



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

PROJETO DO PRODUTO E BIOENGENHARIA:
IDENTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA O PROJETO DE PRODUTO
QUE SOLUCIONE ÀS CAUSAS DAS *LAPTOP-ITIS* E PROPOSIÇÃO DE
UM PROTÓTIPO

Anderson Gomes Ferreira

Belo Horizonte, 28 de fevereiro de 2018

Anderson Gomes Ferreira

**PROJETO DO PRODUTO E BIOENGENHARIA:
IDENTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA O PROJETO DE PRODUTO
QUE SOLUCIONE ÀS CAUSAS DAS *LAPTOP-ITIS* E PROPOSIÇÃO DE
UM PROTÓTIPO**

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

Área de concentração: Projetos e Sistemas

Universidade Federal de Minas Gerais

Orientador: Prof. Dr. Rudolf Huebner

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

Ano 2018



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

Av. Antônio Carlos, 6627 - Campus Universitário
31270-901 - Belo Horizonte - MG
Tel.: +55 31 3409.5145
E-mail: cpgmec@demec.ufmg.br

**"PROJETO DO PRODUTO E BIOENGENHARIA: IDENTIFICAÇÃO
DE CRITÉRIOS PARA O PRODUTO SUPORTE PARA LAPTOP E
PROPOSIÇÃO DE UM PRODUTO"**

ANDERSON GOMES FERREIRA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "**Mestre em Engenharia Mecânica**", na área de concentração de "**Projeto e Sistemas**".

Dissertação aprovada no dia 28 de fevereiro de 2018.

Por:

Prof. Rudolf Huebner

Orientador - Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG

Prof. Antonio Eustaquio de Melo Pertence

Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG

Prof. Eduardo Romeiro Filho

Departamento de Engenharia de Produção/UFMG

AGRADECIMENTOS

A minha mãe **Adriana Gomes Ferreira**, que me ensinou que a vida é uma aventura que exige coragem e amor.

Ao meu pai **Reinaldo Gomes Ferreira**, que me mostrou que devemos persistir com energia na busca de nossos objetivos.

Ao meu irmão **Arthur Gomes Ferreira**, que me fez lembrar da grande importância que essa pesquisa tem para a nova geração.

Ao meu irmão **Alex Gomes Ferreira**, que foi meu companheiro na infância e que na vida adulta me mostrou a importância de quem vive a vida com disciplina e empenho.

A **Nayara Campos Cunha** que, com seu companheirismo e amor, sem saber, foi fonte de inspiração para superar as dificuldades ao longo da pesquisa.

Ao professor **Rudolf Huebner** pelo grande conhecimento compartilhado, principalmente quando o assunto é a bioengenharia, e pelo tempo disponibilizado a mim, sempre com paciência e grandiosidade. Muito do sucesso do projeto desenvolvido foi graças a esse importante apoio.

Ao professor **Eduardo Romeiro** pela grande ajuda, motivação e orientação quando o assunto é design e desenvolvimento de produtos. Também agradeço a ele pela oportunidade de desenvolvimento do estágio de docência que permitiu realizar experimentos que apoiaram o desenvolvimento da pesquisa.

Ao professor **Antônio Pertence**, que, por meio da disciplina metodologia de projetos mecânicos, me permitiu aprender a grande integração que existe entre a disciplina projeto de produto e projeto mecânico.

Ao amigo e grande engenheiro **José Silvério Borela**, pela amizade e pelas incríveis ideias no desenvolvimento do produto tratado nessa dissertação.

A amiga **Mariana Ambrósio**, pela perseverança inspiradora que demonstra que temos de superar dificuldades com entusiasmo.

Ao amigo **Leandro Moraes**, pelo apoio e demonstração de amizade ao longo de todo o mestrado.

A amiga **Wellingtânia Domingos Dias**, que foi uma grande parceira no LabBio e colaborou com grandes ideias e conhecimentos para a realização dos experimentos e avaliação de normas técnicas.

Ao amigo **Lucas Muniz**, que mesmo longe se fez presente.

Ao amigo **Filipe Cota**, que foi meu colega de turma durante os estudos no SENAI, em 2007, e voltou a ser colega de turma durante os estudos do mestrado, em 2016.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG)**, pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa, que permitiu a construção e testes múltiplos com múltiplos protótipos.

Aos alunos da disciplina Projeto de Produto que, por meio de prática pedagógica, colaboraram com importantes insights para o desenvolvimento do produto obtido como resultado da pesquisa. Segue o nome de cada um dos alunos aos quais eu sou muito grato pelo apoio e engajamento na realização da pesquisa.

Leticia Camargos Lopes Miguel

Bráulio Farnese De Paula Lana

Gabriel Borges Merheb

Raquel Rugani Lage

Bárbara Belisário

Bruna Marques Almeida

Bárbara Tabelini Domingues

Carolina Vieira Sales

Pedro Silva Marciano

Priscilla Silva Veloso

Vanessa Leite Ayres Bezerra

Victor Eduardo Pinto

Davi Simões Doro Pereira

Matheus Henrique Alves Guim

Amanda Dias Siqueira

Victor Azevedo Brugnoli Ribeiro

Victor Covello Franco

Mateus Cunha Dolabella França

Pedro Fernandes

Marcela Guerra Pezzini Assis

Marina Moretzsohn Ferreira

Victor Rafael Carnavali De Oliveira

Bernardo Fonseca De Carvalho

Marina Gouthier Picchioni

Isadora De Barros Jacques
Bruna Lacerda Andrade
Júlia Cobucci Morais
Bernardo Andrade Pereira
Cainan Alves Da Costa
Felipe Andrade Neves Dias
Celso Da Costa Vieira Filho
Gerson Geraldo Carvalho Júnior
Laura Frauches Sollero
David Weinberg
Mariana De Castro Leonel
Guilherme Brant Neves
Mateus Valentim Dias De Castro
Luana Cristina De Oliveira Ramos
Jade Peixoto Vasconcelos
Gabriel Castro De Mesquita Barros
Rodrigo Perri Rocha
Jorge Borges Merheb
Nahima Abboud Andrade

A **Deus** por ter me permitindo conhecer e trabalhar com todas essas pessoas que me ajudaram na aventura que foi o desenvolvimento do presente estudo.

Meus sinceros agradecimentos.

“Para onde olharmos, lá estará a engenharia, veículo que embala fantásticos sonhos da humanidade. Na roupa que vestimos, na comida que comemos, no livro que lemos, nos carros, no cinema, na televisão, no consultório médico, no show de nossa banda preferida, lá está ela no palco dos acontecimentos.”

Walter Antônio Bazzo e Luiz Teixeira do Vale Pereira *in* Introdução a Engenharia - Conceitos, ferramentas e comportamentos.

“A simplicidade é o último grau de sofisticação.”

Leonardo da Vinci

SUMÁRIO

1	<i>INTRODUÇÃO</i>	17
1.1	Tema da pesquisa	17
1.2	Justificativa	18
1.2.1	Era do conhecimento (e do uso do laptop)	18
1.2.2	Modo de Uso Tradicional (MUT).....	20
1.2.3	O MUT é fonte de problemas	21
1.2.4	Necessidade de solucionar os problemas causados pelo uso do <i>laptop</i>	22
1.3	Objetivo da pesquisa	23
2	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: PRODUCT ENGINEERING</i>	24
2.1	Projeto de produto versus projeto de máquina	24
2.2	Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP)	25
2.3	CrITÉrios de projeto	26
2.4	Qualidade do produto	27
3	<i>METODOLOGIA DE PESQUISA</i>	28
4	<i>INVESTIGAÇÃO VIA ANÁLISE DA LITERATURA TÉCNICA</i>	30
4.1	Posição da tela	30
4.1.1	Biomecânica da coluna vertebral	30
4.1.2	Flexão do pescoço e cervicalgia	32
4.1.3	Flexão do pescoço e Cifose	35
4.1.4	Antropometria e campo de visão	37
4.2	Posição do teclado	43
4.2.1	Torção na coluna e lombalgia	43
4.2.2	Torção da coluna e escoliose	46
4.2.3	Proximidade do teclado e dores musculoesqueléticas nos punhos e ombros	48
4.2.4	Antropometria dos alcances sobre a mesa	51
4.3	Alternância de posturas	53
4.3.1	Posição sentada e danos pelo excesso	53
4.3.2	Posição de pé e danos pelo excesso	57

4.3.3	Não existe postura estática ideal	57
4.3.4	Antropometria para posturas de pé	61
4.4	Sistema de iluminação.....	61
4.4.1	Iluminância (Lux)	62
4.4.2	Luminância (cd/m ²)	65
4.4.3	Frequência (Hz)	70
4.4.4	Temperatura de cor (K)	72
5	<i>DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PROJETO</i>	76
5.1	Crítério para posição da tela	76
5.2	Crítério para posição do teclado	76
5.3	Crítério para posição do usuário.....	76
5.4	Crítério para posição da iluminação.....	77
6	<i>PROJETO DO PRODUTO E PROTÓTIPIAGEM</i>	78
6.1	Estado das práticas.....	78
6.2	Projeto conceitual	81
6.3	Fabricação do protótipo.....	84
7	<i>EXPERIMENTO DE CAMPO</i>	89
7.1	Experimento 1: utilização por estudantes universitários.....	89
7.2	Experimento 2: utilização por profissional durante um dia de trabalho	89
8	<i>RESULTADOS</i>	91
8.1	Efeito 1: Coluna cervical alinhada.....	91
8.2	Efeito 2: Coluna sem torção e punhos apoiados	94
8.3	Efeito 3: Alternância de posturas sentado e de pé.....	97
8.4	Efeito 4: Iluminação sem ofuscamento ou reflexão	101
9	<i>CONCLUSÕES</i>.....	103
10	<i>TRABALHOS FUTUROS</i>.....	104
11	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>.....	106

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - Biblioteca da University of Virginia School of Law.....	20
FIGURA 1.2 - Biblioteca da <i>Research Libraries UK</i> (RLUK).....	20
FIGURA 1.3 - Três posturas e referentes pontos do corpo prejudicados. A) Postura que lesiona os ombros, B) Postura que lesiona coluna cervical e C) Postura mais adotada e que lesiona coluna, ombros, cotovelos e punhos.....	21
FIGURA 3.1 - Metodologia de pesquisa em quatro fases sequências.	28
FIGURA 4.1 - Coluna vertebral e os 5 grupos das quais é formada, <i>Cervical vertebrae</i> (Vértebras cervicais), <i>Thoracic vertebrae</i> (Vértebras torácicas), <i>Lumbar vertebrae</i> (Vértebras lombar), <i>Sacrum</i> (Sacro) e <i>Coccyxl</i> (Cóccix).....	31
FIGURA 4.2 - Flexão da coluna cervical.	32
FIGURA 4.3 - a) Momento gerado pela inclinação do pescoço; b) Limiar de inclinação do pescoço e aparecimento de dores.....	33
FIGURA 4.4 - Região posterior do pescoço em que geralmente está o foco da cervicalgia. .	33
FIGURA 4.5 - Curvatura normal da coluna de um humano adulto, <i>cervical curve</i> (curva cervical), <i>thoracic curve</i> (curva torácica), <i>lumbar curve</i> (curva lombar), <i>sacral curve</i> (curva sacral).....	36
FIGURA 4.6 - Coluna normal (<i>Normal spine</i>) e afetada por cifose (<i>Kyphotic spine</i>).....	37
FIGURA 4.7 - Principais variáveis antropométricas estáticas.	38
FIGURA 4.8 - Campo de visão ótimo no nível 1, nível 2 e nível 3.	40
FIGURA 4.9 - Fotografia de usuário de <i>laptop</i> em três diferentes posições, inclinação de 12° (INC12), inclinação de 25° (INC25) e em suporte de elevação com a conexão de mouse e teclados periféricos manuseados a altura da mesa (<i>RISER</i>).	43
FIGURA 4.10 - Movimento de rotação realizado pela coluna vertebral.....	43
FIGURA 4.11 - Foto de estudante em posição de torção de rotação da coluna em estudante de enfermagem.	44
FIGURA 4.12 - Foto de estudante em postura que matem torção da coluna.	44
FIGURA 4.13 - Localização na lombalgia.	45
FIGURA 4.14 - Vista de trás de coluna normal (<i>normal spine</i>) e coluna com escoliose (<i>scoliosis</i>)	47
FIGURA 4.15 - Postura da coluna vertebral recomendada para utilização do computador na posição sentado.....	48

FIGURA 4.16 - Porcentual da percepção de desconforto no uso de <i>laptop</i> e computadores.	49
FIGURA 4.17 - Estudante usando o <i>laptop</i> , evidenciando suspensão dos punhos e antebraço pela proximidade do teclado.....	50
FIGURA 4.18 - Análise da altura do mouse para correta posição dos punhos.....	51
FIGURA 4.19 - Antropometria dos alcances sobre a mesa.....	52
FIGURA 4.20 - Antropometria dos alcances verticais.....	53
FIGURA 4.21 - Estação de trabalho/estudo (para atividades de leitura e escrita) com dimensões da cadeira regulável e da mesa fixa em cm.	54
FIGURA 4.22 - Visão com ofuscamento direto (impedindo a percepção visual do homem presente no centro da imagem) e sem ofuscamento (por meio de tapamento da fonte luminosa com uma mão).	66
FIGURA 4.23 - Ofuscamento direto (<i>direct glare</i>) e ofuscamento indireto (<i>reflected glare</i>).	66
FIGURA 4.24 - Mensuração da perda da acuidade visual pela inclinação da fonte de ofuscamento direto.	67
FIGURA 4.25 - Três sistemas de iluminação: geral, focado e combinado.	68
FIGURA 4.26 - Posição correta da fonte de iluminação para atividades sob a mesa.	68
FIGURA 4.27 - Posição correta da fonte de iluminação para atividades sob a mesa com o sistema de iluminação focada.	69
FIGURA 4.28 - Sistema de iluminação incorreto e correto para atividades no computador. .	70
FIGURA 4.29 - Temperatura de cor para diferentes fontes luminosas.....	73
FIGURA 6.1 - Produto Suporte para <i>laptop</i> Asys.....	78
FIGURA 6.2 - Produto Ergo-T 340.....	79
FIGURA 6.3 – Ângulos ao usar suporte para <i>laptop</i>	79
FIGURA 6.4 - Bancada com cadeira elevada adotada por profissionais de atendimento em clínica na RMBH.....	80
FIGURA 6.5 - Quatro produtos <i>Sit-Stand Desk</i> comercializados pela loja online Amazon.com.	80
FIGURA 6.6 - Projeto conceito 1. Postura de pé (esquerda) e postura sentado (direita).....	81
FIGURA 6.7 - Projeto conceito 2.....	82
FIGURA 6.8 - Lâmpada especificada para o projeto (LED, 9W, 6000-3200K, E27).	83
FIGURA 6.9 - Soquete E27 e rabicho com tomada e botão interruptor.	83
FIGURA 6.10 - Protótipo 1, desenvolvido em escala reduzida (1:5).....	84
FIGURA 6.11 - Fabricação dos protótipos por meio de fresadora CNC.	85
FIGURA 6.12 - Protótipo 2.	86

FIGURA 6.13 - Protótipo 3.....	87
FIGURA 6.14 - Protótipo 4, protótipo prova de conceito do experimento 2.....	88
FIGURA 6.15 - Protótipo 5, protótipo final do produto.....	88
FIGURA 8.1 - Inclinação do pescoço usando o <i>laptop</i> no MUT.....	91
FIGURA 8.2 - Inclinação do pescoço usando o <i>laptop</i> com o protótipo (experimento 2).....	91
FIGURA 8.3 - Inclinação do pescoço assumindo a postura sentada com lombar não apoiada no encosto da cadeira.....	92
FIGURA 8.4 – Postura realizando a atividade de escrever.....	93
FIGURA 8.5 - Inclinação excessiva do pescoço ao olhar a tela após escrever sobre o caderno (experimento 2).....	94
FIGURA 8.6 - Postura assumida com alinhamento coluna (não torção) de pé ou sentado.....	95
FIGURA 8.7 - Distribuição de objetos sobre a mesa.....	95
FIGURA 8.8 - Esforço de torção na coluna identificado no MUT.....	96
FIGURA 8.9 - Postura com coluna em torção.....	96
FIGURA 8.10 - Estudante ergueu os punhos durante digitação (experimento 1).....	97
FIGURA 8.11 - Teste com estudante de estatura 155 cm.....	98
FIGURA 8.12 - Teste com estudante de estatura 162 cm.....	98
FIGURA 8.13 - Teste com estudante de estatura 169 cm.....	99
FIGURA 8.14 - Teste com estudante de estatura 170 cm.....	99
FIGURA 8.15 - Teste com estudante de estatura 177 cm.....	100
FIGURA 8.16 - Teste com estudante de estatura 195 cm.....	100
FIGURA 8.17 - Incidência de luz somente na mesa de trabalho (experimento 2).....	101
FIGURA 8.18 – Curvatura pescoço e incidência de luz sobre os olhos do usuário durante escrita (experimento 2).....	102
FIGURA 8.19 - Medição da Iluminância (Lux) sob a mesa de trabalho (experimento 2), luz do escritório apagada e lâmpada na posição central.....	102

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.1 - Tempo de utilização diária do <i>laptop</i> por estudantes universitários.	19
GRÁFICO 4.1 - Região de desconforto musculoesquelético de estudantes usuários de <i>laptop</i> , destacando 36,17% apresentando cervicalgias.	34
GRÁFICO 4.3 - Tamanho da tela do <i>laptop</i> usado por professores, estudantes e profissionais na UNIPAMPA.	42
GRÁFICO 4.4 - Percentual de universitários usuários do <i>laptop</i> que sofrem de lombalgia...	46
GRÁFICO 4.5 - Punhos e ombros são a terceira e quarta região mais afetadas por dores ao permanecer no MUT.	49
GRÁFICO 4.6 - Relação entre tempo sentado por dia e tempo de atividades físicas por semana com a mortes por 1.000 pessoas por ano. A) Todos os participantes (222.497 indivíduos); B) Pessoas saudáveis que no início do estudo não tinham doenças cardiovasculares, diabetes ou câncer, excetuando-se o melanoma (145.713 indivíduos); C) Participantes com doenças cardiovasculares ou diabetes no início do estudo (52.229 indivíduos). † indica o grupo de referência.	56
GRÁFICO 4.7 - Porcentagem de profissionais que experimentaram dores musculoesqueléticas em duas condições: EHAW (mesa de altura regulável) e FHW (mesa de altura fixa).....	60
GRÁFICO 4.8 - Variações do rendimento e da fadiga visual em função do nível de iluminação.	63
GRÁFICO 4.9 - Faixa de conforto visual pela combinação de Iluminância e Temperatura de cor.	74

LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA 2.1 - Produtos bens de capital versus produtos bens de consumo.	24
TABELA 4.1 - Perfil Antropométrico do adulto brasileiro.	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i>
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DEMEC	Departamento de Engenharia Mecânica
IEA	Associação Internacional de Ergonomia
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i> (placa de fibra de madeira de média densidade)
MUT	Modo de Uso Tradicional do Laptop (postura não adequada)
NIH	<i>National Institutes of Health</i>
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
PPGMEC	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO

O *laptop* (computador pessoal) é a principal ferramenta de trabalho e de estudo na presente era do conhecimento, contudo, o mesmo é causador de uma série de danos ergonômicos ao usuário devido à ausência de uma postura adequada que permita utilizar o mesmo continuamente. Por meio de uma metodologia de pesquisa guiada por quatro fases sequenciais determinadas de acordo às boas práticas de PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto), identificou-se quais são os critérios de projeto que devem ser respeitados para que um produto possibilite a utilização do *laptop* de modo adequado. Quatro critérios de projeto foram evidenciados, projetou-se e construiu-se um protótipo em atendimento aos mesmos, e, por último, validou-se a efetividade dos critérios por meio de experimento de campo que observou indivíduos utilizando o *laptop* junto ao protótipo. Concluiu-se que o desenvolvimento de produtos que tenham alto impacto à postura do usuário é uma atividade interdisciplinar que deve levar em consideração a biomecânica corporal do indivíduo, a educação postural do usuário e observações ergonômicas que evidenciem o modo de uso real do produto.

Palavras chaves: *Desenvolvimento Produto Ergonômico; Produto laptop-itis; Produto Estação De Trabalho; Sit-Stand Desk.*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema da pesquisa

Desenvolveu-se investigação científica para evidenciar os critérios de projeto que permitem o uso adequado do *laptop*. Três áreas de conhecimento foram base para o desenvolvimento da pesquisa:

- Engenharia de produto (*Product Engineering*);
- Bioengenharia (subárea biomecânica);
- Ergonomia (*Ergonomics*);
- Engenharia de Fatores Humanos (*Human Factors Engineering*).

Engenharia de produto (*Product Engineering*) se refere ao processo de projetar e desenvolver dispositivos, montagens ou sistemas que são produzidos por algum processo de manufatura (FARAG, 2013), sendo um processo sistemático e inteligente em que engenheiros desenvolvem, avaliam e especificam soluções para dispositivos satisfazendo as condições especificadas (DYM, LITTLE e ORWIN, 2013).

Bioengenharia é definida pelo NIH (*National Institutes of Health*) como a integração de princípios da engenharia e das ciências física, química e matemática, para estudos da biologia e da medicina (JULIANI, 2011). São subáreas da bioengenharia: engenharia celular e de tecidos, sistemas cardiovasculares, ciência em imagens biomédicas, neurociência, fisiologia da engenharia molecular e celular, biologia computacional e bioinformática, biomecânica, engenharia de reabilitação e engenharia em nanotecnologia de ciências biológicas (SHOURESHI, 2005). Dentro do universo da bioengenharia, esta pesquisa utiliza conceitos da subárea de biomecânica, que é a subárea que descreve a operação do sistema musculoesquelético e possui importante aplicação no estudo funcional da coluna vertebral, sendo dividida em cinemática, que descreve as amplitudes e os padrões de movimento da coluna vertebral, e cinética, que estuda as forças que causam e resistem a esses movimentos (TUPINAMBÁ e VASCONCELOS, 2004). Devido ao caráter de repouso físico do corpo na atividade de usar o *laptop*, foi importante para a pesquisa a biomecânica cinemática.

Ergonomia (ou Engenharia de fatores humanos) é definida pela Associação Internacional de Ergonomia (IEA) como a disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros sistemas com a aplicação de teorias, princípios,

dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema. Esta definição também é adotada pela ABERGO (Associação Brasileira de Ergonomia) (ABERGO, 2016). O projeto e desenvolvimento de produtos foi centrado nos aspectos técnicos e funcionais no século XX. Os aspectos ergonômicos e de design eram aspectos secundários. Entretanto, esse panorama transformou-se, desde então a ergonomia é considerada como parâmetro prioritário em projetos de produtos (IIDA, 2005).

É importante observar que a ergonomia extrapola o desenvolvimento de projetos com base na antropometria e fatores ambientais. O comportamento cognitivo é parte do estudo ergonômico, como tem sido demonstrado por diversos autores (SANTOS e FIALHO, 1997), (MORAES e MONT'ALVÃO, 1998), (TALMASKY e SANTOS, 1998). A ergonomia baseia-se em muitas disciplinas incluindo antropometria, biomecânica, engenharia, fisiologia e psicologia (ABRANTES, 2011).

O campo de Engenharia de Fatores Humanos se iniciou a partir da década de 1940 como a junção de estudos de engenheiros e psicólogos (CHAPANIS, 1975), tem como objetivo estudar as interações que ocorrem na interface homem-máquina para proporcionar otimização do desempenho (GUASTELLO, 2014).

Conhecimento de CAD (*Computer Aided Design*), CAE (*Computer Aided Engineering*), comportamento mecânico dos materiais e processos de fabricação foram ferramentas essenciais durante as etapas de projeto e fabricação do protótipo.

1.2 Justificativa

1.2.1 Era do conhecimento (e do uso do laptop)

A partir de 1950 iniciou-se a transição da era industrial para a era do conhecimento. A era do conhecimento é caracterizada pelo trabalho físico realizado pelas máquinas, sendo o homem destinado ao trabalho fundamentado em conhecimento e criatividade, a cada vez mais o ser humano dispense tempo em frente a computadores para estudar e desenvolver seus trabalhos (ALABI, 2008), (KIRA TARAPANOFF, 2006), (MAGNANI e HEBERLÊ, 2010). A melhor imagem do profissional da era do conhecimento é aquela em que está sentado diante de um computador ou painel de controle, desenvolvendo pouca força física, mas muita atenção, concentração mental e tomada de decisões (IIDA, 2005).

Na era industrial, predominou-se na ergonomia a avaliação dos parâmetros físicos, originando-se o termo “mão-de-obra”. Na era do conhecimento, a ergonomia também avalia parâmetros cognitivos, pode-se entender que também existe o “cérebro-de-obra”. Nesse contexto, o estudo e aplicação da ergonomia da informática torna-se cada vez mais essencial (ABRANTES, 2011).

O uso do *laptop* no ambiente estudantil é cada vez mais prevalente (MISHRA e KIRAN, 2013). Os *laptops* têm se tornado equipamento padrão na educação superior em grande número de instituições universitárias e essa mudança no ensino continua a crescer (WEAVER e NILSON, 2005). Na era do conhecimento surgiram novos e eficazes métodos de ensino baseados em cada estudante possuir o seu *laptop* com acesso à internet (BROWN e PETITTO, 2003). Estudo com amostra de universitários canadenses reportou que, em 2008, 82% dos da amostra tem o *laptop* como único computador (CHANG, AMICK, *et al.*, 2008). Pesquisa realizada com 246 estudantes universitários brasileiros demonstrou a alta utilização de *laptops* como ferramenta de estudo, 78% da amostra utiliza o equipamento de uma a mais de nove horas diariamente (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015), conforme GRÁFICO 1.1. Em outra pesquisa, realizada na universidade UNIPAMPA, a taxa é ainda maior, com 92% da amostra usando o *laptop* em mais de duas horas por dia (FRANZ, GUIMARÃES e AREZES, 2011).

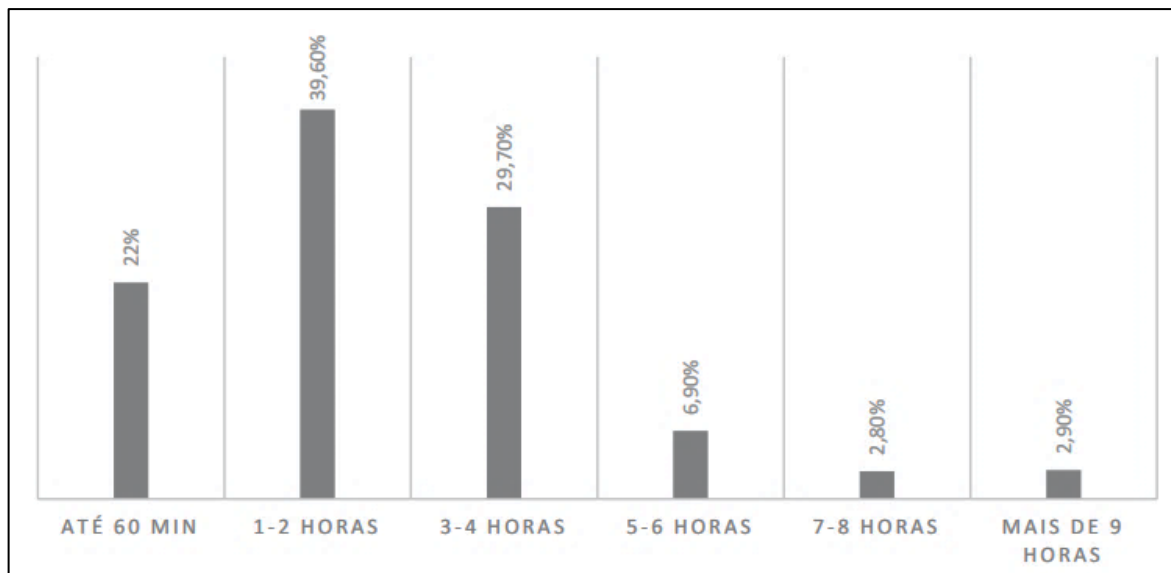


GRÁFICO 1.1 - Tempo de utilização diária do *laptop* por estudantes universitários.

Fonte - (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015).

Tomando tais dados, pode-se dizer que, na era do conhecimento, o *laptop* é a tecnologia mais importante para o ensino.

1.2.2 Modo de Uso Tradicional (MUT)

Existem dois tipos básicos de máquinas: as tradicionais e as cognitivas. As máquinas tradicionais desenvolvem trabalhos físicos, exemplo são as ferramentas manuais, as máquinas-ferramentas e os veículos como os automóveis. As máquinas cognitivas são aquelas que operam sobre as informações, o exemplo típico é o *laptop*, e a cada vez mais o uso desse será intensificado na sociedade atual (IIDA, 2005).

O uso inicial previsto para o produto foi no colo (*lap* = colo, *top* = topo), o que é uma postura imprópria. Posteriormente o *laptop* foi planejado e é utilizado na posição sentado com o equipamento sobre a mesa, conforme demonstra-se na FIGURA 1.1 e na FIGURA 1.2.



FIGURA 1.1 - Biblioteca da University of Virginia School of Law.

Fonte - (WIKIPEDIA, 2016).



FIGURA 1.2 - Biblioteca da Research Libraries UK (RLUK).

Fonte - (RLUK, 2016).

Essa é a forma planejada para o uso do laptop e a que é realizada pela maior parte dos estudantes universitários, durante esse estudo essa postura será identificada como o MUT (Modo de Uso Tradicional do Laptop). Contudo, o MUT apresenta graves problemas ao estudante, problemas que serão apresentados a seguir.

1.2.3 O MUT é fonte de problemas

O especialista em reabilitação Kevin Carneiro (Universidade da Carolina do Norte, EUA), cunhou o termo *laptop-itis* para se referir às doenças causadas pelo uso do *laptop* (KATZ, 2010). Tal pesquisador é também o autor da frase “quando você usa um *laptop*, você é obrigado a fazer algum tipo sacrifício” (“*When you use a laptop, you have to make some sort of sacrifice*”) (PEACH, 2010).

Os próprios fabricantes de *laptops* reconhecem os danos físicos provenientes da utilização do equipamento, de fato, não existe nenhuma postura ergonomicamente adequada enquanto se utiliza tal produto (GRIFFIN, 2001). Na prática, os estudantes alternam entre posturas que prejudicam diferentes partes do corpo (MORAS e GAMARRA, 2007). A FIGURA 1.3 ilustra as três posturas mais usuais e destaca as regiões que sofrem danos em cada uma.

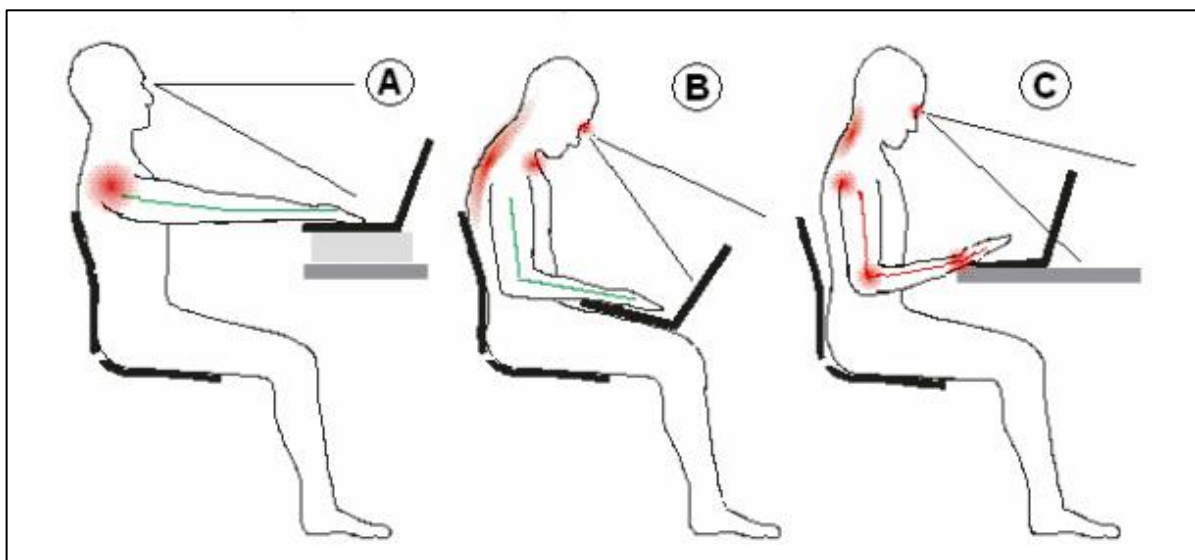


FIGURA 1.3 - Três posturas e referentes pontos do corpo prejudicados. A) Postura que lesiona os ombros, B) Postura que lesiona coluna cervical e C) Postura mais adotada e que lesiona coluna, ombros, cotovelos e punhos.

Fonte - (COSTA e XAVIER, 2006).

A posição ‘sentado com o *laptop* sobre a mesa’, conforme MUT, é o padrão realizado e planejado para o uso do *laptop*. Embora seja considerada a melhor posição para estudar por ser uma posição de baixa exigência energética para o corpo, passar grandes períodos sob a postura sentado gera graves consequências a saúde do homem (IIDA, 2005).

Por meio de estudo com 246 estudantes universitários, demonstrou-se associação entre dores na coluna e a postura de utilização dos computadores portáteis, aferindo que 93,37% dos estudantes da amostra sofrem de dores musculoesqueléticas (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015).

A posição usual de uso do *laptop* promove disfunções crônicas musculoesqueléticas na coluna cervical (SAIED, KAMEL e MAHFOUZ, 2013). Além do dano físico, posturas que levam a problemas crônicos perturbam o processamento cognitivo (IIDA, 2005). Portanto, tal postura é prejudicial as atividades de trabalho cognitivo e estudo.

Essa posição também ocasiona problemas no punho devido ao esforço excessivo que é solicitado ao mesmo, uma vez que o *laptop* é aproximado para melhor visualização, o punho é aproximado do corpo e mantido erguido por grandes períodos quando se realiza a digitação. Estudo com universitários brasileiros verificou que 28,45% dos universitários que utilizam o *laptop* apresentam dores no punho direito (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015).

1.2.4 Necessidade de solucionar os problemas causados pelo uso do *laptop*

Tomando a alta importância da atividade de estudo da era atual da sociedade, e tendo o MUT sendo fonte graves problemas que prejudicam a cognição e a saúde do usuário, torna-se fundamental o projeto de sistemas que visem solucionar tais problemas.

Em pesquisa com 246 estudantes universitários que utilizam o *laptop* como ferramenta de estudo, concluiu-se que existe a necessidade de criar uma solução ergonômica para esse tipo de aparelho (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015).

O uso do *laptop* causa disfunções nos membros superiores do corpo humano, por isso é preciso de equipamentos auxiliares para tornar a utilização do mesmo saudável (COSTA e XAVIER, 2006). A não existência de uma postura adequada requer soluções de engenharia para esse problema (WERTH e BABSKI-REEVES, 2013). O uso popular do *laptop* na atualidade conduz a necessidade de pesquisas que resolvam os problemas posturais que ele gera (FRANZ, GUIMARÃES e AREZES, 2011). Apesar do alto crescimento do uso do *laptop*, tanto por estudantes como por profissionais, e da ausência de um modo ergonomicamente adequado de utilização do mesmo, existem poucas pesquisas que abordam e procuram solucionar o

problema (SOMMERICH, STARR, *et al.*, 2012). Existem equipamentos que podem atenuar os danos, ainda que não os solucionem. Mesmo assim, pesquisa em universidade brasileira demonstrou que 99% da amostra não usa nenhum produto auxiliar para melhorar a postura ergonômica (FRANZ, GUIMARÃES e AREZES, 2011).

1.3 Objetivo da pesquisa

Com a popularização dos *laptops*, torna-se necessário a realização de pesquisas que permitam a utilização ergonomicamente correta desses dispositivos, uma vez que a sobrecarga gerada sobre o sistema musculoesquelético pode desencadear desde sintomatologia dolorosa até incapacidades funcionais (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015).

O objetivo geral da pesquisa é promover o conhecimento necessário para o desenvolvimento de um produto de engenharia que permita a utilização do *laptop* solucionando os problemas observados pelo uso do mesmo.

Para um adequado projeto de produto ergonômico, é preciso estabelecer a persona. Persona é a caracterização do usuário do produto (KARWOWSKI, SOARES e STANTON, 2011). Embora perceba-se a ampla gama de personas beneficiadas com a pesquisa, a persona definida é o estudante-profissional adulto (sobretudo o estudante universitário e o profissional do conhecimento).

O objetivo específico da pesquisa é identificar quais são os critérios de projeto, partindo da visão sistemática da *Product Engineering*, para que se permita a utilização do aparelho em postura ergonomicamente adequada.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: *PRODUCT ENGINEERING*

O presente capítulo apresenta os quatro conceitos que foram essenciais para a condução da pesquisa.

2.1 Projeto de produto versus projeto de máquina

Product Design e *Industrial Design* são termos que significam itens correlacionados e diferentes, em termos gerais, *Product Design* se foca no processo de obtenção de novos produtos, enquanto o *Industrial Design* se foca no processo de produção de produtos (MORRIS, 2009).

É importante compreender as diferenças de produtos bens de capital e produtos bens de consumo, posto que o processo de desenvolvimento de cada um possui especificidades. A compreensão dessa diferença é facilitada por meio da TABELA 2.1.

TABELA 2.1 - Produtos bens de capital versus produtos bens de consumo.

Propriedade	Bens de Capital	Bens de consumo
Objetivo	Definido pelo fabricante da empresa	Definido pelo usuário do produto
Comprador	Empresa, predominando decisão por critérios técnicas e econômicos	Indivíduo, predominando aspectos subjetivos como a percepção de valor e de necessidade
Usuário	Profissionais remunerados, habilitados e treinados	Indivíduo que, em geral, não quer treinamento especial para usar o produto
Acompanhamento do uso	Supervisionado por especialista	Não existe supervisão
Manutenção	Gerenciada por especialista	Não gerenciada, em geral somente a corretiva é realizada
Custo da falha	Em geral alto, conforme sistema produtivo	Em geral baixo, conforme valor percebido pelo usuário
Substituição	Determinada predominantemente por avanços tecnológicos e estudos econômicos e de mercado	Determinada predominantemente por valores subjetivos de estilo de vida e moda

Fonte - Adaptado de IIDA (2015).

Os bens de capital são produtos usados por empresas em alguma atividade produtiva, a exemplos de máquinas e equipamentos como prensas, tornos e fresas. Geralmente são adquiridas por empresas, operadas por trabalhadores especialmente treinados e têm, em volta deles, várias pessoas que apoiam seu funcionamento como os ferramenteiros, analistas de trabalho e técnicos de manutenção. Eles dificilmente são usados de forma diferente daquela que foi programada pela empresa e prevista pelos seus fabricantes. A qualidade técnica é dominante em seu projeto e a sua renovação é ditada principalmente pelos avanços tecnológicos.

Os bens de consumo são produtos usados por indivíduos, a exemplo dos eletrodomésticos, móveis e computadores pessoais. Em geral são usados por pessoas que não foram treinadas para a sua operação e manutenção, o que inclui crianças e idosos. Portanto, esses bens estão sujeitos a um uso mais irregular, menos sistemático e, inclusive, a usos não-previstos pelo fabricante.

Logo, a presente pesquisa aborda o projeto de um produto tipo bem de consumo. Alinhado ao objetivo da pesquisa, é importante que bens de consumo tenham uso simples, fácil de ser entendido e que não dependam de conhecimentos especializados.

2.2 Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP)

Do ponto de vista da *Engineering Design*, o desenvolvimento de um produto não surge espontaneamente por um golpe de criatividade, em vez disso, é fruto de uma estruturação de fases planejadas para melhor articular a abordagem do problema, incluindo técnicas a serem utilizadas em cada fase (DYM e LITTLE, 2003, p. 15).

O desenvolvimento de novos produtos a partir de uma ideia inicial é um processo gradual de redução da incerteza com base em uma sequência de passos de solução de problemas, avaliação, seleção e implementação que conectam o fluxo de mercado e tecnologia. Entre os vários fatores que impactam o sucesso de um produto está a percepção do cliente da vantagem do produto, conhecimento do mercado e definição clara do produto. Alguns métodos convencionais de pesquisa de mercado são insuficientes e, às vezes, enganosos. Em tais casos é melhor observar o uso de protótipos, identificando-se necessidades latentes ou exigências não explicitadas verbalmente. (TIDD e BESSANT, 2015).

Essa análise é coerente a visão de ergonomia, posto que essa é uma ciência experimental que requer observação em campo. De acordo com Iida (2005), a ergonomia utiliza diversos tipos de métodos e técnicas, como, por exemplo, observação (como o consumidor

utiliza o produto), questionários escritos e entrevistas verbais. O mesmo autor afirma que os experimentos de campo servem para verificar o comportamento do projeto nas condições reais de uso e exigem um planejamento cuidadoso, em colaboração com os usuários, sendo indicados principalmente para detecção de aspectos imprevistos ao design, como formas de uso inesperadas.

2.3 Critérios de projeto

São muitas as fontes de critérios de projetos. Do ponto de vista do *Mechanical Engineering Design*, destacam-se geometria, tensões e deformações, contudo, cada projeto tem o seu próprio conjunto de critérios (BUDYNAS, 2008).

Em termos de produtos ergonômicos, alguns critérios são ditados por normas, sendo importante a compreensão de três normas emitidas pela ISO (*International Standardization Organization*):

- ISO 6385:2016 - Ergonomics principles in the design of work systems;
- ISO 9241-420:2011 - Ergonomics of human-system interaction;
- ISO 11064-1:2000 - Ergonomic design of control centers.

No Brasil, a NR 17 (Norma Regulamentadora relativa a ergonomia), integrante do conjunto de Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde do Trabalhador estabelecidas pelo Ministério do Trabalho e Previdência Social, define diversos aspectos do trabalho com “processamento eletrônico de dados com terminais de vídeo” (MTPS, 1978.). No item 17.4.3, determina que os “*equipamentos utilizados no processamento eletrônico de dados*” devem oferecer:

- “*condições de mobilidade suficientes para permitir o ajuste da tela do equipamento à iluminação do ambiente, protegendo-a contra reflexos, e proporcionar corretos ângulos de visibilidade ao trabalhador;*
- *o teclado deve ser independente e ter mobilidade, permitindo ao trabalhador ajustá-lo de acordo com as tarefas a serem executadas;*
- *a tela, o teclado e o suporte para documentos devem ser colocados de maneira que as distâncias olho-tela, olho-teclado e olho-documento sejam aproximadamente iguais; e*
- *serem posicionados em superfícies de trabalho com altura ajustável.*”

Crítérios antropométricos também devem ser respeitados. Industrialmente, a padronização de um produto é buscada para os processos de fabricação. Contudo, usuários com diferentes perfis antropométricos precisam de produtos de diferentes dimensões. Iida (2005) aponta cinco estratégias para essa situação:

- Dimensionar para a média da população;
- Dimensionar para um dos extremos da população;
- Dimensionar para faixas da população (exemplos: Tamanhos P, M e G);
- Dimensionar com uma regulagem a ser realizada pelo usuário;
- Dimensionar para um grupo específico.

É preciso entender o contexto de uso para determinar a melhor estratégia em cada projeto.

2.4 Qualidade do produto

Para Iida (2005), do ponto de vista ergonômico, todos os produtos têm a função de satisfazer uma necessidade humana, desse modo, direta ou indiretamente, entram em contato com o homem. Isso requer de todos os produtos a presença de três qualidades:

- Qualidade técnica: Eficiência funcional (seja mecânica, elétrica, eletrônica, química, etc.).
- Qualidade ergonômica: Permitir boa interação do produto com o usuário, isso inclui ser saudável, seguro e de fácil manuseio.
- Qualidade estética: Envolve a combinação de formas, cores, materiais, texturas, acabamentos e movimentos, para que o produto seja considerado algo desejável.

As três qualidades do produto são genéricas e estão presentes em praticamente todos eles, evidentemente, diferentes produtos possuem diferentes predominâncias de uma qualidade sobre a outra.

Para a *Human Factors Engineering*, a qualidade ergonômica deve ser analisada desde os estágios iniciais do desenvolvimento de produtos (GUASTELLO, 2014).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa partiu do princípio que a *Product Engineering* deve ser direcionada ao desenvolvimento de produtos que tenham o mínimo de orientações e prescrições para o usuário, de modo que o produto se adapte ao usuário em vez de criar a necessidade de que o usuário se adapte ao produto.

A ergonomia de concepção ocorre quando a contribuição ergonômica se faz durante o projeto do produto, sendo esta a melhor situação, pois as alternativas poderão ser amplamente examinadas. É altamente valioso, em termos de ergonomia de concepção, a realização de protótipos (físicos e virtuais) que permitam avaliar se as situações e hipóteses conjecturadas durante o desenvolvimento são de fato reais. (IIDA, 2005).

A execução do projeto aplicou essa visão da ergonomia de concepção ao longo do desenvolvimento do produto, em contraposição a ergonomia de correção (que visa melhorar produtos já existentes) ou ergonomia de conscientização (que visa orientar o usuário como o mesmo deve usar adequadamente um produto já existente).

A pesquisa foi direcionada por meio de uma metodologia constituída por quatro fases sequenciais que são apresentadas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

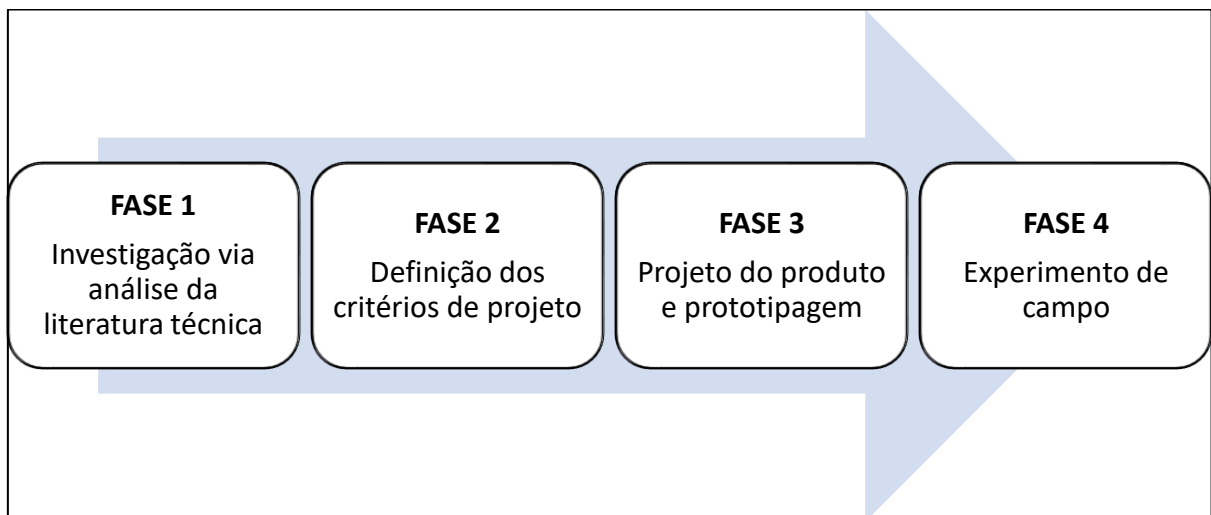


FIGURA 3.1 - Metodologia de pesquisa em quatro fases sequências.

Fonte – O autor.

A fase 1, **Investigação via análise da literatura técnica**, consistiu em estudo sistemático das mais relevantes publicações científicas que abordam o problema e apresentam evidências científicas sobre as causas e orientações para solução.

A fase 2, **Definição dos critérios de projeto**, consistiu na proposição, conforme investigação preliminar realizada, dos critérios de projeto para um produto que permita o uso do *laptop* de modo adequado.

A fase 3, **Projeto de produto e prototipagem**, foi a etapa em que, com base nos critérios de projeto propostos, desenvolveu-se um projeto de produto que atenda aos mesmos. Aplicou-se ferramentas de criatividade para a geração de ideias conceituais, e um Processo de Desenvolvimento de Produto estruturado para a fabricação do produto resultado da pesquisa.

A fase 4, **Experimento de campo**, consistiu da utilização e experimentação do produto para avaliar o atendimento aos critérios estabelecidos do produto proposto, bem como a compreensão da percepção do usuário sobre o produto, o que foi realizado por meio de observações e entrevistas.

Os principais resultados obtidos em cada uma dessas quatro fases são detalhados nos capítulos seguintes.

4 INVESTIGAÇÃO VIA ANÁLISE DA LITERATURA TÉCNICA

A análise bibliográfica realizada filtrou as informações mais relevantes da literatura técnica quanto a problemas, causas e orientações referentes a utilização do *laptop*.

4.1 Posição da tela

4.1.1 Biomecânica da coluna vertebral

A coluna vertebral é a parte subcranial do esqueleto axial, é formada por uma série de 33 ossos individuais (33 vértebras) que ao serem articulados constituem o eixo central esquelético do corpo. A coluna vertebral é flexível porque as vértebras são móveis, mas a sua estabilidade depende principalmente dos músculos e ligamentos. Do ponto de vista mecânico, a coluna vertebral é definida como uma viga em balanço, suportando cargas estáveis e móveis. (TUPINAMBÁ e VASCONCELOS, 2004).

A função primária da coluna vertebral é biomecânica, dotando o corpo de rigidez longitudinal, permitindo movimento entre suas partes. Secundariamente, constitui uma base firme para sustentação de estruturas anatômicas contíguas, como costelas e músculos abdominais, permitindo a manutenção de cavidades corporais com forma e tamanho relativamente constantes. (TUPINAMBÁ e VASCONCELOS, 2004).

A coluna se divide em cinco grupos (HARIQBAL SINGH, 2011), conforme FIGURA 4.1, sendo:

Coluna cervical: corresponde à porção da coluna vertebral que forma o pescoço, sendo constituída pela primeira vértebra (identificada como C1, localizada imediatamente inferior ao crânio) até a sétima vértebra (C7).

Coluna torácica: corresponde a parte imediatamente inferior a cervical, formada por 12 vértebras (T1 a T12).

Coluna lombar: corresponde a parte imediatamente inferior a lombar, corresponde ao conjunto de 5 vértebras (L1 a L5), essas possuem corpos maiores e mais fortes para servir de suporte.

Sacro: é o osso triangular existente na base da coluna vertebral e na porção superior e posterior da cavidade pélvica, sendo inserido como uma fatia entre os dois ossos do quadril. Sua parte superior se conecta com a última vértebra lombar (L5).

Cóccix: é a parte mais baixa da coluna vertebral e é anexada por ligamentos às margens do hiato sacral. Quando uma pessoa está sentada, a pressão é exercida sobre o cóccix, e ele se move para a frente, agindo como um amortecedor.

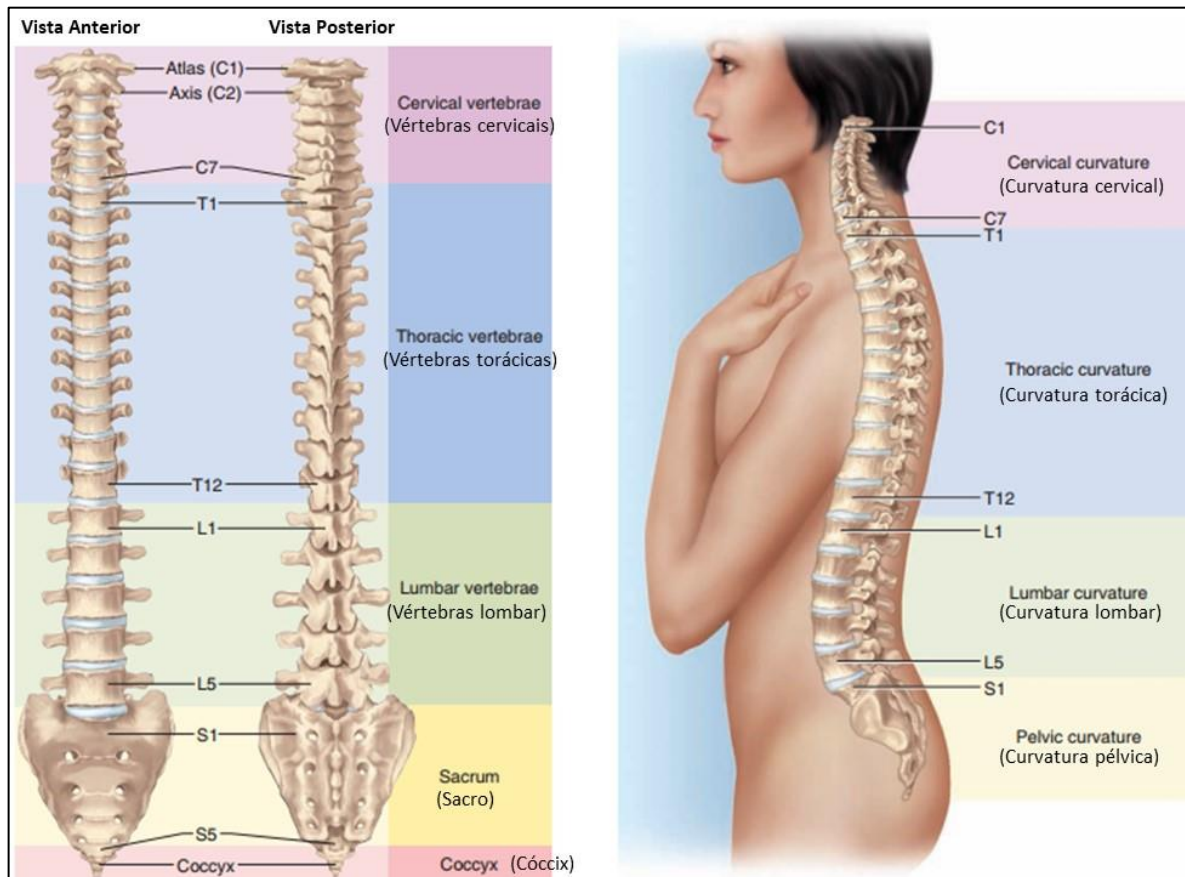


FIGURA 4.1 - Coluna vertebral e os 5 grupos das quais é formada, *Cervical vertebrae* (Vértébras cervicais), *Thoracic vertebrae* (Vértébras torácicas), *Lumbar vertebrae* (Vértébras lombar), *Sacrum* (Sacro) e *Coccyx* (Cóccix).

Fonte – Adaptado de (SALADIN, 2008, p. 167).

A forma e o volume das vértebras ao longo da coluna variam de tal forma que cada uma delas suporte as cargas a que são submetidas atendendo ao princípio da resistência dos materiais denominado de corpo de igual resistência de determinado sólido, por esse princípio, seja qual for a seção transversa considerada, o esforço de compressão será o mesmo (TUPINAMBÁ e VASCONCELOS, 2004). É fácil de constatar pela própria FIGURA 4.1 que as vértebras da coluna lombar são maiores que a vértebras da coluna torácica, que, por sua vez, são maiores que as vértebras da coluna cervical.

4.1.2 Flexão do pescoço e cervicalgia

Muitas vezes é necessário inclinar a cabeça para a frente para se ter uma melhor visão, como nos casos de pequenas montagens, inspeção de peças com pequenos defeitos ou leitura difícil. Essas necessidades geralmente ocorrem quando o assento é muito alto, a mesa é muito baixa, a cadeira está longe da mesa, ou em momentos de necessidades específicas, como no caso do microscópio (IIDA, 2005). Esse movimento de inclinação da cabeça corresponde a flexão da coluna cervical e é representado na FIGURA 4.2.



FIGURA 4.2 - Flexão da coluna cervical.

Fonte – Adaptado de (TUPINAMBÁ e VASCONCELOS, 2004).

Um dos problemas das posturas que conservam a inclinação da cabeça é a rápida fadiga dos músculos do pescoço e do ombro, devido, principalmente, ao momento fletor elevado, de intensidade que varia entre 4 a 5 kgf, atuando sob as menores vértebras da coluna (IIDA, 2005). O pescoço com posicionamento estático fletido a mais de 40° é uma postura de alto risco ergonômico (COUTO, 2007). O limite de inclinação saudável é 30°, e à medida que se aumenta a inclinação, diminui-se o tempo para ocorrência das dores (CHAFFIN, 1973), conforme FIGURA 4.3.

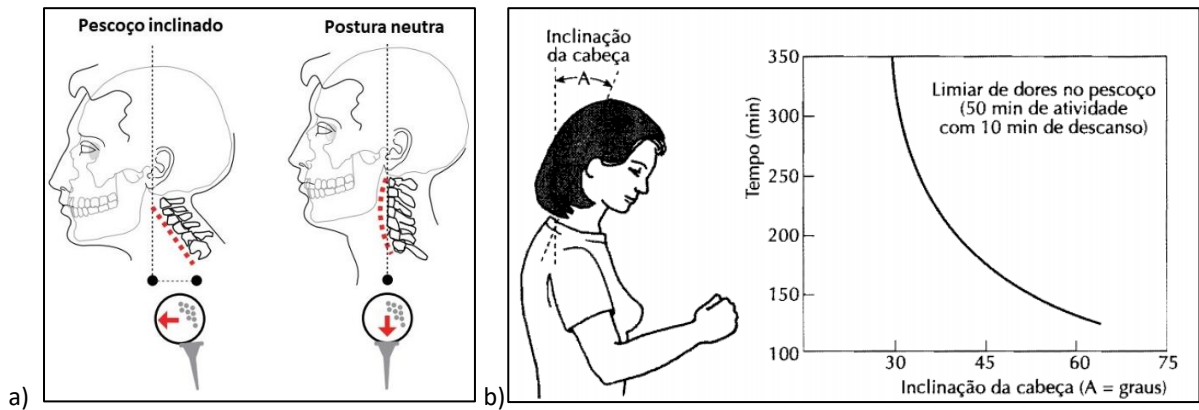


FIGURA 4.3 - a) Momento gerado pela inclinação do pescoço; b) Limiar de inclinação do pescoço e aparecimento de dores.

Fonte – a) Adaptado (ALBIN, 2008, p. 5); b) (IIDA, 2005).

Tais dores no pescoço são denominadas cervicalgias e estima-se que, na era do conhecimento, atingem 66% da população em algum momento de vida, geralmente ocorrendo na parte posterior do pescoço conforme FIGURA 4.4 (BINDER, 2007). As desordens mecânicas são as causas mais comuns de cervicalgias, sendo originárias por diversos fatores, como o efeito chicote (impacto altamente acelerado), por sobrecargas de peso ou posturas anormais prolongadas da coluna (FIGUEIRA, 2014).



FIGURA 4.4 - Região posterior do pescoço em que geralmente está o foco da cervicalgia.

Fonte - (YONAS CHIROPRACTIC CENTER, 2016).

Dados os graves problemas gerados pela flexão contínua da coluna cervical, os produtos ergonômicos devem ser projetados a fim de manter a inclinação do pescoço predominantemente com inclinação inferior a 30°. Alguns estudiosos são ainda mais conservadores e estabelecem que a inclinação contínua não pode ultrapassar 15° para que não sejam promovidos danos no longo prazo (GRANDJEAN, 1987).

A utilização do *laptop* implica em inclinação superior a máxima saudável, conforme apontam estudos, a utilização do *laptop* no MUT promove uma inclinação média entre 44 e 49,6° (CAROLE A. FORRESTER, 1995).

Em pesquisa com profissionais constatou-se que as cervicalgias ocorrem pelo uso frequente de *laptops* devido a indução de postura inclinada da cabeça para frente (LOURENÇO COSTA, 2006). Pesquisa com 1334 trabalhadores evidenciou a relação entre cervicalgia e movimentos de flexão do pescoço durante a posição sentada, os resultados observaram aumento significativo dos riscos de dor no pescoço em trabalhadores que ficam sentados por mais de 95% do tempo do trabalho, sendo existente forte relação entre a flexão do pescoço e a dor nesta região. Esta pesquisa também observou aumento dos riscos de dor no pescoço em trabalhadores que trabalham mais de 70% com a cabeça numa posição de 20° a 70° de flexão, e mais de 95% do tempo sentados, não sendo observada forte relação entre a rotação do pescoço e a cervicalgia (ARIËNS, BONGERSA, *et al.*, 2000). Em um estudo realizado no Chile, avaliou-se a angulação de estruturas corporais durante a utilização do *laptop* e identificou-se o alto fator de risco do MUT promover cervicalgias (CASTELLUCCI e BENITEZ, 2011). Essa mesma ocorrência é comprovada em estudo com universitários brasileiros que identificou que 36,17% dos estudantes usuários do *laptop* sofrem de dores na coluna cervical (GRÁFICO 4.1), o que é explicado pela excessiva flexão cervical (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015).

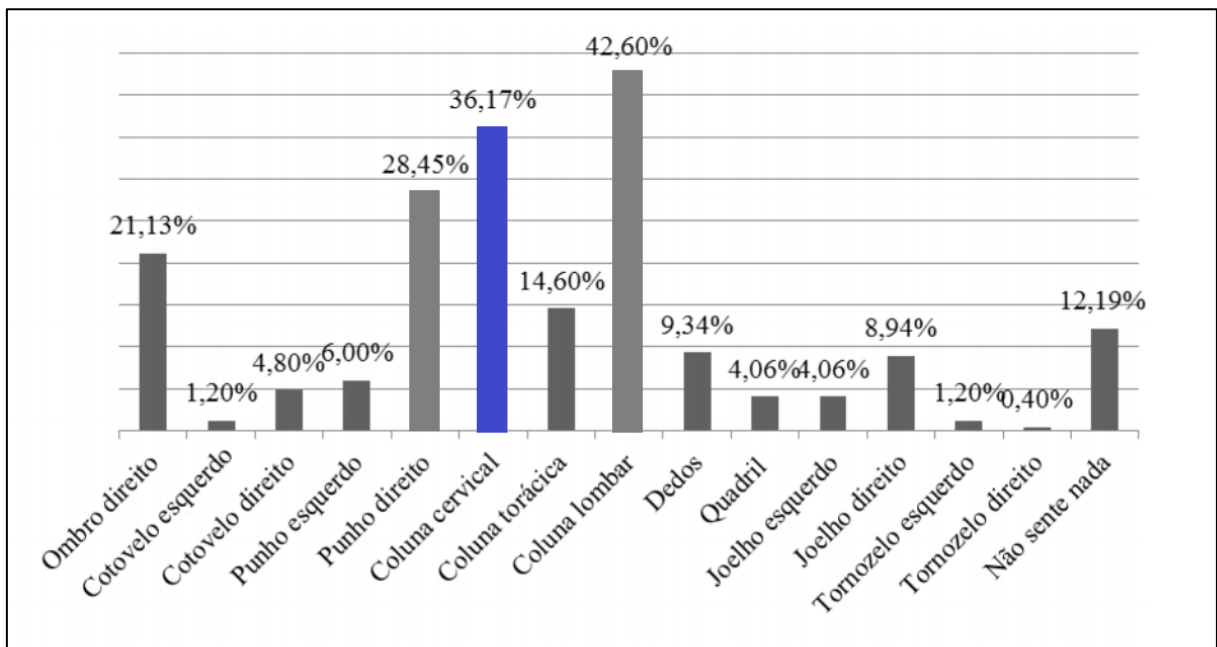


GRÁFICO 4.1 - Região de desconforto musculoesquelético de estudantes usuários de *laptop*, destacando 36,17% apresentando cervicalgias.

Fonte - (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015).

O conforto é o estado agradável ou a sensação de relaxamento de um ser humano em reação ao seu ambiente, enquanto o desconforto é o estado desagradável do corpo humano em reação ao seu ambiente físico (VINK P, 2012). Existem evidências que sugerem que desconfortos musculoesqueléticos são preditores de problemas futuros mais graves (HELEEN H. HAMBERG-VAN REENENABC, 2008), além disso, outras pesquisas demonstram que o desconforto diminui a performance (SCOTT HAYNES, 2008).

A posição do MUT, quando adotada por longo tempo, pode levar à disfunção crônica da coluna cervical, caracterizando-se por um conjunto de sintomas como dor, limitação da amplitude de movimentos fisiológicos, dor a palpação dos músculos cervicais, desalinhamento das vértebras e até modificação na movimentação normal do sistema crâniocervicomandibular, gerando ruídos na articulação temporomandibular (CASTELLUCCI e BENITEZ, 2011) (EKTA CHAVDA, 2013) (LEISERSON, 2013).

4.1.3 Flexão do pescoço e Cifose

A coluna vertebral é uma estrutura curva e flexível, o que permite movimentação e melhor distribuição das cargas, incluindo, por exemplo, andar, sendo quatro as curvaturas normais para um adulto, conforme apresenta-se na FIGURA 4.5 (THOMPSON, 2015). Graças a essas curvaturas que o nosso corpo pode se manter em equilíbrio (IIDA, 2005).

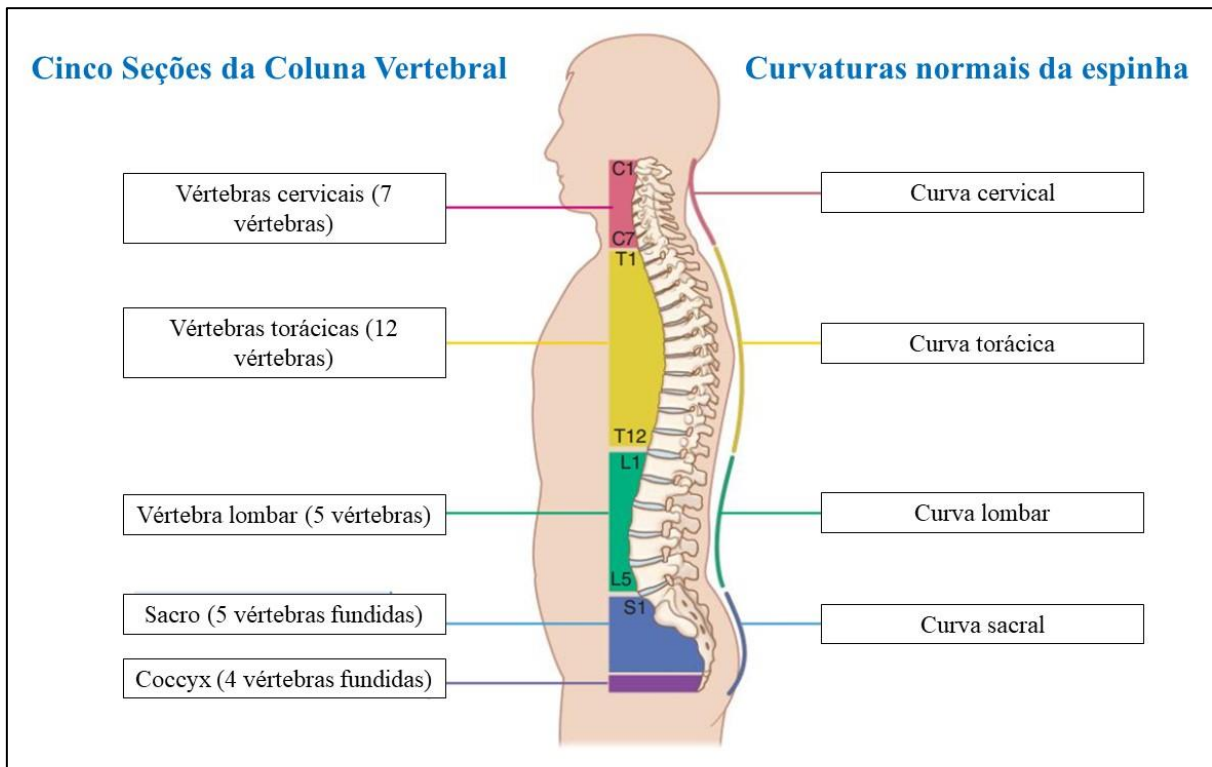


FIGURA 4.5 - Curvatura normal da coluna de um humano adulto, *cervical curve* (curva cervical), *thoracic curve* (curva torácica), *lumbar curve* (curva lombar), *sacral curve* (curva sacral).

Fonte - (THOMPSON, 2015, p. 105).

Contundo, a manutenção de posturas não saudáveis promove deformações que originam curvaturas anormais na coluna que podem desenvolver problemas crônicos (THOMPSON, 2015). As alterações posturais da coluna podem ser causa de vícios posturais, quando o defeito está fora da coluna e pode ser corrigido pela vontade do paciente ao corrigir sua postura, sendo que tais deformações podem ocasionar dor, insuficiência cardiopulmonar ou sintomas neurológicos (HELOISA e FERREIRA, 2004). Uma dessas deformações é a cifose, que é a acentuação exagerada da curvatura torácica que conduz a coluna cervical para frente do corpo (THOMPSON, 2015). A cifose é o que desenvolve a deformação de pessoas corcundas (IIDA, 2005). A cifose é uma possível e grave consequência do hábito de estudo no MUT, e é visualmente caracterizada pela posição da cabeça à frente do tronco, conforme FIGURA 4.6.

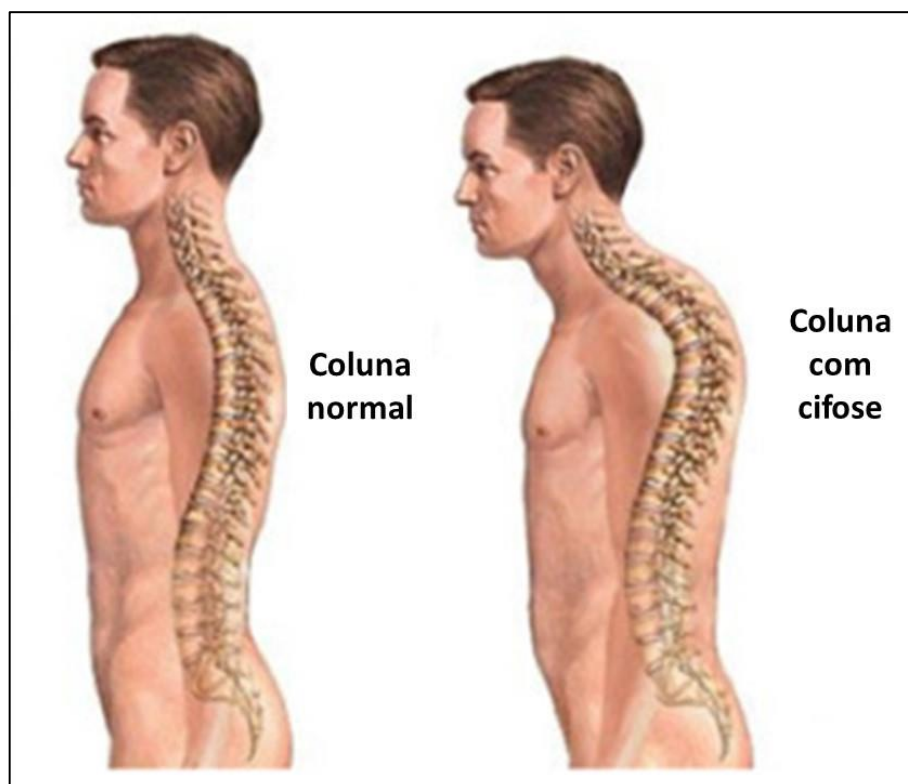


FIGURA 4.6 - Coluna normal (*Normal spine*) e afetada por cifose (*Kyphotic spine*).

Fonte - Adaptado (UP RIGHT DOCTOR., 2011).

As doenças da coluna vertebral constituem uma das maiores causas de consultas médicas e de afastamento definitivo do trabalho no mundo, por isso é assunto de alto interesse (NATUOR, 2005). As afecções da coluna vertebral constituem um dos mais comuns desafios para os profissionais que lidam com as enfermidades do aparelho locomotor, sendo o conhecimento da anatomia e da biomecânica a base para o tratamento das doenças vertebrais (TUPINAMBÁ e VASCONCELOS, 2004). O uso do *laptop* pode ocasionar afecções da coluna vertebral, destacando-se alterações na biomecânica da coluna cervical, promovendo cifose decido a flexão do pescoço (SUEBSAK NANTHAVANIJ, 2008).

4.1.4 Antropometria e campo de visão

O projeto de um produto ergonômico deve atender com qualidade a todas as pessoas que fazem parte da persona definida, por isso, deve-se estudar a antropometria do grupo para garantir que, de fato, o produto seja ergonômico a cada indivíduo (KARWOWSKI, SOARES e STANTON, 2011).

Antropometria trata das medições físicas do corpo do humano, é uma disciplina imprescindível para o dimensionamento dos dispositivos de uso humano, já que se caracteriza pela aplicação dos métodos científicos de medidas físicas nos seres humanos, buscando determinar as diferenças e semelhanças entre indivíduos de um mesmo grupo, com a finalidade de determinar dados necessários aos projetos de desenho industrial (FILHO, 2008).

A antropometria dinâmica mede os alcances dos movimentos enquanto a antropometria estática trata das dimensões entre pontos anatômicos claramente identificados com o corpo parado ou com poucos movimentos, em nossa pesquisa tem maior importância a antropometria estática. As 29 principais variáveis da antropometria estática aplicadas ao longo da pesquisa são apresentadas na FIGURA 4.7.

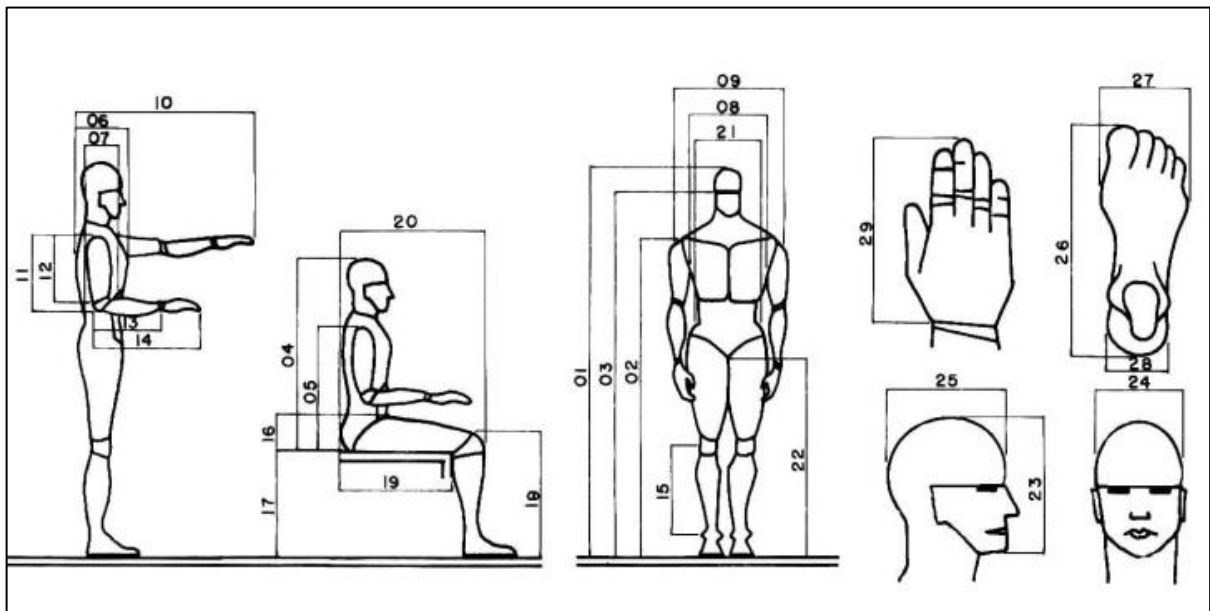


FIGURA 4.7 - Principais variáveis antropométricas estáticas.

Fonte - (LUIZ CARLOS FELISBERTO, 2000).

Existem padrões da antropometria que variam conforme idade, sexo e região do globo. Dada a persona da pesquisador ser o adulto brasileiro, de ambos os gêneros, tomou-se como referência o perfil antropométrico apresentado na TABELA 4.1, que representa os cidadãos brasileiros maiores de 18 anos.

TABELA 4.1 - Perfil Antropométrico do adulto brasileiro.

N°	DIMENSÕES DOS SEGMENTOS CORPÓREOS HUMANOS (cm)	HOMENS			MULHERES		
		5%	50%	95%	5%	50%	95%
1	Estatuta	159	171	182	149	160	170
2	Altura Piso - Ombros	132	142	152	123	133	143
3	Altura Piso – Olhos	151	161	172	141	151	161
4	Altura Assento – Cabeça	82	88	93	76	83	89
5	Altura Assento – Ombro	54	58	63	46	54	59
6	Profundidade do Tórax	23	26	29	21	25	32
7	Profundidade do Abdome	19	22	26	17	21	26
8	Largura do Tórax	26	29	34	-	-	-
9	Largura do Bideltaide (ombros)	39	43	47	34	38	42
10	Distância alcance frontal máximo	69	76	83	62	71	79
11	Comprimento do Braço	33	36	40	-	-	-
12	Comprimento intercular Ombro – Cotovelo	24	29	32	-	-	-
13	Comprimento intercular Cotovelo – Punho	23	25	28	-	-	-
14	Comprimento Cotovelo - Ponta do dedo médio	45	49	55	36	43	50
15	Comprimento intercular Joelho – Maleolo	35	40	44	-	-	-
16	Altura Assento – Coxa	12	14	17	11	14	17
17	Altura Piso – Poplítea	34	44	55	36	40	44
18	Altura Piso – Joelho	50	54	58	49	54	59
19	Distância Nádega – Poplítea	43	48	53	42	47	52
20	Distância Nádega – Joelho	55	60	65	52	58	63
21	Largura do Quadril	30	34	38	31	36	41
22	Altura entre pernas	76	80	87	66	73	80
23	Altura da Cabeça a partir do queixo	21	23	24	19	22	24
24	Largura da Cabeça	17	18	19	14	15	16
25	Profundidade da Cabeça	18	19	20	16	18	19
26	Comprimento do Pé	24	26	28	22	24	26
27	Largura do Pé	9	10	11	9	10	11
28	Largura do Calcâneo	6	7	8	6	6	7
29	Comprimento das mãos	18	19	20	16	17	19

Fonte - (LUIZ CARLOS FELISBERTO, 2000).

Além do aspecto dos aspectos dimensionais referentes a flexão da coluna cervical, é preciso considerar os aspectos antropométricos do campo visual, posto ser a visão (por meio da leitura) o canal mais importante de aquisição de informação pelo estudante.

Pesquisas demonstram que as pessoas, na postura sentada com o tronco ereto, preferem visualizar objetos a 20° abaixo da linha horizontal traçada a partir dos olhos, com um desvio padrão de 12°, portanto, recomenda-se o respeito a essa limitação no projeto de equipamentos que exigem comunicação visual (IIDA, 2005).

O olho humano tem grande mobilidade, podendo fazer fixações e focalização com pouca movimentação da cabeça, porém, existe uma hierarquia de quatro níveis do campo de visão que classificam o menor e o maior esforço para visualizar um objeto (IIDA, 2005), os três diferentes níveis de visão são apresentados na FIGURA 4.8.

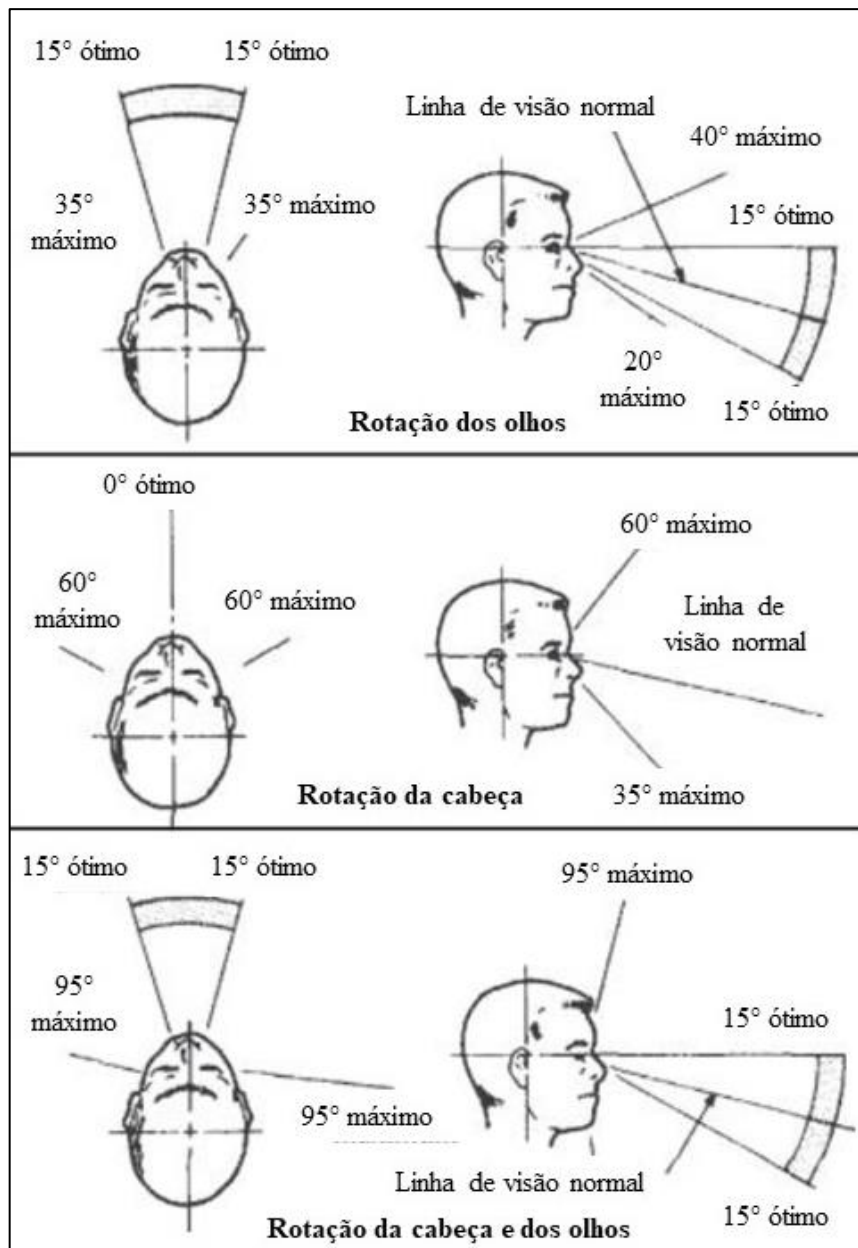


FIGURA 4.8 - Campo de visão ótimo no nível 1, nível 2 e nível 3.

Fonte - Adaptado (GUASTELLO, 2014, p. 67).

O **nível 1** corresponde ao espaço em forma de cone compreendido entre a linha horizontal (linha de 0°) e a linha com inclinação de 30° para baixo da linha horizontal, avaliando o plano horizontal, corresponde ao campo de mais 15° e -15° a partir da linha perpendicular ao observador. Esse é o campo de visão ótima, os objetos situados dentro dessa área podem ser visualizados continuamente sem movimentos da cabeça e com mínimos movimentos dos olhos.

O **nível 2** corresponde a máxima visão que pode ser obtida apenas com movimentação dos os olhos sem movimentar a cabeça. Situa-se até 25° acima da linha horizontal de visão e 35° abaixo da mesma e, lateralmente, faz uma abertura horizontal de 80° , portanto, a 25° de cada lado, além da área de visão ótima. Esse campo visual corresponde ao cone ampliado, com 80° de abertura horizontal e 60° na vertical.

O **nível 3** corresponde ao campo visual que se consegue atingir acrescentando o movimento da cabeça por meio da articulação do pescoço, dado a grande mobilidade da coluna cervical. A cabeça consegue girar até 55° para a esquerda ou direita, inclinar-se até 40° para baixo e 50° para cima e pender-se para um dos lados do ombro, à esquerda ou à direita, em até 40° . Os cones de visão ótima e de visão máxima acompanham esses movimentos da cabeça.

O **nível 4** corresponde ao campo de visão estendida, é o volume visual obtido com a exigência de movimentos corporais maiores, como torcer o tronco e levantar-se.

No nível 1, as visualizações podem ser feitas rapidamente e com pouco esforço. O tempo exigido e o esforço crescem continuamente à medida que se sucedem os níveis. No nível 1 situam-se os itens que precisam estar no campo visual de atenção instantânea. No nível 2, os dispositivos ficam num campo de visão periférica. Nessa área, os olhos detectam apenas os movimentos grosseiros ou qualquer tipo de anormalidade, mas exige uma fixação visual posterior para a percepção dos detalhes. No nível 3, os objetos só podem ser percebidos quando houver um movimento consciente da cabeça e, no nível 4, com movimentos corporais maiores. Se tais movimentos forem frequentes, haverá maiores gastos energéticos. Quando surge a fadiga, a pessoa tende a simplificar o seu trabalho, inclusive como autodefesa para preservar a sua saúde. O design de dispositivos visuais deve considerar essa classificação e dispor os itens a serem visualizados também distribuídos em quatro níveis, situando os de maior importância nos primeiros níveis, e os demais nos níveis subsequentes.

É importante observar que o tamanho mais usual para a tela do *laptop* usado por universitários brasileiros é de 12 a 14", conforme é possível inferir pelo GRÁFICO 4.2.

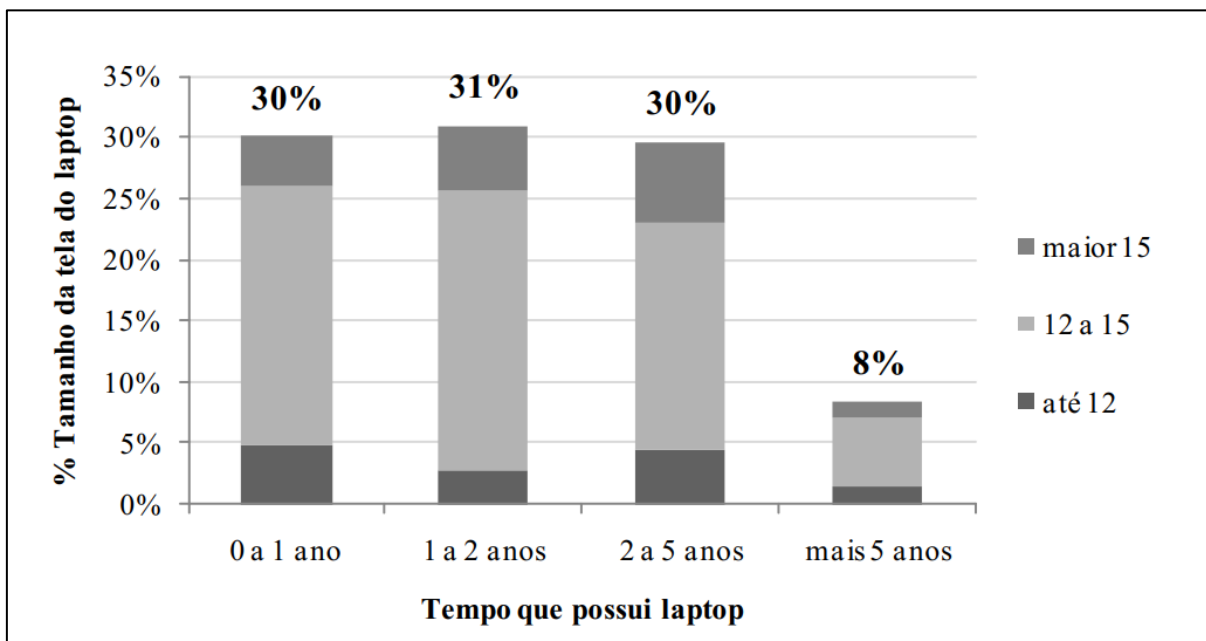


GRÁFICO 4.2 - Tamanho da tela do *laptop* usado por professores, estudantes e profissionais na UNIPAMPA.

Fonte - (FRANZ, GUIMARÃES e AREZES, 2011).

O posicionamento estático com objeto visualizado acima da linha horizontal dos olhos é classificado como sendo uma postura de risco ergonômico (COUTO, 2007). Logo, existe um limite superior e inferior ideal para a localização da tela do aparelho.

Em pesquisa que avaliou diferentes inclinações do *laptop*, conforme FIGURA 4.9, demonstrou-se que a inclinação do *laptop* diminui o desconforto no pescoço (pela redução da inclinação da cabeça), mas aumentou o desconforto nos punhos, pois gerou-se a necessidade de maior extensão dos mesmos (movimento de inclinar as mãos para cima), sendo a melhor alternativa encontrada a elevação do *laptop* (*riser*) e conexão de periféricos (teclado e mouse) a altura da mesa, mas os próprios autores evidenciaram a desvantagem dessa posição em distanciar o monitor dos olhos do usuário, indo de uma média inicial de 52 cm para 72cm (ASUNDI, ODELL, *et al.*, 2011).



FIGURA 4.9 - Fotografia de usuário de *laptop* em três diferentes posições, inclinação de 12° (INC12), inclinação de 25° (INC25) e em suporte de elevação com a conexão de mouse e teclados periféricos manuseados a altura da mesa (RISER).

Fonte - (ASUNDI, ODELL, *et al.*, 2011).

4.2 Posição do teclado

4.2.1 Torção na coluna e lombalgia

Dentre os movimentos que a coluna vertebral realiza, temos a rotação dorsal, que pode ser feita para a direita ou para a esquerda, conforme FIGURA 4.10 (TUPINAMBÁ e VASCONCELOS, 2004).



FIGURA 4.10 - Movimento de rotação realizado pela coluna vertebral.

Fonte – Adaptado de (TUPINAMBÁ e VASCONCELOS, 2004).

O movimento de torção da coluna é mantido por estudantes que permanecem no MUT ao conciliar o *laptop* com livros e cadernos físicos promovendo uma posição não alinhada do teclado, conforme demonstra-se na FIGURA 4.11.

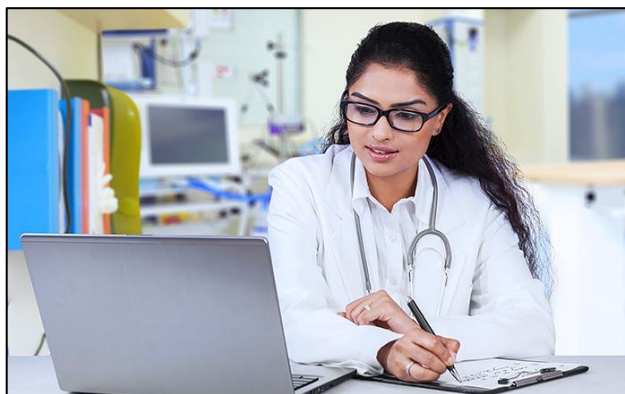


FIGURA 4.11 - Foto de estudante em posição de torção de rotação da coluna em estudante de enfermagem.

Fonte - (ADKINS ACADEMY, 2016).

A FIGURA 4.12 demonstra a mesma ocorrência realizando-se rotação para o lado inverso, dessa vez, os membros inferiores se alinham aos cadernos e os superiores se alinham ao *laptop*.



FIGURA 4.12 - Foto de estudante em postura que matem torção da coluna.

Fonte - (DANIELA, 2011).

A posição do MUT promove alta ocorrência de lombalgia (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015). Lombalgia significa "dor na região da coluna lombar" (IIDA, 2005). Lombalgia é conceituada como uma dor de característica mecânica, localizada entre a parte mais baixa do dorso e a prega glútea, sendo a lombociatalgia uma condição agravante da lombalgia que surge quando esta dor se irradia para as nádegas e para os membros inferiores (FREIRE, 2004). Popularmente, a lombociatalgia é referida como "ciática" (RADU, 2004). O centro de dor da lombalgia é demonstrado na FIGURA 4.13.



FIGURA 4.13 - Localização na lombalgia.

Fonte - (TUCKER, 2015).

A lombalgia é uma das doenças mais frequentes em países industrializados, perdendo apenas para os resfriados comuns, é a quinta maior causa de consulta médica da sociedade atual (suplantada apenas pela hipertensão arterial, gravidez, exame médico geral e infecções do aparelho respiratório superior) sendo que estudos epidemiológicos apontam que de 65% a 90% dos adultos poderão sofrer um episódio de lombalgia ao longo da vida (FREIRE, 2004). O mundo ocidental da era do conhecimento está sofrendo de uma epidemia de incapacidade relacionada com a lombalgia, com alto impacto social e econômico (RADU, 2004).

Os casos mais graves de lombalgia provocam fortes dores e podem incapacitar a pessoa para o trabalho por períodos de 3 a 10 dias, sendo que nos casos mais graves esse período pode estender-se para meses (IIDA, 2005).

A lombalgia pode ter causas mecânicas e não mecânicas, sendo a lombalgia mecânica a mais comum (RADU, 2004). Para o efeito dessa pesquisa, interessam-se as causas mecânicas.

As causas mecânicas se devem a perturbação do equilíbrio mecânico entre o segmento anterior da unidade anátomo funcional (corpos vertebrais e disco) e o segmento posterior (articulações interapofisárias ou zigoapofisárias). Quando ocorre a ação de forças mecânicas sobre essas estruturas, pode haver um desequilíbrio levando à dor por estimulação direta de terminações nervosas aí existentes, ou pela liberação de substâncias do núcleo pulposo que desencadeiam dor e processo inflamatório pela degeneração do disco intervertebral (FREIRE, 2004). A lombalgia é provocada pela fadiga da musculatura das costas, sendo o tipo mais simples ocorrendo quando se permanece durante muito tempo na mesma postura, com a

cabeça inclinada para frente, podendo ser prevenida com a adoção de posturas corretas, exercícios de fortalecimento da musculatura da coluna lombar e evitação de movimentos bruscos de torção do tronco (IIDA, 2005). É importante ressaltar que, tanto para a cervicalgia (abordada em 4.1.2), quanto para a lombalgia, a prática de atividade física é uma forma de prevenção e reabilitação (PEREIRA, OBARA e DIAS, 2012), contudo, pesquisa realizada com universitários brasileiros usuários de *laptop* apresenta que 58,9% não realizam atividades físicas (JUNIO, SANTOS, *et al.*, 2015).

Pesquisa com universitários demonstrou que dores na coluna lombar (lombalgias) são justamente as dores de maior ocorrência (42,6%) na amostra de universitários brasileiros usuários de *laptop* estudada, conforme GRÁFICO 4.3 (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015).

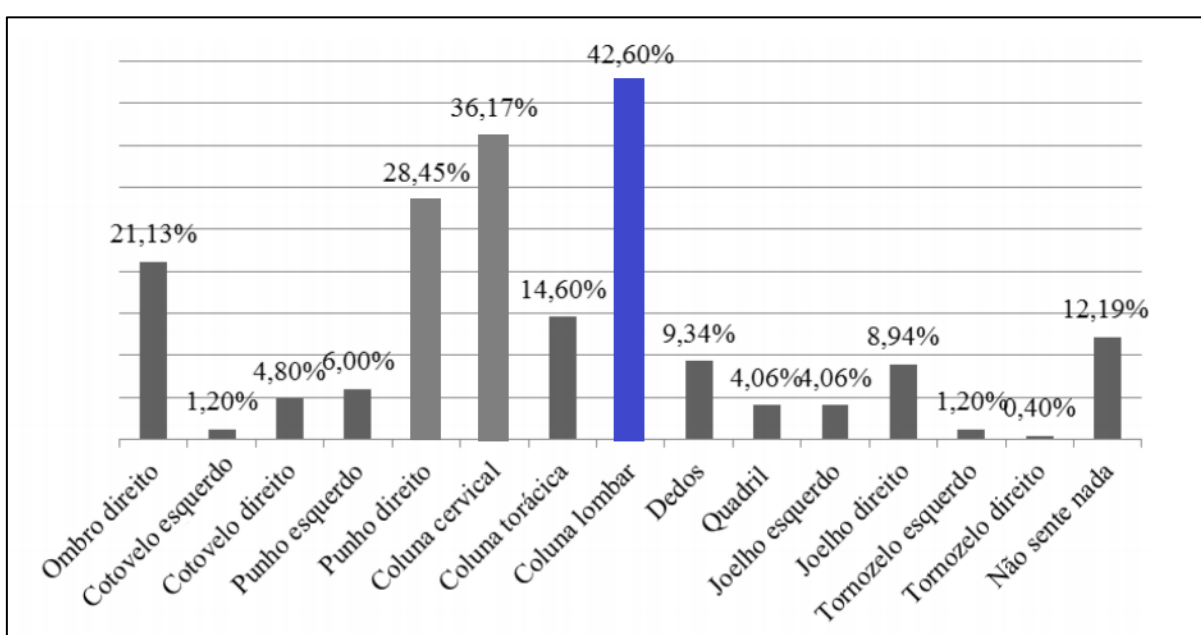


GRÁFICO 4.3 - Percentual de universitários usuários do *laptop* que sofrem de lombalgia

Fonte - (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015).

4.2.2 Torção da coluna e escoliose

Quando os *laptops* são utilizados de maneira exagerada e em posturas inadequadas, além da sintomatologia de dores musculoesquelética, pode ocasionar-se alterações na biomecânica da coluna vertebral (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015). Uma dessas alterações, é a escoliose, pela constante permanência na posição de torção da coluna, podem surgir pequenos graus de deformação. Permanecer em posição que gere torção na coluna é causa de dores e problemas crônicos na coluna, principalmente na coluna lombar, sendo a coluna uma das estruturas mais fracas do organismo, isso se deve a coluna apresentar baixa resistência a forças

transversais, sendo vulnerável a esforços de cisalhamento. Sendo uma peça muito delicada, é sujeita a deformações laterais devido ao hábito de má postura no trabalho (IIDA, 2005).

Escoliose é um desvio lateral da coluna. A pessoa vista de frente ou de costas, pende para um dos lados, para direita ou para esquerda, conforme FIGURA 4.14, evidentemente, é melhor prevenir para que essas deformações não apareçam, e isso é feito com exercícios para fortalecer a musculatura dorsal, e evitando-se cargas pesadas ou posturas inadequadas, principalmente se estas forem prolongadas, sem permitir mudanças frequentes (IIDA, 2005). A escoliose é a deformação da coluna mais frequente (SALADIN, 2008).

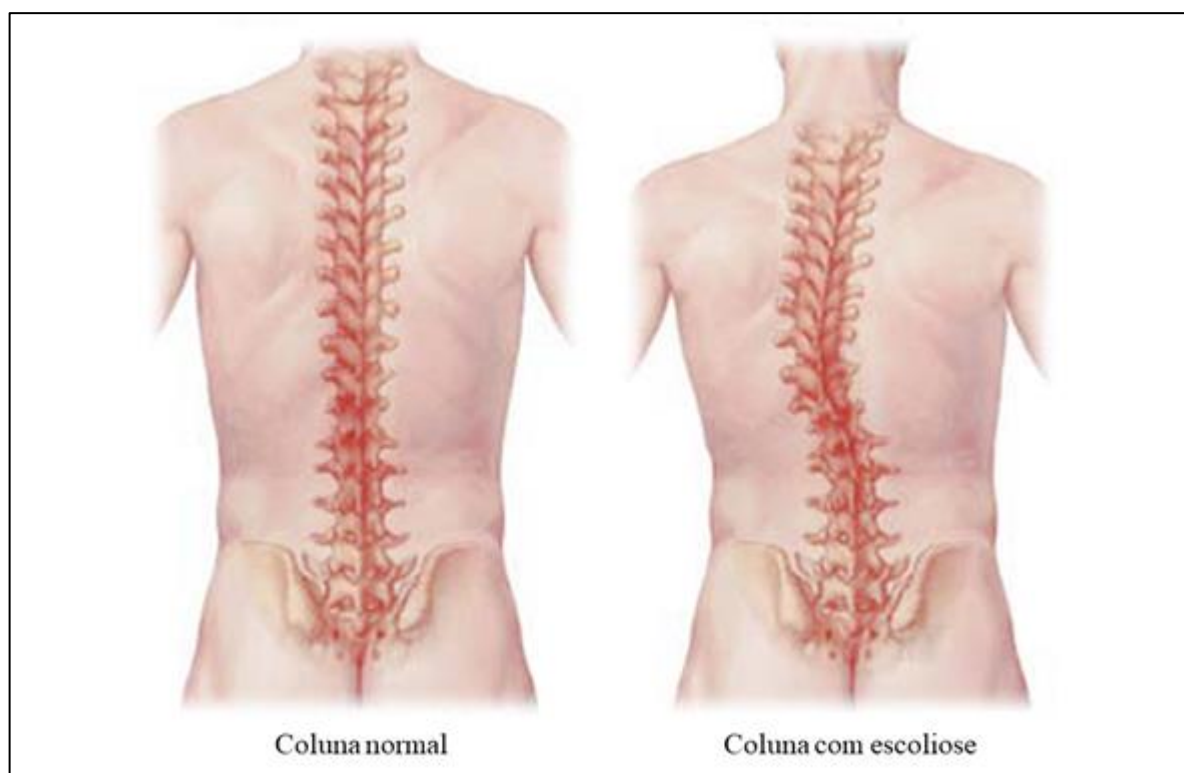


FIGURA 4.14 - Vista de trás de coluna normal (*normal spine*) e coluna com escoliose (*scoliosis*)

Fonte - (EMED, 2016).

Considera-se normal a coluna vertebral que, na radiografia panorâmica, não apresenta nenhuma inclinação lateral, curvas menores que 10° são tratadas como escoliose postural, e aquelas secundárias à assimetria dos membros inferiores, como escoliose funcional, caracterizando um quadro patológico (HELOISA e FERREIRA, 2004)

Além disso, a postura de torção do tronco, quando adotada por longos períodos e com a somatória de outros fatores de risco, pode ocasionar a manifestação da hérnia de disco repercutindo em grande déficit funcional (ZEMP, TAYLOR e LORENZETTI, 2013).

A postura da coluna vertebral ergonomicamente recomendada para o usuário de computador é de estar sentado para frente do aparelho, ou seja, sem ocorrência de torção do tronco (desalinhamento membros superiores e membros inferiores), conforme FIGURA 4.15.



FIGURA 4.15 - Postura da coluna vertebral recomendada para utilização do computador na posição sentado.

Fonte - (CORRÊA e BOLETTI, 2015).

4.2.3 Proximidade do teclado e dores musculoesqueléticas nos punhos e ombros

O uso do computador tem levado a um aumento de todos os tipos de problemas relacionados às extremidades musculoesqueléticas superiores (FAGARASANU, KUMAR e NARAYAN, 2004). Após a coluna lombar e a coluna cervical, as dores musculoesqueléticas são mais registradas nos ombros e punhos, conforme GRÁFICO 4.4.

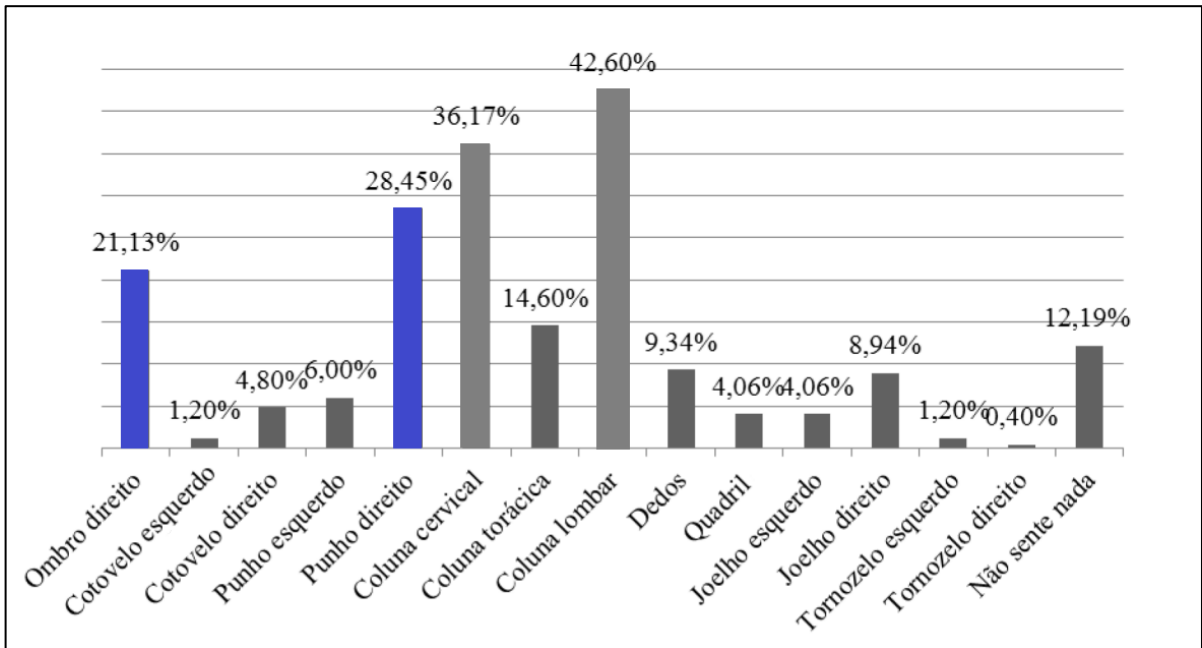


GRÁFICO 4.4 - Punhos e ombros são a terceira e quarta região mais afetadas por dores ao permanecer no MUT.

Fonte - (JUNIO, BRITO, *et al.*, 2015).

A pesquisa acima, que vem sendo usada para identificar os pontos de maiores dores, está coerente com a literatura e com demais pesquisas com universitários brasileiros. Avaliou-se também pesquisa em universidade brasileira com 300 pessoas usuárias de *laptop* e de computador (incluindo universitários, professores e profissionais administrativos da Universidade Federal do Pampa), tal pesquisa demonstrou novamente que as regiões de dores mais frequentes são a coluna cervical, a coluna lombar, os ombros e punhos, conforme FIGURA 4.16 (FRANZ, GUIMARÃES e AREZES, 2011).

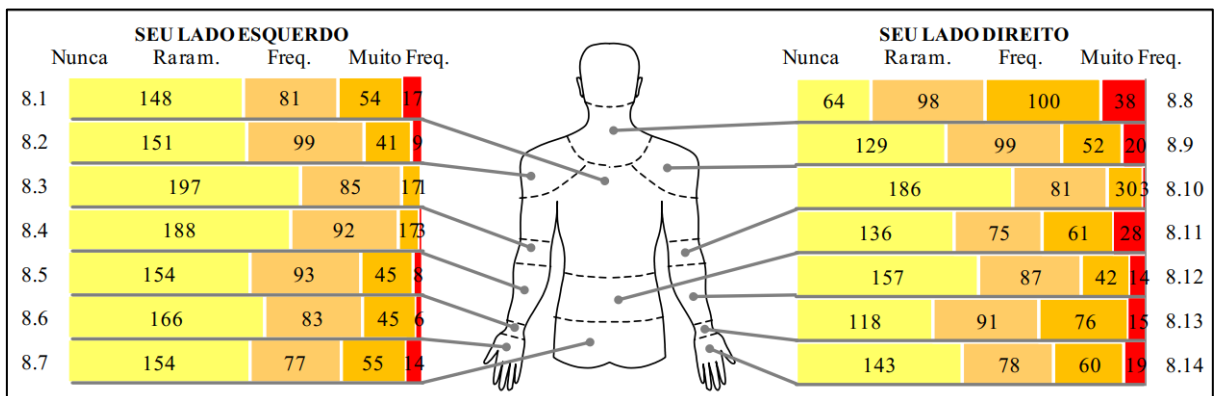


FIGURA 4.16 - Porcentual da percepção de desconforto no uso de *laptop* e computadores.

Fonte - (FRANZ, GUIMARÃES e AREZES, 2011).

Importante observar que o fato da prevalência das dores no ombro direito e no punho direito em ambas as pesquisas se deve ao fato da maioria dos entrevistados serem destros, correspondendo a 91 e 90% das pesquisas respectivamente. Ainda assim, a dor não se deve a assimetria de movimento pela utilização do mouse, uma vez que em ambos os lados as dores musculoesqueléticas tiveram altas taxas de ocorrência. Segundo análise do autor da segunda pesquisa, não há grandes assimetrias, o que reforça a análise de que a altura do monitor, a posição do teclado e a postura do usuário são os parâmetros determinantes para o surgimento das dores (FRANZ, GUIMARÃES e AREZES, 2011).

Posto a posição ergonomicamente correta ser com o teclado a frente do estudante, de modo a não promover torção, esse também não deve estar tão próximo de modo a fazer o estudante dobrar os braços ao ar e levantar os punhos, tal como é apresentado na FIGURA 4.17, gerando esforço excessivo. A posição ideal é manter os punhos e antebraço repousados sobre a mesa, de forma que o estudante apenas trabalha com a movimentação dos dedos, sem a necessidade de manter erguidos os punhos e antebraços.



FIGURA 4.17 - Estudante usando o *laptop*, evidenciando suspensão dos punhos e antebraço pela proximidade do teclado

Fonte - (SHIN, 2010).

Com relação a posição relativa do mouse, a literatura técnica demonstra que o mesmo deve estar posicionado a altura do cotovelo, permitindo que o braço possa ser repousado sobre a mesa sem gerar infraextensão ou sobrestensão do pulso, conforme FIGURA 4.18.

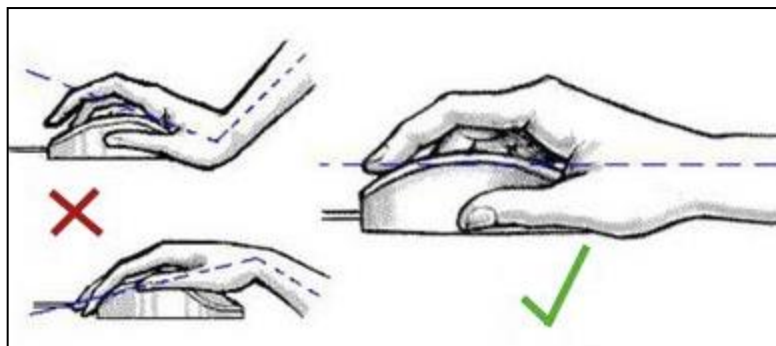


FIGURA 4.18 - Análise da altura do mouse para correta posição dos punhos.

Fonte - (QUIROVIDA, 2017).

Portanto, a solução a ser proposta deve permitir que a tela do *laptop* esteja próxima o suficiente para boa visualização, mas o teclado deve estar afastado o suficiente para permitir braços e punhos repousados sobre a mesa. Tais dimensões devem ser definidas considerando a antropometria de alcances sobre a mesa, tópico detalhado a seguir.

4.2.4 Antropometria dos alcances sobre a mesa

Tomando-se a pesquisa de Grandjean (1983), a superfície da mesa deve ser dimensionada de acordo com área de alcance ótimo sobre a mesa traçada, girando-se os em torno dos cotovelos com os braços repousados sobre a mesa, descrevendo um arco com raio de 35 a 45 cm, conforme FIGURA 4.16. Essa figura foi modificada pelo autor, acrescentando a posição ideal para o teclado que permite que a digitação seja feita com punhos e braços sob a mesa, um campo em forma de quadrado com lado de 30cm foi traçado para indicar a área ótima para a atividade de escrever.

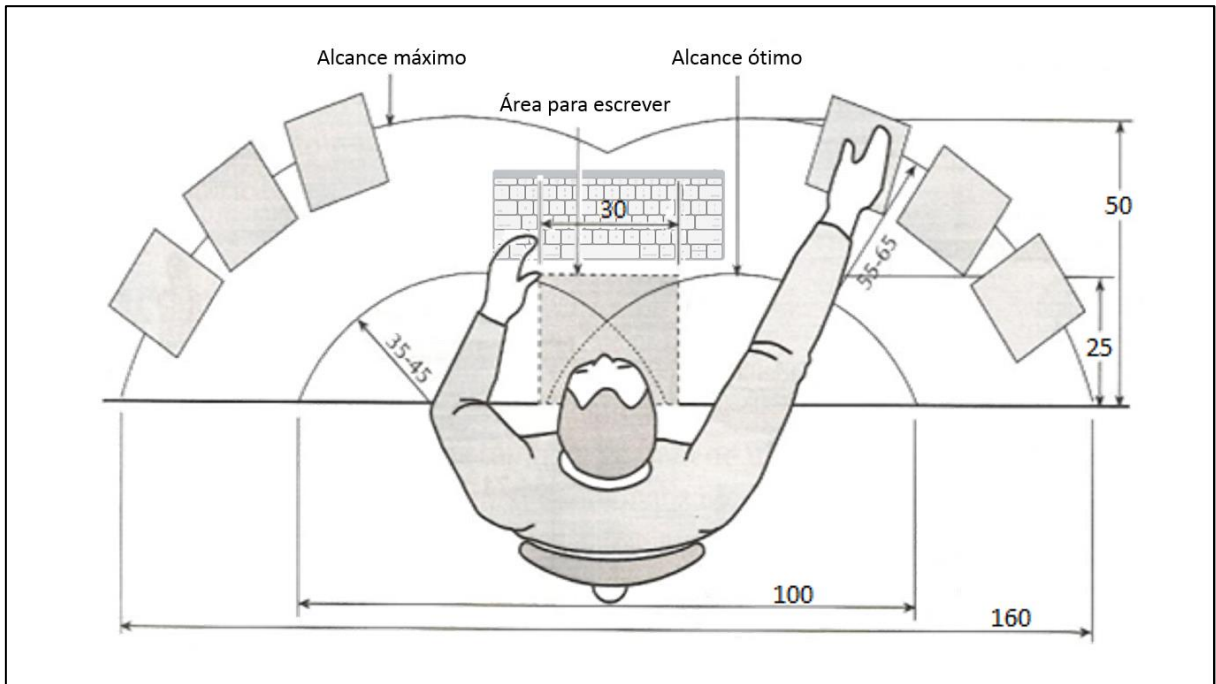


FIGURA 4.19 - Antropometria dos alcances sobre a mesa.

Fonte – Adaptado de (GRANDJEAN, 1987) e de (IIDA, 2005).

Tal disposição, com mobilidade para o teclado, permite a não necessidade de alongamentos do corpo (IVERGARD e HUNT, 2008).

Essas dimensões também são válidas para o trabalho na posição de pé, e avaliando os alcances antropométricos no plano vertical, verifica-se que o mesmo envolve o campo de alcance equivalente ao comprimento do braço esticado sem curvar a coluna (GUASTELLO, 2014), conforme FIGURA 4.20.

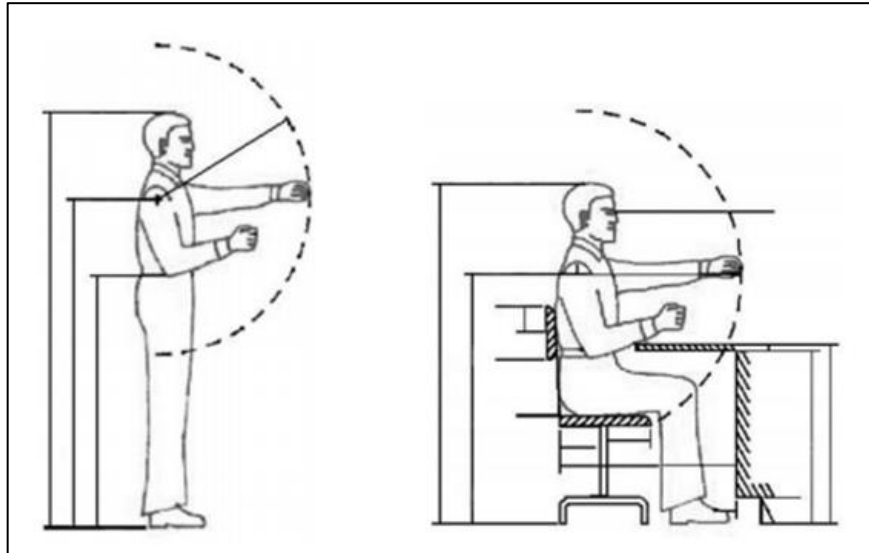


FIGURA 4.20 - Antropometria dos alcances verticais.

Fonte - (GUASTELLO, 2014).

4.3 Alternância de posturas

4.3.1 Posição sentada e danos pelo excesso

Permanecer na posição sentada promove diversas vantagens em relação a posição de pé, permite menor consumo energético, reduz a fadiga, reduz a pressão mecânica sobre os membros inferiores, reduz a pressão hidrostática da circulação nas extremidades reduzindo o esforço cardíaco (IIDA, 2005).

O assento é uma das invenções que mais contribuiu para modificar o comportamento humano, podemos dizer que a espécie humana, *homo sapiens*, deixou sua condição natural de ser animal ereto (*homo erectus*) para se transformar em animal sentado (*homo sedéns*), daí deriva-se o termo sedentário, que significa sentado (IIDA, 2005).

O uso do *laptop* promove danos aos membros superiores como tratamos nos dois capítulos anteriores (4.1 e 4.2). O *laptop* em si não promove danos aos membros inferiores, mas esses podem ser ocasionados por ser manter em posição sentada de modo não ergonomicamente correto. Existe uma vasta bibliografia definindo o projeto de cadeira e de mesa ergonômico. Para o efeito desse trabalho, consideraremos esse problema resolvido, tomaremos a referência a indicação da FIGURA 4.21, que considera as variações individuais e está em conformidade a legislação, de acordo com Iida (2005).

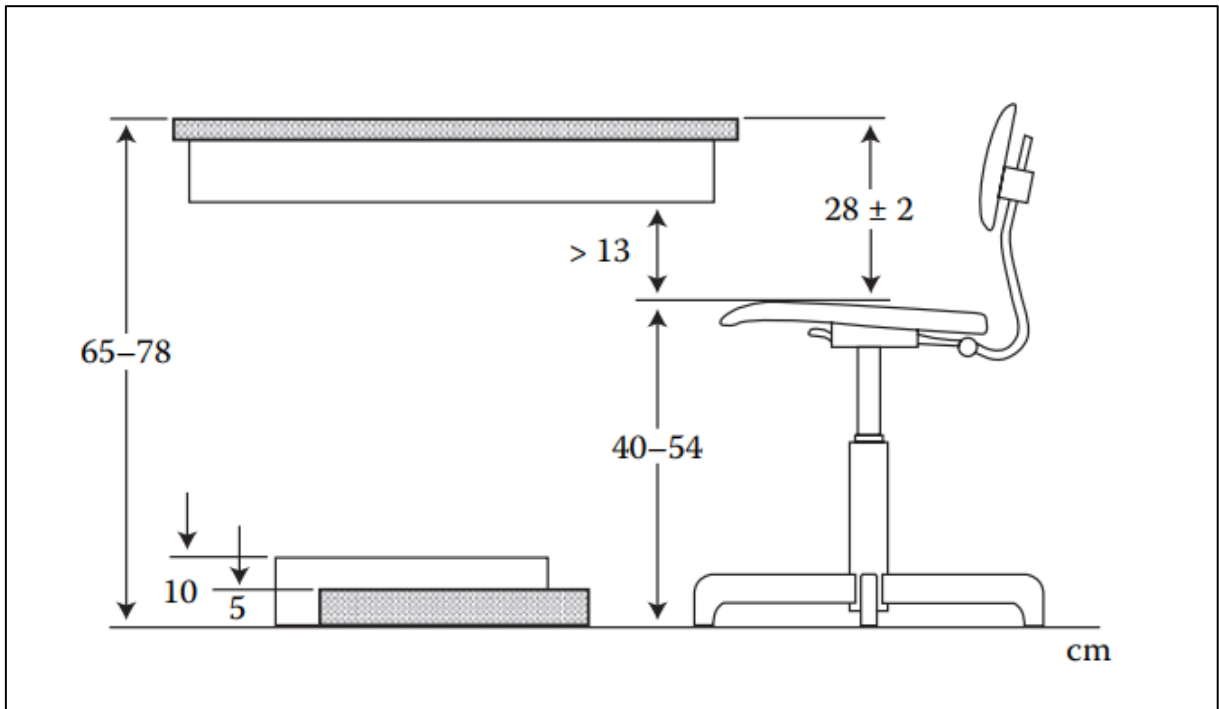


FIGURA 4.21 - Estação de trabalho/estudo (para atividades de leitura e escrita) com dimensões da cadeira regulável e da mesa fixa em cm.

Fonte – Adaptado (IVERGARD e HUNT, 2008, p. 168).

Como padrão ergonômico, é correto, e usual, adotar mesas com altura fixa em 74 cm e realizar a regulação ao indivíduo pela alteração da altura da cadeira, e, para pessoas mais baixas, adiciona-se encosto para os pés (IIDA, 2005).

Embora a coluna seja a parte corporal puramente esquelética, do ponto de vista prático, quando nos referimos à “coluna vertebral”, refere-se também aos seus anexos, que são os músculos, nervos e vasos com ela relacionados (NATUOR, 2005).

Cada músculo recebe suprimento de oxigênio e de outras substâncias pelo sistema circulatório, esse sistema possui artérias que se ramificam sucessivamente até se transformarem em vasos capilares que adentram a cada músculo. Os vasos capilares possuem diâmetro da ordem de grandeza de um glóbulo vermelho (0,007 mm), e são o caminho por onde tais glóbulos passam em fila. As paredes desses vasos permitem a transferência de substâncias do sangue para o músculo. Contudo, quando um músculo se contrai, ele estrangula as paredes dos vasos capilares e o sangue deixa de circular, o que promove rapidamente a fadiga muscular. A circulação só é restabelecida com o relaxamento do músculo. Para permitir a adequada circulação sanguínea, o músculo deve se contrair e relaxar com alguma frequência, em analogia, funcionando ao modo de uma bomba hidráulica (IIDA, 2005).

Quando se permanece sentado, há uma compressão dos vasos sanguíneos dos músculos próximos a coluna vertebral, prejudicando a circulação do sangue, dificultando a oxigenação do corpo, de transporte de nutrientes e de hormônios, levando a fadiga e lombalgia (SOMMERICH, STARR, *et al.*, 2012). Existe forte correlação entre ocorrências de lombalgias e permanecer constantemente na postura sentado (ANDERSEN, HAAHR e FROST, 2007).

Apesar das vantagens citadas anteriormente para posição sentado, permanecer muito tempo sentado promove danos ao corpo humano e ocasiona dores e desconforto porque a posição sentada exige alta atividade muscular do dorso e do ventre para manter esta posição, causando fadiga e lombalgia (IIDA, 2005).

Ainda que se desenvolva uma solução para o estudante usuário de *laptop* para que permaneça em posição sem torção do tronco, que é causa de lombalgias, ainda assim estaria sujeito a sofrer de lombalgia pelo excesso de tempo sentado. Pessoas que ficam sentadas durante longos períodos de tempo se sujeitam a lombalgia em decorrência do aumento da compressão nos discos intervertebrais (VILELAS e LOPES, 2012).

Pesquisa com 63.048 homens com 45 a 65 anos demonstrou que aqueles que permanecem quatro ou mais horas sentados por dia são mais vulneráveis a sofrer de doenças crônicas, como pressão alta, cardiopatias e câncer, e para aqueles que permanecem sentados mais de seis horas por dia são mais vulneráveis a sofrer de diabetes, independentemente de outros fatores de risco como a não realização de exercícios físicos (GEORGEEMAIL, ROSENKRANZ e KOLT, 2013).

Pesquisa com 6.379 indivíduos demonstrou que níveis mais elevados de atividade física e níveis mais baixos de tempo sentado estão associados com uma menor prevalência de doenças renais crônicas, independentemente de outros fatores de risco (BHARAKHADA, YATES, *et al.*, 2012).

Estudo com 222.497 adultos com 45 anos ou mais, em acompanhamento por cerca de 5 anos, período no qual houveram 5.405 mortes, demonstrou que permanecer prolongado tempo sentado é fator de risco para todas as causas de mortalidade por doenças crônicas, independente da realização de exercícios físicos (PLOEG, CHEY, *et al.*, 2012). O resumo estatístico do estudo é apresentado em GRÁFICO 4.5.

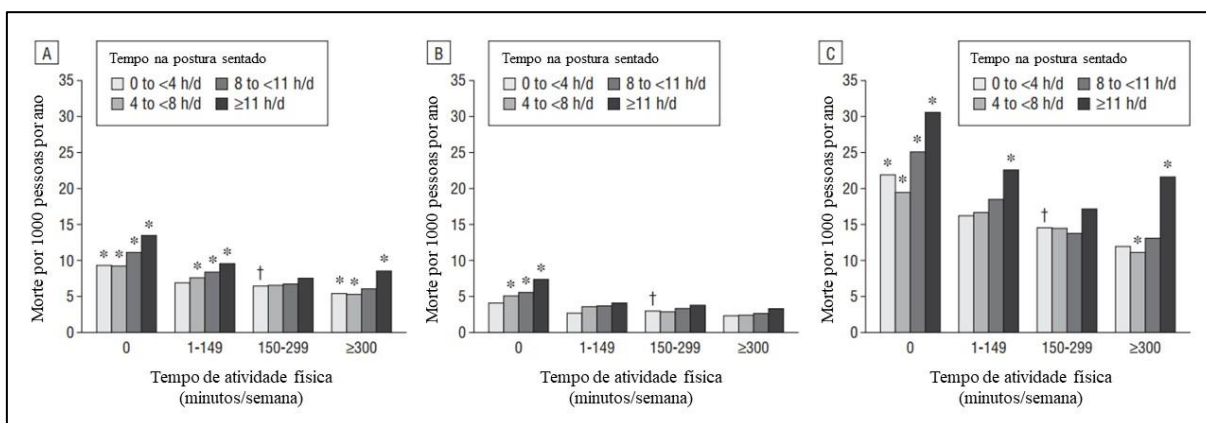


GRÁFICO 4.5 - Relação entre tempo sentado por dia e tempo de atividades físicas por semana com a mortes por 1.000 pessoas por ano. A) Todos os participantes (222.497 indivíduos); B) Pessoas saudáveis que no início do estudo não tinham doenças cardiovasculares, diabetes ou câncer, excetuando-se o melanoma (145.713 indivíduos); C) Participantes com doenças cardiovasculares ou diabetes no início do estudo (52.229 indivíduos). † indica o grupo de referência.

Fonte - Adaptado (PLOEG, CHEY, *et al.*, 2012, p. 499).

Em síntese, permanecer na posição sentado por longo período de tempo pode ocasionar danos à saúde e tais danos não são solucionados por meio da prática de exercícios físicos (OWEN, 2012). Permanecer prolongado tempo promove uma desaceleração contínua do metabolismo e aumento impactante dos riscos de doenças crônicas sem correlação aos problemas de simplesmente não realizar exercícios físicos, de modo que, assim como a pessoa sedentária que não pratica exercícios físicos, temos o fenômeno *Active Couch Potato*, do indivíduo que passa grande parte do dia sentado e pratica atividade física, mas sofre as mesmas consequências danosa causadas pelo excessivo tempo sentado, um exemplo são os profissionais do conhecimento que passam o dia de trabalho sentados e realizam alguma rápida atividade física no final do dia (OWEN, HEALY, *et al.*, 2010). Outro exemplo seriam os estudantes universitários, que permanecem sentados durante todo período de estudo diário (4 horas em aula e 4 horas na biblioteca, por exemplo, além do tempo sentado em outras atividades).

Em função de todos esses problemas e pela cultura da era do conhecimento em passar grande parte do dia sentado, Anup Kanodia, médico e pesquisador no Center for Personalized Health Care na Ohio State University's Wexner Medical Center, alega que sentar é o novo cigarro ("*Sitting is the new smoking*"), e James Levine, endocrinologista na Mayo Graduate School of Medicine, alega que a cadeira está para nos matar ("*The chair is out to kill us*") (RAVN, 2013).

Em função dos danos de permanecer sentado, e de que ficar de pé envolve contrações isométricas para resistir os efeitos da gravidade, o conceito sedentário deveria ser

revisto para ser equiparado a “permanecer sentado”, pois ficar de pé, ainda que parado, não deve ser tomado como atividade sedentária (OWEN, HEALY, *et al.*, 2010). Diante dessa nova informação e dos danos de permanecer sentado, seria lógico pensar que a posição de pé deve ser adotada durante o uso do *laptop*, isso é analisado no tópico seguinte.

4.3.2 Posição de pé e danos pelo excesso

A posição de pé é a posição mais natural do ser humano e foi a posição culturalmente predominante no tempo desperto até o início da era do conhecimento, quando a posição predominante passou a ser a posição sentada (OWEN, HEALY, *et al.*, 2010).

A permanência na posição de pé estática de modo saudável (mantendo-se as curvaturas da coluna), requer, contrariando o senso comum, pequena atividade muscular, com movimentos ligeiros e moderados ocorrendo cerca de 5% do tempo (OLIVER e MIDDLEDITCH, 1998).

Os resultados de pesquisas de revisão da literatura demonstram que vários estudos epidemiológicos sugerem que os anos de trabalho passados em postura em pé imóvel poderiam causar problemas de circulação e problemas no aparelho musculoesquelético (ASSUNÇÃO, 2004).

A postura em pé não pode ser mantida por longos períodos porque as pessoas recorrem ao uso assimétrico das extremidades inferiores, usando alternadamente a perna direita e esquerda como apoio principal, sendo provável que assim procedam a fim minimizar os incômodos das inadequações da circulação venosa e arterial ou com vistas a manter uma reduzida lordose (OLIVER e MIDDLEDITCH, 1998). De fato, ficar prolongado tempo na postura de pé estática dificulta a circulação sanguínea (IIDA, 2005).

Chegou-se assim a um impasse, sendo a manutenção da postura constantemente sentada ou da postura constantemente de pé ergonomicamente prejudiciais, qual seria a postura ideal? A resposta obtida pela pesquisa é apresentada no tópico seguinte.

4.3.3 Não existe postura estática ideal

Um dos mitos correntes na tendência a buscar soluções ergonômicas é a existência de uma postura estática correta, para a qual os produtos (cadeiras, mesas e acessórios) deveriam

ser projetados, sendo um mito originado da suposição de que o trabalho estático deva ser realizado com a adoção de uma mesma postura, tida como ideal (LINDEN, 1999).

Essa suposição se iniciou com as teorias publicadas em 1884 por Staffel, que defendia a manutenção da posição perpendicular do tronco como a forma correta de sentar, sendo que, atualmente, prevalece a convicção de que o mobiliário deve permitir diferentes posturas em função das características físicas dos indivíduos, de suas preferências e da natureza da atividade (LINDEN, 1999).

Da tendência atual para o trabalho estático por longo tempo diante do computador e da convicção atual da inexistência de uma postura ideal, conclui-se que o posto de trabalho informatizado deve garantir a alternância de postura e, sempre que a tecnologia permitir, deve induzir a troca de posturas (LINDEN, 1999).

Posições fixas mantidas por tempo prolongado ou agressões externas ao aparelho osteomuscular relacionado às atividades monótonas e repetitivas geram uma diminuição local do fluxo sanguíneo e da oxigenação tecidual, causando fadiga e dor (JUNIO, SANTOS, *et al.*, 2015). Quanto maior o tempo mantido em posturas estáticas, não importando se é em pé ou sentado, maior é a tendência a ocorrência de dores, decorrentes da menor oxigenação tecidual (SOMMERICH, STARR, *et al.*, 2012).

Não se pode assumir uma única postura fixa como a correta, pois é impossível manter a mesma postura prolongadamente, a postura adequada seria o estado de equilíbrio muscular e esquelético no qual os músculos funcionam mais eficientemente e diferentes posições são proporcionadas para acomodar os órgãos torácicos e abdominais (ASSUNÇÃO, 2004). Tarefas de longa duração devem permitir frequentes mudanças de posições, para isso, é importante que os móveis e equipamentos utilizados permitam essa mobilidade, como permitir o estar sentado ou em pé, a lombalgia, por exemplo, pode ser aliviada com mudanças frequentes de postura, levantando e sentando-se (IIDA, 2005). Para evitar traumas cumulativos, uma pessoa não deve manter a mesma postura corporal por longo período de tempo (KROEMER, 1989).

Estações *Sit-Stand Desk* são definidas como estações em que é possível realizar a mesma tarefa na postura sentado ou na postura de pé, alterando a altura da superfície periodicamente de modo a usuário alterar entre as duas posturas ao longo dia, tais estações são as mais efetivas para melhor conforto (KARAKOLIS e CALLAGHAN, 2011).

O inchaço médio dos pés é significativamente menor em pessoas que possuem mobiliário especial para permitir o trabalho tanto na posição de pé quanto na posição sentado,

em comparação com as pessoas que apenas tem no escritório a opção de permanecer sentado (PAUL, 1995).

Pesquisa demonstrou que, quando funcionários de escritório receberam estações de trabalho que permitem alternar entre as duas posturas, houve aumento médio de 8,3% para 21,2% do tempo de trabalho em que se passa na postura de pé, sendo esse aumento (equivalente a 12,9%) resultando em redução média de 27,5% na frequência das ocorrências de desconforto musculoesquelético, além de redução significativa na severidade das ocorrências (HEDGE e RAY, 2014). Essa razão é a de 8 minutos na postura de pé por hora, e a frequência de ocorrência das dores musculoesqueléticas sobre o percentual dos profissionais do estudo para cada parte do corpo é demonstrada em GRÁFICO 4.6, comparando-se a mesa fixa (*FHW, Fixed Height Worksurface*) e a mesa que permite postura sentado e de pé (*EHAW, Electric Height Adjustable Worksurface*).

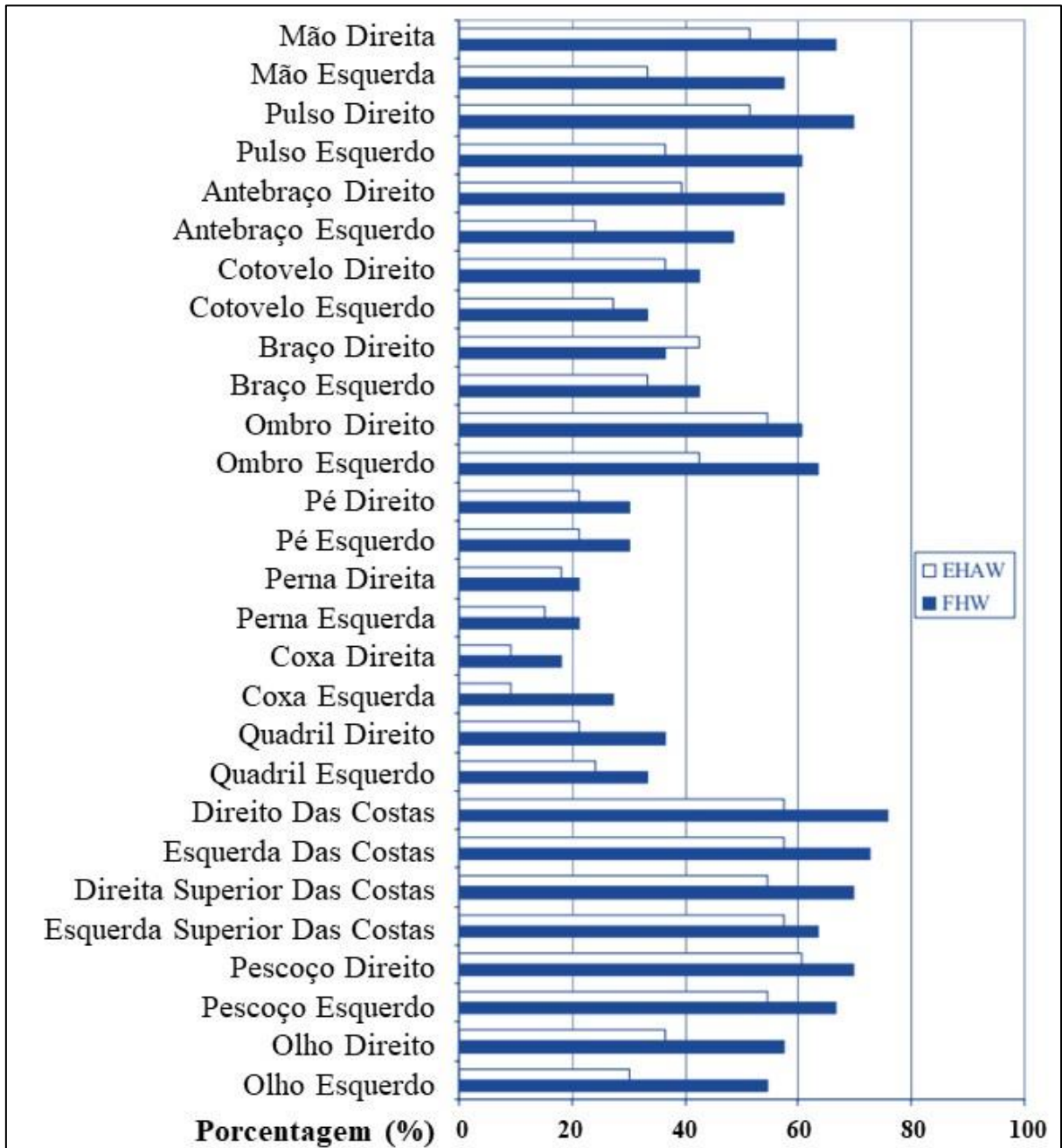


GRÁFICO 4.6 - Porcentagem de profissionais que experimentaram dores musculoesqueléticas em duas condições: EHAW (mesa de altura regulável) e FHW (mesa de altura fixa).

Fonte - (HEDGE e RAY, 2014, p. 16).

A utilização de estações que permitem alternar entre ficar de pé e ficar sentado na razão 2:1 (a cada 2 horas de trabalho sentado, uma hora de trabalho de pé) demonstrou-se eficaz na redução do desconforto (HUSEMANN, MACH, *et al.*, 2009). As grandes divergências de resultados das pesquisas de melhoria do conforto em estações *Sit-Stand* não permitem concluir qual a razão ideal (caso exista), demonstra-se que diferentes razões proporcionam melhorias, e

que uma razão 1:1 pode ter excessivo tempo de pé, posto não promover melhorias tão significativas (KARAKOLIS e CALLAGHAN, 2011). Desse modo, a postura sentada continua a ser a dominante, talvez, a melhor alternativa para a razão ideal seja o indivíduo se monitorar e descobrir qual a melhor razão para seu conforto e produtividade, experimentando diferentes razões. Estudos com trabalhadores que receberam uma estação *Sit-Stand* e nenhuma orientação sobre como usar, demonstrou que, em média, eles optaram naturalmente por ficar 25% do tempo de pé (razão de 3:1) (ALKHAJAH, REEVES, *et al.*, 2012).

A maioria das estações *Sit-Stand* podem ajustar a altura adequando-se o campo visual, mas não oferecem posturas saudáveis para os braços e punhos (KARAKOLIS e CALLAGHAN, 2011). Com base nisso, pode-se especular que a razão do braço direito ser a única região do corpo em que esse tipo de estação não promoveu melhorias de acordo com o GRÁFICO 4.6, contudo, isso é apenas uma especulação, pois o estudo não apresentava foto da estação que permita essa avaliação.

Além do benefício ergonômico, implementado a estação *Sit-Stand*, pode-se obter melhor produtividade pelo decréscimo da necessidade de pausas intervalos (DAINOFF, 2002).

4.3.4 Antropometria para posturas de pé

Do tópico anterior, evidenciando-se o mito da postura estática ideal e os benefícios de estações *Sit-Stand*, tornou-se importante compreender os parâmetros antropométricos para a postura de pé.

De acordo com Iida (2015), na postura em pé, os olhos situam-se a altura média de 150 cm para as mulheres e 160 cm para os homens. As tarefas visuais devem situar-se abaixo disso, adotando-se a linha visual (horizontal) como altura máxima. Na postura sentado, a altura dos olhos situa-se em média a 73 cm acima do assento para as mulheres, e em média 79 cm para os homens.

4.4 Sistema de iluminação

Antes da disseminação do uso da energia elétrica, escolas e outros ambientes de aprendizagem dependiam completamente luz natural como a única fonte de iluminação, hoje, os sistemas são projetados tomando a luz artificial como a principal fonte de iluminação, mesmo durante o dia (SAMANI e SAMANI, 2012).

Por meio de pesquisa bibliográfica que analisou diversos artigos datados entre 1989 e 2011, concluiu-se que o maior grau de conforto visual acarreta um incremento no desempenho e nos resultados de produtividade, explicitando-se a evidência científica de que a iluminação altera significativamente o humor, o ânimo, estado de alerta, estresse, velocidade, fadiga ocular, o bem-estar geral e por fim, o desempenho, tanto produtivo quanto cognitivo (KOVALECHEN, 2012).

A iluminação adequada aumenta o desempenho dos estudantes e facilita o processo de aprendizagem, tornando-os mais produtivos e concentrados, e do mesmo modo, a iluminação inadequada pode provocar ofuscamento, cansaço ocular e sonolência, promovendo perturbações no desempenho do estudante (JOHNSON, 2011). A iluminação artificial adequada precisa ser cuidadosamente abordada nas escolas porque a iluminação é fundamental para a qualidade do desempenho dos alunos (MCCREERY e HILL, 2005). Desse modo, foi realizada pesquisa para a determinação da melhor concepção de produto que considere os fatores de iluminação.

4.4.1 Iluminância (Lux)

Iluminância é a propriedade física definida pelo limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero (ABNT, 1992). É mensurada em Lux (lx).

Níveis insuficientes de iluminância podem levar a sérios problemas como fadiga ocular, lesões musculoesqueléticas, diminuição da capacidade de concentração, aumento da temperatura corporal e conseqüente baixa performance de estudantes e profissionais (MCCREERY e HILL, 2005). A má iluminação tem efeitos negativos em estudantes e profissionais durante a leitura, como inquietude, pular linhas ou palavras, maior tempo para reconhecimento das palavras e vermelhidão nos olhos (JOHNSON, 2011).

A acuidade é a capacidade visual para discriminar pequenos detalhes, sendo essencial para o exercício da leitura e sua qualidade é função do iluminamento. Dentro dos níveis de iluminamento normalmente encontrados, a acuidade visual varia linearmente com o aumento logarítmico da intensidade luminosa, atingindo o máximo a 1000 lux. Iluminamento excessivo é prejudicial a acuidade porque provoca contração da pupila. Com níveis normais de iluminamento, o olho demora pelo menos 200 ms para fazer uma fixação visual, para níveis não adequados, esse tempo aumenta (IIDA, 2005). O comportamento do rendimento visual e

da fadiga visual em função de níveis gerais de iluminação pode ser compreendido por meio do GRÁFICO 4.7.

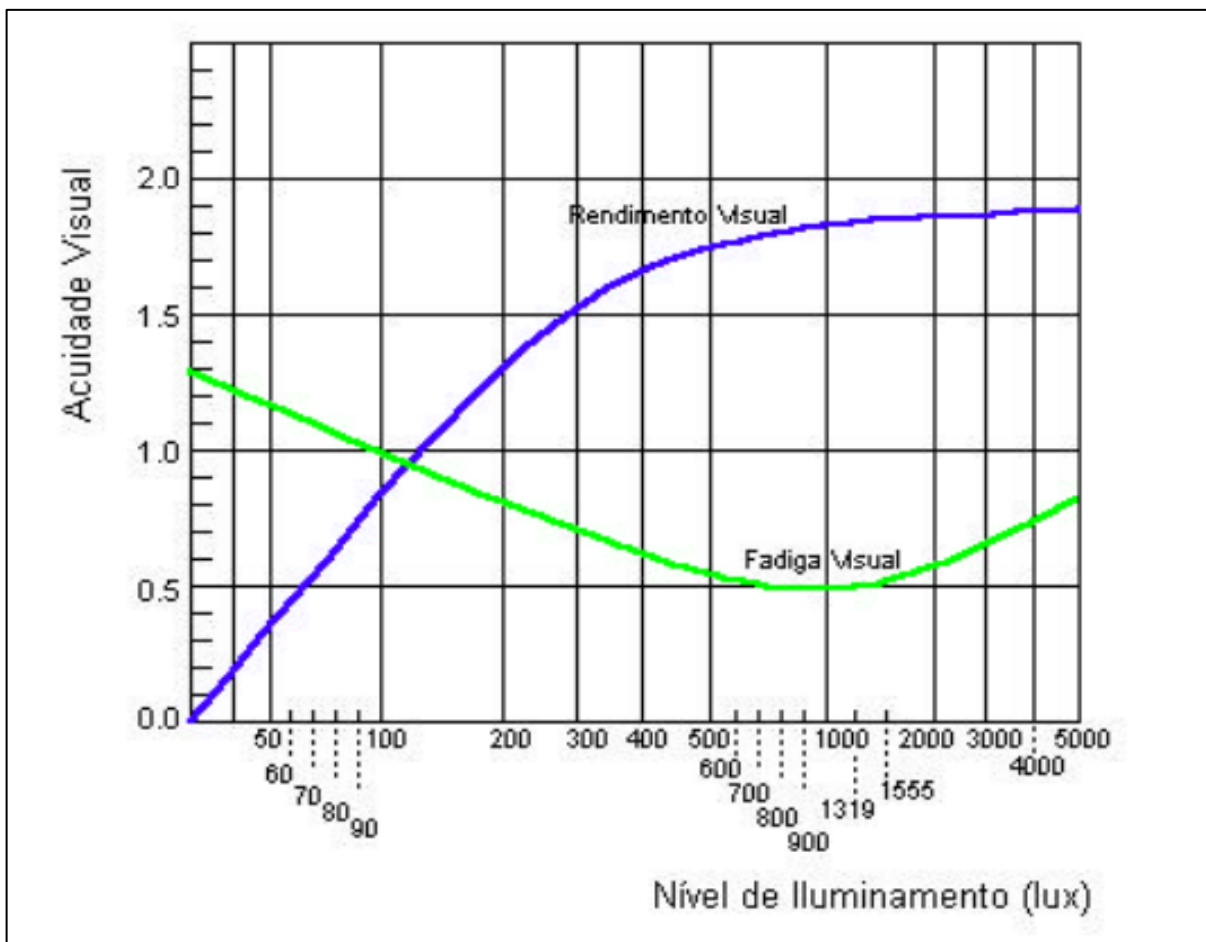


GRÁFICO 4.7 - Variações do rendimento e da fadiga visual em função do nível de iluminação.

Fonte - (HOPKINSON e COLLINS, 1970).

Portando, assim como uma baixa iluminância, o excesso de iluminação também causa problemas de eficácia da atividade e sobre a saúde do usuário. Por isso, é preciso adotar a quantidade de lux ideal para a atividade. Analisando a literatura científica, percebeu-se que existe uma dificuldade para a determinação da iluminância ideal para trabalhos usando o *laptop*, a origem disso está na não necessidade de iluminação para a tela do aparelho e de necessidade de altos níveis de iluminância para papéis utilizados para leitura ou escrita.

Um problema referente a iluminação ideal para ambientes com desktop está na diferença de luminosidade para a tela do *laptop* (que não requer iluminação externa) para a leitura de papéis (que exige iluminação externa). Um iluminação deficiente sobre uma tarefa que exija precisão, pode ser muito fatigante, porém, focos de luz brilhantes colocados dentro

do campo visual podem provocar reflexos e ofuscamentos extremamente desconfortáveis (IIDA, 2005).

Os estudantes e profissionais usuários do *laptop* devem ler superfícies diferentes, como papéis usualmente posicionados na postura “cabeça para baixo” e telas dos monitores usualmente posicionados na postura “cabeça para a frente”, portanto, apropriar uma iluminação de qualidade a essa condição é de alta importância (PULAY, 2010).

Iida (2005) afirma que os níveis gerais de iluminação recomendados para trabalhos normais de escritório são de 500 a 700 lux.

Em experimento que analisou a impressão subjetiva para a melhor condição de iluminância em um escritório experimental, tomando os níveis de iluminação de 500, 750, 1000 e 2000 lux, concluiu-se que o nível de 2000 lux promove a melhor impressão de conforto no ambiente de trabalho (MANAV, 2007).

Pesquisa realizada com profissionais de escritório em 120 estações de trabalho durante nove semanas constatou que aqueles que tinham alto níveis de iluminância, próximos a 2390 lux no plano de trabalho, permaneciam significativamente mais tempo trabalhando em seus computadores e dispndiam menos tempo conversando ou ao telefone, em comparação com aqueles profissionais que possuíam índices de iluminação inferiores a 603 lux no plano de trabalho (MARIANA G. FIGUEIRO, 2002).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da Norma 5413 (ABNT, 1992), determina valores mínimos de iluminância para diversos ambientes, tendo como valor mínimo para salas de aula 300 lux, e de 500 lux para salas de leitura.

Porém, como reconhece o próprio Iida (2005), Grandjean (1987) observou que, em muitas salas de trabalho com computadores, os próprios operadores haviam retirado algumas lâmpadas para reduzir a iluminação ambiente para níveis de 200 a 300 lux, concluindo que isso se deve provavelmente ao desconforto provocado pelo elevado contraste com o fundo escuro dos monitores. Esse autor recomenda, então, que o nível geral de iluminação nos postos de trabalho com computadores seja de 300 lux, quando os documentos a serem transcritos apresentarem boa legibilidade ou 500 lux, quando essa legibilidade for menor. Para os casos onde essa legibilidade for ainda menor, aconselha-se a colocação de uma fonte localizada, de até 1.000 lux, diretamente sobre o documento de baixa legibilidade.

Além do impacto em termos de ergonomia física, a intensidade de luminosidade tem impacto na ergonomia cognitiva. A literatura técnica demonstra que bons níveis de iluminação promovem alterações no estado de ânimo do indivíduo. Maiores índices de

iluminação tendem a aumentar o nível de cortisol e promover o estado de alerta, enquanto baixos índices de iluminância tendem a aumentar a secreção de melatonina e promover o estado de sonolência (FIGUEIRO, REA, *et al.*, 2009). Evidentemente, o estado de alerta deve ser propiciado em atividades de estudo e trabalho.

Analisando o padrão de ondas cerebrais por eletroencefalografia de pessoas trabalhando em um escritório simulado em um laboratório sob duas condições de iluminação (1.700 lux e 450 lux), o resultado evidenciou menor número de ondas delta com maior nível de iluminação, o que indica que a luz brilhante deixa o sistema nervoso central em estado de vigília (KÜLLER e WETTERBERG, 1993).

4.4.2 Luminância (cd/m²)

Luminância é a propriedade física definida pela densidade da intensidade de uma luz refletida numa dada direção, cuja unidade SI é a candela por metro quadrado (cd/m²). Descreve a quantidade de luz que atravessa ou é emitida de uma superfície em questão, e decai segundo um ângulo sólido.

Em trabalhos com monitores, lâmpadas artificiais provocam problemas na visualização da tela, que já possui fonte de iluminação própria, devido ao ofuscamento, seja pela presença da fonte luminosa no campo visual ou por reflexo sobre a tela (IIDA, 2005).

O monitor não requer iluminação externa, para uma condição ergonomicamente saudável, as lâmpadas que podem ser refletidas pela tela do monitor não podem ter luminância superior a 200 cd/m² (SCHLICK, ZIEFLE, *et al.*, 2009).

Brilho é a percepção fisiológica da quantidade de luz emitida por um objeto, sendo a interpretação corporal da grandeza física luminância (mensurada em cd/m²). Conforme NBR 5461, uma distribuição irregular da luminância pode provocar ofuscamento, que é a redução da capacidade de distinguir detalhes visuais (ABNT, 1991). Esse dano é evidenciado na FIGURA 4.22.



FIGURA 4.22 - Visão com ofuscamento direto (impedindo a percepção visual do homem presente no centro da imagem) e sem ofuscamento (por meio de tapamento da fonte luminosa com uma mão).

Fonte - (LNA - LABORATÓRIO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, 2012).

Duas formas de ofuscamento podem ocorrer gerando dificuldades no processo de leitura e fadiga visual, o ofuscamento direto (quando a fonte de iluminação está localizada no campo de visão do usuário e emite raios luminosos em direção aos seus olhos) e o ofuscamento indireto (quando luz excessiva é refletida pelo objeto usado para realização da leitura e atinge os olhos do usuário), ambos identificados em FIGURA 4.23. As experiências também mostram que a visibilidade é diminuída pelo brilho, e a redução é maior quando a fonte do brilho está na linha de visão. (SCHLICK, ZIEFLE, *et al.*, 2009).

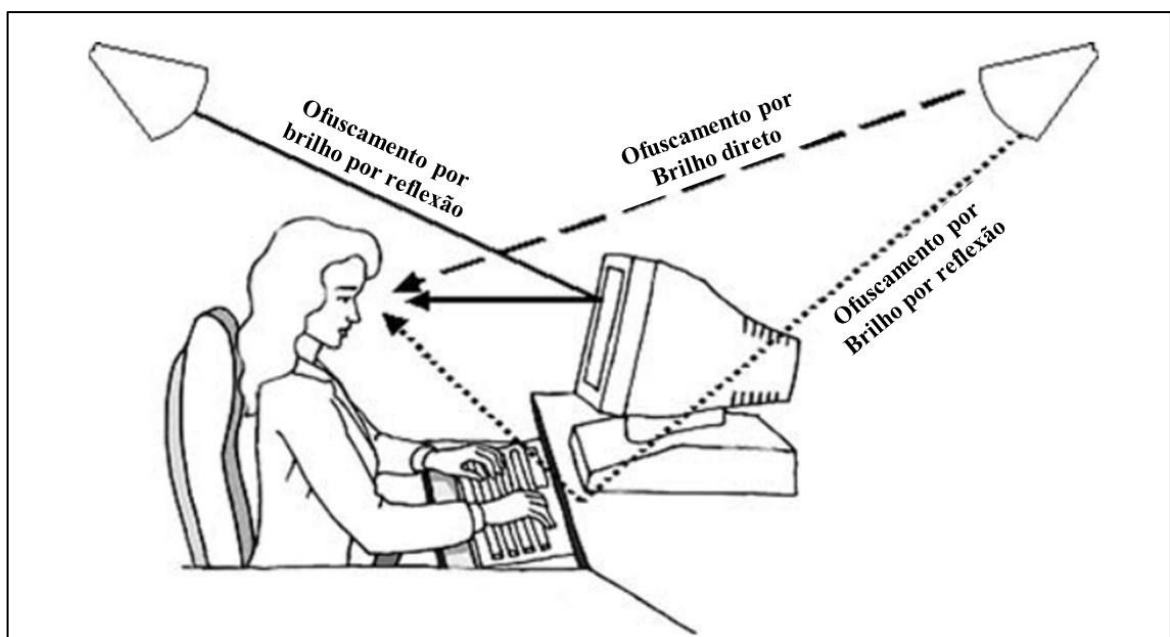


FIGURA 4.23 - Ofuscamento direto (*direct glare*) e ofuscamento indireto (*reflected glare*).

Fonte - (SCHLICK, ZIEFLE, *et al.*, 2009, p. 184).

O efeito do ofuscamento sobre a eficiência visual foi mensurado em experimento usando uma lâmpada de 100 watts no campo visual de um observador com a tarefa de identificar barras paralelas de diferentes tamanhos e contrastes, iluminadas com 100 lux. O resultado demonstrou que a Lâmpada, ainda que a 40° dos olhos do observador, geram dano na eficiência visual de 42%, e quanto menor a inclinação, maior a perda, chegando a 84% a 5° de inclinação, conforme FIGURA 4.24 (IIDA, 2005).

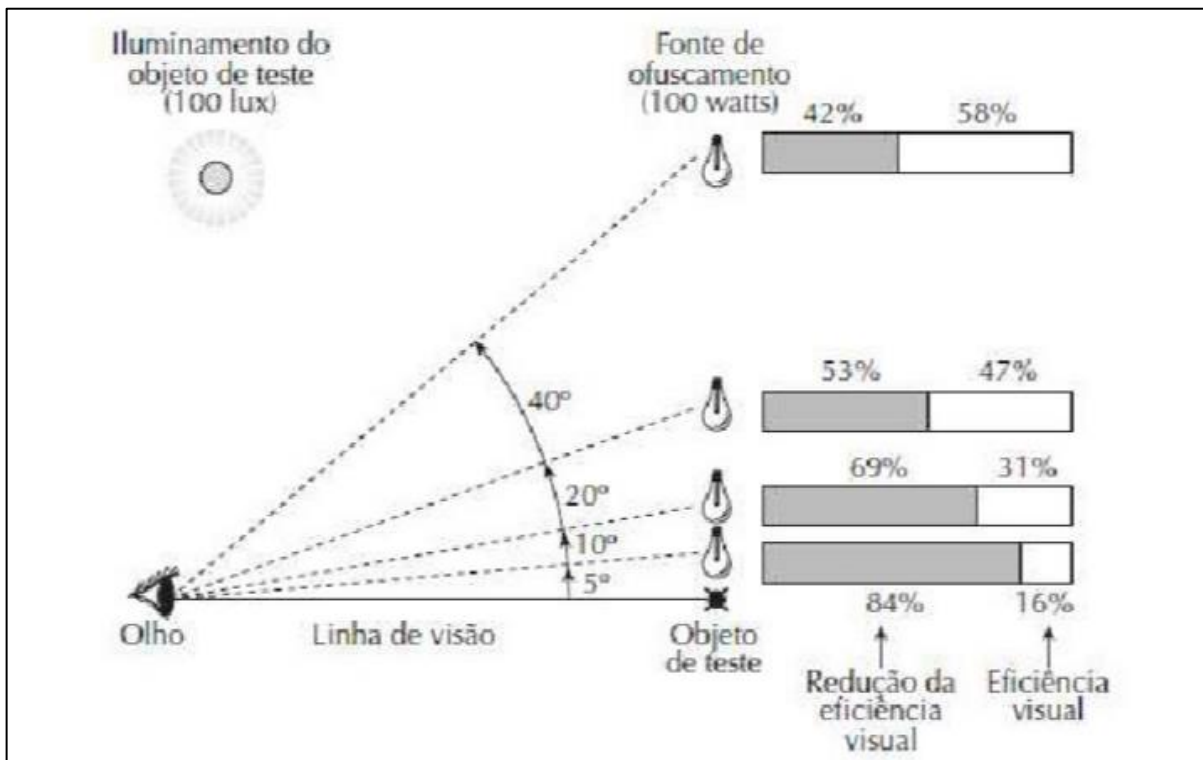


FIGURA 4.24 - Mensuração da perda da acuidade visual pela inclinação da fonte de ofuscamento direto.

Fonte – (IIDA, 2005).

Avaliando esse experimento, Iida (2005) concluiu que a medida mais eficiente garantir a eficiência visual é a eliminação da fonte de brilho do campo visual, e apresenta modos como isso pode ser realizado por meio de um sistema de iluminação adequado, isso é, por meio da configuração da posição das fontes de iluminação. Os sistemas de iluminação são divididos em três tipos, iluminação geral, iluminação focada e iluminação combinada, conforme FIGURA 4.25.

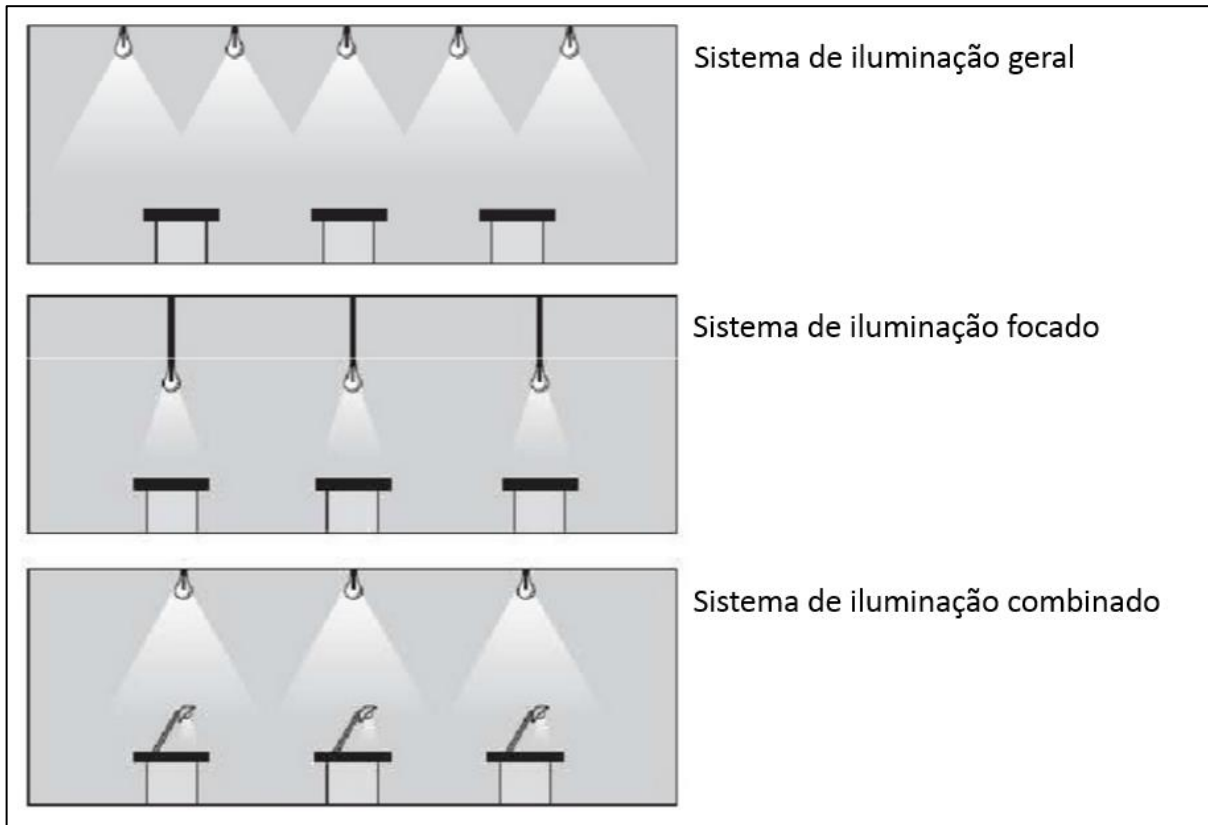


FIGURA 4.25 - Três sistemas de iluminação: geral, focado e combinado.

Fonte - (IIA, 2005).

Para o trabalho na mesa sem o uso de computador, Iida (2005) apresenta duas opções como saudáveis, a primeira usando a iluminação geral, com a fonte de iluminação posicionada acima da linha de visão e atrás do usuário, conforme FIGURA 4.26.

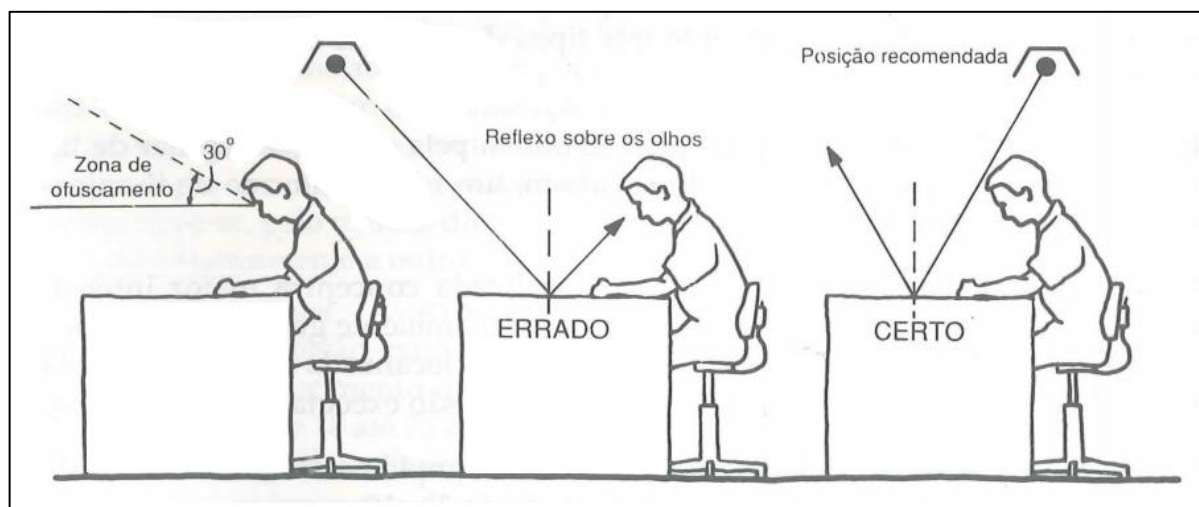


FIGURA 4.26 - Posição correta da fonte de iluminação para atividades sob a mesa.

Fonte - (IIA, 2005).

E a segunda opção correta é usando o sistema de iluminação focada, com anteparo que retire a fonte de iluminação do campo visual do usuário, conforme FIGURA 4.27.

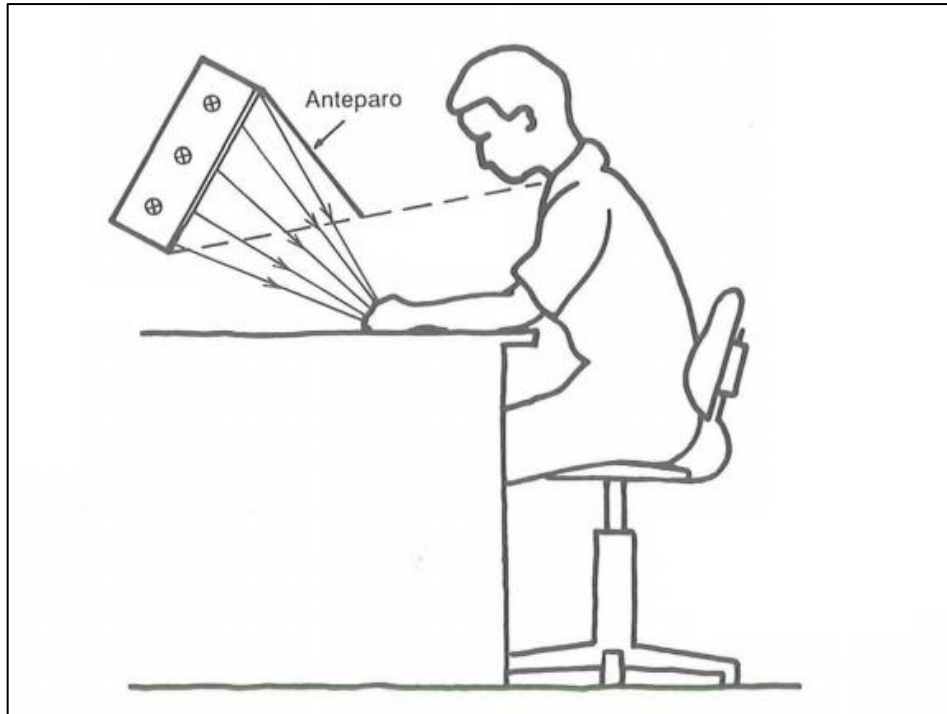


FIGURA 4.27 - Posição correta da fonte de iluminação para atividades sob a mesa com o sistema de iluminação focada.

Fonte - (IIDA, 2005).

Essas duas opções se destinam a trabalhos sobre a mesa na ausência de monitor luminoso.

Em atividades em que seja necessária a visualização de telas luminosas, o autor define como única opção viável o sistema de iluminação geral com um posicionamento especial das lâmpadas. Estas não estando nem a frente (o que geraria ofuscamento direto) nem atrás do usuário (o que geraria ofuscamento indireto pela reflexão na tela), e sim sobre a linha no teto paralela a linha dos ombros do usuário, com uma inclinação de 45° , conforme FIGURA 4.28.

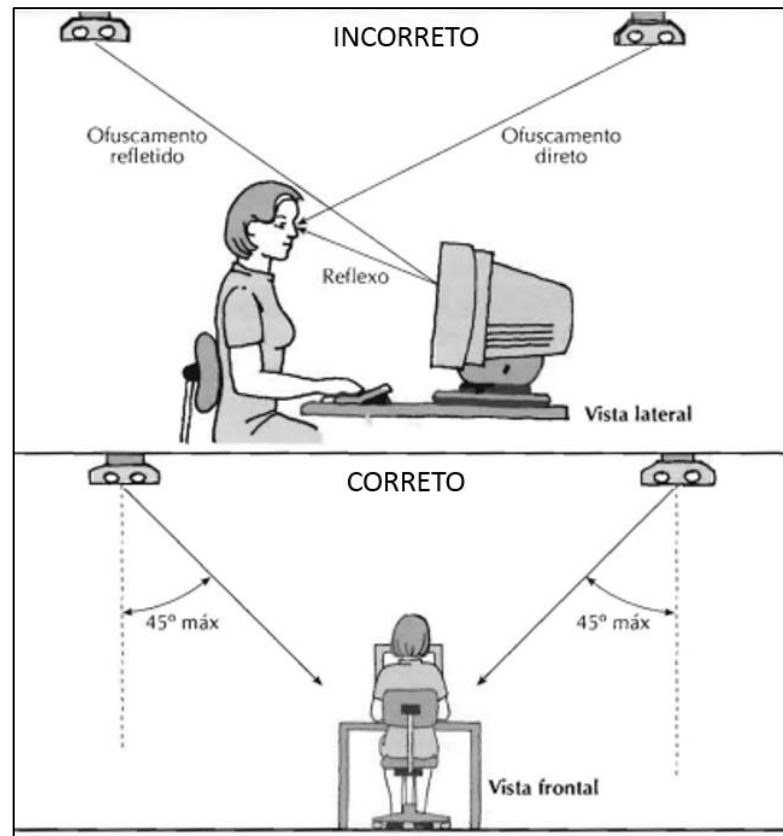


FIGURA 4.28 - Sistema de iluminação incorreto e correto para atividades no computador.

Fonte - (IIDA, 2005).

Essa solução tem grandes desvantagens, como a limitação do número de mesas em função da disposição das lâmpadas, e de somente permitir adequações e alterações por reforma da instalação elétrica, modificando a posição das lâmpadas e possivelmente do mobiliário.

4.4.3 Frequência (Hz)

As lâmpadas fluorescentes são, de longe, a fonte de luz dominante nos ambientes de trabalho e estudo em todo o mundo (KULLER e LAIKE, 1998). Entre as fontes de luz elétrica, em 1996, as lâmpadas fluorescentes representaram 67% dos lumens em todo o mundo (JENNIFER A. VEITCH, 2001).

Acredita-se que a dominância das lâmpadas fluorescentes seja particularmente ainda mais prevalente no Brasil, em que, nos últimos anos, a legislação proibiu a comercialização de lâmpadas residenciais incandescentes e incentivou a troca das mesmas pela iluminação fluorescente, em função da melhor eficiência energética das lâmpadas

fluorescentes. Isso foi realizado por meio da Portaria interministerial nº 1007/2010 (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2010).

Contudo, embora a eficiência energética da lâmpada fluorescente seja ligeiramente superior a lâmpada incandescente (8,8% para fluorescente e de 1,5% para incandescente), as lâmpadas fluorescentes são intermitentes, alterando sua luminosidade em sincronia a ciclagem elétrica, enquanto as incandescentes são contínuas. Esse efeito de cintilação (*flicker*) é prejudicial a visão humana e vem sendo apontado como gerador de graves danos à saúde (KOVALECHEN, 2012).

No Brasil, a frequência da corrente alternada oriunda energia elétrica disponibilizada pelas redes de distribuição é de 60 Hz, por isso as lâmpadas fluorescentes no Brasil operam com uma cintilação de 60 Hz.

Em experimento realizado com trabalhadores de escritório sob duas condições de iluminação por lâmpadas fluorescentes, demonstrou que a iluminação de baixa frequência (50 Hz) exige mais esforço do sistema ocular, gerando fadiga visual. Comparou-se os efeitos da iluminação de baixa frequência com os efeitos da iluminação fluorescente de alta frequência (32 KHz), e concluiu-se que a iluminação de baixa frequência é causa de dores de cabeça, também mensurando que os presentes no escritório optaram por utilizar a iluminação artificial por 30% mais tempo quando essa era de alta frequência (WILKINS, NIMMO-SMITH, *et al.*, 1989).

Em experimento desenvolvido com o objetivo de comparar os efeitos no desempenho de 37 usuários de escritórios causados pela lâmpada fluorescente convencional (50 Hz) e de alta frequência (30 KHz), foram avaliados três efeitos, estresse (excitação cerebral), velocidade na realização da atividade e a taxa de erros (KULLER e LAIKE, 1998). Como resultado, a iluminação de baixa frequência demonstrou ser causa de estresse, de um pequeno incremento na velocidade de realização da atividade e de uma alta taxa de erro (cometendo-se o dobro de erros em comparação com a iluminação de alta frequência). A pesquisa concluiu que, a fim de aliviar essa fonte de estresse, é recomendável que seja utilizada iluminação de alta frequência. O estudo também permite a conclusão de que, tanto do ponto de vista de saúde quanto do ponto de vista de produtividade, a iluminação de alta frequência é a mais adequada.

Por meio de experimento que avaliou o funcionamento cerebral por meio de eletroencefalograma de pessoas que trabalham em escritório com iluminação fluorescente de reatância magnética (50 Hz) e com iluminação fluorescente de alta frequência (30 KHz), medindo-se, entre outros fatores, a velocidade e os erros cometidos em tarefas de revisão, os

resultados obtidos permitiram concluir que utilizar a iluminação de alta frequência é superior em qualidade, tanto do ponto de vista do bem-estar quanto da produtividade (KÜLLER e WETTERBERG, 1993).

As lâmpadas fluorescentes de alta frequência (30 kHz) não apresentam o fenômeno de cintilação flutuante, ou seja, não piscam, sendo a não ocorrência desse fenômeno a causa indicada pela constatação desse tipo de lâmpada ocasionar muito menos casos de dores de cabeça (WILKENS, NIMMO-SMITH, *et al.*, 1989).

A evidência científica demonstra que a exposição constante dos olhos sob a luz fluorescente inferior a 100 Hz resulta em stress e dores de cabeça (KULLER e LAIKE, 1998). Além disso, a literatura técnica demonstra que a exposição constante da pele sob a luz fluorescente também é danosa à saúde humana. A iluminação fluorescente em contato frequente com a pele do rosto e com demais partes do corpo é fator promotor de câncer de pele (BERALA, SHAWA, *et al.*, 1982).

Pesquisa com 274 mulheres, com idade entre 18 a 54 anos, evidenciou que o risco relativo de formação de melanoma é duplicado, com 95% de confiança, com a exposição constante à luz fluorescente. O risco cresceu com o aumento da duração da exposição à luz fluorescente e foi maior nas mulheres que tinham trabalhado principalmente em escritórios do que nas mulheres cujo principal local de trabalho foi na parte interna, mas não em escritórios. Os resultados não podiam ser explicados pelas diferenças na história de exposição à luz solar ou em qualquer outro fator. Houve um excesso relativo de lesões no tronco no grupo exposto à luz fluorescente no trabalho. Outros estudos demonstram que esse mal também é ocasionado nos homens (BERALA, SHAWA, *et al.*, 1982).

O melanoma é um tumor maligno que se origina nas células que produzem pigmento (melanócitos), sendo um dos tumores mais perigosos, representando 4% das neoplasias malignas do órgão, sendo o mais grave devido à sua alta possibilidade de metástase. Estima-se o número de mortes em 1.547 no Brasil somente durante o ano de 2013 devido ao melanoma (INCA, 2013).

4.4.4 Temperatura de cor (K)

A Temperatura de cor é um parâmetro que determina o “amarelamento” ou “azulamento” percebido por uma fonte de luz branca, sendo mensurado em Kelvin (K)

(WYSZECKI e STILES, 1982). A mensuração de Temperaturas de lâmpadas considerando diferentes tipos de lâmpadas é apresentada na FIGURA 4.29.

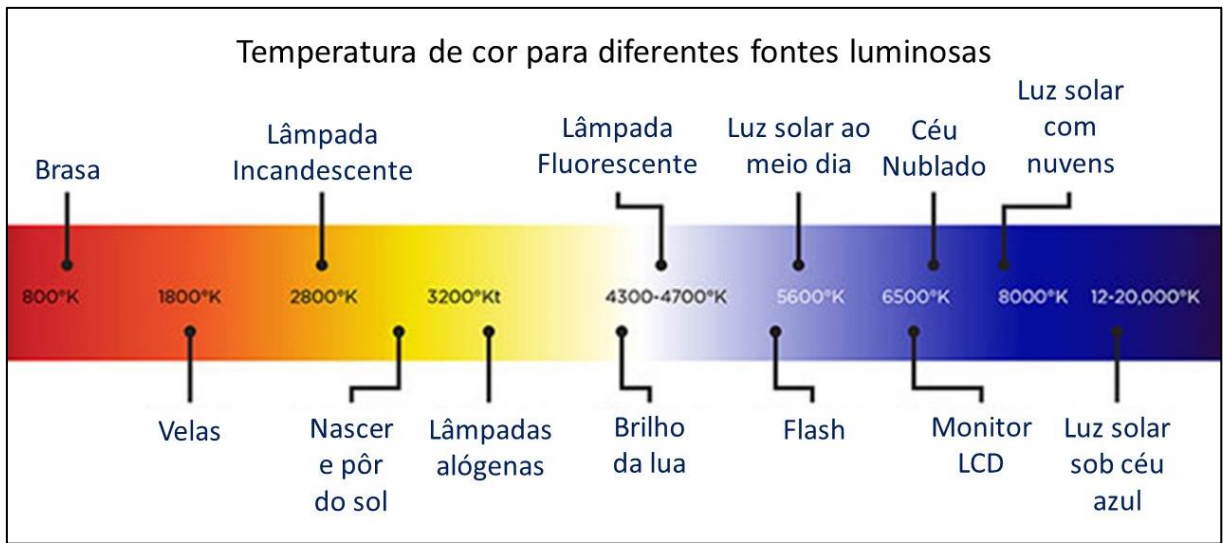


FIGURA 4.29 - Temperatura de cor para diferentes fontes luminosas.

Fonte – Adaptado de (UNIVERSAL LIGHTING SERVICES, 2013).

Dessa escala surge a classificação em três faixas de temperatura:

- Branco quente (Warm White): 2.700 K – 3.000 K;
- Branco neutro (Neutral white): 4.000 K – 4.200 K;
- Branco frio (Cool white): 5.000 K – 5.400 K.

Branco frio é o que mais se aproxima da temperatura de cor de um da luz do dia, que é 6.000 K. A combinação de intensidade de iluminância com a temperatura de cor promove sensações de estímulo ou de aconchego, a faixa de conforto visual é apresentada na GRÁFICO 4.8 (OSRAM, 2013).

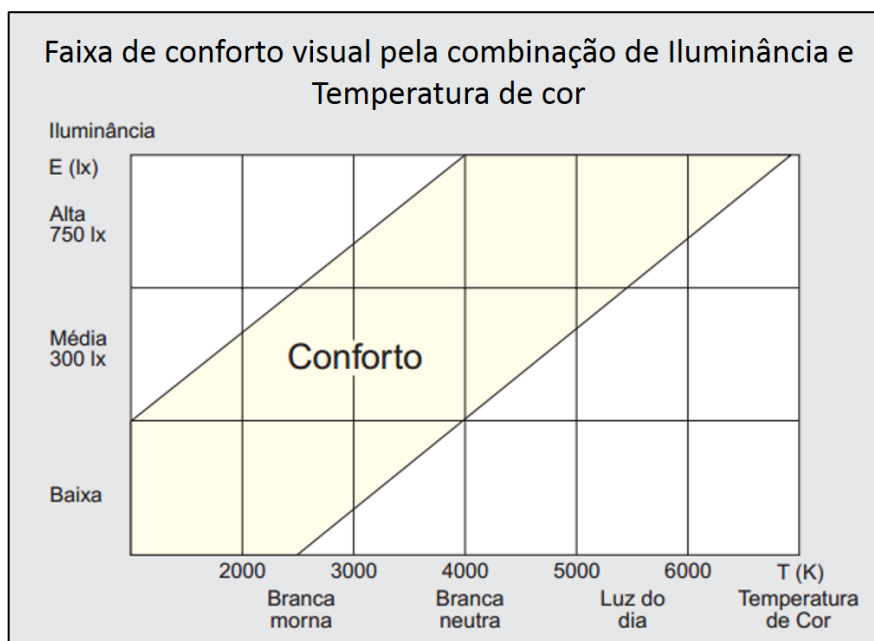


GRÁFICO 4.8 - Faixa de conforto visual pela combinação de Iluminância e Temperatura de cor.

Fonte – (OSRAM, 2013).

A ilusão de que a Tonalidade de Cor mais clara ilumina mais, leva ao equívoco de que com as “lâmpadas frias” precisa-se de menos luz. Essa ilusão parece ter origem pelo senso comum que observa que na natureza, que, ao reduzir a luminosidade (crepúsculo), reduz também sua Temperatura de Cor. A cor da luz não influencia a Eficiência Energética da lâmpada, não sendo válida a impressão de que quanto mais clara, mais potente é a lâmpada. (OSRAM, 2013).

A luz que chega aos olhos humanos tem um efeito biológico não-visual essencial no corpo humano, impactos na saúde humana, bem-estar e eficiência (ONEWORKPALCE, 1999).

Em experimento que avaliou as impressões subjetivas de pessoas quanto a temperatura de cor em um escritório, testarem-se as temperaturas de cor de 2.700 e de 4.000 K, concluiu-se que a temperatura de 4.000 K é a preferida para impressão de conforto em locais de trabalho, enquanto a de 2.700 K demonstra ser a ideal para proporcionar relaxamento e sonolência (MANAV, 2007).

Por meio de experimento que investigou os efeitos da exposição à luz branco-azulada durante o horário diurno no ambiente de escritório, com 104 participantes que foram expostos a duas condições de iluminação, no período de 4 semanas sob cada condição. A primeira condição foi a luz em branco-azulada (17.000 K) e a segunda foi em luz branca (4.000

K). Concluiu-se que a luz branco-azulada em escritórios tem efeitos benéficos ao estado de produtividade, pois promove maior estado de alerta, melhor desempenho, melhor humor, menor fadiga ocular e proporciona melhor qualidade e duração do sono noturno, quando da ausência desse tipo de iluminação (VIOLA, JAMES, *et al.*, 2008).

Por meio de um experimento que compactou três diferentes configurações de iluminação: lâmpadas fluorescentes compactas com pacote de luz a 6.500 K, lâmpadas fluorescentes compactas com pacote de luz a 2.500 K; e lâmpadas incandescentes de 40 lux a 3.000 K, demonstrou que a iluminação de 6.500 K é mais efetiva que as opções de 2.500 e 3.000 K para a potencialização do desempenho cognitivo, favorecendo principalmente atividades em que é preciso atenção sustentada, inibindo o estado de sonolência e tendo um efeito de potencialização que pode ser comparado ao da cafeína (CHELLAPPA, STEINER, *et al.*, 2011).

5 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PROJETO

Por meio da análise da literatura técnica apresentada no capítulo anterior, postulou-se quatro critérios de projeto para o que um produto permita a utilização adequada do *laptop*.

5.1 Critério para posição da tela

Identificou-se que o uso do *laptop* sem nenhum aparelho que auxilia a adoção de uma melhor postura promove a flexão excessiva da coluna cervical, provocando danos já apresentados. Será adotado para o projeto o limite padrão de flexão do limite máximo de inclinação do pescoço em 20°. E como limite inferior, conforme também dados da literatura técnica, o campo visual não deve promover flexão do pescoço para cima dos 0°. Satisfazendo assim as condições de não esforço da inclinação do pescoço e dentro do campo visual ótimo.

Critério 1: Permitir que a tela seja posicionada na linha horizontal dos olhos, permitindo o uso sem a necessidade de curvar a coluna cervical para cima (além dos 0°) e com menos de 20° para baixo.

5.2 Critério para posição do teclado

Identificou-se que o teclado deve estar à altura dos cotovelos, de modo ao mesmo ser usado com os braços em repouso sobre a mesa. Com relação a posição horizontal, o teclado deve estar à frente do usuário (eliminando a necessidade de torção da coluna), e em distância tal que não estejam os braços completamente estendidos para alcançar o teclado, ou excessivamente dobrados com o objetivo de que as mãos não ultrapassem o mesmo.

Critério 2: Teclado a altura dos cotovelos e a frente do usuário (em distância regulável ao tamanho do antebraço).

5.3 Critério para posição do usuário

Identificou-se que o modo de trabalho mais adequado é aquele que permite a alternância entre a postura sentado e a postura de pé, ao longo de um turno de trabalho/estudo, em razões de permanência coerentes a cada indivíduo. Desse modo, deve-se permitir que a

utilização do *laptop* tenha fácil alternância entre as posturas, com o mínimo de ajustes necessários que possam desmotivar a realização da variação postural.

Critério 3: Permitir fácil alternância entre as posturas sentado e de pé respeitando as condições ergonômicas e antropométricas de cada uma dessas duas posturas.

5.4 Critério para posição da iluminação

A princípio, a tela do *laptop* não deve ser iluminada, posto que o aparelho permite a regulagem de brilho e a iluminação externa é prejudicial pela geração de reflexos e ofuscamentos. Contudo, os estudantes e profissionais que utilizam o mesmo também usam concomitantemente leitura e escrita em papéis, o que exige alta luminosidade para uma condição ergonômica adequada. Isso promove um conflito. Por isso concluiu-se que é necessário adotar o sistema de iluminação focada, que permite luminosidade sobre a mesa de trabalho para leitura e escrita em papéis e a ausência de iluminação sobre a tela do aparelho.

Dados os danos da lâmpada fluorescente (em termos do efeito de cintilação e pela alta emissividade de radiação ultravioleta), deve-se utilizar uma tecnologia mais saudável, com adequada taxa de cintilação e de emissão de radiação ultravioleta de modo a não ser prejudicial a sua exposição contínua para o usuário.

Tomando as necessidades de iluminância, a mesa de trabalho deve apresentar iluminância superior a 500 lux e inferior a 1.500 lux (faixa de menor fadiga visual e melhor produtividade), sem ter raios luminosos diretos sobre os olhos do usuário ou sobre a tela do *laptop*.

Para os efeitos cognitivos que a iluminação provoca, deve-se optar por lâmpada com temperatura de cor superior a 4.000 K, para promoção de melhor estado de disposição que favorece as atividades de trabalho e estudo.

Critério 4: Sistema de iluminação focada, mesa de trabalho com iluminância superior a 500 lux e inferior a 1.500 lux, lâmpada com temperatura de cor superior a 4.000 K e com baixa emissão de radiação ultravioleta.

6 PROJETO DO PRODUTO E PROTÓTIPIAGEM

6.1 Estado das práticas

No momento da proposição do projeto conceito, analisaram-se as principais alternativas existentes na tentativa de solucionar o problema do uso do *laptop*. São variados os estudos, patentes e produtos disponíveis, mas nenhuma das alternativas encontradas atendem aos critérios propostos pela presente pesquisa.

No Brasil, a alternativa mais popular é um projeto patenteado e premiado nomeado suporte para *laptop* UpTable (FERREIRA, MENDONÇA, *et al.*, 2017). O produto é fabricado pela empresa Asys e ilustrado na FIGURA 6.1.



FIGURA 6.1 - Produto Suporte para *laptop* Asys.

Fonte – (ASYS, 2017).

A empresa Bakkerel Khuizen comercializa produto Ergo-T 340, que apresenta o benefício adicional de ter local para colocar livros ou cadernos, ainda que não permita a escrita sobre os mesmos, conforme FIGURA 6.2.



FIGURA 6.2 - Produto Ergo-T 340.

Fonte – (KHUIZEN, 2017).

Em pesquisa científica, evidenciou-se que tal tipo de suporte atende a elevação necessária para que a inclinação do pescoço esteja dentro da faixa recomendável (menos de 20° , conforme critério 1 (CASTELLUCCI e BENITEZ, 2011)). No estudo, os pesquisadores identificaram que o ângulo de inclinação passou de $40,3^\circ$ no MUT para $18,58^\circ$ usando tal suporte. Os demais ângulos não sofreram grandes variações (vide FIGURA 6.3).

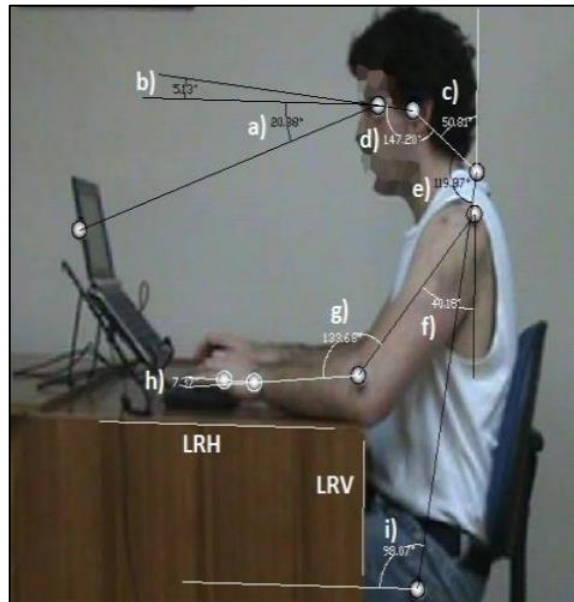


FIGURA 6.3 – Ângulos ao usar suporte para *laptop*.

Fonte - (CASTELLUCCI e BENITEZ, 2011).

Esse conceito de produto se limita a resolução do critério 1. Buscando soluções para alternar a postura, encontrou-se a bancada com cadeira elevada, conforme FIGURA 6.4.



FIGURA 6.4 - Bancada com cadeira elevada adotada por profissionais de atendimento em clínica na RMBH.

Fonte - O autor.

Uma das principais desvantagens da bancada é que não soluciona nem mesmo o problema a que se propõe solucionar com qualidade, visto que não permite regulagem de altura para diferentes perfis antropométricos, desse modo, a bancada deveria ser feita unicamente de acordo a especificidade de cada usuário. Permitindo regulagens de altura para a alternância de postura, encontrou-se no mercado as denominadas *Sit-Stand Desk*, quatro produtos populares se destacam-se na loja de produtos online amazon, conforme FIGURA 6.5.

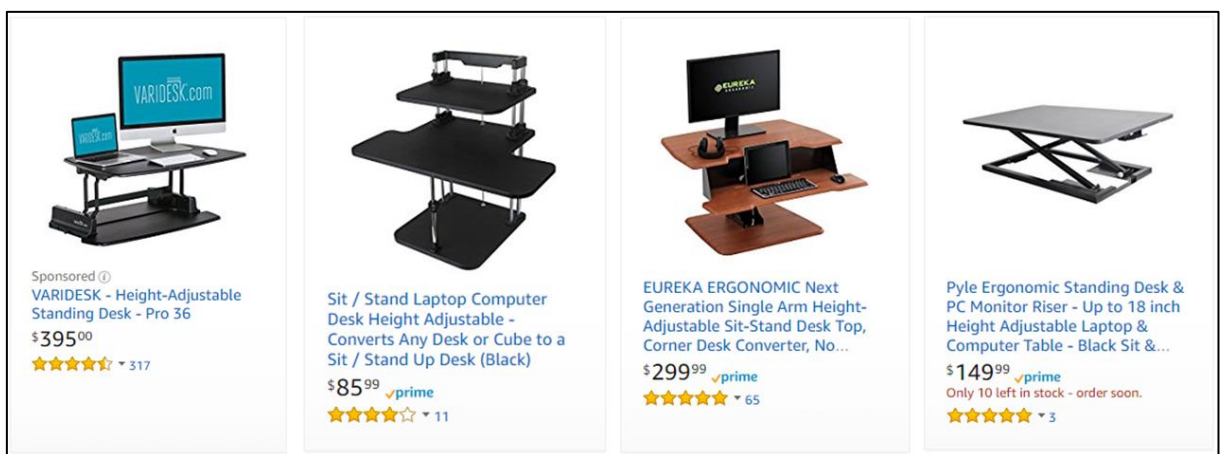


FIGURA 6.5 - Quatro produtos *Sit-Stand Desk* comercializados pela loja online Amazon.com.

Fonte - Adaptado de (AMAZON.COM, 2017).

6.2 Projeto conceitual

Por meio da aplicação de técnicas de criatividade, desenvolveu-se uma série de abordagens conceituais que atendem aos quatro critérios. Chegou-se a dezessete projetos conceito, dos quais o projeto conceito detalhado na FIGURA 6.6 foi selecionado com base em critérios de melhor custo-benefício. Tal projeto tem como base uma sistemática de montagem de placas planas paralelas, dimensionadas para regulagem por meio de pinos de fixação normalmente fechados com retorno por mola, montadas com rabicho e lâmpada para um sistema de iluminação focada.

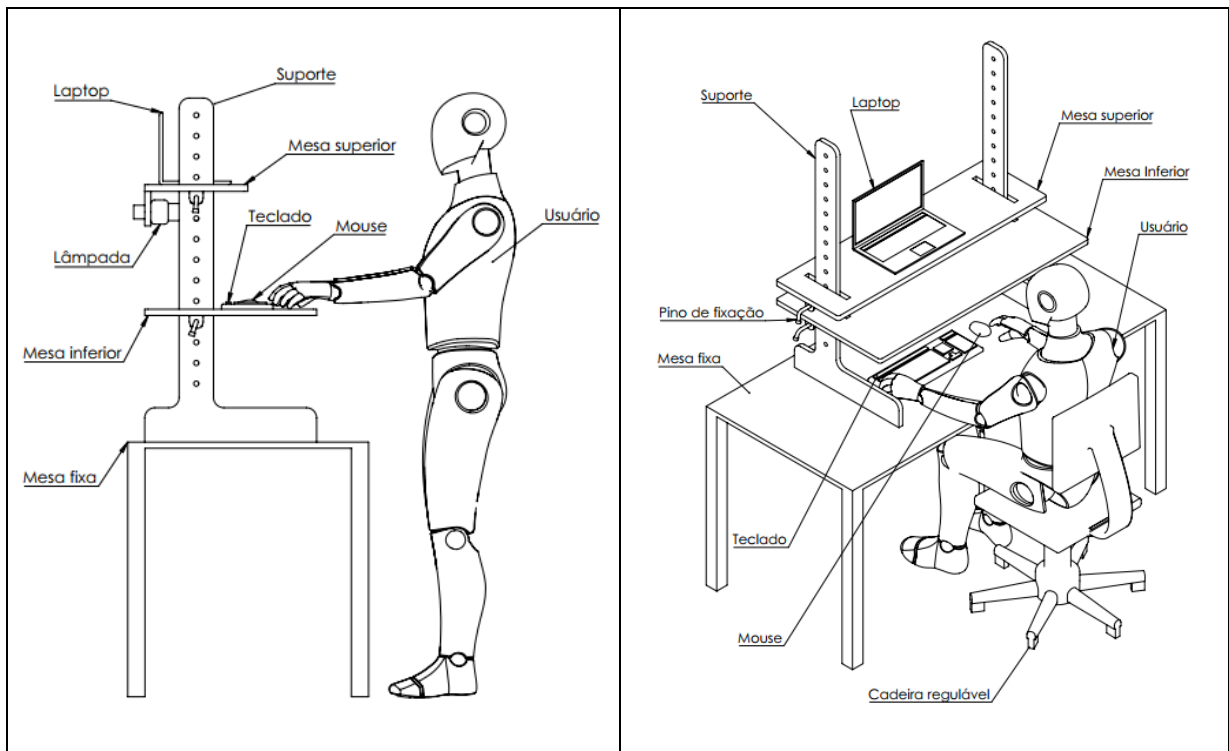


FIGURA 6.6 - Projeto conceito 1. Postura de pé (esquerda) e postura sentado (direita).

Fonte - O autor.

Contudo, ao iniciar a análise do processo de fabricação, identificou-se que a compra, transporte e montagem do pino de fixação agregaria tempo e custo ao produto. Por isso investiu-se mais tempo na geração de um conceito que pudesse ser plenamente construído sem o pino de fixação. Obteve-se o projeto conceito 2, que foi adotado ao longo de toda a pesquisa e é apresentado na FIGURA 6.7.

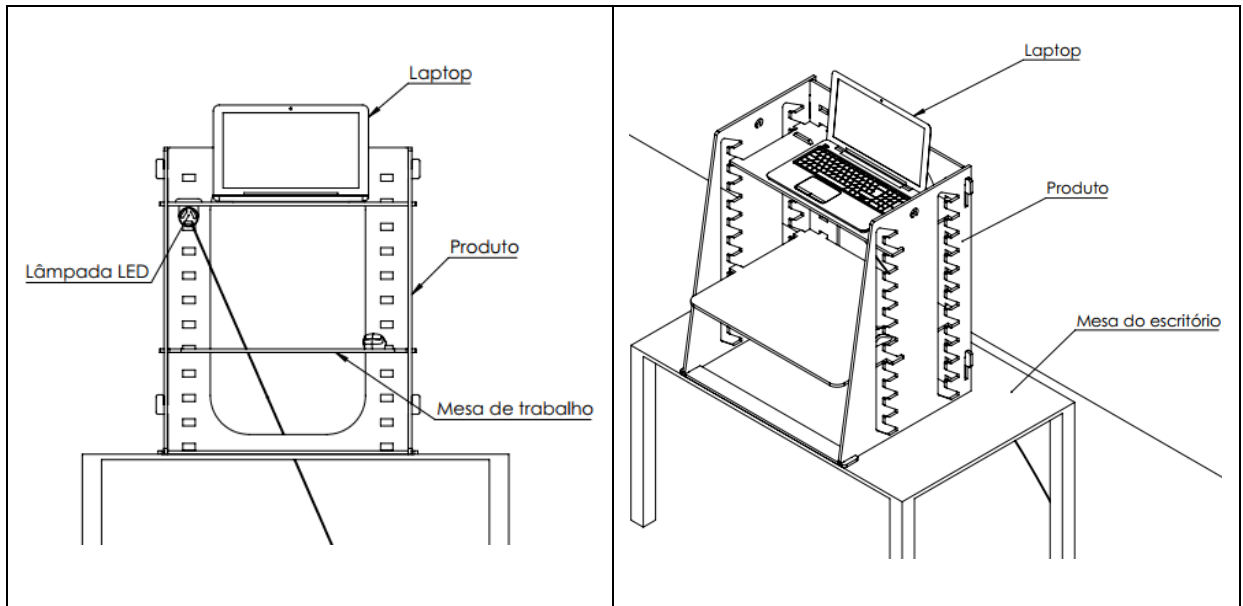


FIGURA 6.7 - Projeto conceito 2.

Fonte - O autor.

O produto atende a faixa de altura de 150 a 195 cm, coerente ao perfil antropométrico do brasileiro como identificado no item 4.1.4.

Utilizou-se placas de MDF (*Medium Density Fiberboard*) devido a padronização e precisão permitida pelo processo de fabricação por meio de corte automatizado (fresagem CNC), pela leveza que permite melhor mobilidade, pela sustentabilidade característica do MDF (fácil descarte não poluente). Por meio de análise por elementos finitos verificou-se a adequação de placas planas de mdf com espessura de 9 mm, o que foi validado nas fases de prototipagem e experimentação.

Especificou-se a lâmpada LED comercial (encaixe por soquete P12, temperatura de cor de 6000/3200 K, 9 W), que além do baixo custo permite fácil troca. A FIGURA 6.8 apresenta a embalagem da lâmpada que permite visualizar demais dados técnicos secundários e uma ilustração da mesma.



FIGURA 6.8 - Lâmpada especificada para o projeto (LED, 9W, 6000-3200K, E27).

Fonte - O autor.

Selecionou-se a instalação da lâmpada por meio de soquete E27 junto a rabicho com tomada e botão interruptor, conforme FIGURA 6.9.



FIGURA 6.9 - Soquete E27 e rabicho com tomada e botão interruptor.

Fonte - O autor.

6.3 Fabricação do protótipo

Desenvolveu-se a fabricação de vários protótipos ao longo do processo. Cada novo protótipo permitiu a realização de testes e desenvolvimentos de melhorias. O primeiro protótipo desenvolvido foi realizado em escala reduzida (1:5), e permitiu avaliar a sistemática de montagem das peças. O protótipo número 1 se apresenta na FIGURA 6.10.

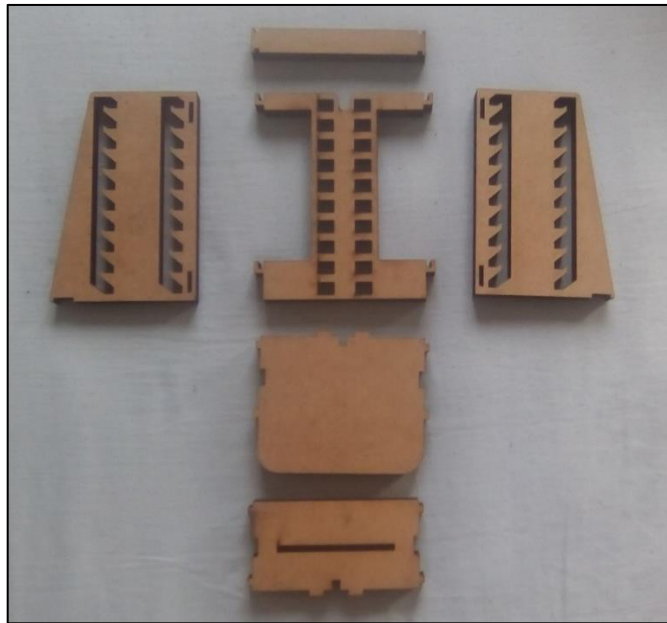


FIGURA 6.10 - Protótipo 1, desenvolvido em escala reduzida (1:5).

Fonte - O autor.

A partir de então todos os protótipos seguintes foram desenvolvidos para serem usados e testados como produtos de uso contínuo. A fabricação se deu por processo de corte de placas de MDF cru em fresa CNC, máquina apresentada na FIGURA 6.11.

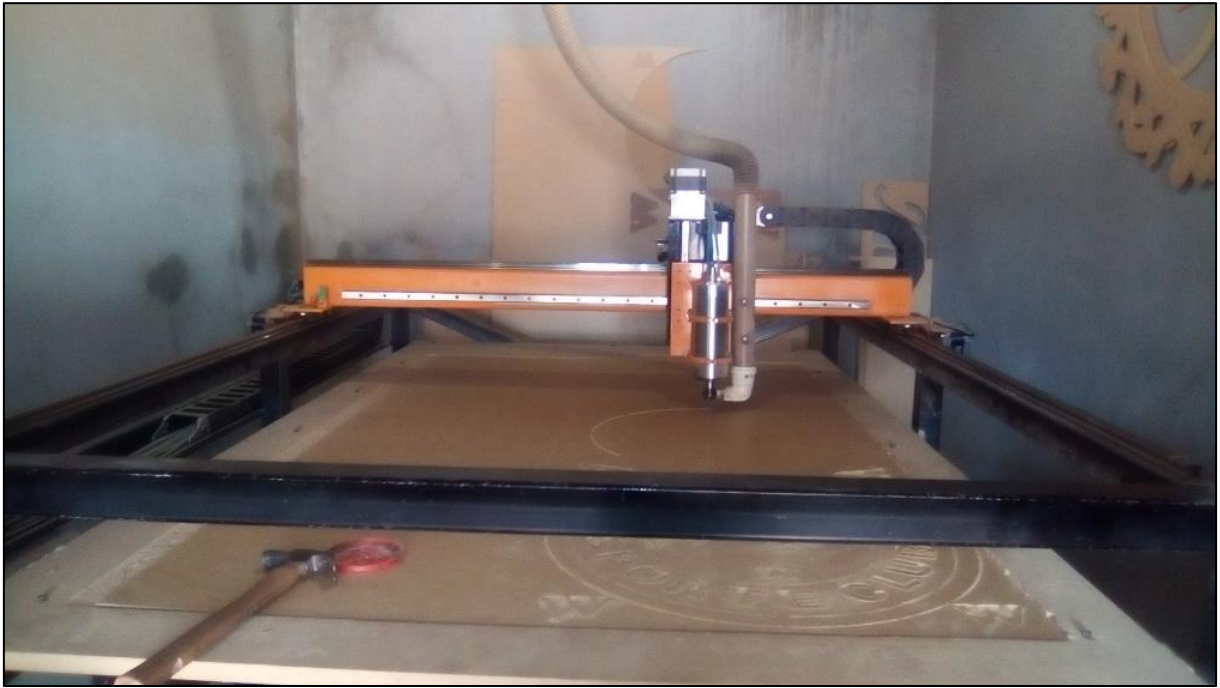


FIGURA 6.11 - Fabricação dos protótipos por meio de fresadora CNC.

Fonte - O autor.

O protótipo 2, apresentado na FIGURA 6.12, foi utilizado como protótipo prova de conceito no experimento de campo 1. Por meio do uso do mesmo permitiu-se a identificação e implementação das seguintes melhorias:

- Desenvolvimento de um novo formato do sistema de encaixe de iluminação com mais fácil encaixe;
- Inserção de furo nas paredes laterais para funcionar como suporte de fios ou fones de ouvido;
- Ajuste nas dimensões para eliminar folgas desnecessárias que deixaram o produto pouco estável.

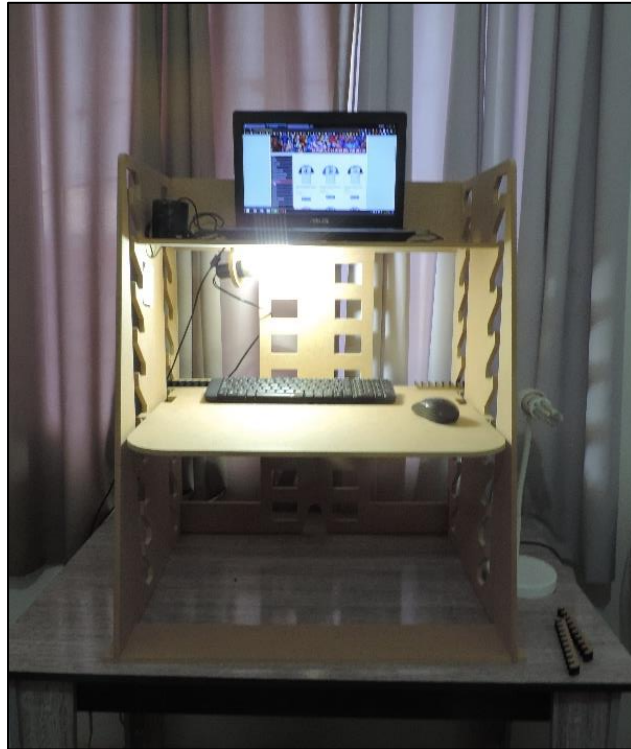


FIGURA 6.12 - Protótipo 2.

Fonte - O autor.

O protótipo número 3 (FIGURA 6.13) foi desenvolvido aplicando as melhorias identificadas no protótipo 2, e permitiu a identificação das seguintes melhorias para o próximo protótipo:

- Aumentar área de encaixe do dente na peça **parede traseira**, eliminando a função da mesma de apoiar a mesa contra o movimento de rotação que acontece quando o usuário apoia seu peso sobre a peça **mesa inferior**. Essa função exigiria um espaço de no mínimo 9 mm no apoio do dente na peça parede lateral, o que teria o problema de não estabilização, por isso decidiu-se que a peça **parede traseira** não terá essa função secundária;
- Desenvolver um gancho sobre o dente da peça **mesa superior** com a função de garantir que a flexibilidade da mesa não retire o apoio para os dentes da mesa inferior e da mesa superior;
- Melhorar o perfil do sistema de fixação de fio/fone de ouvido para melhor encaixe;
- Mudança no perfil do dente de encaixe da parede lateral, de modo a facilitar o encaixe.

- Aumento das folgas para montagem. O protótipo 2 teve as folgas reduzidas em exagero, percebeu-se grande dificuldade no processo de montagem, desse modo identificou-se a necessidade de ajuste fino para uma folga um pouco maior. Por exemplo, a folga do encaixe das peças **parede lateral** com a peça **base** foi aumentada de 0,6 para 0,9 mm;
- Modificação da posição da lâmpada e permissão de três locais para instalação da mesma;
- Gancho da peça **parede traseira** foi redesenhado para apontar para cima, facilitando o processo de montagem (é mais fácil mover a peça **parede lateral** para baixo do que para cima).



FIGURA 6.13 - Protótipo 3.

Fonte - O autor.

O protótipo 4 (FIGURA 6.14) foi utilizado e testado, sendo aprovado, tornando-se o protótipo para a prova de conceito que foi utilizado no experimento de campo 2.



FIGURA 6.14 - Protótipo 4, protótipo prova de conceito do experimento 2.

Fonte - O autor.

Ainda após o experimento 2 foram identificadas melhorias que deram origem ao protótipo 5, apresentado em FIGURA 6.15. Tais melhorias são:

- Adição de furos para passagem de alça de encaixe facilitando o transporte;
- Adição de espaço destinado a passagem de fios (para mouses e teclados externos).



FIGURA 6.15 - Protótipo 5, protótipo final do produto.

Fonte - O autor.

7 EXPERIMENTO DE CAMPO

É válido ressaltar que os experimentos realizados não tiveram como objetivo a análise clínica da postura do indivíduo e, sim, validar a funcionalidade do protótipo com relação ao atendimento dos quatro critérios propostos pela pesquisa.

7.1 Experimento 1: utilização por estudantes universitários

O protótipo foi apresentado e foram discutidos os quatro critérios aos quais o produto foi desenvolvido para atender. Doze alunos utilizaram o produto para a atividade de fazer uma busca na internet e escrever o que foi encontrado em um caderno. Os voluntários possuem o seguinte perfil:

- Estudantes de graduação (cursando Engenharia de Produção na UFMG);
- Idade entre 20 e 24 anos;
- Ambos os gêneros.

7.2 Experimento 2: utilização por profissional durante um dia de trabalho

Realizou-se experimento em campo com profissional de escritório (engenheiro mecânico) que se voluntariou para a experiência. Características do profissional:

- Estatura: 172 cm;
- Sexo: masculino;
- Idade: 30 anos;
- Turno de trabalho: das 08 às 17 horas (com intervalo de 12 às 13 horas);
- Local de trabalho: escritório com janela e iluminação no teto;
- Reclama de dores no pescoço.

O produto foi previamente montado para o usuário, que passou um dia trabalhando com o mesmo. Antes da utilização realizou-se breve orientação de como usar o produto e comunicou-se os quatro critérios objetivados no projeto do produto. Juntamente ao protótipo forneceu-se mouse ergonômico e teclado externo. Permitiu-se a livre escolha pelo usuário de usar ou não a iluminação do produto e de usar ou não a alternância entre as posturas de pé e

sentado. Costumeiramente o voluntário trabalha com iluminação no teto ligada (lâmpada fluorescente) e mantendo apenas a postura sentado.

Durante o teste realizou-se observação contínua da utilização do *laptop* e do protótipo pelo usuário. Para que o experimento fosse realizado com o mínimo de interrupção do trabalho normal e possíveis aborrecimentos, não se realizou nenhuma intervenção durante o uso. O usuário também não apresentou questionamentos durante o experimento.

Ao final do experimento realizou-se entrevista semiestruturada com o usuário. Verificou-se aceitação positiva do produto, chegando a demonstrar interesse de compra do protótipo. Os pontos destacados pelo usuário foram excelente iluminação da mesa de trabalho e excelente disposição da tela. Os pontos negativos foram o tamanho do produto, que o tornaria difícil de transportar.

8 RESULTADOS

8.1 Efeito 1: Coluna cervical alinhada

Para efeito de comparação, avaliando-se a FIGURA 8.1 (retirada ante a solicitação de realizar uma busca na internet e escrever o resultado em um caderno, em postura de trabalho habitual) e a FIGURA 8.2, evidencia-se o alinhamento da coluna cervical promovido pelo protótipo, tanto na postura de pé como na postura sentado.

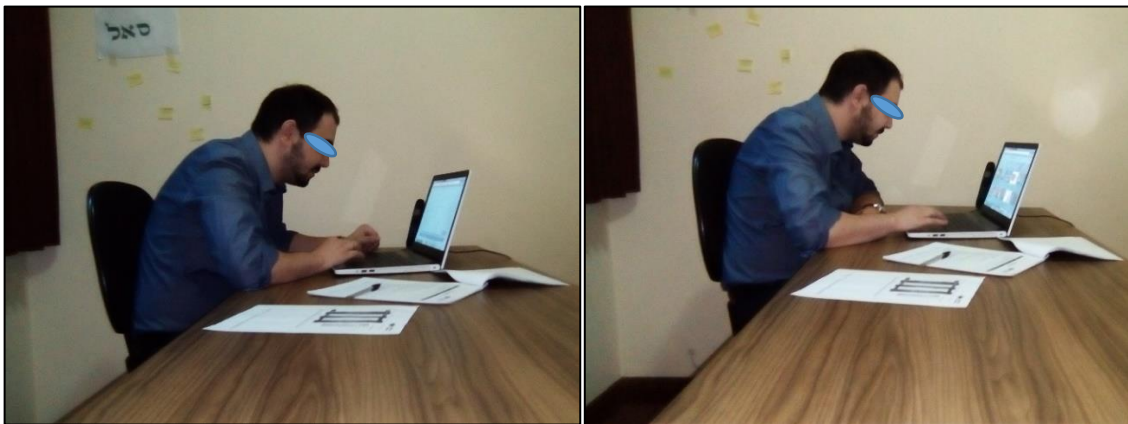


FIGURA 8.1 - Inclinação do pescoço usando o *laptop* no MUT.

Fonte - O autor.



FIGURA 8.2 - Inclinação do pescoço usando o *laptop* com o protótipo (experimento 2).

Fonte - O autor.

Ainda em momentos em que o profissional retirou a lombar do encosto da cadeira na postura sentado, a inclinação do pescoço foi mantida inferior a 30°, conforme FIGURA 8.3.

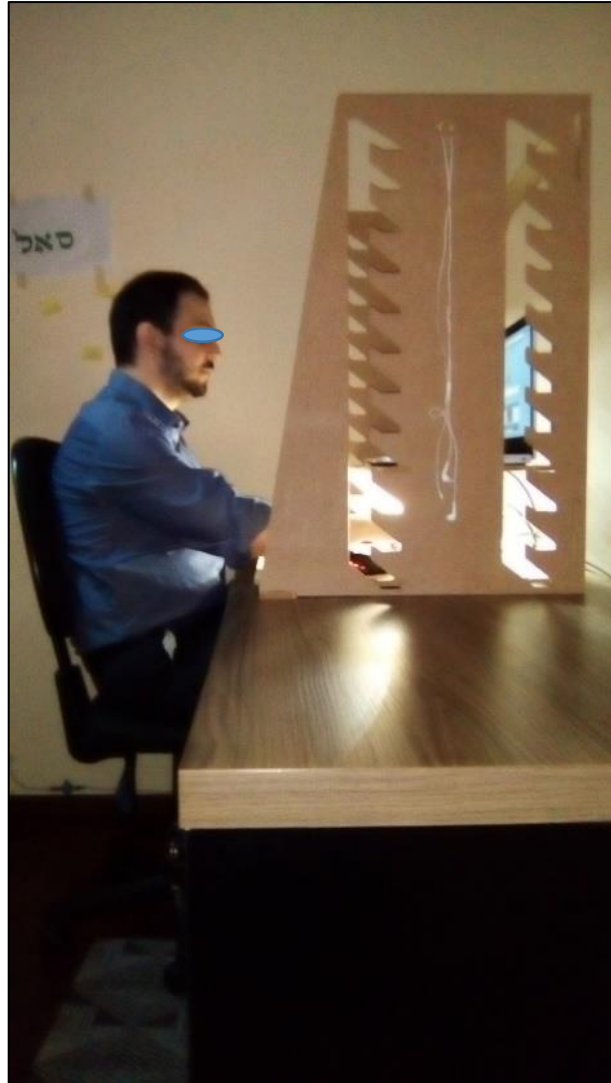


FIGURA 8.3 - Inclinação do pescoço assumindo a postura sentada com lombar não apoiada no encosto da cadeira.

Fonte - O autor.

Uma limitação do projeto é a não solução da inclinação superior a 30° para a atividade de escrever, tal atividade continua a requerer a inclinação usual requerida em uma mesa padrão, conforme FIGURA 8.4.

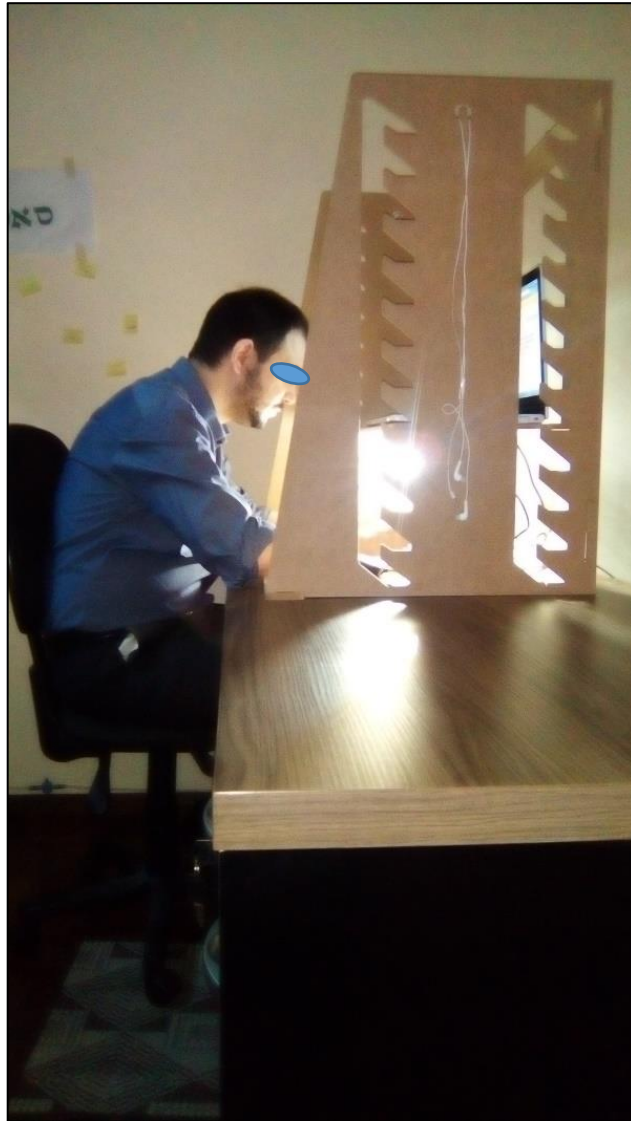


FIGURA 8.4 – Postura realizando a atividade de escrever.

Fonte - O autor.

O usuário manteve o pescoço alinhado a coluna na maior parte do tempo, contudo, em alguns momentos em que a atividade de escrever foi interrompida para olhar o monitor, o profissional assumiu uma postura de retirar a lombar do encosto da cadeira e projetar a cabeça à frente da linha dos ombros, mantendo a inclinação do pescoço excessiva (FIGURA 8.5).



FIGURA 8.5 - Inclinação excessiva do pescoço ao olhar a tela após escrever sobre o caderno (experimento 2).

Fonte - O autor.

8.2 Efeito 2: Coluna sem torção e punhos apoiados

O protótipo permitiu posicionar teclado e caderno a frente do usuário, não se exigindo torção da coluna para a atividade de digitar ou escrever (ver FIGURA 8.6). O espaço disponível mostrou-se suficiente, não ocorrendo sobreposição de objetos (ver FIGURA 8.7). A torção evidenciada em atividades com papéis no MUT é apresentada na (FIGURA 8.8).

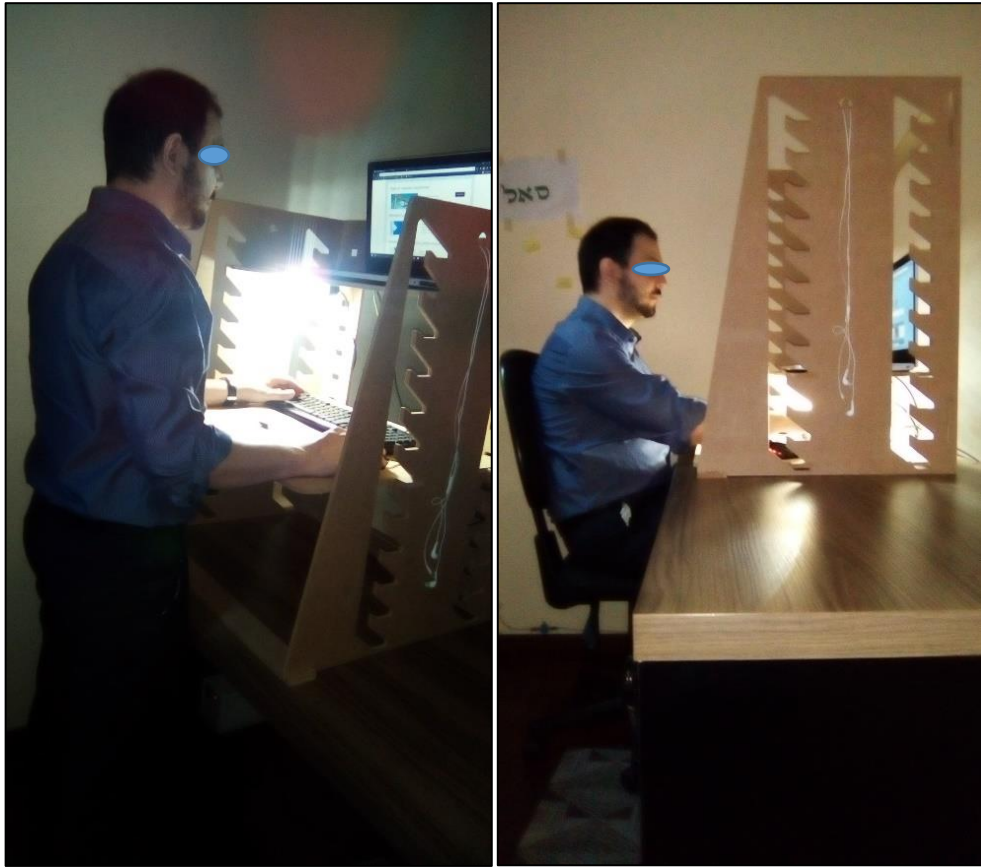


FIGURA 8.6 - Postura assumida com alinhamento coluna (não torção) de pé ou sentado.

Fonte - O autor.

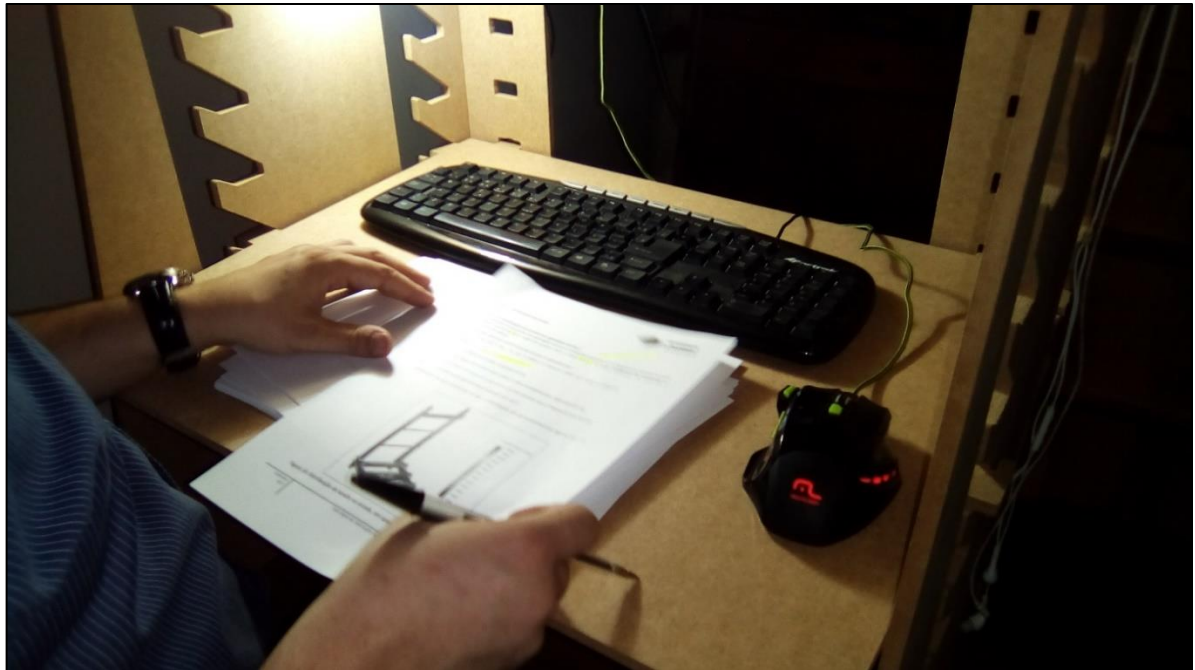


FIGURA 8.7 - Distribuição de objetos sobre a mesa.

Fonte - O autor.

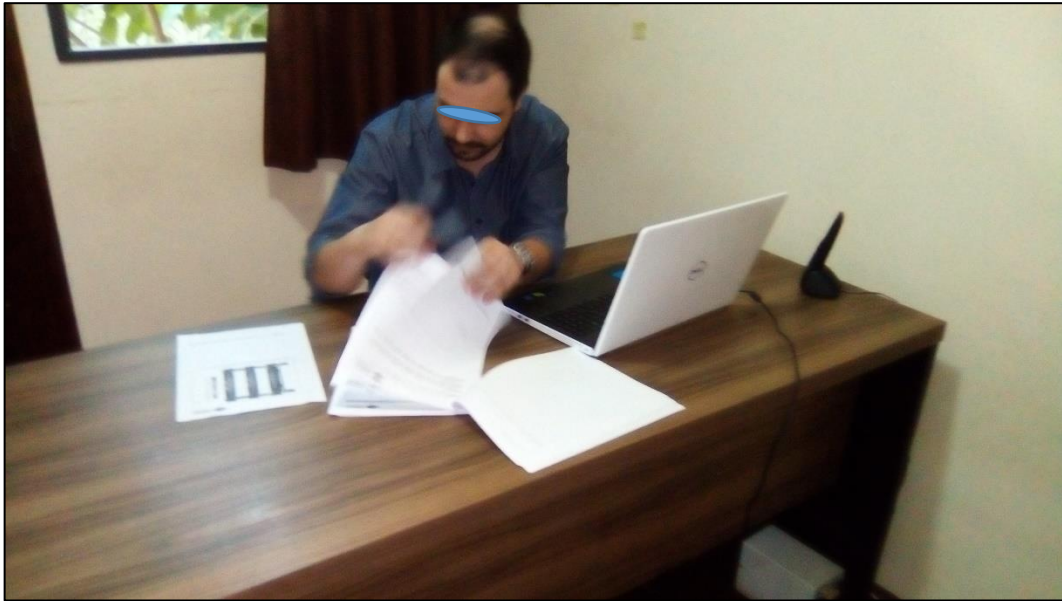


FIGURA 8.8 - Esforço de torção na coluna identificado no MUT.

Fonte - O autor.

Contudo, o produto permitir a utilização sem torção da coluna não garante que o usuário irá manter o alinhamento postural, evidenciou-se no experimento 2 que, por diversos momentos, o usuário 2 apoiou o seu peso sobre somente uma das pernas, assumindo uma postura de torção da coluna, conforme FIGURA 8.9.

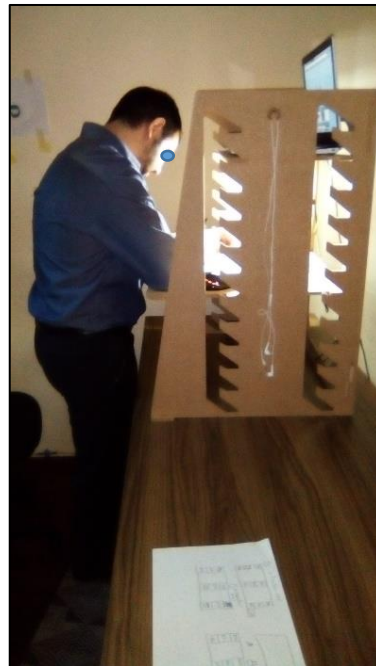


FIGURA 8.9 - Postura com coluna em torção.

Fonte - O autor.

O produto também permite a regulagem da mesa inferior, de forma que o usuário sempre pode manter os punhos apoiados (e não sobreextendidos), mesmo assim, identificou-se momentos em que o indivíduo ergue os punhos, conforme FIGURA 8.10.



FIGURA 8.10 - Estudante ergueu os punhos durante digitação (experimento 1).

Fonte - O autor.

8.3 Efeito 3: Alternância de posturas sentado e de pé

O experimento 1 promoveu a utilização do produto por estudantes com diferentes perfis antropométricos, percebeu-se que o protótipo permite a fácil alternância de postura desde a estudante de menor estatura (155 cm) ao estudante de maior estatura (195 cm), conforme FIGURA 8.11 até a FIGURA 8.16.

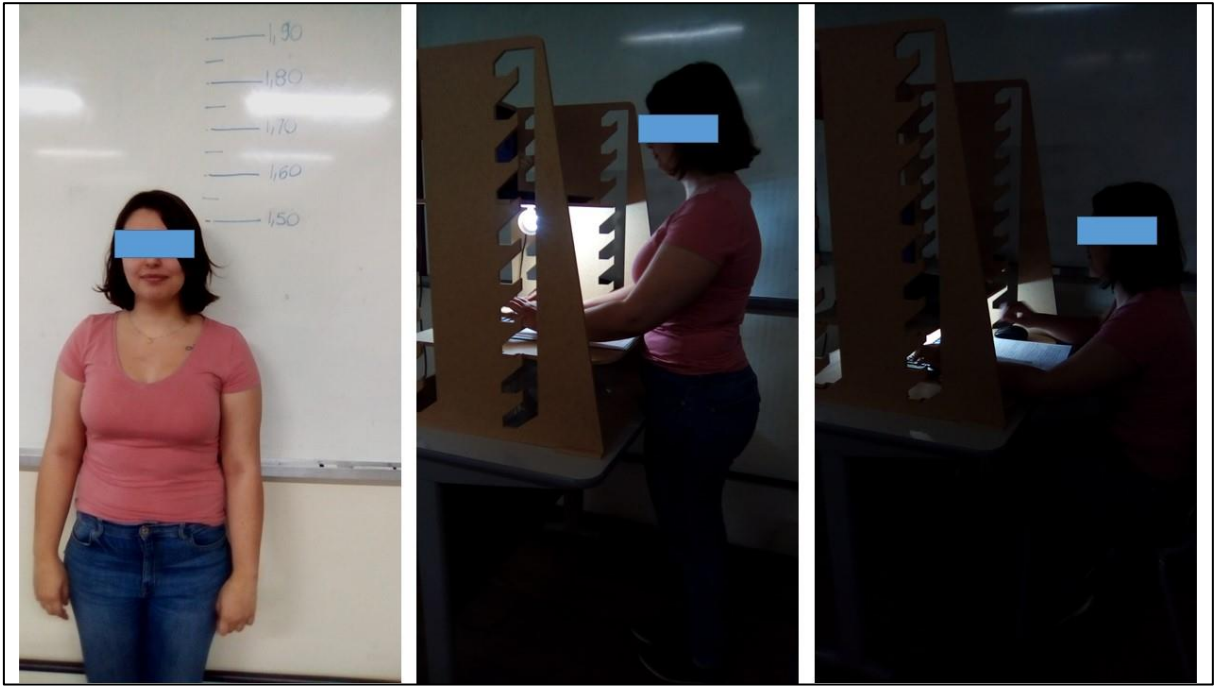


FIGURA 8.11 - Teste com estudante de estatura 155 cm.

Fonte - O autor.

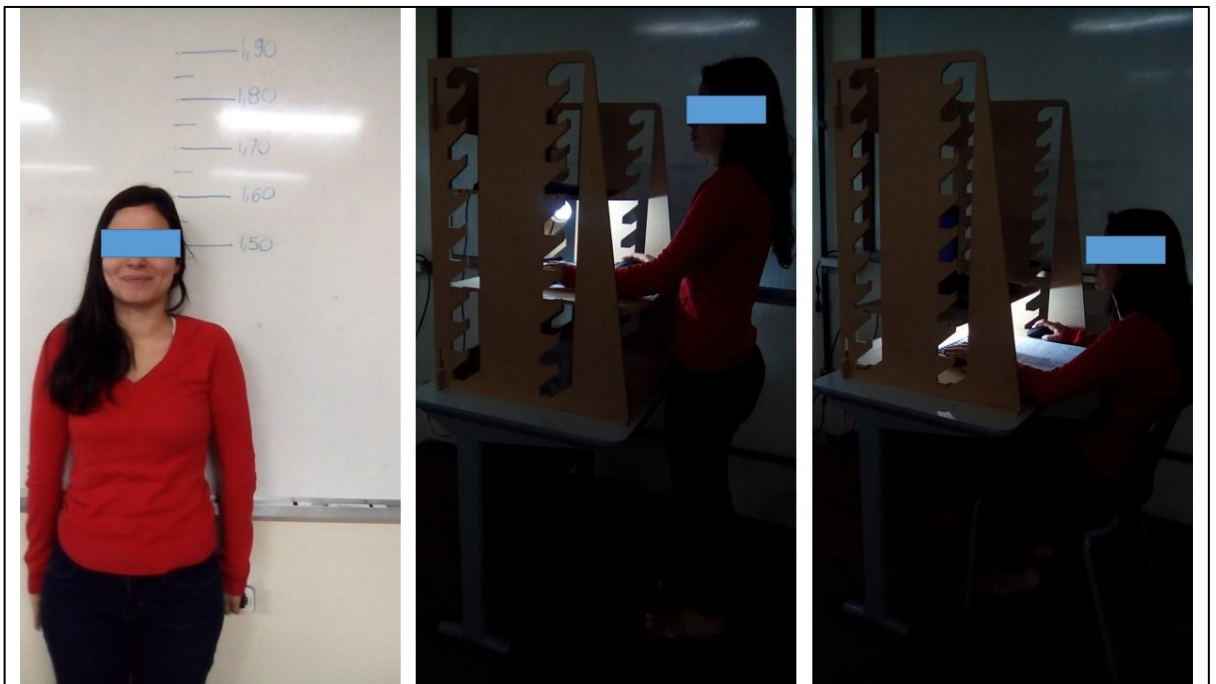


FIGURA 8.12 - Teste com estudante de estatura 162 cm.

Fonte - O autor.

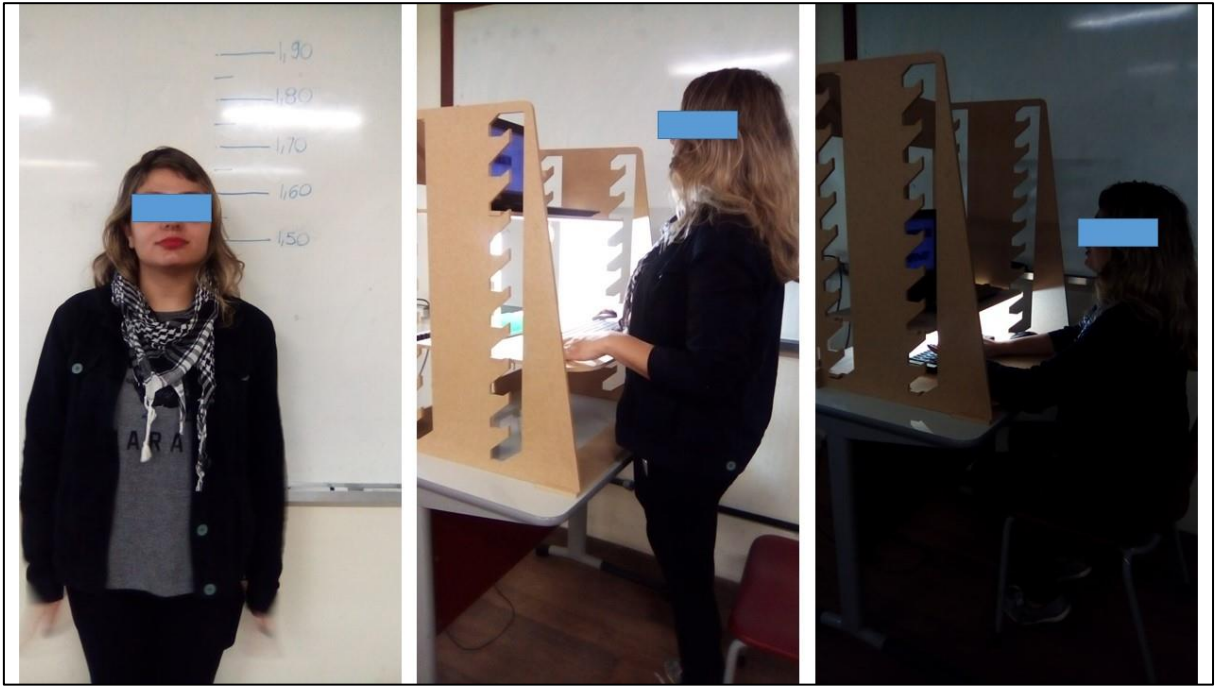


FIGURA 8.13 - Teste com estudante de estatura 169 cm.

Fonte - O autor.

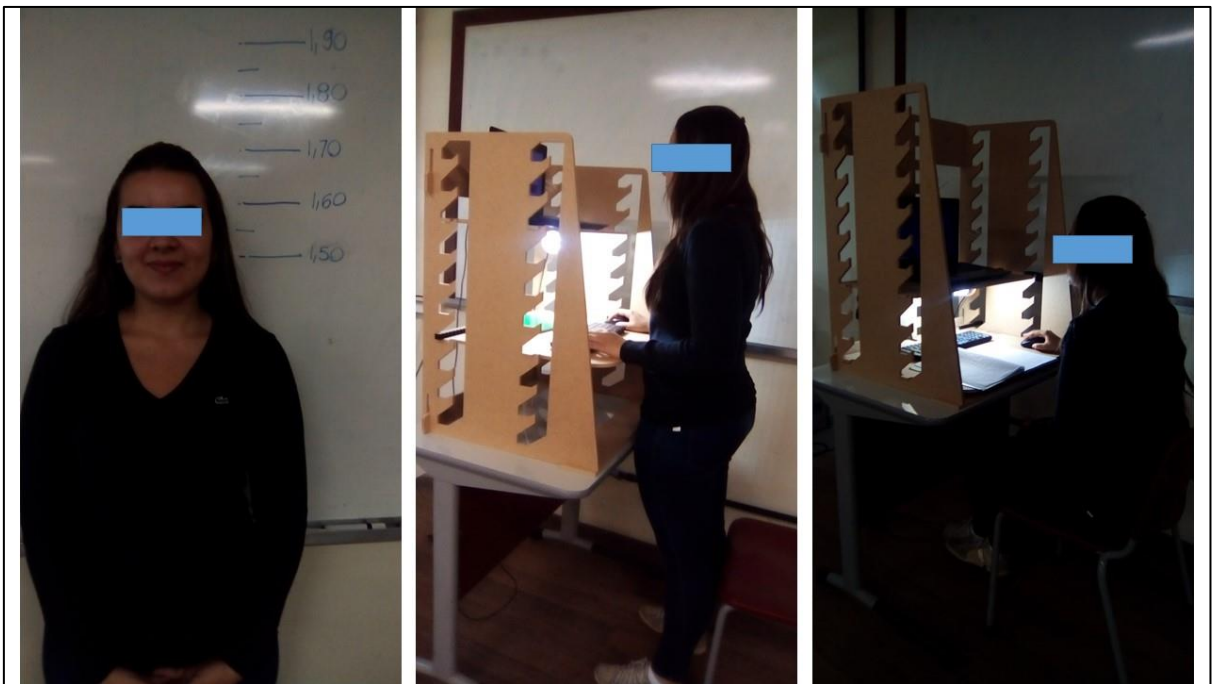


FIGURA 8.14 - Teste com estudante de estatura 170 cm.

Fonte - O autor.

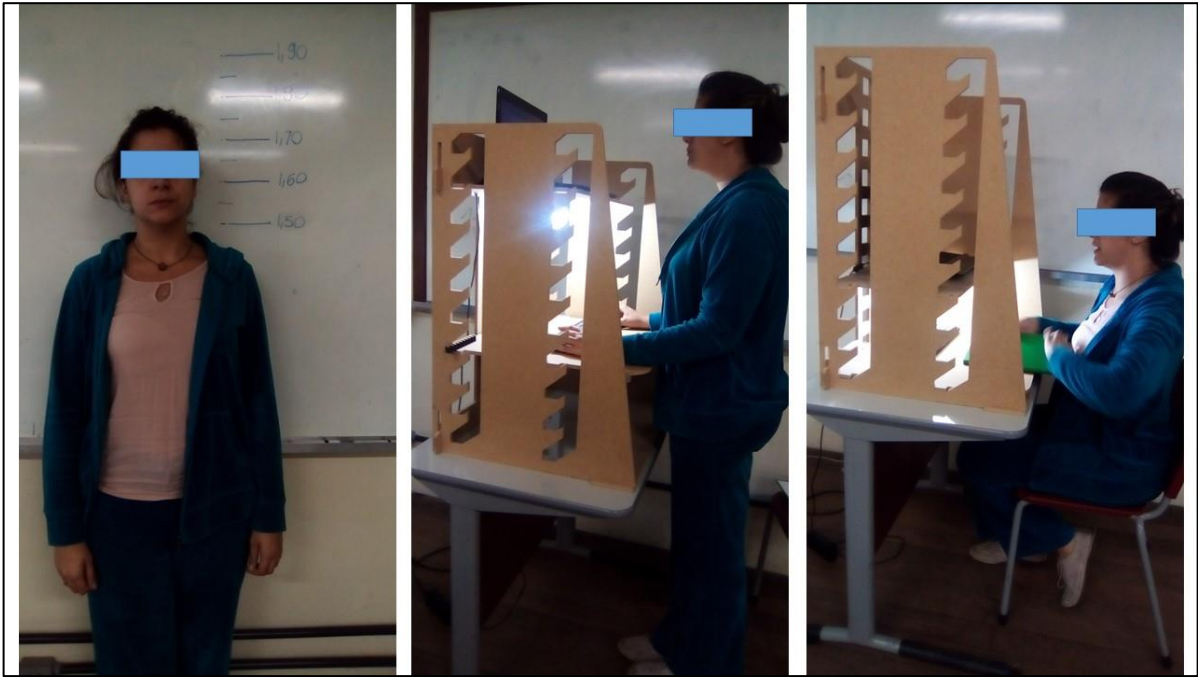


FIGURA 8.15 - Teste com estudante de estatura 177 cm.

Fonte - O autor.

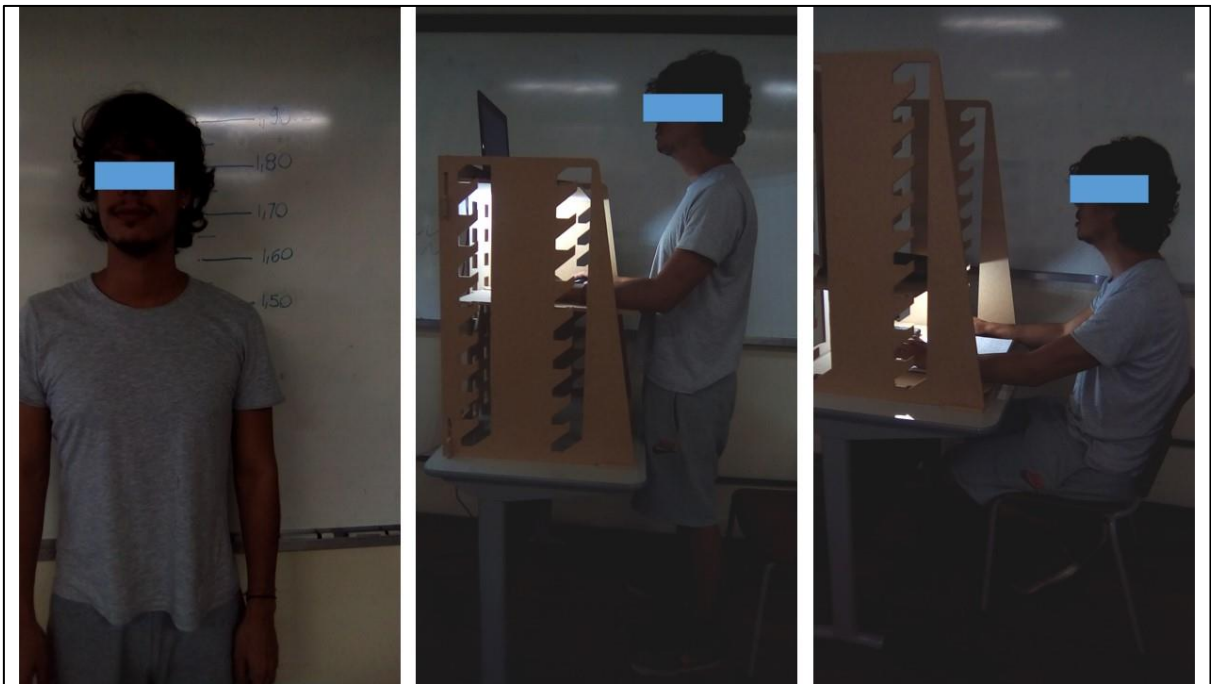


FIGURA 8.16 - Teste com estudante de estatura 195 cm.

Fonte - O autor.

8.4 Efeito 4: Iluminação sem ofuscamento ou reflexão

Ambos os experimentos permitiram visualizar que o protótipo proporciona plena iluminação da área de trabalho (teclado, mouse e livros) e não ofuscamento aos olhos do usuário (incidência de luz sobre os olhos) ou reflexão na tela (incidência de luz sobre o *laptop*), isso é evidenciado pela FIGURA 8.17.



FIGURA 8.17 - Incidência de luz somente na mesa de trabalho (experimento 2).

Fonte - O autor.

Em entrevista com o voluntário do experimento 2, o mesmo relatou que a iluminação de maior intensidade é o maior benefício do produto. Durante o experimento observou-se que o profissional optou por usar a iluminação focada 100% do tempo de trabalho e deixar apagada a lâmpada presente no teto (lâmpada que usualmente permanecia acesa). Contudo, houveram vezes em que o voluntário do experimento abaixou a cabeça de tal modo a tanto curvar a coluna em limite superior a 30° e ocasionar incidência de luz direta sobre os olhos, conforme FIGURA 8.18.

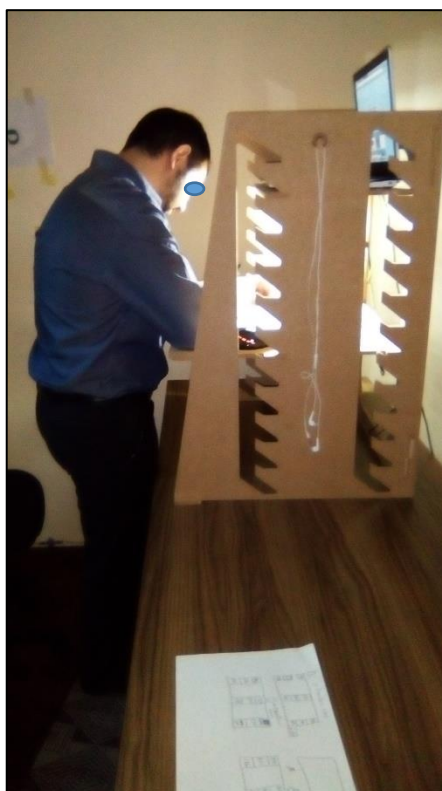


FIGURA 8.18 – Curvatura pescoço e incidência de luz sobre os olhos do usuário durante escrita (experimento 2).

Fonte - O autor.

A medição de luminosidade no experimento 2 indicou valor de 1.611 Lux no centro da mesa de trabalho (FIGURA 8.19), o que corresponde atendimento ao critério para o sistema de iluminação.

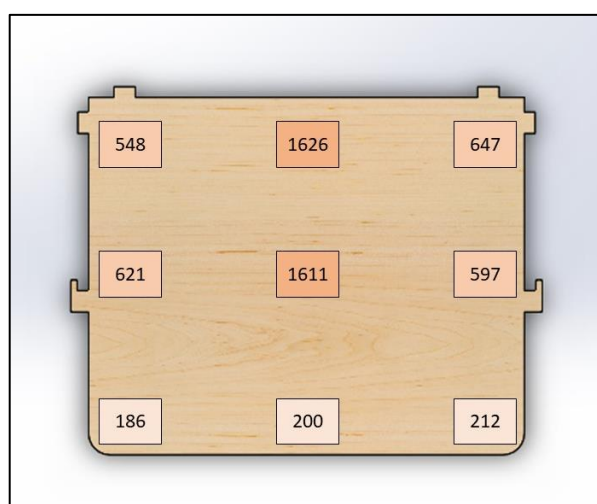


FIGURA 8.19 - Medição da Iluminância (Lux) sob a mesa de trabalho (experimento 2), luz do escritório apagada e lâmpada na posição central.

Fonte - O autor.

9 CONCLUSÕES

Evidenciou-se que não existe postura adequada para usar o *laptop* sem o intermédio de um produto adicional. O fato de ser um aparelho que pode gerar danos à saúde do usuário está relacionado aos aspectos construtivos do *laptop*, que limitam a adaptação ao usuário por ter a tela acoplada ao teclado. Portanto, a utilização de produtos adicionais é necessária para permitir a utilização do *laptop* em uma postura saudável. Porém, quando analisamos os produtos disponíveis no mercado, nenhum deles atendeu aos quatro critérios identificados durante a pesquisa, embora verifique-se grande melhora em relação a usar o *laptop* sem nenhum produto adicional.

A pesquisa atingiu o objetivo de identificar os critérios para que um produto permita a utilização adequada do *laptop* e promoveu um protótipo que validou os critérios estabelecidos. As limitações do experimento não permitem obter conclusões sobre o impacto do uso do protótipo sobre as dores no pescoço relatadas pelo voluntário do experimento 2.

Ainda que a linha da presente pesquisa tenha se baseado na premissa de que o bom projeto de produto deve promover o mínimo de orientação para o usuário, percebeu-se que o indivíduo emprega o produto de modo diverso ao esperado em vários momentos. Isso sugere que, ainda que a prescrição ao usuário do modo de uso não deva ser o foco de um projetista de produto, a orientação do usuário e a educação do mesmo são fundamentais e não devem ser negligenciadas. Nesse caso, a educação consiste na conscientização sobre os males ao adotar uma postura não saudável.

A ergonomia, assim como qualquer outra atividade presente em um ambiente capitalista, só será plenamente adotada se for capaz de comprovar que é economicamente viável, isso é, permitir uma relação custo-benefício favorável. O benefício gerado é de altíssimo valor, dado que impacta diretamente na eficácia do processo de estudo/trabalho. O projeto desenvolvido atingiu o objetivo de ser simples e com o custo baixo (R\$150,00). A compreensão relativa de que o custo é baixo deriva comparação ao custo do computador utilizado. Além disso, os benefícios a saúde (eliminação do risco de doenças) promovidos pelo produto são benefícios prioritários ao ser humano.

10 TRABALHOS FUTUROS

A presente pesquisa não teve como objetivo realizar a análise clínica da postura do indivíduo ao usar o produto, tal análise clínica pode ser realizada como meio de investigar a eficácia do produto proposto ante a redução de dores e desconforto musculoesqueléticos.

Além da persona adulto usuário de *laptop*, sobretudo os universitários e os profissionais do conhecimento, novas pesquisas podem avaliar e propor soluções da utilização do *laptop* focando em grupos alternativos, como crianças e idosos.

O produto obtido pode ter aplicações em diferentes atividades além da atividade de usar o *laptop*, como para o uso do *desktop* e ainda outras atividades, posteriores pesquisas podem realizar essa avaliação.

Pesquisas posteriores podem propor novos produtos ante aos critérios de projeto estabelecidos, inclusive, podem-se acrescentar novos critérios para promover produtos com ainda mais benefícios, a exemplo do critério de não inclinação excessiva do pescoço em atividades de escrita, o que sugere a utilização de mesas inclinadas.

ABSTRACT

The laptop (personal computer) is the main tool of work and study in the present knowledge age, however, it causes a series of ergonomic damages to the user due to the absence of an adequate posture that allows to use them continuously. Through a research methodology guided by four sequential phases determined according to the good practices of PDP (Product Development Process), it was identified which are the design criteria that must be respected so that a product enables the use of the laptop properly. Four design criteria were demonstrated, a prototype was designed and built, and finally, the effectiveness of the criteria was validated through an experiment that observed individuals using the laptop together with the prototype. It was concluded that the development of products that have a high impact on the user's posture is an interdisciplinary activity that should consider the individual's body biomechanics, the user's postural education and ergonomic observations that show the real mode of use of the product.

Keywords: Ergonomic Product Development; Product laptop-itis; Product Workstation; Sit-Stand Desk..

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABERGO. www.abergo.org.br. **Abergo (Associação Brasileira de Ergonomia)**, 01 Julho 2016. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia>.
2. ABNT. **NBR 5461 - Iluminação**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1991.
3. ABNT. **NBR 5413 - Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro - RJ: [s.n.], 1992.
4. ABRANTES, J. A Ergonomia Cognitiva e as Inteligências Múltiplas. **VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 21 Outubro 2011.
5. ABRANTES, J. Ergonomia Cognitiva e as Inteligências múltiplas. **VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Resende/RJ, UERJ.**, 2011.
6. ADKINS ACADEMY. [nclex-rn](http://www.adkinsacademy.com/nclex-rn), 2016. Disponível em: <<http://www.adkinsacademy.com/nclex-rn>>. Acesso em: 01 Julho 2016.
7. ALABI, L. E. **A Era Pós-Industrial, a Sociedade do Conhecimento e a Educação para o Pensar**. [S.l.]: Editora Saraiva, 2008.
8. ALBIN, T. **Comfortable Portable Computing: The Ergonomic Equation**. [S.l.]. 2008.
9. ALEX ANTONÂNGELO CORRÊA GOMES, F. K. A. Y. R. A. M. F. F. D. S. M. R. C. M. Estudo sobre as condições de iluminação de salas de aula. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, Julho 2013. Volume 9, Número 1.
10. ALKHAJAH, T. A. et al. Sit–Stand Workstations: A Pilot Intervention to Reduce Office Sitting Time. **American Journal of Preventive Medicine**, September 2012. 298–303.
11. AMAZON.COM. Sit-Stand Desk. **Amazon.com**, 01 Julho 2017. Disponível em: <https://www.amazon.com/s/ref=nb_sb_noss_2?url=search-alias%3Delectronics&field-keywords=Sit-Stand+Desk>.
12. ANDERSEN, J. H.; HAAHR, J. P.; FROST, P. Risk factors for more severe regional musculoskeletal symptoms: A two-year prospective study of a general working population. **Arthritis & Rheumatism**, 28 March 2007. 1355–1364.
13. ARIËNS, G. A. M. et al. Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Results of a prospective cohort study. **Occupational Environment Medicine**, v. 58, p. 200-207, 3 November 2000.
14. ASSUNÇÃO, A. Á. A Cadeirologia e o Mito da. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 29 (110), p. 41-55, 2004.

15. ASUNDI, K. et al. Changes in posture through the use of simple inclines with notebook computers placed on a standard desk. **Applied Ergonomics**, 11 June 2011. 400-407.
16. ASYS. Up Table. **Asys**, 01 Julho 2017. Disponível em: <<http://asys.com.br/po/produtos/up-table-4/>>.
17. BERALA, V. et al. Malignant Melanoma And Exposure To Fluorescent Lighting At Work. **The Lancet**, v. 2, n. 8293, p. 290–293, 1982.
18. BHARAKHADA, N. et al. Association of Sitting Time and Physical Activity With CKD: A Cross-sectional Study in Family Practices. **American Journal of Kidney Diseases**, 19 June 2012. 583–590.
19. BINDER, A. I. Cervical spondylosis and neck pain. **BMJ**, 10 March 2007. 527–531.
20. BROWN, D. G.; PETITTO, K. R. The status of ubiquitous computing. **Educase Review**, v. 38, p. 25-33, 2003.
21. BUDYNAS, R. G. **Shigley's Mechanical Engineering Design**. New York: McGraw-Hill. 9 edição, 2008.
22. CAROLE A. FORRESTER, S. H. The ergonomics of notebook computers: problems or just progress? **Journal of Occupational Health and Safety**, v. 11, n. 5, 1995.
23. CASTELLUCCI, I.; BENITEZ, L. Z. Postura, desconfort y productividad durante la ejecución de tareas de mecanografía en computadores personales portátiles tipo netbook, con y sin modificaciones ergonómicas. **Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales (ORP'2011)**, Noviembre 2011.
24. CHAFFIN, D. B. Localized Muscle Fatigue - Definition and Measurement. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, March 1973. 346-354.
25. CHANG, C. et al. Where and how college students use their laptop computers. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 52nd Annual Meeting**, p. 629-633, 2008.
26. CHAPANIS, A. **Handbook of industrial–organizational psychology**. Chicago: Rand McNally (pp. 697–744): Engineering psychology. In M. Dunnette (Ed.), 1975.
27. CHELLAPPA, S. L. et al. Non-visual Effects Of Light On Melatonin, Alertness And Cognitive Performance: Can Blue-enriched Light Keep Us Alert? **Plos One**, v. 6, n. 1, p. E16429, 2011.
28. CORRÊA, V. M.; BOLETTI, R. R. **Ergonomia: Fundamentos e Aplicações**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

29. COSTA, J. M. D. Ciclo Circadiano: Entenda e Respeite Como Seu Corpo Funciona Ao Longo do Dia, 12 de setembro de 2016. Disponível em: <<http://nutricaoaccessivel.blogspot.com.br/2016/09/ciclo-circadiano-entenda-e-respeite.html>>. Acesso em: 1 Julho 2017.
30. COSTA, L.; XAVIER, A. A. D. P. Análise da relação entre a postura de trabalho e a incidência de dores nos ombros e no pescoço numa empresa de desenvolvimento e implantação de sistemas de GED. **XXVI ENEGEP**, 90 a 11 Outubro 2006.
31. COUTO, H. D. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho**: conteúdo básico: guia prático. Belo Horizonte: ERGO, 2007.
32. DAINOFF, M. J. The Effect of Ergonomic Worktools on Productivity In Today's Automated Workstation Design. **Center For Ergonomic Research, Miami University.**, 2002.
33. DANIELA. Come scrivere un'email di lavoro in inglese, 2011. Disponível em: <<http://www.kaplaninternational.com/it/blog/come-scrivere-un-email-di-lavoro-in-inglese/>>. Acesso em: 01 Julho 2016.
34. DYM, C. L.; LITTLE, P. **Engineering Design**: A Project Based Introduction. Hoboken: Wiley, 2003.
35. DYM, C. L.; LITTLE, P.; ORWIN, E. J. **Engineering design**: a project-based introduction. [S.l.]: Harvey Mudd College, 2013.
36. EKTA CHAVDA, S. P. M. P. Current practice of laptop computer and related health problems: A survey based on ergonomics. **International Journal of Medical Science and Public Health**, p. 1024-1026, 2013.
37. EMED. The Spinal Connection: Scoliosis Explained, 2016. Disponível em: <<http://www.emed.com.au/the-spinal-connection-scoliosis-explained/>>. Acesso em: 01 Julho 2016.
38. FAGARASANU, M.; KUMAR, S.; NARAYAN, Y. The training effect on typing on two alternative keyboards. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 19 August 2004. 509–516.
39. FARAG, M. M. **Materials and Process Selection for Engineering Design**. 3^a. ed. Boca Raton: CRC Press , 2013.
40. FERREIRA, A. G. et al. Design For Sustainability: Innovation Opportunities To Laptop Stand Products. **9º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação**, 01 Agosto 2017.

41. FIGUEIRA, S. Diagnóstico Diferencial das Cervicalgias. In: KOHN, K. **Coluna Vertebral**. São Paulo: Etcetera editora, 2014. p. 41-76.
42. FIGUEIRO, M. G. et al. Daylight And Productivity - a Possible Link To Circadian Regulation. **Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute**, 2009.
43. FILHO, J. J. B. **Antropometria Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Desenho Industrial**. 1ª. ed. São Paulo: Estação das letras e cores, 2008.
44. FRANZ, L. A. D. S.; GUIMARÃES, I. G.; AREZES, P. M. F. M. A case study about laptop using and ergonomic implications in a Brazilian university. **SIMPEP 2011**, 7 Novembro 2011.
45. FREIRE, M. Lombalgia e Lombociatagia. In: KOHN, K. **Coluna Vertebral**. São Paulo: etcetera, 2004. p. 77-94.
46. GARCIA, M. Papo de homem. **papodehomem.com.br**, 18 Fevereiro 2008. Disponível em: <<http://papodehomem.com.br/hrnia-de-disco-como-tratar-2/>>.
47. GEORGEEMAIL, E. S.; ROSENKRANZ, R. R.; KOLT, G. S. Chronic disease and sitting time in middle-aged Australian males: findings from the 45 and Up Study. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, 8 February 2013.
48. GOULART, R.; MARONA, M. V. **A Interferência Emocional na Aprendizagem**. [S.l.]: [s.n.], 2014.
49. GRANDJEAN, E. **Ergonomics In Computerized Offices**. London: Taylor & Francis, 1987.
50. GRIFFIN, T. The Adaptive Laptop. **Industrial Design Program - The University of Calgary**, October 2001.
51. GUASTELLO, S. J. **Human Factors Engineering And Ergonomics**. 2ª. ed. [S.l.]: CRC Press, 2014.
52. GUIA-DO-ESTUDANTE. guiadoestudante.abril.com.br. **Guia do estudante**, 02 Fevereiro 2016. Disponível em: <<http://guiadoestudante.abril.com.br/vestibular-enem/usp-abre-sistema-reescolha-vagas-vestibular-2016-939404.shtml>>.
53. HARIQBAL SINGH, P. S. **Atlas of Human Anatomy on MRI Spine Extremities Joints**. 1ª. ed. New Delhi: Jaypee Brothers medical publisher, 2011.
54. HEDGE, A.; RAY, E. J. Effects of an electric height-adjustable worksurface on self-assessed musculoskeletal discomfort and productivity in computer workers. **Proceedings**

- of the **Human Factors and Ergonomics Society 48th Annual Meeting**, p. 1091-1095, 2014.
55. HELEEN H. HAMBERG-VAN REENENABC, A. J. V. D. B. B. M. B. M. P. V. D. G. W. V. M. P. M. B. Does musculoskeletal discomfort at work predict future musculoskeletal pain? **Ergonomics**, 23 April 2008. 637-648.
56. HELOISA, W.; FERREIRA, R. Escolioses e alterações posturais. In: KOHN, K. **Coluna Vertebral**. São Paulo: etcetera editora, 2004. p. 165-190.
57. HOPKINSON, R.; COLLINS, J. The ergonomics of lighting. **London: McDonald**, 1970.
58. HUSEMANN, B. et al. Comparisons of Musculoskeletal Complaints and Data Entry Between a Sitting and a Sit-Stand Workstation Paradigm. **Hum Factors**, p. 310-320, 2009.
59. IIDA, I. **Ergonomia Projeto e Produção**. 2ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
60. INCA. Pele Melanoma, 2013. Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/tiposdecancer/site/home/pele_melanoma/definicao>. Acesso em: 07 Julho 2016.
61. IVERGARD, T.; HUNT, B. **Handbook of Control Room Design and Ergonomics - A Perspective for the Future**. 2ª. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008.
62. JENNIFER A. VEITCH, S. L. M. A Critical Examination of Perceptual and Cognitive Effects Attributed to Full-spectrum Fluorescent Lighting. **Ergonomics**, v. 44, p. 255-279, 2001.
63. JOHNSON, L. **Teaching Outside the Box: How to Grab Your Students By Their Brains**. 2ª. ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2011.
64. JULIANI, A. D. P. **Projeto e Construção de um Motor Elétrico Linear Aplicado à Bioengenharia**. São Carlos: Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, 2011.
65. JUNIO, J. F. V. et al. Disfunções posturais no uso dos laptops relacionado à sintomatologia dolorosa sobre a coluna vertebral. **Saúde (Santa Maria)**, Julho 2015. 261-270.
66. JUNIO, J. F. V. et al. Tecnologia X Saúde: Estudo Sobre A Ocorrência De Lesões Musculoesqueléticas Em Universitários Usuários De Notebooks. **Saúde e pesquisa**, v. 8, n. 1, p. 63-70, 2015.

67. KARAKOLIS, T.; CALLAGHAN, J. P. The impact of sit-stand office workstations on worker discomfort and productivity: A review. **Applied Ergonomics**, 19 November 2011. 799-806.
68. KARWOWSKI, W.; SOARES, M. M.; STANTON, N. A. **Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design**. [S.l.]: CRC Press, 2011.
69. KATZ, N. Students: "Laptop-itis" Can Cause "Debilitating Physical Problems," Says UNC Doctor. **CBS News**, 2010. Disponível em: <<https://www.cbsnews.com/news/students-laptop-itis-can-cause-debilitating-physical-problems-says-unc-doctor/>>. Acesso em: 01 Julho 2017.
70. KHUIZEN, B. Ergo T340. **bakkerelkhuizen**, 01 Julho 2017. Disponível em: <<https://www.bakkerelkhuizen.com/notebook-stands/ergo-t-340/>>.
71. KIRA TARAPANOFF. **Inteligência, informação e conhecimento em corporações**. Brasília: IBICT, UNESCO, 2006.
72. KOVALECHEN, M. T. B. A iluminação enquanto fator de alteração do desempenho no trabalho em ambientes corporativos. **Revista Speacalize online**, Maio 2012.
73. KROEMER, K. H. E. Cumulative trauma disorders, their recognition and ergonomics measures to avoid them. **Applied Ergonomics**, 20 Abril 1989. 274-280.
74. KULLER, R.; LAIKE, T. The impact of flicker from fluorescent lighting on wellbeing, performance and physiological arousal. **Ergonomics**, v. 41, n. 4, p. 433-447, 1998.
75. KÜLLER, R.; WETTERBERG, L. Melatonin, cortisol, EEG, ECG and subjective comfort in healthy humans: impact of two fluorescent lamp types at two light intensities. **Lighting Research and Technology**, 1993.
76. LARSON, M. Worklife quality: Light your way to better quality. **Quality**, 1998.
77. LEISERSON, D. R. Cervico-cefaleas: Diagnóstico y tratamiento. **Intra Med Journal**, v. 2, n. 2, p. 1-8, 2013.
78. LINDEN, J. C. D. S. V. D. **Identificação Dos Itens De Demanda Ergonômica Em Escritório Informatizado**. Porto Alegre: Programa De Pós-Graduação Em Engenharia De Produção, 1999.
79. LNA - LABORATÓRIO NACIONAL DE ASTROFÍSICA. Aprendendo mais sobre a Poluição Luminosa, 2012. Disponível em: <<http://www.lna.br/lp/definicao.html>>. Acesso em: 2016 Julho 01.
80. LOURENÇO COSTA, A. A. D. P. X. Análise da relação entre a postura de trabalho e a incidência de dores ombros e no pescoço numa empresa de desenvolvimento e

- implantação de sistemas de GED. **Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP**, 9 a 11 Outubro 2006.
81. LUIZ CARLOS FELISBERTO, L. C. P. Dimensionamento Preliminar de Postos de Trabalho e Produtos, Modelos Antropométricos Em Escala. **4o Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**, 2000.
 82. MAGNANI, M.; HEBERLÊ, A. L. O. **Introdução à gestão do conhecimento**. Pelotas: Embrapa, 2010.
 83. MANAV, B. An experimental study on the appraisal of the visual environment at offices in relation to colour. **Building and Environment. Elsevier.**, v. 42, n. 2, p. 979-983, 2007.
 84. MARIANA G. FIGUEIRO, M. S. R. A. C. R. Daylight and productivity – a possible link to circadian regulation. **5th Lighting Research Office Lighting Research Symposium**, 2002.
 85. MCCREERY, J.; HILL, T. Illuminating the Classroom Environment. **School Planning & Management**, 2005.
 86. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Portaria Interministerial número 1.007, de 31 de Dezembro De 2010**. Brasília/Brasi. 2010.
 87. MISHRA, S.; KIRAN, U. V. Posture Discomfort due to Laptops among College going Students. **International Journal of Humanities and Social Science Invention**, v. 2, p. 14-16, June 2013.
 88. MORAES, A. D.; MONT'ALVÃO, C. R. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: 2AB, 1998.
 89. MORAS, R.; GAMARRA, T. A survey of ergonomic issues associated with a university laptop program. **Journal of Education and Human Development**, v. 1, n. 2, 2007.
 90. MORRIS, R. **The Fundamentals of Product Design**. Singapore: AVA Publishing SA, 2009.
 91. MTPS. **NR17 - Ergonomia**. Portaria GM n.º 3.214. Última atualização em 21 de junho de 2007.: [s.n.], 1978.
 92. NATUOR, J. **Coluna vertebral**. São Paulo: Etcetera editora, 2005.
 93. OLIVER, J.; MIDDLEDITCH, A. **Anatomia funcional da coluna vertebral**. Rio de Janeiro: Revinter, 1998.
 94. ONEWORKPALCE. Seeing the Difference, The importance of Quality Lighting in the Workplace. **Workplace Issues**, 1999.
 95. OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. [S.l.]: [s.n.], 2013.

96. OWEN, N. Sedentary behavior: understanding and influencing adults' prolonged sitting time. **Preventive Medicine**, v. 55, n. 6, p. 535–539, 2012.
97. OWEN, N. et al. Too Much Sitting: The Population Health Science of Sedentary Behavior. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, 23 March 2010. 105-113.
98. PAUL, R. D. Effects of Office Layout and Sit-Stand Adjustable Furniture: A Field Study. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th**, p. 522-526, 1995.
99. PEACH, S. Protecting your back, neck and arms from 'laptop-itis', 2010. Disponível em: <<http://www.med.unc.edu/www/newsarchive/2010/august/protecting-your-back-neck-and-arms-from-laptop-itis>>. Acesso em: 2016 Julho 01.
100. PEREIRA, L. M.; OBARA, K.; DIAS, J. M. Comparing the Pilates method with no exercise or lumbar stabilization for pain and functionality in patients with chronic low back pain: systematic review and meta-analysis. **Clinical Rehabilitation**, v. 26, n. 1, p. 10-20, 2012.
101. PINAR. <http://www.mymodernmet.com/>. **my modern met**, 31 Julho 2012. Disponível em: <<http://www.mymodernmet.com/profiles/blogs/christoph-steelbach-bibliotheken>>.
102. PLOEG, H. P. V. D. et al. Sitting Time and All-Cause Mortality Risk in 222 497 Australian Adults. **American Medical Association's journal of internal medicine**, 10 September 2012. 1270-1272.
103. PULAY, A. S. Awareness of Daylighting on Student Learning in an Educational Facility. **University of Nebraska at Lincoln**, 2010.
104. QUIROVIDA. O uso correto do mouse. **Quirovida**, 2017. Disponível em: <<http://www.quirovida.com.br/o-uso-correto-do-mouse-2014>>. Acesso em: 12 out. 2014.
105. RADU, A. S. Abordagem Prática das algias vertebrais comuns. In: KOHN, K. **Coluna Vertebral**. São Paulo: etcetera editora, 2004. p. 203-234.
106. RAVN, K. Don't just sit there. Really., 2013. Disponível em: <<http://articles.latimes.com/2013/may/25/health/la-he-dont-sit-20130525>>. Acesso em: 01 Julho 2016.
107. RIKARD KULLER, T. L. The impact of flicker from fluorescent lighting on wellbeing, performance and physiological arousal. **Ergonomics**, v. 41, n. 4, p. 433-447, 1998.
108. RLUK. About-us, 2016. Disponível em: <<http://www.rluk.ac.uk/about-us/>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

109. SAIED, G. M.; KAMEL, R. M.; MAHFOUZ, M. M. For Prolonged Computer Users: Laptop Screen Position and Sitting Style cause more Cervical Musculoskeletal Dysfunction Compared to Desktop, Ergonomic Evaluation. **Anthropology**, v. 2, n. 1, 2013.
110. SALADIN, K. S. **Human Anatomy**. 5^a. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2008.
111. SAMANI, S. A.; SAMANI, S. A. The Impact of Indoor Lighting on Students' Learning Performance in Learning Environments: A knowledge internalization perspective. **International Journal of Business and Social Science**, December 2012. 127-136.
112. SANTOS, N. D.; FIALHO, F. **Manual de Análise Ergonômica do Trabalho**, 2^a ed. Curitiba: Genesis, 1997.
113. SCHLICK, C. et al. Visual Displays. In: ANDREW SEARS, J. A. J. **Human-computer interaction: Fundamentals**. Boca Raton: CRC Press, 2009. p. 177-204.
114. SCOTT HAYNES, K. W. Impact of seating posture on user comfort and typing performance for people with chronic low back pain. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 28, n. 1, p. 35–46, January 2008.
115. SHIN, H. **Musculoskeletal Symptoms And Laptop Computer Use Among College Students**. University of Pittsburgh: School of Health and Rehabilitation Sciences, 2010.
116. SHOURESHI, A. R. Introduction to Bioengineering: Melding of Engineering and Biological Sciences. **Otolaryngologic Clinics of North America**, v. 38, n. April, April 2005.
117. SOMMERICH, C. M. et al. Effects of notebook computer configuration and task on user biomechanics, productivity, and comfort. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 30, n. 1, p. 7–31, 2012.
118. SUEBSAK NANTHAVANIJ, S. J. V. A. Effects of body height, notebook computer size, and workstation height on recommended adjustments for proper work posture when operating a notebook computer. **J Hum Ergol (Tokyo)**, v. 37, n. 2, p. 67–81, December 2008.
119. TALMASKY, E. M.; SANTOS, N. D. A Burótica no meio-ambiente de trabalho: uma abordagem da ecoergonomia. **Produção & Sociedade**, Novembro 1998. 17-25.
120. THOMPSON, G. S. **Understanding anatomy & physiology: a visual, auditory, interactive approach**. 2nd edition. ed. Philadelphia: F. A. Davis Company, 2015.
121. TIDD, J.; BESSANT, J. **Gestão da inovação**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

122. TUCKER, J. *Low Back Pain: Posture and Movement Analysis*, 2015. Disponível em: <<http://www.dynamicchiropractic.com/mpacms/dc/article.php?id=57324>>. Acesso em: 01 Julho 2016.
123. TUPINAMBÁ, J.; VASCONCELOS, S. *Anatomia Aplicada e Biomecânica da Coluna Vertebral*. In: KOHN, K. **Coluna Vertebral**. São Paulo: etcetera editora, 2004. p. 17-40.
124. TYSON. *Architecture Linked*. **http:** //architecturelinked.com, 30 Setembro 2010. Disponível em: <<http://architecturelinked.com/profiles/blogs/university-library-in-utrecht>>.
125. UNIVERSAL LIGHTING SERVICES. *Led Lights*, 2013. Disponível em: <<https://www.universal-lighting.co.uk/shop/home-lighting/led-lights/>>. Acesso em: 7 Julho 2016.
126. UP RIGHT DOCTOR. <https://uprightdoctor.wordpress.com>, 2011. Disponível em: <<https://uprightdoctor.wordpress.com/2011/07/08/kyphosis-stenosis-and-multiple-sclerosis/>>. Acesso em: 01 Julho 2016.
127. VEITCH, J. A.; MCCOLL, S. L. A Critical examination of perceptual and cognitive effects attributed to full-spectrum fluorescent lighting. **NRCC-42840**, v. 44, n. 3, p. 255-279, 2001.
128. VILELAS, J. M. D. S.; LOPES, S. M. R. O computador e o desenvolvimento de alterações musculoesqueléticas em adolescentes e jovens. **Revista Baiana de Enfermagem**, v. 26, n. 2, p. 523-532, 2012.
129. VINK P, H. S. Editorial: Comfort and discomfort studies demonstrate the need for a new model. **Applied Ergonomics**, March 2012. 271–276.
130. VIOLA, A. U. et al. Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. **Scand J Work Environ Health**, v. 34, n. 4, p. 297-306, 2008.
131. WALDEMAR KARWOWSKI, M. M. S. N. A. S. **Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Methods and Techniques**. London: CRC Press, 2011.
132. WEAVER, B. E.; NILSON, L. B. Laptops in Class: What Are They Good For? What Can You Do with Them? In: _____ **New Directions in Teaching and Learning**. [S.l.]: [s.n.], 2005. p. 3–13.
133. WERTH, A.; BABSKI-REEVES, K. Effects of portable computing devices on posture, muscle activation levels and efficiency. **Applied Ergonomics - Department of**

Industrial and Systems Engineering, Mississippi State University, 17 January 2013. 1603-1609.

134. WIKIPEDIA. wikipedia. **wikipedia.org**, 01 Julho 2016. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/University_of_Virginia_School_of_Law>.
135. WILKENS, A. J. et al. Fluorescent lighting, headaches and eyestrain. **Lighting Research and Technology**, 1989.
136. WILKINS, A. J. et al. Fluorescent lighting, headaches and eyestrain. **Lighting Research and Technology**, v. 21, n. 1, p. 11-18, 1989.
137. WYSZECKI, G.; STILES, W. S. **Color Science - Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae**. 2. ed. [S.l.]: Wiley-Interscience, 1982.
138. YONAS CHIROPRACTIC CENTER. Neck Pain (Cervicalgia), 2016. Disponível em: <<http://www.dryonas.com/neck-pain-cervicalgia.html>>. Acesso em: 01 jul. 2016.
139. ZEMP, R.; TAYLOR, W. R.; LORENZETTI, S. In Vivo Spinal Posture during Upright and Reclined Sitting in an Office Chair. ID 916045. **BioMed Research International**, 2013.