

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ALINE SIAS FRANCHINI**

**A UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA NA ANÁLISE  
MACROERGONÔMICA DA ATIVIDADE DE REBOCO DE TETO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CURITIBA**

**2017**

**ALINE SIAS FRANCHINI**

**A UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA NA ANÁLISE  
MACROERGONÔMICA DA ATIVIDADE DE REBOCO DE TETO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai

**CURITIBA**

**2017**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**

---

F816u Franchini, Aline Sias  
2017 A utilização da termografia na análise macroergonômica na atividade de reboco de teto / Aline Sias Franchini.-- 2017.  
138 f.: il.; 30 cm.

Texto em português, com resumo em inglês.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Curitiba, 2017.  
Bibliografia: p. 120-128.

1. Ergonomia. 2. Músculos - Doenças. 3. Postura humana. 4. Termografia. 5. Pedreiros. 6. Construção civil. 7. Engenharia civil - Dissertações. I. Catai, Rodrigo Eduardo. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDD: Ed. 22 -- 624

**TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº \_\_\_\_\_**

A Dissertação de Mestrado intitulada “A Utilização da Termografia na Análise Macroergonômica na Atividade de Reboco de Teto”, defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) Aline Sias Franchini, no dia 30 de maio de 2017, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Construção Civil, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof(a). Dr(a). Rodrigo Eduardo Catai - Presidente - UTFPR

Prof(a). Dr(a). Cezar Augusto Romano - UTFPR

Prof(a). Dr(a). Esequiel Biasi Rodrigues – Volvo do Brasil

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 30 de maio de 2017.

Carimbo e Assinatura do(a) Coordenador(a) do Programa

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida.

A minha família, e aos meus amigos pelo incentivo e compreensão.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela oportunidade de aprendizado e crescimento pessoal e profissional.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai pelo apoio, ensinamentos, orientações e ajuda durante todo o desenvolvimento desta pesquisa.

A Prof<sup>a</sup>. Karina Querne de Carvalho Passig e Prof. Alfredo Iarozinski Neto por toda a dedicação na orientação metodológica.

A todos os professores do curso, pelos conhecimentos passados.

Agradeço aos professores e examinador externo, da banca examinadora, pela atenção e contribuição dedicadas a esta pesquisa.

A empresa pesquisada e a técnica em segurança do trabalho, por abrir as portas e fornecer todas as informações solicitadas.

Aos meus amigos pelo apoio técnico e envolvimento dedicado a esta pesquisa.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta.

## EPÍGRAFE

“em qualquer parte do corpo onde houver excesso de calor ou frio, a doença estará  
lá para ser descoberta.”  
Hipócrates de Cós, pai da medicina, 400 A.C.

## RESUMO

FRANCHINI, Aline Sias. **A UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA NA ANÁLISE MACROERGONÔMICA NA ATIVIDADE DE REBOCO DE TETO**. 2017. 139 folhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

As tarefas desempenhadas na indústria da construção civil são na grande maioria, braçais e com certo grau de esforço. Este estudo teve como objetivo principal avaliar a postura e sobrecarga osteomuscular na atividade de reboco de teto, a qual foi relatada como fatigante por muitos trabalhadores. Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizada uma metodologia baseada em entrevistas, aplicação de questionários, filmagem, avaliação de postura de trabalho e sobrecarga muscular através de ferramentas ergonômicas como OWAS (*Ovako Working Posture Analysing System*), Moore Garg (*Stain Index*) e *Checklist* de Couto. Para a avaliação inicial, das zonas dolorosas e da intensidade de dor, utilizou-se o Diagrama de Áreas Dolorosas proposto por Corlett e Manenica, por ser um instrumento de fácil utilização e poder oferecer respostas com relação à existência de dor, sua localização e sua intensidade. Foram avaliadas inicialmente, as posturas dos pedreiros nas atividades de contrapiso, chapisco, traqueamento, azulejista, reboco de teto, requadro, reboco de parede e atividades de servente. Analisou-se as posturas dos mesmos, por meio de registros fotográficos e com a aplicação de ferramentas ergonômicas. Os resultados encontrados mostraram que a atividade do pedreiro rebocando o teto era a atividade mais crítica, pois apresentou um maior grau de desconforto, segundo os trabalhadores e seus riscos biomecânicos. Tendo descoberto qual era a atividade do pedreiro aonde exigia maior sobrecarga e dor/desconforto, partiu-se para a análise termográfica desta atividade em indivíduos em um ambiente controlado, a fim de verificar a eficiência da termografia na detecção de sobrecarga muscular na região do ombro dos voluntários. Os resultados das simulações mostraram que ao realizar o movimento de abdução de ombro direito, posição da atividade de reboco de teto, houve um aumento significativo na temperatura entre os dois ombros bem como o aparecimento de fadiga muscular ao final das 350 repetições do movimento. Ao fim desta pesquisa é possível afirmar que o uso da termografia superficial como ferramenta complementar, apresentou-se como um método eficiente para implantar em um programa ergonômico na empresa, efetuando um trabalho de prevenção, evitando patologias e melhorando a qualidade de vida dos trabalhadores. Pode-se contribuir consideravelmente para a implantação da ergonomia na empresa, a partir do diagnóstico fidedigno aos reais problemas presentes na mesma e muitas vezes ocultos. Conclui-se então, que podem ser mensurados pontos de exigência muscular através da termografia, no fator de prevenção em um ambiente de trabalho na construção civil.

**Palavras chave:** Ergonomia. Termógrafo de superfície. Sobrecarga muscular. Postura.

## ABSTRACT

FRANCHINI, Aline Sias. **THE USE OF THERMOGRAPHY IN ANALYSIS MACROERGONOMIC IN A COMPANY CONSTRUCTION, THE CEILING PLASTER ACTIVITY.** 2017. 139 pages. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Federal Technology University - Paraná. Curitiba, 2017.

The tasks performed in the construction industry are, in the great majority, handy and with a certain degree of effort. This study had as main objective to evaluate the posture and musculoskeletal overload in the activity of ceiling plastering, which was reported as fatiguing by many workers. For the development of the research, a methodology based on interviews, questionnaire application, filming, work posture evaluation and muscular overload was used using ergonomic tools such as OWAS (Ovako Working Posture Analysis System), Moore Garg (Stain Index) and Checklist of Couto. For the initial evaluation of pain zones and pain intensity, the Diagram of Painful Areas proposed by Corlett and Manenica was used as it is an easy-to-use instrument and can offer answers regarding the existence of pain, its location and its intensity. The positions of the masons were evaluated initially in the activities of subfloor, slab, trowel, azulejo, plaster of ceiling, plaster, wall plaster and servant activities. The postures were analyzed through photographic records and the application of ergonomic tools. The results showed that the activity of the bricklayer towing the roof was the most critical activity, since it presented a greater degree of discomfort, according to the workers and their biomechanical risks. Having discovered the activity of the mason where it required greater overload and pain / discomfort, we set out to the thermographic analysis of this activity in individuals in a controlled environment, in order to verify the efficiency of the thermography in the detection of muscular overload in the shoulder region Of volunteers. The results of the simulations showed that when performing the right shoulder abduction movement, position of the ceiling plaster activity, there was a significant increase in the temperature between the two shoulders as well as the appearance of muscular fatigue at the end of the 350 repetitions of the movement. At the end of this research it is possible to affirm that the use of surface thermography as a complementary tool was an efficient method to implant in an ergonomic program in the company, carrying out a prevention work, avoiding pathologies and improving workers' quality of life. One can contribute considerably to the implantation of the ergonomics in the company, from the reliable diagnosis to the real problems present in the same and often hidden. It is concluded that muscular exigency points can be measured through thermography, in the prevention factor in a work environment in the civil construction.

**Keywords :** Ergonomics. Surface thermal imager. Muscular overload. Posture.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de Corlett e Manenica.....	30
Figura 2 – Método <i>Checklist</i> de Couto .....	31
Figura 3 – Método OWAS .....	32
Figura 4 – Ferramenta <i>Moore Garg</i> .....	33
Figura 5 – Caldeirão de Grandjean .....	47
Figura 6 – Questionário Bipolar.....	49
Figura 7 – Esforços musculares estático e dinâmico .....	51
Figura 8 – Articulação gleno umeral.....	58
Figura 9 – Músculos do ombro – vista posterior.....	60
Figura 10 – Músculo deltóide .....	60
Figura 11 – Equilíbrio da temperatura corporal .....	67
Figura 12 – Tipos de radiação.....	78
Figura 13 – Câmera infravermelha Flir.....	92
Figura 14 – Termômetro auricular .....	92
Figura 15 – Termômetro de globo, bulbo seco e bulbo úmido .....	93
Figura 16 – Intensidade de dor/desconforto em braço direito .....	95
Figura 17 – Intensidade 4 de dor/desconforto nos segmentos do corpo.....	95
Figura 18 – Aplicação do método <i>Checklist</i> de Couto na atividade de reboco de teto .....	98
Figura 19 – Aplicação do método OWAS na atividade de reboco de teto.....	100
Figura 20 – Resultado da aplicação do método OWAS na atividade de reboco de teto – avaliação de acordo com o tempo.....	101
Figura 21 – Aplicação do método Moore Garg na atividade de reboco de teto .....	103
Figura 22 – Postura inicial da atividade de reboco de teto.....	104
Figura 23 – Postura final da atividade de reboco de teto .....	104
Figura 24 – Voluntário 1 na mensuração da temperatura, no 1º dia de mensuração, com o uso da câmera termográfica durante as repetições de movimento .....	108
Figura 25 – Média da temperatura lado direito e esquerdo com desvio padrão nas 5 repetições de movimento, voluntário 1.....	109
Figura 26 – Voluntário 2 na mensuração da temperatura, no 1º dia de mensuração, com o uso da câmera termográfica durante as repetições de movimento .....	111
Figura 27 – Média da temperatura lado direito e esquerdo com desvio padrão nas 5 repetições de movimento, voluntário 2.....	112
Figura 28 – Voluntário 3 na mensuração da temperatura, no 1º dia de mensuração, com o uso da câmera termográfica durante as repetições de movimento .....	114
Figura 29 – Média da temperatura lado direito e esquerdo com desvio padrão nas 5 repetições de movimento, voluntário 3.....	115
Figura 30 – Comparativo dos voluntários com relação a média de variação da temperatura inicial e final dos ombros ( lado direito e esquerdo), com o uso da câmera termográfica .....	117

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das posturas pelo sistema WinOwas .....	33
Quadro 2 – Classificação do fator intensidade do esforço .....	34
Quadro 3 – Classificação do fator de duração do esforço.....	35
Quadro 4 – Classificação do fator de frequência do esforço.....	35
Quadro 5 – Classificação do fator postura da mão e punho .....	36
Quadro 6 – Classificação do fator ritmo de trabalho .....	36
Quadro 7 – Classificação de duração do trabalho .....	37
Quadro 8 – Comparativo da idade dos trabalhadores na obra estudada.....	87
Quadro 9 – Quantidade de repetições simulando a atividade de reboco de teto .....	91
Quadro 10 – Características dos voluntários .....	105
Quadro 11 – Tempo de atividade <i>versus</i> frequência cardíaca simulando a atividade de reboco de teto .....	106

## LISTA DE SIGLAS

aC	Antes de Cristo
AET	Análise Ergonômica do Trabalho
AMERT's	Alterações Músculo Esqueléticas Relacionada ao Trabalho
AMT	Análise Macroergonômica do Trabalho
AV	Artério Venosa
DORT	Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho
EPI's	Equipamentos de Proteção Individual
FDE	Fator de Duração do Esforço
FDT	Fator Duração do Trabalho
FFE	Fator Frequência do Esforço
FIE	Fator de Intensidade do Esforço
FPMP	Fator da Postura da Mão e Punho
FRT	Fator do Ritmo de Trabalho
IDE's	Itens de Demanda Ergonômica
IEA	International Ergonomics Association
INSS	Instituto Nacional de Seguro Social
LER	Lesão de Esforço Repetitivo
LTC	Lesão por Trauma Cumulativo
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NR 17	Norma Regulamentadora 17
MMSS	Membros Superiores
MTPS	Ministério do Trabalho e da Previdência Social
OWAS	<i>Ovako Working Posture Analising System</i>
SFM	Síndrome Fibromiálgica
µm	Micrômetro
ε	Emissividade
P	Energia Refletida

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS .....	14
1.1.1 Objetivo geral .....	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA .....	15
1.3 HIPÓTESES.....	16
1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO .....	16
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
<b>2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO</b> .....	<b>18</b>
2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL.....	18
2.1.1 Estrutura do setor da construção civil .....	18
2.1.2 Ambiente de trabalho na construção civil .....	20
2.1.3 Sistema produtivo na construção civil .....	21
2.2 ERGONOMIA .....	22
2.2.1 Objetivos da ergonomia.....	23
2.2.2 Norma Regulamentadora (NR) 17 .....	24
2.2.3 Análise ergonômica do trabalho (AET).....	25
2.2.3.1 Análise da demanda.....	27
2.2.3.2 Análise da tarefa .....	27
2.2.3.3 Análise da atividade .....	29
2.3 MÉTODOS/FERRAMENTAS DE ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO ...	30
2.3.1 <i>Checklist</i> de Couto - <i>Checklist</i> posto de trabalho .....	31
2.3.2 Ovako Working Posture Analysing System - Método OWAS .....	32
2.3.3 Critério quantitativo de <i>Moore Garg</i> .....	33
2.4 MACROERGONOMIA.....	37
2.5 POSTURAS NO TRABALHO - CONSTRUÇÃO CIVIL .....	39
2.5.1 Sobrecargas posturais relacionadas ao trabalho .....	40
2.5.2 Repetitividade.....	41
2.6 DISTÚRBIOS OSTEOMUSCULARES RELACIONADOS AO TRABALHO .....	42
2.6.1 Fadiga no ambiente de trabalho e sua associação com os DORT's .....	45
2.6.1.1 Fadiga e produtividade industrial.....	46
2.6.2 Trabalho muscular.....	51
2.6.3 Força muscular.....	52
2.6.4 Dor muscular .....	53
2.7 BIOMECÂNICA OCUPACIONAL .....	55
2.7.1 Biomecânica do ombro.....	56
2.7.2 Articulação do ombro.....	58
2.7.3 Músculos da abdução de ombro .....	59

2.8 CARACTERÍSTICAS DOS MEMBROS SUPERIORES .....	61
2.8.1 Patologias no ombro .....	63
2.9 METABOLISMO .....	66
2.9.1 Controle da temperatura corporal.....	67
2.9.2 Normalização da temperatura absoluta (temperatura ou valor adimensional) .	68
2.9.3 Equilíbrio homeotérmico.....	69
2.10 TERMOGRAFIA .....	71
2.10.1 Histórico da termografia .....	71
2.10.2 Métodos de avaliação.....	73
2.10.3 Câmeras de captação de radiações infravermelhas .....	76
2.10.4 Parâmetros de normalidade na termografia .....	79
2.10.5 Aplicações da termografia.....	81
2.10.6 Pesquisas sobre a termografia.....	81
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>85</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	85
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	86
3.3 APRECIÇÃO ERGONÔMICA .....	87
3.4 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	88
3.4.1 Equipamentos utilizados.....	92
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>94</b>
4.1 RESULTADO DAS ENTREVISTAS E DA APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE CORLETT E MANENICA .....	94
4.2 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO <i>CHECKLIST</i> DE COUTO .....	96
4.3 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO OWAS.....	99
4.4 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO MOORE GARG.....	102
4.5 RESULTADOS DO ESTUDO EM AMBIENTE CONTROLADO .....	104
4.6 RESULTADOS DO USO DO MÉTODO TERMOGRÁFICO.....	107
4.6.1 Resultados obtidos para o Voluntário 1.....	107
4.6.2 Resultados obtidos para o Voluntário 2.....	110
4.6.3 Resultados obtidos para o Voluntário 3.....	113
4.6.4 Resultados comparativos do uso da termografia entre os ombros dos voluntários.....	116
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>118</b>
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	120
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>130</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>138</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Filus (2011), devido a competitividade crescente dos mercados, o sucesso das organizações depende da eficácia da gestão dos processos produtivos e tecnológicos dentro das mesmas. No entanto é necessário que haja um equilíbrio entre as habilidades dos trabalhadores em executar as tarefas e a demanda de mercado.

E, quando se fala em produtividade, logo se lembra de forma negativa da construção civil, que deixa muito a desejar no quesito produtividade. Por outro lado, a construção civil destaca-se como um dos setores com maiores índices de acidentes de trabalho, necessitando de muita pesquisa para que se possa buscar melhores condições de trabalho neste setor (SAAD, 2008).

Segundo Oliveira *et al.* (2004), na construção civil existe uma multiplicidade de fatores que predispõe o trabalhador às condições de trabalho desfavoráveis, tais como instalações inadequadas, falta de uso de equipamentos de proteção, falta de treinamentos, má organização do ambiente de trabalho, má postura, dentre outros.

A atividade da construção civil caracteriza-se pela utilização de trabalho braçal, pouco mecanizado, e nela existem tarefas árduas e complexas, realizadas por trabalhadores com pouco ou nenhum treinamento prévio (IIDA, 2005).

Uma empresa que envolve a ergonomia em suas decisões acaba trazendo melhorias na satisfação e segurança, com a redução de erros e acidentes, melhorias na saúde e produtividade na empresa como um todo.

Segundo Iida (2005), a macroergonomia contribui para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a qualidade das operações industriais por meio do aperfeiçoamento do sistema Homem-máquina-ambiente, organização do trabalho e melhoria nas condições físicas do trabalho. Dentre os segmentos empresariais a serem estudados, destaca-se o setor da construção civil.

Uma das formas de se aperfeiçoar o sistema Homem-Máquina-Ambiente pode ser por meio do monitoramento do trabalho do Homem, para que este possa ser interrompido a qualquer instante, se estiver prejudicando o indivíduo. Desta forma, nesta dissertação, far-se-á o uso da termografia para se monitorar as temperaturas do Homem ao longo de seu trabalho, a fim de se evitar problemas de saúde para este indivíduo. E, segundo a empresa Flir (2015), a termografia

infravermelha pode contribuir com a medicina na detecção de temperaturas elevadas no corpo, o que pode indicar a presença de uma doença. Destaca-se que a aplicação da termografia na análise ergonômica é inovadora e pouco explorada no meio ocupacional para a prevenção de lesões.

Segundo Brioschi (2005), a termografia é um procedimento seguro, não-invasivo e não envolve radiação ionizante, é útil na documentação de lesões de nervos periféricos e tecidos moles, como de estiramentos musculares e de ligamentos, inflamação, espasmos musculares e miosites. Brioschi (2005), conclui que o uso da imagem infravermelha é de grande valor para o estudo da dor.

Conforme Boucsein e Backs (2000) apud Stanton *et al.* (2004), a termografia caracteriza-se como um método de investigação ergonômica usada para a determinação de carga de trabalho.

Devido a estas colocações, escolheu-se a termografia digital como umas das ferramentas a serem empregadas nesta pesquisa.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Esta dissertação teve como objetivo geral validar a utilização da termografia na avaliação macroergonômica de trabalhadores do ramo da construção civil na atividade de reboco de teto.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa foram:

- Realizar a avaliação dos postos de trabalho de pedreiros, utilizando as ferramentas ergonômicas (*OWAS*, *Moore Garg* e *Checklist* de Couto);
- Analisar a relação da avaliação dos postos de trabalho com as queixas osteomusculares, verificada no preenchimento do Diagrama de dor/desconforto – Diagrama de Corlett e Manenica;
- Verificar o aparecimento da fadiga com o uso do Questionário Bipolar;

- Verificar a relação da organização do trabalho com as queixas osteomusculares;
- Utilizar a termografia com foco nos grupamentos musculares mais exigidos durante o processo de trabalho com maior número de queixas osteomusculares, no ramo da construção civil;
- Apresentar os resultados e uma proposta de utilização da câmera termográfica para enriquecer a análise macroergonômica do trabalho.

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

Esta dissertação foi elaborada com o intuito de avaliar a utilização de um método complementar na avaliação ergonômica do trabalho, baseado na captação de imagens térmicas nos pontos de esforço muscular. A utilização deste método 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. A termografia se justifica pelo fato de que a pele humana possui uma homeostasia térmica indicando normalidade. Qualquer alteração térmica na pele pode indicar que algo está errado no corpo.

O canteiro de obras é um local de trabalho gerador de fadiga física, originada de uma grande quantidade de trabalhos manuais, necessidade de altos índices produtivos, e ambientes de trabalho com vários riscos ambientais. Assim, com a crescente preocupação quanto a estes impactos negativos causados pelo setor da construção civil e especialmente em relação às doenças ocupacionais relacionadas ao sistema de produção, observa-se a necessidade de uma avaliação mais completa referente aos trabalhadores, para que possam ser realizadas adaptações ergonômicas mais precisas dos postos de trabalho. Do ponto de vista de contribuição para aspectos tecnológicos, o estudo visa viabilizar técnicas de captação superficial para atribuir um risco biomecânico às respostas dos indivíduos estudados, permitindo a utilização de termógrafos na construção civil, auxiliando no tratamento e investigação diagnóstica. Do ponto de vista de contribuição para aspectos econômicos, o estudo visa trazer importante relevância no que diz respeito

aos gastos com afastamentos pelo INSS, buscando uma redução destes custos dentro da construção civil, e do ponto de vista social esta pesquisa apresenta relevância no item qualidade de vida no trabalho.

Barbosa (2001) relata que em uma era em que as organizações se dispõem a adotar a bandeira da qualidade de vida, a redução de problemas específicos de saúde do trabalhador, como dores e fadigas musculares é necessária.

### 1.3 HIPÓTESES

As hipóteses definidas para o trabalho são direcionadas dentro do contexto das propostas iniciais como:

- A coleta de imagens infravermelhas pode comprovar uma possível sobrecarga muscular nos trabalhadores da construção civil;
- O uso da imagem infravermelha na avaliação ergonômica pode contribuir para uma melhor avaliação do trabalhador da construção civil;

### 1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação possui as seguintes delimitações:

- Analisou-se *in loco*, os pedreiros executando as atividades de contrapiso, chapisco, traqueamento, azulejista, reboco de teto, requadro e reboco de parede, sendo que posteriormente a simulação foi feita apenas para a atividade de reboco de teto;
- Todos os indivíduos analisados eram do sexo masculino;
- A avaliação termográfica, realizada em um ambiente controlado, foi restrita apenas a análise dos ombros dos indivíduos.

### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 1 apresenta o tema e as justificativas da pesquisa.

O capítulo 2 é composto pela revisão da literatura, sobre a construção civil, ergonomia, biomecânica do ombro, metabolismo e termografia, assim como direcionamentos sobre fadiga, lesões de esforços repetitivos e dor muscular.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia.

O capítulo 4 apresenta os resultados e as discussões.

No último capítulo, capítulo 5, são apresentadas as conclusões e considerações finais.

## 2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

### 2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com Saad (2008), o setor da construção civil apresenta uma dimensão econômica importante, tanto pelo volume de negócios quanto pelo número de trabalhadores que nele trabalham. Engloba um grande número de atividades econômicas, desde a construção e reforma de casas até grandes projetos de engenharia.

Ribeiro (2004) cita que a organização do trabalho, está estruturada de maneira para conseguir altos índices de produtividade, otimização nos sistemas de produção, diminuição dos custos, e por fim uma integração cada vez maior do Homem com o seu trabalho. No setor da construção civil, muitas vezes para se reduzir custos são cortados gastos que seriam utilizados para a manutenção da saúde do trabalhador.

Santana (2004) relata que a indústria da construção engloba um vasto e diversificado conjunto de atividades de características únicas, envolvendo por isso, riscos específicos para os trabalhadores.

Além das relações citadas por Dias e Fonseca (1996), vale ressaltar, a prevenção de acidentes e doenças (consequência direta da prevenção dos riscos profissionais), a melhoria da imagem da empresa junto a um mercado cada vez mais competitivo, e por fim, a melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores do setor.

#### 2.1.1 Estrutura do setor da construção civil

A construção civil é um setor econômico, cujo desenvolvimento e crescimento não dependem unicamente de sua própria dinâmica, mas também, das condições de crescimento externas.

Segundo Lida (2005), a construção civil apresenta uma ampla capacidade de empregabilidade por necessitar de um grande contingente de trabalhadores, e principalmente nas pequenas e médias empresas, não ter exigências quanto ao grau de instrução mínimo para as ocupações de pedreiro e servente.

Conforme Lida (2005), grande parte dos postos de trabalho na construção civil são móveis, pouco estruturados e parte das tarefas é executada ao ar livre, sob calor e chuvas. Ainda segundo o mesmo autor, os pedreiros, por exemplo, inclinam-se mais de 1000 vezes ao dia para pegar tijolos, pegar argamassa com a colher e fazer os assentamentos.

De uma maneira geral, os trabalhadores têm um nível baixo de formação e são mais numerosos em comparação aos outros setores de atividade. A população é majoritariamente masculina com grande rotatividade de trabalhadores (FALZON, 2012).

Santana *et al.* (2004) descrevem que identificar e fornecer o tratamento adequado aos riscos ambientais na organização é importante para evitar incalculáveis prejuízos, que podem afetar centenas de empresas e incapacitar milhares de trabalhadores todos os anos no Brasil.

Segundo Saad (2008), os trabalhadores da construção civil são um grupo de risco. As patologias osteomusculares se apresentam de maneira particularmente prevalente entre os trabalhadores deste setor, principalmente em nível de membros superiores e lombar.

As patologias osteomusculares podem aparecer associadas ao envelhecimento e a carga física no trabalho. Neste contexto, o setor acaba desenvolvendo uma seleção ao longo do tempo dos operários mais resistentes, capazes de continuar a exercer seu ofício, eventualmente até a sua aposentadoria (MALCHAIRE *et al.*, 1997).

Conforme Ribeiro (2004), um dos problemas que ocorre entre trabalhadores da construção civil é o fato dos mesmos subestimarem os riscos existentes no ambiente de trabalho, fato esse que ocasiona uma necessidade de treinamento e conscientização quanto aos riscos existentes em cada situação de trabalho, bem como a forma correta de prevenção de acidentes do trabalho.

Couto (2006) relata que não existem lesões se não houver fatores da condição antiergonômica do posto de trabalho e da atividade.

### 2.1.2 Ambiente de trabalho na construção civil

O trabalho de canteiro de obras é marcado por uma grande variabilidade e sua submissão a numerosos imprevistos, devido ao mesmo tempo a uma produção de tipo unitária e ao caráter transitório do canteiro de obras. Este se desenrola em durações muito variáveis, podendo ir de algumas horas a vários anos, e em lugares que nunca pertencem às empresas (salvo se estiverem trabalhando para si mesmas). O contexto nunca é produzido de forma idêntica e a empresa tem sua produção fragmentada em locais múltiplos. Assim, as situações de trabalho “tipo canteiro de obras” se caracterizam por uma considerável variabilidade e dinâmica especial e temporal a sua gestão pelos operadores está no centro de sua atividade de trabalho (BARROS, 2003).

A cada dia aumenta a competitividade no setor da construção civil, as empresas prestadoras de serviços não são mais escolhidas exclusivamente por seus produtos, pois existem outros fatores relevantes durante a escolha de uma empresa para realizar determinado serviço. A imagem de responsabilidade social de uma empresa está intimamente relacionada à qualidade de vida de seus colaboradores (SAAD, 2008).

Segundo Cruz e Oliveira (1998), é improvável que uma organização alcance excelência em seus produtos negligenciando a qualidade de vida daqueles que os produzem. O resultado deste descaso mostra-se na baixa produtividade, altos índices de acidentes de trabalho e absenteísmo.

A atividade da construção civil caracteriza-se pela utilização de trabalho braçal, pouco mecanizado, e nela existem tarefas árduas e complexas, realizadas por trabalhadores com pouco ou nenhum treinamento prévio (IIDA, 2005).

O aprendizado ocorre com a inserção direta do trabalhador no canteiro de obras, onde aprende a função de servente com a observação dos colegas de trabalho. Nesse processo, acaba adquirindo todos os vícios de trabalho que o trabalhador observado possuía.

Conforme Cassarotto *et al.* (1997), a formalização dos procedimentos nas diversas tarefas que constituem as atividades em um canteiro é basicamente inexistente, pois os operários mantêm o controle sobre as ferramentas, sobre o aprendizado dos novatos, sobre a produtividade, o ritmo e a qualidade do trabalho.

Além da identificação e tratamento dos riscos ambientais deve-se alertar e conscientizar os trabalhadores a respeito destes riscos. É comum ocorrer rejeições a utilização de EPI's (Equipamentos de Proteção Individual) por parte dos trabalhadores. Este fato é compreensível quando se analisa como estes equipamentos são introduzidos no canteiro.

### 2.1.3 Sistema produtivo na construção civil

De acordo com Saad (2008), a terceirização da mão de obra é um procedimento muito utilizado na construção civil, visto principalmente em pequenas empresas. Utiliza-se o sistema de contratação por etapas, de modo que quando uma parte for concluída, ocorre o pagamento proporcional ao serviço realizado. Uma vez que esta é uma atividade precariamente remunerada, o trabalhador se vê obrigado a manter altos índices de produtividade para que ocorra uma remuneração satisfatória.

Segundo Barros e Mendes (2003), esta situação impõe um ritmo acelerado ao trabalhador, fazendo com que este ultrapasse seus próprios limites, o que pode levar ao comprometimento de sua saúde. Os riscos de desenvolvimento de lesões ocupacionais ocorrem proporcionalmente às elevações da quantidade de trabalho.

Conforme Barros (2003), a terceirização dos serviços pautada por produção, tem-se constituído em uma das formas de remuneração geradoras de sofrimento, na medida em que coloca sobre o trabalhador toda a responsabilidade da produção e de sua remuneração.

Segundo Saad (2008), o sistema terceirizado de produção caracteriza-se pela contratação de trabalhadores, para a realização de uma tarefa específica, sem a certeza de recontração após esta encerrar-se. Este sistema de produção acaba sendo um método que algumas empresas utilizam para negar o vínculo empregatício dos trabalhadores, e com este, os direitos a seguridade social.

Segundo Barros e Mendes (2003), este modelo de produção negligencia direitos como aposentadoria, INSS, FGTS, plano de saúde, entre outros, submetendo ao trabalhador à exclusão social.

Kroemer e Grandjean (2005) relataram que o excesso de horas trabalhadas reduz a produtividade por hora, mas também provoca um aumento característico de faltas devido às doenças ou acidentes.

Conforme Barros e Mendes (2003), a terceirização dos serviços pautada por produção, tem-se constituído em uma das formas de remuneração geradoras de sofrimento, na medida em que coloca toda a responsabilidade da produção e de sua remuneração sobre o trabalhador.

## 2.2 ERGONOMIA

A ergonomia evoluiu dos esforços do Homem em adaptar mobiliários, ferramentas, armas e utensílios às suas necessidades e características individuais, sendo que o primeiro uso documentado da palavra ergonomia ocorreu em 1857 na Polônia, mas somente a partir do século XX, que começaram a surgir estudos mais organizados na área (COUTO, 1995).

Desde o tempo das civilizações antigas, o Homem sempre buscou melhorar as suas ferramentas, instrumentos e os utensílios que usava em sua vida cotidiana. Enquanto a produção era realizada de modo artesanal, era possível obter formas úteis, funcionais e ergonômicas sem muitos estudos projetuais. Com os avanços em engenharia, em que o Homem se adaptou às condições impostas pelos maquinismos, evidenciou-se a importância do uso da ergonomia. Assim, faz-se necessário conhecer os fatores determinantes da melhor adaptação de produtos, máquinas, equipamentos, trabalho e ambiente aos usuários, operadores, operários e indivíduos (MORAES e MONT'ALVÃO, 2003).

A ergonomia pode ser conceituada por meio de diferentes abordagens e diversos autores:

Otton (2000) considera a ergonomia e o processo produtivo como um todo, como visão geral do sistema, da organização, da tecnologia, do ambiente e das pessoas. Sua evolução trouxe consigo os conceitos de ergonomia ocupacional (Homem/máquina), ergonomia ambiental (Homem/ambiente), ergonomia cognitiva (conhecimento), além da ergonomia de sistema.

Para Moura (2001), a partir de 1968 começou a percepção de melhorar a saúde mental como forma de aumento do desempenho, valorizando questões

relativas às tarefas como flexibilidade, ritmo, velocidade e participação do trabalhador.

Segundo Dul e Weerdmeester (2004), a ergonomia é uma ciência aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com o objetivo de melhorar a segurança, a saúde, o conforto e a eficiência no trabalho.

Já a Associação Internacional de Ergonomia (IEA), considera que a ergonomia é uma disciplina que estuda as interações dos homens com outros elementos do sistema, fazendo aplicações da teoria, princípios e métodos de projeto, com o objetivo de melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema (GONÇALVES, 2008).

A probabilidade de ocorrência dos acidentes pode ser reduzida quando se consideram adequadamente as capacidades e limitações humanas e as características do ambiente durante o projeto de trabalho (DUL e WEERDMEESTER, 2004).

Segundo Grandjean (2005), ergonomia é a ciência que ajusta o trabalho ao homem, sendo seu objetivo o desenvolvimento de bases científicas para a adequação do ambiente de trabalho e suas condições às reais capacidades produtivas dos trabalhadores.

Gonçalves (2008) conceitua a ergonomia como sendo a ciência que estuda a adequação do trabalho ao homem no ambiente de trabalho, evitando o desgaste prematuro do trabalhador, buscando a otimização do sistema de trabalho.

Dessa maneira, a ergonomia integrou conhecimentos científicos, como antropometria, biomecânica, fisiologia, psicologia, toxicologia, engenharia mecânica, desenho industrial, eletrônica, informática e gerência industrial, para desenvolver métodos e técnicas específicas objetivando a melhoria do trabalho e das condições de vida, tanto dos trabalhadores como da população em geral (DUL e WEERDMEESTER, 2004).

### 2.2.1 Objetivos da ergonomia

A ergonomia possui um vasto e irrestrito campo a ser explorado, inicialmente aplicado nas indústrias, e expandido para setores como a agricultura, prestação de

serviços e o dia a dia das pessoas. Segundo Abrantes (2004), onde existir pessoas, em especial nas empresas, a ergonomia está presente.

A intervenção ergonômica é um estudo minucioso, demandando tempo para observação, aprofundamento do estudo dos riscos na atividade e identificação dos problemas do posto de trabalho. Para a realização de uma análise eficaz e de uma intervenção ergonômica, é necessário focalizar o posto de trabalho e analisar os elementos e circunstâncias que os compõem separadamente, verificando todas as atividades realizadas, as posturas assumidas, o tempo de execução das tarefas e a organização do trabalho (BAENAS, 2006).

De acordo com Laville e Volkoff (1993), a especificidade da ergonomia é dividida entre dois objetivos. De um lado, um objetivo voltado a organizações e desempenho. Esse desempenho pode ser entendido sob diferentes aspectos como: eficiência, produtividade, confiabilidade, qualidade, durabilidade etc. De outro lado, um objetivo voltado às pessoas, este também se dividindo em diferentes dimensões: segurança, saúde, conforto, facilidade de uso, satisfação, interesse do trabalho, etc.

O modo pelo qual esses objetivos se expressaram evoluiu com o tempo. A noção de “saúde”, por exemplo, mudou bastante nos anos de 1980 e 1990. Já no que se refere a saúde física, passou de uma visão preventiva a uma visão construtiva: trata-se de buscar as condições que não apenas evitem a degradação da saúde, mas que também favoreçam sua construção (LAVILLE e VOLKOFF, 1993). Por outro lado, a idéia de saúde cognitiva foi proposta em uma perspectiva de desenvolvimento.

Os profissionais de ergonomia devem ter a competência para o “planejamento, concepção e avaliação de tarefas, trabalhos, produtos, organizações, ambientes e sistemas, a fim de torná-las compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas” (IEA, 2000).

### 2.2.2 Norma Regulamentadora (NR) 17

Segundo a Norma Regulamentadora (NR) nº17 do Ministério do Trabalho e Emprego, cabe ao empregador realizar a análise ergonômica do trabalho (AET), abordando no mínimo as condições de trabalho, 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, 2002).

De acordo com Brasil (2002), para avaliar a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, cabe a empresa realizar a avaliação ergonômica do trabalho, conforme estabelecido na norma regulamentadora número 17.

Conforme Abrantes (2004), o objetivo da análise é, entre outros, determinar os fatores que contribuem para uma sub ou sobrecarga de trabalho da população que está sendo analisada, sendo que a análise é importante para mostrar os detalhes de como são e em que condições são realizados os trabalhos. Pequenas melhorias a um custo baixo trazem grandes resultados em ganho de produtividade e conforto para os trabalhadores.

Ainda segundo Abrantes (2004), em uma análise ergonômica, procuram-se avaliar situações de trabalho que exigem esforços físicos, posturas rígidas ou movimentos repetitivos, porém um aspecto importante a ser analisado são as taxas de frequência e gravidade dos acidentes, taxa de absenteísmo, rotatividade elevada e atividades em que existe o pagamento de produtividade.

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).

### 2.2.3 Análise ergonômica do trabalho (AET)

De acordo com a Norma Regulamentadora NR 17, a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), tem como objetivo, rastrear, observar e avaliar as relações existentes entre demandas de doenças, acidentes e produtividade com as condições de trabalho, com as interfaces, com os sistemas e a organização do trabalho (BRASIL, 2017).

Conforme a NR 17, para avaliar a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, cabe ao empregador realizar a análise ergonômica do trabalho, devendo a mesma abordar, no mínimo, as condições de trabalho (BRASIL, 2017).

De acordo com Brasil (1990), as condições de trabalho incluem aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos, as condições ambientais do posto de trabalho e a própria organização do trabalho.

Pode-se dizer que ela constitui um método bastante aberto, uma vez que as ferramentas usuais da coleta de dados podem variar devido a sua escolha ser feita em função da natureza dos problemas colocados no momento da demanda.

Há uma diferença significativa entre a análise ergonômica do trabalho (AET) e os métodos científicos tradicionais, embora o ergonômista disponha de um corpo de conhecimento sobre o ser humano em atividade de trabalho, cada situação de análise tem suas peculiaridades (ROSOLEN, 2011).

Segundo Abrantes (2004), o objetivo da AET é determinar os fatores que ajudam para a sobrecarga de trabalho na organização que está sendo analisada, avaliando como os trabalhadores sentem essa carga, buscando identificar rapidamente alguns pontos com problemas, de forma a trabalhar na análise deles.

Segundo Moraes e Mont'alvão (2003), o principal objetivo da AET é de ser um método destinado a examinar a complexidade, sem colocar em prova um modelo escolhido. A análise ergonômica faz com que se tenha uma compreensão de tudo que aconteceu no trabalho, mostrando principalmente o desempenho de produção do funcionário.

Sendo assim, com a análise ergonômica do trabalho pode-se verificar as condições reais do ambiente e trabalho, as funções desempenhadas e as condições reais da tarefa executadas pelos trabalhadores (IIDA, 2005).

A análise ergonômica do trabalho visa aplicar conhecimentos ergonômicos para analisar, diagnosticar e corrigir uma situação do ambiente de trabalho, tendo sido desenvolvida por franceses e se transformado em exemplo de ergonomia de correção (IIDA, 2005). Esta análise é de extrema importância, visto que pode garantir a produtividade das tarefas e principalmente a integridade do funcionário.

Neste contexto, a AET compreende três importantes fases: análise ergonômica da demanda; análise ergonômica da tarefa (envolve a análise dos ambientes físicos, das condições posturais e antropométricas dos trabalhadores, dos aspectos psicológicos dos trabalhadores, da análise organizacional, das condições

ambientais); e, a análise ergonômica das atividades. Ao final, realiza-se a formulação do diagnóstico, bem como as recomendações ergonômicas.

#### 2.2.3.1 Análise da demanda

De acordo com Lida (2005), a demanda é a necessidade da descrição de um problema ou uma situação problemática, que necessita de uma resposta através de uma ação ergonômica. Esta necessidade pode ter diversas origens, sendo, tanto por parte da direção da empresa, dos trabalhadores envolvidos no processo ou das organizações sindicais. A análise da demanda é a etapa inicial da metodologia AET que procura entender a natureza e a dimensão dos problemas apresentados.

Para Couto (2006) é o ponto de partida de toda análise ergonômica do trabalho que permite entender o(s) problema(s), para assim poder elaborar o plano de ação de intervenção, permitindo a definição de um contrato e delimitação das intervenções (prazos, custos, o acesso as informações e definição de um plano de intervenção).

As atividades na construção civil oferecem ao trabalhador desconfortos de ordem ocupacional, física e mental. De ordem ocupacional e física, são identificados durante a análise da demanda do referido posto de trabalho: posturas inadequadas para a execução da tarefa, monotonia e repetitividade. Os constrangimentos de ordem mental estão ligados ao controle de produtividade e tempo de finalização da obra.

#### 2.2.3.2 Análise da tarefa

De acordo com Lida (2005), tarefa é um conjunto de objetivos prescritos, que os trabalhadores devem cumprir. Ela corresponde a um planejamento do trabalho e pode estar contida em documentos formais (descrição de cargos) e, informalmente, podem corresponder a certas expectativas gerenciais.

Segundo Maia (2008), a análise da tarefa consiste basicamente na análise das condições de trabalho na organização, sendo elas, os tipos de trabalho, ritmos,

horários e cargos que os funcionários devem cumprir durante sua jornada de trabalho.

Segundo Longen (2012), a análise da tarefa deve considerar as condições em que o trabalhador desenvolve suas atividades do trabalho descrito, utilizando-se de uma abordagem sistêmica, tanto para empresa com um posto de trabalho, quanto para instalações mais complexas. Na abordagem sistêmica são consideradas as relações entre o Homem, as máquinas, as condições organizacionais e o ambiente do trabalho. A tarefa real é como o trabalhador realiza o seu processo de trabalho. Atividade é tudo aquilo que o trabalhador faz para executar a tarefa: gestos, palavras e raciocínios.

Kroemer e Grandjean (2005) citam que se a área de trabalho é muito alta, frequentemente os ombros são erguidos para compensação, o que leva a contrações musculares dolorosas na altura da nuca e das costas. Se a área de trabalho é muito baixa, as costas são sobrecarregadas pelo excesso de curvatura do tronco, o que resulta frequentemente a queixas de dores nas costas.

Nas superfícies de trabalho todos os itens necessários para realização da tarefa devem estar localizados dentro da área de alcance dos braços (COUTO, 1995).

Segundo Dul e Weerdmeester (2004), as manipulações fora da área de alcance dos braços exigem movimentos do tronco e para evitar isto, os controles e peças devem situar-se dentro de um envoltório tridimensional de alcance (bolha imaginária). Os mesmos autores relatam que as operações mais importantes devem situar-se dentro de um raio aproximado de 50 centímetros a partir da articulação entre os braços e ombros, sendo este valor aplicado tanto para o trabalhador sentado quanto para o trabalhador em pé.

Quando os princípios de altura da superfície de trabalho não são seguidos, iniciam-se os relatos de dores musculares e ocorre consequentemente o comprometimento da saúde através dos distúrbios osteomusculares (COUTO, 1995).

Conforme Lida (2005), as tarefas mais importantes, de maior frequência ou com maiores exigências de precisão, devem ser executadas dentro de uma área ótima.

Dul e Weerdmeester (2004) descrevem que as dores se agravam quando há aplicação de forças ou se realizam movimentos repetitivos com as mãos. Em casos

mais graves podem surgir lesões por traumas repetitivos, conhecidos como LER (lesões por esforços repetitivos), também chamadas de DORT (distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho). Podem-se conseguir posturas melhores com o posicionamento correto para a altura das mãos e uso de ferramentas adequadas.

### 2.2.3.3 Análise da atividade

De acordo com Iida (2005), nesta etapa faz-se uma análise do comportamento do Homem no trabalho. É o que o Homem efetivamente realiza em suas atividades, seu modo de executar, para atingir os objetivos de produção.

Da mesma forma que a avaliação das exigências do trabalho, a análise da atividade também é feita em concomitância e através das observações detalhadas e sistemáticas, trazendo elementos que identifiquem o conteúdo e o processo de trabalho, estudos de tempos e movimentos, incluindo, se necessário, cronometragens (IIDA, 2005).

O estudo das atividades também pode ser feito por meio do Diagrama de dor/desconforto – Diagrama de Corlett e Manenica, aos trabalhadores por meio de um *Brainstorm*, representada pela Figura 1.

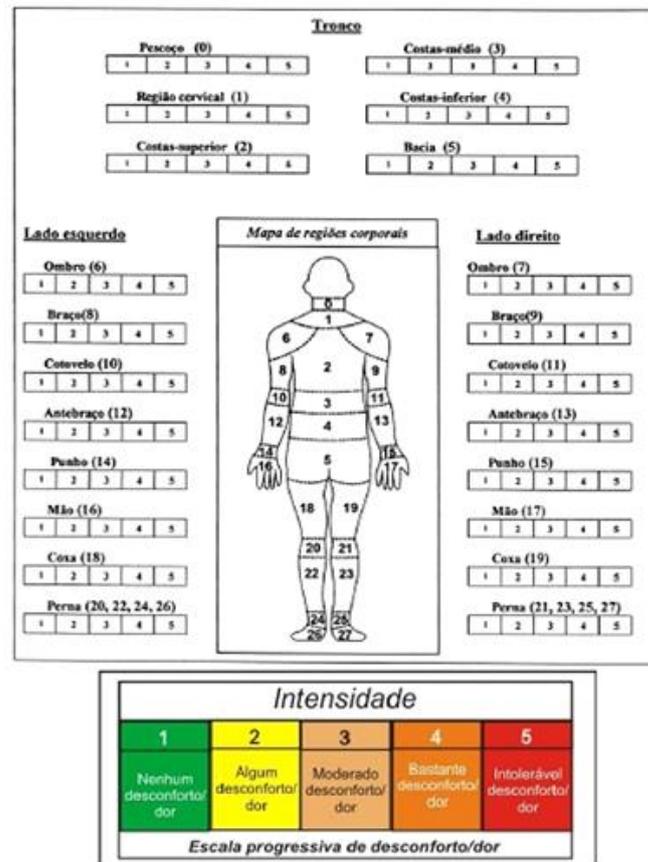


Figura 1 – Diagrama de Corlett e Manenica  
Fonte: Adaptado de Corlett e Manenica (1995)

### 2.3 MÉTODOS/FERRAMENTAS DE ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO

De acordo com Baú (2002), os métodos devem ser tais que permitam que os trabalhadores dêem-se conta de determinadas realidades do seu próprio trabalho (limitações ou restrições, riscos, dimensão e/ou dificuldades da tarefa).

Ainda de acordo com Baú (2002), para alcançar bons resultados, os métodos escolhidos devem ter uma facilidade de entendimento, serem objetivos, permitir uma reflexão sobre as situações analisadas e analisar a maior parte das necessidades dos postos de trabalho.

### 2.3.1 Checklist de Couto – Checklist posto de trabalho

De acordo com Couto (1995), o método é composto por 12 *checklists*, estes questionários abordam as análises das condições dos trabalhadores e dos postos de trabalho. Por meio dos *checklists* são abordados com perguntas (negativas ou afirmativas), gerando uma variação de 0 a 1 respectivamente. Ao fim do questionário, somam-se as respostas, estabelecendo critérios de avaliação que relata as condições ergonômicas em cada posto de trabalho abordado pelo *checklist*. O *Checklist* de Couto utilizado foi o de Avaliação Simplificada Ergonômica de um Posto de Trabalho, demonstrado na Figura 2, que analisa a postura executada durante a atividade, esforços e flexibilidade postural.

CHECKLIST GERAL PARA AVALIAÇÃO SIMPLIFICADA DA CONDIÇÃO ERGONÔMICA DE UM POSTO DE TRABALHO			
CÓDIGO 01			
Estação /Área: _____			
1	O corpo (tronco e cabeça) está na vertical?	não ( 0 )	sim ( 1 )
2	Os braços / cotovelos trabalham na vertical ou próximos da vertical?	não ( 0 )	sim ( 1 )
3	Existe forma de esforço estático frequente ou por longo período?	sim ( 0 )	não ( 1 )
4	Existem posições forçadas no membro superior?	sim ( 0 )	não ( 1 )
5	As mãos têm que fazer muita força?	sim ( 0 )	não ( 1 )
6	Há repetitividade (ciclo menor que 30s ou mais que 50% do período) freqüente de algum tipo específico de movimento?	sim ( 0 )	não ( 1 )
7	Os pés estão bem apoiados?	não ( 0 )	sim ( 1 )
8	Tem-se que fazer esforço muscular forte com a coluna ou outra parte do corpo?	sim ( 0 )	não ( 1 )
9	Há a possibilidade de flexibilidade da postura no trabalho?	não ( 0 )	sim ( 1 )
10	A pessoa tem a possibilidade de uma pequena pausa entre um ciclo e outro ou há um período definido de descanso após um certo número de horas trabalho?	não ( 0 )	sim ( 1 )
Fonte: Ergonomia Aplicada ao Trabalho - Hudson A . Couto, Vol. 1 - Adaptado por Baú - Ogasawara			
<p><b>Critério de Interpretação:</b></p> <p>09 a 10 pontos: Excelentes condições ergonômica</p> <p>07 a 08 pontos: Boas condições ergonômicas</p> <p>04 a 06 pontos: Condições ergonômicas razoáveis</p> <p>02 a 03 pontos: Condições ergonômicas ruins</p> <p>0 a 01 pontos: Condições ergonômicas péssimas</p>			

Figura 2 – Método *Checklist* de Couto

Fonte: Adaptado Baú (2002)

### 2.3.2 Ovako Working Posture Analysing System – Método OWAS

De acordo com Baú (2002), o método OWAS é um método prático para identificar e avaliar as posturas de trabalho desfavoráveis, contendo 2 etapas: técnica de observação/avaliação para postura de trabalho e conjunto de critérios para redesign de métodos e locais de trabalho.

A análise da tarefa é dividida em quatro fases: a análise da posição das costas, análise da posição dos braços, análise da posição das pernas e análise de carga, visto na Figura 3.

Para que o diagnóstico seja feito, o tempo em que o trabalhador permanece executando a atividade estudada também é levado em consideração. A posição das costas, braços, pernas e o uso da força recebeu uma pontuação a que orientou na classificação do posto de trabalho.



Figura 3 – Método OWAS  
Fonte: FBF Sistemas (2016)

Segundo Guimarães (2002), o método OWAS classifica um posto de trabalho em quatro diferentes categorias: categoria 1 indica que nenhuma ação é necessária; categoria 2, mostra que ações corretivas são necessárias em um futuro próximo; categoria 3, destaca que as ações corretivas devem ser feitas o quanto antes; e a

categoria 4, sugere ações corretivas imediatamente. A classificação fica em função dos níveis de constrangimentos físicos suportados pelos trabalhadores.

No Quadro 1, é descrito os riscos de 1 a 4, conforme classificação das posturas pelo Método OWAS.

Risco 1	Postura normal, que dispensa cuidados, a não ser em casos excepcionais
Risco 2	Postura que deve ser revisada durante a próxima revisão rotineira dos métodos de trabalho
Risco 3	Postura que deve merecer atenção a curto prazo
Risco 4	Postura que deve merecer atenção imediata.

Quadro 1 - Classificação das posturas pelo sistema WinOwas

Fonte: Adaptado de IIDA, 2005.

### 2.3.3 Critério quantitativo de Moore Garg

De acordo com Baú (2002), o critério quantitativo de Moore Garg é utilizado para avaliar uma situação de trabalho e classificá-la quanto ao risco de LER/DORT. Criado em 1995 nos EUA, nesta ferramenta faz-se a somatória de 6 fatores, e se consegue dimensionar um índice de sobrecarga para os membros superiores. Este critério leva em consideração os seguintes fatores: FIE (fator de intensidade do esforço), FDE (fator de duração do esforço), FFE (fator de frequência do esforço), FPMP (fator de postura da mão e do punho), FRT (fator ritmo de trabalho) e FDT (fator duração do trabalho), conforme Figura 4.

Esta ferramenta permite avaliar o aparecimento de fadiga precoce, fornecendo através da análise dos dados obtidos, resultados indicativos sobre quais os segmentos corporais são mais exigidos e as situações mais críticas.

Figura 4 - Ferramenta Moore Garg

Fonte: FBF Sistemas (2016)

Os parâmetros de análise do método, ou seja, FIE (fator de intensidade do esforço), FDE (fator de duração do esforço), FFE (fator de frequência do esforço), FPMP (fator de postura da mão e do punho), FRT (fator ritmo de trabalho) e FDT (fator duração do trabalho) serão explicados abaixo:

- **FIE – Fator Intensidade do Esforço**

A intensidade do esforço é uma estimativa do esforço requerido para realizar a tarefa uma vez. Trata-se de um parâmetro subjetivo de avaliação da quantidade de esforço realizado pelo trabalhador na realização de uma tarefa. Um dos pontos a se analisar é a expressão facial.

O Quadro 2 apresenta a classificação do fator de intensidade de esforço. A classificação consiste em intensidade leve, algo pesado, pesado, muito pesado e próximo ao máximo. Ao final da classificação é levantado um multiplicador para este item.

FATOR	CLASSIFICAÇÃO	CARACTERIZAÇÃO	ESCALA DE BORG	MULTIPLICADOR
Fator de Intensidade do Esforço	Leve	Tranquilo	menor ou igual a 2	1
	Algo Pesado	Percebe-se algum esforço	3	3
	Pesado	Esforço nítido; sem mudança de expressão facial	4 a 5	6
	Muito Pesado	Esforço nítido; com mudança de expressão facial	6 a 7	9
	Próximo do Máximo	Usa tronco e ombros, e outros grupamentos auxiliares para gerar força	maior do que 7	13

Quadro 2 - Classificação do fator de intensidade do esforço

Fonte: Adaptado de IIDA, 2005.

- **FDE – Fator Duração do Esforço**

O percentual de duração do esforço se calcula medindo a duração do esforço durante um período de observação dado, e dividindo-se esse tempo pelo tempo total e multiplicando por 100. Basicamente por quanto tempo um esforço é mantido.

O Quadro 3 apresenta a classificação do fator de duração de esforço. A classificação consiste em menor do que 10% do ciclo, de 10-29% do ciclo, de 30-49% do ciclo, de 50-79% do ciclo e maior do que 80% do ciclo. Ao final da classificação é levantado um multiplicador para este item.

% de duração do esforço =	100 x	Duração do esforço (seg)  Tempo total de observação (seg)
---------------------------	-------	---

FATOR	CLASSIFICAÇÃO	MULTIPLICADOR
FDE Fator de Duração do Esforço	Menor do que 10% do ciclo	0,5
	10-29% do ciclo	1
	30-49% do ciclo	1,5
	50-79% do ciclo	2
	maior do que 80% do ciclo	3

Quadro 3 - Classificação do fator de duração do esforço  
Fonte: Adaptado de IIDA, 2005.

- **FFE – Fator Frequência do Esforço**

O fator frequência do esforço, é o número de esforços que ocorre durante um período de observação. Deve-se observar que cada ação técnica é um esforço distinto. Quando o esforço for estático considere a frequência máxima.

O Quadro 4 apresenta a classificação do fator de frequência de esforço. A classificação consiste em menor do que 4 por minuto, de 4 a 8, de 9 a 14, de 15 a 19 e maior ou igual a 20. Ao final da classificação é levantado um multiplicador para este item.

FATOR	CLASSIFICAÇÃO	MULTIPLICADOR
FFE Fator de Frequencia do Esforço	Menor do que 4 por minuto	0,5
	4 a 8	1
	9 a 14	1,5
	15 a 19	2
	maior ou igual a 20	3

Quadro 4 - Classificação do fator de frequência do esforço  
Fonte: Adaptado de IIDA, 2005.

- **FPMP – Fator Postura da Mão e Punho**

A postura de mão e punho é uma estimativa da posição destas regiões corporais em relação à posição neutra. Também se faz necessário o uso de filmagens para uma maior fidedignidade.

O Quadro 5 apresenta a classificação do fator postura da mão e punho. A classificação consiste em neutro, próximo ao neutro, não neutro, desvio nítido e desvio próximo dos extremos. Ao final da classificação é levantado um multiplicador para este item.

CARACTERIZAÇÃO	EXTENSÃO DE PUNHO	FLEXÃO DE PUNHO	DESVIO ULNAR
Neutro	0° - 10°	0° - 5°	0° - 10°
Próximo do Neutro	11° - 25°	6° - 15°	11° - 15°
Não Neutro	26° - 40°	16° - 30°	16° - 20°
Desvio Nítido	41° - 55°	31° - 50°	21° - 25°
Desvio Próximo dos Extremos	maior do que 55°	maior do que 50°	maior do que 25°

FATOR	CLASSIFICAÇÃO	CARACTERIZAÇÃO	MULTIPLICADOR
FPMP Postura da Mão e Punho	Muito Boa	Neutro	1
	Boa	Próximo do Neutro	1
	Razoável	Não Neutro	1,5
	Ruim	Desvio Nítido	2
	Muito Ruim	Desvio Próximo dos Extremos	3

Quadro 5 - Classificação do fator postura da mão e punho  
Fonte: Adaptado de IIDA, 2005.

- **FRT – Fator Ritmo de Trabalho**

O fator ritmo do trabalho é uma estimativa do quão rápido a pessoa está trabalhando. Segundo a classificação do método o ritmo pode variar desde muito lento a muito rápido. A maneira mais precisa para isso é realizando a verificação da taxa de ocupação da tarefa, por meio dos estudos de tempos e métodos. Na prática pode-se observar se o trabalhador está com “tranquilidade” na atividade, se ele realiza deslocamentos, se tem que “correr” atrás do produto, dentre outras características.

O Quadro 6 apresenta a classificação do fator ritmo de trabalho. A classificação consiste em muito lento, lento, razoável, rápido e muito rápido. Ao final da classificação é levantado um multiplicador para este item.

FATOR	CLASSIFICAÇÃO	CARACTERIZAÇÃO	MULTIPLICADOR
FRT Fator Ritmo de Trabalho	Muito Lento	Menor ou igual a 80%	1,0
	Lento	81 - 90%	1,0
	Razoável	91- 100%	1,0
	Rápido	101 - 115% - apertado,mas ainda conseguindo acompanhar	1,5
	Muito Rápido	acima de 115% - apertado e não consegue acompanhar	2,0

Quadro 6 - Classificação do fator ritmo de trabalho  
Fonte: Adaptado de IIDA, 2005.

- **FDT – Fator Duração do Trabalho**

O fator duração do trabalho é expresso em horas, é o tempo em que a pessoa fica exposta a atividade de trabalho. Quantifica-se a jornada de trabalho.

O Quadro 7 apresenta a classificação de duração do trabalho. A classificação consiste em menos de 1 hora, de 1 a 2 horas, de 4 a 8 horas e acima de 8 horas. Ao final da classificação é levantado um multiplicador para este item.

FATOR	CLASSIFICAÇÃO	MULTIPLICADOR
FDT Fator de Duração do Trabalho	Menos de 1 hora	0,25
	1 a 2 horas	0,50
	2 a 4 horas	0,75
	4 a 8 horas	1,0
	acima de 8 horas	1,5

Quadro 7 - Classificação de duração do trabalho  
Fonte: Adaptado de IIDA, 2005.

Inseridos todos os “fatores de multiplicação” procede-se o cálculo, ou seja, a multiplicação de todos os fatores.

Se o valor obtido for: < **ou igual a 3,0**→ Trabalho seguro; **3,0 a 5,0**→ Trabalho duvidoso, questionável; **5,0 – 7,0**→ Trabalho com risco de lesão da extremidade distal do membro superior; > **7,0**→ Trabalho com alto risco de lesão; tão mais alto quanto maior o número observado.

## 2.4 MACROERGONOMIA

O escopo da ergonomia ampliou-se bastante a partir da década de 1980, passando a ser chamado de macroergonomia (IIDA, 2005). A macroergonomia baseia-se na abordagem com enfoque nos sistemas, considerando o modo como as organizações são projetadas e gerenciadas.

Segundo Locatelli (2006), a macroergonomia é participativa e conta com a participação dos trabalhadores tanto na fase de concepção quanto na implementação de propostas projetuais, gerando uma garantia no envolvimento, e considerável índice de sucesso nas modificações.

Dentro dos recursos de desenvolvimento de projetos ergonômicos, a análise macroergonômica do trabalho é um recurso de intervenção amplo, engloba todas as questões, sempre com a participação direta dos envolvidos, objetivando avaliar as

necessidades organizacionais dos setores em questão, levando em conta a capacidade e o desempenho humano (HENDRICK, 1993).

Já para Baenas (2006), a abordagem macroergonômica envolve a implantação de novas tecnologias no espaço organizacional para priorizar as ações iniciais de um projeto ergonômico, no intuito de prever e eliminar possíveis disfunções que venham a acarretar constrangimentos para os trabalhadores.

Para Kmita (2003), a visão macro da ergonomia atual focaliza o Homem, o processo de trabalho, a organização, o ambiente e a máquina como um todo de um sistema mais amplo. A participação dos trabalhadores envolvidos no processo do trabalho (tanto de concepção quanto de operação) propicia que a intervenção ergonômica obtenha melhores resultados, reduzindo a margem de erros de concepção e garantindo que o novo sistema implantado tenha melhor aceitação por parte dos trabalhadores.

Segundo Lida (2005), com a macroergonomia, muitas decisões são tomadas em nível administrativo superior da empresa, o que produz melhoria da segurança, satisfação, redução de erros e acidentes, e melhoria da saúde e da produtividade de toda a empresa.

A macroergonomia é uma das formas mais eficientes de conciliar as questões humanas de trabalho com as questões de sobrevivência da empresa no mundo atual (GUERIN *et al.*, 2001).

A macroergonomia tem por objetivo um estudo fundamentado na ergonomia participativa, fator este que valoriza a opinião do trabalhador. Uma empresa que envolve a ergonomia em suas decisões acaba trazendo melhorias na empresa como um todo (BROWN, 1995).

A análise macroergonômica do trabalho (AMT), proposta por Guimarães (2002) é um método de ação ergonômica com abordagem participativa que, quando aplicada nas empresas, tem a orientação metodológica de uma pesquisa-ação, “um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo” conforme proposto por Cassarotto *et al.* (1997).

## 2.5 POSTURAS NO POSTO DE TRABALHO – CONSTRUÇÃO CIVIL

Na indústria da construção civil frequentemente é utilizada a postura em pé para a realização das atividades, principalmente por grande parte das atividades necessitarem constantemente de deslocamentos para acompanhar o objeto que está sendo construído.

Guerin *et al.* (2001) destacam que todo o trabalho apresenta um duplo caráter: o pessoal e o sócio econômico, portanto, é na interação destes que se encontra a origem de todas as dificuldades enfrentadas pelos trabalhadores.

Segundo Falzon (2012), nenhuma postura é suficientemente adequada para ser mantida confortavelmente por longos períodos. Qualquer postura prolongada pode ocasionar a sobrecarga estática sobre os músculos e outros tecidos e, consequentemente, causar dor e desconforto.

Segundo Lida (2005), postura é o estudo do posicionamento relativo de partes do corpo, como cabeça, tronco e membros, no espaço. A boa postura é importante para a realização do trabalho sem dor e desconforto.

Ainda de acordo com Lida (2005), os trabalhadores assumem posturas inadequadas devido ao projeto deficiente das máquinas, equipamentos, postos de trabalho e também, às exigências da tarefa. Muitas vezes, estes projetos obrigam o trabalhador a utilizar de posturas inadequadas.

Segundo Kendall (1990), a postura padrão deve ser o tipo de postura que envolve uma quantidade mínima de esforço e sobrecarga e conduz a eficiência máxima do uso do corpo.

Larroyd (1997) citou em sua pesquisa com pedreiros de reboco, que a carga física de trabalho do operário que reboca paredes internas na construção civil, demonstrou ser uma carga física moderada para um dia de trabalho, porém relata que se deve considerar que essas posturas são assumidas todos os dias de trabalho, durante anos, que fatalmente acarretará algum prejuízo para a saúde do trabalhador.

Dul e Weerdmeester (2004) relatam os 10 princípios mais importantes para reduzir as tensões que ocorrem em músculos e articulações durante uma postura ou um movimento: as articulações devem ocupar uma posição neutra; manter os pesos próximos ao corpo; evitar curvar-se para frente; evitar inclinar a cabeça; evitar

torções de tronco; evitar movimentos bruscos que produzem picos de pressão; alternar posturas e movimentos; restringir a duração do esforço muscular contínuo; prevenir a exaustão muscular e realizar pausas curtas e frequentes.

De acordo com Lida (2005), a posição de pé apresenta a vantagem de proporcionar grande mobilidade corporal, facilitando o uso dinâmico de braços, pernas e tronco. A posição parada, em pé, é altamente fatigante porque exige muito trabalho estático da musculatura envolvida para manter essa posição.

A ação da ergonomia com relação a postura do trabalho na construção civil, é adequar o posto deste trabalhador, promovendo uma melhor postura, redução da fadiga, dores, afastamentos de trabalho e patologias ocupacionais.

### 2.5.1 Sobrecargas posturais relacionadas ao trabalho

Desde a década de 1990, têm aumentado os estudos referentes à coluna vertebral e membros superiores, pelas manifestações de alterações posturais decorrentes na maioria das vezes pela manutenção da postura nas exigências das atividades de trabalho. O estilo de vida da população moderna leva a inadequações musculares que propiciam sobrecargas estruturais (CHAFFIN, 2001).

As atividades exercidas pelos trabalhadores da construção civil, especialmente dos que atuam diretamente no manejo dos materiais e dispositivos, envolvem por vezes o emprego de esforços físicos gerados pelas alavancas corporais dos diferentes segmentos corporais. Estas ações são demandadas em ritmo acelerado especialmente nas grandes obras e executadas em posições corporais por vezes desfavoráveis. Este cenário é composto por outros elementos como o elevado risco de acidente típico que compõe a atividade humana neste ramo ocupacional (TAKAHASHI *et al.*, 2012).

Lida (2005) afirma que um trabalhador durante uma jornada de trabalho pode assumir centenas de posturas diferentes, e em cada tipo de postura, um diferente conjunto de musculatura é requisitado.

Um fato pouco aceito por aqueles que mantêm uma lesão é que seu problema raramente se limita a uma única estrutura, havendo a possibilidade de que lesões menores, repetidas, possam produzir um efeito cumulativo que resultam em alterações degenerativas, episódios agudos de dor e incapacidade (HYNE, 1995).

A ergonomia, segundo Cartaxo (1997), visa à diminuição de doenças relacionadas ao trabalho, danos musculares devido à fadiga, situações em que o trabalhador possa estar exposto ao risco de acidentes devido a sua postura, redução de perdas, danos e custos as empresas, melhoria no conforto e aumento na produtividade e desempenho do trabalhador.

### 2.5.2 Repetitividade

Segundo Dul e Weerdmeester (2004), a repetitividade está relacionada com o conteúdo e o tempo em que uma tarefa é realizada. Com a finalidade de aumentar a produção, simplificar e eliminar movimentos, o trabalho foi empobrecido, fragmentado em operações cada vez mais simples e de curta duração.

Para Tanaka e McGlothin (1993) apud Malchaire *et al.* (1998), a repetitividade é definida pelo número de produtos similares fabricados por unidade de tempo.

Segundo Pichené, citado por Malchaire *et al.* (1998), essa definição não é adequada devido ao fato de não haver uma boa correlação entre número de movimentos e número de peças produzidas.

Para Stanton *et al.* (2004), a repetitividade é definida pelo número de esforços por ciclo de trabalho, multiplicado pelo número de ciclos por posto.

De acordo com Silverstein *et al.* (1987), trabalhos altamente repetitivos são aqueles com tempo de ciclo menor do que 30 segundos (mais do que 900 vezes em um dia de trabalho), ou quando em mais do que 50% do tempo de ciclo desempenha-se o mesmo tipo de ciclos fundamentais. Ciclo fundamental refere-se a uma sequência de passos no ciclo de trabalho que se repete.

McAtamney e Corlett (1993) definem como repetitivo um ciclo que é executado mais de quatro vezes por minuto.

Geralmente na indústria, as tarefas podem ser caracterizadas segundo Escorpizo e Moore (2007) como:

- Inteiramente automatizado, onde uma tarefa é feita por uma máquina, por um motor, ou pelo equipamento;
- Semi-automatizada, onde uma tarefa é compartilhada por uma máquina e por um trabalhador;
- Manual, em que a tarefa é realizada inteiramente pelo trabalhador.

As atividades de trabalho totalmente automatizadas e manuais não tem representado tantos problemas quanto àquelas em que o Homem compartilha com a máquina sua tarefa.

## 2.6 DISTÚRBIOS OSTEOMUSCULARES RELACIONADOS AO TRABALHO

Os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho – DORT, mais conhecido como LER - Lesões por Esforços Repetitivos e também chamada em algumas literaturas, de Alterações Músculo Esqueléticas Relacionadas ao Trabalho – AMERT's, entende-se como uma síndrome relacionada ao trabalho, caracterizada pela ocorrência de vários sintomas concomitantes ou não, que frequentemente são a causa de incapacidade laboral temporária ou permanente. Resultam da combinação da sobrecarga das estruturas anatômicas do sistema osteomuscular com a falta de tempo para sua recuperação (ABRANTES, 2004).

Conforme protocolo de investigação, diagnóstico, tratamento e prevenção das LER/DORT, do Ministério da Saúde (2001), não há uma causa única e determinada para a sua ocorrência. Vários são os fatores existentes no trabalho que podem concorrer para o surgimento: repetitividade de movimentos, manutenção de posturas inadequadas por tempo prolongado, esforço físico, compressão mecânica sobre um determinado segmentado do corpo, trabalho muscular estático, vibração, frio, fatores organizacionais e psicossociais.

Para Peres (2005), LER/DORT referem-se a um conjunto de doenças que atingem, principalmente, os membros superiores e o pescoço, e incluem várias doenças, entre as quais:

- Tenossinovite, epicondilite, tendinite, síndrome do túnel do carpo, cistos sinoviais, bursite e dedo em gatilho. Ocorrem, basicamente, em razão da sobrecarga no sistema musculoesquelético, sendo ocasionadas pelo trabalho contínuo e repetitivo.

Existem várias situações de trabalho que favorecem o desencadeamento da doença, entre elas: ritmo intenso de trabalho, pressão formal ou informal para manter esse ritmo, metas estabelecidas sem a participação dos trabalhadores, falta de possibilidade de realizar pequenas pausas espontâneas, manutenção de postura fixa ( por tempo excessivo), execução de elevado número de movimentos repetitivos

por longo período, monotonia e fragmentação de tarefas, mobiliário ergonomicamente mal projetado, ambiente de trabalho desconfortável: temperaturas extremas, pouco iluminado, ruidoso e com pouco espaço de trabalho (PERES, 2005).

Segundo Otton (2000), as lesões podem ocorrer devido ao movimento repetitivo, às vezes associados às vibrações ou pressão, e podem ser de caráter temporário, definitivo, e até se tornar crônicas, de forma a reaparecer quando o trabalhador retornar para suas atividades. O autor define como repetitivo o ciclo executado mais de quatro vezes por minuto, e define trabalho muscular repetitivo aquele que aciona o músculo mais que 30 vezes por minuto.

Para Baenas (2006), tarefas com alto grau de ritmo e repetitividade dos movimentos podem ser fatores para o acontecimento de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais. As consequências das doenças ocupacionais são o desenvolvimento de LER/DORT – lesões causadas por esforços repetitivos na atividade laboral, geralmente atingindo nervos, tendões, ligamentos, articulações, cartilagens ou discos intervertebrais, associados à exposição aos fatores de risco na atividade de trabalho.

Para Grandjean e Kroemer (2005), em relação à saúde física, a repetitividade dos movimentos na realização das tarefas, aliada as posturas inadequadas, acarreta danos aos sistemas musculoesqueléticos do trabalhador.

Ghisleni (2005) descreve que os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT), abrangem quadros clínicos do sistema musculoesquelético adquiridos pelo trabalhador submetido a determinadas condições de trabalho e que não há causa única para sua ocorrência. Dentro da indústria da construção civil, diversos motivos somam-se para exacerbar seu aparecimento.

Couto (2006) relata os 5 motivos pelos quais os DORT têm aumentado em todo mundo nas últimas décadas:

- Pelo desequilíbrio entre a prescrição de trabalho e a possibilidade de cumprimento;
- Pela anulação dos mecanismos de regulação;
- Pela complexidade cada vez maior do trabalho a ser feito pelas pessoas;

- Pela realidade social favorecedora das lesões, principalmente pelo fracasso dos mecanismos da própria empresa;
- Pela intensificação dos fatores biomecânicos da tarefa.

As lesões ocupacionais afetam a saúde física e mental do trabalhador, reduzindo consideravelmente a sua capacidade funcional, interferindo diretamente na produtividade e na qualidade de vida do trabalhador.

Saad (2008) refere que independente da definição, as síndromes dolorosas interferem diretamente na produtividade do trabalhador, na qualidade do serviço prestado, aumentam o índice de absenteísmo, diminuem o nível de concentração durante o trabalho, aumentando o risco de acidentes graves durante a jornada laboral.

Ghisleni (2005) relata que os DORT tornaram-se uma epidemia a partir da entrada dos processos produtivos do modelo de acumulação flexível, da reestruturação produtiva e da terceirização.

Grandjean (2005) descreve que, o excesso de horas trabalhadas não só reduz a produtividade por hora, mas também é acompanhada por um aumento característico de faltas, por doença ou acidentes.

Na indústria da construção civil verifica dois principais focos de aparecimento de dor e consequentemente de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho: a coluna e os membros superiores (SAAD, 2008).

Reconhece-se que a dor no ombro relacionada ao trabalho é grandemente representada nos trabalhadores da construção quando comparados a outras ocupações (SPORRONG *et al.*, 1999).

Schneider (2004) descreve que o risco de ferimento músculo esquelético nos trabalhadores da construção civil é muito mais elevado que o risco de outros trabalhadores com trabalhos menos pesado, sendo o risco na construção civil 50 % mais elevado que em outras categorias.

Percebe-se que a queixa de dor em membros superiores é uma realidade antiga na ocupação do trabalhador da construção e que causa sofrimento ao trabalhador. Inserido neste contexto o fator que mais contribuiu para o crescimento de uma realidade social favorecedora de DORT foi a incapacidade da empresa de

lidar com a gestão de pessoas que apresentam dores nos membros superiores (COUTO, 2000).

lida (2005) relatou que muitas tarefas da construção civil exigem trabalhos físicos pesados, como levantar e transportar cargas. Existem posturas incômodas como aquelas que exigem os dois braços acima da linha de ombros. Estas posturas desconfortáveis e movimentos com grande exigência muscular, muitas vezes tornam-se nocivos à saúde do trabalhador.

### 2.6.1 Fadiga no ambiente de trabalho e sua associação com os DORT'S

De acordo com Filus (2011), com o trabalho cada vez mais industrializado, é possível verificar o aumento da demanda por tarefas que exigem esforço e rapidez por parte dos trabalhadores. Aos tecidos moles corporais e ao esqueleto sobrevêm diversos danos, tornando-o suscetível a traumas maiores, gerando dores e desconfortos aos trabalhadores.

O tronco e os membros superiores são as regiões que mais sofrem as consequências de uma excessiva exposição a fatores de risco para lesões por traumas cumulativos. Estas, segundo o Diário Oficial de 1998, receberam uma nova nomenclatura, distúrbios musculares relacionados ao trabalho – que compreendem uma síndrome clínica caracterizada por dor crônica, acompanhada ou não por alterações objetivas e que se manifesta principalmente no pescoço, cintura escapular e/ou membros superiores, em decorrência do trabalho (FILUS, 2011).

A dor é decorrente de esforços excessivos. São consideradas forças excessivas, as atividades repetidas como extensão, flexão e/ou rotação de um segmento corporal; e as forças internas que enfraquecem a função neuromusculoesquelética, portanto consideradas inadequadas, entre elas a ansiedade, falta de treinamento e a fadiga (MARRAS, 2000).

Abdução e rotação externas repetidas do ombro levam a processos inflamatórios, degeneração e, algumas vezes, ruptura parcial do manguito rotador, gerando impossibilidade de movimentos com o braço, devido à dor (OLIVEIRA, 1998).

Com o advento dos maquinários em células, um indivíduo deve seguir o ritmo de trabalho imposto pela máquina, que muitas vezes se encontra fora de condições ergonômicas (OLIVEIRA, 1998).

Se a velocidade das contrações musculares aumentarem durante uma determinada atividade, chega-se a um limite que resultará em fadiga muscular (metabolismo anaeróbico), o que é muito observado nos casos de DORT'S principalmente de membros superiores (CAILLET, 1999).

Se esforços contínuos ou repetitivos forem realizados diariamente ao longo de semanas ou até mais, e se os níveis de estresse forem elevados, a dor crônica e a degeneração tissular podem acontecer (IIDA, 2005).

#### 2.6.1.1 Fadiga e produtividade industrial

A fadiga é um dos principais fatores que concorre para reduzir a produtividade. Em alguns casos, é relativamente fácil localizar as fontes da fadiga, que podem ser a exagerada carga muscular ou ambiente de trabalho inadequado (com ruídos, vibrações, temperaturas ou iluminação inadequada). Em outros casos estão relacionadas aos horários, trabalhos em turnos, programações da produção, ou relações pessoais dentro e fora do trabalho (COUTO, 1995).

De acordo com Filus (2011), ao realizar os rodízios nos postos de trabalho alternando os grupos musculares utilizados pode ou não existir uma redução nos níveis de ácido láctico sanguíneo. Assim como nos rodízios realizados com tempo menor do que os realizados em um tempo maior de exposição também podem existir esta redução de lactato, observa-se que os resultados são convincentes e pode-se dizer que a redução do lactato sanguíneo tem ação intermediada pelo nível de exposição e sobrecarga muscular.

Filus (2011) ainda cita que o tempo de exposição do trabalhador na atividade que exerça sobrecarga é também um fator importante para definir a redução de fadiga muscular. Em muitos casos, essas pausas estão embutidas no próprio ciclo de trabalho, chamadas de micro pausas do trabalho, ou atividades que não agregam valor ao trabalho. A variação de atividade que ocorre no próprio ciclo serve para prevenir ou retardar a fadiga.

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

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

Para Xavier (2013) as principais consequências da fadiga são:

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

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

Em termos funcionais, a fadiga é determinada pelo surgimento de alterações típicas em certas variáveis fisiológicas, cujo componente subjetivo é o cansaço e o esgotamento, acompanhados com frequência de sinais de ansiedade e depressão, observados na Figura 5. A fadiga humana é predominantemente de origem central (BAÚ, 2002).

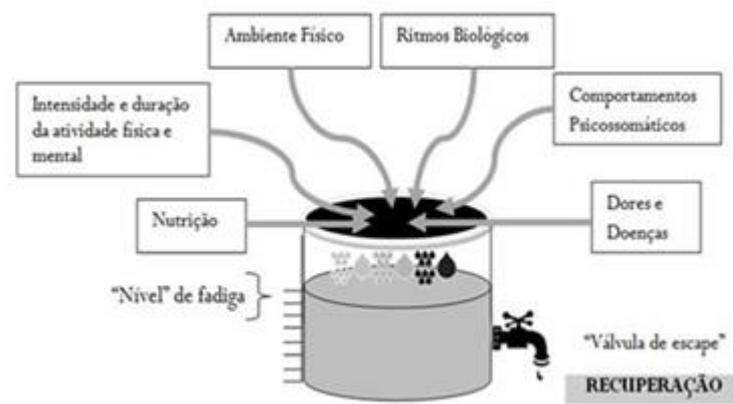


Figura 5 – Caldeirão de Grandjean

Fonte: Grandjean (2005)

Segundo Baú (2002), 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.

A fadiga muscular pode ser definida como “qualquer redução na capacidade de exercer força num esforço voluntário” (EDWARDS, 1981; BIGLAND-RITCHIE *et al.*,1981). Este tipo de falência é visto por muitos pesquisadores como uma adaptação do sistema neuromuscular que ajuda a prevenir lesões musculares graves.

Couto (1995) cita que uma técnica relativamente simples de avaliação da fadiga no trabalho é a utilização de questionários bipolares, desenvolvidos inicialmente pelo professor Nigel Corlet, de Nottingham, Inglaterra, utilizando os mesmos princípios de testes qualitativos conhecidos como Escalas de Likert.

Um questionário bipolar típico, ilustrado na Figura 6, contém uma sequência de pares de adjetivos, sendo que em cada par, num extremo está uma situação, e no outro extremo a situação oposta, sempre referente à sensação do indivíduo naquele instante do trabalho. Caso se identifique com o extremo da situação de ausência de fadiga ou de dor, marca-se o número 1, com o extremo da situação de fadiga ou de dor, marca-se o número 7; intermediariamente, marca-se o número 4; se com tendência para o lado da ausência de fadiga, marca-se 3 ou 2; se com tendência para o lado da fadiga ou cansaço, marca-se 5 ou 6. Questionam-se os números deveriam ser de 1 a 7 ou apenas de 1 a 5; assim como alguns propõem que exista apenas uma linha, e que o pesquisador meça a distância do ponto marcado pelo trabalhador ao extremo da linha; mas qualquer uma dessas ponderações não é mais que o questionamento de detalhes da técnica, que em si funciona a contento em suas diversas modalidades.

QUESTIONÁRIO BIBOLAR

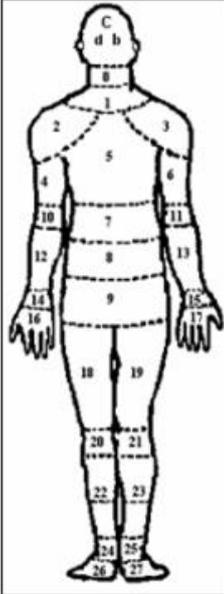
Região:	Parte do corpo:	Frequência:	Lado:		Evolução (hora)		
			ESQ.	DIR.	1a	4a	8a
d e b	Olhos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
C	Cabeça		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
0	Pescoço		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
1	Trapézio		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
5	Tórax		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
7 e 8	Lombar		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2 e 3	Ombro		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
4 e 6	Braço		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
10 e 11	Cotovelo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
12 e 13	Antebraço		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
14 e 15	Punho		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
16 e 17	Mãos e dedos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
9	Nádega		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
18 e 19	Coxa		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
20 e 21	Joelho		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
22 e 23	Panturrilha		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
24 e 25	Tornozelo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
26 e 27	Pés e dedos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

**SALVAR DADOS**

**BANCO DE DADOS**

**CONTROLE DE DOR**

**INFO**



**FREQUÊNCIA:**  
 (1) De 1 a 2 vezes por semana  
 (2) De 3 a 4 vezes por semana  
 (3) Cerca de 1 vez por dia  
 (4) Muitas vezes por dia  
 (5) Todo o dia (o dia inteiro)

**LADO:**  
 ESQ. = Esquerdo  
 DIR. = Direito

**EVOLUÇÃO:**  
 (1) Ausente  
 (2) Pequeno  
 (3) Moderado  
 (4) Severo  
 (5) Insuportável

**HORA:**  
 1a = Primeira hora  
 4a = Quarta hora  
 8a = Oitava hora

Na parte do corpo em que o funcionário não sente dor, deixe o campo frequência em branco.

Figura 6 – Questionário Bipolar  
 Fonte: FBF Sistemas (2016)

Em trabalhos industriais observou-se que as jornadas muito longas provocam reduções de desempenho. Na maioria dos casos, considera-se que a jornada de oito horas até oito horas e meia de duração, é a máxima para se obter uma boa produtividade. Observa-se que os erros começam a aparecer aleatoriamente, com frequência cada vez maior.

Portanto, mesmo que a quantidade se mantenha aparentemente constante, a qualidade da produção tende a cair. As diferenças individuais na questão da fadiga são significativas. Algumas pessoas se fatigam mais facilmente que as outras. Outras ainda apresentam maior tolerância em determinados tipos de trabalho. Existem também pessoas que se tornam mais suscetíveis à fadiga em certos dias ou em determinadas fases da vida (IIDA, 2005).

Durante a realização de um trabalho, as exigências da tarefa e a atividade em curso, tendem a prevalecer sobre a “consciência corporal”. De certa forma, estar envolvido com um trabalho que exige atenção ou rapidez requer que nos

esqueçamos do próprio corpo, fixando a consciência no próprio trabalho, seus instrumentos e objetos (LIMA, 2000).

Com o passar do tempo, o trabalhador acentua o desgaste emocional e surge o estresse (FORMIGHIERI, 2003).

A administração deve estar sempre atenta para a ocorrência da fadiga. Com assessoramento de médicos, fisioterapeutas, psicólogos, e engenheiros de produção deve-se selecionar, treinar e alocar os trabalhadores adequadamente, para reduzir a fadiga, preventivamente, ou fazer correções dos casos mais agudos, encaminhando-os para tratamentos adequados (IIDA, 2005).

O trabalho dinâmico caracteriza-se por uma sequência rítmica de contração e extensão, portanto de tensionamento e relaxamento, da musculatura em trabalho. Já o trabalho estático, em oposição, caracteriza-se por um estudo de contração prolongada da musculatura, o que geralmente implica um trabalho de manutenção de postura (KROEMER, 2005).

Estudos de Grandjean (2005) mostram que a carga estática que corresponde 15 a 20% da força máxima e que é executada por dias e semanas leva ao surgimento de dolorosos sinais de fadiga muscular.

Em linhas gerais, ainda segundo Grandjean (2005), pode-se falar em trabalho estático, nas seguintes condições:

- Quando um elevado gasto de força muscular exige uma contração muscular por 10 segundos ou mais;
- Quando com gasto de força muscular, a contração muscular dura 1 minuto ou mais;
- Quando em um esforço leve (cerca de 1/3 da força máxima), a contração durar 4 minutos ou mais.

O trabalho muscular estático e dinâmico é representado na Figura 7.



Figura 7- Esforços musculares estático e dinâmico  
 Fonte: Adaptado de Kroemer (2005)

## 2.6.2 Trabalho muscular

De acordo com Padilha (2013), o trabalho muscular pode ser dividido em 2 grupos: o trabalho muscular estático e o trabalho muscular dinâmico. O trabalho muscular estático é aquele que não possui movimentos articulares, ou seja, aquele que produz contrações isométricas. No trabalho muscular dinâmico existe movimentação articular durante sua realização.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), “o trabalho dinâmico caracteriza-se pela alternância de contração e extensão, portanto, por tensão e relaxamento. Há mudança no comprimento do músculo, geralmente de forma rítmica”.

Ainda segundo Kroemer e Grandjean (2005), “o trabalho estático caracteriza-se por um estado de contração prolongada da musculatura, o que geralmente implica um trabalho de manutenção de postura”.

O trabalho estático é altamente fatigante, pois nele ocorre a diminuição da irrigação sanguínea para os músculos. “Em oposição o trabalho muscular dinâmico funciona como bomba hidráulica, ativando a circulação” (IIDA, 2005).

Deve-se analisar, porém, que o trabalho muscular dinâmico quando usado de forma repetitiva e sem ferramentas adequadas pode ser extremamente desgastante à saúde do trabalhador quando este realiza a mesma atividade por horas, dias e semanas consecutivamente.

Em canteiros de obras, encontram-se movimentos estáticos e dinâmicos associados nas mais diversas formas de combinação. Kroemer e Grandjean (2005)

descrevem que pode-se considerar a existência de trabalho estático significativo quando:

- Um esforço grande é mantido por 10 segundos ou mais;
- Um esforço moderado persistir por 1 minuto ou mais;
- Um esforço leve (cerca de 1/3 da força máxima) dura 5 minutos ou mais.

Percebe-se então que o trabalho muscular estático é nocivo ao trabalhador. lida (2005) descreve que “quando não for possível de ser evitado o uso do trabalho muscular estático ele deve ser aliviado através das mudanças de posturas, da melhora do posicionamento das peças e ferramentas ou providenciando apoios para partes do corpo”.

São necessárias avaliações a respeito dos tipos de posturas que os trabalhadores utilizam para realização de uma determinada atividade, para análise dos movimentos estáticos e dinâmicos que estes realizam e adequação destes para diminuição dos riscos de comprometimento da saúde (GRANDJEAN, 2005).

lida (2005) relata que “uma simples observação visual não é suficiente para analisar essas posturas detalhadamente, sendo necessário empregar técnicas especiais de registro e análise destas posturas”.

Holmströn e Ahlborg (2005) descrevem que exercícios pela manhã podem ser benéficos para aumentar e manter a flexibilidade do músculo e sua resistência para trabalhadores da construção que se expõem a manipulação manual de materiais e posições forçadas de trabalho.

### 2.6.3 Força muscular

A força muscular é descrita como a habilidade de um músculo ou grupamento muscular produzir ou resistir a uma força podendo ser isométrica, isocinética ou isotônica, que no caso da dinamometria é classificada como isométrica (SCHLÜSSEL, 2008).

A força é um componente fundamental na funcionalidade normal de quaisquer articulações, e também essencial para a manutenção da qualidade de vida dos seres humanos.

Schlüssel (2008) acredita que a força depende de vários fatores para considerações científicas, como sexo, idade, massa corporal magra, estado nutricional, entre outros que poderão modificar quaisquer hipóteses: idade: trabalhadores entre 50 e 60 anos exercem 70 a 85% da força máxima original; gênero: mulheres têm 2/3 da força dos homens; condicionamento físico e motivação: estímulos adequados promovem bem-estar.

De acordo com Grandjean (2005), 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/cm<sup>2</sup> da secção transversal de músculo. Isto significa que um músculo com 1 cm<sup>2</sup> 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).

#### 2.6.4 Dor muscular

Segundo Dul e Weerdmeester (2004), o trabalho por longos períodos usando as mãos e braços em posturas inadequadas, pode produzir dores nos punhos, cotovelos e ombros. Quando o punho fica muito tempo inclinado, pode haver infiltração dos nervos, resultando em dores e sensações de formigamento nos dedos. Uma das características da dor são a fraqueza e o movimento limitado e rígido da articulação em questão (SBED, 2009).

Dul e Weerdmeester (2004) descrevem que as dores se agravam quando há aplicação de forças ou se realizam movimentos repetitivos com as mãos. Em casos mais graves podem surgir lesões por traumas repetitivos. Podem-se conseguir posturas melhores com o posicionamento correto para a altura das mãos e uso de ferramentas adequadas.

Existem várias formas de manipulação de objetos através das pegas manuais, proporcionando o agravamento da situação relatada acima.

Lippert (2003) demonstra que os tipos de pegas executados pelas mãos, subdividem-se em pinça de precisão e pegas de força. O mesmo autor classifica as

pegas de força em pega cilíndrica, pega esférica e pega em gancho. No ambiente laboral do canteiro de obras são basicamente utilizadas as pegas de força.

Para o melhor posicionamento das mãos e melhor utilização das ferramentas Dul e Weerdmeester (2004) descrevem algumas orientações:

- Selecionar a ferramenta correta: melhor modelo que se adapte à tarefa e à postura, de modo que as articulações possam ser mantidas na posição neutra;
- Usar ferramentas com empunhaduras curvas para não torcer o punho. É melhor usar ferramentas com empunhaduras curvas, que permitam conservar o punho reto;
- Aliviar o peso das ferramentas manuais: as ferramentas manuais não devem exceder 2 kg;
- Fazer manutenção periódica nas ferramentas: a manutenção periódica nas ferramentas pode contribuir para reduzir a carga de trabalho;
- Prestar atenção na forma da pega: a forma e a localização da pega devem possibilitar uma boa postura para mãos e braços. A pega deve ter um diâmetro de 3 centímetros e um comprimento de 10 centímetros para que possa exercer maior força com a palma das mãos. Ela deve ser um pouco convexa para aumentar seu contato com as mãos;
- Evitar ações acima do nível dos ombros: as mãos e cotovelos devem permanecer abaixo do nível dos ombros e ter duração limitada;
- Evitar trabalhar com as mãos para trás: deve-se evitar o trabalho com as mãos para trás do corpo.

Segundo Saad (2008), as medidas para minimizar o estresse dos membros superiores durante o trabalho auxiliam na redução dos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. Porém se a atividade desenvolvida pelos membros superiores incidir em uma demanda acentuada, com a realização de atividades repetitivas associadas ao levantamento de cargas, essas considerações apresentam caráter paliativo à prevenção destes distúrbios, devendo-se também diminuir o número destes esforços durante a jornada laboral.

De acordo com Mcardle (1994) apud Filus (2011), a dor muscular tem causa desconhecida, mas o grau de desconforto depende da intensidade e duração do esforço e do tipo de atividade realizada.

Segundo Mcardle (1994), é a magnitude da sobrecarga ativa imposta a uma fibra muscular que desencadeia a dor muscular e não a força muscular absoluta propriamente dita, e há vários fatores que causam esse processo: espasmos musculares, estiramento excessivo e laceração do tecido conjuntivo do músculo, lacerações no tecido muscular dos seus componentes contráteis, alterações na pressão osmótica causando retenção hídrica nos tecidos circundantes, alterações no mecanismo celular para regulação do cálcio e inflamação aguda.

Se o trabalho humano “é um ato de transformação da natureza” conforme citado por Sobrinho e Schüller (1995), também é verdade que ao realizar a atividade de trabalho, produzem alterações físicas, químicas e biológicas não somente na natureza, mas também no corpo dos trabalhadores. Essas alterações podem ser negativas quando os trabalhadores são expostos a situações que geram estresse, tensão muscular, desgaste e dor. Desta maneira tem-se observado lesões em ombro com causa a esclarecer. Há casos em que existe claramente o nexo ocupacional entre trabalho e doença e tem-se que providenciar todas as questões trabalhistas, comunicação de acidentes de trabalho e a mudança do processo.

## 2.7 BIOMECÂNICA OCUPACIONAL

Para Couto (2000), 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), 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 (2012) cita como as principais características da biomecânica do ser humano:

- 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;
- O ser humano é adaptado a fazer contrações musculares dinâmicas;

- Os músculos possuem as seguintes propriedades: força, resistência, flexibilidade, velocidade, potência, agilidade, equilíbrio e coordenação;
- 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;
- O limite para algum esforço físico isolado é de 50% da força máxima;
- Quanto mais frequente é o esforço, menor é a porcentagem da força máxima que pode ser usada;
- A melhor postura para trabalhar é aquela em que o corpo alterna as diversas posições: sentado, de pé e andando.

### 2.7.1 Biomecânica do ombro

Segundo Kapandji (2000) apud Coldman (1934), inicialmente referiu que a abdução do úmero a 180° necessita que a clavícula, a escápula e o úmero atuem em um padrão de interação ao longo de toda a amplitude do movimento. O autor descreveu o seguinte ritmo que existe ao longo da abdução: 10° de abdução acontecem na articulação glenoumeral e 5° de abdução acontecem como consequência do movimento escapular, lateral, anterior e superiormente.

A importância da rotação escapular superior para a fossa glenóide torna-se óbvia quando está sendo investigado o ritmo escapuloumeral. Durante os primeiros 30° a 50° de abdução do úmero ou flexão, a escápula está em fase de estabelecimento, mas move-se lateralmente. O movimento é localizado na glenoumeral, mas após 50° de abdução a escápula rola em relação a um eixo fixo através de um arco de aproximadamente 65°, conforme o ombro alcança elevação completa.

Na maioria dos atletas de lançamento este movimento está numa razão de 2:1 entre abdução glenoumeral e uma rotação escapulotorácica (GOULD, 1993).

No plano escapular o movimento escapuloumeral totaliza 3:2 com uma razão de 4:1 durante os primeiros 30° de abdução do úmero e de 5:4 durante a abdução restante (JOBE *et al.*, 1983, HAMMER, 2000).

Mcquade e Smidt (1998) consideraram o cálculo dos coeficientes de ritmo quando o braço estava carregado, afirmando que: “cargas leves no ombro causaram um aumento do ritmo escapulomerual (movimento escapular reduzido) de 3,1:1 para 4,3:1 conforme o braço foi elevado. Cargas pesadas no ombro resultaram num ritmo escapulomerual aumentado de 1,9:1 para 4,5:1 conforme o braço foi elevado.”

A articulação glenoumeral contribui com 60° a 120° para a abdução do ombro, dependendo da rotação do úmero. Os 60° restantes são proporcionados pela elevação escapular (ANDREWS, 2000).

Andrews (2000) sustenta que durante os primeiros 30° de abdução glenoumeral, é irrelevante a contribuição da elevação escapular, além de não ser coordenada com o movimento do úmero. É conhecida como fase de acomodação, durante a qual a escápula procura uma posição de estabilidade sobre a parede torácica em relação ao úmero.

Foram descritas três fases de abdução, Na primeira o supraespinhal e o deltóide agem em sinergismo, vai até os 90°, quando a tuberosidade maior do úmero impacta contra a margem superior da glenóide. A segunda fase exige um movimento pendular da escápula, que dirige a glenóide diretamente mais para cima, a amplitude deste movimento é de 60°. Nesta fase há rotação longitudinal, do ponto de vista mecânico, das articulações esternoclavicular e acromioclavicular, cuja amplitude de movimento é de 30° cada uma. A terceira fase vai de 150° a 180°, e é necessário que a coluna vertebral participe deste movimento para chegar à vertical (KAPANDJI, 2000).

Devido ao elevado número de elementos anatômicos intervenientes na biomecânica do ombro, a sua análise torna-se bastante complexa. A função da cintura escapular requer elevada mobilidade, associada à interação de cerca de 30 músculos, o que torna esta porção da estrutura anatômica do corpo humana tão instável (KAPANDJI, 2000).

O principal objetivo da articulação do ombro é de aumentar a área pela qual a mão tem de se mover. De acordo com Baú (2002), existe um movimento associado da cintura escapular em quase todos os movimentos do braço.

## 2.7.2 Articulação do ombro

A região do ombro é formada por três articulações sinoviais (esternoclavicular, acromioclavicular e glenoumeral), e uma articulação fisiológica, a escapulotorácica. O espaço subacromial também foi considerado como articulação fisiológica por alguns autores como Neer (1995).

Conforme Andrews *et al.* (2000), essas articulações, juntamente com os ligamentos, o manguito rotador e os motores primários da extremidade superior devem trabalhar em uníssono para produzir as várias amplitudes de movimento possíveis na articulação do ombro. A disfunção de uma dessas articulações ou estruturas pode resultar em função limitada ou lesão do complexo do ombro.

A articulação do ombro, também denominada articulação glenoumeral, ilustrada na Figura 8, é uma articulação esferóide formada pela articulação da cabeça do úmero e a cavidade glenóide da escápula. Além de seis movimentos básicos da articulação, é necessário descrever a circundução e dois movimentos no plano horizontal (KENDALL, 1990).

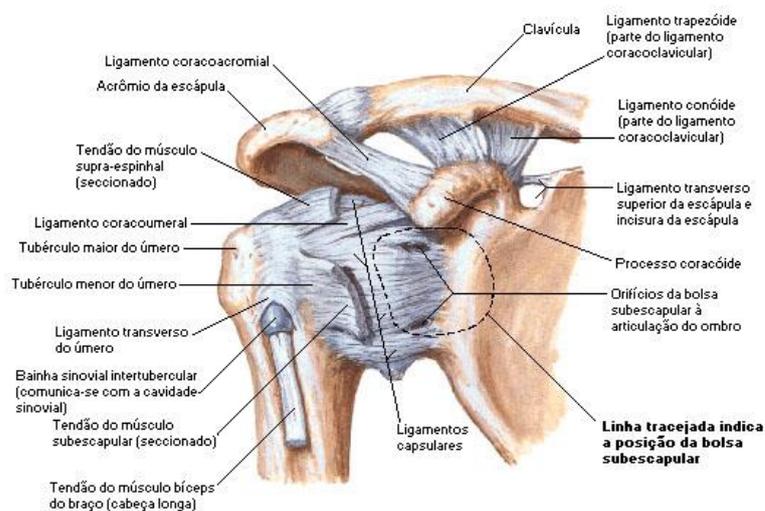


Figura 8 - Articulação gleno umeral

Fonte: Sobotta (2013)

Conforme Neer (1995), a flexão e a extensão são movimentos em torno de um eixo coronal. A flexão é o movimento na direção anterior e pode começar a partir de uma posição de 45° de extensão (braço estendido para trás). Ele descreve um arco para frente, através da posição anatômica zero e adiante até a posição de 180° acima da cabeça. Entretanto, a posição de 180° acima da cabeça é atingida apenas

pelo movimento combinado da articulação do ombro e da cintura escapular. A articulação glenoumeral somente pode ser fletida até aproximadamente 120°. Os restantes 60° são atingidos como resultado da abdução e rotação lateral da escápula, que possibilitam que a cavidade glenoide volte-se mais anteriormente e que o úmero flexione até uma posição completamente vertical. A movimentação escapular é a principal variável, mas depois de 60° de flexão há uma relação relativamente constante entre o movimento do úmero e da escapula.

Abdução e adução são movimentos em torno de um eixo sagital. A abdução é o movimento em sentido lateral através de uma amplitude de 180° até uma posição vertical acima da cabeça. Essa posição extrema é a mesma que aquela atingida na flexão e coordena os movimentos da cintura escapular e da articulação glenoumeral (NEER, 1995).

### 2.7.3 Músculos da abdução de ombro

A abdução ocorre no plano frontal, esse movimento é realizado pelos músculos supra-espinhoso e deltóide, sendo que nos primeiros 90° o supra-espinhoso tem um maior torque, a partir de 90° o deltóide se torna mais ativo, com o supra-espinhoso desempenhando um papel de estabilizador da cabeça do úmero. Para alcançar a amplitude de movimento (ADM), de 180° é necessário além desses músculos o ritmo escapuloumeral, este entrando em ação a partir dos 30°, realizando uma rotação da escápula para cima em 1° para cada 2° de abdução este movimento é realizada pelos músculos trapézio (fibras superiores e inferiores) e serrátil anterior (fibras inferiores), e o infra-espinhoso o subescapular e o redondo menor neutralizam o deslocamento superior produzido pelas fibras médias do deltóide (HAMILL e KNUTZEN, 2008).

Na Figura 9, são demonstrados os músculos do ombro, em sua vista posterior.

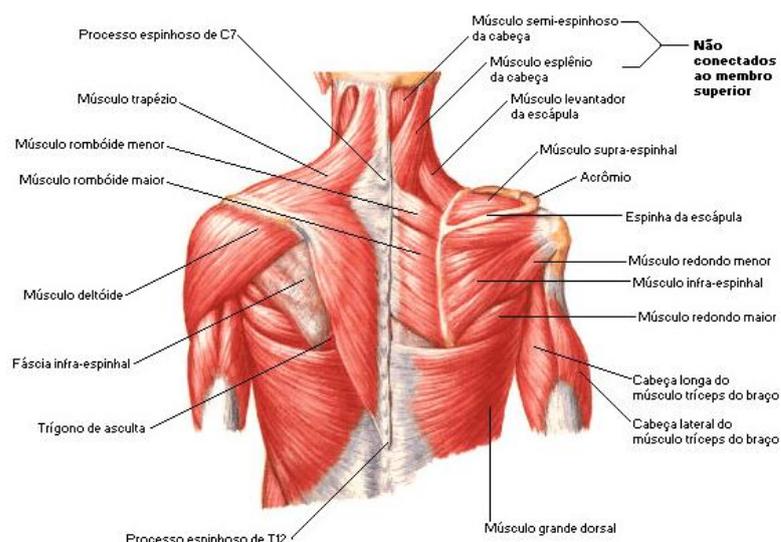


Figura 9 - Músculo do ombro – vista posterior

Fonte: Netter (2000)

Segundo Kendall (1990), o músculo deltóide é volumoso recobrimdo a articulação do ombro. Dividido em três partes: clavicular, acromial e escapular.

Este músculo é o motor principal para o movimento de abdução de ombro. Sua porção clavicular realiza a flexão, a porção acromial realiza a abdução e a escapular, a extensão.

O músculo deltóide (Figura 10) tem sua origem na espinha da escápula, acrômio e terço lateral da clavícula. Com inserção na tuberosidade deltoidea do osso úmero.

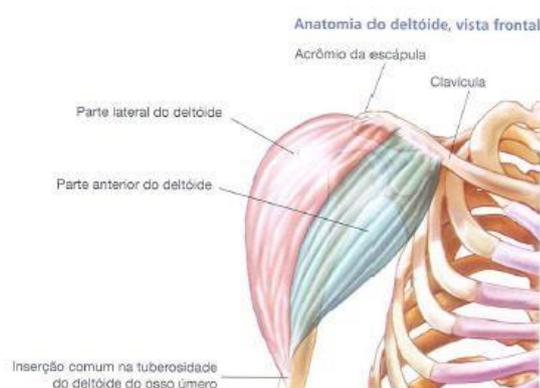


Figura 10 – Músculo deltóide

Fonte: Sobotta (2013)

Segundo Kendall (1990), pode-se dividir o movimento de abdução em três tempos:

- Os músculos motores do primeiro tempo são: deltóide, supra espinhoso. Esse primeiro tempo termina aproximadamente em 90° quando a articulação escápulo-umeral encontra-se bloqueada pelo apoio do troquiter sobre a borda superior da cavidade glenóide.
- No segundo tempo, a abdução só é realizada graças à participação da cintura escapular. Os músculos motores neste tempo são: trapézio e serrátil anterior, ao nível da articulação escápulo-torácica, tendo o movimento limitado aos 150° pela resistência dos músculos adutores, grande dorsal e peitoral maior.
- No último tempo do movimento de abdução, para atingir a posição vertical, é necessário que a coluna participe deste movimento. Se apenas um braços encontra-se em abdução, uma inclinação lateral sob a ação dos músculos paravertebrais do lado oposto é suficiente. Já, se os dois braços encontram-se em abdução, eles só podem ficar paralelos estando em flexão máxima. Para que atinjam a vertical, é necessário completar o movimento desenvolvendo uma hiperlordose lombar, com a dependência dos músculos paravertebrais.

## 2.8 CARACTERÍSTICAS DOS MEMBROS SUPERIORES

Segundo Couto (2012), os membros superiores são estruturas polivalentes, de uso similar a uma ferramenta universal, porém delicados. Existem diversos músculos e três nervos principais, em um arranjo biomecânico de alta complexidade, capaz de executar movimentos de uma precisão inimaginável e até hoje não reproduzida pelos mais sofisticados sistemas mecânicos. A característica de fragilidade é própria de toda e qualquer ferramenta desta natureza.

Em uma atividade com exigência dos membros superiores, Couto (2012), cita algumas situações de sobrecarga muscular:

- Alta repetitividade dos movimentos: é o principal fator na origem dos distúrbios dos membros superiores. Isoladamente, as pesquisas indicam que a alta repetitividade é um risco muito significativo quando acima de 6000 repetições por turno de trabalho. Entre 3000 e 6000 repetições por turno, a incidência de distúrbios

e lesões costuma ocorrer entre 12 a 20% dos expostos. Abaixo de 3000 ocorre alguma incidência e abaixo de 1000 repetições por turno os pesquisadores consideram a exposição como segura;

- Força física com os membros superiores: os esforços críticos são os esforços em pinça (lateral, palmar e pulpar). Também são críticos os esforços de compressão palmar, pois nesses casos ocorre sobrecarga mecânica sobre a base da mão, onde termina o nervo mediano, e também crítica é a compressão digital, pois os tendões nas mãos são estruturas muito frágeis, aptas apenas para movimentos, e não para força;

- Posturas inadequadas: postura estática em geral de qualquer parte dos membros superiores: leva a prejuízo no fluxo de sangue para o músculo, com a possibilidade de ocorrência de acúmulo de ácido láctico. Deve destacar três posturas estáticas, de alta frequência no trabalho (braços acima do nível dos ombros, braços e antebraços suspensos);

- Pescoço excessivamente estendido: leva a contração estática do músculo trapézio;

- Pescoço excessivamente fletido: leva a contração muscular estática do trapézio, além de favorecer, na coluna cervical, a protusão posterior dos discos intervertebrais dessa região;

- Abdução do ombro: leva a compressão do músculo supra-espinhoso entre a cabeça do úmero e o acrômio;

- Flexão de punho: costuma ocasionar aumento de pressão no túnel do punho e a consequente sobrecarga sobre este nervo;

- Tempo insuficiente de recuperação da integridade: todas as estruturas do organismo podem se recuperar da sobrecarga caso haja tempo suficiente, porém se não existir, poderá haver sobrecarga;

- Fatores da organização do trabalho que ocasionam sobrecarga: as horas extras, dobras de turno, trabalho aos finais de semana e demais formas de desorganização do trabalho costumam causar sobrecarga e serem fatores desencadeantes de alta incidência de distúrbio;

- Fatores psicossociais que acarretam tensão: a pressão excessiva sobre os trabalhadores e outros fatores psicossociais faz com que o trabalhador fique tenso, prejudicando assim a recuperação das estruturas;
- Fatores de anulação dos mecanismos de regulação, vindo com a sobrecarga, sendo que o principal deles é a impossibilidade de pausa ao se sentir cansado.

### 2.8.1 Patologias no ombro

Segundo Kapandji (2000), no ombro, a articulação glenoumeral dificilmente é envolvida individualmente. Existem condições que podem provocar sintomas, como a artrite reumatóide, a artrite séptica e a artrite tuberculóide. Mas a articulação acromioclavicular pode apresentar artrite degenerativa.

Segundo Mendes (1995), a fonte dos sintomas pode estar na estrutura periarticular, devido à inserção musculotendinosa do manguito rotador, da bolsa subacromial ou da cabeça longa do bíceps. A dificuldade de realizar o diagnóstico exato da fonte da dor deve-se ao fato da anatomia da região do ombro.

A bolsa subacromial fica abaixo do músculo deltóide; o assoalho da bolsa subacromial é contínuo com tecido fibroso da inserção musculotendinosa do manguito rotador; anteriormente, a cabeça longa do tendão do bíceps se origina do tecido fibroso da cápsula. Dessa forma, um simples tendão ou estrutura pode ser sede dos sintomas; frequentemente, vários tecidos contínuos são envolvidos, particularmente na capsulite adesiva, que pode ser considerada como processo final de alguma condição dolorosa que imobiliza tais estruturas (KAPANDJI, 2000).

Se os sintomas de dor se produzirem quando o ombro estiver em 90° de abdução, é provável que o diagnóstico seja de síndrome do manguito rotador e capsulite adesiva. Na prática não há distinção entre tendinite e bursite, pois a bolsa subacromial faz parte da inserção fibrosa do tendão supra-espinhoso. Por ocasião da invasão da cápsula por parte da inflamação, dor e sensibilidade ocorrerão no braço e antebraço (MENDES, 1995).

A bursite é uma evolução da tendinite do supra-espinhoso e pode atingir as estruturas ósseas deixando o ombro imóvel. A bursite crônica ou a tendinite

manifesta-se com dor intermitente do ombro. O paciente pode sentir dor ao acordar e esta pode ser desencadeada por alguns movimentos (MENDES, 1995).

Quando o indivíduo eleva seguidamente o ombro acima dos 90° têm em geral dor na região de ombro que constitui a Síndrome do Impacto de Ombro. Esta pode ser definida, segundo Sluiter *et al.* (2000) como irritação das estruturas no espaço subacromial, consequente de uma redução ou da vascularização e processo degenerativo, causado pelos músculos do manguito rotador, tendão da porção longa do bíceps braquial e a bursa subacromial.

Ao se elevar o membro superior para pegar um objeto é gerada uma carga sobre os tendões do manguito dos músculos rotadores do ombro nove vezes o peso da extremidade (MORREY e KAY-NAN, 1990), ou seja, aproximadamente 40 kg para uma pessoa de 70 kg de peso e de tamanho médio. Os desequilíbrios entre os grupamentos musculares responsáveis pelos movimentos, que ocasionam bursites e tendinites do ombro, as forças produzem alterações importantes nos tendões e cápsulas articulares que possivelmente serão lesionadas como decorrentes de esforços adicionais. Estudos realizados por Raymundo *et al.* (2005), em espécimes de tendões de cabeça longa do músculo bíceps do braço, tinham como objetivo investigar as alterações microscópicas das fibras tendíneas em tendões que fossem normais no ponto de vista macroscópico.

O tendão da cabeça longa do músculo bíceps do braço tem a função de estabilizar a cabeça do úmero de modo especial na elevação do membro superior e no decorrer da supinação do antebraço (KUMAR e MITAL, 1996). A escolha desse tendão foi priorizada, uma vez que mesmo na ação dos movimentos normais diários, as cargas que nele incidem são grandes e é comum que seja acometido por tendinites do bíceps, que é parte do sistema LER/DORT.

Kumar *et al.* (1989) mostraram que as patologias, nos indivíduos jovens, tiveram maior frequência na inserção proximal do tendão, distante da região submetida ao atrito contra as estruturas ósseas. Nos indivíduos com mais de 40 anos as lesões se localizavam na porção distal dos tendões, justapostas à corredeira bicipital e, com frequência menor, na inserção tendínea proximal que, nos jovens, era mais frequente. Os resultados do estudo indicaram dois aspectos interessantes: que há limite individual de recuperação tissular e que a progressão das lesões tendíneas são passíveis de reversão.

Com base em seu estudo, Nicoletti (1990) afirma que o fato de muitas pessoas, que tinham sintomas dolorosos do ombro, não melhorarem com tratamento conservador, está relacionado à existência de alterações morfológicas do complexo cápsulo-ligamentar glenoumeral que deixam mecanicamente instável a articulação.

A ausência simultânea de ligamentos glenoumerais médio e inferior deixa a articulação glenoumeral mais instável do que nas situações em há que somente um dos ligamentos. Propõem, portanto, a classificação artroscópica da estabilidade glenoumeral oculta, aplicável para os ombros que, mesmo que não tenham sinais clínicos de instabilidade, apresentam defeitos do sistema de estabilização glenoumeral passivo, que tornam a articulação glenoumeral potencialmente instável, e pode sobrecarregar os tendões do manguito rotador (NICOLETTI, 1990).

Lech *et al.* (1998) citam a tendinite ou síndrome do impacto de ombro como patologia que envolve muitas outras de ombro. Estas são as causas mais importantes das queixas nos ambulatórios de doenças do trabalho e a segunda, após a dor lombar, na ortopedia. Malone *et al.* (1995) unem à Síndrome do Impacto a Patologia do Manguito Rotador, denominada tensão repetitiva dos músculos que causa um processo inflamatório, mas sem impacto mecânico.

Lech *et al.* (1998) afirmam que a Patologia do Manguito Rotador é ocasionada por movimentos repetitivos em tarefas que requerem elevação dos braços acima de 90°, pois podem produzir atrito e degenerar o manguito rotador, devido ao impacto ocorrente entre a grande tuberosidade do úmero contra a porção ântero-inferior do acrômio, ligamento córacó-acromial, articulação acromioclavicular e processo coracóide.

Ao realizarem estudos respectivos à Síndrome do Impacto no Ombro em trabalhadores de um abatedouro e de uma indústria química, no período de 1986 e 1993, Frost e Andersen (1999) concluíram que a elevação repetitiva do braço causa compressão e diminuição do fluxo sanguíneo no músculo supraespinhal, uma vez que o impacto desta estrutura contra a superfície inferior do acrômio provoca tendinite, degeneração e eventual ruptura parcial ou total do tendão do músculo, que causa o aumento da dor local e a redução da amplitude de movimento e da força do ombro. A prevenção da patologia é indicada pelos autores pela redução do tempo de exposição aos fatores de risco, de modo especial nas atividades que exigem

combinação de força, repetitividade e sustentação do braço elevado, posição das alavancas ósseas que compõem os membros.

## 2.9 METABOLISMO

Segundo Lida (2005), metabolismo é o estudo dos aspectos energéticos do organismo humano. A energia do corpo humano é proveniente da alimentação. Os alimentos sofrem diversas transformações químicas e uma parte é usada para a construção de tecidos e outra, como combustível. Uma parte desse combustível detina-se a manter o organismo funcionando e outra é usada para o trabalho.

Do ponto de vista energético, o organismo humano pode ser comparado a uma complexa máquina térmica. Parte dos alimentos consumidos converte-se em glicogênio, que é oxidado em uma reação exotérmica, gerando energia. Essa reação produz subprodutos como o calor, dióxido de carbono e água, que devem ser eliminados no organismo (BAU, 2002).

A capacidade de um músculo em realizar exercícios pesados e prolongados depende diretamente da quantidade de glicogênio armazenado inicialmente no músculo. Em alguns casos, em apenas 2 horas de trabalho pesado, o músculo pode ficar completamente exausto (IIDA, 2005).

Segundo Saliba (2004), 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.

De acordo com Lida (2005), o metabolismo basal é a energia necessária para manter apenas as funções vitais do organismo, sem realizar nenhum trabalho externo. O organismo funciona como uma máquina térmica que nunca é desligada. Mesmo em estado de repouso absoluto, o corpo consome certa quantidade de energia para o funcionamento de órgãos como o coração, pulmões e rins.

### 2.9.1 Controle da temperatura corporal

Segundo Couto (2012), 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, exceto em estados febris.

A temperatura corporal depende basicamente de um equilíbrio entre a intensidade da perda e da produção de calor. Para Couto (1995), esse equilíbrio térmico é quase inteiramente regulado por mecanismos de controle nervoso tipo *feedback*, comandados pelo centro regulador da temperatura localizado na área pré-óptica do hipotálamo. Essa área apresenta neurônios termossensíveis especiais que respondem diretamente a temperatura sanguínea (Figura 11).

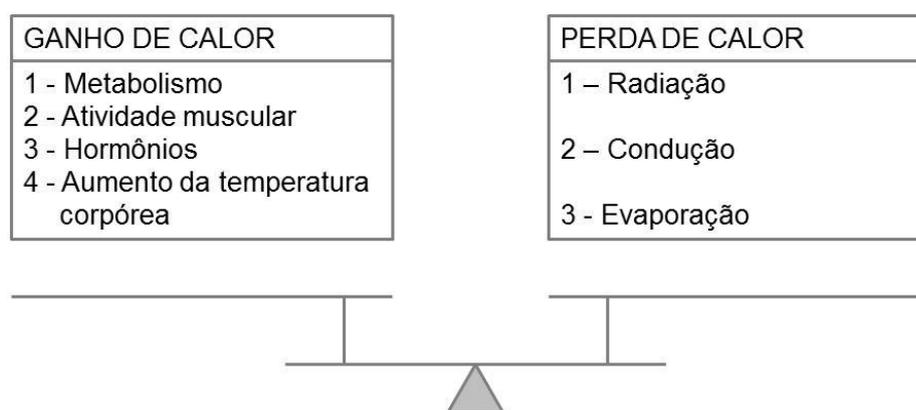


Figura 11 - Equilíbrio da temperatura corporal

Fonte: Adaptado de Couto (1995)

Segundo Kroemer (2005), 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:

- 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.

- 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.
- 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).

Para Couto (1995), 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.

### 2.9.2 Normalização da temperatura absoluta (temperatura ou valor adimensional)

O exame da termografia mensura a temperatura local, ou seja, a temperatura absoluta, sendo esta afetada principalmente pela temperatura ambiente e o metabolismo do voluntário (HADDAD, 2011).

Para corrigir estes erros, foi preconizado por Vargas *et al.* (2009) o uso de valores adimensionais normalizados de temperatura, variando de 0 a 1. Sendo 0 para definir a temperatura ( $\Theta$ ) é igual á do ambiente ( $T_{\infty}$ ) e 1 quando igual à temperatura central ( $T_b$ ), obtendo-se a temperatura da superfície cutânea. Pode-se calcular, pela Equação 1.

$$\Theta = \frac{T - T_{\infty}}{T_b - T_{\infty}} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde T é a temperatura da superfície cutânea,  $T_b$  temperatura central, e  $T_{\infty}$  temperatura ambiente.

A forma proposta pela Equação 1 parece ser a mais apropriada de interpretar os resultados térmicos obtidos pelo sensor infravermelho. A variável  $\infty$  é uma temperatura adimensional bem conhecida na área de transferência de calor e

combina a temperatura local medida com a temperatura central e ambiente (POHLHAUSEN, 1921).

A temperatura adimensional definida na Equação 1, fornece leituras normalizadas da temperatura para qualquer região cutânea, independente da temperatura registrada do corpo e do ambiente.

### 2.9.3 Equilíbrio homeotérmico

De acordo com Gomes (2011), o organismo humano, quando submetido a diferentes temperaturas, realiza o controle termorregulatório por meio de mecanismos que favorecem a troca de calor entre o corpo e ambiente. Dependendo das circunstâncias ambientais de umidade e temperatura, o corpo humano pode perder ou reter calor, buscando um balanço térmico. A temperatura corporal central (TC) deve ser preservada a fim de resguardar as funções vitais do organismo, enquanto a temperatura da pele ou cutânea (TP) realiza trocas de calor com o ambiente no intuito de conservar a TC.

A regulação da circulação cutânea é uma importante resposta da termorregulação humana. Em ambientes termicamente neutros, a pele recebe aproximadamente 500 ml ou 5-10% do débito cardíaco, enquanto que em condições de estresse térmico, até 8 litros por minuto ou 50-70% do débito cardíaco podem ser deslocados para a pele. Assim, o reflexo termorregulatório ajusta o fluxo sanguíneo para a pele durante exposição ao calor, frio e/ou exercício.

O principal mecanismo para estimular as respostas de perda de calor da circulação sanguínea da pele e sudorese é o do circuito de *feedback* hipotalâmico, o qual recebe um sinal de integração do núcleo hipotálamo e da TP (GOMES, 2011).

A termorregulação é o controle da temperatura do corpo. Esta deve ser mantida constante dentro de uma variação térmica muito pequena mesmo em situações de grandes diferenças com o ambiente ou quando em atividade física. Para poder processar centenas de reações enzimáticas o corpo lança mão de um rigoroso controle de sua temperatura (BRIOSCHI, 2011).

Ainda de acordo com Brioschi (2011), no hipotálamo, mais precisamente na área pré-óptica, o cérebro recebe informações das vias aferentes da pele e órgãos referentes, tanto da perda quanto do relativo ganho de calor. Quando estas

sensações se desviam além do ponto de equilíbrio em relação à temperatura corporal normal, criam-se gradientes. À medida que este gradiente aumenta o hipotálamo envia prontamente sinais para os centros eferentes de controle que inicia uma resposta de aquecimento ou resfriamento para corrigir estes desvios, mantendo assim o calor corporal.

Quando o hipotálamo detecta perda de calor, a primeira resposta neurovegetativa é vasoconstrição. Os vasos sanguíneos cutâneos se contraem e direcionam o sangue dos leitos capilares, diminuindo a perda de calor pela superfície do corpo. A vasoconstrição tem o benefício em conservar o calor sem gastar energia. Isto também assegura que o fluxo sanguíneo para os órgãos principais, como cérebro, coração e pulmões, aumente (BRIOSCHI, 2011).

O corpo humano mantém uma temperatura central dentro de uma faixa de variação muito pequena. A temperatura normal nos seres humanos é de 37°C. Esta estabilidade e as variações circadianas na temperatura central são respostas homeostáticas que têm sido bem documentadas há décadas. A temperatura central, bem como da cabeça, devem ser mantidas constantes para assegurar o funcionamento normal dos órgãos internos e cérebro. Já os braços e pernas exibem uma grande variação de temperatura. A simetria axial da distribuição da temperatura da superfície cutânea tem uma razão anatômica, enquanto que a diminuição da temperatura radial representa o fluxo de energia, da sua fonte pela superfície corporal, para o ambiente (GOMES, 2011).

Para Saliba (2004), 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 2:

$$M \pm C \pm R - E = S \quad (\text{Eq. 2})$$

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.

## 2.10 TERMOGRAFIA

Com os recentes avanços, tecnologias de imagem ópticas estão se tornando uma poderosa ferramenta clínica para diagnósticos objetivos e não-invasivos, para monitoramento de terapias e para direcionamento de tratamentos.

Segundo Balas (2009), os recentes desenvolvimentos da imagem e espectroscopia visível e de infravermelho, da imagem espectral, da tomografia óptica de coerência, da imagem confocal, da imagem molecular e da imagem espectral dinâmica têm permitido a visualização de microestrutura de tecidos e permitido quantificar o mapeamento de substâncias exógenas e endógenas de enfermidades específicas, o que está cada vez mais substituindo a forma de uso dessas tecnologias e auxiliando no diagnóstico de diferentes enfermidades.

O espectro eletromagnético na faixa infravermelho fornece uma imagem térmica do objeto em estudo. Esta imagem é obtida através da decomposição cromática de toda a faixa de temperatura irradiada pelo objeto, ou seja, todo corpo irradia energia eletromagnética em forma de calor embora de maior ou menor intensidade. Esta energia é irradiada em uma faixa de frequência (ou comprimento de onda) do espectro eletromagnético. Dentro da faixa de emissão de radiação infravermelha de um corpo existe um comprimento de onda onde a emissão de energia é maior. Esse ponto depende da temperatura do corpo, onde maiores temperaturas apresentam maior emissão de energia em comprimentos de ondas menores (CHRISTIANSEN e GEROW, 1990).

### 2.10.1 Histórico da termografia

Dentre os estudos publicados no século XIX, o astrônomo Herschell (1951) descobriu a radiação térmica infravermelha. A partir de estudos das temperaturas das faixas espectrais da luz visível notou que abaixo do vermelho visível encontrava-

se uma radiação invisível muito poderosa em termos caloríficos, a qual foi denominada de radiação infravermelha (GARCIA, 2004).

Em 1960, Lloyd Willians, levantou a hipótese de se utilizar a mensuração e detecção da radiação infravermelha com intenção de aplicar na saúde (UEMATSU *et al.*, 1986 apud GARCIA 2004).

Wunderlich (1868) realizou pesquisas e publicou seus achados sobre temperatura “Normal e Anormal” relacionada a patologias. Seu estudo foi confirmado por outros médicos, mas o uso do termômetro começou efetivamente no final do século 19, quando foi adotado o padrão oral para medir a temperatura do corpo. Em 1960, Loyd Willians, levantou a hipótese de se utilizar a mensuração e detecção da radiação infravermelha com intenção de aplicar na saúde (GARCIA, 2004).

Há muito tempo já se acreditava que alterações da temperatura corpórea estavam relacionadas às doenças. O pai da medicina, Hipócrates, considerava a temperatura de pés, mãos, lábios e ouvidos como critérios para estabelecer um estado de doença (GARCIA, 2004).

No ano de 1950, os sistemas de imagem por infravermelho foram originalmente desenvolvidos para uso militar, em uma primeira tentativa de proporcionar uma visão noturna para as tropas poderem se movimentar à noite. A técnica só foi usada para fins de diagnóstico de doenças em 1957, quando o físico canadense Ray Lawson descobriu a diferença de temperatura na pele de uma mama com tecido normal e uma com câncer (BALAS, 2009).

Em 1957, foram realizados os primeiros trabalhos na área oncológica, onde observou que o câncer de mama ocasionava aumento da temperatura da pele (GROBKLAUS *et al.*, 1985).

Grobklaus *et al.* (1985), considerou que o crescimento do calor natural do corpo é o principal diagnóstico de estado de doença. Ou seja, se uma parte do corpo está mais quente ou mais fria do que o restante, então a enfermidade está presente naquela parte.

Utilizado desde a década de 1990 nos Estados Unidos, esse exame vem se mostrando uma excelente resposta na detecção e prevenção de complicações desde contraturas musculares até câncer de mama (BALAS, 2009).

### 2.10.2 Métodos de avaliação

A termografia é especialmente útil em pacientes com dor crônica, que já sofreram outros tipos de exames ou múltiplos procedimentos dolorosos e que, portanto, mostram alguma resistência na realização de mais exames ou provas diagnósticas. Pode ser repetida tantas vezes quanto necessárias sem risco ou dor ao paciente (BRIOSCHI *et al.*, 2002).

A termografia é um exame novo, indolor, não invasivo, que não apenas ajuda no diagnóstico, mas também como *biofeedback* para evoluções de tratamento, e até no auxílio na confirmação da dor do paciente (BRIOSCHI, 2002).

Acredita-se na validação desse meio diagnóstico pelo fato de relacionar com fatores físicos e químicos que se explicam no processo inflamatório, ratificando o uso da termografia como auxiliadora no diagnóstico diferencial de LER/DORT (SOUZA, 2011).

Acredita-se que conforme a termografia tende a diagnosticar a LER/DORT, acompanhada do relato clínico de dor, os níveis de força poderão diminuir não por incapacidade de realizar a força, mas por limitação algica ao movimento. Os principais sintomas das LER/DORT são: quadros algicos advindos da repetição de movimentos, força excessiva, vibração e/ou posturas incorretas (DEFANI, 2007).

A termografia se baseia no princípio que o corpo humano possui uma temperatura característica e emite radiação infravermelha capaz de ser captada por câmeras ou equipamentos específicos que transformam esses em valores de temperatura na tela de um monitor, sem necessariamente que esse equipamento esteja diretamente em contato com o organismo do paciente (SOUZA, 2011).

Esses valores de temperatura são representados com diferentes cores em gráficos de acordo com a área corporal estudada e a partir daí é possível fazer associações entre variações de temperatura próprias do corpo e alterações patológicas.

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.

Há muito tempo, acredita-se que alterações da temperatura corpórea estavam relacionadas as doenças. O parâmetro mais clássico utilizado na avaliação infravermelha é a diferença de temperatura ( $\Delta T$  ou parâmetro de assimetria) em relação ao lado contralateral (SOUZA, 2011).

A quantidade de diferença térmica esquerda/direita pode definir uma disfunção quando é maior do que 0,3 °C. Quando a diferença já é superior a 1 °C, isto representa um problema significativo (RING, 1998; UEMATSU, 1985; USHIDA *et al.*, 1979). Há algumas variações deste parâmetro que pode ser utilizada, como a diferença térmica entre a média da região de interesse (ROI) e um ponto fora da ROI, p.ex., avaliação de câncer de mama (USHIDA *et al.*, 1979).

Alguns materiais refletem a energia radiante que incide sobre eles, outros absorvem energia e se convertem em calor ou emitem novamente esta energia em diferente comprimento de onda (FLIR, 2015).

Há métodos diretos e indiretos para efetuar essas medidas. O método direto mais comum é o que usa a razão da energia emitida pelo corpo em estudo e a energia emitida por um corpo negro à mesma temperatura. Apesar da simplicidade do método, a maior inconveniência é determinar a diferença entre um corpo negro e um corpo negro ideal (VILLASENOR-MORA *et al.*, 2009).

Os métodos indiretos para medir a emissividade não utilizam o corpo negro, mas aplicam a lei de Kirchoff. Nesses métodos uma dada energia é projetada em uma superfície e, considerando as energias transmitidas, refletidas e absorvidas, a emissividade ( $\epsilon$ ) pode ser calculada através de prévio conhecimento da transmissividade, refletividade ( $\rho$ ) e absortividade.

Sabe-se que qualquer temperatura acima do zero absoluto (0 Kelvin ou igual a  $-273^{\circ}\text{C}$ ) produz movimento molecular e a quantidade de energia radiante emitida é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta, segundo Christiansen e Gerow (1990), como mostra a equação de Stephan – Boltzman a seguir:

$$E = \epsilon \sigma T^4 \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: **E** é a potência total emitida ( $\text{W}/\text{m}^2$ );  $\epsilon$  se refere à emissividade, característica adimensional para cada material;  $\sigma$  é a constante de

proporcionalidade, igual a  $5,672 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ; **T** corresponde à temperatura absoluta do corpo ou objeto em Kelvin.

Para a termografia aplicada, a equação mais importante, pois relaciona temperatura do corpo e ambiente, é a fórmula expandida de Stephan-Boltzman, descrita a seguir:

$$E = \epsilon \sigma (T_b^4 - T_e^4) \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde: **E** é a potência total emitida ( $\text{W/m}^2$ );  **$\epsilon$**  é a emissividade e  **$\sigma$**  é a constante citada na equação anterior; **T<sub>b</sub>** é a temperatura do corpo ou objeto; **T<sub>e</sub>** se refere à temperatura ambiente.

Esta equação enfatiza que a transferência de energia do corpo para o meio depende da diferença de temperatura entre eles. Através de mecanismos fisiológicos, a energia perdida sob a forma de calor poderá ser captada, sendo que os mecanismos de homeostase serão iniciados, influenciando o mapeamento térmico (CHRISTIANSEN e GEROW, 1990).

De acordo com Ring (1998), as observações das variações térmicas das pessoas doentes só podiam ser feitas por toque manual; o mesmo autor também mencionou que o astrônomo Galileu Galilei, por volta de 1592, desenvolveu o primeiro termômetro que foi modificado em 1659 por Boullian, o qual introduziu o mercúrio em um tubo de vidro. Finalmente Fahrenheit, Celsius e Joule contribuíram com o desenvolvimento das escalas termométricas facilitando assim a leitura de temperaturas.

A pele das pessoas em geral possui uma simetria térmica bilateral indicativa de normalidade, qualquer assimetria é indicativa de uma alteração no organismo. Normalmente, um aumento na temperatura indica uma maior circulação sanguínea local que pode ser devido a um processo de dor ou um processo inflamatório entre outras causas (HONÓRIO, 2004).

O corpo pode ser dividido em dois compartimentos: a região térmica profunda e a região periférica. Estão incluídas dentro da região profunda os conteúdos intracranianos, intratorácicos e intrabdominais. A região periférica inclui a pele, o tecido subcutâneo e os membros; sendo que a maioria da energia produzida no interior do corpo é dissipada no ambiente via superfície (LICHTENBELT, 2001).

A temperatura do interior do corpo permanece quase constante dentro de uma variação de no máximo 0,6°C, mesmo em exposições a temperaturas frias ou quentes, isto graças ao aparelho termoregulador (BACH *et al.*, 2003).

A temperatura da parte externa do corpo, no entanto, está sujeita às variações das condições ambientais. Portanto, de acordo com condições termodinâmicas e de troca de calor corporal, a transferência de calor sangue-tecido é maior nos segmentos de circulação terminal (GRIOFORESCU *et al.*, 1996).

As principais vantagens da termografia são: a velocidade da coleta de dados, a interpretação das imagens é em tempo real, a radiação não é de natureza letal, além de não precisar do contato com a parte inspecionada durante a coleta. As poucas desvantagens do método incluem: os componentes inspecionados devem ser relativamente finos (pele humana) e o custo relativamente alto do equipamento (TARPANI, 2009).

Apesar de ainda vista como uma técnica emergente na área do diagnóstico em medicina, a imagem infravermelha é um importante meio de avaliação de patologias (BRIOSCHI, 2002 apud GARCIA, 2004).

Com o desenvolvimento tecnológico, o uso de equipamentos mais modernos demonstram que a termografia por infravermelho está ganhando cada vez mais credibilidade quanto ao diagnóstico preciso entre os profissionais da área de saúde.

### 2.10.3 Câmeras de captação de radiações infravermelhas

As câmeras de captação de radiações infravermelhas trouxeram uma nova tecnologia nas avaliações das sobrecargas osteomusculares, podendo complementar o diagnóstico das doenças músculo esqueléticas.

Segundo Flir (2015), 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.

De acordo com Brioschi (2011), os equipamentos atuais, diferentemente dos de cinco anos atrás, permitem uma imagem de alta resolução. Com mais de 64.000

pontos precisos de temperatura a uma distância de 50 cm entre câmera e paciente, cada ponto corresponde a uma área menor que 1 mm<sup>2</sup>. E são capazes de distinguir diferenças de temperatura menor que 0,07° C em menos de 0,01 segundo, isto é 30 vezes mais do que a capacidade normal humana.

Ring e Ammer (2000) fizeram uma revisão na qual propuseram uma metodologia para coleta de imagem termográfica. Um ponto para destacar entre estes métodos é o tempo necessário para estabilização do avaliado no ambiente controlado, podendo ser entendida como o tempo necessário para que a TP se estabilize e não sofra influência do meio ambiente.

Ring e Ammer (2000) propõem 15 minutos como tempo para estabilização da TP, sendo 10 minutos o mínimo, além disso, alertam para a possibilidade de uma oscilação da temperatura que pode gerar uma assimetria entre os lados direito e esquerdo quando ultrapassados 30 minutos de estabilização.

No entanto, Roy *et al.* (2006) realizaram um estudo no qual utilizaram a termografia para analisar o tempo de estabilização da temperatura na região da coluna vertebral e encontraram um tempo mínimo de 8 minutos e máximo de 16 minutos para medidas confiáveis.

Programas sofisticados permitem avaliações funcionais com subtração de imagens, fusão com imagens de ressonância magnética e até mesmo reconstrução tridimensional (BRIOSCHI *et al.*, 2002).

De acordo com Brioschi (2011), é impróprio dizer que há uma hipertermia de membro superior quando não discernível pela sensibilidade humana, por exemplo. Hipertermia e hipotermia se referem às alterações da temperatura central (respectivamente, >40 °C e <35 °C) e não da temperatura cutânea.

Atualmente as antigas expressões como termografia, teletermografia, termometria, hipertermia ou hipotermia estão sendo substituídas por: imagem infravermelha (IR), hiper ou hiporradiação, área hiper ou hiporradiogênica, apesar de ainda consagrado o uso de certas expressões inglesas, como “*hot spot*” para indicar pontos hiperaquecidos. Primeiro, por se tratar de um método que mensura a onda de radiação infravermelha emitida e não por contato direto a temperatura do corpo, como um termômetro comum (BRIOSCHI, 2011).

De modo óbvio, também foi abandonado o uso das placas de cristal líquido, conhecidas como termografia ou termometria de contato, que têm limitações que

tornam as interpretações difíceis, imprecisas e duvidosas (BRIOSCHI e MACEDO, 2003).

Com comprimento de onda entre 0,75 a 100  $\mu\text{m}$  a radiação infravermelha não é visível ao olho humano e é emitida por todos os objetos, materiais e ou seres acima do zero absoluto. Os tipos de radiações visível e não visível ao olho humano são representados na Figura 12.

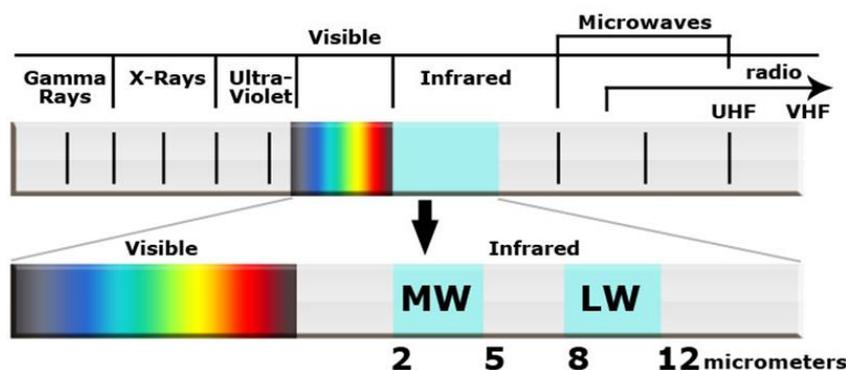


Figura 12 - Tipos de radiação  
Fonte: Adaptado de Garcia (2004)

Esta radiação pode ser captada por câmeras termográficas na faixa de 6 a 15  $\mu\text{m}$ , gerando imagens em escala colorimétrica que são capazes de traduzir diferentes faixas de temperaturas da superfície cutânea, sem danos ao organismo e sem riscos ao paciente (FLIR, 2015).

Desde 1960, a tecnologia das câmeras geradoras das imagens infravermelhas avançaram muito, permitindo imagens de alta resolução, mais de 64.000 pontos precisos, com sensibilidade térmica de 0,05°C a 0,1°C (GARCIA, 2001).

A termografia tem alta sensibilidade, variando entre 71% a 100% de acordo com os estudos elencados e está ganhando cada vez mais espaço no apoio diagnóstico, acompanhamento e avaliação dos quadros sintomáticos osteomusculares principalmente nas patologias de punho, cotovelos e ombros (BRIOSCHI, 2011).

As modalidades de exames por imagem vêm crescendo de forma abrupta nos últimos anos, são diversas as modalidades que estendem a visão do examinador e o capacitam a um melhor diagnóstico.

#### 2.10.4 Parâmetros de normalidade na termografia

Não somente a temperatura central é importante para o diagnóstico de doenças, mas também a medida da temperatura cutânea e sua distribuição. A fisiologia e anatomia do suprimento vascular da pele criam um padrão de distribuição de temperatura típico, que deve apresentar-se dentro de certo limite característico considerado como saudável. Quando o ser humano apresenta desvio deste padrão ideal, tal irregularidade pode ter como substrato uma enfermidade (BRIOSCHI, 2011).

Os raios infravermelhos, invisíveis a olho nu, indicam o grau de agitação molecular. Quanto menor o comprimento de onda, maior sua energia. O calor produzido por reações químicas em nível mitocondrial, sendo os músculos responsáveis por 30% deste e o restante pelos demais órgãos, é transferido para o sistema arterial mantendo uma temperatura central regular do corpo em  $36,6 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ , determinando assim o metabolismo basal (GUYTON e HALL, 2001).

Este pode variar conforme o ciclo circadiano atingindo seu máximo às 12:00h e mínimo às 16:00h. A temperatura dos tecidos profundos do corpo (temperatura central) permanece quase constante com uma margem de  $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$ , salvo quando há uma enfermidade febril. Em ar seco, se uma pessoa sadia for exposta nua a  $13^{\circ}\text{C}$  ou a  $54^{\circ}\text{C}$  sua temperatura central se manterá praticamente constante devido aos mecanismos que controlam a temperatura corporal e constituem um admirável sistema regulador (GUYTON e HALL, 2001).

Por outro lado, a temperatura cutânea varia com a temperatura do meio ambiente, pois a pele perde calor com o meio ambiente através de convecção (correntes de ar), condução (atmosfera e objetos), evaporação e radiação (GUYTON e HALL, 2001).

Os fatores fisiológicos como digestão, menstruação e gravidez podem variar a temperatura de pele. Um dos principais modos pelos quais o sistema termorregulatório mantém a temperatura estável do corpo é por meio do sistema neurovegetativo da pele, o qual controla o fluxo sanguíneo da microcirculação cutânea e se modifica a medida que ocorre estímulos externos (mudanças no clima), internos (processos inflamatórios) ou na presença de disfunções neurovegetativas e vasculares (BRIOSCHI *et al.*, 2007).

A temperatura de pele varia também com fatores fisiológicos tais como digestão, ciclo menstrual e gravidez (QUEK *et al.*, 2010).

Isto ocasiona aumento ou diminuição do fluxo sanguíneo local, regional, num determinado dermatomo, território, hemicorpo ou sistemicamente (BRIOSCHI *et al.*, 2007). A manutenção da temperatura corporal no corpo humano é um fenômeno complexo.

Um dos principais modos pelo qual o sistema termorregulatório mantém a temperatura estável do corpo é por meio do sistema neurovegetativo da pele. Isto é, este controla o fluxo sanguíneo da microcirculação cutânea e se modifica a medida que ocorre estímulos externos (mudanças no clima), internos (infecção) ou na presença de disfunções neurovegetativas, vasculares ou inflamatórias. Isto ocasiona aumento ou diminuição do fluxo sanguíneo local, regional, num determinado dermatomo, território, hemicorpo ou sistemicamente (BRIOSCHI *et al.*, 2007).

Um aumento de 1°C na superfície corporal corresponde a um aumento de 12 a 50 ml.(100 g)<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> de fluxo sanguíneo (JASZCZAK, 1988).

Fibras motoras simpáticas controlam a microcirculação cutânea por meio de vasoconstrição ou vasodilatação, causando menor ou maior irrigação da pele. Este fenômeno de controle da transferência de calor através da pele é definido como termorregulação e é depende do sistema nervoso autônomo (JASZCZAK, 1988).

De acordo com Brioschi (2011), existem dois níveis principais de circulação cutânea que devem ser considerados na avaliação de infra vermelho:

- 1) Aquele relacionado à derme ou a verdadeira microcirculação da pele;
- 2) O calor do suprimento sanguíneo do tecido subcutâneo, representado pela circulação arteriovenosa (AV) paralela.

A temperatura cutânea varia em função do tempo até atingir um equilíbrio térmico após no mínimo 15 minutos de exposição em ambiente controlado (SUN *et al.*, 2005). O corpo humano sem enfermidade tem semelhança entre o lado direito e esquerdo, tanto da média de temperatura quanto da distribuição da temperatura entre os dimídios (mapa térmico).

O controle central da temperatura cutânea afeta ambos os lados do corpo uniformemente e simultaneamente, resultando em padrões térmicos quase simétricos após estabilização em ambiente termicamente estável. Em estudo das temperaturas facial, troncular e das extremidades em indivíduos normais, as

temperaturas cutâneas em 32 segmentos nos lados direito e esquerdo do corpo foram simétricas (SUN *et al.*, 2015).

#### 2.10.5 Aplicações da termografia

Honório (2004) demonstrou o mapeamento corporal em indivíduos normais em diferentes situações verificando  $\Delta T$ 's em diferentes posições como deitada, ortostatismo e deambulação no mesmo indivíduo.

Programas sofisticados permitem avaliações funcionais com subtração de imagens, fusão com imagens de ressonância magnética e até mesmo a reconstrução tridimensional (BRIOSCHI *et al.*, 2002).

Febre e infecções podem aumentar a produção de calor, ao contrário diversas doenças endócrinas podem diminuir, como o hipotireoidismo, hipopituitarismo e o hipoadrenalismo. Desnutrição, a hipoglicemia e cetoacidose diabética também estão associadas com hipotermia. Lesões do sistema nervoso central, principalmente por traumatismo, podem causar disfunção do sistema termorregulatório, também os choques hipovolêmicos, cardiogênico e hipóxico (BRIOSCHI, 2002).

A termografia possui utilidade para diagnóstico e evolução de epicondilite, lesões de tornozelo, síndrome de dor miofascial e lesões de ombro (MOXLEY, 1988 apud GARCIA, 2004). Além disso, dores pós-traumáticas como a distrofia simpático reflexa são de difícil diagnóstico (ROBERTS, 1986 apud GARCIA, 2004), porém essa tecnologia contribui para a detecção da mesma.

A relação entre a temperatura e regiões dolorosas, pode auxiliar no diagnóstico e no tratamento dessas patologias causadoras de incapacidade e dor (GARCIA, 2004).

#### 2.9.4 Pesquisas sobre a termografia

Em 1980, nas áreas de traumatologia, reumatologia e pediatria, Garcia *et al.* (2004), realizaram um estudo para modalidades de imagens com pacientes que possuíam dor muscular-esquelética. Este estudo foi composto por métodos variados

de avaliação incluindo: raios X, ultrassonografia, termografia, cintilografia, tomografia e ressonância magnética. O foco principal deste estudo foi verificar os pontos fortes e fracos destes exames. Os resultados mostraram que a ultrassonografia é altamente sensível para identificar as mudanças no tecido mole. A cintilografia é indicada para examinar o osso. Tomografia é excelente para avaliação de anormalidades ósseas, ou seja, artrites. A ressonância magnética tem características ideais para avaliações da dor músculo esquelética, porém tem custo muito alto.

Em 1986 Devereaux *et al.* submeteram à termografia 30 atletas com sintomas de dor patelo femoral (grupo 1) e 30 atletas sem anomalias nos joelhos (grupo 2). Também submeteram à termografia 2 grupos, cada um com 30 pacientes idosos, com artrite reumatóide (grupo 3) ou osteoartrite (grupo 4) no joelho. Após a termografia, 28 atletas do grupo 1 obtiveram, em uma visão anterior do joelho um aumento da temperatura e irradiação para a inserção patelar do músculo vasto medial. Na radiografia não ocorreu nenhuma alteração. Os resultados mostraram que a termografia é rápida, é um método barato e pode ser mais útil do que artroscopia e radiografia pra confirmação do diagnóstico patelo femoral.

Um estudo feito por Keyserlingk, em 1997, confirmou que o câncer de mama pôde ser identificado pela termografia em até 83% dos participantes, 61% com o exame clínico isolado e 83% através da mamografia. A vantagem é que a termografia não necessita de contraste, pois o próprio sangue é o contraste (GARCIA, 2004).

Em 1994, Biasi avaliou 156 pacientes com síndrome de fibromialgia e encontraram distribuição hiper-radiante inespecífica sobre as áreas musculares dolorosas, segundo os autores, semelhante ao encontrado em pacientes com osteoartrite de coluna.

Para Rothschild (1991), a imagem térmica oferece um critério objetivo no diagnóstico complementar da síndrome da fibromialgia que geralmente apresenta sintomatologia vaga associada com componente psicossomático (BLUESTEIN, 1994). Os pacientes apresentam um padrão hiper-radiante inespecífico correspondente às áreas musculares dolorosas.

Radhakrishna e Burnham em 2001, estudaram a relação entre a temperatura da pele e a resistência à pressão em pacientes com dor miofascial ou fibromialgia,

utilizando um Termógrafo de contato. A amostra foi composta de 17 pacientes (16 mulheres e 1 homem). Os autores concluíram que a termografia de contato não pode ser usada para identificar a dor miofascial porque não correlaciona a temperatura da pele com a sensibilidade da pele e pressão aplicada.

Garcia *et al.* (2004), estudaram o uso da termografia como método auxiliar no diagnóstico da síndrome de estresse tibial medial. A amostra foi composta por três atletas, sendo dois homens e uma mulher, que apresentavam quadro clínico compatível com essa síndrome. As imagens obtidas foram comparadas através de uma inspeção palpatória nos pacientes e correlacionadas à patologia e anatomia da região para identificação das estruturas envolvidas no processo inflamatório. Os resultados mostraram que, através da termografia pode se identificar as áreas traumatizadas, servindo como uma ferramenta de grande utilidade nos procedimentos de avaliação de pacientes portadores de síndrome de estresse tibial medial.

Equipamentos com leitura de faixa espectral entre 7 e 12  $\mu\text{m}$  são os mais indicados para trabalhos médicos, pois esta faixa inclui o intervalo de comprimento de onda emitido pela pele humana, que é cerca de 9,4  $\mu\text{m}$  (CHRISTIANSEN e GEROW, 1990).

Um interesse científico neste método para uso clínico surgiu motivado pela alta tecnologia das câmaras computadorizadas de infravermelho e do desenvolvimento de *softwares* que permitem análise sequencial de imagens (termografia dinâmica) e processamento matemático das imagens (subtração de pontos específicos das imagens por variações específicas de temperatura ou  $\Delta T$ ), um renovado interesse científico neste método para uso clínico (FUJIMASA *et al.*, 1998).

De acordo com Filus (2011), os maiores avanços na medição de temperatura para uso clínico foram nas últimas três a quatro décadas, com as câmaras de infravermelho capazes de detectar a emissão cutânea de calor e através do auxílio da tecnologia e informática, rapidamente converter esta informação em graus Celsius ou Fahrenheit.

Medeiros *et al.* (2015), realizaram uma pesquisa e análise do conforto dos usuários contínuos de cadeira de rodas. Realizou-se uma avaliação da diferença da temperatura da superfície corporal dos cadeirantes antes e após realização do

circuito planejado, por meio de fotografia termográfica. A análise se deu com o comparativo das variáveis subjetivas encontradas nas respostas do Mapa de Desconforto Muscular, com relação aos valores numéricos de tempo de percurso, Frequência Cardíaca e Termografia Digital. As variáveis escolhidas foram o tempo em um percurso determinado, a frequência cardíaca antes e após o percurso, a termografia dos músculos superiores dos cadeirantes. Os principais músculos avaliados foram: deltoides, bíceps braquiais, grande peitoral, supinadores longos, palmares maiores e radiais; que correspondem aos músculos dos ombros, braços e peitoral. Tais músculos foram citados nas pesquisas encontradas como aqueles onde se concentra o desconforto dos cadeirantes.

Speck *et al.* (2016), realizaram um estudo com o uso da termografia na avaliação ergonômica na atividade de maricultura. A etapa de retirada das lanternas é realizada por 4 maricultores. foram feitos registros antes e após as atividades de retirada de lanternas no mar. A análise dos resultados foi comparativa – antes e após as atividades – analisando alterações quanto a intensidade, tamanho, forma, distribuição e margem, além da diferença térmica entre os pontos e presença de assimetria térmica segundo critérios de Brioschi *et al.* (2002).

Ainda segundo Speck *et al.* (2016), a função de auxiliar de maricultura engloba a execução de todas as atividades tanto no mar quanto na estrutura em terra e é realizada por todos os trabalhadores das fazendas. No entanto, a divisão das tarefas não é feita de maneira formal, e sim estabelecida diariamente pelos próprios funcionários. Desta forma, alguns trabalhadores passam mais tempo em uma função, o que pode aumentar o risco de lesões. A rotatividade de tarefas de uma maneira organizada além de habilitar o trabalhador a realizar diversas atividades, pode auxiliar na diminuição da exposição a fatores de riscos associados ao posto de trabalho. A média de alterações termográficas encontradas no total foi de  $0,8 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$  entre os trabalhadores. Observou-se média de temperatura de  $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  entre a região acometida e o lado correspondente normal em todos os trabalhadores avaliados. Verificou-se um aumento na temperatura na região de ombros e lombar após os trabalhadores realizarem a retirada das lanternas da água.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa foi predominantemente quantitativa com inferências qualitativas na abordagem de seus resultados. Segundo Barros e Reis (2003) a estatística compreende um conjunto de técnicas metódicas através das quais se pode uniformizar a coleta, organização, descrição e análise de observações.

A estatística pode ser subdividida em descritiva e indutiva, porém conforme Barros e Reis (2003) é importante lembrar que esta subdivisão exprime um sentido de complementaridade e não de oposição, pois em geral, a análise de dados compreende a utilização tanto de procedimentos descritivos como indutivos.

A análise dos dados desta pesquisa utilizou em sua maioria a estatística descritiva. A estatística descritiva reúne procedimentos visando à coleta, tabulação e descrição de conjuntos de observações sejam elas quantitativas ou qualitativas (BARROS e REIS, 2003).

Esta pesquisa pode ser considerada também como descritiva, pois segundo Lakatos e Marconi (1991), a pesquisa descritiva descreve as características do trabalho. E, neste trabalho foram descritas inicialmente as atividades que os trabalhadores da construção civil realizavam para efetivar o seu trabalho, conseqüentemente apresenta-se, segundo a observação destes, as posturas e posicionamentos críticos, classificando-os e descrevendo seu risco ergonômico. São avaliadas as queixas álgicas dos pedreiros da construção civil e expostos os principais sítios anatômicos de seu aparecimento e intensidades das queixas.

Apresenta-se segundo seus procedimentos na forma de levantamento, pois se realizou diretamente com a população dos pedreiros da construção civil. Segundo Gil (1999) as pesquisas deste tipo se caracterizam pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Para sua abordagem esta pesquisa utiliza o método indutivo para sua realização, pois segundo Gil (1999) este método de pesquisa parte do particular e coloca a generalização como um produto posterior do trabalho de coleta de dados particulares. Conforme Lakatos e Marconi (1991) o método indutivo apresenta três etapas, a observação dos fenômenos, a descoberta da relação entre eles e a generalização da relação.

Partindo-se da primeira etapa, citada por Lakatos e Marconi (1991), realizou-se a observação e coleta de dados diretamente nos canteiros de obras. Após verificou-se a relação existente entre a forma de trabalho, queixas álgicas e os postos de trabalho.

Para validação do protocolo experimental utilizado neste trabalho realizou-se um estudo piloto. As informações obtidas diretamente pelos trabalhadores da construção civil são de aspecto prioritário para este estudo, analisando-se que as queixas álgicas podem demonstrar comprometimentos osteomusculares desenvolvidos dentro do ambiente de trabalho. A avaliação do risco ergonômico foi realizada mediante a observação direta dos trabalhadores da construção civil inseridos em seu ambiente laboral.

Esta dissertação pode ser caracterizada como um estudo de caso realizado em um canteiro de obras de uma empresa da construção civil, na região sul do Brasil, Curitiba, que utilizava mão de obra própria e terceirizada para execução de seus serviços.

Do ponto de vista de sua natureza, esta pesquisa é aplicada a gerar conhecimentos sobre os riscos ergonômicos a que são submetidos os trabalhadores da construção civil durante a realização das tarefas. Seus resultados são abordados nas formas qualitativa e quantitativa. Em seus objetivos é descritiva, pois relata a situação de trabalho e riscos ergonômicos dos trabalhadores estudados, gerando familiaridade com o problema.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

No canteiro de obras onde se desenvolveu esta pesquisa existiam 13 trabalhadores, sendo 10 pedreiros, 2 serventes e 1 mestre de obras.

O primeiro momento da pesquisa foi realizado *in loco*.

A empresa avaliada nesta pesquisa, intitulada como “Empresa A”, possui cinco anos de existência, atua no ramo de prestação de serviços de engenharia e execução de obras. O quadro técnico é composto por engenheiros civis, engenheiros de segurança do trabalho, engenheiros eletricitas, engenheiros mecânicos e arquitetos. A obra terá 3.174,66 m<sup>2</sup>, que abrigará 10 salas de aula

convencionais, laboratório de ótica, quatro laboratórios de informática e um auditório para 112 pessoas.

Foi criado um questionário ( em anexo), com perguntas abertas e fechadas, entregues aos trabalhadores em seu local de trabalho. O questionário continha perguntas como: idade, tempo de profissão, atividade física, hábitos de vida, presença de dor/desconforto, presença de cirurgia e atividade em que encontrava maior dificuldade e desconforto muscular. A idade média dos trabalhadores encontrada foi de 34 anos.

No Quadro 8, encontra-se subdividida a idade dos funcionários, de acordo com a faixa etária.

Faixa Etária	Nº de Trabalhadores
Entre 16 a 25 anos	4
Entre 26 a 35 anos	1
Entre 36 a 45 anos	7
Entre 46 a 55 anos	1
TOTAL:	13

Quadro 8 – Comparativo da idade dos trabalhadores na obra estudada  
Fonte: A autora (2016)

Em relação ao tempo de profissão, na construção civil, a média de tempo obtida foi de 13 anos.

No que diz respeito ao grau de instrução, 77% não concluíram o ensino médio e 23% concluíram.

### 3.3 APRECIACÃO ERGONÔMICA

A pesquisa foi realizada nos meses de fevereiro de 2015 a novembro de 2016, sendo previamente explicada ao responsável pelos setores analisados. Ao iniciar a análise macroergonômica do trabalho, na sua fase de apreciação ergonômica, ela foi apresentada aos trabalhadores para promover a participação deles na pesquisa, com a finalidade de obter uma abordagem participativa.

No dia 02/10/2015 foi utilizada a Semana de Prevenção de Acidentes de Trabalho - SIPAT para realizar um treinamento de 1 hora com os trabalhadores

sobre ergonomia, visando à explicação e esclarecimentos sobre posturas, levantamento de carga e alongamentos musculares.

### 3.4 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Foi aplicada a análise macroergonômica do trabalho com base nas informações de Bugliani (2007). Este utiliza a apreciação ergonômica e em seguida entrevista e questionários aplicados aos trabalhadores para identificação dos itens de demanda ergonômica (IDE's).

A necessidade de uma investigação macroergonômica em relação a esta atividade deve-se ao fato de exigir um intenso serviço braçal da maioria dos trabalhadores, o que gera grande esforço, ocasionando sérios problemas para os mesmos e, consequentemente para a empresa. As etapas de 1 a 7 foram realizadas com 13 trabalhadores da construção civil. As etapas 8 a 15 foram realizadas com 3 voluntários em ambiente controlado.

Desta forma foram seguidas as seguintes etapas:

- Etapa 1: Nesta primeira etapa foram realizadas as entrevistas com os trabalhadores na construção civil. Foram realizadas entrevistas com cada trabalhador visando investigar a percepção do mesmo quanto ao desenvolvimento das suas atividades, dificuldades e facilidades percebidas, aplicadas com os 13 trabalhadores (pedreiros e serventes);
- Etapa 2: Nesta etapa foi aplicado o Questionário ergonômico aos trabalhadores, para identificar as principais dificuldades da atividade, pela percepção destes e os dados como (idade, peso, altura, tempo de profissão, se realiza atividade física, se fez algum tipo de cirurgia com relação a fraturas e lesões).
- Etapa 3: Nesta etapa foi aplicado o Diagrama de dor/desconforto – Diagrama de Corlett e Manenica, aos trabalhadores da construção civil;
- Etapa 4: Nesta etapa foi aplicado o Questionário Bipolar para investigação de fadiga. Para uma melhor investigação do nível de fadiga, os colaboradores responderam ao Questionário Bipolar no mesmo momento que foi entregue, para haver 100% de questionários respondidos. Essa ferramenta ergonômica, foi aplicada *in loco*, no início, meio e final da jornada de trabalho;

- Etapa 5: A etapa do registro através de fotos e filmagens das atividades dos trabalhadores na construção civil;
- Etapa 6: Uso da Matriz GUT (Matriz de gravidade, urgência e tendência) para a priorização das avaliações ergonômicas das atividades e melhorias ergonômicas a serem realizadas. Através da Matriz GUT, a análise teve como foco avaliar a atividade de reboco de teto e as prováveis situações que possam gerar desde dor/desconforto muscular.
- Etapa 7: Para o desenvolvimento da análise ergonômica desta atividade, foram utilizadas as ferramentas a seguir:
  - a) *Checklist* de Couto;
  - b) OWAS – Ovako Working Analysing System;
  - c) Moore Garg;

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. Já no método *Moore Garg*, método de análise de risco de desenvolvimento de disfunções músculo tendinosas em membros superiores, visa avaliar o fator de intensidade de esforço, fator duração de esforço, fator frequência de esforço, fator postura mão e punho, fator ritmo de trabalho e duração de trabalho.

- Etapa 8: Em um segundo momento, foi realizada a simulação da atividade de reboco de teto. O estudo foi realizado com três voluntários em um ambiente controlado, simulando a atividade de se rebocar o teto.

Os voluntários foram instruídos a não consumir bebida alcoólica ou cafeína, não utilizar nenhum tipo de hidratante na pele nas últimas 6 horas e não realizar exercícios físicos vigorosos no período de 24 horas que antecedeu as medições. Tais recomendações foram enviadas por correio eletrônico e conferidas imediatamente antes das coletas, através de um questionário. Todas as coletas foram feitas das 12h46 min a 13h28 min.

- Etapa 9: Os voluntários foram aclimatizados por um período de 15 minutos antes da coleta dos dados. A temperatura cutânea varia em função do tempo até atingir um equilíbrio térmico após no mínimo 15 minutos de exposição em ambiente

controlado (SUN *et al.*, 2005). É importante destacar que as condições do ambiente devem ser padronizadas para a realização do exame termográfico;

- Etapa 10: Conjuntamente a avaliação termográfica foi tomada a temperatura ambiente e as temperaturas timpânicas média dos voluntários (temperatura central). A temperatura ambiente foi medida por um termômetro de globo, digital, aferido e de fácil leitura.
- Etapa 11: As temperaturas corporais dos voluntários foram medidas com um termômetro digital infravermelho Powerpack, no canal auditivo (equivalente à temperatura central). Este termômetro captou a temperatura do tímpano e tecidos vizinhos, local mais indicado para a medida da temperatura corporal devido sua proximidade com hipotálamo e perfusão pela artéria labiríntica (BRIOSCHI, 2011).

Segundo Brioschi (2011), o princípio de funcionamento do termômetro timpânico baseia-se na medida da quantidade de energia infravermelha emitida pela membrana timpânica e de tecidos vizinhos, que converte o fluxo de calor em corrente elétrica. A corrente de voltagem converte seu alimento em uma voltagem de produção dentro de um Multiplexer e depois realiza a conversão analógico-digital, demonstrando em seu visor o valor da temperatura corporal verificada.

Para a obtenção da leitura de temperatura timpânica (TT) foi realizado procedimento preconizado por Hungria (1995):

Acomodou-se o voluntário sentado;

- Explicou-se o procedimento e foi orientado quanto à rotação da cabeça a 20°C do local de escolha para a verificação da temperatura;
- Avaliou-se o conduto auditivo observando a presença de cerúmen;
- Tracionou-se levemente, a orelha para cima e para trás, até o final da tomada da temperatura;
- Acoplou o termômetro no conduto auditivo;

Este procedimento foi realizado para o termômetro ajustado na posição anterior, temperatura timpânica anterior (TTA), embasado no estudo de DeMartino e Simões (2003). Ambos os condutos auditivos foram mensurados e utilizou-se a média de temperatura.

- Etapa 12: Na sala de exame, um termômetro de bulbo seco, úmido e de globo esteve disponível durante todo o período de avaliação. A temperatura estabelecida

foi de 22°C, com uso de ar condicionado para o controle desta. A temperatura timpânica foi mensurada ao repouso e a cada 50 repetições do movimento dos voluntários;

- Etapa 13: Foi definida a distância da câmera aos voluntários de 1 metro de distância, com angulação de 90°.

As imagens termográficas foram obtidas com o trabalhador vestindo camiseta regata, de algodão. Foi necessária a captura de múltiplas imagens térmicas com os voluntários em posição anatômica, em pé, com foco na área de interesse, neste caso, os ombros.

Foi utilizada escala colorimétrica (paleta de cores) tipo *rainbow*, onde a cores são, da mais quente para a mais fria, branco, rosa, vermelho, laranja, amarelo, verde claro, verde escuro, azul claro, azul escuro, roxo e preto (*QuickReporter* e *Researcher 2.9* (FLIR Co, USA). Indicando indiretamente o grau de distribuição da perfusão sanguínea cutânea local.

- Etapa 14: Foi realizada a palpação da musculatura envolvida na atividade simulada de reboco de teto (deltóide, porção lateral) e realizada a marcação do ponto de origem do músculo, com o uso de uma caneta. O músculo estudado durante a pesquisa foi o deltóide, porção lateral, por ser o principal músculo motor da movimentação de ombro na atividade realizada, reboco de teto.

Neste momento os voluntários realizaram a simulação, que definia aos voluntários realizarem o movimento de reboco de teto (350 repetições), descritas no Quadro 9. O movimento a ser realizado, consistia na abdução de ombro com extensão de cotovelo direito. Para simular a colher de pedreiro e a massa, foi utilizado o levantamento manual de um peso de 2 kg em sua mão direita. A coleta de imagens em infravermelho foi feita em 3 dias com cada voluntário, em uma sala com temperatura controlada a 22°C.

Série	Repetições
1ª	Repouso
2ª	100
3ª	200
4ª	300
5ª	350

Quadro 9 – Quantidade de repetições simulando a atividade de reboco de teto  
Fonte: A autora (2016)

A cada captação da imagem termográfica de acordo com as repetições de movimento, era também mensurada a frequência cardíaca do voluntário e sua temperatura timpânica.

### 3.4.1 Equipamentos utilizados

Para verificação da distribuição da temperatura real, 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  $-20^{\circ}\text{C}$  até  $650^{\circ}\text{C}$  e taxa de amostragem de 60 H, como mostra na Figura 13.

A câmera utilizada, como mostra na Figura 13, foi calibrada antes do início do estudo em laboratório especializado conforme critérios NIST (2010) como fonte de referência segura.



Figura 13 - Câmera infravermelha Flir  
Fonte: Flir (2015)

A verificação da temperatura timpânica dos voluntários foi realizada com um termômetro digital auricular infravermelho Powerpack, como mostra na Figura 14.



Figura 14 – Termômetro auricular  
Fonte: A autora (2016)

O instrumento utilizado para medir a temperatura interna da sala de simulação e garantir que a mesma estivesse sempre constante em  $22^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  foi o medidor de stress térmico, apresentado na Figura 15. Com este termômetro se media antes e durante as análises, no ambiente controlado, a Temperatura de Bulbo Seco em  $^{\circ}\text{C}$ .



Figura 15 – Medidor de Stress Térmico

Fonte: A autora (2016)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 RESULTADOS DAS ENTREVISTAS E DA APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE CORLETT E MANENICA

Os primeiros resultados dizem respeito a aplicação do Diagrama de Corlett e Manenica (ou Diagrama de Dor/Desconforto) concomitantemente com uma entrevista realizada *in loco* com os trabalhadores na obra estudada.

O objetivo da aplicação do Diagrama de Corlett e Manenica foi obter a graduação da dor e do desconforto sentidos pelo trabalhador e a localização desta eventual dor em seu corpo. E o objetivo da entrevista foi ajudar na explicação dos resultados encontrados com a ferramenta supracitada.

Destaca-se que conforme mencionado na Metodologia desta dissertação, o Diagrama de Dor/Desconforto e a entrevista foram aplicados com todos os trabalhadores da obra da Empresa A, ou seja, para os 13 trabalhadores, sendo o estudo realizado durante a jornada de trabalho.

A intensidade de dor desta ferramenta varia de 1 a 7, conforme escala do diagrama. A escala 1 significa nenhum desconforto/dor, 2 significa algum desconforto, 3 moderado desconforto/dor, 4 bastante desconforto/dor e 5 intolerável desconforto/dor.

Na Figura 16, observa-se a intensidade de dor/desconforto no braço direito, apontada pelos funcionários entrevistados, durante suas jornadas de trabalho. Nota-se que a quantidade de respostas varia conforme a intensidade da dor/desconforto.

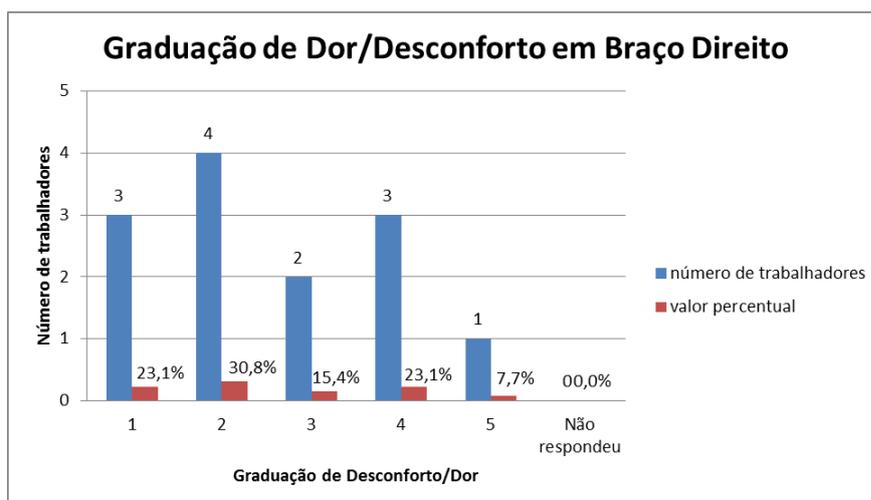


Figura 16 – Intensidade de dor/desconforto em braço direito  
Fonte: A autora (2016)

Analisando-se a Figura 16, tem-se que a maior parte dos trabalhadores, ou seja, 30,8% respondeu que a intensidade da dor no braço direito era de grau 2. Em segundo lugar, empatados com 23,1% de reclamações ficaram as intensidades de dor 1 e 4, sendo que apenas 1 trabalhador (7,7% do total) respondeu que sentia uma dor de intensidade máxima de grau 5, que era o indivíduo que naquele dia estava executando o reboco de teto na obra.

A Figura 17 apresenta o resultado do preenchimento do Diagrama de Corlett e Manenica pelos trabalhadores com dor/desconforto de intensidade 4, que significa bastante dor, quando diz respeito a todos os segmentos do corpo.

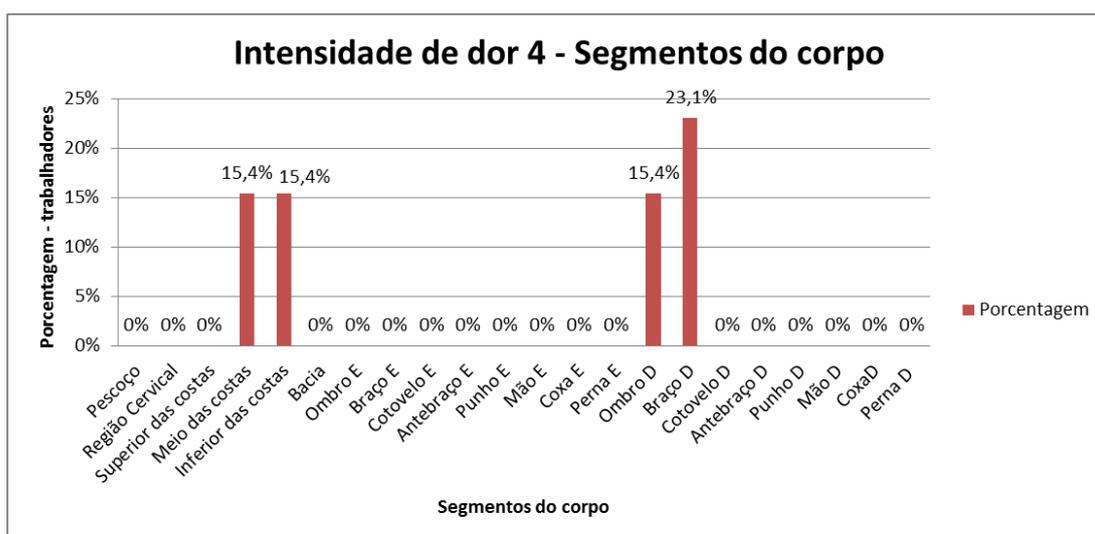


Figura 17 – Intensidade 4 de dor/desconforto nos segmentos do corpo  
Fonte: A autora (2016)

Analisando-se a Figura 17, tem-se que as queixas mais comuns observadas entre os trabalhadores foram no meio das costas (15,4% ou 2 trabalhadores), na parte inferior das costas (15,4% ou 2 funcionários), no ombro direito (15,4% ou 2 trabalhadores) e no braço direito (23,1% ou 3 funcionários). Observa-se que para as demais partes do corpo, nenhum funcionário apontou sentir dor de intensidade 4, o que restringe de certa forma, as dores mais severas em determinadas partes do corpo.

Ainda de acordo com a Figura 17, nota-se que pelas respostas obtidas com o Diagrama de Corlett e Manenica, que avalia a dor/desconforto em regiões do corpo, observou-se uma maior quantidade de queixas de dores nos membros superiores dos trabalhadores.

Dentre as atividades que foram acompanhadas na Empresa A, foco deste estudo de caso, a atividade de reboco de teto pode ser a tarefa em que há maior exigência músculo-esquelética em trabalhadores da construção civil. Destaca-se que os trabalhadores desta obra, realizavam rodízio de atividades de forma aleatória ao longo da semana, constatando-se por meio das entrevistas *in loco*, que todos estes trabalhadores que afirmaram sentir uma dor de intensidade 4 ou 5, haviam executado a atividade de reboco, naquela semana de trabalho. Cabe ressaltar ainda que segundo a entrevista realizada, todos os trabalhadores eram destros, e portanto, isso pode ter influenciado o aparecimento de dores apenas nos membros superiores do lado direito do corpo dos indivíduos, o que pode ser confirmado por exemplo pelos resultados da Figura 17.

#### 4.2 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO *CHECKLIST* DE COUTO

Após a aplicação do Diagrama de Corlett e Manenica (ou Diagrama de Dor/Desconforto) em conjunto com a entrevista, para todos os funcionários, conforme item 4.1, verificou-se que para a população estudada, a atividade com maior queixa, quando se pensa em ergonomia, era a tarefa de se rebocar o teto, pois exigia uma sobrecarga biomecânica de membros superiores, principalmente do lado dominante do corpo dos trabalhadores neste caso, o lado direito.

Portanto, optou-se por realizar um acompanhamento mais detalhado da tarefa de se rebocar o teto, fazendo a aplicação do *Checklist* de Couto que classifica as condições ergonômicas do trabalho, desde péssimas até excelentes.

O Método *Checklist* de Couto classifica as condições ergonômicas de acordo com a pontuação: 0 a 1 ponto: condições ergonômicas péssimas; 2 a 3 pontos: condições ergonômicas ruins; 4 a 6 pontos: condições ergonômicas razoáveis; 7 a 8 pontos: boas condições ergonômicas; e, 9 a 10 pontos: excelentes condições ergonômicas, indicando, ainda, a necessidade ou não de providências.

A aplicação do *Checklist* de Couto para Avaliação Simplificada da Condição Ergonômica de um Posto de Trabalho, foi feita observando-se ao longo da semana, a execução da atividade de reboco de teto, por todos os trabalhadores que executavam esta atividade na obra analisada, a fim de que o resultado do mesmo pudesse ser o mais real possível.

Neste *Checklist* se avalia a postura de tronco e cabeça com relação a postura desempenhada na atividade de reboco de teto, o esforço estático realizado em alguma parte dos segmentos do corpo, as posturas forçadas/inadequadas nos membros superiores, esforço em mão ao realizar algum tipo de movimento, repetitividade de movimento, apoio adequado dos pés, flexibilidade da postura de trabalho e pausas entre um ciclo e outro de trabalho.;

A Figura 18 apresenta o *Checklist* de Couto para avaliação simplificada da condição ergonômica de um posto de trabalho, já preenchido, após as observações feitas *in loco*.

CHECKLIST GERAL PARA AVALIAÇÃO SIMPLIFICADA DA CONDIÇÃO ERGONÔMICA DE UM POSTO DE TRABALHO			
Prédio: _____		<b>CÓDIGO 01</b>	
C.C.: _____			
Estação /Área: _____		Data: ___/___/___	
1	O corpo (tronco e cabeça) está na vertical?	não ( 0 )	sim ( 1 )
2	Os braços / cotovelos trabalham na vertical ou próximos da vertical?	não ( 0 )	sim ( 1 )
3	Existe forma de esforço estático frequente ou por longo período?	sim ( 0 )	não ( 1 )
4	Existem posições forçadas no membro superior?	sim ( 0 )	não ( 1 )
5	As mãos têm que fazer muita força?	sim ( 0 )	não ( 1 )
6	Há repetitividade (ciclo menor que 30s ou mais que 50% do período) freqüente de algum tipo específico de movimento?	sim ( 0 )	não ( 1 )
7	Os pés estão bem apoiados?	não ( 0 )	sim ( 1 )
8	Tem-se que fazer esforço muscular forte com a coluna ou outra parte do corpo?	sim ( 0 )	não ( 1 )
9	Há a possibilidade de flexibilidade da postura no trabalho?	não ( 0 )	sim ( 1 )
10	A pessoa tem a possibilidade de uma pequena pausa entre um ciclo e outro ou há um período definido de descanso após um certo número de horas trabalho?	não ( 0 )	sim ( 1 )
Fonte: Ergonomia Aplicada ao Trabalho - Hudson A . Couto, Vol. 1 - Adaptado por Baú - Ogasawara			
<b>Critério de Interpretação:</b>			
09 a 10	pontos:	Excelentes condições ergonômica	
07 a 08	pontos:	Boas condições ergonômicas	
04 a 06	pontos:	Condições ergonômicas razoáveis	
02 a 03	pontos:	Condições ergonômicas ruins	
0 a 01	pontos:	Condições ergonômicas péssimas	

Figura 18 – Aplicação do *Checklist* de Couto na atividade de reboco de teto  
Fonte: A autora (2016)

Analisando-se a Figura 18, observa-se por exemplo algumas posturas inadequadas referentes a tarefa em questão. A atividade de reboco de teto exige um esforço estático de musculatura de sustentação (tronco) frequentemente, há posturas forçadas de membros superiores (abdução de ombro com elevação), há repetitividade de movimentos durante o reboco de teto (ciclo aproximado de 5 segundos) e, por se tratar de um ambiente aonde a atividade é realizada em uma altura elevada, os pés frequentemente não ficam bem apoiados no chão.

Ainda de acordo com esta Figura há posturas/situações em que o trabalhador consegue amenizar o risco ergonômico, por exemplo: uma alternância postural, tendo em seu dia de trabalho a possibilidade de flexibilidade de posturas e de uma pequena pausa entres os ciclos.

Na avaliação do posto de reboco de teto, o resultado encontrado com esta ferramenta, de acordo com os critérios de interpretação, foi que as condições ergonômicas eram ruins, pois se obteve pelo *Checklist* de Couto uma pontuação igual a 3. Observa-se que a situação encontrada poderia ser ainda pior, ou seja,

obter uma pontuação de 0 a 1, se não existisse a possibilidade de micropausas e flexibilidade postural.

Porém, também cabe destacar que se fosse feito uma reavaliação das posturas dos indivíduos, e uma reeducação postural, os valores poderiam ser melhorados. Na reavaliação postural verificaria a melhores áreas de alcance de trabalho, com melhorias no que diz respeito a altura de estruturas e ferramentas, ou mesmo implementando rodízios de atividades com estes trabalhadores. Como por exemplo, rodízio da atividade de reboco de teto com a atividade do contrapiso. São atividades que exigem grupamentos musculares diferentes, realizando assim a recuperação de fadiga daquele músculo utilizado durante a tarefa.

#### 4.3 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO OWAS

O método OWAS foi aplicado para a execução do reboco de teto, conforme proposto no Capítulo 3 desta dissertação, por meio do acompanhamento de 1 trabalhador, de estatura média, considerado ativo, sem limitações articulares e músculo esqueléticas, com habilidade na tarefa proposta e de idade média entre os trabalhadores da obra avaliada (34 anos).

A Figura 19 ilustra o trabalhador executando o reboco de teto dos degraus de uma escada, e ao lado desta imagem tem-se a tela de entrada de dados do *software* para se iniciar a avaliação ergonômica da execução da atividade.



**BANCO DE DADOS - MÉTODO OWAS**

Exportar

Nome do trabalhador: 1

Empresa: a

Setor: producao

Função: pedreiro

Tarefa: 1 | reboco de teto

Tempo nesta tarefa: 100 %

Postura das costas: 2 - Inclinada

Postura dos braços: 2 - Um braço no nível ou acima dos ombros

Postura das pernas: 2 - De pé com ambas as pernas esticadas

Esforço: 1 - Carga menor ou igual 10 Kg

Categoria de ação: 2 - São necessárias correções em um futuro próximo

POSTURA NO TEMPO

VIDEO

IMPRIMIR

EXCLUIR

PROCURAR

LISTA COMPLETA

VOLTAR

1 de 1

Figura 19 - Aplicação do método OWAS na atividade de reboco de teto

Fonte: A autora (2016)

Observa-se na Figura 19 que os dados de entrada, inseridos no *software*, diz respeito a postura do trabalho e esforço realizado. Com relação a postura adotada na tarefa, as costas permanecem constantemente inclinadas (realizando sobrecarga em coluna lombar), elevação de braço direito para realizar o reboco no teto (atividade fora da área de alcance), extensão de joelhos para conseguir chegar o mais próximo da atividade, e um esforço muscular de aproximadamente 2 kg (colher de pedreiro e massa).

Já a Figura 20 apresenta o resultado da avaliação pelo método OWAS, da atividade de reboco de teto, onde se observa a categorização das ações necessárias para cada parte do corpo do indivíduo.

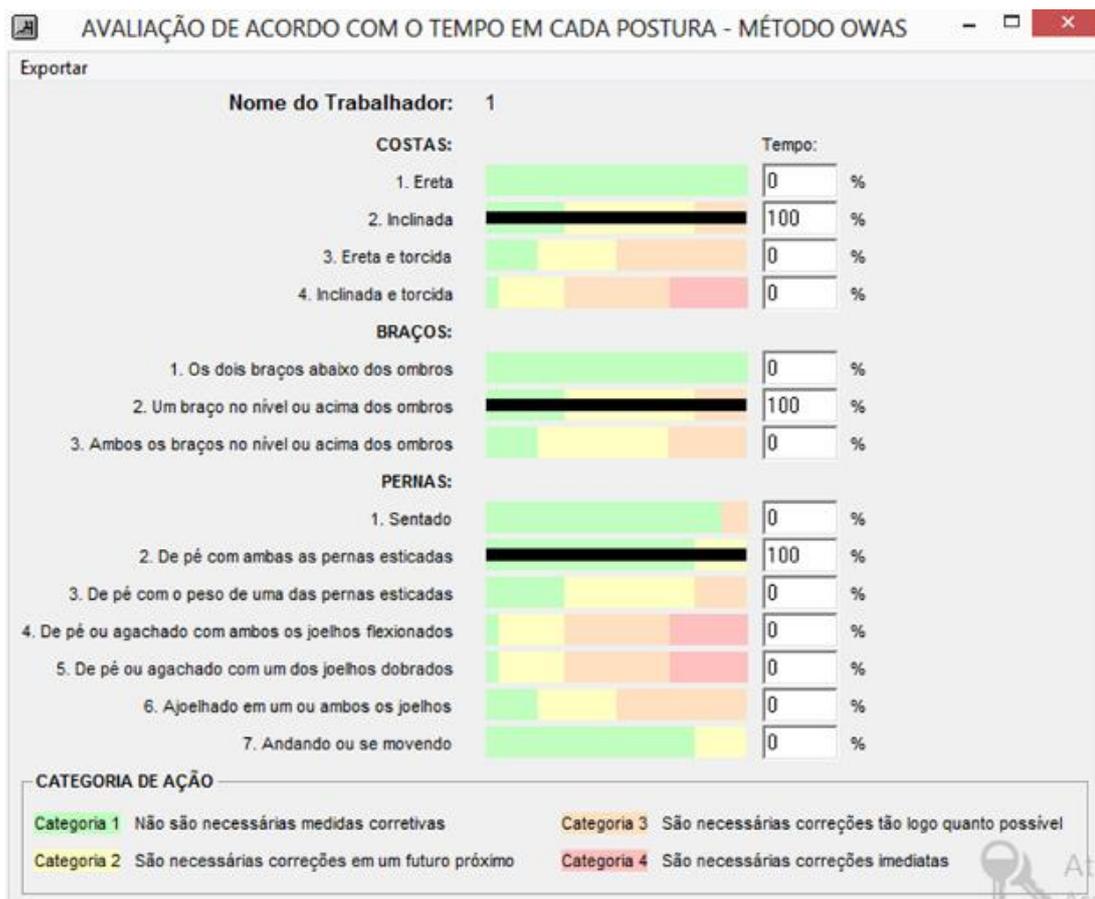


Figura 20 - Resultado da aplicação do Método OWAS na atividade de reboco de teto, avaliação de acordo com o tempo

Fonte: A autora (2016)

Analisando-se a Figura 20, observa-se que para a postura de membros superiores, 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 estático em postura de elevação de ombro. Na postura de pernas, o valor atribuído foi dois, indicando que o trabalhador está em pé, com as duas pernas esticadas, condição que pode resultar em desconforto e dor em coluna lombar 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 com a colher de pedreiro, 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 80% para braços,

obteve-se o resultado de que são necessárias correções em um futuro próximo, indicando necessidades de correção.

Com a aplicação desta ferramenta foi possível observar que na atividade de reboco de teto há a exigência de braço direito com sustentação de peso de aproximadamente 2kg, com posicionamento inadequado de coluna lombar, com freqüente inclinação e flexão de tronco.

#### 4.4 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA *MOORE GARG*

Ressalta-se a necessidade da utilização combinada de várias ferramentas de análise ergonômica, conforme previsto por Dul e Weerdmeester (2012).

Para melhor precisão da avaliação realizada no posto de reboco de teto, utilizou-se da ferramenta *Moore Garg* para complementar os resultados obtidos com a ferramenta OWAS. Aplicou-se a avaliação com o mesmo trabalhador já utilizado para a aplicação da ferramenta anterior (OWAS).

Destaca-se que a ferramenta *Moore Garg* é um método semi-quantitativo que se propõe a estabelecer um índice de sobrecarga biomecânica para extremidade distal de membros superiores, com o principal intuito de avaliar a repetibilidade de movimentos. Quanto maior o resultado encontrado, maior será o risco de se desenvolver tais lesões. A ferramenta avalia o fator de intensidade do esforço, a duração do esforço, a frequência do esforço, postura mão e punho, ritmo de trabalho e duração do trabalho.

A Figura 21 apresenta a aplicação da ferramenta *Moore Garg* para o trabalhador padrão avaliado nesta etapa da dissertação.



Figura 21 – Aplicação do método *Moore Garg* na atividade de reboco de teto.

Fonte: A autora (2016)

Na Figura 21, na qual se tem a aplicação da ferramenta *Moore Garg*, é possível observar os valores de acordo os fatores avaliados (intensidade, duração e frequência de esforço, postura de mão e punho, ritmo e duração de trabalho), na avaliação da atividade de reboco de teto.

Analisando esta Figura, observa-se que o fator de intensidade do esforço foi considerado como um esforço pesado, na existência de movimentação frequente com resistência (peso de colher de pedreiro e massa), com multiplicador 3,0; a duração deste esforço, que é a exigência muscular em ombro direito, é de 50-79% do ciclo de trabalho, com multiplicador 2,0; a frequência deste esforço em ombro, é de aproximadamente 9 a 14 vezes por minuto, com multiplicador 1,5; postura de mão e punho, esta é considerada razoável, pois em alguns momentos da atividade há flexão e desvios significativos de punho, com multiplicador 1,0; o ritmo de trabalho é considerado razoável, pois sua atividade tem a possibilidade de alternância e flexibilidade postural, com multiplicador 1,0 e o último fator avaliado é a duração do trabalho que muitas vezes ultrapassa as 8 horas/dia, com multiplicador 1,5.

#### 4.5 RESULTADOS DO ESTUDO EM AMBIENTE CONTROLADO

Antes de se iniciar os estudos aplicando-se a termografia nos voluntários em um ambiente controlado, foi necessário a criação de um padrão de movimentação para que os mesmos pudessem executar ao longo do tempo, dentro da sala, movimentos similares aos reais executados pelos pedreiros que faziam o reboco de teto na obra avaliada.

Para tanto foi estabelecido que o ciclo de trabalho deveria ser de 3 a 5 segundos, partindo-se da posição 1 (Figura 22) para a posição 2 (Figura 23), semelhante ao que se fazia na obra, conforme Figuras a seguir.



Figura 22 – Postura inicial da atividade de reboco de teto

Fonte: A autora (2016)



Figura 23 – Postura final da atividade de reboco de teto

Fonte: A autora (2016)

Destaca-se que a simulação feita no ambiente controlado, consistiu portanto em pedir para os voluntários executarem os movimentos necessários para se rebocar o teto, ou seja, realizar a abdução do ombro com extensão de cotovelo direito. Ressalta-se que para simular a colher de pedreiro e a massa da mesma, foi utilizado um peso de 2 kg que era levantado acima da linha dos ombros, pelos voluntários, com a mão direita de forma sucessiva ao longo de 350 ciclos.

Os 3 voluntários analisados, apresentaram as seguintes características presentes no Quadro 10.

	<b>Voluntário 1</b>	<b>Voluntário 2</b>	<b>Voluntário 3</b>
<b>Idade</b>	28 anos	39 anos	29 anos
<b>Atividade Física</b>	Duas vezes na semana	Duas vezes na semana	sedentário
<b>Peso</b>	78 kg	90 kg	80 kg
<b>Altura</b>	1,75 m	1,89 m	1,80 m

Quadro 10 – Características dos voluntários

Fonte: A autora (2016)

Na simulação realizada com os três voluntários, a cada 50 repetições era mensurada a temperatura timpânica e a frequência cardíaca.

A monitorização da temperatura timpânica tem a vantagem da comodidade e rapidez, mas requer um termômetro próprio. O valor desta temperatura é sempre mais elevado do que a temperatura axilar (temperatura periférica) pois trata-se de uma temperatura central. Tal como a temperatura axilar, a temperatura timpânica, é sensível à febre, hipertermia e hipotermia (ELKIN, PERRY e POTTER, 2000). A média da temperatura timpânica entre os voluntários, variou de 35,40°C a 36,80°C.

O valor da temperatura corporal pode indicar uma infecção, por exemplo, que pode deteriorar o estado do indivíduo (AMOATEND, DEL MUNDO e MANTHOUS, 1999) e, em casos mais graves provocar alterações hemodinâmicas respiratórias graves.

Além da mensuração da temperatura timpânica dos indivíduos avaliados, verificou-se a cada 50 repetições a frequência cardíaca. A frequência cardíaca (FC) é uma variável muito utilizada no controle da intensidade do esforço e investigação das condições ergonômicas, principalmente devido à facilidade para realizar sua medida. O comportamento da frequência cardíaca apresenta-se diferenciado em

relação ao tipo ou intensidade do esforço, que foi uma das ferramentas de investigação desse estudo.

A mensuração da frequência cardíaca dos voluntários, do repouso até as 350 repetições, encontra-se no Quadro 11.

<b>Frequência Cardíaca</b> (bpm – Batimentos por minuto)	<b>Voluntário 1</b>	<b>Voluntário 2</b>	<b>Voluntário 3</b>
<b>Repouso</b>	78 bpm	86 bpm	78 bpm
<b>Após 100 repetições</b>	92 bpm	90 bpm	92 bpm
<b>Após 200 repetições</b>	100 bpm	96 bpm	100 bpm
<b>Após 300 repetições</b>	104 bpm	100 bpm	108 bpm
<b>Após 350 repetições</b>	110 bpm	102 bpm	113 bpm

Quadro 11 - Tempo de atividade *versus* frequência cardíaca simulando a atividade de reboco de teto  
Fonte: A autora (2016)

Analisando-se o Quadro 11, tem-se que a frequência cardíaca final dos voluntários foi de 110, 102 e 113 bpm, para os voluntários 1, 2 e 3 respectivamente, o que pode ser preocupante, segundo a literatura específica, podendo sugerir estresse ou fadiga.

De acordo com os estudos realizados por Astrand e Rodahl (1986), a carga de trabalho relacionada com a resposta cardiovascular, varia com os valores: de até 90 bpm/min o trabalho é considerado leve; de 90 a 110 bpm/min o trabalho é considerado moderado; de 110 a 130 bpm/min o trabalho é considerado pesado; de 130 a 150 bpm/min o trabalho é considerado muito pesado e de 150 a 170 bpm/min o trabalho é considerado extremamente pesado.

Segundo Astrand e Rodahl (1986), o trabalho executado refere-se a um trabalho moderado a pesado (90 a 130 bpm), já de acordo com Laville, a atividade desempenhada pelo voluntário 3, foi considerada que a carga de trabalho intolerável, pois ultrapassa 110 bpm para uma jornada de 8 horas de trabalho.

Conclui-se que com a mensuração da frequência cardíaca final, os voluntários 1 (110 bpm) e 2 (102 bpm), tiveram a frequência cardíaca classificada em trabalho moderado, já o voluntário 3 (113 bpm), classificada em trabalho pesado de acordo com os autores citados acima, sugerindo assim, que o trabalho de reboco de teto exige um esforço considerável de acordo com as atividades analisadas na obra.

Com a mensuração da frequência cardíaca e sua elevação, consegue-se observar que a tarefa executada pode ser geradora de estresse causado pelo esforço físico, pelo estresse psicológico e pela pressão de tempo.

#### 4.6 RESULTADOS DO USO DO MÉTODO TERMOGRÁFICO

A última etapa foi compreendida pela captação das imagens termográficas para validação dos itens apontados nas demais ferramentas de análise ergonômica durante a simulação das atividades normais do trabalhador. A captação das imagens foi realizada em três voluntários em ambiente controlado, simulando a atividade de reboco de teto.

Aplicando o método termográfico no músculo deltóide, porção lateral (ombros) em que os demais métodos de análise ergonômica (*Checklist* de Couto, OWAS e *Moore Garg*) indicaram maior potencial de dor/desconforto, observou-se que é possível identificar através da análise das imagens térmicas, pontos de maior temperatura.

##### 4.6.1 Resultados obtidos para o Voluntário 1

O primeiro voluntário analisado, denominado como “Voluntário 1”, era do sexo masculino, tinha 28 anos de idade, praticava atividade física duas vezes por semana, e possuía 78 kg de peso e altura de 1,75 m.

A Figura 24, mostra uma sequência de imagens do Voluntário 1, em seu primeiro dia de mensuração, mostrando a variação da temperatura nos ombros esquerdo e direito, desde o momento em que este se encontrava em repouso, até o instante em que terminou as 350 repetições.

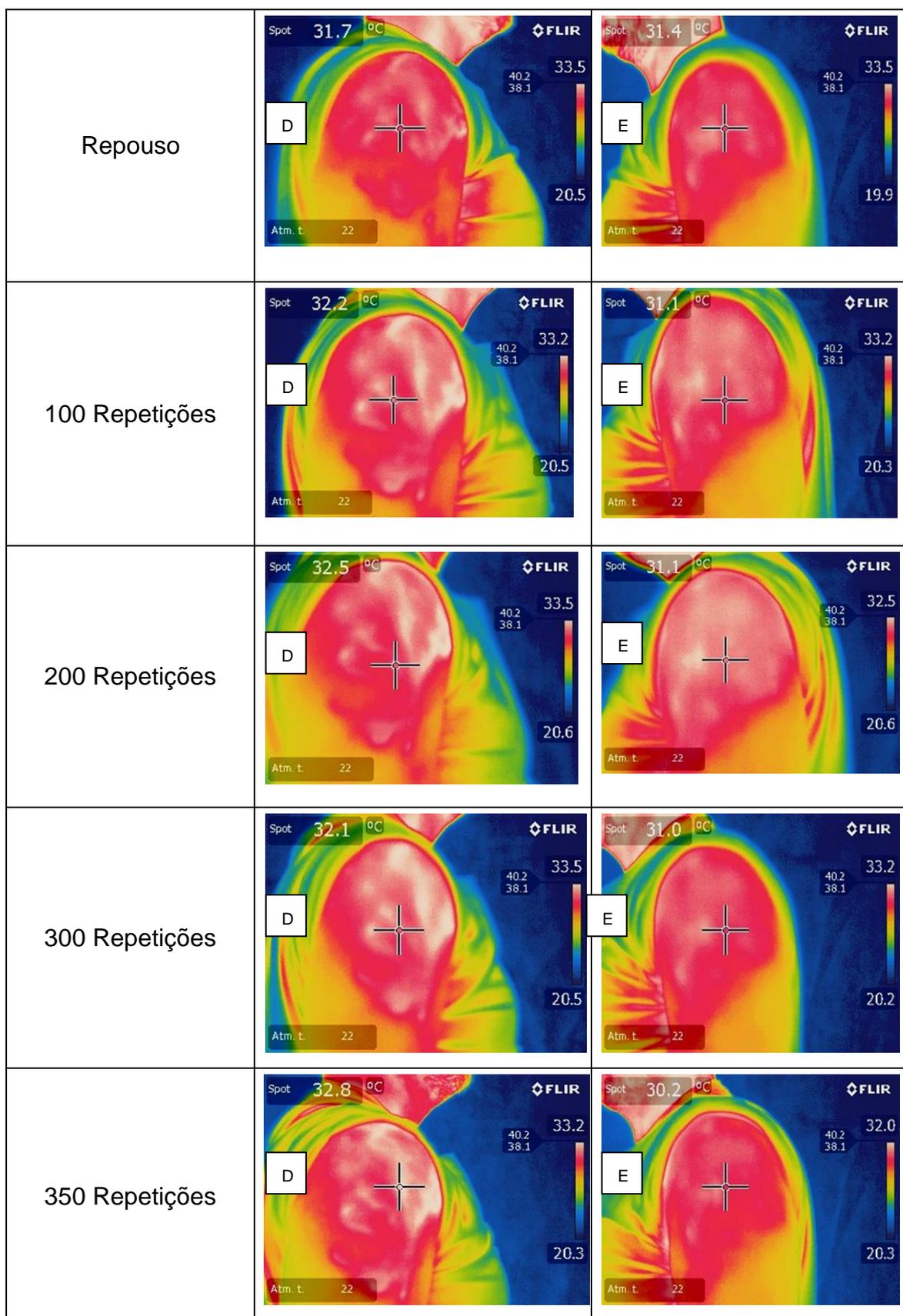


Figura 24 – Voluntário 1 na mensuração da temperatura, no 1º dia de mensuração, com o uso da câmera termográfica durante as repetições de movimento. Onde “D” refere-se ao ombro direito e “E” ao ombro esquerdo.

Fonte: A autora (2017)

A Figura 25 apresenta a variação desta temperatura, nos dois ombros, ao longo do processo simulado, juntamente com os respectivos desvios padrões encontrados.

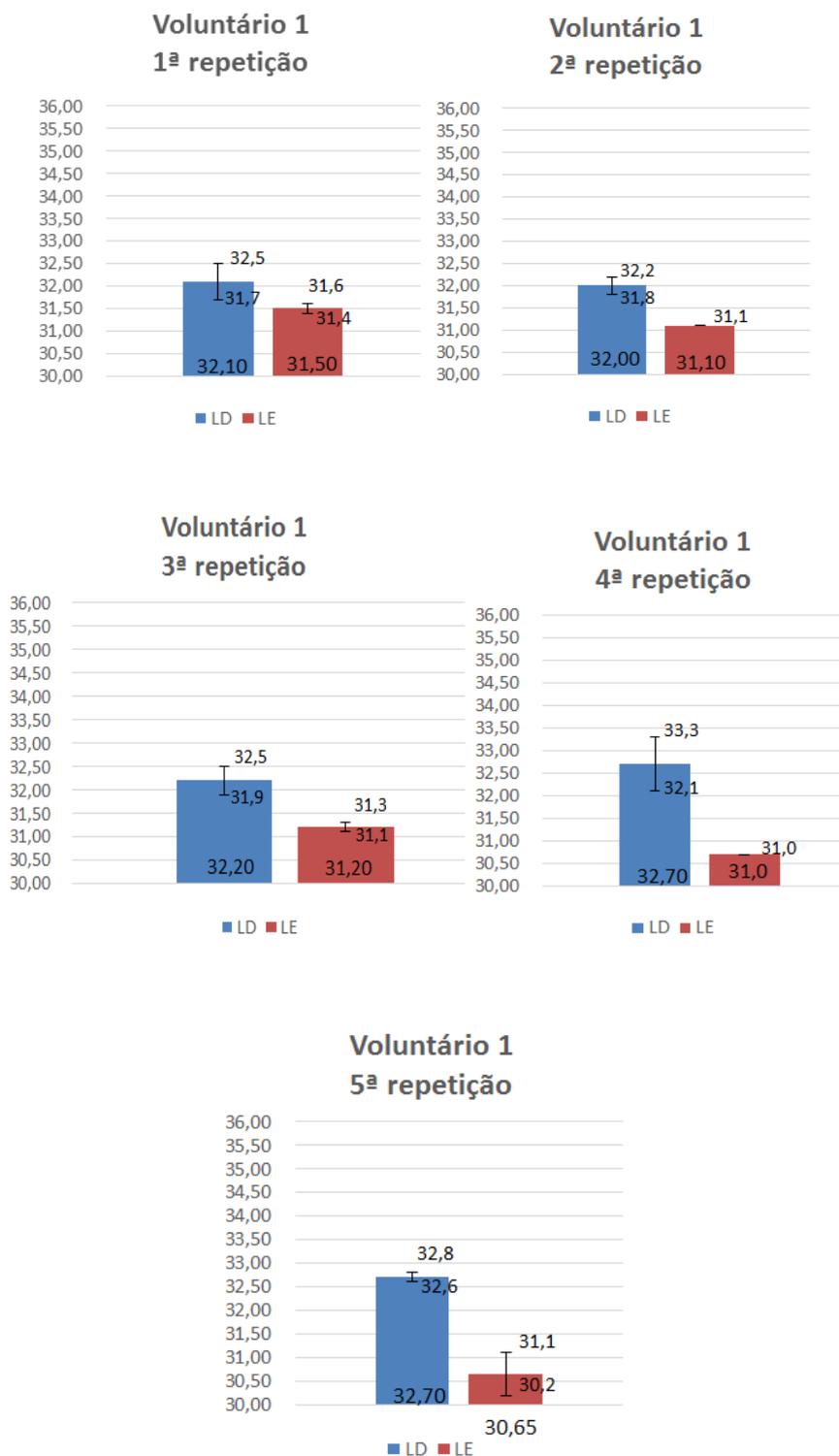


Figura 25 – Média da temperatura lado direito e esquerdo com desvio padrão nas 5 repetições de movimento, voluntário 1.

Fonte: A autora (2017)

Analisando-se a Figura 25, tem-se que desde o início das atividades até o término, o ombro direito apresentou uma temperatura superior a do ombro esquerdo. Inicialmente a temperatura média do ombro direito era de 32,1°C e a do esquerdo de 31,5°C, ou seja, uma diferença de cerca de 0,6°C, sendo que ao término das repetições as temperaturas eram de 32,7°C e 30,7°C para os ombros direito e esquerdos respectivamente, com uma diferença de temperatura entre estes de 2°C.

Ressalta-se que o fato desta diferença de temperatura ter se elevado ao longo das repetições, pode ser explicada pelo fato de que a exigência da musculatura estudada em desenvolver a atividade com o braço direito teve grande relevância, demonstrando um aumento de temperatura na região de maior esforço muscular (porção lateral do deltóide), do voluntário 1.

A média da frequência cardíaca inicial foi de 78 bpm e final de 110 bpm, sugerindo trabalho moderado, de acordo com a literatura.

Ao início, meio e final da simulação dos movimentos, também foi aplicado o Questionário Bipolar- Questionário de Fadiga, que tem a função de avaliar a evolução de uma fadiga com relação aos segmentos do corpo, cansaço mental e físico. A evolução da fadiga concentrou-se no item dor no braço, no punho ou na mão do lado direito e cansaço. No item braço direito o valor aumentou de 1 para 4 ao final das repetições e no item cansaço de 1 para 3. Identificando assim, fadiga em membro superior direito.

#### 4.6.2 Resultados obtidos para o Voluntário 2

O segundo voluntário analisado, denominado como “Voluntário 2”, era do sexo masculino, tinha 39 anos de idade, praticava atividade física duas vezes por semana, e possuía 90 kg de peso e altura de 1,90 m.

A Figura 26, mostra uma sequência de imagens do Voluntário 2, em seu primeiro dia de mensuração, mostrando a variação da temperatura nos ombros esquerdo e direito do indivíduo, desde o momento em que este se encontrava em repouso, até o instante em que terminou as 350 repetições.

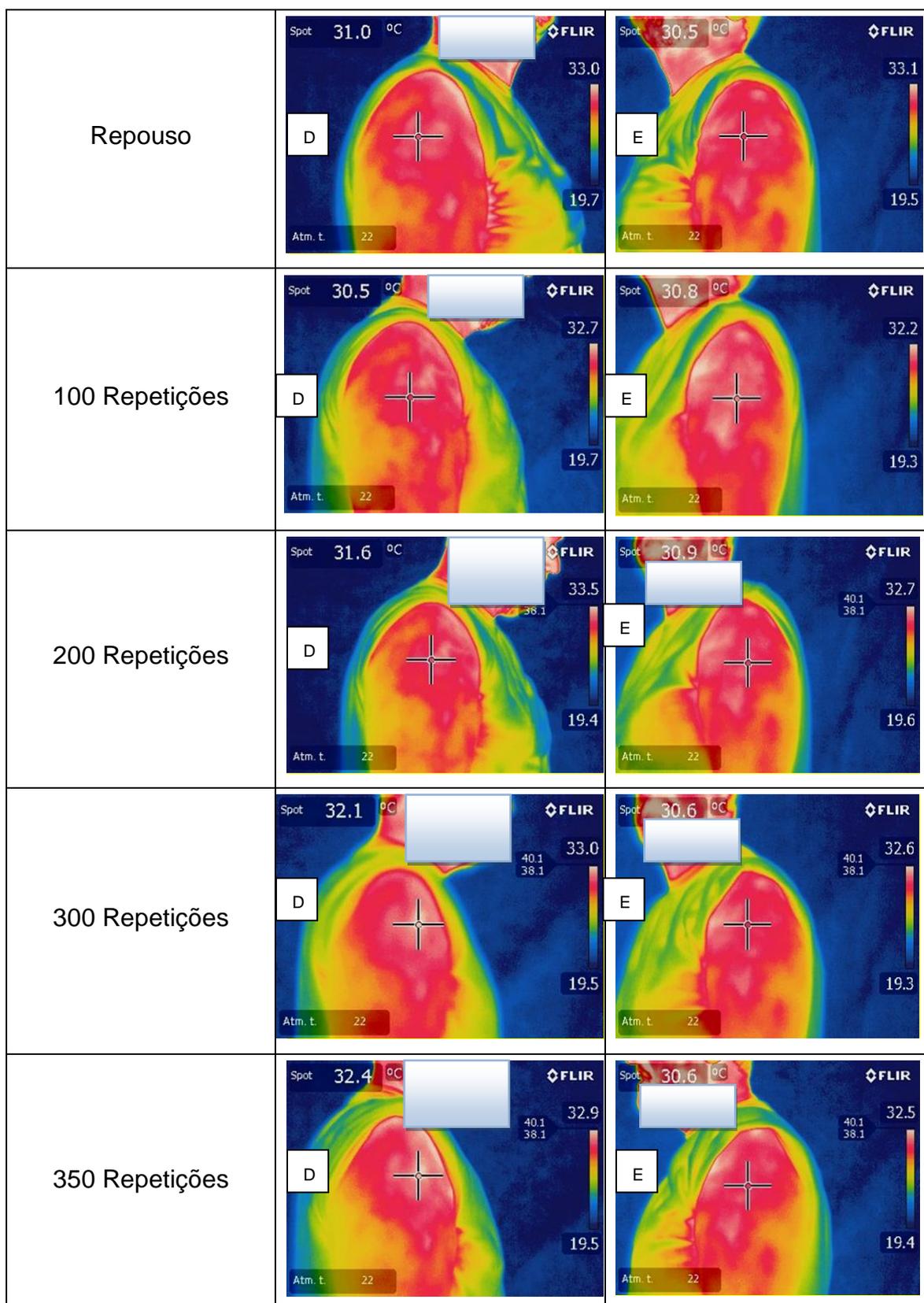


Figura 26 – Voluntário 2 na mensuração da temperatura, no 1º dia de mensuração, com o uso da câmera termográfica durante as repetições de movimento. Onde “D” refere-se ao ombro direito e “E” ao ombro esquerdo.

Fonte: A autora (2017)

A Figura 27 apresenta a variação desta temperatura, nos dois ombros, ao longo do processo simulado, juntamente com os respectivos desvios padrões encontrados.

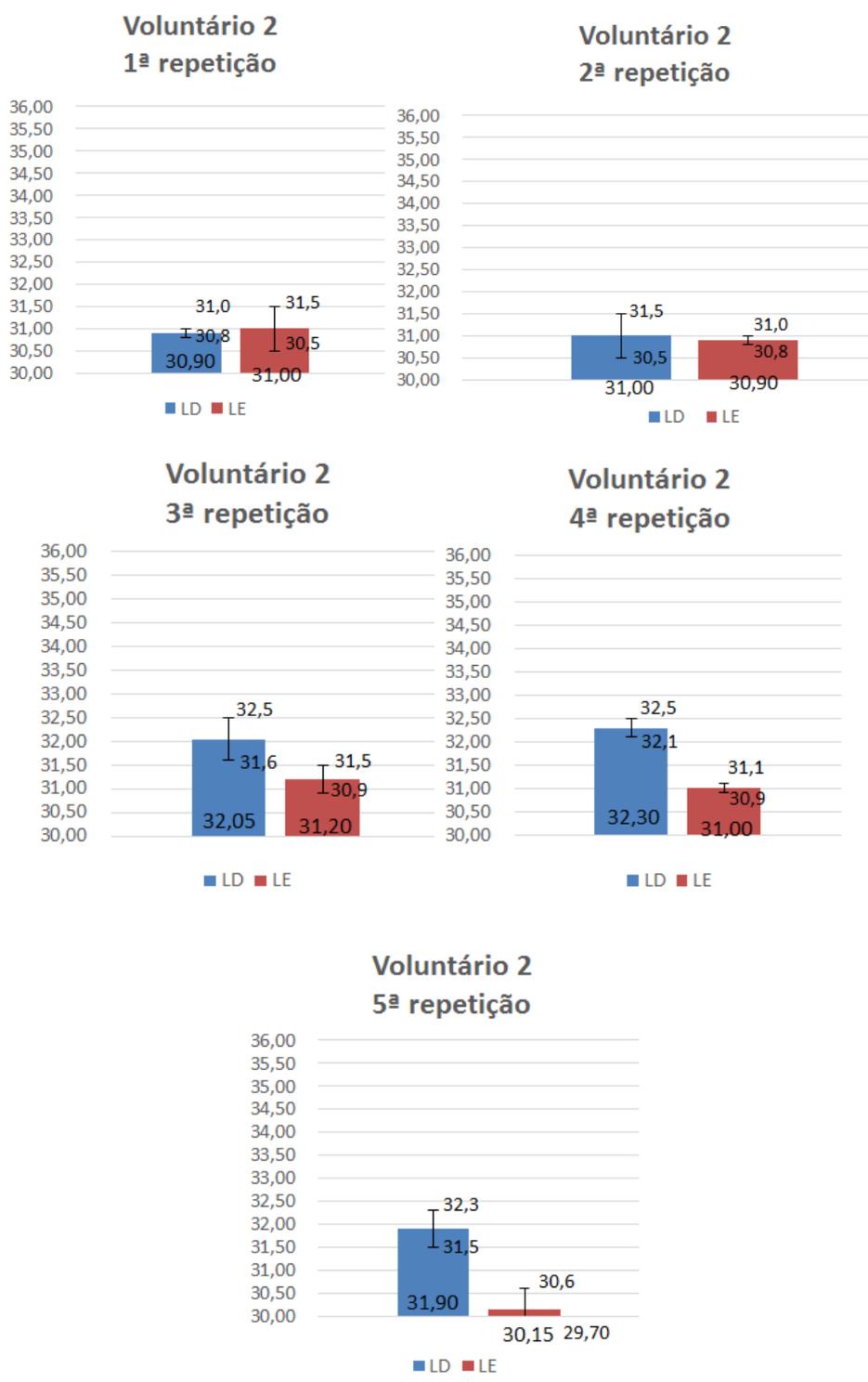


Figura 27 – Média da temperatura lado direito e esquerdo com desvio padrão nas 5 repetições de movimento, voluntário 2.

Fonte: A autora (2017)

Analisando-se a Figura 27, tem-se que desde o início das atividades até o término, o ombro direito apresentou uma temperatura superior a do ombro esquerdo. Inicialmente a temperatura média do ombro direito era de 30,9°C e a do esquerdo de 31,0°C. Sendo que ao término das repetições as temperaturas eram de 31,9°C e 30,15°C para os ombros direito e esquerdo respectivamente, com uma diferença de temperatura entre estes de 1,75°C.

Ressalta-se que o fato desta diferença de temperatura ter se elevado ao longo das repetições, pode ser explicada pelo fato de que a exigência da musculatura estudada em desenvolver a atividade com o braço direito teve grande relevância, demonstrando um aumento de temperatura na região de maior esforço muscular (porção lateral do deltóide), do voluntário 2.

A média da frequência cardíaca inicial foi de 86 bpm e final de 102 bpm, identificando de acordo com a literatura, tipo de trabalho moderado.

Ao início, meio e final da simulação dos movimentos, também foi aplicado o Questionário Bipolar- Questionário de Fadiga. A evolução da fadiga concentrou-se no item dor no braço, no punho ou na mão do lado direito e cansaço. No item braço direito o valor aumentou de 1 para 3 ao final das repetições e no item cansaço de 1 para 2. Identificando assim, fadiga em membro superior direito.

#### 4.6.3 Resultados obtidos para o Voluntário 3

O terceiro voluntário analisado, denominado como “Voluntário 3”, era do sexo masculino, tinha 29 anos de idade, sedentário, e possuía 80 kg de peso e altura de 1,80 m.

A Figura 28, mostra uma sequência de imagens do Voluntário 3, em seu primeiro dia de mensuração, mostrando a variação da temperatura nos ombros esquerdo e direito do indivíduo, desde o momento em que este se encontrava em repouso, até o instante em que terminou as 350 repetições.

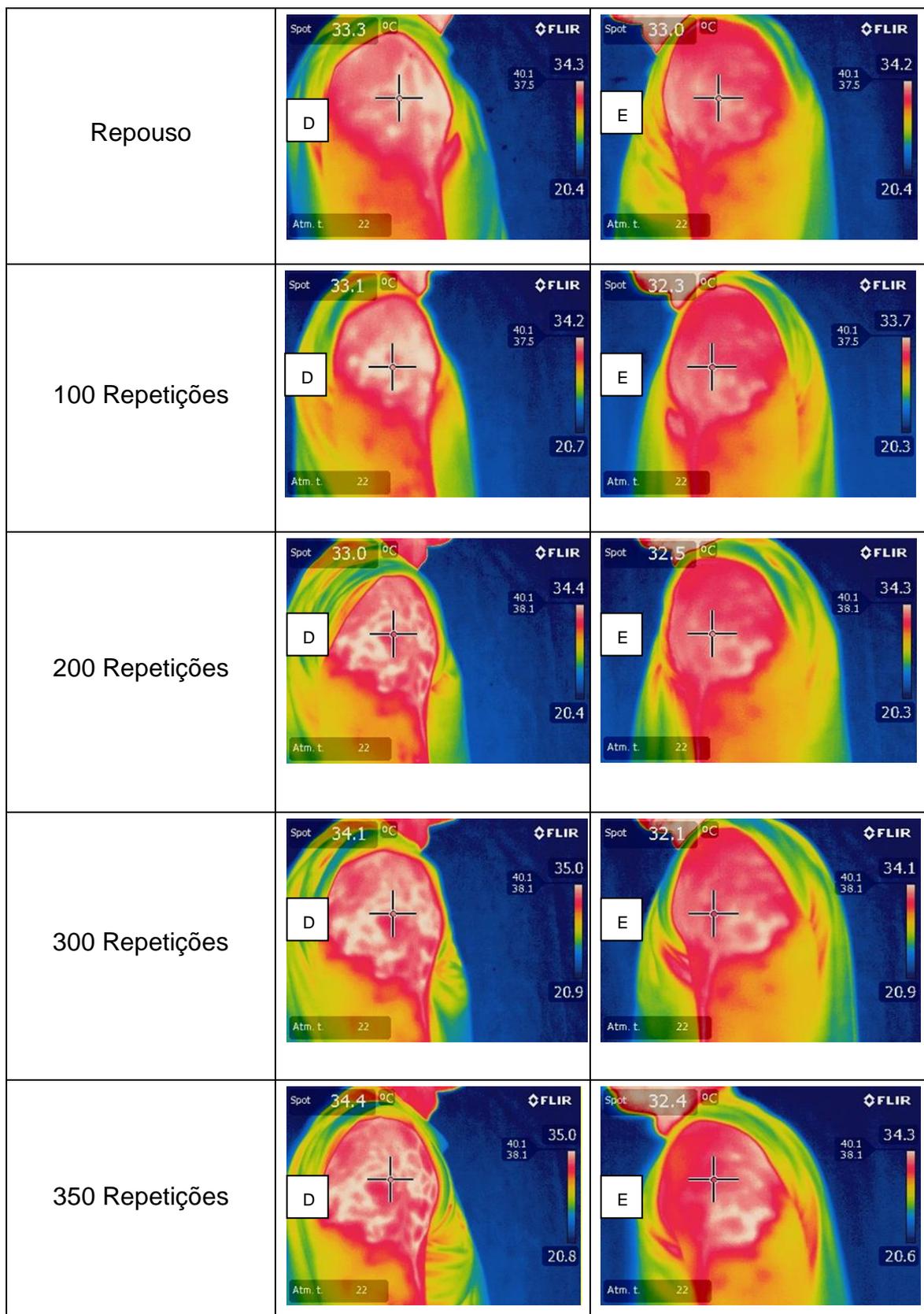


Figura 28 – Voluntário 3 na mensuração da temperatura, no 1º dia de mensuração, com o uso da câmera termográfica durante as repetições de movimento. Onde “D” refere-se ao ombro direito e “E” ao ombro esquerdo.

Fonte: A autora (2017)

A Figura 29 apresenta a variação desta temperatura, nos dois ombros, ao longo do processo simulado, juntamente com os respectivos desvios padrões encontrados.

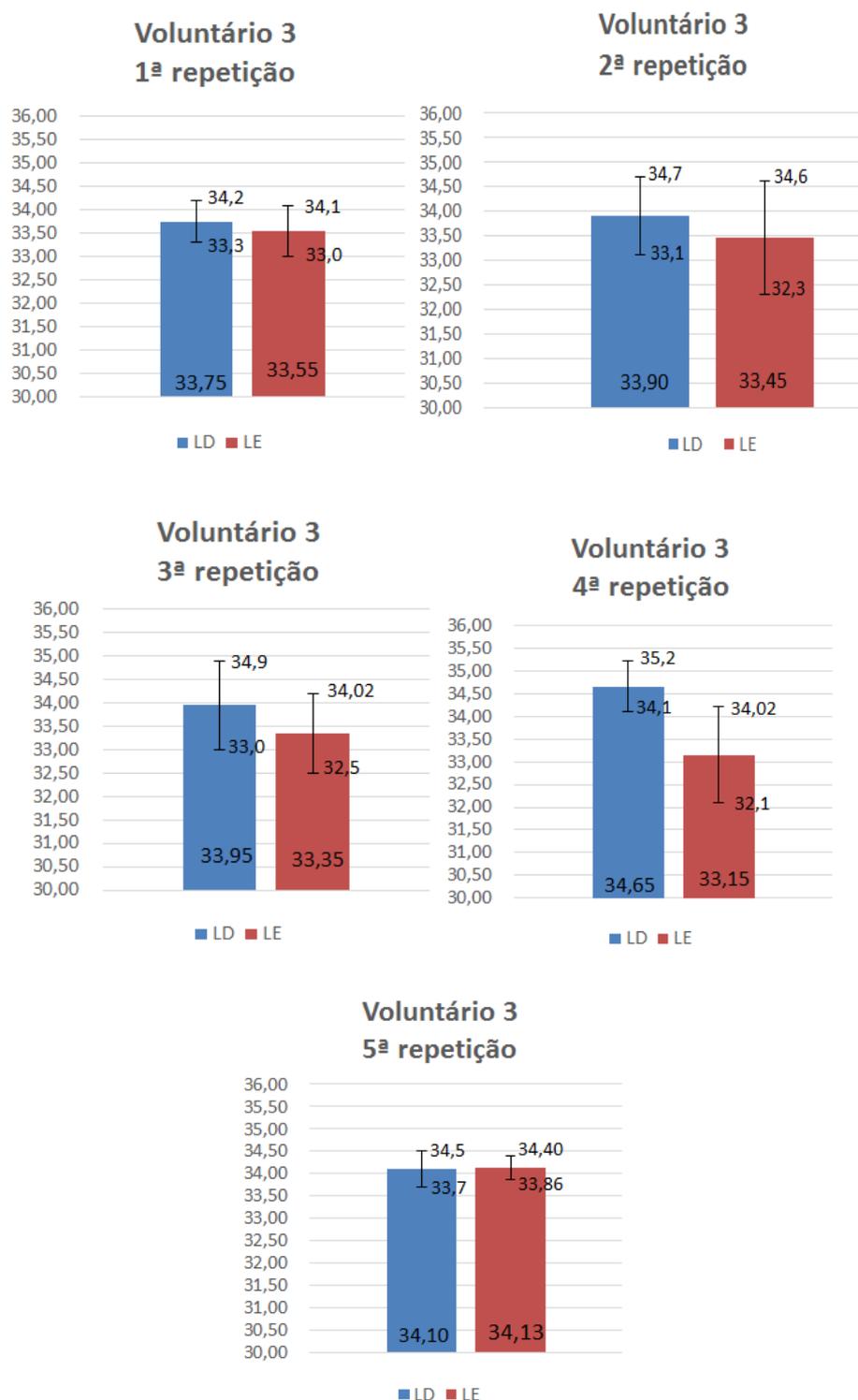


Figura 29 – Média da temperatura lado direito e esquerdo com desvio padrão nas 5 repetições de movimento, voluntário 3.  
Fonte: A autora (2017)

Analisando-se a Figura 29, tem-se que no início das atividades, o ombro direito apresentou uma temperatura superior a do ombro esquerdo. Inicialmente a temperatura média do ombro direito era de 33,75°C e a do esquerdo de 33,55°C. Sendo que ao término das repetições as temperaturas eram de 34,10°C e 34,13°C para os ombros direito e esquerdo respectivamente.

Ressalta-se que o fato desta simulação obter valores próximos de temperatura entre ombro direito e esquerdo, deve-se ao fato de ter gerado fadiga muscular ao final das 350 repetições, utilizando assim de musculatura lombar para compensação do movimento.

A média da frequência cardíaca inicial foi de 78 bpm e final de 113 bpm, sugerindo trabalho pesado, de acordo com a literatura.

Ao início, meio e final da simulação dos movimentos, também foi aplicado o Questionário Bipolar- Questionário de Fadiga. A evolução da fadiga concentrou-se no item dor no braço, no punho ou na mão do lado direito, dor na região lombar e cansaço. No item braço direito o valor aumentou de 1 para 4, no item região lombar de 1 para 3 e no item cansaço de 1 para 4. Identificando assim, fadiga em membro superior direito e lombar.

#### 4.6.4 Resultados comparativos do uso da termografia entre os ombros dos voluntários

Na Figura 30, apresenta-se o comparativo da variação média das temperaturas de ambos os ombros (lado direito e esquerdo) dos voluntários, ao longo do processo de simulação. Destaca-se que os valores levam em conta o valor da variação real da temperatura final e inicial dos ombros de cada indivíduo.

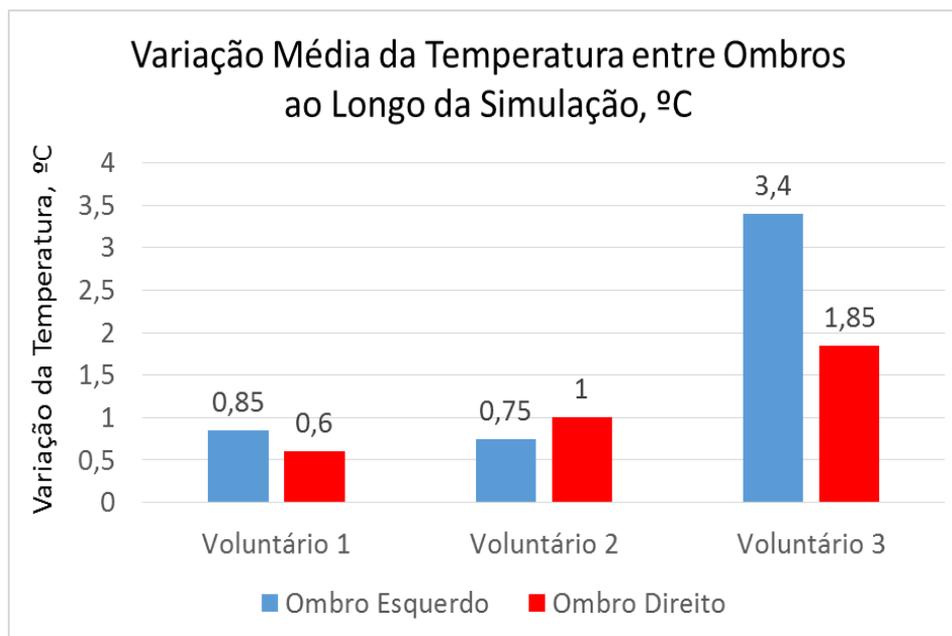


Figura 30 – Comparativo dos voluntários com relação a média de variação da temperatura inicial e final dos ombros (lado direito e esquerdo), com o uso da câmera termográfica.

Fonte: A autora (2017)

Analisando-se a Figura 30, nota-se que após 350 repetições, avaliando-se a porção lateral do músculo deltóide, observa-se um aumento na temperatura comparativa entre os ombros:

A causa mais provável deste aumento de temperatura no ombro direito é a exigência muscular da atividade (neste caso reboco de teto), enfatizando ainda, o lado direito do corpo e mais especificamente o músculo deltóide, possivelmente devido à necessidade de elevação do braço acima da linha dos ombros e a sustentação de carga (colher de pedreiro e cimento).

Já com relação ao aumento da temperatura do ombro esquerdo do voluntário 3, foi devido a fadiga muscular. Ao final das repetições do movimento, não estava conseguindo fazer o esforço necessário de abdução de ombro direito, assim, compensou o movimento e diminuiu a amplitude do movimento exigido.

## 5 CONCLUSÕES

Constata-se que na área da construção civil existem diversas atividades, mesmo analisando apenas um posto de trabalho, observam-se inúmeras situações que podem colocar os trabalhadores em risco.

As análises macroergonômicas realizadas neste estudo, buscam a redução de doenças ocupacionais, de fadiga muscular, de situações que colocam o trabalhador em risco, minimizando perdas, danos e custos às empresas e melhoria no conforto e desempenho dos trabalhadores.

O principal fator preocupante encontrado nesta pesquisa foi em relação a postura adotada pelo pedreiro durante a atividade de reboco de teto. As posturas inadequadas associadas a outros riscos, como risco de acidentes e poeiras colocam o trabalhador em riscos diretos e comprometem a saúde do trabalhador caso esteja exposto a essas situações por longos períodos de tempos.

As principais conclusões deste estudo foram:

Na aplicação do Diagrama de Dor/Desconforto (Diagrama de Corlett e Manenina) para todos os trabalhadores da obra, pode-se concluir que a região de membros superiores foi a de maior exigência músculo esquelética e com maior grau de dor/desconforto segundo os trabalhadores analisados, com intensidade 4, que significa bastante dor.

Com a ferramenta *Checklist* de Couto, analisando a postura executada durante a atividade, pontuou-se o valor de 3 pontos, que significa condições ergonômicas ruins de posto de trabalho, fato este que se deve a postura inadequada de braços, tronco e esforço durante a atividade.

Aplicando a ferramenta OWAS, identificou-se que no posto de reboco de teto, a postura de costas encontra-se inclinada, com um dos braços elevados, que as pernas não ficam bem apoiadas no chão e a carga de trabalho nesta atividade é de 2 kg aproximadamente, não ultrapassando os 10 kg.

Com a ferramenta *Moore Garg*, foi observado que o movimento de rebocar o teto, gera um fator de intensidade de esforço com algo pesado, pois percebe-se algum tipo de esforço com duração acima de 50% do ciclo de trabalho, com

frequência elevada e ritmo de trabalho razoável com duração acima de 8 horas trabalhadas.

Com a utilização das ferramentas acima citadas, conclui-se que a atividade de reboco de teto tem uma sobrecarga em região de ombro dominante, posturas inadequadas e repetitivas, com esforço acima de 50% do ciclo de trabalho.

Ressalta-se a necessidade da utilização adequada e combinada de várias ferramentas para uma análise ergonômica do trabalho. visto que a utilização isolada de uma ferramenta, pode não explicar ou não diagnosticar com tanta precisão problemas que possam vir a prejudicar a saúde do trabalhador, bem como a produtividade e eficiência do trabalho.

Além das avaliações realizadas *in loco*, foram também avaliadas a atividade em ambiente controlado, aonde obteve aumento de temperatura de ombro direito com relação ao ombro esquerdo de forma relevante, identificando assim, que o trabalho avaliado, pode sim ser avaliado como posto preocupante, com a possibilidade de desenvolver lesões de moderado grau em um curto período de tempo.

Os resultados encontrados na avaliação da atividade de reboco de teto, apontam de maneira geral, que na maioria das posições assumidas pelos pedreiros, são necessárias correções, principalmente no caso da exigência em ombro direito.

Nas ações a curto prazo, sugere-se a orientação destes trabalhadores com relação as posturas adotadas, diminuindo o tempo de exposição do trabalhador ao risco, proporcionando rodízios com outros e alternando com tarefas que exijam menos solicitação das áreas mais afetadas. A não correção pode levar a condição não só de agravo à saúde, mas a de risco iminente de acidente visto à condição diagnosticada, associada a outros fatores relacionados como ambientais, organização e externos.

Destaca-se que a realização dos trabalhos de forma adequada e correções posturais podem também minimizar os efeitos indesejados do trabalho executado.

Em síntese, pode-se afirmar que os dados obtidos e analisados neste trabalho, demonstram que as demandas ergonômicas possuem relação direta com o bem-estar dos trabalhadores, refletindo, provavelmente, na produtividade e qualidade das atividades.

Assim, acredita-se que os objetivos deste estudo foram alcançados em meio de simulação do trabalho do pedreiro na atividade de reboco de teto, validando a

pesquisa com o uso da termografia em uma avaliação ergonômica do trabalho, favorecendo a indicação de soluções para melhorar a organização do trabalho.

Ao fim desta pesquisa é possível afirmar que o uso da termografia superficial como ferramenta complementar, apresenta-se como um método eficiente para implantar um programa ergonômico na empresa, efetuando um trabalho de prevenção evitando patologias, melhorando a qualidade de vida, trazendo maior segurança, conforto e satisfação no processo laboral. Pode-se contribuir consideravelmente para a implantação da ergonomia na empresa, a partir do diagnóstico fidedigno aos reais problemas presentes na mesma e muitas vezes ocultos.

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nas respostas obtidas, assim como nas observações realizadas no local de trabalho, pôde-se constatar o grau de dificuldade na execução das tarefas e dores na região de ombro, principalmente, por movimentos repetitivos e posturas inadequadas.

Sabe-se que os trabalhos executados com contração prolongada de músculos com esforço repetitivo tornam-se prejudiciais ao metabolismo dos tecidos, principalmente tendões, levando a quadros crônicos de dor e incapacidade. Para Melzer (2007), as lesões por esforço repetitivo e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho, trazem consequências que comprometem a qualidade de vida de um indivíduo, movimentos incorretos na execução das tarefas sobrecarrega a coluna, conseqüentemente provoca dores. A má postura causa fadiga e é uma das causas da baixa motivação, diminui a produtividade do funcionário, se houver a prevenção consegue-se diminuir os custos, aumentar a produtividade, a motivação, trazendo benefícios tanto para o funcionário como para a empresa.

Estudos futuros podem ser realizados com o uso da termografia avaliando a sobrecarga muscular na atividade *in loco* de reboco de teto com acompanhamento do colaborador durante a obra, a fim de verificar sua contribuição em uma avaliação ergonômica mais detalhada e objetiva.

## REFERÊNCIAS

- ABRANTES, Antonio Francisco. **Atualidades em ergonomia: logística, movimentação de materiais engenharia industrial**. São Paulo: IMAM, 2004.
- ASTRAND, P.O. RODAHL, K. **Textbook of work psychology**, 3ed. McGraw-Hill: New York, NY, 1986.
- BACH, V., TELIEZ, F., LIBERT. J.P. **The interaction between sleep and thermoregulation in adults and neonates**. Sleep medicine reviews, v.6, n.6, p. 481-492.2003.
- BAENAS, Jovita M. H.; *et al.* **Macroergonomia: Um Diferencial nas organizações**. In: XIII SIMPEP. São Paulo, nov. 2006. Disponível em <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/728.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/728.pdf)>. Acesso em: 10 maio, 2016.
- BALAS, C. **Review of biomedical optical imaging – a powerful, non-invasive, non-ionizing technology for improving in vivo diagnosis**. Measurement Science & Technology, New York, v. 20, n. 10, 2009
- BARROS, M.V.G; REIS, R.S. **Análise de dados em atividade física e saúde**. Londrina: Mediograf, 2003.
- BARROS, P. C. R.; MENDES, A. M. B. M. **Sofrimento psíquico no trabalho e estratégias defensivas dos operários terceirizados da construção civil**. Psico-USF, v.8, n. 1, p. 63-70, 2003.
- BAÚ, L.M.S. Fisioterapia do Trabalho: **Ergonomia - Legislação - Reabilitação**. Curitiba: Clã do Silva, 2002.
- BLUESTEIN, H.G. **Periarticular rheumatic complaints**. In: STEIN, J.H. (Ed.) Internal Medicine. 5th ed. St. Louis: Mosby, 1994.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-15 – Atividades e operações insalubres**, 2015. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br>>. Acesso em 19 janeiro, 2016.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. LER/DORT – **Programa de Prevenção**. São Paulo: Ministério do Trabalho e Emprego, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Saúde do trabalhador. **Cadernos de Atenção Básica**, nº 05. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-17 – Ergonomia. Manual de Legislação Atlas**, 76ª edição, 2017.

BUGLIANI, R.de O. **Macroergonomia: um panorama do cenário brasileiro**. 2007. Dissertação (Mestrado em Design) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2007.

BRIOSCHI, M. L. **Metodologia de Normalização de Análise do Campo de Temperaturas em Imagem Infravermelha Humana**, Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Paraná, 2007.

BRIOSCHI. M. L.; ABRAMAVICUS. S.; CORRÊA. C. F. “**Valor da Imagem Infravermelha na Avaliação da Dor**”, Revista da Dor, 6, 1, p. 514-524, 2005.

BRIOSCHI, M. L., MACEDO, J. F., MACEDO, R. A. C. **Termografia cutânea: novas concepções**. Revista Vasculiar Brasileira, v. 2, nº 2, p. 151-160, 2011.

BROWN, Ogden Jr. The development and domain of participatory ergonomics. In: **INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION WORLD CONFERENCE**, Rio de Janeiro, 1995.

CAILLIET R. **Dor, mecanismos e tratamentos**. Porto Alegre: Artmed. 1999.

CARTAXO, C. **Estudo ergonômico do posto de trabalho do armador de laje: uma avaliação quantitativa dos esforços físicos na coluna vertebral decorrentes da postura de trabalho**. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção). CT/UFPB, 1997.

CASSAROTTO, R. M.; GONTIJO, L.; MILITO, C. **Macroergonomia e o canteiro de obras**. In: VIII Congresso Brasileiro de Ergonomia. ABERGO, 1997.

CHAFFIN, B.; ANDERSSON, G.B.J.; MARTÍN, B.J. **Biomecânica Ocupacional**. Belo Horizonte: Ergo, 2001.

CORLETT, E. N.; MANENICA, I. **The effects and measurement of working postures**. Applied Ergonomics, 1993.

COUTO, Hudson de Araújo. **Como instituir a ergonomia na empresa: a prática dos comitês de ergonomia**. 2.ed. Belo Horizonte: ERGO, 2011.

COUTO, Hudson de Araújo. **Ergonomia aplicada ao trabalho: manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte : ERGO Editora, 1995.

COUTO, Hudson de Araújo. A. **Método TOR-TOM: manual de avaliação ergonômica e organização do trabalho**. Belo Horizonte: ERGO Editora, 2006.

COUTO, H. A. **Novas perspectivas na abordagem preventiva das LER/DORT: o fenômeno LER/DORT no Brasil: natureza, determinantes e alternativas das organizações e dos demais atores sociais para lidar com a questão**. Belo Horizonte: Ergo Editora, 2000.

COUTO, Hudson de Araújo; NICOLLETTI, Sérgio José; LECH, Osvandré. **Gerenciando a LER e os DORT nos tempos atuais**. Belo Horizonte: Ergo Editora, 2012.

CHRISTIANSEN, J., GEROW, G. **Thermography: Seminars in chiropractic**, Williams e Wilkins, 1990.

CRUZ, S. M. S.; OLIVEIRA, J. H. R. **Dificuldades encontradas na implantação de medidas de segurança em canteiros de obras de Santa Maria**. In: 8º Congresso Brasileiro de Ergonomia, 1998.

DELWING, Eduardo B. **Análise das Condições de Trabalho em uma Empresa do Setor Frigorífico a Partir de um Enfoque Macroergonômico**, tese (Mestrado) – Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <[http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/139\\_Eduardo%20becker%20delwing%20AN.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/139_Eduardo%20becker%20delwing%20AN.pdf)> Acesso em: 05 jan, 2016.

DIAS, L. M, Alvez; FONSECA, M. Santos. **Plano de segurança e de saúde na construção**. Instituto de Desenvolvimento e Inspeção das Condições de Trabalho e Instituto Superior Técnico – Departamento de Engenharia Civil, 1996.

DUL, Jan; WEERDMEEESTER, Bernard. **Ergonomics for Beginners**; tradutor Itiro lida. - 3º ed. rev. e ampl. – São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

FALZON. **Ergonomia**. Tradução de: Giliane M.J. Ingratta, Marcos Maffei, Márcia W.R. Sznelwar, Mauricio Azevedo de Oliveira, Agens Ann Puntch. São Paulo: Edgard Blucher, 2012.

FBF, Sistemas. Ergolândia. 2016. Disponível em: <<http://www.fbfsistemas.com/ergonomia.html>> Acesso em 5 set., 2016.

FILUS, Rodrigo. **Utilização da imagem infravermelha normatizada para diagnóstico de doenças ocupacionais e correlação com eletromiografia de superfície e ressonância magnética.** Curitiba: UTFPR; 2011.

FLIR. **The world leader in thermal imaging.** 2015. Disponível em: <<http://www.flir.com/br/>> Acesso em 01 nov, 2015.

FUJIMASA, I. **Pathophysiological expression and analysis of far infrared thermal images: a standardized thermographic image diagnosis procedure using computed image processing.** 1998. IEE Eng Med Biol, 17 (4): p.34-32.

GARCIA *et al.* O uso da Termografia como método auxiliar no diagnóstico da Síndrome de Estresse Tibial Medial. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte.** V.9.n.6 p. 442, 2003

GARCIA DR. **Validação da termografia no diagnóstico de lesões por esforços repetitivos / distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho.** Porto Alegre: UFRGS; 2004.

GHISLENI, A. P.; MERLO, A. R. C. **Trabalhador contemporâneo e patologias por hipersolicitação.** Psicologia: Reflexão e Crítica, v. 18, n. 2, p. 171-176, 2005

GHISLENI, Â. P. ; MERLO, Á. R. C. **Psicologia: Reflexão e Crítica.** v. 18, p. 171-176, 2005.

Gil, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1999.

GOMES FILHO, João. **Ergonomia dos objetos: sistema técnico de leitura ergonômica.** São Paulo: Escritura, 2011.

GONÇALVES, Edwar Abreu. **Manual de Segurança e Saúde no Trabalho.** 4. ed. São Paulo: LTR, 2008.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia medica.** 10.ed. Mexico: McgrawHill Interamericana, 2001

GRANDJEAN, E.; KROEMER, K. H. E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

GRIOFORESCU, C.E.A; RADEV,K.B.; CHESARU.V. *et al.* **Thermal fluxes from the human body.** Computers Mth. Aplic., v.32,n.11, p.47-50,1996.

GUÉRIN, F., LAVILLE, A., DANIEOLOU, F., DURAFORG, J., & KERQUELEN,A. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia.** São Paulo: Edgar Blücher, 2001.

- GUIMARÃES, Lia: **Ergonomia de produto**. Porto Alegre: v. 1, série monográfica, Feeng, 2002
- HENDRICK, H. **Macroergonomics: a new approach for improving productivity, safety, and quality of work life**. In: LATIN AMERICAN CONGRESS OF ERGONOMICS, Florianópolis, 1993.
- HOLMSTRÖN, E.; AHLBORG, B. **Morning warming-up exercise – effects on musculoskeletal fitness in construction works**. Applied Ergonomics, v. 36, p. 513-519, 2005.
- HONÓRIO, F.J.A. **Mapeamento da temperatura corporal em diferentes situações**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina, 150p, 2004.
- HYNE, V., AND M. J. KEARSEY. **QTL analysis: further uses of marker regression**. Theor. Appl. Genet. 91: 471–476, 1995.
- IEA, *International Ergonomics Association*. Disponível em: <<http://www.iea.cc/whats/index.html>> Acesso em 19 março, 2016.
- IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: E. Blücher, 2005.
- KAPANDJI, A.I.: **Fisiologia Articular**, volume 1. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2000.
- KENDALL, F. P.; McCREARY, E. K. **Músculos, provas e funções**. Manole Ltda, 1990.
- KMITA, Silvério F. **Análise da Satisfação dos Funcionários com as Melhorias Ergonômicas Implantadas na Divisão de Usinagem da John Deere Brasil**, tese (Mestrado) – Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- KROEMER, K. H. E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Tradução Lia Buarque de Macedo Guimarães. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LARROYD, C. **Aspectos que interferem na qualidade do serviço na situação de trabalho do pedreiro de reboco: um enfoque ergonômico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 1991.

LAVILLE A., VOLKOFF S. Age, **santé, travail: le déclin et la construction** », in, 1993.

LICHTENBELT, W.D.M; WESTERTERP-PLANTENGA, M.S.; HOYDONCK, P. **Individual variation in the relation between body temperature and energy expenditure in response to elevated ambiente temperature.** Physiology & Behavior. V. 73, p. 235-242, 2001.

LIMA, F. P. A. L.E.R - **Dimensões Ergonômicas e Psicossociais.** In J. N. G. Araújo, F. P. A. Lima & M.E. A. Lima (Orgs.), **Ergonomia e prevenção da LER: possibilidades e limites.** Belo Horizonte: Editora Health, 2000.

LOCATELLI, Anelise R. **Avaliação Ergonômica dos Estagiários de Fisioterapia de uma Instituição de Ensino Superior do Vale dos Sinos no Ambiente Hospitalar,** monografia (Graduação) – Curso de Fisioterapia, Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, 2006. Disponível em: <<http://ged.feevale.br/bibvirtual/Monografia/MonografiaAneliseLocatelli.pdf>>. Acesso em: 23 set.,2016.

MAIA, Ivana Márcia Oliveira. **Avaliação das Condições Posturais dos Trabalhadores na Produção de Carvão Vegetal em Cilindros Metálicos Verticais,** dissertação (Mestrado em engenharia de produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

MALCHAIRE, J.B. **Lesiones de miembros superiores por trauma acumulativo – Estrategia de prevención.** Unidad de higiene y fisiología del trabajo. Universidad Católica de Louvain,Bélgica. 132 p, 1998.

MALCHAIRE, J.B.; COCK, N.A. *et al.* **Relationship between work constraints and the develoment of musculoskeletal disorders of the wrist: A prospective study.** International Journal of Industrial Ergonomics, 19:471-482, 1997.

MARRAS, W. S. **The Role of Dynamic Three Dimentional Trunk Montion in Occupationally Related low Back Disorders: The Effects of Workplace Factors, Trunk Position and Trunk Motion Characteristics of Injury.** Spine, 18: p. 617-628, 2000.

MCARDLE, W.D. KATCH, F.I. KATCH, V.L. **Essential of exercise physiology.** Lippincott Willians & Wilkins, 1994.

MOORE, J. S.; GARG, A. **The Strain Index: a proposed method to analyse jobs for risk of distal upper extremity disorders**. American Industrial Hygiene Journal, v.56, p. 443 – 458, 1995.

MORAES, Anamaria D.; MONT'ALVÃO, Cláudia. **Ergonomia: Conceitos e Aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Iuser, 2003.

MOURA, Paulo R. C. **Rotação dos Postos de Trabalho - Uma Abordagem Ergonômica**, tese (Mestrado) – Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3239/000334652.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

NEER, Charles. **Cirurgia do Ombro**. Rio de Janeiro: Revinter, 1995.

NICOLETTI, Sérgio José; LAREDO FILHO, José; FALOPPA, Flávio. **Avaliação radiográfica do ângulo de inclinação do acrômio em indivíduos normais**. Revista Brasileira de Ortopedia, vol.25, n.6, p.161-164, 1990.

NORMA REGULAMENTADORA NR-17, **Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho**, 63ª Edição, Editora Atlas, 2009.

OLIVEIRA, D. E. S.; ADISSI, J. O.; ARAÚJO, N. M. C. **Vestimenta de trabalho para a construção civil: a opinião do usuário**. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais... Florianópolis, 2004.

OLIVEIRA, E. **Toyotismo no Brasil: desencantamento da fábrica, envolvimento e resistência**. São Paulo: Ed. Expressão Popular, 1998.

OTTON, Márcio L. **Avaliação Ergonômica da Multifuncionalidade**, tese (Mestrado) – Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2848/000326858.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 mai. 2016.

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

PERES, Claudio C. **Ações Coletivas para Prevenção de LER/DORT**. Boletim Saúde. Vol. 19, n° 1. Porto Alegre, jan./jun. 2005. Disponível em:

<<http://www.mp.to.gov.br/portal/sites/default/files/A%C3%A7%C3%B5es%20Coletivas%20para%20Preven%C3%A7%C3%A3o%20de%20LER-DORT.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2016.

RIBEIRO, S. B.; SOUTO, M. S. M. L.; JUNIOR, I. C. A. **Análise dos riscos ergonômicos da atividade do gesseiro em um canteiro de obras através do software WinOWAS**. Anais... XXIV ENEGEP, 2004.

RING E, Ammer A. **The Technique of infra red imaging in medicine**. Thermology International. 2000.

RING, E.F.J. *et al.* **Quantitation of thermography in arthritis using multi-isothermal analysis. II. Effect of nonsteroidal anti-inflammatory therapy on the thermographic index**. Ann. Rheum. Dis., London, v.33, p.353-356, 1998.

ROSOLEN, Marciane. **Análise Macroergonômica dos Postos de Trabalho em uma Indústria de Confecção de Lingerie**. 2011. 105f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia de Engenharia de Segurança do Trabalho), Centro Universitário Univates, Lajeado, 2011.

ROTHSCHILD, B.M. **Fibromyalgia: an explanation for the aches and pains of the nineties**. Compr. Ther., Harvard, v.17, p.9-14, 1991.

SAAD, Viviane. **Análise ergonômica do trabalho do pedreiro: o assentamento de tijolos**. Ponta Grossa, 2008.

SANTOS, N.; FIALHO, F. **Manual de Análise Ergonômica do Trabalho**. Curitiba: Gênese, 1997.

SCHNEIDER, S. P. **Musculoskeletal injuries in construction: a review of the literature**. Applied Occupational and Environmental Hygiene, v. 16, p. 1056-1064, 2004.

SILVERSTEIN, B.A.; FINE, L.J. & ARMSTRONG, T.J. **Occupational factors and carpal tunnel syndrome**. *American Journal of Industrial Medicine*, 11: 343-358, 1987.

SOBOTTA, **Atlas de Anatomia**, 2013.

SOUZA MV. **Termografia como exame complementar no diagnóstico diferencial de LER / DORT em trabalhadores bancários de Criciúma**. Criciúma: UNESC; 2011.

SPORRONG, K. *et al.* **Assessment of workload and arm position during different work sequences: a study with portable devices on construction workers.** *Applied Ergonomics*, v. 30, p. 495-503, 1999.

STANTON N. *et al.*, **The handbook of human factors and ergonomics methods**, CRC PRESS LLC, 2004.

SANTANA, V. S.; Oliveira, R. P. **Saúde e trabalho na construção civil em uma área urbana do Brasil.** *Cadernos de Saúde Pública*, v. 20, n. 3, 2004.

Software RULA. Disponível em <[www.cope-ergo.com/rula/index.html](http://www.cope-ergo.com/rula/index.html)>. Acesso em 29 julho, 2016.

Software WinOWAS. . Disponível em <[www.turva1.me.tut.fi/owas](http://www.turva1.me.tut.fi/owas)>. Acesso em: 20 novembro, 2015.

TAKAHASHI, Mara Alice Batista Conti; *et al.* **Precarização do Trabalho e Risco de Acidentes na construção civil: um estudo com base na Análise Coletiva do Trabalho (ACT)**, *Saúde Soc. São Paulo*, v.21, n.4, p.976-988, 2012.

TANAKA, S. & MCGLOTHIN, J.D. **A conceptual quantitative model for prevention of work-related carpal tunnel syndrom.** *Int. J. Ind. Ergonomics*, 11:181-193, 1993.

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

## ANEXOS

ANEXO A – CENSO ERGONÔMICO

ANEXO B – DIAGRAMA DE DOR/DESCONFORTO – DIAGRAMA DE CORLETT E MANENICA

ANEXO C – QUESTIONÁRIO BIPOLAR

ANEXO D – CHECKLIST DA CONDIÇÃO ERGONÔMICA DE UM POSTO DE TRABALHO

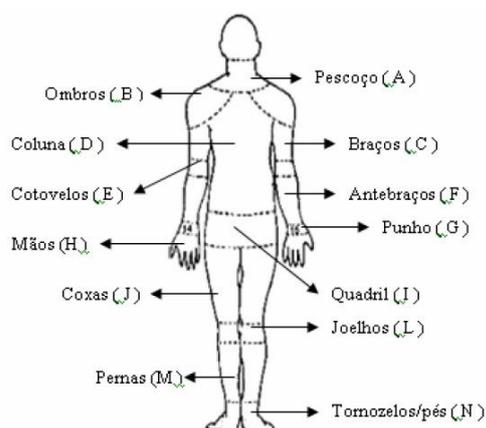
## ANEXO A - CENSO DE ERGONOMIA

Nome: \_\_\_\_\_

Função: \_\_\_\_\_

1- Você sente atualmente algum desconforto nos membros superiores, coluna ou membros inferiores?

Marque com um "X", na figura abaixo, o(s) local(is).



( O ) Outros: \_\_\_\_\_

( P ) Não sinto – nesse caso, vá direto à questão 9.

2- O que você sente e que referiu na questão anterior está relacionado ao trabalho no setor atual?

- Sim
- Não

3- Há quanto tempo?

- Até 1 mês
- De 1 a 3 meses
- De 3 a 6 meses
- Acima de 6 meses

4- Qual é o desconforto?

- Cansaço
- Choques
- Estalos
- Dolorimento
- Dor
- Formigamento ou adormecimento
- Peso
- Perda da força
- Limitação de movimentos

5- O que você sente, você classifica como

- Muito forte/forte
- Moderado
- Leve/muito leve

6- O que você sente aumenta com o trabalho?

- Durante a jornada normal
- Durante as horas extras
- À noite
- Não

7- O que você sente melhora com o repouso?

- À noite
- Nos finais de semana
- Durante o revezamento em outras tarefas
- Férias
- Não melhora

8- Você tem tomado remédio ou colocado emplastos ou compressas para poder trabalhar?

- Sim
- Não
- Às vezes

9- Você já fez tratamento médico alguma vez por algum distúrbio ou lesão em membros superiores, coluna ou membros inferiores?

- Sim – Para qual distúrbio? \_\_\_\_\_
- Não

10- Quais são as situações de trabalho ou postos de trabalho, tarefas ou atividades que, na sua opinião, contém dificuldade importante ou causam desconforto importante; ou causam fadiga ou mesmo dor? (Caso a resposta esteja relacionada a um equipamento, incluir o tipo do mesmo e, se possível, o número deste).

---

---

---

11- Qual é a sua sugestão para melhorar o problema desse posto de trabalho ou dessa atividade ou tarefa?

---

---

---

## ANEXO B – DIAGRAMA DE DOR/DESCONFORTO – DIAGRAMA DE CORLETT E MANENICA

**Tronco**

Pescoço (0)	Costas-médio (3)
1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Região cervical (1)	Costas-inferior (4)
1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Costas-superior (2)	Bacia (5)
1 2 3 4 5	1 2 3 4 5

<p><b>Lado esquerdo</b></p> <p>Ombro (6)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Braço(8)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Cotovelo (10)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Antebraço (12)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Punho (14)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Mão (16)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Coxa (18)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Perna (20, 22, 24, 26)</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p><i>Mapa de regiões corporais</i></p>	<p><b>Lado direito</b></p> <p>Ombro (7)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Braço(9)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Cotovelo (11)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Antebraço (13)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Punho (15)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Mão (17)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Coxa (19)</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Perna (21, 23, 25, 27)</p> <p>1 2 3 4 5</p>
--	---	---

<b>Intensidade</b>				
1	2	3	4	5
Nenhum desconforto/dor	Algum desconforto/dor	Moderado desconforto/dor	Bastante desconforto/dor	Intolerável desconforto/dor
<i>Escala progressiva de desconforto/dor</i>				

Fonte: CORLETT E MANENICA(1995)

## ANEXO C – QUESTIONÁRIO BIPOLAR - FADIGA

**QUESTIONÁRIO BIPOLAR**  
**QUESTIONÁRIO DO INÍCIO DA JORNADA DE TRABALHO**

Tarefa:

Horário:

	1	2	3	4	5	6	7	
Descansado								Cansado
Boa concentração								Dificuldade de concentrar
Calmo								Nervoso
Produtividade normal								Produtividade comprometida
Descansado visualmente								Cansaço visual
Ausência de dor nos músculos do pescoço e ombros								Dor nos músculos do pescoço e ombros
Ausência de dor nas costas								Dor nas costas
Ausência de dor na região lombar								Dor na região lombar
Ausência de dor nas coxas								Dor nas coxas
Ausência de dor nas pernas								Dor nas pernas
Ausência de dor nos pés								Dor nos pés
Ausência de dor de cabeça								Dor de cabeça
Ausência de dor no braço, no punho ou na mão do lado direito								Dor no braço, no punho ou na mão do lado direito
Ausência de dor no braço, no punho ou na mão do lado esquerdo								Dor no braço, no punho ou na mão do lado esquerdo



**QUESTIONÁRIO BIPOLAR – AVALIAÇÃO DE FADIGA-  
QUESTIONÁRIO DO FINAL DA JORNADA DE TRABALHO**

Horário:

	1	2	3	4	5	6	7	
Descansado								Cansado
Boa concentração								Dificuldade de concentrar
Calmo								Nervoso
Produtividade normal								Produtividade comprometida
Descansado visualmente								Cansaço visual
Ausência de dor nos músculos do pescoço e ombros								Dor nos músculos do pescoço e ombros
Ausência de dor nas costas								Dor nas costas
Ausência de dor na região lombar								Dor na região lombar
Ausência de dor nas coxas								Dor nas coxas
Ausência de dor nas pernas								Dor nas pernas
Ausência de dor nos pés								Dor nos pés
Ausência de dor de cabeça								Dor de cabeça
Ausência de dor no braço, no punho ou na mão do lado direito								Dor no braço, no punho ou na mão do lado direito
Ausência de dor no braço, no punho ou na mão do lado esquerdo								Dor no braço, no punho ou na mão do lado esquerdo

## ANEXO D – CHECKLIST DA CONDIÇÃO ERGONÔMICA DE UM POSTO DE TRABALHO

CHECKLIST GERAL PARA AVALIAÇÃO SIMPLIFICADA DA CONDIÇÃO ERGONÔMICA DE UM POSTO DE TRABALHO			
Prédio: _____		<b>CÓDIGO 01</b>	
C.C.: _____			
Estação /Área: _____		Data: ___/___/___	
1	O corpo (tronco e cabeça) está na vertical?	não ( 0 )	sim ( 1 )
2	Os braços / cotovelos trabalham na vertical ou próximos da vertical?	não ( 0 )	sim ( 1 )
3	Existe forma de esforço estático frequente ou por longo período?	sim ( 0 )	não ( 1 )
4	Existem posições forçadas no membro superior?	sim ( 0 )	não ( 1 )
5	As mãos têm que fazer muita força?	sim ( 0 )	não ( 1 )
6	Há repetitividade (ciclo menor que 30s ou mais que 50% do período) frequente de algum tipo específico de movimento?	sim ( 0 )	não ( 1 )
7	Os pés estão bem apoiados?	não ( 0 )	sim ( 1 )
8	Tem-se que fazer esforço muscular forte com a coluna ou outra parte do corpo?	sim ( 0 )	não ( 1 )
9	Há a possibilidade de flexibilidade da postura no trabalho?	não ( 0 )	sim ( 1 )
10	A pessoa tem a possibilidade de uma pequena pausa entre um ciclo e outro ou há um período definido de descanso após um certo número de horas trabalho?	não ( 0 )	sim ( 1 )
Fonte: Ergonomia Aplicada ao Trabalho - Hudson A . Couto, Vol. 1 - Adaptado por Baú - Ogasawara			
<b>Critério de Interpretação:</b>			
09 a 10	pontos:	Excelentes condições ergonômica	
07 a 08	pontos:	Boas condições ergonômicas	
04 a 06	pontos:	Condições ergonômicas razoáveis	
02 a 03	pontos:	Condições ergonômicas ruins	
0 a 01	pontos:	Condições ergonômicas péssimas	

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO

## APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO

Nome do pesquisador:

Nome do trabalhador:

O trabalhador está sendo convidado (a) a participar desta pesquisa, que tem como objetivo avaliar as condições ergonômicas dos postos de trabalho na construção civil.

Ao participar deste estudo, o trabalhador permitirá que o pesquisador:

1. Fotografe e filme suas atividades de trabalho, sem que o consiga identificar (tarja em rosto);
2. Divulgue suas fotos e resultados da pesquisa, mantendo o seu nome, nome da empresa e rosto em sigilo;
3. Responda as questões relacionadas ao Questionário de Fadiga e Diagrama de dor/desconforto – Diagrama de Corlett e Manenica.

O trabalhador tem a liberdade de se recusar a participar, sem qualquer prejuízo. A participação nesta pesquisa não traz complicações legais ou desconfortos físicos.

Ao participar desta pesquisa, o trabalhador não terá nenhum benefício direto. Entretanto, espera-se que este estudo traga informações sobre possíveis melhorias em seu posto de trabalho.

Após estes esclarecimentos, solicita-se o seu consentimento de forma livre para participação nesta pesquisa.

---

Assinatura

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_