

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO
TRABALHO**

RICARDO ANTONIO BETTINELLI PADILHA

**TERMOGRAFIA APLICADA À ANÁLISE ERGONÔMICA EM
MONTADORA DE VEÍCULOS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2013

RICARDO ANTONIO BETTINELLI PADILHA

**TERMOGRAFIA APLICADA À ANÁLISE ERGONÔMICA EM
MONTADORA DE VEÍCULOS**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de Segurança do Trabalho do curso de Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai.

CURITIBA

2013

RICARDO ANTONIO BETTINELLI PADILHA

TERMOGRAFIA APLICADA À ANÁLISE ERGONÔMICA EM MONTADORA DE
VEÍCULOS

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai (Orientador)

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba

Prof. Dr. Adalberto Matoski

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba

Prof. M. Eng. Massayuki Mário Hara

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba

Curitiba

2014

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

PADILHA, Ricardo A. B. Termografia aplicada à análise ergonômica em montadora de veículos. 2013. 55 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Esta pesquisa foi desenvolvida em uma montadora de veículos de Curitiba e discute a utilização da tecnologia de captação de imagens infravermelhas denominada de termografia que no meio ocupacional é uma condição ainda bastante incipiente. Apresenta uma abordagem comparativa em relação às ferramentas de análise ergonômica tradicionais, OWAS, Novo *Check-list* de Couto e RULA, aplicadas a membros superiores e o método de captação de imagens infravermelhas. Apresenta conceitos a respeito da estrutura dos músculos, fadiga de origem central, o fornecimento de sangue aos músculos e biomecânica. Aborda a geração de calor no corpo humano em função de exigências posturais estáticas ou dinâmicas, mais especificamente nos músculos como objeto para o estudo termográfico. São apresentadas explanações sobre a legislação nacional aplicável, a NR-17 – Ergonomia e a respeito da tecnologia termográfica e suas definições físicas, bem como, a metodologia aplicada e as características e parâmetros do equipamento utilizado. As ferramentas ergonômicas tradicionais utilizadas nesta pesquisa são detalhadas, o método e cenário são descritos. Complementado pela pesquisa de campo, o estudo verificou que os métodos de análise ergonômica tradicionais divergem entre si, mesmo em se tratando exclusivamente de membros superiores, dificultando sua aplicação isoladamente, ou seja, a pesquisa revelou que se deve aplicar mais que uma ferramenta para se obter o êxito e sobretudo, são dependentes do conhecimento e experiência do avaliador. Portanto, o método termográfico é recomendado como instrumento complementar quantitativo para a validação da informação dos demais métodos tradicionais.

Palavras-chave: Ergonomia. Segurança do trabalho. Termografia.

ABSTRACT

PADILHA, Ricardo A. B. Thermography applied to the ergonomic analysis in a vehicles manufacturing. 2013. 55 p. Monograph (Engineering Specialization of Safety Work) – Graduate Program in Safety Engineering, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

This research was developed in a vehicles manufacturing in Curitiba and discusses the use of technology to capture infrared images called thermography that in the occupational environment is a condition still very low. Presents a comparative approach about traditional ergonomic tools analysis, OWAS, New Check-list of Couto and RULA, applied to the upper limbs and method of capture infrared images. Introduces concepts concerning the structure of the muscles fatigue of central origin, the blood supply to the muscles and biomechanics. Addresses the generation of heat in the human body due to static or dynamic postural requirements, more specifically in the muscles as an object for thermography study. Explanations are given on the applicable brazilian requirements, the NR-17 - Ergonomics and about thermographic technology and their physical settings, as well as the methodology applied and the characteristics and parameters of the equipment used. The traditional ergonomic tools used in this research are detailed, and described the method and scenario. Complemented by field research, the study found that the traditional methods of ergonomic analysis diverge from each other, even when dealing exclusively upper limb, hindering their application in isolation, the survey revealed that should apply more than a tool to obtain the success and above all, are dependent on the knowledge and experience of the evaluator. So the thermographic method is recommended as a complementary tool for the validation of quantitative information from other traditional methods.

Keywords: Ergonomy. Safety work. Thermography.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Vista geral da musculatura do corpo	15
Figura 2 -	Modelo da contração muscular.....	15
Figura 3 -	Processo da fadiga muscular	17
Figura 4 -	Diagrama dos esforços musculares estáticos e dinâmicos.....	19
Figura 5 -	Gráfico da força exercida e duração máxima	20
Figura 6 -	Equilíbrio da temperatura corporal	23
Figura 7 -	Sistema fisiológico de controle da temperatura corporal.....	23
Figura 8 -	Espectro eletromagnético.....	27
Figura 9 -	Comprimento de onda e frequência.....	28
Figura 10 -	Fluxo de geração de uma imagem termográfica.....	30
Figura 11 -	Imagem térmica de um trabalhador	30
Figura 12 -	Câmera infravermelha Flir	31
Figura 13 -	Método OWAS	33
Figura 14 -	Identificação das categorias de postura	33
Figura 15 -	Percentual de tempo na postura.....	34
Figura 16 -	Resultado da aplicação do Método OWAS na atividade de operador.....	38
Figura 17 -	Imagens termográficas do operador executando solda a ponto.....	42
Figura 18 -	Imagens termográficas comparativas do operador executando solda a ponto e outra pessoa em repouso e operador com braço acima da linha dos ombros .	43
Figura 19 -	Imagens termográficas demonstrando o aumento de temperatura no ombro direito do operador executando solda a ponto.....	44
Figura 20 -	Imagens termográficas comparativas das costas de um operador e um observador	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Incrementos na circulação	19
Tabela 2 -	Divisões do espectro infravermelho	29

LISTA DE SIGLAS

μm	Micrometro
a.C	Antes de Cristo
ADP	Difosfato de adenosina
ATP	Trifosfato de adenosina
Cm	Centímetro
cm^2	Centímetro quadrado
FIOH	<i>Finnish Institute Occupational Health</i>
G	Gramma
Hz	Hertz
IV	Infravermelho (radiação)
K	Temperatura Kelvin
Kg	Quilograma
kJ/min	Quilo Joule por minuto
M	Metro
Min	Minuto
ml	Mililitro
Mm	Milímetro
N/cm^2	Newton por centímetro quadrado
NR	Norma Regulamentadora
$^{\circ}\text{C}$	Graus centígrados
OWAS	<i>Ovako Working Posture Analysing System</i>
RULA	<i>Rapid Upper Limb Assessment</i>
S.N.C.	Sistema Nervoso Central
W	Watt
W/cm^2	Watts por centímetro quadrado
$\text{W}/\text{K} \times \text{cm}^{-2}$	Watts por Kelvin multiplicado por centímetro elevado a menos dois

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS DA PESQUISA	11
1.1.1	Objetivo geral.....	11
1.1.2	Objetivos específicos	11
1.2	JUSTIFICATIVA	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	ERGONOMIA	13
2.2	O TRABALHO MUSCULAR.....	14
2.2.1	Bases fisiológicas.....	14
2.2.1.1	Estrutura dos músculos.....	14
2.2.1.2	O tecido muscular	14
2.2.1.3	A força muscular	16
2.2.1.4	A energia muscular	16
2.2.1.5	A fadiga de origem central	17
2.2.1.6	O fornecimento de sangue aos músculos.....	18
2.2.1.7	O trabalho muscular estático e dinâmico.....	19
2.2.1.8	Biomecânica	21
2.3	A PRODUÇÃO DE CALOR NO CORPO HUMANO.....	22
2.3.1	Metabolismo.....	22
2.3.2	Controle da temperatura	22
2.3.3	Equilíbrio homeotérmico.....	24
2.4	LEGISLAÇÃO APLICÁVEL.....	25
2.4.1	NR-17 - Ergonomia	25
2.5	TECNOLOGIA TERMOGRÁFICA.....	26
2.5.1	Raios infravermelhos.....	26
2.5.1.1	Termografia e radiação infravermelha.....	26
2.5.1.2	O espectro infravermelho	28
2.5.1.3	Imagem infravermelha.....	29
2.5.1.4	Câmera infravermelha.....	30
2.5.2	Aplicações de equipamentos termográficos	31
2.6	FERRAMENTAS DE ANÁLISE ERGONÔMICA	32
2.6.1	OWAS – <i>Ovako Working Analysing System</i>	32
2.6.2	Novo <i>Check-List</i> de Couto - Risco para membros superiores	34
2.6.3	RULA – <i>Rapid Upper Limb Assessment</i>	34
3	METODOLOGIA	36
3.1	CENÁRIO DA PESQUISA E METODOLOGIA DE ANÁLISE ERGONÔMICA	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1	ANÁLISE INDIVIDUAL DAS FERRAMENTAS UTILIZADAS	38
4.1.1	Método OWAS	38
4.1.2	Método do Novo <i>Check-list</i> de Couto	39
4.1.3	Método RULA – <i>Rapid Upper Limb Assessment</i>	40
4.1.4	Método termográfico	42
4.2	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS.....	45
5	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	48
	APÊNDICES.....	51

1 INTRODUÇÃO

A ergonomia é uma relação baseada em um conjunto de ciências e tecnologias, que visa realizar o ajuste mútuo entre o ser humano e o seu ambiente de trabalho, proporcionando o conforto e a produtividade segura, procurando adaptar o trabalho ao homem (COUTO, 2011, p.7).

Durante a segunda guerra mundial, foi desenvolvida a ergonomia da interface homem-máquina ou ergonomia ocupacional, preocupando-se com os problemas da ciência e da tecnologia e na prática das questões físicas e de percepção aplicáveis a produtos, equipamentos e postos de trabalho. Após a segunda guerra mundial, surgiu o sistema de produção enxuta com o propósito de alcançar as indústrias automotivas ocidentais, para o aumento de produtividade e redução dos custos (IIDA, 2005, p.5-13).

Nos dias atuais, a ergonomia tem uma relevância muito maior e a área de abrangência se estendeu muito. Para uma melhor produtividade, o trabalhador precisa estar satisfeito e para isso, são necessários estudos de processos que evitem o desconforto, a monotonia, a fadiga, os afastamentos e o acidente (IIDA, 2005, p.12-14).

Em uma visão mais ampla do ser humano, pode-se afirmar que ele não é apenas um ser biomecânico ou com características fisiológicas e que também possui todo um complexo psicossocial e isto também tem sido abordado pela ergonomia (COUTO, 1995, p.15-22).

Neste contexto, não existem recomendações explícitas sobre a escolha dos métodos e técnicas adequadas a cada caso. A ergonomia pode ser entendida como parte integrante do maior esforço para o desenvolvimento da engenharia de produção no Brasil (IIDA, 2005, p.25-29).

1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.1.1 Objetivo geral

Esta monografia tem como objetivo principal aplicar ferramentas de análise ergonômica convencionais (OWAS – *Ovako Working Posture Analysing System*, Novo *Check-list* de Couto e RULA – *Rapid Upper Limb Assessment*) visando identificar os grupos musculares exigidos e correlacionar seus resultados com a captura de imagens térmicas (termografia) com a finalidade de validar o método como uma nova ferramenta ergonômica.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Apresentar um estudo teórico a respeito da ergonomia no trabalho;
- Aplicar ferramentas de análise ergonômica, OWAS, Novo *Check-List* de Couto e RULA em parte de um processo de uma montadora de veículos;
- Efetuar análise termográfica nos pontos referenciados pelas ferramentas de análise ergonômica;
- Apresentar os resultados e uma proposta de melhoria para as análises ergonômicas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho foi elaborado com o intuito de desenvolver a utilização de uma tecnologia baseada na captação de imagens térmicas nos pontos de esforço muscular referenciados em um primeiro momento através de outras ferramentas já em utilização no mercado e devidamente validadas para a ergonomia no trabalho.

A utilização de imagens térmicas permite facilmente, sem a necessidade de métodos invasivos, detectar pequenas variações de temperatura na pele em tempo real, podendo ser utilizadas para posterior análise de grupos musculares em regime de esforço excessivo.

Partindo-se do princípio que a energia fornecida ao músculo é transformada em trabalho realizado, calor e ligações ricas em energia e de que o calor de um corpo em repouso é diferente de um corpo em atividade física intensa, pode-se mensurar um aumento de esforço muscular com a utilização de termovisores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ERGONOMIA

Segundo a Fundacentro (1981, p.423) a ergonomia é bastante coincidente com a higiene do trabalho e o seu intuito é alcançar o ajustamento mútuo ideal entre o homem e seu trabalho e cujos resultados se medem em termos de eficiência humana e bem estar no trabalho.

Para a Fundacentro (1981, p.423) os agentes ergonômicos estão relacionados com fatores fisiológicos e psicológicos inerentes à execução das atividades profissionais e podem produzir alterações no organismo e estado emocional dos trabalhadores, comprometendo a sua saúde, segurança e produtividade.

Para Grandjean (1998, p.7) ergonomia vem do grego: *ergon* que significa trabalho e *nomos* que significa legislação, normas. O alvo da ergonomia é o desenvolvimento de bases científicas para a adequação das condições de trabalho às capacidades e realidades da pessoa que trabalha.

Segundo Lida (2005, p.2) a ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem. Inicialmente, o estudo era quase que exclusivo da indústria e se concentrava no binômio homem-máquina, atualmente, é bem mais abrangente e se estudam sistemas complexos onde homens, máquinas e materiais interagem continuamente entre si, na realização de um trabalho.

2.2 O TRABALHO MUSCULAR

2.2.1 Bases fisiológicas

2.2.1.1 Estrutura dos músculos

Segundo Grandjean (1998, p.13) o sistema muscular distribuído em todo o corpo, é o aparelho de movimentação das pessoas e representa cerca de 40% do peso corporal. Um músculo é composto por um grande número de fibras musculares que podem ter de 0,5 a 14cm de comprimento e sua espessura variando em torno de 0,1mm.

Para Grandjean (1998, p.13) contam-se com 100.000 a 1.000.000 de fibras musculares por músculo e que nas duas pontas, unem-se nas fibras dos tendões. Os tendões são formados pelo conjunto de fibras tendinosas nas extremidades dos músculos e são fixados no sistema ósseo.

2.2.1.2 O tecido muscular

Segundo Baú (2002, p.155) o movimento do corpo humano com a consequente geração de trabalho, é resultado da ação das forças musculares sobre o sistema de alavancas ósseas, que se movimentam ao redor de seus eixos articulares, conforme pode ser observado na figura 1.

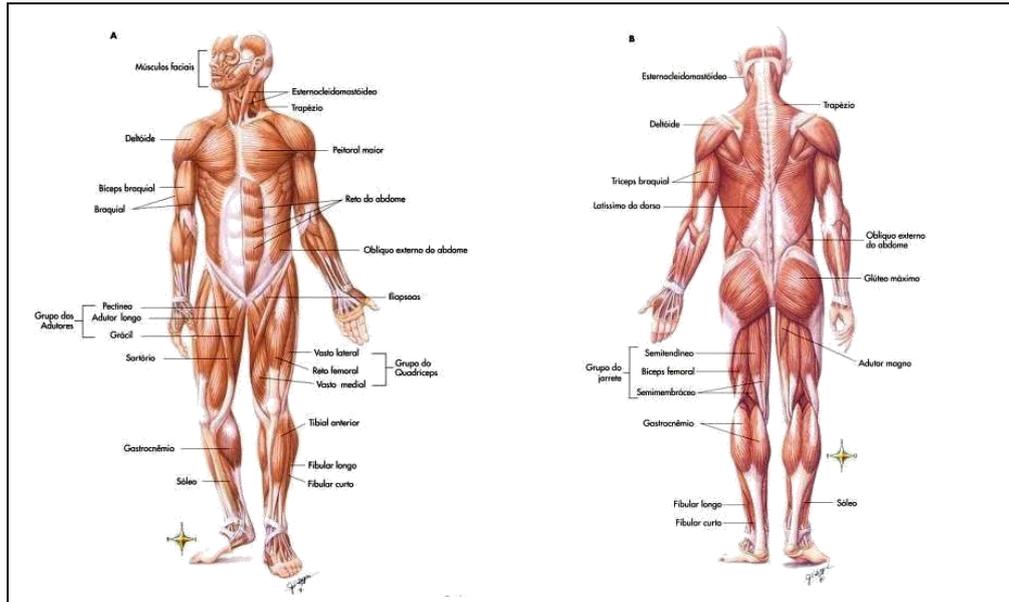


Figura 1 - Vista geral da musculatura do corpo

Fonte: Adaptado de Thibodeau & Patton (2002, p.143-144)

Para Grandjean (1998, p.13) substâncias protéicas são encontradas nas fibras musculares, dentre elas estão a actina e a miosina que têm papel fundamental como veículos na contração do sistema muscular, conforme ilustrado na figura 2. A actina e a miosina são encontradas em forma de filamentos e podem deslizar um sobre o outro.

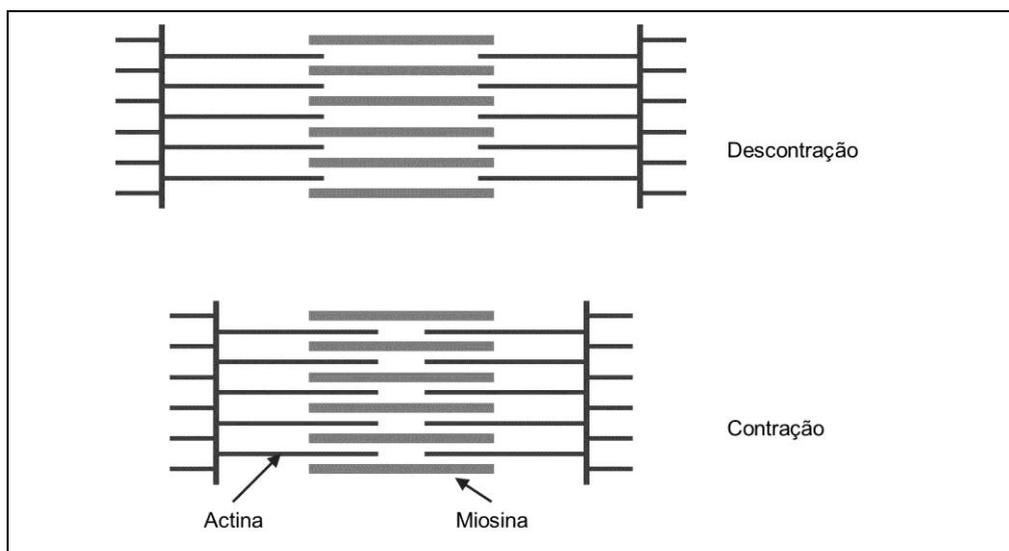


Figura 2 - Modelo da contração muscular

Fonte: Adaptado de Grandjean (1998)

2.2.1.3 A força muscular

De acordo com Grandjean (1998, p.14) cada fibra muscular se contrai com uma determinada força e a força total do músculo é a soma da força das fibras envolvidas na contração.

A força absoluta do músculo está na faixa de 30 a 40 N/cm² da secção transversal de músculo. Isto significa que um músculo com 1cm² de de secção transversal pode suportar um peso de 3 a 4 kg no sentido vertical. Portanto, a força natural de uma pessoa depende, em primeiro lugar, da secção transversal de seu músculo (GRANDJEAN, 1998, p.14).

Segundo Grandjean (1998, p.14) uma mulher, mesmo em um grau de condicionamento físico igual ao de um homem, tem cerca de 30% a menos de força máxima muscular por ter uma secção transversal muscular menor.

2.2.1.4 A energia muscular

Segundo Grandjean (1998, p.15) a energia mecânica originada na contração muscular é gerada a partir das reservas químicas de energia do músculo. A energia desprendida nas reações químicas é transferida para as substâncias protéicas actina e miosina, ocorrendo a alteração de posições nas moléculas protéicas e causando o encurtamento das fibras musculares.

Grandjean (1998, p.15) cita que são as ligações de fosfato que fornecem a energia imediata para as contrações musculares, passando de um estado rico para um estado pobre de energia durante as reações químicas. Ainda, a forma de energia mais disseminada no corpo humano é o trifosfato de adenosina (ATP) que, na sua degradação, transforma-se em difosfato de adenosina (ADP) liberando uma apreciável quantidade de energia. A ATP não se encontra somente nos músculos, mas, em quase todos os tecidos e é um depósito de energia imediata.

2.2.1.5 A fadiga de origem central

Segundo Baú (2002, p.156) a fadiga se caracteriza pela diminuição da capacidade de trabalho, consecutiva à realização e uma tarefa.

Em termos funcionais, a fadiga é determinada pelo surgimento de alterações típicas em certas variáveis fisiológicas, cujo componente subjetivo é o cansaço, o esgotamento, acompanhados com frequência de sinais de ansiedade e depressão. A fadiga humana é predominantemente de origem central (BAÚ, 2002, p.156).

De acordo com a figura 3, pode-se verificar como ocorre o processo da fadiga muscular.

Segundo Baú (2002, p.158) em função das exigências da ocupação (exposição), é gerado uma atividade/fadiga muscular que podem originar um dano mecânico ou câibra e conseqüentemente dores como resposta fisiológica. Se houver uma recuperação adequada, a capacidade física é mantida, porém, em caso de recuperação inadequada, podem ocorrer alterações degenerativas como efeito em longo prazo.

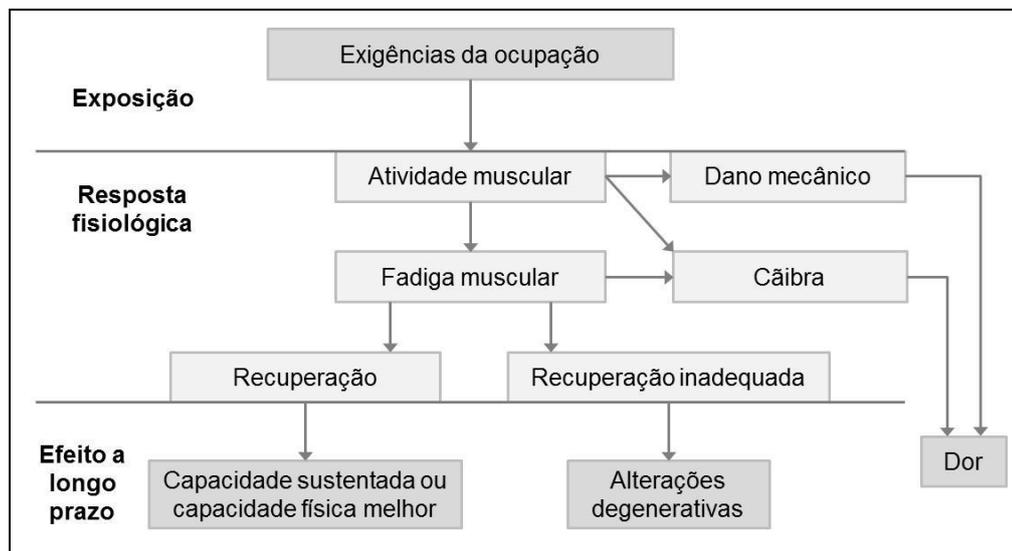


Figura 3 - Processo da fadiga muscular

Fonte: Adaptado de Baú (2002, p.158)

Segundo Xavier (2013, p.42) as principais causas da fadiga são:

- a) Intensidade e duração do trabalho físico e mental;
- b) Monotonia sentida na execução do trabalho;
- c) Falta da motivação;
- d) Condições ambientais;
- e) Condições sociais no trabalho.

Para Xavier (2013, p.42) as principais consequências da fadiga são:

- a) Menor aceitação de padrões de precisão e segurança;
- b) Aumento dos índices de erro;
- c) Maior desorganização das estratégias para atingir um objetivo.

2.2.1.6 O fornecimento de sangue aos músculos

Segundo Kroemer (2005, p.14) as principais substâncias fornecedoras de energia aos músculos são a glicose e o oxigênio e precisam ser transportadas aos músculos através do sangue. O sangue é um fator primordial para a eficiência muscular e durante um trabalho, a demanda de energia muscular aumenta e conseqüentemente a necessidade de maior irrigação sanguínea.

Grandjean (1998, p.16) cita que com o aumento de trabalho no coração, ocorre a elevação da pressão sanguínea e a dilatação dos vasos sanguíneos que alimentam os músculos e estas são as maiores adaptações do sistema circulatório que garantem o suprimento adequado de sangue para a musculatura.

De acordo com a tabela 1, é possível verificar os incrementos de volume sanguíneo na musculatura.

Tabela 1 - Incrementos na circulação

Condição muscular	Valores
Descanso	4 ml/min/100 g de músculo
Trabalho moderado	80 ml/min/100 g de músculo
Trabalho pesado	150 ml/min/100 g de músculo
Após uma restrição da circulação	50 a 100 ml/min/100 g de músculo

Fonte: Adaptado de Kroemer (2005, p.14)

2.2.1.7 O trabalho muscular estático e dinâmico

Segundo Kroemer (2005, p.16) o trabalho estático é caracterizado por um estado de contração prolongada da musculatura o que normalmente implica em um trabalho de manutenção da postura. O trabalho dinâmico caracteriza-se pela alternância entre a contração e extensão ou tensão e relaxamento. A figura 4 ilustra os dois tipos de atividade muscular e as suas necessidades de irrigação sanguínea.



Figura 4 - Diagrama dos esforços musculares estáticos e dinâmicos

Fonte: Adaptado de Kroemer (2005, p.16)

Segundo Baú (2002, p.161) para as mais variadas atividades profissionais, pode-se afirmar que os indivíduos executam os dois tipos básicos de esforços: estáticos e dinâmicos.

De acordo com Grandjean (1998, p.20) é possível afirmar que um indivíduo atinge a fadiga muscular em um trabalho estático tão mais rápido quanto maior for a força exercida ou maior a tensão do músculo. Na figura 5, é possível verificar a força exercida demonstrada como percentual da força máxima e a duração máxima da contração muscular demonstrada em minutos.

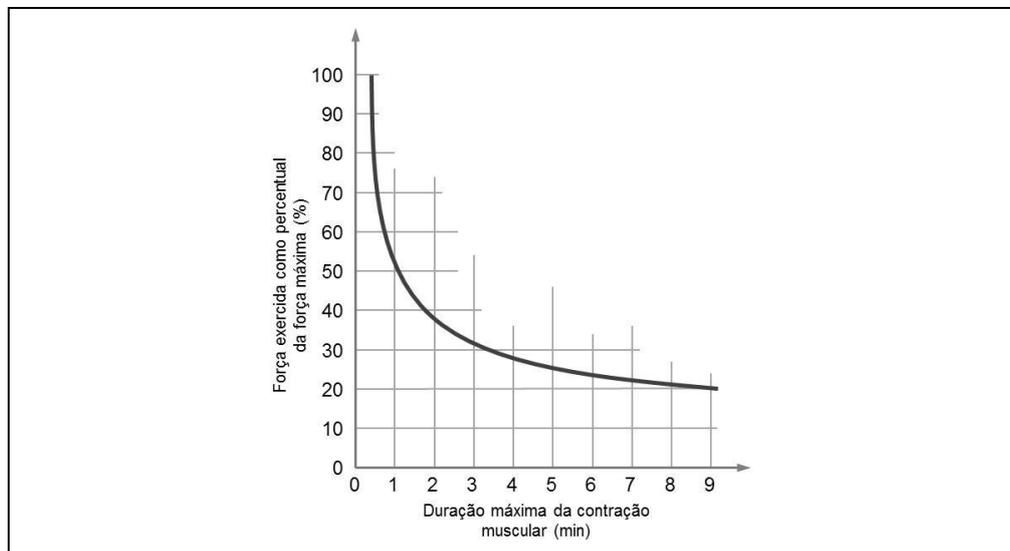


Figura 5 - Gráfico da força exercida e duração máxima

Fonte: Adaptado de Kroemer (2005, p.18)

Segundo Couto (2012, p. 24) existem doze situações de contração estática com impacto em membros superiores:

- 1) Corpo fora do eixo vertical;
- 2) Sentado tendo que utilizar a contração dos músculos do tronco;
- 3) Sustentação de cargas com os membros superiores;
- 4) Tronco mantido torcido – qualquer grau de desvio;
- 5) Braços suspensos sem movimentação;
- 6) Braços mantidos acima do nível dos ombros;
- 7) Acuidade visual intensa;
- 8) Pescoço inclinado ou torcido em desvio fixo;

- 9) Pescoço estendido ou fletido em desvio fixo;
- 10) Antebraços suspensos;
- 11) Sentado em posto de trabalho informatizado;
- 12) Contração estática de diversos grupamentos associado a carga mental.

2.2.1.8 Biomecânica

Para Couto (2002, p.31) o ser humano pode ser comparado com uma máquina, onde, os músculos, ossos, tendões e ligamentos se constituem nos elementos capazes de fazer essa máquina realizar movimentos.

Segundo Baú (2002, p.168) a engenharia mecânica tem desenvolvido estudos analisando as características mecânicas desta máquina e com isso deduzindo uma série de conceitos importantes na adaptação do trabalho às pessoas.

Couto (2011, p.26) cita como as principais características da biomecânica do ser humano:

- 1) O ser humano tem pouca capacidade de desenvolver força física no trabalho, o seu sistema osteomuscular o habilita a desenvolver movimentos de grande velocidade e amplitude, porém, contra pequenas resistências;
- 2) O ser humano é adaptado a fazer contrações musculares dinâmicas.
- 3) Os músculos possuem as seguintes propriedades: força, resistência, flexibilidade, velocidade, potência, agilidade, equilíbrio e coordenação;
- 4) Para o aproveitamento racional do ser humano no trabalho, as seguintes regras devem ser seguidas: nunca usar esforço excessivo, praticar a ginástica de aquecimento e de alongamento, garantir a adaptação do automatismo dos movimentos de forma gradativa;
- 5) O limite para algum esforço físico isolado é de 50% da força máxima;
- 6) Quanto mais frequente é o esforço, menor é a porcentagem da força máxima que pode ser usada;
- 7) A melhor postura para trabalhar é aquela em que o corpo alterna as diversas posições: sentado, de pé e andando.

2.3 A PRODUÇÃO DE CALOR NO CORPO HUMANO

2.3.1 Metabolismo

Segundo Saliba (2004, p.208) metabolismo é o calor gerado pelo metabolismo basal resultante da atividade física do trabalhador. Desta forma, quanto maior for a atividade física, maior será o calor produzido pelo metabolismo.

2.3.2 Controle da temperatura

Segundo Couto (2012, p.24) os mecanismos de regulação da temperatura corporal formam um sistema de controle bem projetado que permite a um indivíduo se expor a temperaturas ambientais extremas, sem que isso altere sua temperatura corporal interna de forma significativa, que é praticamente constante, com exceção em estados febris.

A temperatura corporal depende basicamente de um equilíbrio entre a intensidade da perda e da produção de calor conforme ilustrado na figura 6.

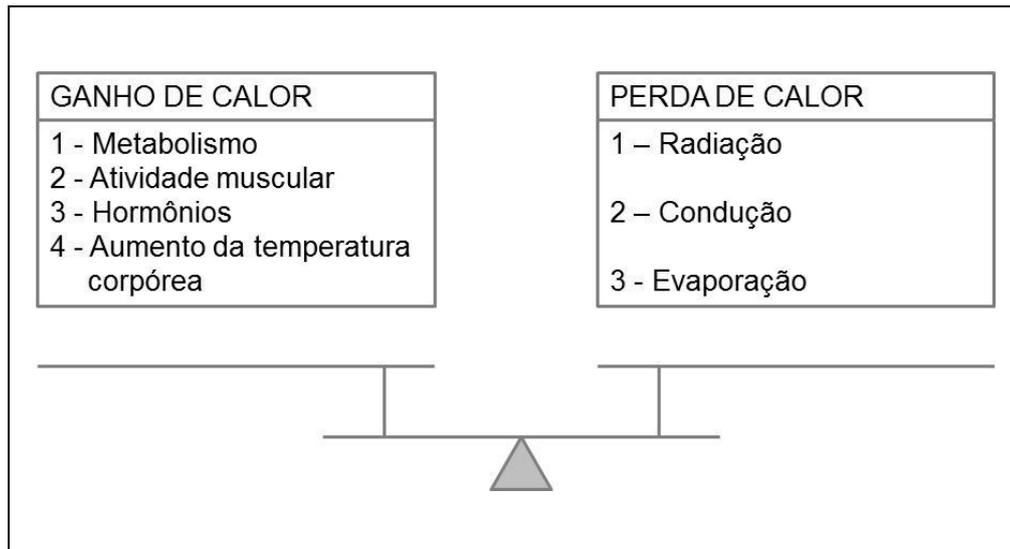


Figura 6 - Equilíbrio da temperatura corporal

Fonte: Adaptado de Couto (1995, p.70)

Para Couto (2012, p.24) esse equilíbrio térmico é quase inteiramente regulado por mecanismos de controle nervoso tipo *feedback*, comandados pelo centro regulador da temperatura localizado na área pré-optica do hipotálamo. Essa área apresenta neurônios termossensíveis especiais que respondem diretamente a temperatura sanguínea conforme ilustrado na figura 7.

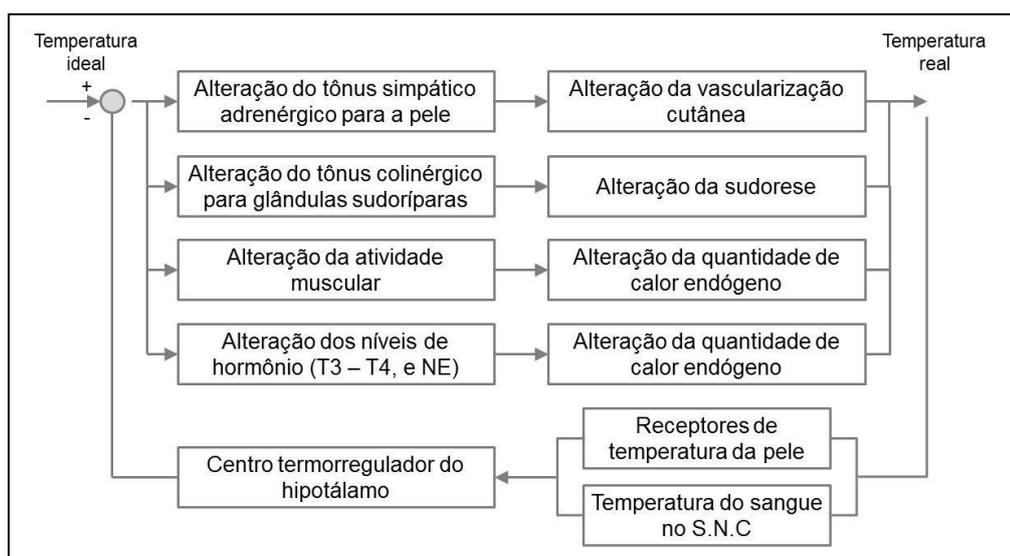


Figura 7 - Sistema fisiológico de controle da temperatura corporal

Fonte: Adaptado de Couto (1995, p.71)

Segundo Kroemer (2005, p.14) o ser humano é um conversor de energia bastante eficiente em termos de uso de energia para realização de trabalho muscular. Se a geração de calor nos músculos for medida por instrumentos muito sensíveis, pode-se reconhecer o seguinte:

- 1) A produção de calor de repouso é de cerca de 1,3 kJ/min para um homem de 70 kg. Serve para a manutenção das estruturas moleculares e para a tensão elétrica das fibras musculares.
- 2) O calor inicial ultrapassa muito o calor de repouso. Ele engloba a formação de calor que ocorre durante toda a contração do músculo e é proporcional ao trabalho realizado.
- 3) O calor de recuperação começa algum tempo após o final da contração muscular (até 30 min). É claramente a expressão dos processos oxidativos da fase de recuperação e é da mesma ordem de grandeza que o calor inicial (KROEMER, 2005, p.14).

Para Couto (1995, p.69) o ser humano é classificado como um animal homeotérmico, ou seja, a temperatura do seu sangue desde que adequadamente protegido, o homem consegue tolerar bem variações de -50°C até 100°C, porém, não tem condições de suportar variações de 4°C na sua temperatura interna sem que ocorram comprometimento da capacidade física e mental e risco à vida.

2.3.3 Equilíbrio homeotérmico

Para Saliba (2004, p.208) os mecanismos de termorregulação do organismo têm como finalidade manter a temperatura interna do corpo constante, necessitando haver um equilíbrio entre a quantidade de calor gerado no corpo e a sua transmissão para ambiente, conforme demonstrado na equação 1.

$$M \pm C \pm R - E = S \quad (1)$$

Onde:

M= Calor produzido pelo metabolismo.

C= Calor ganho ou perdido por condução-convecção.

R= Calor ganho ou perdido por radiação.

E= Calor perdido por evaporação.

S= Calor acumulado no organismo (sobrecarga térmica).

Desta maneira, o organismo estará em equilíbrio térmico quando S for igual a zero.

2.4 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

2.4.1 NR-17 - Ergonomia

A redação da NR-17 que trata a respeito de ergonomia, visa estabelecer as diretrizes que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente (BRASIL, 2013).

Cabe ao empregador realizar a análise ergonômica do trabalho, abordando no mínimo as condições de trabalho estabelecidas pela NR-17 no que diz respeito ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho e à própria organização do trabalho (BRASIL, 2013).

As características psicofisiológicas, dizem respeito a todo o conhecimento referente ao funcionamento do ser humano. Ainda, deve ser destinada uma atenção especial ao que diz respeito ao conforto, levando-se em conta a expressão do trabalhador e somente ele poderá validar uma ou não as soluções técnicas que foram propostas. Grande parte das inadequações existentes em ambientes, postos de trabalho, equipamentos, ferramentas, tempo destinado à execução das tarefas, se deve à falta de consulta aos trabalhadores (BRASIL, 2002, p.12).

A análise ergonômica da atividade é um processo construtivo e participativo, o conhecimento das tarefas é exigido, bem como, as dificuldades encontradas para o atingimento de desempenho e produtividade esperados (BRASIL, 2002, p.16).

2.5 TECNOLOGIA TERMOGRÁFICA

2.5.1 Raios infravermelhos

2.5.1.1 Termografia e radiação infravermelha

Segundo Brioschi (2011, p.28) a termografia infravermelha é um método de diagnóstico por imagem que por meio de um sensor acoplado e um sistema computacional, mensura a distância e a radiação infravermelha emitida pela superfície de um objeto sem contato físico.

Através de seus sentidos o homem trava conhecimento com o mundo físico que o cerca. Todo objeto acima de $-273,16^{\circ}\text{C}$ (zero absoluto, agitação molecular nula) emite radiação infravermelha de sua superfície, e exceto para algumas espécies de cobras cascavel, esta luz é invisível, porém, dependendo da sua intensidade, é percebida como calor pelo corpo humano por meio de termorreceptores (BRIOSCHI, 2011, p.28).

De acordo com Brioschi (2011, p.28) o corpo humano brilha como uma fonte de luz com intensidade de aproximadamente 120W, porém, invisível. Este valor de energia está correlacionado à temperatura pela lei de Stephan-Boltzman demonstrada na equação 2:

$$W = \varepsilon\sigma T^4 \quad (2)$$

Onde, W é o fluxo de energia radiante emitido por uma superfície de área, W/cm^2 ; ε a emissividade, 0,978; σ constante de Stephan-Boltzman, $5,673 \times 10^{-12} \text{ W}/\text{K} \times \text{cm}^{-2}$, e T a temperatura absoluta cutânea, K (Kelvin). Desta forma, a energia total emitida por um objeto por unidade de tempo é diretamente proporcional à área do objeto, à emissividade e à quarta potência (T^4) de sua temperatura absoluta consequentemente, permitindo que se possam fazer medições de temperatura a partir de medições de energia emitida.

Segundo a Flir (2013) a aplicação da radiação infravermelha ou termografia se faz através da utilização de uma câmera infravermelha para medir a energia térmica que é emitida por qualquer objeto ou material existente na natureza. A energia térmica ou infravermelha é luz não visível, já que seu comprimento de onda é muito longo para ser detectado pelo olho humano.

Para a Flir (2013) a energia infravermelha faz parte do espectro eletromagnético e é percebida pela pele como sensação de calor. Ao contrário da luz visível, no mundo infravermelho, todos os materiais com uma temperatura acima de zero absoluto emitem calor. Mesmo os objetos muito frios, como cubos de gelo, emitem luz infravermelha.

Segundo a Fluke (2013) as câmeras termográficas atribuem cores a determinadas temperaturas permitindo aos usuários visualizarem as variações de temperatura por toda a imagem.

Segundo a Tecnolass (2013, p.3) o espectro eletromagnético é a distribuição da intensidade da radiação eletromagnética com relação ao seu comprimento de onda ou frequência. Podem ser observadas na figura 8 algumas regiões do espectro eletromagnético, seus comprimentos de onda e suas respectivas frequências.

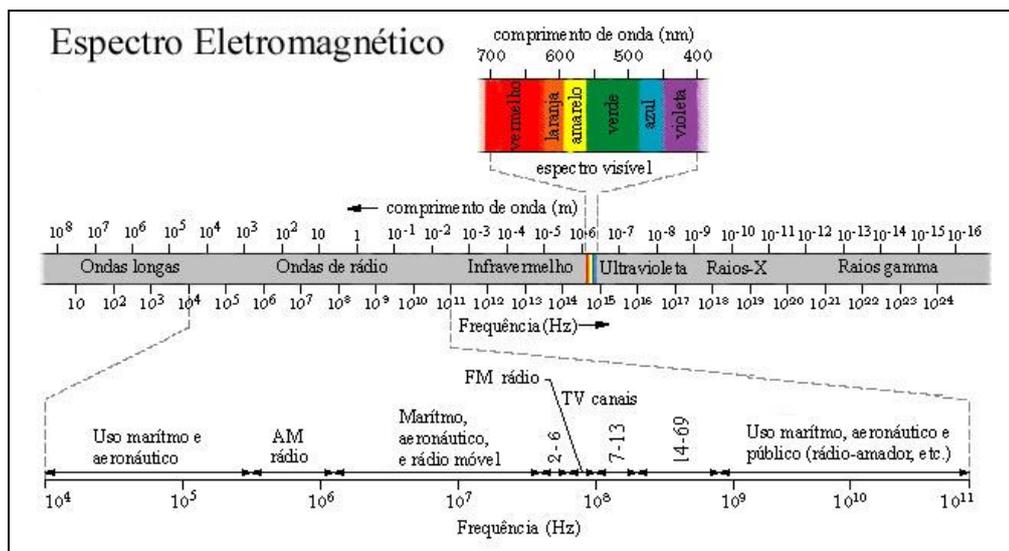


Figura 8 - Espectro eletromagnético

Fonte: Adaptado de Halliday (1995, p.2)

Para a Tecnoless (2013, p.4) quanto maior o comprimento de onda, menor é a sua frequência e consequentemente, menor a sua energia, é o caso das frequências de rádio, que possuem baixa energia, o que pode ser observado na figura 9. Para os raios Gama e X, estes possuem pequeníssimo comprimento de onda, altíssima frequência e consequentemente uma altíssima energia.

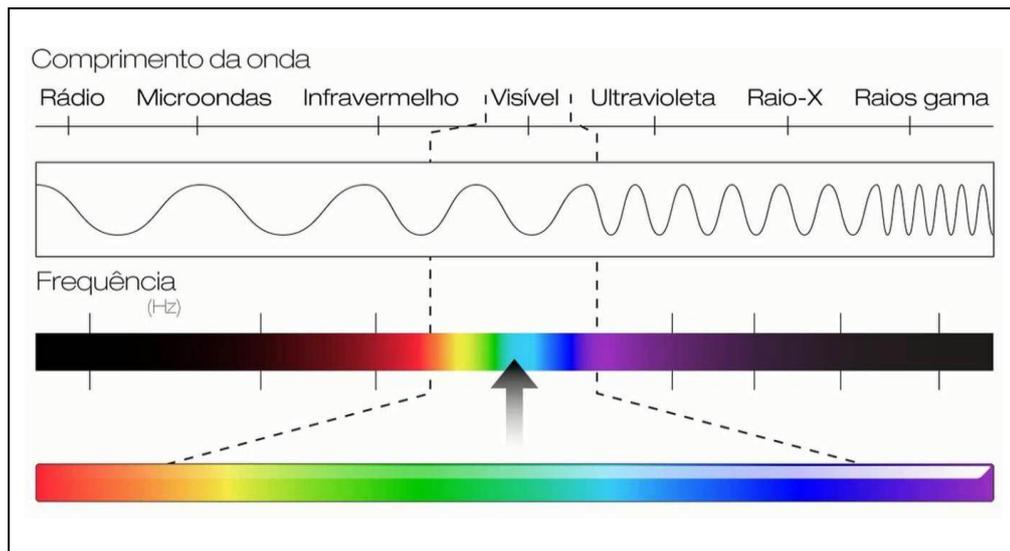


Figura 9 - Comprimento de onda e frequência

Fonte: Adaptado de Fluke (2013)

2.5.1.2 O espectro infravermelho

De acordo com a Tecnoless (2013, p.54) a quantidade de energia das moléculas de superfície produz ondas de frequências que viajam em um comprimento de onda entre 0,75 e 1000 μm . Para efeitos comerciais e científicos, se dividiu o espectro infravermelho em quatro partes conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Divisões do espectro infravermelho

Característica	Valores (μm)
Infravermelho curto	0,75 – 3
Infravermelho médio	3 – 6
Infravermelho longo	6 – 15
Infravermelho extremo	15 – 1000

Fonte: Adaptado de Tecnoless (2013, p.54)

A região infravermelha comercial/industrial tipicamente utiliza as ondas curtas e longas (2 – 5 e 8 - 14 μm respectivamente).

Segundo Brioschi (2011, p.28) a energia irradiada por um corpo depende, de fato, da emissividade (ϵ) de sua superfície. Utilizando-se da lei de Planck, o corpo humano tem emissividade infravermelha extremamente alta, maior que 97,8%, atingindo seu máximo no comprimento de onda entre 9 a 10 μm , isto é, infravermelho longo.

2.5.1.3 Imagem infravermelha

De acordo com a Tecnoless (2013, p.5) a imagem infravermelha é a técnica de transformar uma radiação infravermelha invisível em uma imagem visível. A câmera infravermelha detecta a energia emitida por um objeto, modifica esta energia e nos mostra a imagem infravermelha. Desta forma, pode-se afirmar que a imagem infravermelha é um mapeamento sem contato e análise dos padrões térmicos da superfície de um objeto.

Segundo a Fluke (2013) a geração de imagens térmicas, ou termografia, detecta padrões de calor ou mudanças de temperatura nos objetos e isto permite a detecção de problemas antecipadamente permitindo um planejamento para as ações necessárias.

Na figura 10 pode ser observado o fluxo para a geração de uma imagem termográfica e na figura 11 uma imagem térmica de uma pessoa realizando uma atividade.

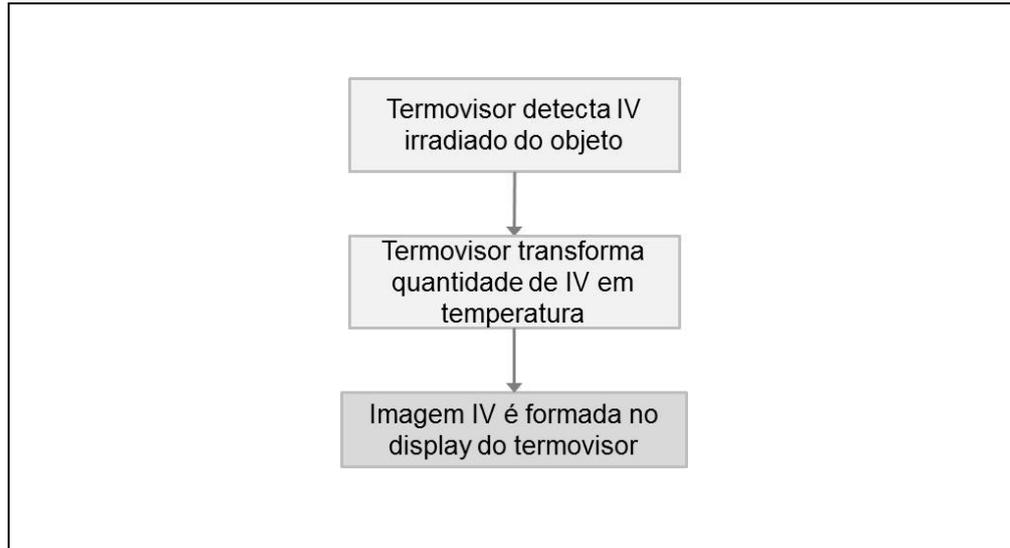


Figura 10 - Fluxo de geração de uma imagem termográfica

Fonte: Adaptado de Tecnolass (2013)

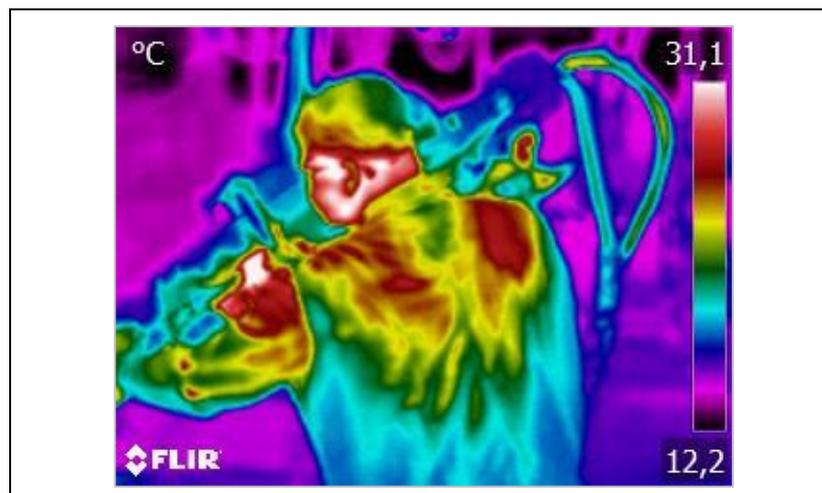


Figura 11 - Imagem térmica de um trabalhador

Fonte: Imagem gerada pelo *software* Flir Tools (2013)

2.5.1.4 Câmera infravermelha

Segundo a Flir (2013) os componentes básicos de uma câmera infravermelha são: parte ótica, detector, sistemas eletrônicos, visualizador de imagens, alimentação e acessórios. Na figura 12, uma câmera infravermelha é apresentada.



Figura 12 - Câmera infravermelha Flir

Fonte: Adaptado de Flir (2013)

2.5.2 Aplicações de equipamentos termográficos

Segundo a Flir (2013) a utilização de equipamentos termográficos é muito ampla, pode-se citar como exemplo o uso em sistema de segurança patrimonial, seja durante o dia ou noite, pois, os equipamentos não dependem da luz e sim da energia emitida por um corpo, isto é devido à faixa de espectro em que se encontra o infravermelho.

Para Brioschi (2011, p.97) a associação entre temperatura e doença é tão antiga quanto a própria medicina. É entendido que a febre e o calor produzido pelas inflamações e infecções já eram observados como fenômenos naturais a mais de 1700 a.C. Foi descoberto nos registros de Hipócrates feitos a 480 a.C. o primeiro relato de diagnóstico termobiológico. Hipócrates espalhava lama sobre seu paciente e observava a área que secava por primeiro indicando assim uma possível doença orgânica subjacente.

Segundo a Flir (2013) as câmeras de imagem térmica são frequentemente utilizadas na área veterinária para determinar e localizar inflamações, contusões, lesões musculares, tumores superficiais, lesões em nervos e problemas de circulação sanguínea. A termografia infravermelha pode contribuir com a medicina na detecção de temperaturas elevadas no corpo, o que pode indicar a presença de

uma doença. Através da utilização de imagens térmicas para diagnóstico auxiliar na detecção de pessoas com febre potencial, pode conter ou limitar a propagação de doenças virais como o H1N1 (Influenza A). As imagens térmicas estão sendo usadas pelas autoridades de saúde em todo o mundo para inspeção de passageiros que entram em um país via transporte de massa, e provou-se como um eficaz método de monitoramento.

2.6 FERRAMENTAS DE ANÁLISE ERGONÔMICA

2.6.1 OWAS – *Ovako Working Analysing System*

Segundo a FIOH (2013) o método OWAS consiste na identificação das posturas de trabalho primárias mais comuns de costas, braços, pernas e a manipulação de cargas atribuindo valores e depois os comparando com uma classificação onde existem recomendações, conforme as figuras 13 e 14. Na figura 15, observa-se o percentual de tempo na postura e as correspondentes classificações e recomendações. O OWAS foi desenvolvido na Finlândia, Ovako Oy, em 1973 para descrever a carga de trabalho dos operários.



Figura 13 - Método OWAS

Fonte: Adaptado de FBF (2013)

Costas	Braços	Pernas																							
		1			2			3			4			5			6			7					
		Força			Força			Força			Força			Força			Força			Força					
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

CATEGORIAS DE AÇÃO:

- 1 - Não são necessárias medidas corretivas
- 2 - São necessárias correções em um futuro próximo
- 3 - São necessárias correções tão logo quanto possível
- 4 - São necessárias correções imediatas

Figura 14 - Identificação das categorias de postura

Fonte: Adaptado de FBF (2013)

POSTURA		% DE TEMPO NA POSTURA									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Costas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	4	1 2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
Braços	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
Pernas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	4	1 2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	5	1 2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	7	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
CATEGORIAS DE AÇÃO:											
1 - Não são necessárias medidas corretivas											
2 - São necessárias correções em um futuro próximo											
3 - São necessárias correções tão logo quanto possível											
4 - São necessárias correções imediatas											

Figura 15 - Percentual de tempo na postura

Fonte: Adaptado de FBF (2013)

2.6.2 Novo *Check-List* de Couto - Risco para membros superiores

Segundo Couto (2012, p.71-72) o método consiste na observação da atividade e atribuição de valores predefinidos para posteriormente realizar a soma destes valores e a interpretação através de legenda no próprio *check-list*, conforme demonstrado no Apêndice A.

2.6.3 RULA – *Rapid Upper Limb Assessment*

Segundo a Osmond (2013) o RULA é um método de pesquisa desenvolvido para uso em investigações ergonômicas nos locais de trabalho, onde são relatadas perturbações relacionadas ao trabalho em membros superiores. É uma ferramenta de triagem que avalia a carga biomecânica e postural em todo o corpo, com especial atenção para o pescoço, tronco e membros superiores.

De acordo com a Osmond (2013) o RULA possibilita ainda a avaliação separada dos lados direito e esquerdo do corpo. A avaliação através do método RULA requer pouco tempo e gera uma lista de ações que indica o nível de

intervenção necessário para reduzir os riscos de lesão devido à carga física do operador, conforme pode ser observado no Apêndice B.

3 METODOLOGIA

3.1 CENÁRIO DA PESQUISA E METODOLOGIA DE ANÁLISE ERGONÔMICA

Este estudo foi aplicado em uma montadora de veículos da região de Curitiba, em uma área específica de montagem e soldagem de componentes para a fabricação de cabines de caminhões semipesados, mais especificamente uma peça chamada de lateral esquerda, onde três trabalhadores executam a atividade diariamente em revezamento de turno, sendo montadas dezesseis peças por turno em regime de trabalho de quarenta horas semanais.

A atividade consiste em retirar peças de um carrinho, montá-las no dispositivo para soldagem, aplicar adesivo em algumas partes utilizando um dispositivo pneumático específico e depois, realizar um processo de solda a ponto. Após, os subconjuntos são transportados até a próxima estação não contemplada neste estudo.

A função analisada foi a de Operador, devido às características qualitativas de maior esforço para a execução da atividade.

Os dados foram coletados em um dia típico de trabalho, no início da jornada pela manhã, com consentimento do trabalhador a atividade foi filmada para posterior aplicação das ferramentas de análise ergonômica e as imagens termográficas foram obtidas para comprovação do método. Para as imagens termográficas, foi utilizado um equipamento termovisor Flir, modelo E50 com resolução de 43.200 pixels, sensibilidade térmica $<0,05^{\circ}\text{C}$, precisão de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ou $\pm 2\%$ da leitura, *range* de temperatura de -20°C até 650°C e taxa de amostragem de 60 Hz.

O ambiente encontrava-se com temperatura efetiva de 20°C e umidade relativa de 75%, medidos através de um equipamento medidor de estresse térmico da marca Quest, modelo Temp32.

A distância utilizada para a obtenção das imagens termográficas foi de 2m do trabalhador.

As imagens termográficas foram obtidas com o trabalhador vestindo seu uniforme de trabalho, sendo composto por camisa confeccionada com algodão 100%, colete e calça de couro para proteção contra fagulhas e partes cortantes de

chapas. Além destas proteções, o trabalhador utilizava óculos de proteção, protetor auricular, luvas e mangas com fios de aço (anticorte), luvas de raspa de couro, calçado de segurança com biqueira de aço e boné.

Para o desenvolvimento da análise ergonômica foram utilizadas as ferramentas abaixo:

- a) OWAS – *Ovako Working Analysing System*;
- b) Novo *Check-List* de Couto - Risco para membros superiores;
- c) RULA – *Rapid Upper Limb Assessment*;
- d) Termografia.

Esta análise tem como foco avaliar os membros superiores, verificar as prováveis situações que possam gerar desde desconfortos até lesões aos trabalhadores de uma atividade de soldagem em uma montadora de veículos utilizando ferramentas de análise ergonômica tradicional e no final, aplicar um processo de termografia.

Estas ferramentas foram selecionadas em função de terem como objetivo comum, a análise de membros superiores, sendo que o OWAS visa uma análise primária para identificação da predominância ou não de situações a serem estudadas em membros superiores ou inferiores.

O Novo *Check-list* de Couto que foi aplicado é uma versão beta (25/06/2012), mas, permite uma análise bastante confiável do risco de distúrbios e lesões em membros superiores e pode ser observado no Apêndice A, já devidamente preenchido.

O RULA é específico, sendo considerado como ferramenta complementar para membros superiores e detalhamento dos possíveis pontos de lesão. No Apêndice B, pode ser visualizado o formulário do RULA devidamente preenchido com os dados coletados em campo e os resultados da avaliação dos lados direito e esquerdo. Este formulário é encontrado na página eletrônica da *Osmond Ergonomics*, cujo preenchimento deve ser realizado eletronicamente após a coleta de dados em campo e por fim, os resultados são visualizados.

A última etapa foi compreendida pela captação das imagens termográficas para validação dos itens apontados nas demais ferramentas de análise ergonômica durante a realização das atividades normais do trabalhador.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE INDIVIDUAL DAS FERRAMENTAS UTILIZADAS

4.1.1 Método OWAS

Analisando-se a figura 16 é possível observar os valores e as ações necessárias.

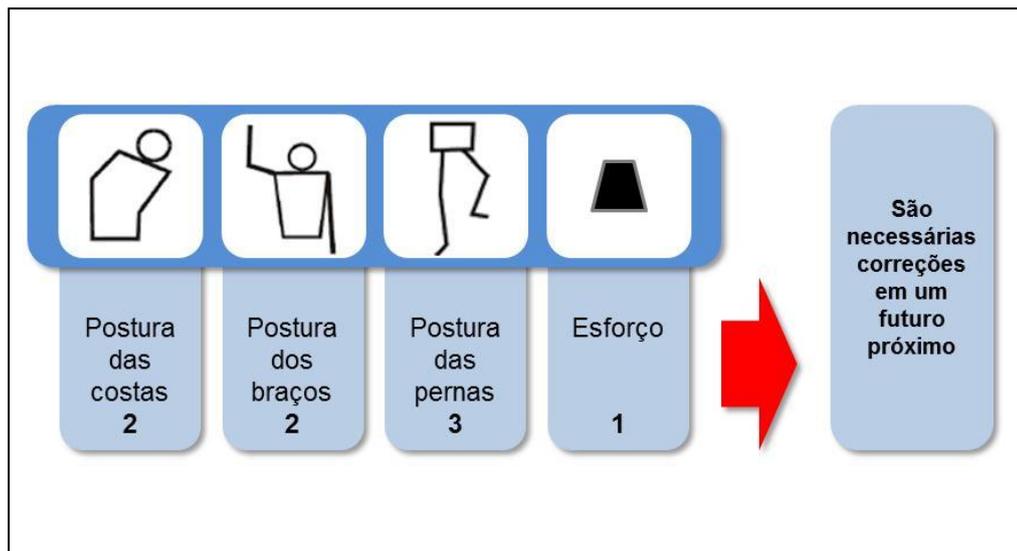


Figura 16 - Resultado da aplicação do Método OWAS na atividade de operador

Fonte: O autor (2013)

Através da análise da aplicação do OWAS observou-se que para a postura de costas, o valor atribuído foi dois, indicando uma postura inclinada de tronco, situação que pode causar desconforto ou dor dependendo do tempo mantido nesta posição.

Para os braços, o valor atribuído foi dois, indicando, que um dos braços está no nível ou acima da linha dos ombros, situação que pode ocasionar desconforto,

dor e fadiga rapidamente em função do tempo e principalmente se houver movimento com ou sem esforço, sendo pior se houver esforço.

Na postura de pernas, o valor atribuído foi de três, indicando que o trabalhador está de pé, com uma das pernas esticadas e conseqüentemente com o peso apoiado sobre esta, condição que pode resultar em desconforto e dor em função do tempo mantido nesta posição.

Para a avaliação do item de esforço, o valor atribuído foi um, indicando uma carga não superior a dez quilogramas, o que pode ser favorável para esta atividade levando-se em conta o esforço de tronco e pernas, porém, se houver esforço de braços, isto pode ser um fator que ocasionará desconforto ou dor ao trabalhador independente do tempo mantido.

Atribuindo-se o percentual de tempo mantido na atividade de trinta por cento para a postura de costas e quarenta por cento para braços, obteve-se o resultado de que são necessárias correções em um futuro próximo.

Para pernas, o valor atribuído de trinta por cento representa que não são necessárias medidas corretivas, ou seja, é muito provável que não haja problemas nesta atividade que venham a comprometer membros inferiores, porém, já para membros superiores, o diagnóstico indica necessidades de correção.

4.1.2 Método do Novo *Check-list* de Couto

Através da análise da aplicação do Novo *Check-list* de Couto para membros superiores, basicamente observou-se a exigência da atividade enfatizando a utilização de força de alta intensidade nas mãos e membros superiores em tempo maior que cinquenta por cento do ciclo, movimentação de carga em postura ruim (mesmo com o manuseio do equipamento de solda a ponto auxiliado por balancin¹), desvio postural nítido de punho e de ombro, esforços estáticos com o corpo mantido fora do eixo vertical e pescoço inclinado. Foi possível observar também que há

¹ Balancin: Dispositivo mecânico que auxilia o operador aliviando a carga do equipamento e facilitando a sua movimentação.

alternância de grupamentos musculares e o tempo de recuperação de fadiga² pode atender as necessidades da tarefa. O resultado dos dados obtidos na aplicação do *check-list* foi de quatro pontos indicando como situação compatível com DDF – Desconforto, Dificuldade ou Fadiga e com pouca probabilidade de ocorrência de lesões em membros superiores.

4.1.3 Método RULA – *Rapid Upper Limb Assessment*

Através da análise da aplicação do RULA nos dois lados do corpo (separadamente), observou-se que na avaliação do lado direito (*right side*) no item que se refere à parte de cima do braço (*right upper arm*) o trabalhador realiza as atividades com elevação do braço acima da linha dos ombros e suporta carga (equipamento de solda a ponto auxiliado por balancin), condição desfavorável se frequente e/ou mantida por algum tempo.

Para o item que se refere ao antebraço (*right lower arm*) foram identificados movimentos de deslocamento vertical o que a princípio não representa maiores complicações.

No item referente ao punho (*right wrist*), foi identificada uma situação de desvio radial do punho, podendo ser compatível com desconforto e algum tipo de dor se conciliado com carga ao longo do tempo.

Para o item de torção do punho (*right wrist twist*) não foi identificado nenhum desvio que pudesse comprometer a condição ergonômica do trabalhador.

Para força e carga no lado direito (*force & load for the right side*), foi identificada qualitativamente uma intermitência de levantamento de carga (equipamento de solda a ponto auxiliado por balancin).

Quanto à utilização de músculos (*muscle use*) a condição refere-se a uma postura com predominância estática realizada por mais de um minuto ou repetida mais de quatro vezes por minuto, situação compatível com desconforto ou dor em função da exigência.

² Tempo de recuperação de fadiga: Tempo em que o trabalhador tem para recuperar a energia nos músculos originado através de pausas e/ou variação de movimentos e/ou esforço em grupos musculares.

Na avaliação do lado esquerdo (*left side*), observou-se que no item referente à parte de cima do braço (*left upper arm*) o trabalhador realiza as atividades sem elevação do braço acima da linha dos ombros e não suporta carga, condição favorável ergonomicamente.

Na análise referente ao antebraço (*left lower arm*) foram identificados movimentos de deslocamento vertical o que a princípio não representa maiores complicações.

Para o item referente ao punho (*left wrist*), foi identificada uma situação de desvio ulnar do punho, podendo ser compatível com desconforto e algum tipo de dor ao longo do tempo.

No item de torção do punho (*left wrist twist*) não foi identificado nenhum desvio que pudesse comprometer a condição ergonômica do trabalhador.

Para força e carga no lado esquerdo (*force & load for the left side*), foi identificada qualitativamente uma intermitência de levantamento de carga (equipamento de solda a ponto auxiliado por balancin), situação não relevante para membros inferiores.

Quanto à utilização de músculos (*muscle use*) a condição refere-se a uma postura com predominância estática realizada por mais de um minuto ou repetida mais de quatro vezes por minuto, situação compatível com algum desconforto.

Na avaliação de pescoço (*neck*), pode-se afirmar que existe a predominância de flexão, com torção (*neck twist*) e inclinação (*neck side-bend*), situação compatível com desconforto e possível dor.

Avaliando o tronco (*trunk*), percebe-se uma leve inclinação para frente, acompanhada de torção (*trunk twist*) e inclinação lateral (*trunk side-bend*) durante a execução das atividades, situação também compatível com desconforto ou dor ao longo do tempo.

Na avaliação de pernas (*legs*), não foi identificado nenhum desvio, pois, pernas e pés estão em posição equilibrada (duas pernas com peso uniformemente distribuído).

No item de força e carga para pescoço, tronco e pernas (*force & load for the neck, trunk and legs*) foi considerada qualitativamente uma intermitência de levantamento de carga (equipamento de solda a ponto auxiliado por balancin), situação não relevante para membros inferiores.

Quanto à utilização de músculos (*muscle use*) em membros inferiores, a condição refere-se a uma postura com predominância estática realizada por mais de um minuto ou repetida mais de quatro vezes por minuto, situação compatível com a geração de algum desconforto.

De acordo com a análise realizada e os resultados apresentados, a pontuação foi igual a sete (dado gerado pelo *software* da Osmond após a inserção dos dados) indicando que uma investigação e mudanças são necessárias imediatamente.

O formulário preenchido e os resultados encontram-se no Apêndice B.

4.1.4 Método termográfico

Aplicando o método termográfico nas partes do corpo (costas e ombros) em que os demais métodos de análise ergonômica (OWAS, Novo *Check-list* de Couto e RULA) indicaram maior potencial de desconforto ou dor, observou-se que é possível identificar através da análise das imagens térmicas, pontos de maior temperatura mesmo sobre as vestimentas, conforme demonstrado na figura 17.

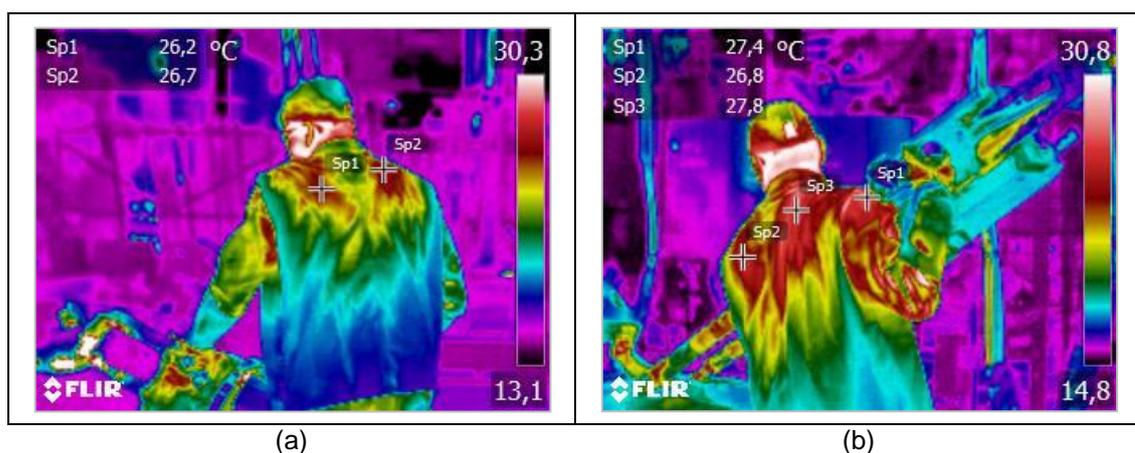


Figura 17 - Imagens termográficas do operador executando solda a ponto

Fonte: Imagem gerada pelo *software* Flir Tools (2013)

Os pontos indicados na figura 17 referem-se a uma maior irrigação sanguínea e conseqüentemente aumento de temperatura em função da maior exigência muscular naqueles pontos.

Na figura 18 (a) pode ser observado um comparativo entre o operador executando suas atividades de solda a ponto e um observador, onde as temperaturas denominadas Sp1 (26,9°C) e Sp2 (26,7°C) demonstram maior temperatura em relação aos pontos Sp3 (24,9°C) e Sp4 (25,5°C).

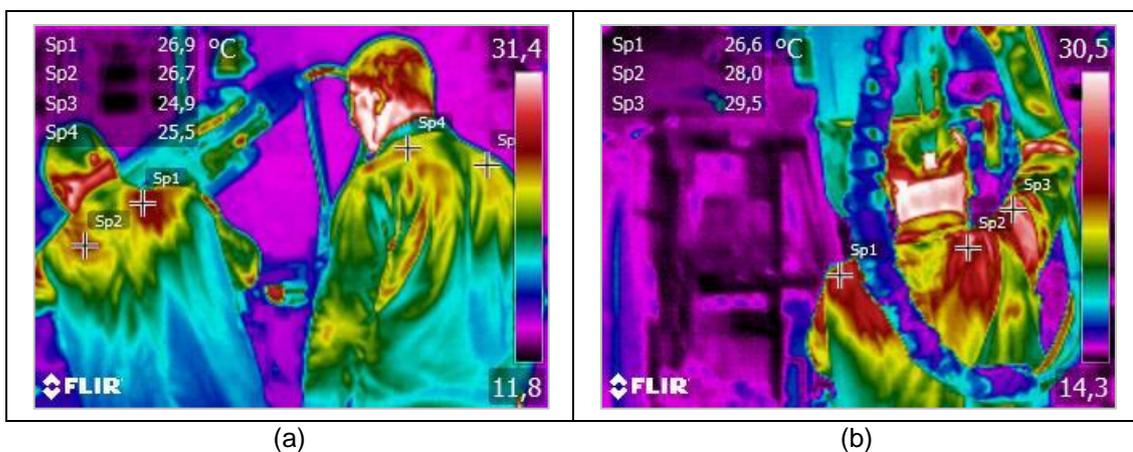


Figura 18 - Imagens termográficas comparativas do operador executando solda a ponto e outra pessoa em repouso e operador com braço acima da linha dos ombros

Fonte: Imagem gerada pelo software Flir Tools (2013)

Na figura 18 (b), observa-se o operador com o braço acima da linha dos ombros e os pontos de temperatura denominados de Sp1 (26,6°C), Sp2 (28,0°C) e Sp3 (29,5°C) demonstram um aumento de temperatura na região de maior esforço na musculatura do trabalhador (ombro direito e costas).

A figura 19 demonstra a exigência postural inclinada de tronco com tendência de sobrecarga de ombro direito onde se observa uma temperatura de Sp1_a (26,5°C) e Sp1_b (27,6°C) maiores que Sp2_a (25,4°C) e Sp2_b (25,2°C).

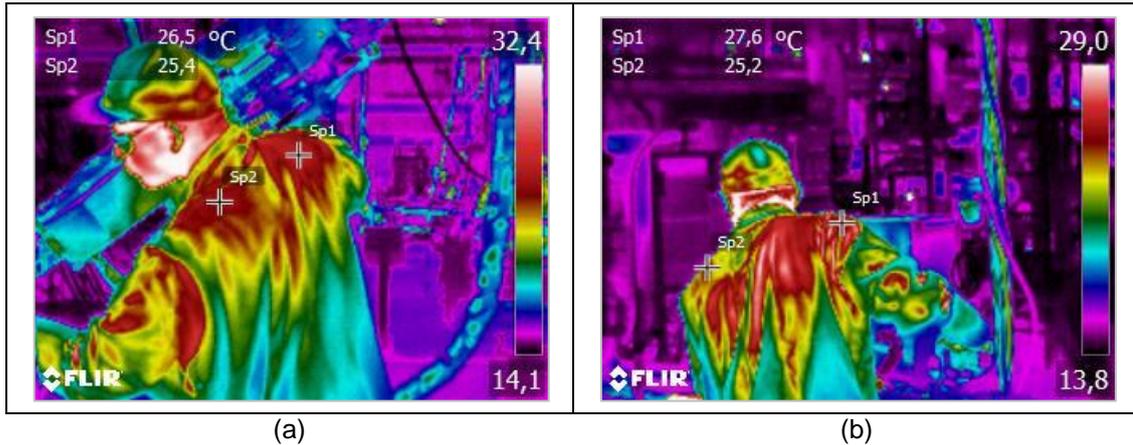


Figura 19 - Imagens termográficas demonstrando o aumento de temperatura no ombro direito do operador executando solda a ponto

Fonte: Imagem gerada pelo *software* Flir Tools (2013)

Observa-se na figura 20, um comparativo das costas de um operador (figura 20a) de equipamento de solda a ponto capturada após uma hora e vinte e seis minutos de trabalho em um dia típico e um observador (figura 20b) após uma hora de trabalho administrativo.

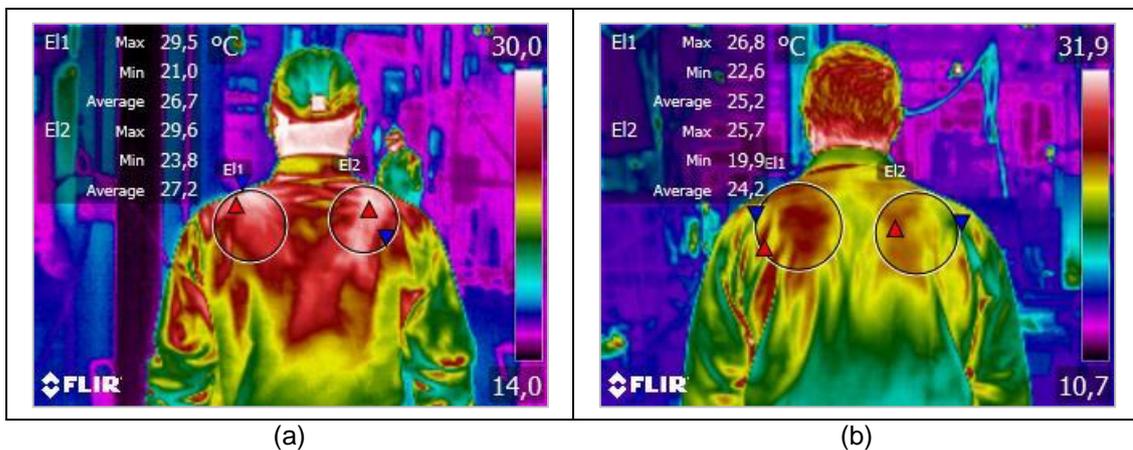


Figura 20 - Imagens termográficas comparativas das costas de um operador e um observador

Fonte: Imagem gerada pelo *software* Flir Tools (2013)

É possível identificar na figura 20 (a), que os valores das medições de temperaturas denominadas E1 e E2, são superiores aos valores das medições da figura 20 (b).

A causa mais provável deste aumento de temperatura nos membros superiores é a exigência muscular da atividade (neste caso a operação do equipamento de solda a ponto), enfatizando ainda, o lado direito do corpo e mais especificamente o trapézio e ombro, possivelmente devido à necessidade de elevação do braço acima da linha dos ombros e a sustentação de carga.

4.2 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS

Da análise das ferramentas de avaliação ergonômica tradicionais utilizadas, observou-se certa divergência.

O método OWAS, determina que são necessárias correções em um futuro próximo para membros superiores, em função da atividade ser realizada com tronco inclinado e um braço acima da linha dos ombros em grande parte do tempo. Já o método do Novo *Check-list* de Couto enfatizou o uso de força de alta intensidade nas mãos e membros superiores, movimentação de carga em postura ruim, desvio postural nítido de punho e de ombro, esforços estáticos, corpo mantido fora do eixo vertical e pescoço inclinado, porém, com alternância de grupos musculares, viabilizando o tempo de recuperação de fadiga e o resultado desta avaliação indica a compatibilidade com desconforto, dificuldade ou fadiga com pouca probabilidade de ocorrência de lesões em membros superiores.

Desta forma, comparando-se o OWAS com o Novo *Check-list* de Couto, é possível observar que o OWAS é um método mais simples e menos específico, pois, ele visa apenas direcionar e não se aprofunda no problema, em se tratando de membros superiores.

O RULA apresentou condições desfavoráveis no item que avalia a elevação do braço direito acima da linha dos ombros, punho direito com desvio radial podendo apresentar dor se mantido por muito tempo e/ou conciliado com carga, punho esquerdo com desvio ulnar compatível com dor ao longo do tempo, tronco com inclinação para frente e pescoço com flexão e torção, ambos podendo ocasionar desconforto ou dor e outra condição, de apresentar dor muscular em virtude de uma postura com predominância estática por exigência das atividades, tendo como resultado a necessidade de investigação e mudanças imediatamente.

Observou-se que o RULA é mais preciso para membros superiores que os outros dois métodos e o resultado apontou a necessidade de mudanças imediatas no posto de trabalho avaliado.

A análise termográfica complementou e validou os apontamentos dos outros métodos. Como se pode observar, os métodos tradicionais de análise ergonômica são mais qualitativos e dependem muito da percepção e experiência de quem avalia para uma melhor eficiência.

Entendeu-se que a termografia se torna relevante para o estudo ergonômico e prevenção de lesões e doenças no trabalho.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho de avaliação ergonômica foi de fundamental importância para o conhecimento mais aprofundado das ferramentas de análise ergonômica tradicionais (OWAS, Novo *Check-list* de Couto e RULA). Estas ferramentas foram aplicadas e comparadas entre si e posteriormente validadas com uma tecnologia termográfica não utilizada rotineiramente no meio ocupacional.

A análise ergonômica com os métodos tradicionais evidenciou a divergência da informação entre eles, a forma mais qualitativa, com menor precisão e dependente de variáveis de difícil controle, como percepção e experiência do avaliador.

A aplicação da termografia na análise ergonômica possibilitou a quebra do paradigma do emprego do método somente para diagnósticos industriais e inovou em conceito de utilização desta tecnologia pouco explorada no meio ocupacional para a prevenção de lesões e doenças. A termografia demonstrou que podem ser mensurados pontos de exigência muscular.

Com base nos resultados obtidos recomenda-se a aplicação da termografia como complemento em estudos ergonômicos para validação dos apontamentos das ferramentas tradicionais.

É recomendável um aperfeiçoamento no estudo da tecnologia termográfica para utilização em fins ocupacionais, determinação de métodos e parâmetros específicos, desenvolvimento e controle das variáveis existentes.

REFERÊNCIAS

BAÚ, Lucy M. S. **Fisioterapia do trabalho: ergonomia, legislação, reabilitação.** 20ª ed. Curitiba: Clãdosilva, 2002.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Manual de aplicação da norma regulamentadora nº 17.** 2ª ed. 101 p. Brasília: 2002. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/geral/manual-de-aplicacao-da-norma-regulamentadora-n-17.htm>> Acesso em 25 ago. 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portal do trabalho e emprego.** Brasília: 2013. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr_17.pdf> Acesso em 24 ago. 2013.

BRIOSCHI, Marcos L. **Metodologia de normalização de análise do campo de temperaturas em imagem infravermelha humana.** 2011. 115 p. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

COUTO, Hudson de A. **Como implantar ergonomia na empresa: A prática dos comitês de ergonomia.** Ilustrado por Ricardo Sá. Belo Horizonte: Ergo, 2002.

COUTO, Hudson de A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: Conteúdo básico para pessoal técnico, chefias e supervisores.** Belo Horizonte: Ergo, 2011.

COUTO, Hudson de A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: Manual técnico da máquina humana.** Volume 1. Belo Horizonte: Ergo, 1995.

COUTO, Hudson de A. **Ergonomia.** 2012. 59 p. Apostila. Módulo 04. Curso de formação de consultores internos em ergonomia. Belo Horizonte, 2012.

COUTO, Hudson de A. **Ergonomia.** 2012. 72 p. Apostila. Módulo 02. Curso de formação de consultores internos em ergonomia. Belo Horizonte, 2012.

FBF, Sistemas. **Ergolândia.** 2013. Disponível em: <<http://www.fbfsistemas.com/ergonomia.html>> Acesso em 15 set. 2013.

FIOH. *Finnish Institute of Occupational Health. Well-being through work.* 2013. Disponível em: <http://www.ttl.fi/en/ergonomics/methods/workload_exposure_methods/table_and_methods/Documents/OWAS.pdf> Acesso em 26 out. 2013.

FLIR. *The world leader in thermal imaging.* 2013. Disponível em: <<http://www.flir.com/br/>> Acesso em 01 set. 2013.

FLUKE. *Ferramentas online de termografia.* 2013. Disponível em: <<http://www.fluke.com/fluke/brpt/Solutions/TI/ferramentas-online-de-termografia.htm>> Acesso em 01 set. 2013.

FUNDACENTRO. *Curso de engenharia de segurança do trabalho.* 6v. São Paulo: Fundacentro, 1981.

GRANDJEAN, Etienne. *Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.* 4ª ed. Trad. João Pedro Stein. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

HALLIDAY, David; RESNIK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos de física 4: Ótica e física moderna.* 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995.

IIDA, Itiro. *Ergonomia: projeto e produção.* 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2005.

KROEMER, K. H. E; GRANDJEAN, Etienne. *Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.* 5ª ed. Trad. Lia Buarque de Macedo Guimarães. Porto Alegre: Bookman, 2005.

OSMOND, *Ergonomics. RULA – Rapid Upper Limb Assessment.* 2013. Disponível em: <<http://www.rula.co.uk/index.html>> Acesso em 15 set. 2013.

SALIBA, Tuffi M. *Curso básico de segurança e higiene ocupacional.* São Paulo: LTr, 2004.

TECNOLASS. *Curso de termografia nível I e II.* 2013. 147 p. Apostila. São Paulo, 2013.

THIBODEAU, Gary A.; PATTON, Kevin T. *Estrutura e função do corpo humano.* 11. ed. Tradução: Fernando Gomes do Nascimento. São Paulo: Manole, 2002.

XAVIER, Antonio A. de P. **Ergonomia**. 2013. 80 p. Apostila. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Novo Check-list de Couto – Risco para membros superiores

NOVO CHECK-LIST DE COUTO – RISCO PARA MEMBROS SUPERIORES VERSÃO BETA (25/06/2012)

EMPRESA: <i>Montadora de veículos</i>	DATA: <i>26/08/2013</i>	TURNO: <i>1º</i>
NOME:	FUNÇÃO: <i>Operador</i>	
PROCESSO: <i>Soldagem</i>	LOCAL: <i>Linha semipesado</i>	OPERAÇÃO: <i>Lateral esquerda</i>
AVALIADOR (ES): <i>Picardo A. B. Padilha</i>		
DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: <i>Retirar as peças do carrinho de kit e montá-las no dispositivo de solda.</i> <i>Soldar as peças com máquina de solda ponto During.</i> <i>Transportar os subconjuntos entre os dispositivos e até a próxima estação.</i> <i>Obs: Em algumas peças é necessário aplicar adesivo com dispositivo próprio.</i> <i>Montagem de 16 laterais por dia (jornada de 8h/dia).</i>		

ITEM	DESCRIÇÃO		
1	Os movimentos são desenvolvidos em alta velocidade?	Não (0) ✓	Sim (1)
2	Há diversificação de movimentos durante o ciclo e essa diversificação ocupa mais que 30% do ciclo de trabalho?	Sim (0) ✓	Não (1)
3	O ciclo de trabalho dura menos que 30 segundos?	Não (0) ✓	Sim (1)
4	A atividade exige: <input type="checkbox"/> Força nítida das mãos e membros superiores (1) <input checked="" type="checkbox"/> Força de alta intensidade das mãos e membros superiores (2) Caracterização de força de alta intensidade: - Esforços feitos aos arrancos; - Mudança na expressão facial; - Uso do tronco, ombros e outros grupamentos musculares para viabilizar o esforço; - Esforço sob a forma de pinça pulpar, pinça lateral ou pinça palmar fazendo força.	Não (0)	Sim (1) Sim (2) ✓
5	O esforço citado no item anterior é mais frequente que 8 vezes por minuto ou dura mais que 50% do ciclo?	Não (0)	Sim (1) ✓
6	O trabalhador tem que mover carga (sustentando-a totalmente) e o valor da multiplicação do peso da carga (em kg) x distância (em m) x número de vezes por hora (n) é maior que 125? É enquadrado numa das seguintes categorias: - Valor menor que 125 (0); - Valor maior que 125 em boa postura (1); - Valor maior que 125 em postura ruim (2) ✓ - Valor maior que 500 em boa postura (2); - Valor maior que 500 em postura ruim (3). Caracterização de boa postura ao mover carga: - Movimenta o peso estando de pé, com a coluna na vertical e carga próxima ao corpo. Caracterização de postura ruim ao mover carga: - Trabalhando sentado; - Movimenta o peso em posição de pé, porém com postura forçada da coluna vertebral. ✓	Não (0)	Sim (1) Sim (2) ✓ Sim (3)
7	Há desvio postural nítido do punho ou do ombro?	Não (0)	Sim (1) ✓
8	O desvio postural citado no item anterior ocorre em mais que 25% dos ciclos e dura mais que 50 % do ciclo?	Não (0) ✓	Sim (1)

APÊNDICE A – Novo *Check-list* de Couto – Risco para membros superiores (cont.)

ITEM	DESCRIÇÃO		
9	Há algum dos esforços estáticos citados a seguir: <input checked="" type="checkbox"/> Corpo mantido fora do eixo vertical – qualquer grau de desvio; <input checked="" type="checkbox"/> Pescoço mantido inclinado ou torcido em desvio fixo; <input type="checkbox"/> Pescoço mantido estendido ou fletido em desvio fixo; <input checked="" type="checkbox"/> Sustentação de cargas com os membros superiores para evitar que se movimentem; <input type="checkbox"/> Sentado, tendo que utilizar a contração dos músculos do tronco para manter-se na posição; <input type="checkbox"/> Atividade que requeira acuidade visual intensa para perto; <input type="checkbox"/> Trabalho de alta precisão; <input type="checkbox"/> Trabalho sentado em posto de trabalho informatizado em condições medianas ou ruins; <input checked="" type="checkbox"/> Braços mantidos acima do nível dos ombros; <input type="checkbox"/> Braços suspensos, sem movimentação; <input type="checkbox"/> Antebraços suspensos, sem movimentação.	Não (0)	Sim (1) ✓
10	Há utilização de alguma ferramenta vibratória citada a seguir e sua utilização ocorre durante mais que 10% do ciclo? <input type="checkbox"/> Perfuratriz de mineração; <input type="checkbox"/> Compactador de solo; <input type="checkbox"/> Parafusadeira com impacto; <input type="checkbox"/> Furadeira de impacto; <input type="checkbox"/> Desincrustadora; <input type="checkbox"/> Torqueadeira de impulso; <input type="checkbox"/> Torqueadeira angular; <input type="checkbox"/> Motosserra; <input type="checkbox"/> Martelete pneumático de desmonte ou quebra de cimento ou asfalto; <input type="checkbox"/> Martelete pneumático de rebarbação de peças; <input type="checkbox"/> Martelete de rebitar; <input type="checkbox"/> Torqueadeira de impacto.	Não (0) ✓	Sim (1)
11	O ritmo de trabalho é apertado?	Não (0) ✓	Sim (1)
12	Há rodízio nas tarefas e nesse rodízio há alternância de grupamentos musculares envolvidos?	Sim (-1) ✓	Não (1)
13	Há tempos pré-estabelecidos de recuperação de fadiga ou a taxa de ocupação em uma hora ou em um turno é menor que 80%? Caracterização: Somando-se os tempos de pausas regulares, pausas curtíssimas, atividades de baixa exigência ou pausas irregulares habituais, esse tempo é maior que 20% em cada hora ou na jornada?	Sim (-2) ✓	Não (1)
	TOTAL	7 - 3 = 4	

INTERPRETAÇÃO:

- 0 a 3 pontos: Ação técnica normal – Baixo risco de LER¹/DORT² em membros superiores
 → 4 a 6 pontos: Situação compatível com DDF³ – Pouco provável a ocorrência de lesões
 7 a 9 pontos: Risco de DORT/LER
 10 ou mais pontos: Alto risco de DORT/LER

¹ LER – Lesão por Esforço Repetitivo

² DORT – Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho

³ DDF – Desconforto, Dificuldade ou Fadiga

27ª CEEST – Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho – agosto/2013

APÊNDICE B – Formulário do método RULA

RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT		
Client: <i>Montadora de veículos</i>	Date/time: <i>26/08/2013</i>	Assessor: <i>Ricardo Padilha</i>

Right Side:						
Right Upper Arm						<input checked="" type="checkbox"/> Shoulder is raised <input checked="" type="checkbox"/> Upper arm is abducted <input checked="" type="checkbox"/> Leaning or supporting the weight of the arm
Right Lower Arm					<input type="checkbox"/> Working across the midline of the body or out to the side	
Right Wrist						<input type="checkbox"/> Wrist is bent away from midline <small>Select if wrist is bent away from midline</small>
Right Wrist Twist			Force & Load for the Right hand side SELECT ONLY ONE OF THESE: <input type="checkbox"/> No resistance <input type="checkbox"/> less than 2kg intermittent load or force <input checked="" type="checkbox"/> 2-10kg intermittent load or force <input type="checkbox"/> 2-10kg static load <input type="checkbox"/> 2-10kg repeated loads or forces <input type="checkbox"/> 10kg or more intermittent load or force <input type="checkbox"/> 10kg static load <input type="checkbox"/> 10kg repeated loads or forces <input type="checkbox"/> Shock or forces with rapid build-up			
Muscle Use		<input checked="" type="checkbox"/> Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute				

Left Side:						
Left Upper Arm						<input checked="" type="checkbox"/> Shoulder is raised <input checked="" type="checkbox"/> Upper arm is abducted <input checked="" type="checkbox"/> Leaning or supporting the weight of the arm
Left Lower Arm					<input type="checkbox"/> Working across the midline of the body or out to the side	
Left Wrist						<input type="checkbox"/> Wrist is bent away from midline <small>Select if wrist is bent away from midline</small>
Left Wrist Twist			Force & Load for the Right hand side SELECT ONLY ONE OF THESE: <input type="checkbox"/> No resistance <input type="checkbox"/> less than 2kg intermittent load or force <input checked="" type="checkbox"/> 2-10kg intermittent load or force <input type="checkbox"/> 2-10kg static load <input type="checkbox"/> 2-10kg repeated loads or forces <input type="checkbox"/> 10kg or more intermittent load or force <input type="checkbox"/> 10kg static load <input type="checkbox"/> 10kg repeated loads or forces <input type="checkbox"/> Shock or forces with rapid build-up			
Muscle Use		<input checked="" type="checkbox"/> Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute				

APÊNDICE B – Formulário do método RULA (cont.)

Neck					
Neck Twist					
Neck Side-bend					
Trunk					
Trunk Twist					
Trunk Side-bend					
Legs		Legs and feet are well supported and in an evenly balanced posture.		Legs and feet are NOT evenly balanced and supported.	
Force & Load for the neck, trunk and legs	SELECT ONLY ONE OF THESE: <input type="checkbox"/> No resistance <input type="checkbox"/> less than 2kg intermittent load or force <input checked="" type="checkbox"/> 2-10kg intermittent load or force <input type="checkbox"/> 2-10kg static load <input type="checkbox"/> 2-10kg repeated loads or forces <input type="checkbox"/> 10kg or more intermittent load or force <input type="checkbox"/> 10kg static load <input type="checkbox"/> 10kg repeated loads or forces <input type="checkbox"/> Shock or forces with rapid build-up				
Muscle Use	<input checked="" type="checkbox"/> Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute				
<p>Whilst COPE Occupational Health and Ergonomic Services Ltd (COPE) and Osmond Group Limited (Osmond) have taken every care in preparing this resource, it must be used according to the guidelines based on the original article* by Prof E.N. Corlett and Dr L. McAtamney.</p> <p>No responsibility will be taken by COPE or Osmond in the use of this resource.</p> <p>RULA provides a score of a snapshot of the activity as part of a rapid screening tool. The user should refer to the original article* to check the detail of the scoring and correct use of RULA scores. Further investigation and actions may be required.</p> <p>For further information on methodology, please refer to our on-line guidance at www.rula.co.uk or refer to: McAtamney, L and Corlett, E.N. Reducing the risks of work related upper limb disorders - A guide and methods. Published by: Institute for Occupational Ergonomics, University of Nottingham, Nottingham NG7 2RD, UK. (1992). Tel: +44 (0)115 9514005 for details.</p> <p>*McAtamney, L. and Corlett, E.N. "RULA - A survey method for investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99</p>					

COPE



