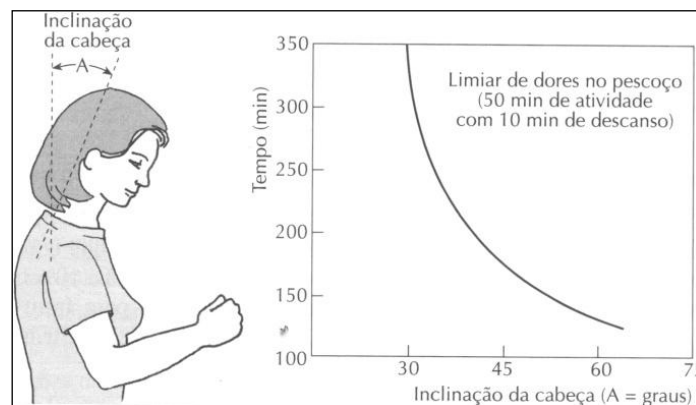


Fonte: Iida (2005, p. 162).

No estudo realizado por Ribeiro, Faria e Santos (2013), acerca da postura corporal durante o uso ocupacional do *tablet* apoiado sobre uma mesa, à manutenção da flexão da cabeça foi observada, de forma acentuada, em todos os sujeitos da pesquisa.

Iida (2005) coloca que as dores no pescoço começam a aparecer quando há inclinação da cabeça maior que 30° , e preconiza no máximo até 20° para a manutenção da inclinação da cabeça respeitando as pausas para o descanso. O autor ainda propõe, como está demonstrado na Figura 17, tempos médios para o aparecimento de dores no pescoço, de acordo com o grau de inclinação e a manutenção da postura com a cabeça fletida.

Figura 17 - Relação entre o grau e o tempo de manutenção da inclinação da cabeça para o surgimento de dores no pescoço.

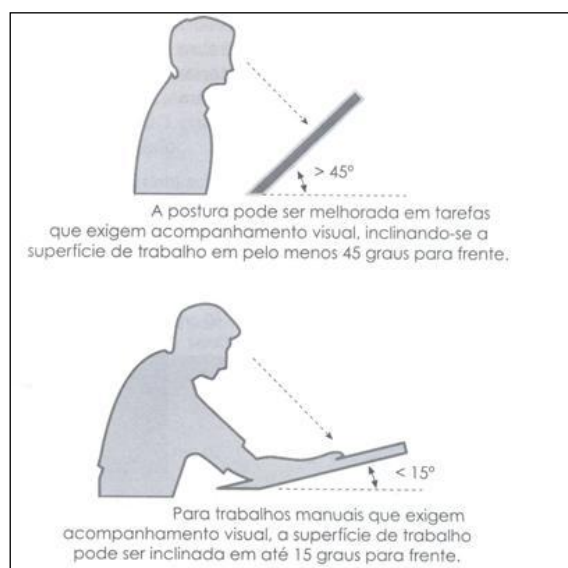


Fonte: Iida (2005, p. 145).

Iida (2005) coloca que, do ponto de vista postural os tampos inclinados são melhores que os horizontais e cita que “experimentos de laboratório mostram que os tampos inclinados em 10° são benéficos para tarefas de leitura. O ângulo do tronco no plano sagital reduz-se de 9° , com melhoria significativa do conforto” (IIDA, 2005 apud DE WALL, 1991).

Dul e Weerdmeester (2004) propõem a inclinação do tampo, como ilustrado na Figura 18, para minimizar os impactos a coluna cervical decorrentes da flexão de cabeça mantida para a realização de atividades ocupacionais que envolvam a leitura, ou o trabalho manual associado.

Figura 18 - Relação entre a característica da tarefa e a inclinação da superfície de trabalho para proporcionar uma postura adequada.



Fonte: Iida (2005, p. 163).

A inclinação de 15° do tampo sugerida na figura anterior é uma alternativa provavelmente viável para proporcionar uma condição ergonômica, entre outras necessárias, para o uso ocupacional do *tablet*, considerando o benefício direto sobre a questão visual que de forma indireta determina as ações posturais. Outro aspecto ergonômico importante é que com o tampo inclinado a manutenção do posicionamento dos punhos em extensão é menos exigida para o acesso à interface, fato que não ocorre quando apenas o *tablet* é mantido inclinado, ou quando está apoiado sobre um tampo horizontal.

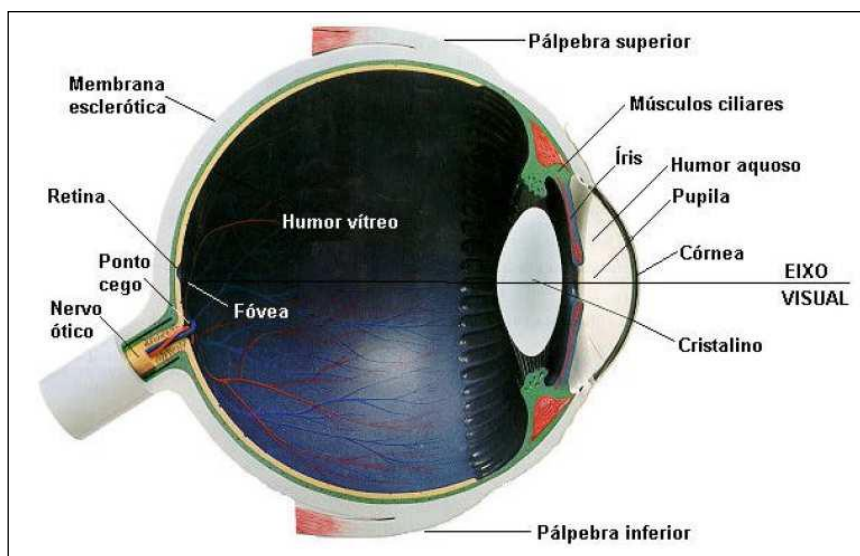
As adequações dos fatores ergonômicas relacionados ao uso ocupacional do *tablet*, tal como, mobiliário (conjunto mesa-cadeira) e iluminação do ambiente são imprescindíveis para possibilitar o desenvolvimento de bons hábitos posturais, para a manutenção dos mesmos e para preservar a integridade da coluna vertebral. Referente à atividade visual, a condição deficitária, assim como a postura adotada para evita-la são fatores prejudiciais e podem comprometer o desempenho ocupacional.

3.7 ATIVIDADE VISUAL, DESEMPENHO OCUPACIONAL E O USO DO *TABLET*

Comumente, mesmo quando preservados todos os sentidos humanos, a visão é preferencialmente utilizada para as interações com o ambiente. Em atividades ocupacionais, a visão também assume grande significância e condições ambientais deficitárias à visão podem interferir diretamente no desempenho ocupacional.

Sob o aspecto fisiológico, a visão decorre de um complexo processo que se inicia com sensação visual caracterizada pela captação do estímulo luminoso através de células fotossensíveis (cones e bastonetes), que além fotorecepção realizam a transdução foto-elétrica que desencadeia estímulos aos neurônios ganglionares, cujos axônios compõem nervo óptico, que é a via de acesso ao córtex visual localizado na porção occipital do cérebro, onde é gerada a percepção visual. As estruturas envolvidas neste processo fisiológico estão na Figura 19.

Figura 19 - Anatomia do olho (globo ocular).



Fonte: Guyton (1998, p. 98).

Quanto à motricidade ocular, os músculos intrínsecos são responsáveis pelo controle da entrada de luz por meio dos movimentos de abertura e fechamento do cristalino. A musculatura extrínseca (Figura 20) proporciona a estabilização e movimentação dos olhos, com o objetivo de trazer o ponto que se deseja observar para a região da fóvea, que devido a sua grande concentração de cones, proporciona uma melhor acuidade e discriminação visual.

Figura 20 - Anatomia do olho (músculos extrínsecos).



Fonte: http://anatoblogren.blogspot.com.br/2005_09_01_archive.html.

No campo científico, diversas áreas do conhecimento abordam a motricidade ocular, como objeto de estudo ou como método de pesquisa. Para tanto, são utilizadas as medidas básicas, denominadas fixações e sacadas. As fixações representam os momentos em que os olhos estão fixos sobre um determinado ponto assimilando a informação. Segundo Ogusuko, Lukasova e Macedo (2008) bons leitores apresentam fixações com duração média compreendida entre 200 e 250 milissegundos (ms). Referências apresentam duração média das fixações em tarefa de leitura silenciosa de 225 a 250ms (RAYNER e CASTELHANO, 2007), de 200 a 250 ms (ELLIS, 1995), 180ms (MCCONKIE e ZOLA 1989), de 225ms (RAYNER, 1998). Para a codificação da informação a média de duração das fixações é de 200 a 300ms (LORIGO et al., 2008) e de 218ms (BARRETO, 2012).

As sacadas são os movimentos oculares que ocorrem entre as fixações (RAYNER, 1998) e segundo Luegi (2009) possuem duração média de 20 a 35 ms (na leitura) e de 30 a 50 ms (na percepção de cenas/imagens). São denominadas, sacadas regressivas, as que ocorrem na direção oposta ao sentido de leitura com o intuito de inspecionar novamente a informação, segundo Starr e Rayner (2001) sua frequência é de 10 a 15% de vezes durante a leitura.

Durante a leitura, as sacadas e fixações mantêm padrão semelhante, que difere do observado em tarefas como processamento de paisagens ou objetos (BOYCE E POLLATSEK, 1992). A Tabela 4 apresentada à variação da duração média dos movimentos oculares de acordo com a atividade executada.

Tabela 4 – Duração média dos movimentos sacádicos e fixações segundo a tarefa executada.

<i>Task</i>	<i>Mean fixation duration (ms)</i>	<i>Mean saccade size (degrees)</i>
<i>Silent Reading</i>	225	2 (about 8 letters)
<i>Oral Reading</i>	275	1,5 (about 6 letters)
<i>Visual search</i>	275	3
<i>Scene perception</i>	330	4
<i>Music Reading</i>	375	1
<i>Typing</i>	400	1 (about 4 letters)

Fonte: Rayner (1998).

Para a ergonomia, o ofuscamento refletido na interface do *tablet* representa um déficit ambiental importante à visão. Além dos possíveis acometimentos a saúde, pode comprometer o desempenho ocupacional. Neste sentido, Villarouco e Andreto (2008) colocam que, em relação ao conforto ambiental, a iluminação é um elemento que modifica o desempenho.

3.8 TÉCNICAS DE ANÁLISE DA BIOMECÂNICA POSTURAL DA COLUNA VERTEBRAL E DA ATIVIDADE VISUAL

3.8.1 Técnicas de análise da biomecânica postural

Nessa subseção são abordadas técnicas de análise da biomecânica postural da coluna vertebral. São privilegiados os sistemas rastreadores de movimento, com ênfase nos sistemas magnéticos e nos parâmetros utilizados para determinar a posição de um corpo no espaço.

A biofotogrametria é uma técnica relativamente pouco complexa, objetiva, de baixo custo e confiável para a análise postural. Ela consiste na mensuração de ângulos, distâncias horizontais e verticais a partir de fotos digitais de indivíduos com marcações corporais. Atualmente essa tarefa é feita em softwares específicos, dentre os quais são bastante conhecidos o *Alcimagem* e o *Software para Avaliação Postural (SAPO)*. Entretanto, essa técnica é aplicável a experimentos científicos que objetivam analisar posturas estáticas.

Para experimentos que envolvem situações dinâmicas, a análise cinemática do movimento é uma técnica frequentemente utilizada por meio de sistemas de reconstrução bidimensional ou tridimensional do movimento humano. Esses sistemas analisam variáveis angulares e espaços-temporais a partir de marcações corporais.

Outros recursos são as tecnologias de rastreamento, sistemas capazes de realizar análise cinemática do movimento sem o uso de marcadores corporais, são exemplos:

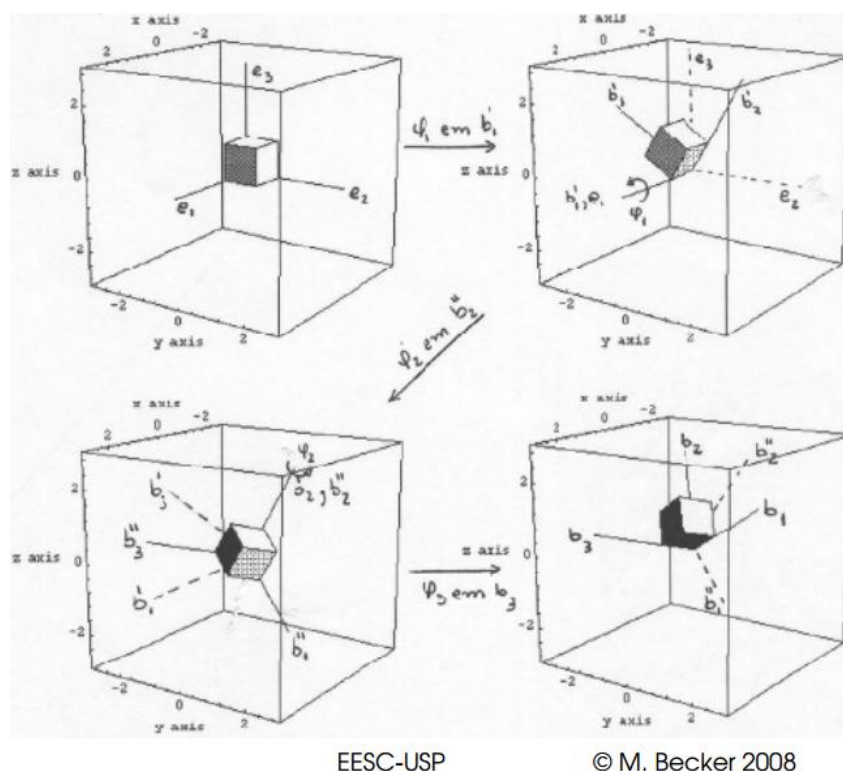
- Rastreador mecânico – o rastreamento é realizado por uma estrutura articulada conectada fisicamente ao ponto do corpo do usuário que será rastreado (ponto de referência), a outra extremidade da conexão física é um ponto fixo. A posição do ponto de referência é obtida por cinemática direta, que conforme Becker (2008) utiliza dados das coordenadas generalizadas de posição das juntas da conexão física articulada na procura posição do *TCP* (*tool Center point* – extremidade da ferramenta conectada ao usuário) e orientação do sistema de coordenadas da ferramenta. Potenciômetros são utilizados para obtenção dos ângulos articulares.
- Rastreadores acústicos - determina as posições por meio de um dispositivo controlador, que além de emitir sinais sonoros (geralmente ultra-som) percebe a recepção em relação a um ou mais dispositivos. Os períodos temporais decorridos entre emissão e recepção das ondas sonoras são utilizados para calcular as posições.
- Rastreadores magnéticos - seu funcionamento consiste na emissão e recepção de sinais eletromagnéticos. Nesses sistemas, o posicionamento de um corpo no espaço é determinado por meio da posição relativa entre transmissor e emissor.

Todos os recursos abordados são de grande aplicabilidade e possuem vantagens e desvantagens peculiares. Esses aspectos devem ser considerados para o uso adequado dos equipamentos, bem como os objetivos propostos, a condição experimental e a disponibilidade de recursos, visto o alto custo de alguns, entre outros.

Um aspecto importante de um dispositivo de análise cinemática do movimento é a sua capacidade de rastreamento em relação à quantidade de graus de liberdade. A posição exata de um corpo no espaço pode ser determinada por meio da análise dos seus seis graus de liberdade. Em estudos, na área da biomecânica humana, os sistemas rastreadores que operam com seis graus de liberdade são capazes de aferir os movimentos/determinar a posição de qualquer seguimento corporal, desde que respeitadas às técnicas de execução e as características do sistema de rastreamento utilizado.

Para se obter a posição de um corpo no espaço são utilizados sistemas de referência, geralmente representados por sistemas cartesianos de coordenadas, cada um constituído por três eixos ortogonais. A rotação sobre os eixos do sistema cartesiano é uma parametrização mais utilizada para determinar a posição de um corpo no espaço. A Figura 21 demonstra esquemas sequenciais que envolvem esse processo.

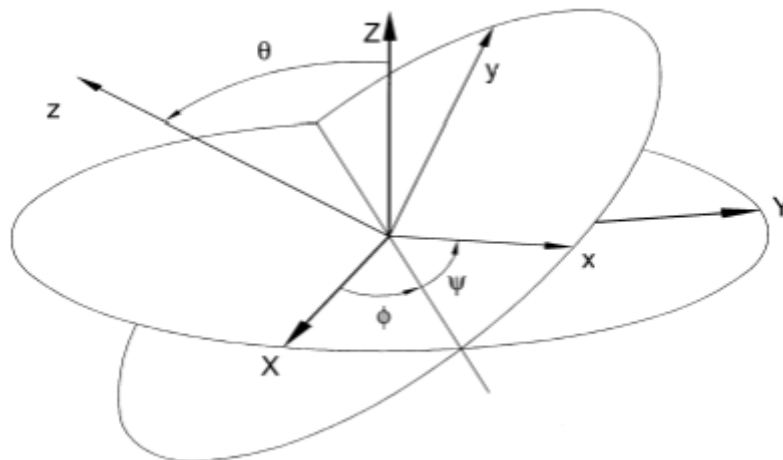
Figura 21- Esquema sequencial ilustrativo do movimento e localização de um corpo no espaço por meio de sistemas cartesianos e da rotação sobre seus eixos.



Fonte: http://www.mecatronica.eesc.usp.br/wiki/upload/0/07/Aula5_SEM0317.pdf.

A posição de um corpo no espaço, dada pela relação dos movimentos de rotação sobre os eixos de um sistema cartesiano pode ser explicada por meio do ângulo de Euler. São utilizados dois sistemas de coordenadas cartesianas sobrepostos, um inercial e outro que se move junto ao corpo em rotação. Dessa forma são criados três ângulos entre os sistemas cartesianos, os ângulos de Euler (Figura 22). Por meio de equações matemáticas acerca destes ângulos são obtidas coordenadas para determinar a posição de um corpo no espaço.

Figura 22 - Orientação dos ângulos de Euler. Os três ângulos são formados pelos referenciais (X, Y e Z) do plano cartesiano fixo em relação aos referenciais (x, y e z) do plano cartesiano que se move junto ao elemento rastreado.



Fonte: O'Connor et al. (1992, p. 98).

3.8.2 Técnicas de análise da atividade visual

Essa seção aborda os sistemas rastreadores dos movimento oculares e atém-se principalmente ao modelo de sistema geralmente aplicado em estudos no domínio científico com foco na motricidade ocular. Também trata de conceitos, medidas básicas e métricas utilizadas para a interpretação dos dados coletados.

Em pesquisas, a atividade visual é abordada sob diversas perspectivas, são exemplos, os processos cognitivos, perceptuais, aspectos patológicos e a motricidade ocular. Para tanto, existem inúmeros métodos, técnicas e instrumentos para a coleta de dados. Para as pesquisas que abordam a atividade visual relacionada aos movimentos dos olhos, os rastreadores oculares representam o estado da arte para a recolha de dados. De acordo com Barreto (2012) existem atualmente três tipos de sistemas, segundo suas características, capazes de medir os movimentos dos olhos. São eles:

- Sistemas mecânicos - que são semelhantes a uma lente de contato com sensor magnético integrado e são preferencialmente utilizados em pesquisas laboratoriais relacionadas à fisiologia ocular.
- Sistemas eletrônicos – por meio de eletrodos colocados ao lado dos olhos são medidos potenciais elétricos. São aplicados para medir movimentos rápidos e involuntários e é o método mais utilizado para pesquisas relacionadas ao sono.
- Sistemas de vídeo – entre os equipamentos desse tipo, os dispositivos *Dual Purkimje* é utilizado para estudos de observação do olhar fixo, aplicado a

situações estáticas. Os dispositivos *Pupil Center corneal Reflection* são aplicados a situações dinâmicas.

Entre os sistemas *eye tracker* do tipo *Pupil Center corneal Reflection* existem diversos modelos, os quais diferem em estrutura física, aplicabilidade e funcionamento. Esse modelo de sistema pode ser mono ou binocular e funciona basicamente por meio da emissão de uma luz infravermelha que causa reflexão na córnea e localiza o centro da pupila. O dispositivo ao detectar a reflexão da córnea e o centro da pupila, utiliza esses dados como fatores de rastreamento para a geração de coordenadas do olhar que são capturadas por uma câmera de vídeo. As imagens do olho também são capturadas por vídeo. Por meio destes mecanismos, o funcionamento do sistema consiste em realizar medidas (horizontal e vertical) da linha do olhar em relação à cabeça. Desta forma o *eye tracker* é um dispositivo capaz de monitorar o comportamento visual do utilizador em tempo real, possibilita que os movimentos oculares sejam observados e que a localização da área visualizada seja rastreada.

Apenas a identificação dos movimentos oculares (sacadas e fixações) não representa a aquisição de dados suficientes para a obtenção de resultados experimentais. Os dados terão significância experimental quando coletados e analisados dentro de um contexto. Desta forma, as fixações podem ser interpretadas de diferentes maneiras, a sua maior frequência em determinado ponto ou área de uma interface pode ser um indicativo de maior interesse, assim como também, em outro contexto experimental pode sinalizar uma maior complexidade cognitiva da tarefa, ou ainda, como propõe a abordagem e metodologia deste estudo expressar a dificuldade para o acesso visual a informação na interface do *tablet* em função do ofuscamento por reflexão.

Quanto à interpretação dos movimentos sacádicos progressivos, devido a não decodificação da informação, pouco pode se saber por meio destes sobre a complexidade e relevância dos elementos ou da disposição dos mesmos em determinada interface. Macedo et al. (2008) colocam que as sacadas regressivas provavelmente ocorrem de 10 a 15% de vezes em leitura e podem ser analisadas em função de seu comprimento, portanto somente as mais longas, acima de dez letras, refletem a dificuldade de compreensão do conteúdo. Os autores ainda referem que as regressões servem como uma forma de conferir uma palavra que foi pulada ou não compreendida. Conforme Rayner (1998) as sacadas regressivas muito curtas estão mais relacionadas a erros óculo-motores do que a erros de compreensão semântica.

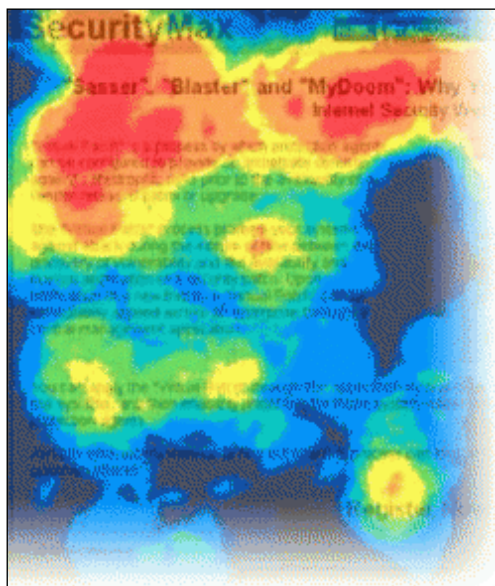
São consideradas como medidas básicas as fixações e as sacadas, ou movimentos sacádicos, dos quais diversas outras métricas são geradas. Dentre estas, as mais utilizadas, porém não necessariamente as melhores métricas para todas as situações, segundo Barreto (2012) são:

- *Gaze duration* (duração do olhar) – “refere-se à duração cumulativa e localização espacial média de uma série de fixações consecutivas dentro de uma área de interesse”.
- *Scanpaths* (sequência de fixações) – “descreve uma sequência completa de fixação-sacada-fixação”.
- Taxa de intermitência (movimento de piscar dos olhos) e tamanho da pupila – podem ser utilizados como índice de carga cognitiva. Quanto menor for a taxa de intermitência maior é a carga cognitiva. O aumento da pupila pode indicar maior esforço cognitivo.
- Número total de fixações – Pode ser considerado como um indicativo de menor eficiência na busca de informação em uma interface.
- Número de fixações sobre uma área de interesse – esta pode indicar uma maior importância de um elemento da interface.
- Tempo transcorrido até a primeira fixação – quanto menor este for demonstrará o quanto às propriedades gráficas são capazes de atrair a atenção.
- Densidade espacial das fixações – fixações concentradas em uma pequena área sugerem eficiência na busca pela informação. Fixações mais dispersas sugerem o inverso.

Para a interpretação dos dados podem ser utilizados diversos *softwares* que geram animações ou representações gráficas referentes ao comportamento visual de um ou mais utilizadores. São exemplos:

- *Heat map* (Figura 23) – As áreas quentes indicam os locais de maior volume de fixações em uma interface, de modo a indicar as áreas de maior atenção dada pela frequência das fixações.

Figura 23 – Exemplo de apresentação de relatório de atenção visual utilizando *heat map* (mapa de calor).



Fonte: <http://www.denvermedia.net/news/heat-map-boost-website-usability/>.

- Mapa de zona sombreada (Figura 24) – Exibe prioritariamente as áreas com maior concentração de fixações visuais.

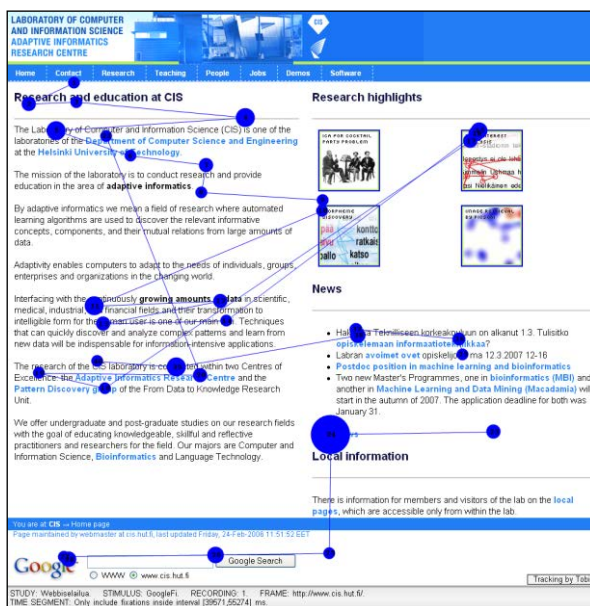
Figura 24 – Exemplo de apresentação de relatório de atenção visual utilizando o mapa de zona sombreada.



Fonte: Barreto (2012).

- *Gaze plot* (Figura 25) – Apresenta os pontos de fixação visual ordenados sucessivamente e unidos por linhas que demonstram o trajeto dos movimentos sacádicos.

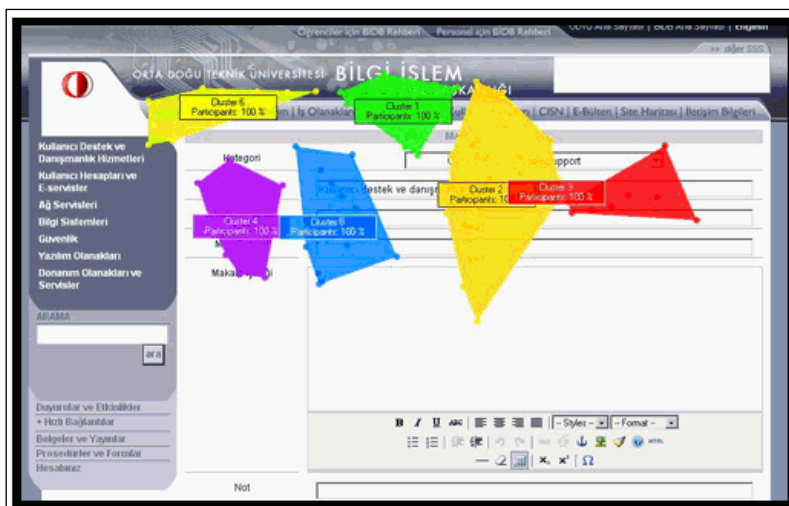
Figura 25 – Relatório de resultados *gaze plot* (traçado de olhares).



Fonte: <http://smartseo.vn/blog/tim-hieu-thoi-quen-nguoi-su-dung/>.

- *Cluster* (Figura 26) – Apresenta as áreas com maior concentração de pontos de fixações visuais. Estas áreas são distribuídas percentualmente de acordo com os interesses em comum dos participantes.

Figura 26 – Exemplo de apresentação do relatório *cluster*.



Fonte: <http://ibe.bidb.odtu.edu.tr/node/55>.

A escolha da métrica para a análise dos dados, bem como a forma de representação destes, deve ser bem ponderada, considerando os objetivos, o objeto de estudo e os procedimentos metodológicos, dentre outros elementos para que se mantenha o rigor científico de modo a conferir fidedignidade à pesquisa.

3.8.3 Rastreadores integrados de movimento: eye tracker e head tracker

Esta seção trata do uso de sistemas integrados de rastreamento. Aborda especificamente a integração dos dispositivos de rastreamento ocular (sistema *pupil center corneal reflection*) e dos movimentos da cabeça (sistema magnético com seis graus de liberdade). Esses modelos de sistemas foram priorizados por representarem o estado da arte para aplicação em pesquisas científicas com foco na análise de aspectos em que a motricidade ocular e a cinemática dos movimentos da cabeça estão ou podem estar relacionados. Com a integração desses sistemas é possível relacionar dados com precisão e as possibilidades de análises são ampliadas.

O modelo de dispositivo *head tracker* em questão possui seis graus de liberdade, portanto, afere os movimentos da cabeça (posição e orientação tridimensionais). O rastreamento é realizado por meio da posição relativa entre receptor e emissor de sinais magnéticos. Quando integrado ao *eye tracker* é capaz de obter dados como, posição do olho em relação à cabeça (parte ótica), posição e orientação da cabeça em relação ao ambiente (parte cinemática) e posição do olho em relação um ambiente determinado e à cabeça (integração olhar/cabeça).

Em suma, esta integração proporciona a descrição da localização da linha do olhar do participante no ambiente tridimensional. Mais precisamente, são definidos planos de interesse no ambiente e o resultado final é composto pelas coordenadas bidimensionais do ponto no qual a linha do olhar cruza um/determinado plano de interesse. Adicionalmente, o sistema oferece os dados de localização (as coordenadas x, y, z) e orientação (os ângulos de rotação *azimuth*, *elevation* e *roll*) do sensor em relação ao transmissor (Rodrigues, s.d.).

A Figura 27 ilustra os três eixos de coordenadas correspondentes à posição da cabeça e os ângulos de rotação referentes à orientação da cabeça. A orientação está relacionada à posição e pode ser completamente descrita por meio dos ângulos de rotação *azimuth*, *elevation* e *roll*. Desta forma, *azimuth* representa o ângulo de rotação em torno do eixo vertical (Z). *Elevation* corresponde ao ângulo de rotação em torno do eixo (Y). *Roll* refere-se ao ângulo de rotação em torno do eixo (X).

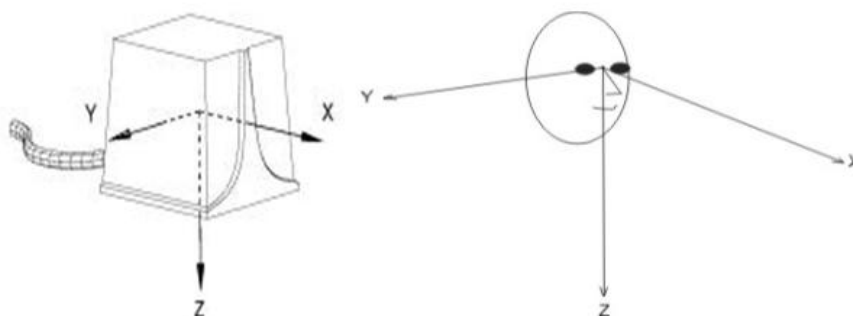
Figura 27 – Sistema cartesiano de coordenadas e ângulos de rotação. Posição e orientação da cabeça respectivamente.



Fonte: <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/equipamentos-realidade-virtual6.htm>.

A Figura 28 demonstra a decomposição do sistema de coordenadas utilizado para a localização da cabeça no espaço. O sistema de coordenadas da imagem do componente rastreador é móvel e o sistema de coordenadas ilustrado na cabeça é inerte. Sobrepostos constituem um sistema de coordenadas para o rastreamento dos movimentos da cabeça, processo que já foi descrito de modo geral (sem aplicação a um seguimento corporal específico) na seção 4.5.1. Desta forma, a cinemática dos movimentos da cabeça pode ser completamente analisada com precisão.

Figura 28 - Sistema de coordenadas para aferição da posição relativa do transmissor e sensor magnético do *head tracker*. A imagem à esquerda é de um receptor magnético que fica acoplado à cabeça.



Fonte: Adaptado de Eye Tracker Systems Manual: ASL Eye-Trac 6 - H6 Head Mounted Optics.

4. MÉTODO

4.1 SUJEITOS DA PESQUISA

Os dados foram coletados com 32 participantes. Duas coletas foram descartadas devido à adoção de posturas corporais que levaram a perda dos parâmetros de calibração do *eye tracker* e dez devido à perda do rastreamento ocular, fato relacionado a fatores como a anatomia ocular, características étnicas determinantes do tamanho e abertura dos olhos e o tamanho e posição dos cílios oculares. A coleta de dados foi realizada em sete dias, compreendidos no período de três a quinze de abril de 2014.

Portanto, foram utilizados na pesquisa os dados de 20 sujeitos de ambos os gêneros (13 homens e 7 mulheres), com idades entre 18 e 23 anos. A idade média foi de 20,2 anos, com desvio padrão de 2,14.

Foram adotados os seguintes critérios de inclusão:

- Não apresentar alterações posturais severas ou acometimento motor, neurológico ou musculoesquelético evidente a inspeção, que de alguma maneira possa interferir na manutenção da postura sentada e no posicionamento da cabeça.
- Não usar óculos.
- Não apresentar déficit visual, exceto quando corrigido com o uso de lentes de contato.
- Não ter diagnóstico de disfunção, distúrbio ou doença que possa comprometer a leitura e o reconhecimento de caracteres gráficos, bem como seu direcionamento (direita, esquerda, para cima e para baixo).

4.2 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto para o desenvolvimento da pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Humanos da Faculdade de Filosofia e Ciências (FFC) UNESP de Marília, parecer número 702/2013 (Apêndice A).

Os sujeitos da pesquisa foram devidamente instruídos quanto a sua participação no estudo e orientados a ler e impreterivelmente assinar Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B), conforme Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, que trata o Código de Ética para Pesquisa em Seres Humanos.

4.3 LOCAL

A coleta de dados foi realizada no Laboratório de Informação, Visão e Ação (LIVIA), do Departamento de Educação Física da Faculdade de Ciências da UNESP Campus de Bauru.

4.4 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

- *Eye-tracker* modelo *H6* da marca *Applied Science Laboratories (ASL)*. Este é um dispositivo monocular, com acurácia do ângulo visual de meio grau ($0,5^\circ$). A taxa de amostragem das câmeras é de 60 Hz.

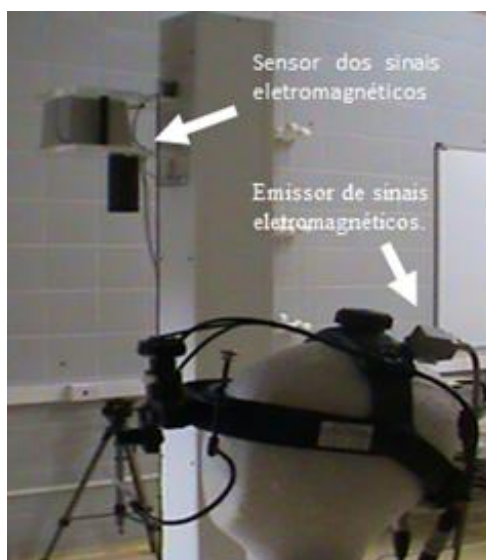
Figura 29 - *Eye tracker*.



Fonte: o autor.

- *Head-tracker* marca *Ascension* modelo *Flock of Birds*, composto por unidade de controle, um transmissor e receptor. Este equipamento está acoplado ao *eye tracker* e opera como uma opção do sistema no modo *eye tracker integration (EHI)* no *software* do sistema.

Figura 30 - *Head tracker*.



Fonte: o autor.

- *Tablet* marca *Apple* modelo *iPad 2 64GB wi-fi*, com tela de 9,7 pol.
- Suporte da marca *Apple*, para manter o *tablet* em 30° de inclinação em relação à superfície da mesa.
- Luxímetro marca Lutron modelo LX-101, calibrado.

Figura 31 - Luxímetro.



Fonte: o autor.

- Luminômetro digital portátil marca Konika Minolta, modelo LS-110, devidamente calibrado.

Figura 32 - Luminômetro.



Fonte: o autor.

- Tripé com ajustes de altura, adaptado para a sustentação do sistema de iluminação, montado com uma luminária, com 1,23 m de comprimento e 22 cm de largura, que comporta duas lâmpadas. Foram utilizadas duas lâmpadas fluorescentes da marca Philips, branca *comfort 3G*, TL-D 32W/64RS.

Figura 33 - Sistema móvel de iluminação.



Fonte: o autor.

- Mesa com superfície horizontal. Dimensões (largura x profundidade x altura) 1,30 cm x 59,5 cm x 75 cm, mantendo conformidade com a NBR 13966 – Ergonomia, que estabelece medidas entre 72 e 75 centímetros para a altura da mesa de trabalho.
- Cadeira, sem qualquer tipo de regulagem, com encosto em 90° em relação ao assento horizontal. Dimensões: (largura x profundidade x altura) 37 cm x 35,5 cm x 45 cm. O encosto da cadeira privilegia a região torácica e tem forma retangular com 37 cm de largura e 19 cm de altura. A altura da extremidade superior do encosto em relação ao solo é de 86 cm e em relação ao assento é de 23 cm.
- Tarefa prescrita (Apêndice C) apresentada na tela do *tablet*, com 140 caracteres gráficos dispostos em dez linhas (numeradas de 1 a 10) e quatorze colunas (demarcadas de A a N), na cor preta sobre o fundo branco. Os caracteres são optótipos, ou seja, símbolos padronizados para testes, que nesta adaptação são representados pelo “C” de Landolt, utilizado para teste de acuidade visual.
- Fita métrica utilizada pregada sobre a mesa, de modo a estabelecer uma escala em centímetros (30 cm) para a localização espacial do *tablet* dentro da área de calibração dos instrumentos de coleta de dados.
- *Matlab (MATrix LABoratory)* - *software* de alta performance que integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos.

- Câmera filmadora da marca *Sony* modelo DCR-SR68, utilizada para registrar o desenvolvimento das coletas de dados.

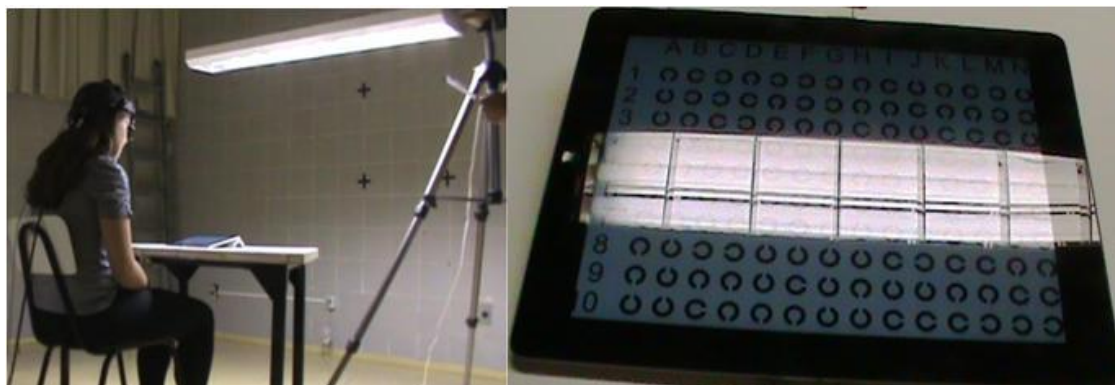
4.5 DESCRIÇÃO DO LABORATÓRIO

O conjunto mesa-cadeira foi posicionado sobre pontos fixos demarcados no chão e o centro da cadeira foi mantido alinhado ao centro da mesa. A distância entre o encosto da cadeira e a borda frontal da mesa foi de 41 cm centímetros. A 80 centímetros atrás da cadeira foi posicionado o transmissor de sinais eletromagnéticos do *head tracker*, que por meio da posição e orientação relativa do sensor acoplado ao *eye tracker* obtém o rastreamento dos movimentos da cabeça (posição e orientação).

Utilizando um suporte, o *tablet* foi mantido com inclinação de 30° e no centro da mesa a uma distância de 65 cm entre a glabella do participante na posição inicial padronizada e o ponto marcado no centro da borda superior do *tablet*. A medida está compreendida entre os limites mínimo e máximo de 45 e 70 centímetros respectivamente, recomendados pela FIOCRUZ (s.d.). Para a adequação dessa distância para cada participante, no centro da mesa foi traçada uma linha, sobre a qual o *tablet* era movido para frente e para trás e uma linha de *nylon* com 65 centímetros foi utilizada para a medição. A apresentação de optótipos como tarefa prescrita foi adotada por não envolver elementos semânticos e gramaticais, bem como por não exigir processos cognitivos mais complexos como na leitura textual. Esses elementos influenciam os movimentos oculares (OGUSUKO, LUKASOVA E MACEDO, 2008); (RAYNER e CASTELHANO, 2007), (MCCONKIE e ZOLA 1989), (RAYNER, 1998) e (LORIGO et al., 2008). Portanto, a utilização de optótipos para a tarefa prescrita minimiza a influência de outras variáveis sobre os movimentos oculares, de modo que os resultados possam ser atribuídos à influência do ofuscamento refletido.

Uma luminária/calha e um tripé foram adaptados para compor o sistema de sustentação móvel de iluminação, que possibilitou gerar e direcionar uma faixa de ofuscamento sobre uma área pré-determinada da interface, sobre as linhas 4, 5, 6 e 7 como demonstra a Figura 34. Uma marcação traçada no chão paralelamente ao participante e a 40 centímetros do lado direito da cadeira foi utilizada como referência para a movimentação para frente e para trás, sempre mantendo os dois pés pré-determinados do tripé sobre a linha, de modo a direcionar o ofuscamento sobre as linhas de caracteres pré-determinados da interface.

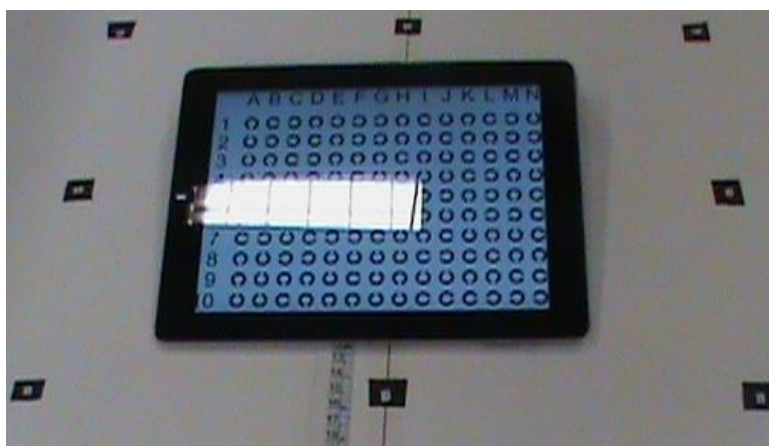
Figura 34 – Iluminação horizontal (IH).



Fonte: O autor.

A Figura 35 demonstra o *tablet* colocado na área utilizada para a coleta de dados, no entanto, sem o uso do sistema de iluminação da condição experimental, portanto, com a interface exposta exclusivamente à iluminação geral e estritamente artificial, do laboratório, a qual é projetada com luminárias semelhantes à utilizada na pesquisa e tem conformidade com a NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação de ambientes de trabalho, Parte 1: Interior, de 21/04/2013. “Esta norma especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho”. Nota-se grande semelhança entre o reflexo gerado pela iluminação geral do laboratório, que representa uma condição natural de uso do instrumento e o reflexo gerado pela iluminação da condição experimental.

Figura 35 – Reflexo gerado pela iluminação artificial do laboratório sem utilizar a iluminação da condição experimental.



Fonte: O autor.

A luminância da condição experimental criada no laboratório foi aferida em 920 lux. A fotocélula do luxímetro foi posicionada sobre a interface do *tablet* para o registro da luminância.

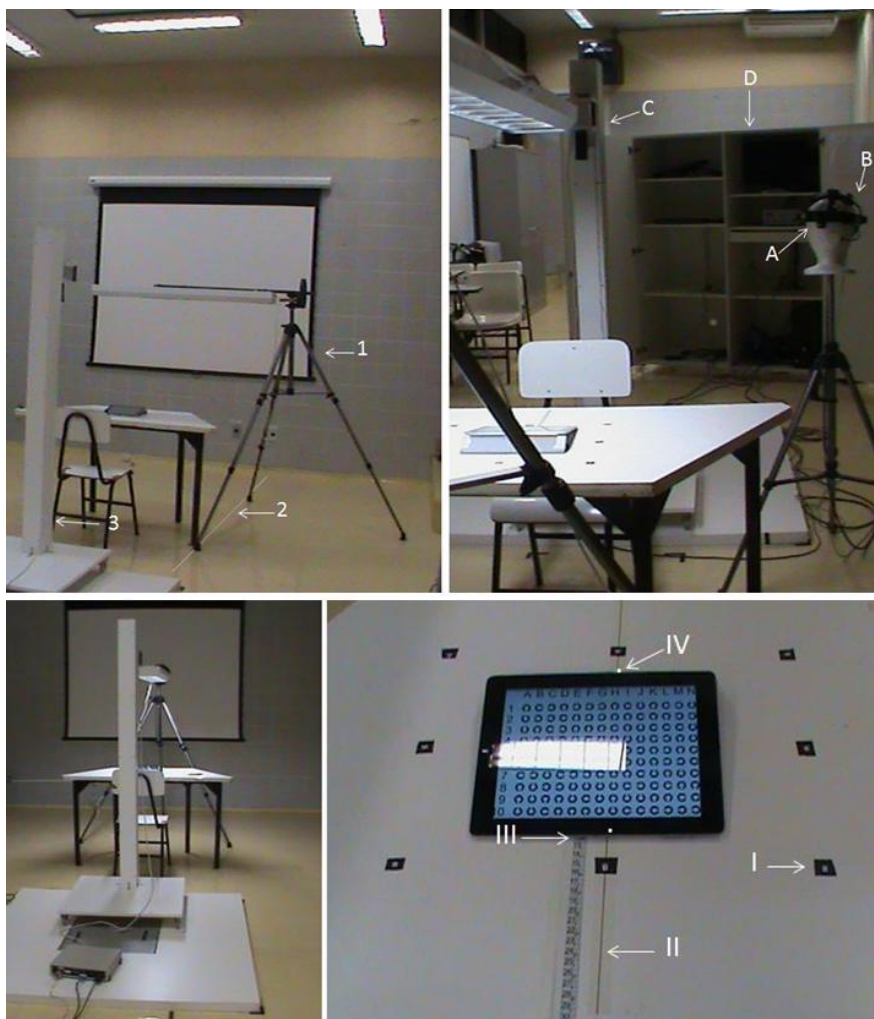
A intensidade de luz refletida na interface do *tablet* foi aferida com luminômetro digital portátil e determinada em candelas por metro quadrado (cd/m^2). Os números registrados foram:

- Entre 397,5 e 460 cd/m^2 nas áreas da interface sem reflexo.
- 9205 cd/m^2 na área com reflexo.

Uma câmera filmadora foi posicionada em um tripé para registrar as coletas de dados.

A Figura 36 mostra uma visão geral e do laboratório com detalhes do laboratório apontados e descritos na Tabela 5.

Figura 36- Visão geral do laboratório.



Fonte: O autor.

Tabela 5 – Descrição dos equipamentos do laboratório.

1	Tripé com ajustes de altura adaptado para a sustentação de uma da luminária.
2	Linha de referência para movimentação (frente e para trás) do tripé para direcionar o ofuscamento sobre a área pré-determinada da interface.
3	Torre de suporte do transmissor de sinais eletromagnéticos do <i>head tracker</i> .
A	Eye tracker
B	Sensor dos sinais eletromagnéticos do <i>head tracker</i> .
C	Transmissor de sinais eletromagnéticos do <i>head tracker</i> .
D	Instrumentos da unidade de controle do <i>eye tracker</i> e do <i>head tracker</i> .
I	Ponto, que junto às demais semelhantes foram utilizados para determinar a área de calibração e a calibração individual do <i>eye tracker</i> .
II	Linha sobre a qual o <i>tablet</i> era movido (frente e trás) para adequar a distância de 65 cm até a glâbela dos participantes.
III	Escala em centímetros para localização espacial do <i>tablet</i> na área de calibração. Esta localização é necessária para a aplicação do <i>Matlab</i> .
IV	Marcação para manter o <i>tablet</i> alinhado ao traçado central da mesa.

Fonte: O autor.

4.6 ESTUDO-PILOTO

Foi realizado um estudo piloto com quatro participantes para analisar a metodologia, verificar a montagem do laboratório e a adequação dos equipamentos e matérias para estabelecer o protocolo experimental da pesquisa.

4.7 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Inicialmente, os participantes foram instruídos quanto à forma de apresentação e execução da tarefa prescrita, constituída de observação visual para a identificação e verbalização da direção (direita, esquerda, cima e baixo) para qual o optótipo “C” tem uma abertura. A leitura destes caracteres gráficos foi realizada uma vez e no mesmo sentido de direção da leitura da escrita em português do Brasil. Para iniciar uma nova linha de leitura, o número correspondente a ela e colocado no seu início, também foi pronunciado.

Também foram orientados a iniciar a tarefa prescrita somente após o comando de voz do pesquisador, a realizá-la continuamente, com seriedade e compromisso como em uma atividade ocupacional e ao término pronunciar a palavra “terminei”. Ainda foram orientados de que não havia tempo pré-determinado para a execução da tarefa e instruídos a assumir livremente a postura corporal habitual ou necessária para a execução da tarefa prescrita, desde que se mantivessem sentados e sem movimentar a cadeira, mesa ou o *tablet*.

Durante a colocação e ajuste do *eye tracker*, a iluminação geral do laboratório (estritamente artificial) permaneceu ligada e a iluminação projetada para a pesquisa desligada, de modo a favorecer a calibração do instrumento, necessária para cada participante em função das diferenças de posicionamento das microcâmeras e da anatomia de olhos e cabeças. O *tablet* era posicionado sobre a mesa somente após a calibração para possibilitar que os pontos demarcados na mesa, necessários a este processo fossem visualizados pelo participante.

Com a posição do conjunto mesa-cadeira determinada por pontos marcados no chão e com o *tablet* colocado sobre a mesa com inclinação de 30°, os participantes foram posicionados na postura sentada e com o ângulo coxofemoral em aproximadamente 90° utilizando o encosto da cadeira. Nessa posição, a distância entre a marcação no centro da borda superior do *tablet* e a glabella dos participantes foi medida em 65 cm, para a medição foi utilizada uma corda de *nylon* com 65 cm de comprimento e o *tablet* foi movido para frente e para trás alinhado a marcação feita na mesa. Com os participantes ainda nessa posição, o sistema de iluminação projetado para a condição experimental era ligado e a iluminação geral do laboratório desligada. Por meio do sistema móvel de iluminação desenvolvido especificamente para esta pesquisa, a luminária era movida de modo a direcionar o ofuscamento para a área pré-determinada da interface da tarefa sob a perspectiva visual do participante, o qual relatava a localização do ofuscamento por meio dos números das respectivas linhas.

Após estes procedimentos o *eye tracker* com *head tracker* integrado e a câmera filmadora utilizada para registrar o experimento eram ligados e em seguida o participante iniciava a tarefa seguindo as orientações sob o comando de voz do pesquisador “olhe no número 10, começa”. O número 10 da última linha da tarefa foi determinado como ponto inicial do olhar dos participantes. Durante o experimento, os participantes ficaram livres para movimentar-se e adotar posturas corporais convenientes, habituais ou necessárias, para a execução da tarefa. Em tempo real e acompanhando a pronúncia da direção dos caracteres os erros foram assinalados pela equipe de pesquisadores em uma cópia impressa da tarefa para verificação posterior. Ao término da tarefa os participantes pronunciavam a expressão “terminei”.

4.8 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DOS DADOS

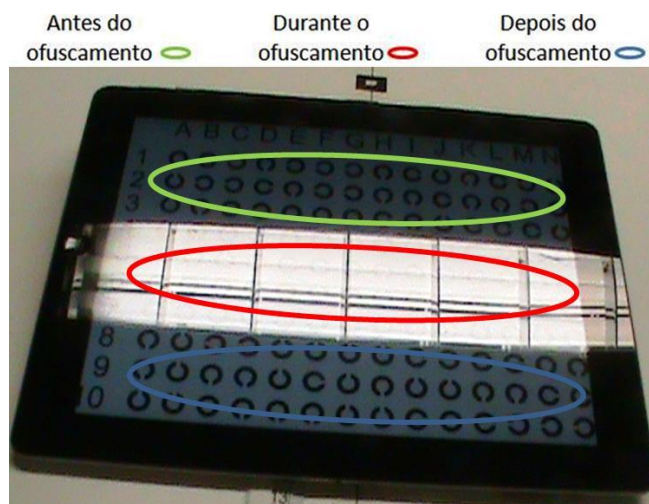
Para cada participante, o sistema de coleta gerou um arquivo (em formato proprietário – EHD) com dados alfanuméricos contendo informações acerca dos movimentos oculares e da cabeça e dois arquivos de vídeo (formato AVI), um com a imagem do olho e outro da cena observada. Para esta pesquisa não foram utilizados os dados provenientes dos arquivos de vídeo.

Os arquivos, em formato proprietário (referentes aos movimentos dos olhos e da cabeça) foram convertidos para o formato texto (TXT) e exportados do sistema. Esses arquivos foram levados ao *Excel* para a seleção dos dados relevantes e tabulação dos mesmos. Depois foram convertidos para o formato “texto (separado por tabulações) (*.txt)” e renomeados de forma padronizada com o uso das iniciais dos três primeiros nomes do participante, acompanhada da letra h (referente à condição de iluminação com ofuscamento horizontal na interface). Exemplo: para Ramón Valdés y Castillo os arquivos seriam rvch.txt.

A partir deste ponto, os dados foram tratados no *software Matlab* e para a criação e aplicação de uma rotina foram adotados basicamente os seguintes procedimentos:

- Os referidos arquivos TXT contém diversas colunas numéricas, cada uma correspondente a um determinado dado. Foram utilizadas apenas as colunas de dados referentes aos eixos X, Y e Z da cabeça, aos ângulos de rotação *elevation*, *azimuth* e *roll* e à posição horizontal do olhar.
- A rotina desenvolvida no *Matlab* foi estruturada para distinguir as áreas da interface correspondentes a antes do ofuscamento, durante o ofuscamento e depois do ofuscamento. A Figura 37 ilustra este procedimento no sistema.

Figura 37 - Distinção das áreas da interface na programação do *Matlab* para a análise dos dados.



Fonte: O autor.

- Na postura inicial pretendia-se que todos os participantes visualizassem o ofuscamento sobre uma área comum pré-determinada, correspondente às linhas de 4, 5, 6 e 7, o que não foi possível, como demonstra a Tabela 6. Para esses casos, foi desenvolvida uma variável na rotina do *Matlab* com a descrição da localização do ofuscamento, sobre a perspectiva visual destes participantes, semelhante ao modo como colocado na tabela a seguir.

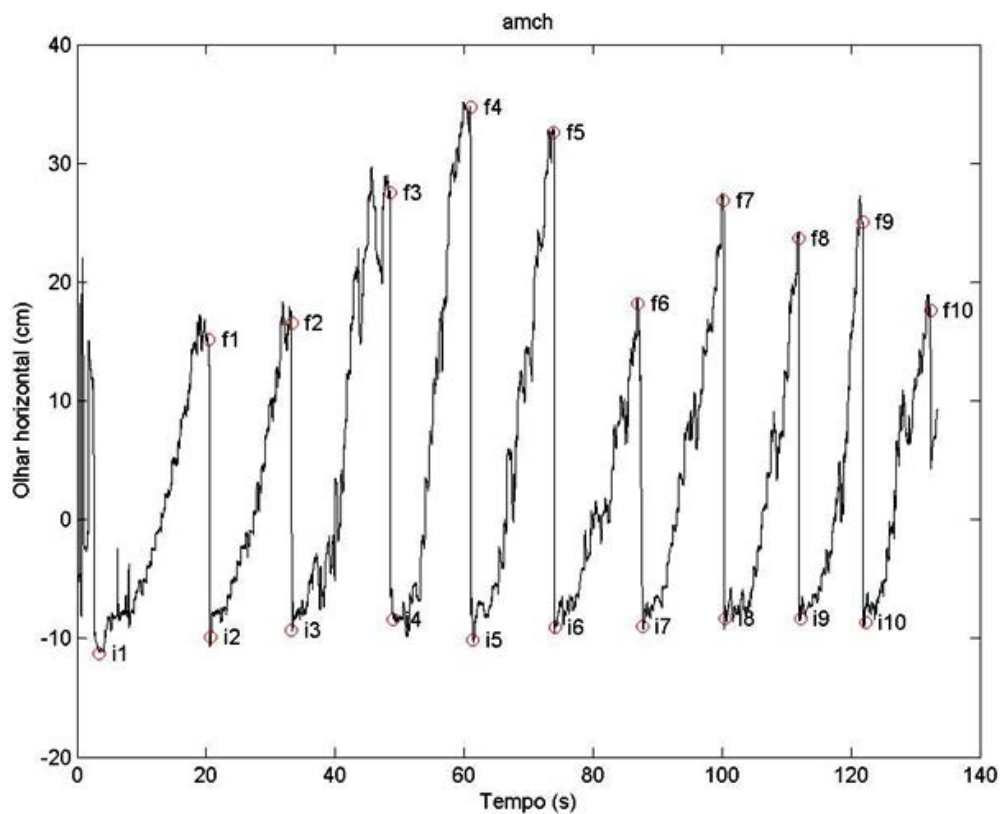
Tabela 6 - Perspectiva visual dos participantes que observaram o ofuscamento fora da área pré-determinada.

Participante	Visualizou o ofuscamento entre as linhas
P 16	4 a 8
P 17	4 a 8
P 20	4 a 8
P 24	3 a 8

Fonte: O autor.

- Os arquivos TXT selecionados continham dados brutos, ou seja, dados de movimentos dos olhos e da cabeça referentes à antes do início e após o fim do período experimental, bem como dos movimentos sacádicos. Para obter dados exclusivos dos períodos de leitura dos optótipos, outra rotina foi criada no *Matlab* para gerar gráficos do olhar horizontal disposto no tempo, nos quais, por meio de observação visual, os pontos iniciais e finais de leitura de cada linha de optótipos foram identificados e marcados manualmente com *cliks* do *mouse*, como demonstra a Figura 38.

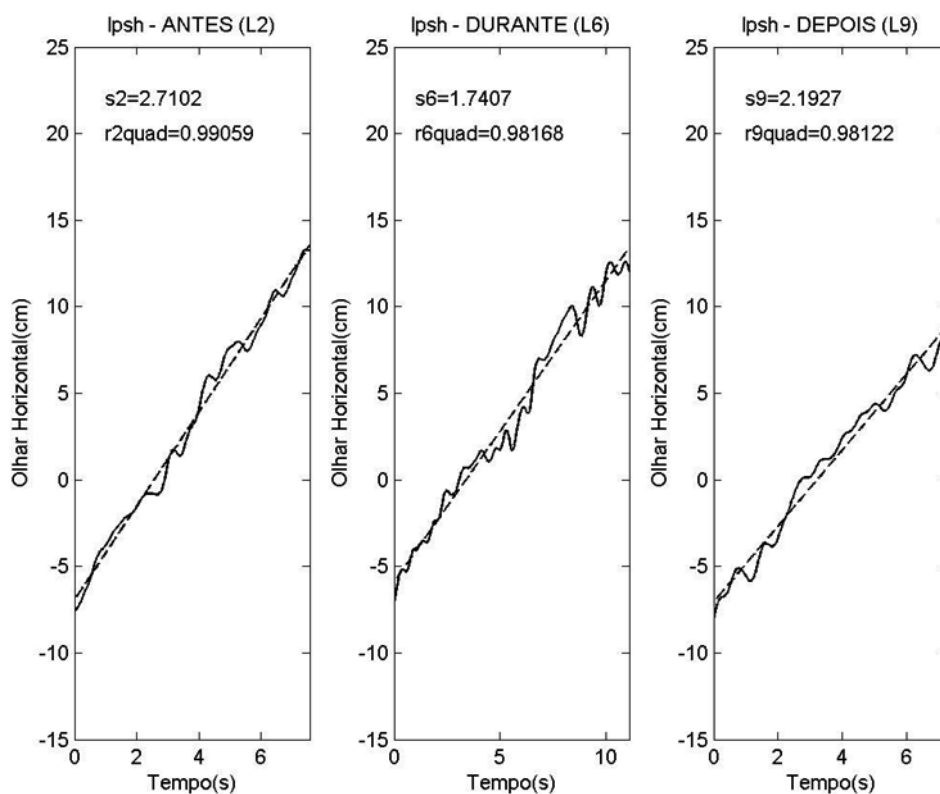
Figura 38 - Exemplo de gráfico do olhar horizontal com marcações (círculos vermelhos) no início (i) e fim (f) da leitura dos optótipos em cada uma das dez linhas. Os números que acompanham as letras correspondem a cada uma das 10 linhas de leitura.



Fonte: O autor.

Ainda no *Matlab*, para cada participante foi realizada regressão linear simples dos dados do olhar horizontal, registrados nas linhas 2 (antes do ofuscamento), 6 (durante o ofuscamento) e 9 (depois do ofuscamento). Estes dados foram plotados em gráficos, como demonstra a Figura 39.

Figura 39 – Gráficos de regressão linear de um dos participantes, com os respectivos valores de inclinação da reta e do coeficiente de determinação (R^2).



Fonte: O autor.

Todas as regressões lineares apresentaram coeficiente de determinação (R^2) acima de 0.9, o qual pode ser observado na Figura 39. O R^2 demonstra a proporção do quanto à técnica de regressão linear explica o fenômeno entre duas variáveis. Procedeu-se inspeção visual de cada um dos três gráficos para cada participante, de modo a evitar que a compensação do R^2 entre eles pudesse incluir na análise uma regressão linear isolada com R^2 baixo. Os dados de quatro participantes foram descartados em função do R^2 baixo.

Com estes procedimentos foram configurados os dados para a análise estatística. Para a análise do desempenho da atividade de varredura visual foram utilizados os valores das inclinações das retas referentes ao olhar horizontal (variável dependente), obtidos nas linhas de leitura 2, 6 e 9, respectivamente correspondentes a antes, durante e depois do ofuscamento (variáveis independentes).

Quanto à biomecânica postural da coluna cervical, ao considerar que os dados dos movimentos oculares e da cabeça foram coletados por meio de sistemas integrados (*eye tracker/head tracker*), portanto sincronizados e em uma mesma escala temporal, os mesmos períodos estabelecidos para a análise do olhar horizontal nas linhas de leitura

(2, 6 e 9) foram utilizados para a análise dos movimentos da cabeça, posição (coordenadas, X, Y e Z e orientação, ângulos *azimuth*, *elevation* e *roll*, variáveis dependentes), a serem relacionadas também em função das linhas correspondentes a antes, durante e depois do ofuscamento (variáveis independentes).

Foram privilegiadas para as análises as linhas de leitura 2, 6 e 9, visto que estas eram menos susceptíveis a fatores que pudessem interferir nos dados, tais como:

- Proximidade com as áreas de intersecção das áreas com e sem ofuscamento.
- Movimentos para adoção da postura de leitura habitual, a ser assumido no início da tarefa ao abandonar a postura inicial padronizada.

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi feita no *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* - versão 17.1. Foi realizada análise de variância (*ANOVA one-way*) de medidas repetidas para o efeito do ofuscamento com três níveis (antes, durante e depois do ofuscamento). Foram adotados ajustes de graus de liberdade de *Greenhouse-Geisser*¹ quando necessário. O nível de significância foi definido em 0.05 para todas análises. Na ocorrência de diferença estatística significativa foram realizadas comparações aos pares no *post-hoc* por meio do teste de *Tukey HSD*.

¹ Refere-se ao princípio da esfericidade, que é um pressuposto importante de uma análise de variância de medidas repetidas. Se a esfericidade é violada, ajustes como os de *Greenhouse-Geisser* devem ser utilizados.

5. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados divididos em olhar horizontal e movimentos da cabeça. Os movimentos da cabeça estão subdivididos em posição e orientação. Foi adotado o formato de descrição da estatística utilizado pela Associação de Psicologia Americana (APA) para a disposição dos resultados das análises de variância no texto, apresentando entre parênteses os graus de liberdade. Os resultados das comparações aos pares estão em tabelas.

5.1 OLHAR HORIZONTAL

A análise da variância da inclinação das retas do olhar horizontal indicou efeito significativo do ofuscamento, $F(1.8 \text{ ms}, 34.8 \text{ ms}) = 7.84 \text{ ms}$, $p = 0.002$.

A comparação aos pares da inclinação das retas do olhar horizontal correspondente às áreas antes e durante o ofuscamento foi significativa e demonstra que a leitura na área de ofuscamento foi significativamente mais lenta em relação à anterior. Os resultados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Comparação aos pares da inclinação das retas do olhar horizontal correspondente às áreas antes e durante o ofuscamento.

	Média do tempo de leitura em milissegundos (ms)	Erro padrão (ms)
Antes do ofuscamento	2.22	0.14
Durante o ofuscamento	1.76	0.10
Significância (p)	0.001	

Fonte: o autor

A comparação aos pares da inclinação das retas do olhar horizontal correspondente às áreas durante e depois do ofuscamento não foi significativa. Portanto, não houve diferença significativa quanto à fluência do processo de leitura dos optótipos entre essas áreas. Os resultados numéricos são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Comparação aos pares da inclinação das retas do olhar horizontal correspondente às áreas durante e depois do ofuscamento.

	Média do tempo de leitura em milissegundos (ms)	Erro padrão (ms)
Durante o ofuscamento	1.76	0.10
Depois do ofuscamento	2.04	0.13
Significância (p)	0.108	

Fonte: o autor

5.2 MOVIMENTOS DA CABEÇA

5.2.1 Posição da cabeça (coordenadas dos eixos X, Y e Z)

Coordenadas do eixo X

A análise da variância do deslocamento da cabeça no eixo X demonstrou efeito significativo do ofuscamento $F(1.05 \text{ cm}, 20.02 \text{ cm}) = 4.42 \text{ cm}$, $p = 0.047$.

A comparação aos pares para as áreas antes e durante o ofuscamento foi significativa. Os resultados são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultado dos movimentos (deslocamento) da cabeça no eixo X. Comparação aos pares para antes e durante o ofuscamento.

	Média do deslocamento em centímetros (cm)	Erro padrão (cm)
Antes do ofuscamento	0.22	0.030
Durante o ofuscamento	0.57	0.18
Significância (p)	0.046	

Fonte: o autor.

A comparação aos pares para as áreas durante e depois do ofuscamento foi significativa. Os resultados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultado dos movimentos (deslocamento) da cabeça no eixo X. Comparação aos pares para durante e depois do ofuscamento.

	Média do deslocamento em centímetros (cm)	Erro padrão (cm)
Durante o ofuscamento	0.57	0.18
Depois do ofuscamento	0.220	0.04
Significância (p)	0.049	

Fonte: o autor.

Estes resultados demonstram que ao realizar a leitura na área de ofuscamento ocorrem movimentos compensatórios significativos da cabeça no eixo X para uma melhor visualização em relação às áreas antes e depois do ofuscamento

Coordenadas do eixo Y e Z

As análises da variância do deslocamento da cabeça nos eixos Y e Z não demonstram efeito significativo do ofuscamento. Os valores observados foram $F(1.67 \text{ cm}, 31.69 \text{ cm}) = 1.34 \text{ cm}$, $p = 0.273$ e $F(1.08 \text{ cm}, 20.44 \text{ cm}) = 2.72 \text{ cm}$, $p = 0.113$ respectivamente. Portanto, não ocorreram movimentos significativos de adaptação postural nos eixos Y e Z em busca de uma melhor visualização para a leitura dos optótipos nas áreas com e sem ofuscamento da interface.

5.2.2 Orientação da cabeça (ângulos de rotação azimuth, elevation e roll)

Ângulo de rotação *azimuth*

A análise da variância da rotação em torno do eixo Z, referente aos movimentos da cabeça sobre o ângulo de rotação *azimuth* indicou efeito significativo do ofuscamento $F(1.34^\circ, 25.36^\circ) = 5.15^\circ$, $p = 0.023$.

A comparação aos pares foi significativa para as áreas antes e durante o ofuscamento. Os resultados são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Comparação aos pares para antes e durante o ofuscamento, referente aos movimentos da cabeça sobre o ângulo de rotação *azimuth*.

	Média dos movimentos angulares (em graus)	Erro padrão (em graus)
Antes do ofuscamento	0.41	0.06
Durante o ofuscamento	0.77	0.16
Significância (p)	0.028	

Fonte: o autor.

A comparação aos pares foi significativa para as áreas durante e depois do ofuscamento. Os resultados são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Comparação aos pares para durante e depois do ofuscamento, referente aos movimentos da cabeça sobre o ângulo de rotação *azimuth*.

	Média dos movimentos angulares (em graus)	Erro padrão (em graus)
Durante o ofuscamento	0.77	0.16
Depois do ofuscamento	0.42	0.07
Significância (p)	0.027	

Fonte: o autor.

Os resultados demonstram que, adaptações posturais significativas são adotadas sobre o ângulo de rotação *azimuth* em busca de uma melhor condição visual para a leitura na área com ofuscamento, em relação às áreas antes e depois do ofuscamento.

Ângulo de rotação *elevation*

A análise da variância da rotação em torno do eixo Y, referente aos movimentos da cabeça sobre o ângulo de rotação *elevation* indicou efeito significativo do ofuscamento $F(1.64^\circ, 31.24^\circ) = 6.34^\circ, p = 0.007$.

A comparação aos pares foi significativa para as áreas antes e durante o ofuscamento. O resultado indica a ocorrência de compensações posturais significativas sobre o ângulo de rotação *elevation* em busca de uma melhor visualização para a leitura na área com ofuscamento em relação à anterior. Os resultados são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Comparação aos pares para antes e durante o ofuscamento, referente aos movimentos da cabeça sobre o ângulo de rotação *elevation*.

	Média dos movimentos angulares (em graus)	Erro padrão (em graus)
Antes do ofuscamento	0.56	0.09
Durante o ofuscamento	1.05	0.19
Significância (p)	0.006	

Fonte: o autor.

A comparação aos pares para durante e depois do ofuscamento não foi significativa. Esse resultado mostra que não houve compensações posturais significativas sobre o ângulo de rotação *elevation* em busca de uma melhor condição visual para a leitura nas áreas durante e depois do ofuscamento. Os resultados são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Comparação aos pares para durante e depois do ofuscamento, referente aos movimentos da cabeça sobre o ângulo de rotação *elevation*.

	Média dos movimentos angulares (em graus)	Erro padrão (em graus)
Durante do ofuscamento	1.05	0.19
Depois do ofuscamento	0.93	0.19
Significância (p)	0.27	

Fonte: o autor.

Ângulo de rotação *roll*

A análise da variância da rotação em torno do eixo X, referente aos movimentos da cabeça sobre o ângulo de rotação *roll* indicou que não houve efeito significativo do ofuscamento, $F(1.86^\circ, 35.29^\circ) = 0.87^\circ$, $p = 0.419$. O resultado demonstra que não ocorreram movimentos significativos no ângulo de rotação *roll* para a leitura nas áreas com e sem ofuscamento da interface.

6. DISCUSSÃO

6.1 – OLHAR HORIZONTAL

Em extensa revisão bibliográfica, não foram encontradas pesquisas que abordassem métodos quantitativos para a análise da influência do ofuscamento por reflexão sobre o desempenho da atividade de varredura visual. Em contrapartida, são encontradas inúmeras referências e considerações acerca do tema na bibliografia científica e em normas regulamentadoras, Lyra, 1994), Brandimiller (1999), Moraes e Mont'Alvão (2010), (BRASIL, 2002), Iida (2005), Villarouco e Andreto (2008). Também não foram encontradas pesquisas que abordassem a questão visual, sob a perspectiva da ergonomia física, para o uso ocupacional do *tablet*, sobretudo relacionada ao ofuscamento refletido.

O resultado demonstra que a leitura na área com ofuscamento foi significativamente mais lenta do que nas áreas, antes e depois do ofuscamento. Também aponta que, mesmo com o auxílio de compensações posturais, observadas nos resultados dos movimentos da cabeça, ainda há déficit temporal no desempenho da atividade de varredura visual. Devido aos movimentos da cabeça em busca de uma melhor condição visual, o reflexo vestibulo-ocular (RVO) é estimulado, esse reflexo estabiliza o olhar durante os movimentos da cabeça. De acordo com (Carpenter, 1988), o RVO busca combinar a velocidade dos movimentos dos olhos à velocidade da cabeça para manter a imagem estacionária na retina. Segundo (Lee e Zeigh, 1991) os movimentos compensatórios dos olhos produzidos pelo RVO duram aproximadamente 16 ms. O tempo demandado pela frequente ativação desse mecanismo pode estar associado ao fato da atividade de varredura visual ter sido significativamente mais lenta mesmo com o auxílio dos movimentos da cabeça para uma melhor visualização.

O déficit temporal da atividade visual também pode ter relação com o maior tempo despendido devido aos constantes esforços musculares visuais de adaptação, acomodação e convergência, os quais, de acordo com Moraes e Mont'Alvão (2010) são desencadeados pelo arranjo físico de componentes do ambiente ocupacional, como um monitor de vídeo.

A leitura mais lenta, em consequência da atividade de varredura visual deficitária representa uma problemática ergonômica importante que compromete o desempenho eficiente da interface humano-máquina. Essa condição do ambiente

ocupacional não atende aos preceitos ergonômicos relacionados à eficiência, apontados como de grande importância por Couto (1995), Iida (2005), NR-17 (BRASIL, 1990), Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (ESPAÑA, 1997) e a *International Ergonomics Association - IEA* (2000).

Visto que, a tarefa do protocolo experimental era executada em pouco tempo, aproximadamente três minutos, o resultado obtido também possibilita inferir que o déficit no desempenho da atividade de varredura visual, decorrente do ofuscamento, não é dependente de outros fatores como, efeito cumulativo por longo período de exposição ao ofuscamento ou fadiga visual desencadeada pelo ofuscamento. Nesse contexto, de acordo com Lyra (1994) é o ofuscamento que desencadeia a fadiga visual por exigir que o trabalhador force a visão, o que também causa diminuição da capacidade visual ao longo do tempo, eleva o número de erros na execução das tarefas, diminui o ritmo de trabalho e a percepção de detalhes.

Também é possível inferir, que os resultados demonstram ser ineficiente a especificação do item 17.4.3 da NR – 17 Ergonomia (1990), a qual determina que os terminais de vídeo devem atender a condições de mobilidade suficientes para permitir o ajuste de tela do equipamento à iluminação do ambiente, protegendo-a contra reflexos. Portanto, o resultado é condizente com o que estabelece o item 17.5.3.2, da mesma norma e como também coloca Fiedler (1998), que a iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar o ofuscamento, reflexos, incômodos, sombras e contrastes excessivos. Portanto, o resultado mostra a importância da inexistência do ofuscamento refletido na interface do *tablet* para o seu uso ocupacional. Para Palmer (1976), Grandjean (1998), Dul e Weerdmeester (2004) e Iida (2005) no campo visual do trabalhador não deve haver fonte de ofuscamento.

6.2 MOVIMENTOS DA CABEÇA

Tanto na bibliografia clássica, quanto na recente, diversos autores consensualmente tratam dos efeitos nocivos do ofuscamento refletido sobre as posturas da cabeça assumidas em busca de uma melhor condição visual, Brandimiller (1999), Dul e Weerdmeester (2004), Lyra (1994), Moraes e Mont'Alvão (2010), Rio e Pires (2001), (BRASIL, 2002), Juul-Kristensen *et al.* (2004), Iida (2005), Ferreira, Shimano e Fonseca (2009). No entanto, não foram encontradas pesquisas quantitativas que abordassem o tema. Os resultados desta pesquisa demonstram quantitativamente que

ocorrem determinadas compensações posturais, especificadas por movimentos da cabeça, para uma melhor visualização. Estes resultados são discutidos nas duas subseções seguintes.

Deve-se ressaltar que a análise biomecânica das posturas da cabeça em função do ofuscamento refletido na interface do *tablet* não foi realizada com foco na identificação e avaliação de inadequações posturais, portanto, a análise não é preditiva de risco ergonômico. Deste modo, atendo-se ao objetivo até então estabelecido, a pesquisa se restringiu à análise cinemática dos movimentos da cabeça, de modo a obter dados quantitativos acerca de eventuais compensações posturais em busca de uma melhor condição visual. Para tal, estava intrínseco ao desenvolvimento de um método.

Os resultados obtidos não se caracterizam apenas como achados científicos, mas representam também informações preliminares importantes para nortear a continuidade da pesquisa, para a análise de fatores como: quais são as estratégias ou mecanismos biomecânicos utilizados no momento em que o sujeito se depara com o ofuscamento refletido; qual a magnitude dessas adaptações posturais e se elas representam risco ocupacional à saúde; se as estratégias se baseiam na manutenção de posturas estáticas após uma acomodação em uma posição com condição visual favorável, ou se são baseadas em movimentos contínuos/repetitivos. Uma pesquisa dessa natureza pode ser realizada com os mesmos dados até então utilizados, no entanto, demanda tempo inexistente para coexistir com esta pesquisa, principalmente por conta da necessidade de utilizar condutas metodológicas complexas para o tratamento dos dados e por não haver referências de parâmetro na bibliografia.

6.2.1 Posição da cabeça (coordenadas dos eixos X, Y e Z)

Os movimentos da cabeça no eixo X foram significativos para as áreas antes e durante e durante e depois do ofuscamento. Previamente, era sustentada a hipótese de que, entre os movimentos compreendidos nas coordenadas dos eixos, os correspondentes ao eixo X seriam preferencialmente utilizados em busca de uma melhor visualização com a existência de uma faixa de ofuscamento no sentido horizontal na interface.

O resultado demonstra que os movimentos da cabeça nos eixos Y e Z não foram significativos. Acredita-se na hipótese de que, para uma melhor condição visual em decorrência de uma faixa de ofuscamento horizontal na interface, os movimentos da

cabeça não tendem a ocorrer nos eixos Y e Z. Para que os movimentos nesses eixos fossem capazes de evitar o ofuscamento, teriam que ter grande amplitude, o que é impossível alcançar no eixo Y e é pouco usual no eixo Z, ao considerar que, para a cabeça alcançar um deslocamento de grande amplitude é necessário realizar inclinação lateral com o tronco, movimento mais custoso fisiologicamente quando amplo, do que os movimentos de flexão e extensão utilizados para mover a cabeça com maior amplitude no eixo X, que se apresentam como uma estratégia mais funcional do ponto de vista biomecânico e mais eficazes para se desvencilhar uma faixa de ofuscamento no sentido horizontal na interface.

De acordo com Dul e Weerdmeester (2004) o foco visual determina a postura da cabeça e tronco. Ao relacionar essa citação aos resultados quantitativos obtidos nos eixos X, Y e Z, acerca dos movimentos da cabeça para evitar o ofuscamento refletido no sentido horizontal da interface, postula-se que, o foco visual determina a postura da cabeça ao longo do eixo X, os quais podem levar a movimentos de flexão e extensão do tronco. Sobre os eixos Y e Z, as adaptações posturais da cabeça para o mesmo fim não são observadas de forma significativa. Nesse caso, os movimentos do tronco são pouco funcionais e ineficientes para auxiliar o deslocamento da cabeça e em prol do foco visual.

6.2.2 Orientação da cabeça (ângulos azimuth, elevation e roll)

A comparação aos pares do ângulo de rotação *azimuth* foi significativa tanto para antes e durante, quanto para durante e depois do ofuscamento. Dois fatores corroboram para atribuir essas evidências à influência do ofuscamento: 1° - o tamanho da interface do *tablet* e a sua distância em relação aos olhos do usuário, o que torna desnecessária a execução de movimentos no ângulo de rotação *azimuth* para acompanhar com a cabeça o percurso de leitura, pois a interface está sempre no campo de visão; 2° - este vem em complemento ao primeiro argumento, que se constitui em função de não haver significância na comparação aos pares entre antes e depois do ofuscamento, o que reafirma que os referidos movimentos são desnecessários quando não há ofuscamento. De acordo com a Nota Técnica 060/2001 Brasil (2001) e Manual de Aplicação da Norma Regulamentadora 17 Brasil (2002) as exigências visuais levam o trabalhador a manter posturas inadequadas por períodos prolongados ou realizar movimentos repetitivos da nuca em torção, entre outros. A expressão “torção da nuca” corresponde a movimentos executados no ângulo de rotação *azimuth*.

O resultado demonstra que ocorreram movimentos da cabeça no ângulo de rotação *elevation*, sob influência do ofuscamento, apenas na comparação entre as áreas antes e durante. O fato de não haver ocorrido movimentos significativos de adaptação postural para durante e depois do ofuscamento, pode ter sido determinado pela manutenção de uma postura da cabeça, eficaz a visualização, adotada anteriormente. De acordo com a Nota Técnica 060/2001, Brasil (2001) e Brasil (2002) a adaptação às exigências para o acesso visual a informação determina o posicionamento da cabeça e pode levar o trabalhador a adotar posturas inadequadas prolongadas em flexão e extensão (corresponde a movimentos no ângulo de rotação *elevation*), entre outras. Essa nota visa à indicação de postura a ser adotada na concepção de postos de trabalho.

Os movimentos no ângulo de rotação *roll* não foram significativos na comparação entre os pares, postula-se que, este movimento não seja usual para se desvencilhar de uma faixa de ofuscamento no sentido horizontal na interface, e sim para uma faixa no sentido vertical na interface, como no caso dos eixos Y e Z, referentes à posição da cabeça, já discutidos anteriormente.

Os resultados das análises cinemáticas quantitativas contribuem com maiores especificações sobre as características dos movimentos da cabeça adotados em busca de uma melhor condição visual em função do ofuscamento. Essa questão é tradicionalmente abordada de forma genérica. De acordo com Brandimiller (1999) e Rio e Pires (2001) referem que a busca pelo conforto visual pode muitas vezes levar a adoção de posturas e movimentos inadequados. Segundo o Manual de Aplicação da Norma Regulamentadora 17 (BRASIL, 2002) o reflexo da tela de monitores pode levar o trabalhador a adotar posturas fatigantes tentando evitar o ofuscamento. Para Lyra (1994) o ofuscamento exige uma postura inadequada para uma melhor visualização. Outra questão importante é conhecer a magnitude dos movimentos realizados e o quão significativos são em relação ao risco ocupacional.

7. CONCLUSÃO

Frente ao objetivo proposto, o resultado obtido por meio da análise do eixo horizontal do olhar, demonstra que a atividade de varredura visual sob influência do ofuscamento refletido é mais lenta. Desta forma, é possível inferir que, o ambiente luminoso comumente utilizado não é apropriado para o uso ocupacional do *tablet* em função do desempenho ocupacional deficitário.

Quanto à análise cinemática dos movimentos da cabeça, os resultados permitem concluir que, os mesmos são influenciados pelo ofuscamento refletido em função da busca por uma melhor condição visual. Possibilitam também, ao serem associados ao resultado obtido com a análise da motricidade ocular, dizer que mesmo recorrendo a compensações posturais como estratégia para evitar o ofuscamento à visão, ainda ocorre déficit no desempenho da atividade de varredura visual.

A análise cinemática dos movimentos da cabeça, ainda indica que existem determinados movimentos que são privilegiados como estratégia em função da questão visual em relação à disposição do ofuscamento na interface do *tablet*.

Sob a perspectiva das limitações da pesquisa, o tratamento dos dados de forma estatística evidencia que, houve influência (mais ou menos significativa) do ofuscamento e informa o que houve em função da variável analisada (tempo ou espaço), correspondente à análise da atividade visual e da cinemática dos movimentos da cabeça respectivamente. Mas não é capaz de explicar suas causas e efeitos. Neste sentido, o próximo passo para a continuidade desta pesquisa consiste em vencer as limitações relacionadas ao tratamento dos dados para a análise da condição experimental com ofuscamento no sentido vertical na interface e posteriormente, desenvolver métodos para análise de dados capazes de dar suporte a uma abordagem sobre os mesmos aspectos, porém com foco nas estratégias de adaptação da motricidade ocular e dos movimentos da cabeça, vislumbrando entender a magnitude dos mesmos e a investigação dos possíveis riscos ergonômicos.

No âmbito científico em ergonomia, a pesquisa apresenta inovação e ineditismo em função dos seguintes fatores: abordagem de problemáticas ergonômicas importantes e pouco estudadas; aplicação de equipamentos sofisticados sob uma nova perspectiva de pesquisa; e o desenvolvimento de um método quantitativo de análise da atividade visual e cinemática dos movimentos da cabeça de indivíduos sujeitos a ofuscamento por

reflexão. Conclui-se, portanto, que a pesquisa prestou importante colaboração à área da ergonomia por meio dos métodos até então desenvolvidos e resultados obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, J. et al. *Introdução à ergonomia: da prática à teoria*. São Paulo: EDGARD BLUCHER, 2009. 240 p.

ABRAHÃO, J. I. Reestruturação produtiva e variabilidade do trabalho: uma abordagem da ergonomia. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, Brasília, v. 16, n. 1, p. 49-54, jan./abr. 2000.

ADAMS, R.C. et al. *Jogos, esportes e exercícios para o deficiente físico*. 3. ed. São Paulo: MANOLE, 1985. 461 p.

ALVAREZ, A. C. A. Procedimentos pra análise e avaliação de iluminação em ambientes escolares. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 5., 1995, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 1995, p. 587-592. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/search/node/entac%201995>>. Acesso em: 20 set. 2011.

BARRETO, A. M. Eye tracking como método de investigação aplicado às ciências da comunicação. *Revista Comunicando*, [S.l.]: v.1, n.1, p. 168-186, dez. 2012.

BOYCE, S. J.; POLLATSEK, A. Identification in objects in scenes: the role of scene backround in object naming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 531-543, (1992).

BRACCIALLI, L. M. P.; VILARTA, R. Aspectos a serem considerados na elaboração de programas de prevenção e orientação de problemas posturais. *Revista paulista de Educação Física*, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 159-171, jul./dez. 2000.

BRANDIMILLER, P. A. *O corpo no trabalho: Guia de conforto e saúde para quem trabalha em microcomputadores*. São Paulo: SENAC, 1999. 157 p.

BRASIL. Ministério da Educação. 2012. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=17479>. Acesso em: 21 nov. 2012.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho. *Manual de Aplicação da Norma Regulamentadora 17*. 2. Ed. Brasília, DF, 2002. 101 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego, Secretaria de Inspeção do Trabalho, Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho e Coordenação de Normalização. *Nota técnica 060 / 2001*. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <http://www3.mte.gov.br/seg_sau/comissoes_cne_notatecnica.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2014.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência Social. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/estatsticas/>>. Acesso em: 01 fev. 2014.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência Social. *Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia*. Brasília, DF, 1990. Disponível em:

<http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr_17.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2012.

BRIGATTO, G. Preços caem e vendas de tablets sobem 400% no ano. *Valor Econômico*, 12, ago. 2013. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/3229314/precos-caem-e-vendas-de-tablets-sobem-400-no-ano>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

CARNEIRO, S. R. O custo das LER. *Rev Proteção*, n. 70, p. 74-77, 1997.

CARPENTER, R. H. S. *Movements of the eyes*. 2. ed. London: PION LIMITED, 1988. 593 p.

COURY, H. J. C. G. *Programa auto-instrucional para o controle de desconfortos posturais em indivíduos que trabalham sentados*. 1994. 128 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=vtls000076929>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

COUTO, H. A. *Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana*. Belo Horizonte: ERGO EDITORA, 1995. 353 p.

DELL COMPANY. Educators choose Dell Latitude 10 tablets to help personalize learning. 03, JUL. 2013. <Disponível em: <<http://www.marketwatch.com/story/schools-choose-dell-to-personalize-learning-and-innovate-student-engagement-2013-06-24>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

DUL, J. ; WEERDMEESTER, B. *Ergonomia prática*. 2. ed. São Paulo: EDGARD BLUCHER, 2004. 137 p.

ELLIS, A.W. *Leitura, escrita e Dislexia: uma análise cognitiva*. Tradução por Dayse Batista. 2. ed. Porto Alegre: ARTES MÉDICAS, 1995. 153 p.

EXAME. Venda de tablets mais que triplica no Brasil. *Revista Exame*, São Paulo, SP, 14 nov. 2012. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/venda-de-tablets-mais-que-triplica-no-brasil?page=1>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

FALSON, P. *Ergonomia*. São Paulo: EDGARD BLUCHER, 2007. 640 p.

FERREIRA, V. M. DE V.; SHIMANO, S. G. N.; FONSECA, M. C. R. Fisioterapia na avaliação e prevenção de riscos ergonômicos em trabalhadores de um setor financeiro. *Fisioterapia e Pesquisa*, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 239-245, set. 2009.

FIEDLER, N. C.; RODRIGUES, T. O.; MEDEIROS, M. B. Avaliação das condições de trabalho, treinamento, saúde e segurança de brigadistas de combate a incêndios florestais em unidades de conservação do Distrito Federal. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 55-63, jan./fev. 2006.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Trabalho em computador: de olho na ergonomia. Disponível em: http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/virtual%20tour/hipertextos/up1/trabalho_em_computador.html. Acessado em: 30 nov. 2013.

GRANDJEAN, E. *Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem*. 4. ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 1998. 338 p.

HALL, S. J. *Biomecânica básica*. 5. ed. São Paulo: MANOLE, 2009. 560 p.

HEDGE, A.; JAMES, T.; PAVLOVIC-VESELINOVIC, S. Ergonomics concerns and the impact of healthcare information technology. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 41, n. 4, p. 345-351, July 2011.

IDC BRASIL. Mercado brasileiro de tablets atinge número recorde de vendas no segundo trimestre de 2012, revela estudo da IDC, 1 set. 2012. Disponível em: <<http://br.idclatin.com/releases/news.aspx?id=1414>>. Acesso em: 10 ago. 2013.

IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. 2. ed. São Paulo: EDGARD BLUCHER, 2005. 614 p.

INTERNATION ERGONOMICS ASSOCIATION. *What is Ergonomics*, 2000. Disponível em:< http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html>. Acesso em: 25 de fev. de 2013.

JOHANNING, E. Evaluation and management of occupational low back disorders. *Am. J. Ind. Med.*, v. 37, n. 1, p. 94-111, 2000.

JUUL-KRISTENSEN, B. et al. Computer users' risk factors for developing shoulder, elbow and back symptoms. *Scand J Work Environ Health*, v. 30, n. 5, p. 390-398, 2004.

KENDALL, P. F. et al. *Músculos: provas e funções*. 5. ed. São Paulo: MANOLE, 2007. 528 p.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. Melhoria do conforto ambiental em edificações escolares na região de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL, 5, ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 1999, Fortaleza. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 1999. p. 8. Disponível em: <www.fec.unicamp.br/~doris/.../ENCAC1999_conforto_edificacoes.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2013.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S. A. M. G. A avaliação da funcionalidade de prédio escolar da rede pública: O caso de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL, 6, ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 11-14 nov. 2001, São Pedro. *Anais...* Campinas: UNICAMP, 2001. p. 8.

LEE, J. R.; ZEIGH. D. S. (1991). *The neurology of eye movements*. Philadelphia: F.A. Davies.

LORIGO, L. et al. Eye tracking and online search: lessons learned and challenges ahead. *Journal of the american society for information science and technology*, v. 59, n. 7, p. 1041-1052, May 2008.

LUEGI, P.; Costa, M. A.; Faria, I. H. Analisando os comportamentos oculares durante a leitura. *Linguística*. Rio de Janeiro: v. 5, n. 1, p. 1-24, jun. 2009.

LYRA, J. R. Análise da influência das más condições de trabalho sobre a produtividade: caso prático de uma empresa do setor metal-mecânico do no estado de Minas Gerais. Florianópolis: UFSC, 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.

MACEDO, E. C. et al. Movimentos sacádicos durante leitura de texto em crianças e universitários bons leitores. *O mundo da Saúde*, São Paulo, v. 2, n. 32, p. 131-138, abr/jun. 2008.

MACWORLD. iPad de graça: escola nos EUA distribui mais de 800 tablets para os alunos. Macworld, EUA, 27 out. 2011. Disponível em: <<http://macworldbrasil.uol.com.br/noticias/2011/10/27/ipad-de-graca-escola-nos-eua-distribui-mais-de-800-tablets-para-os-alunos/>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

MARQUES, N. R.; HALLAL, C. Z.; GONSALVES, M. Características biomecânicas, ergonômicas, e clínicas da postura sentada. *Fisioterapia e Pesquisa*, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 270-276, set. 2010.

MARTINS, C. O.; DUARTE, M. F. Efeitos da ginástica laboral em servidores da Reitoria da UFSC. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v. 84, p. 7-13, 2000.

MCCONKIE, G. W.; ZOLA, D. Some characteristics of reader's eye movements. In: von EULER, C.; LUNDBERG, I.; LENNERSTRAND G. (Eds.) *Brain and reading*. London: Macmillan Press, p. 369-381, 1989.

MORAES, A; Mont'Alvão, A. C. *Ergonomia: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: 2AB, 2010. 223 p.

NETTER, F. H. *Exame clínico ortopédico: uma abordagem baseada em evidência*. Rio de Janeiro: ELSEVIER/SAUNDERS, 2007. 509 p.

O GLOBO. Venda de tablets no primeiro semestre supera total comercializado em todo ano de 2011. O Globo, Rio de Janeiro, RJ, 2 set. 2013. <<http://oglobo.globo.com/tecnologia/venda-de-tablets-no-1-trimestre-supera-total-comercializado-em-todo-ano-de-2011-8884187>>. Acesso em: 15 jun. 2013.

OGUSUKO, M. T; LUKASOVA, K; MACEDO, E. C. Movimentos oculares na leitura de palavras isoladas por jovens e adultos em alfabetização. *Psicologia: Teoria e Prática*, n. 10, v. 1, p. 113-124, 2008.

OSRAM. *Manual luminotécnico prático*. São Paulo. OSRAM, s. d.

PALMER, C. F. *Ergonomia*. Rio de Janeiro: FGV, 1976. 207 p.

PASCHOARELLI, L. C.; SILVA, J. C. P. A. *A carteira escolar como objeto do desenvolvimento escolar infantil: Uma contribuição do design ergonômico*. Bauru: Canal 6, 2010. 144 p.

PLATONOW, V. MEC vai distribuir *tablets* para alunos de escola pública em 2012. Empresa Brasil de Comunicação, Brasília, DF, 1 set. 2011. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/arquivonoticias/2011-09-01>>. Acesso em: 23 set. 2011.

PROCÓPIO, E. Indústria gráfica precisa repensar modelo de negócios, mas produção de impressos continua viva, 4 nov. 2012. Disponível em: <<http://ebookpress.wordpress.com/2012/11/04/industria-grafica-precisa-repensar-modelo-de-negocios-mas-producao-de-impressos-continua-viva/>>

RAYNER, K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*. n. 3, vol. 124, 372–422, 1998.

RAYNER, K.; CASTELHANO, M. Eye movements. *Scholarpedia*. v. 2, n. 10, 2007. Disponível em: <http://www.scholarpedia.org/article/Eye_movements>. Acessado em: 05 fev. 2014.

REIS, P. F.; REIS, D. C.; MORO, A. R. P. Mobiliário escolar: antropometria e ergonomia da postura sentada. XI Congresso Brasileiro de Biomecânica. 2005. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/EDUCACA/O_FISICA/artigos/ergonomiadomobiliario-IXcongrbrasbiomec.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2013.

RIBEIRO, A. S.; FARIA, J. R. G. Biomecânica postural e o uso ocupacional do *tablet* digital. In: Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologias: produto, informações, ambiente construído e transporte, 13. 2013, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: UFJF, 2013.

RIO, R. P. do; PIRES, L. *Ergonomia: fundamentos da prática ergonômica*. 3. ed. São Paulo: LTr, 2001. 225 p.

RODRIGUES, S. R. Introdução ao sistema de movimento dos olhos H6 / ASL (com integração com movimento da cabeça) Laboratório de Informação, Visão e Ação (LIVIA), s.d., 2012.

SALDAÑA, P. Novo sistema de ensino investe no tablet. O Estado de São Paulo, 17 dez. 2012. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,novo-sistema-de-ensino--investe--no-tablet--,974496,0.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2013.

SOBOTTA, J. *Atlas de anatomia humana*. 21 ed. Rio de Janeiro: GUANABARA KOOGAN, 2000. 405 p.

TERRA. EUA: alunos de escolas públicas recebem iPads de graça. 25, jun. 2013. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/educacao/eua-alunos-de-escolas-publicas->

recebem-ipads-de-graca,4fbdde5787b7f310VgnVCM3000009acceb0aRCRD.html>.
Acesso em: 15 ago. 2013.

VILLAROUCO, V.; ANDRETO, L. F. M.. Avaliando desempenho de espaços de trabalho sob o enfoque da ergonomia do ambiente construído. *Produção*. v. 18, n. 3, p. 523-539, 2008.

ZAPATER, A. R. et al. Postura sentada: a eficácia de um programa de educação para escolares. *Ciência e saúde coletiva*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 191-199, 2004.

APÊNDICE A - Parecer do Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Filosofia e Ciências de Marília.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Marília

Parecer do Projeto nº. 0702/2013

IDENTIFICAÇÃO
1. Título do Projeto: ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DA BIOMECÂNICA POSTURAL DA COLUNA VERTEBRAL SOB A INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE OCUPACIONAL COM USO DE TABLET DIGITAL
2. PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Autor(a): Alexandre de Souza Ribeiro
3. Instituição do Pesquisador: Faculdade de Filosofia e Ciências – UNESP/Marília
4. Apresentação ao CEP: 23/04/2013
5. Apresentar relatório em: Semestralmente durante a realização da pesquisa.

Objetivos
Realizar uma revisão ergonômica acerca da postura corporal sob a influência da iluminação do ambiente de trabalho com o uso ocupacional do tablet digital. Verificar a ocorrência de posturas inadequadas da coluna vertebral decorrentes de iluminação causadora de ofuscamento por reflexão na tela de tablets digitais em ambientes ocupacionais.

SUMÁRIO DO PROJETO
Atualmente, as pesquisas sobre ergonomia relacionada à iluminação não estão restritas à concepção qualitativa de condições visuais. Vertentes apontam para a importância de considerar os impactos biológicos da interação com a luz. Em consonância com esta tendência e devido à implementação do tablet digital em ambientes de trabalho e ensino, a pesquisa pretende investigar a influência da iluminação do ambiente ocupacional com o uso do instrumento sobre a biomecânica postural da coluna vertebral, partindo do pressuposto de que a iluminação até então utilizada é projetada para atividades com monitores no plano vertical, o que não é usual para o tablet digital, causando déficit lumínico devido a ofuscamentos por reflexão, que exigem compensações posturais inadequadas para melhor visualização. A pesquisa experimental será desenvolvida em laboratório simulando uma atividade ocupacional com tablet digital em diferentes condições de iluminação, nas quais serão realizados registros posturais, obtidos por captura de vídeo. Os dados coletados serão analisados utilizando recursos computacionais, os resultados serão aferidos quanto ao seu potencial fisiopatológico. Espera-se desta forma, traçar um mapa de risco sobre condições de iluminação nocivas a coluna vertebral evidenciando a necessidade de um ambiente ergonômico para o uso ocupacional do tablet digital. Palavras-chave: Ergonomia do Tablet; Postura e Iluminação; Tablet no trabalho.

COMENTÁRIO DO RELATOR
O projeto está de acordo com as solicitações e normas da resolução CNS 196/96.

Faculdade de Filosofia e Ciências
Avenida Hygine Muzzi Filho, 737 CEP 17.525-900 Marília São Paulo Brasil
Tel 14 3402-1300 fax 14 3402-1302




PARECER FINAL

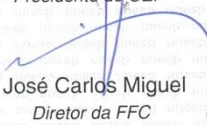
O CEP da FFC da UNESP após acatar o parecer do membro relator previamente aprovado para o presente estudo e atendendo a todos os dispositivos das resoluções 196/96 e complementares, bem como ter aprovado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido como também todos os anexos incluídos na pesquisa resolve aprovar o projeto de pesquisa supracitado.

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES


DATA DA REUNIÃO

Homologado na reunião do CEP da FFC da Unesp em 26/06/2013.



Simone Aparecida Capellini
Presidente do CEP


José Carlos Miguel
Diretor da FFC

APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e esclarecido.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Bauru



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estamos realizando uma pesquisa de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Design da Faculdade de Arquitetura Artes e Comunicação (UNESP - Bauru) intitulada "Ergonomia de *tablets*, digitais em uso ocupacional: atividade visual e biomecânica postural sob a influência de ofuscamentos reflexivos causados pela iluminação" e gostaríamos que participasse da mesma. O objetivo é analisar as condições de trabalho ou estudo utilizando um *tablet*, digital. Participar desta pesquisa é uma opção, a qual poderá desistir em qualquer fase.

Caso aceite participar desta pesquisa gostaríamos que soubessem que:

- A) VOCE PRECISARA APENAS REALIZAR UMA TAREFA DE RECONECIMENTO DA DIREÇÃO DE CARACTERES GRAFICOS EM UM TABLET UTILIZANDO UMA ESPECIE DE CAPACETE, O "EYE TRACKING", UM APARELHO QUE ESTARA RASTREANDO O SEU OLHAR E SEUS MOVIMENTOS. O PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL SERÁ FILMADO PARA ANÁLISE POSTERIOR.
- B) A EXPOSIÇÃO A EVENTUAIS OFUSCAMENTOS CAUSADOS PELA LUZ DURANTE A ATIVIDADE PODE PROVOCAR DESCONFORTO VISUAL MOMENTANEO, MAS NÃO CAUSAM DANOS A SAUDE, ASSIM COMO OS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS, OS QUAIS NÃO SÃO INVASIVOS.]
- C) ESTA PESQUISA CONSTARA SOMENTE DE AVALIAÇÕES PARA FINS CIENTIFICOS. AS IMAGENS E OS DADOS OBTIDOS SERÃO APRESENTADOS EM CONGRESSOS E ARTIGOS CIENTIFICOS, SENDO PRESERVADA A IDENTIDADE DO PARTICIPANTE.

Eu, _____ portador do RG: _____ aceito participar da pesquisa intitulada "Ergonomia de *tablets*, digitais em uso ocupacional: atividade visual e biomecânica postural sob a influência de ofuscamentos reflexivos causados pela iluminação", a ser realizada na Universidade Estadual Paulista (UNESP), ~~câmpus~~ de Bauru-SP. Declaro ter recebido as devidas explicações sobre a referida pesquisa, portanto fui devidamente esclarecido (a) quanto aos objetivos e procedimentos desta. Declaro ainda estar ciente de que a minha participação é voluntária e que posso desistir a qualquer momento.

Certos de poder contar com sua autorização, colocamo-nos à disposição para esclarecimentos, através do telefone (14) 9726-3573, falar com Alexandre de Souza Ribeiro (responsável pela pesquisa) ou (14) 3103-6059, falar com Prof. Dr. João Roberto Gomes de Faria (orientador).

Autorizo,
Data: ____/____/____.

Assinatura

Av. Eng. Luiz Edmundo Carrilho Coube, 14-01 - Bauru - SP
CEP 17.033-360 - Tel.: (14) 3103-6000 - Fax: (14) 3103-6031
Site: www.fapac.unesp.br

APÊNDICE C – Tarefa utilizada no experimento e apresentada na interface do *tablet* para o reconhecimento da direção dos optótipos para a coleta de dados.

