



ANÁLISE BIOMECÂNICA: ESTUDO DE CASO NO SEGUIMENTO PETROQUÍMICO

Jackson Toscano Dantas de Andrade¹; Leydja Dayane Dantas Medeiros¹; Everton
Notreve Rebouças Queiroz Fernandes^{1,2,3}; Eriberto Carlos Mendes da Silva⁴

¹ Universidade Potiguar, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Petróleo e Gás
everton1100@gmail.com

² Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Faculdade de Ciências Exatas e Naturais

³ Universidade Federal Rural do Semiárido, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo
eriberto@ufersa.edu.br

RESUMO

A forma de realizar as tarefas no ambiente empresarial vem sendo aperfeiçoado e monitorado, constituindo uma tendência atual, que busca a eficiência e a qualidade de vida do trabalhador. A ergonomia surgiu para que o trabalho humano se torne mais eficaz, evitando prejuízos físicos e psicológicos para o trabalhador, que contribui para a elevação dos benefícios produtivos para a empresa. Para que isto seja possível é necessário uma análise biomecânica em meio ao campo de trabalho. A fim de identificar e graduar as ações corporais em meio à jornada de trabalho, tão como o meio em que estão inseridos, optou-se por uma avaliação a um grupo de 25 mecânicos de uma oficina de manutenção da área petroquímica, a fim de empregar avaliação postural, diagrama de Corlett e Manenica e inventário de stress para adultos de LIPP. Por meio de uma pesquisa descritiva do tipo quanti-qualitativa, a qual permitiu identificar alterações posturais, elevados índices de lesões, níveis de stress, presença de dor e desconforto. Tendo estes fatores surgido e/ou agravamento mediante o trabalho em questão, pois é sabido que este necessita de um alto dispêndio energético, bem como, condicionamento cardiorrespiratório, tendem a causar malefícios em meio ao grupo em questão caso não se tenha os cuidados e orientações necessárias.

Palavras-chave: Ergonomia, Biomecânica, Saúde do trabalhador na área petroquímica.

1. INTRODUÇÃO

O trabalho humano vem sendo mudado e repensado à medida que os anos passam, e neste transcorrer de tempo, percebe-se os inúmeros avanços tecnológicos que as empresas têm promovido, seja na substituição do homem pelas máquinas, ou pela adaptação do trabalho ao homem. Esta última, buscada pela qualidade e segurança a cerca da saúde do trabalhador, dando a estes, melhores condições físicas, sociais e emocionais de trabalho, visando à redução da fadiga,

estresse, erros e acidentes, propiciando segurança, satisfação e saúde aos trabalhadores, durante o tempo de trabalho. Estes cuidados tem dado nome a uma área denominada ergonomia [DOPPLER, 2007]. Ao realizar uma análise biomecânica a um grupo de mecânicos, que trabalham diretamente na manutenção de equipamentos provenientes de poços de petróleo, aplica-se a ergonomia física, que tem o intuito de abordar as características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas do homem em relação a sua atividade física. E a organizacional



que se refere à otimização dos sistemas sócio técnicos, incluindo sua estrutura organizacional, regras e processos. [MARANGONI, 2006].

Sabe-se que esta profissão predispõe o trabalhador a distintos fatores de risco. Requisitando a necessidade de um bom condicionamento físico aeróbico indispensável para a realização da tarefa; adoção de determinadas posturas para que a atividade seja realizada; escolha de posturas e formas em manusear as ferramentas, favorecendo principalmente a sobrecarga dos membros superiores, bem como a inserção das rotações de tronco e forças de pegada para sustentação ao caminhão. [SANTOS, 2002]

Todos estes fatores quando executados por tempo prolongado, tendem a ocasionar distúrbios em alguma região do corpo, em especial, ao sistema musculoesquelético. Sem esquecer que os fatores externos como sons, cheiros e agentes biológicos propendem o trabalhador a um alto índice de diminuição da capacidade funcional do órgão em questão, assim como o contágio por agentes químicos [IIDA, 2005].

Para que estes fatores sejam identificados, mensurados, analisados e confrontados com a saúde do trabalhador, optou-se por uma análise biomecânica em no grupo de empregados, para que fosse realizados a avaliação postural, o diagrama de Corlett e Manenica, conforme a Figura 1, [IIDA, 2005] e o inventário de sintomas de stress para adultos de Lipp (ISSL). [ROSSETTI, 2008].

A avaliação se desenvolve com a indicação da frequência e intensidade das queixas em cada parte do corpo segundo os critérios alavancados na Tabela 1.

A biomecânica aplicada ao trabalho trata do estudo dos movimentos humanos. Nesta área estudam-se as diversas posturas de trabalho, a coluna vertebral, os membros superiores e inferiores, com o intuito de entender os

mecanismos provocativos da fadiga, lombalgias, lesões por trauma cumulativo, entre outras. [HOFFMAN, 2002].

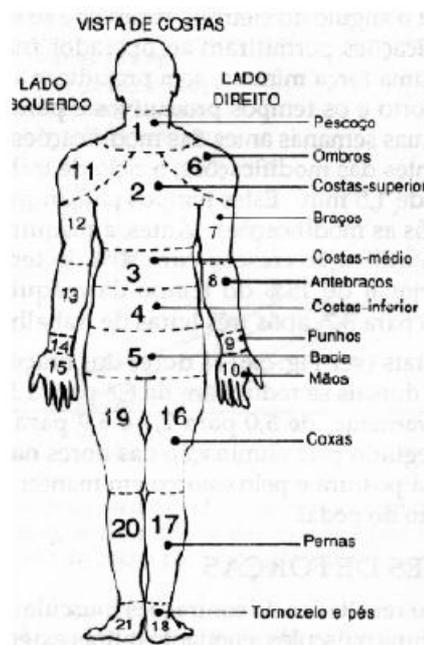


Figura 1: Diagrama de Corlett e Manenica

Tabela 1: Quadro de avaliação da frequência e intensidade das queixas

| (Parte do Corpo Avaliada) | |
|------------------------------------|--|
| Frequência | Intensidade |
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Sem desconforto |
| <input type="checkbox"/> Ocasional | <input type="checkbox"/> Desconforto |
| <input type="checkbox"/> Frequente | <input type="checkbox"/> Dor |
| <input type="checkbox"/> Sempre | <input type="checkbox"/> Dor forte |

Para mensuração e análise destes fatores, de forma fidedigna, devem-se acrescentar junto à análise física, questões organizacionais do trabalho, que visem adequar as atividades com alto dispêndio energético para que os trabalhadores não atinjam a fadiga, decorrente do acúmulo de ácido láctico presente na corrente sanguínea durante e/ou após a jornada de trabalho. [GUIMARÃES, 2005]

Em meio às inúmeras alterações ocorridas no organismo do trabalhador, destaca-se o sistema músculo esquelético, o qual desempenha importante papel nas atividades



dinâmicas executadas durante o trabalho. E para que estas venham a ser desenvolvidas, o trabalhador passa a adotar posturas que lhe pareçam confortáveis, mas que nem sempre é a ideal ou biomecanicamente adequada para o desenvolvimento de determinadas atividades, principalmente quando envolvem tarefas que exijam do trabalhador esforços físicos repetitivos e ritmos intensos de trabalho, além de posturas inadequadas, propiciando o surgimento de mialgias (dores musculares) que no início chegam a passar despercebidas, mas que com o decorrer do tempo, a dor tende a aumentar, podendo tornar-se motivo de afastamento do trabalho ou em casos extremos, de grande incapacidade funcional. [MARANGONI, 2005].

Associado aos fatores supracitados tem-se a combinação de fatores individuais como biótipo, idade, condições socioeconômicas, associado a instalações físicas e posturais incorretas, sendo assim, mecanismos contribuintes para o aparecimento de disfunções funcionais e dores musculares. [ANTONIO, 2003].

Entre as inúmeras alterações que o trabalho pode vir a desencadear nos mecânicos, destacam-se alterações na coluna vertebral por manuseio de cargas excessivas, lesões nas bainhas dos tendões e/ou dores na região cervical e nas demais regiões da coluna vertebral relacionado a trabalhos precisos, rápidos e repetitivos, dor ciática por deslocamento do disco vertebral, lesões por esforços repetitivos e fadiga, devido à jornada de trabalho extenuante. [GUÉRIN, 2005].

Além das alterações relacionadas ao referido sistema, existem também complicações sistêmicas como afecções decorrentes do ambiente, em que o indivíduo se expõe a doenças infecciosas de caráter alérgico devido estar susceptível a agentes sensibilizadores, intoxicação por substâncias químicas que podem interferir diretamente no sistema respiratório, perda auditiva relacionada à

exposição por intensos ruídos já que a percepção do som está relacionada à frequência, intensidade e duração do mesmo. Alterações olfatórias por exposição intensa de odor, alterações psicológicas relacionadas a trabalho sobre grandes pressões causando stress, sendo este fator, um grande contribuinte para o desenvolvimento de determinadas afecções. [IIDA, 2005].

Nesta ótica, este estudo delimita-se a investigar as condições de trabalho dos mecânicos, que fazem a manutenção dos equipamentos usados no seguimento petroquímico, embasado na análise biomecânica. A qual se aplica: avaliação postural, diagrama Corlett e Manenica e Inventário de Sintomas de Stress para adultos de Lipp (ISSL).

1.1 Ergonomia

A ergonomia é definida de acordo com Couto [1995] como “um conjunto de ciências e tecnologias que procura a adaptação confortável e produtiva entre o ser humano e seu trabalho”.

A ergonomia é uma ciência que busca uma integração harmoniosa entre o homem seu trabalho, propiciando benefícios como conforto físico e mental [GRANDJEAN, 1998]. Decorrente desta harmonia obtém-se prevenção de patologias ocupacionais e aumento da produtividade. A ergonomia busca aumentar a eficiência do trabalhador, em consequência disso à empresa na qual o empregado trabalha aumenta a sua produtividade, neste contexto podem ser destacados os seguintes conceitos:

1.1.1. Fisiologia do homem

As funções fisiológicas que influem no trabalho, segundo IIDA (2005) são: Função neuromuscular; Muscular; Metabolismo; A visão; Audição; O senso cenestésico; Coluna vertebral. Para o autor, a função muscular é de suma importância para o movimento do corpo, pois, transformam a energia armazenada no corpo em contrações concêntricas ou



excêntricas, reproduzindo um sistema de alavancas, pois para cada movimento do corpo há dois músculos envolvidos, ao contrair um, ocorre distensão no outro.

1.1.2 Temperaturas extremas

Correspondem ao calor ou frio excessivos. Os trabalhadores expostos a atividades com essas características estão propensos a problemas como aumento da pulsação, taquicardia, fadiga térmica, choque térmico, perturbação das funções digestivas, hipertensão, etc. [ODA, 1998].

1.1.3 Fadiga

De acordo com Grandjean [1998], a fadiga está relacionada a uma capacidade de produção diminuída e uma perda de motivação para qualquer atividade. Diversos fatores, os fisiológicos e psicológicos, contribuem com o efeito de redução da capacidade de realizar as tarefas, como exemplos de fatores psicológicos, merecem destaque, a monotonia e a falta de motivação.

1.2 Avaliação postural

É descrita como mecanismo auxiliador, que envolve a identificação e a localização dos segmentos corpóreos relativos à linha de gravidade, determinando se um segmento corporal ou articulação desvia-se de um alinhamento postural ideal. [KOEMER, 2005].

1.3 Diagramas de CORLETT e MANENICA

Representa uma imagem corporal, em que esta tem o corpo humano dividido em diversos segmentos que facilita a identificação de áreas em que o trabalhador em questão sente dores. A técnica consiste na entrevista com o sujeito, solicitando que este aponte as regiões dolorosas do corpo e em seguida pede-se que ele avalie subjetivamente o grau de desconforto em cada segmento, em que pode relatar a frequência (nunca,

ocasionalmente, frequente e sempre) da dor, tão quanto sua intensidade (sem desconforto, desconforto, dor e dor forte). [IIDA, 2005].

1.4 Inventários de Sintomas de Stress para adultos de Lipp (ISSL)

Fornece uma medida objetiva da sintomatologia do estresse em jovens acima de 15 anos e adultos. Sua aplicação leva aproximadamente 10 minutos e pode ser realizada individualmente ou em grupos. O instrumento é formado por três quadros referentes às fases do estresse. A fim de identificar sintomas físicos ou psicológicos que o indivíduo tenha experimentado nas últimas 24 horas, última semana e último mês. Deve-se ressaltar que o estresse quando excessivo produz consequências psicológicas e emocionais que resultam em cansaço mental, dificuldade de concentração e perda de memória imediata. [ROSSETTI, 2008].

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa é caracterizada como descritiva do tipo quanti-qualitativa, a qual visa observar, registrar, analisar e correlacionar fatos sem manipulá-los, procurando explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em artigos, livros, dissertações e teses, tão como aplicação de questionários e fichas de avaliação estruturadas. [CERVO, 2007]. Para produção do artigo foram incluídos artigos científicos, dissertações e teses referentes à saúde do trabalhador e análise biomecânica, encontrados nas bases de dados do Scielo, Bireme, Pubmed e Periódicos, por meio das seguintes palavras chaves: Engenharia humana, biomecânica, National Institute for Occupational Safety and Health e postura, correspondentes aos descritores em ciências da saúde e engenharia.

Para complementação da pesquisa contou-se com a participação de 25 mecânicos responsáveis pela



manutenção de uma oficina mecânica do seguimento petroquímico do município de Mossoró – RN. Para todos, foi aplicado um termo de consentimento livre e esclarecido contendo informações sobre o objetivo do estudo, métodos de coleta de dados, métodos de análise dos dados e detalhes sobre a avaliação biomecânica foram apresentadas e autorizadas pelos trabalhadores.

A avaliação biomecânica contou com avaliação postural para qual foi demarcado regiões no corpo por meio de adesivos na cor verde nas estruturas anteriores: extremidade acromial, crista ilíaca ântero-superior. Posteriormente: C7, L3. Lateralmente: epicôndilo lateral. Sendo estas demarcações, também aplicado no diagrama de Corlett e Manenica (apêndice III) e Inventário de Sintomas de Stress para adultos de Lipp (ISSL).

Esta pesquisa teve início em 20 de setembro de 2014 e concluída em 25 de setembro de 2014, a qual se utilizou como meio de registro de imagem e fotográfico uma câmera digital cyber-shot 12.1 MP

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mediante sua aplicação em 25 mecânicos, percebeu-se que entre os inúmeros quesitos avaliados, mostrou-se semelhança entre grandes partes destes, pois ao confrontá-los com o tempo de serviço que é em média de 5 anos e as posições em sua grande parte incorretas, por eles adotadas durante o trabalho e mantidas por uma jornada de trabalho em torno de 8 horas diárias, o corpo tende a adaptar-se biomecanicamente as cargas a ele impostas. Sendo este fator, evidenciado por meio da avaliação postural.

3.1 Vista anterior

Cabeça inclinada à esquerda, elevação de ombro esquerdo, comprimento visual da mão direita maior, rotação de tronco à esquerda, ângulo de

tales aumentado à direita, cicatriz umbilical com desvio a esquerda, altura das cristas ilíacas elevadas à esquerda, joelhos varo, tornozelo varo e pés planos.

3.2 Vista posterior

Escápula esquerda elevada, escápula alada a esquerda, gibosidade torácica à esquerda, pregas glúteas e poplíteas assimétricas.

3.3 Vista lateral

Visualizou-se presença de cabeça anteriorizada, coluna cervical com hiperlordose, ombros protusos, membros superior direito anteriorizado, coluna torácica plano, rotação de tronco à esquerda, coluna lombar retificada, pelve retrovertida, quadril normal e joelho entendido.

Tabela 2: Dados obtidos por meio de aplicação de ficha de avaliação postural. Dados demográficos em forma de médias aritméticas

| Dados demográficos | | |
|----------------------------------|----------------------|-----------------|
| Idade (anos) | 31a | |
| Tempo de serviço (anos) | 5 anos | |
| Massa (Kg) | 64.84 kg | |
| Estatura (m) | 1.67 m | |
| IMC (kg/m ²) | 22 kg/m ² | |
| VISTA ANTERIOR | | |
| Desalinhamentos | Direita | Esquerda |
| Cabeça | 28% (inclinada) | 44% (inclinada) |
| ↑Ombros | 36% | 52% |
| ↑Mãos | 40% | 24% |
| Rotação de tronco | 12% | 20% |
| ↑Cicatriz Umbilical | 16% | 24% |
| ↑Cristas ilíacas antero superior | 28% | 48% |
| Joelhos | 16% (fletido) | 52% (estendido) |
| Tornozelo | 20 % (Valgo) | 40% (Varo) |
| Pés | 24 % (plano) | 12% (cavo) |

Tabela 3: Dados vista posterior

| VISTA POSTERIOR | | |
|---------------------|---------|-----------------|
| Desalinhamento | Direita | Esquerda |
| ↑ Escápulas | 36% | 48% |
| Escápula alada | 28% | 40% |
| Gibosidade torácica | 32% | 40 % / 12% (bi) |
| ↑Pregas glúteas | 44% | 44% |
| ↑Pregas poplíteas | 12% | 16% |



Tabela 4: Dados vista lateral

| VISTA LATERAL | | |
|-------------------|----------------|------------------|
| Desalinhamentos | Direita | esquerda |
| Cabeça | 60% (anterior) | 20% (posterior) |
| Coluna Cervical | 44% (lordose) | 28% (retificada) |
| Ombro | 36% (protuso) | 32% (retificado) |
| MMSS – D | 36% (anterior) | 32% (retificado) |
| Coluna torácica | 32% (curvo) | 44% (plano) |
| Rotação de tronco | 12% | 20% |
| Coluna lombar | 20% (lordose) | 48% (retificado) |
| Pelve | 28% (anterior) | 44% (retro) |
| Quadril | 16% (fletido) | - |
| Joelhos | 20% (fletido) | 48% (estendido) |

Com esta avaliação é possível concluir que em decorrência dos movimentos realizados durante o trabalho é necessário que o trabalhador execute em curto intervalo de tempo, movimentos de agachamento e rotações de troco, e como a maioria apresenta domínio de lateralidade à direita, faz com que exerçam maior força deste lado, impulsionando o corpo ao lado contrario, desencadeando as rotações, retificações e encurtamentos.

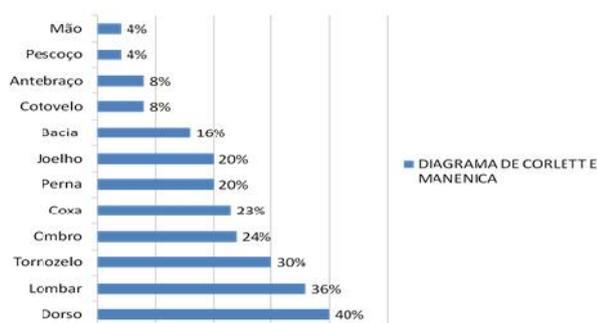


Figura 1: Dados obtidos para o grupo de 25 mecânicos em áreas corporais

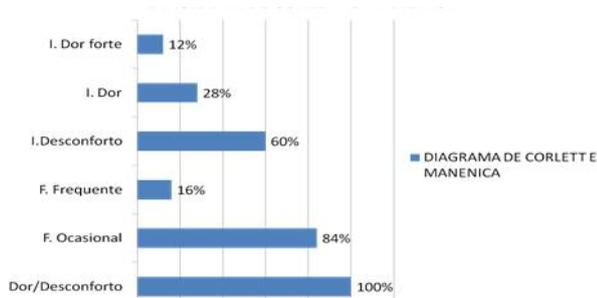


Figura 2: Dados obtidos para o grupo de 25 mecânicos para dores

Com aplicação do diagrama de Corlett e Manenica, verificou-se

manifestação de dor em distintas partes do corpo, destacando a dor na região dorsal, lombar da coluna vertebral e tornozelo como as mais relatadas. Tendo este relato de frequência ocasional e intensidade de desconforto.

A presença de dores e desconfortos está relacionada às tarefas realizadas durante o trabalho, as quais exigem do trabalhador preparo físico e condicionamento cardiorrespiratório. Ao associar as condições de trabalho ao tempo de serviço prestado, corresponde à média de cinco anos, onde neste transcorrer de tempo não se evidencia orientações especializadas a cerca de alongamentos e aquecimento antecedendo o início das tarefas, tão como do alongamento no final e orientações da melhor forma de adotar posturas e transportar cargas, vindo a acarretar em desgaste articular, contraturas e possíveis afecções.

As figuras a seguir representam algumas das posturas adotadas pelas variáveis de estudo em seus respectivos sistemas laborais



Figura 3: Postura comum do funcionário A no sistema laboral



Figura 4: Postura comum do funcionário B no sistema laboral



Figura 5: Postura comum do funcionário A no sistema laboral

Com a aplicação do Inventário de Lipp ao grupo em questão, percebeu-se que 24% destes apresentam sintomatologia de stress referente à fase de resistência, sendo que nesta fase a pessoa automaticamente tenta lidar com os estressores de modo a manter sua homeostase interna.

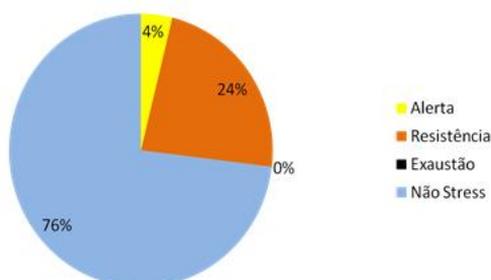


Figura 6: Fases do stress na análise do grupo de 25 mecânicos

Caso estes persistam em frequência ou intensidade, há uma quebra na resistência da pessoa e ela passa à fase de exaustão. Em que as doenças graves podem ocorrer nos órgãos mais vulneráveis, como enfarte, úlceras, psoríase, depressão e outros.

4. CONCLUSÕES

A avaliação ergonômica, em suas diferentes propostas, possibilitou visualizar como os movimentos estavam impactando na saúde dos trabalhadores, sob os aspectos posturais e de carga suportada pelos mesmos.

Os mecânicos responsáveis pela manutenção dos equipamentos são submetidos a situações que os predispõem a baixa qualidade de vida em meio o campo de trabalho. Seja pela exaustiva jornada de trabalho ao qual são submetidos, os exigindo condicionamento físico e resistência durante toda a jornada de trabalho, associado a isto, existe as condições subjetivas de cada um referentes aos seus respectivos biótipos e forma em que executam as atividades de trabalho. Pois As cargas a serem manipuladas e transportadas na sua grande maioria de forma errônea, acrescidos de posturas incorretas, mantidos por longos períodos de tempo, tendem a causar manifestações biomecânicas de forma sistêmica ao corpo do trabalhador. Sendo estes fatores confirmados em meio à avaliação biomecânica, a qual constatou alterações posturais em especial referentes a assimetrias, dores e desconfortos musculares, riscos de lesões, presença de stress, há uma tendência de intervenção direta na qualidade de vida destes trabalhadores, e a predisposição destes a possíveis afecções em decorrência das más condições de trabalho.

As análises feitas nesta pesquisa mostram a exposição dos trabalhadores a diversos agentes de riscos laborais o que



pode comprometer a saúde do trabalhador e gerar problemas para empresa quanto ao pensar em ganhos de eficiência na produção sem considerar o bem estar do trabalhador.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: manual técnico da máquina humana**. ERGO Editora, 1995.

DÖHNERT MB; TOMASI E. **Validade da fotogrametria computadorizada na detecção de escoliose idiopática adolescente**. Revista Brasileira Fisioterapia, v. 12, p. 290-297, 2008.

DOPPLER, F. **Trabalho e saúde**. In: FALZON, Pierre. Ergonomia. Editora Blucher, 2007.

DOS SANTOS, A. F. **Análise das condições de trabalho de operadores de caixa de supermercados da cidade de Umuarama - PR**. 2002. 120 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Florianópolis, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2002.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Bookman, 1998.

GUÉRIN, F.. **Resultados e consequências da atividade**. In: GUÉRIN, F. et al. **Compreender o trabalho para transformá-lo**. Edgard Blucher, 2002.

GUIMARÃES, R. M. et al. **Fatores ergonômicos de risco e de proteção contra acidentes de trabalho**. Rev Bras Epidemiol, p. 282-294, 2005.

HOFFMAN, S. J.; HARRIS, J. C. **Cinesiologia - o Estudo da Atividade Física**. Artmed, 2002.

IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. Edgard Blucher, 2005.

KOEMER, K. H. E.; GRABDJEAN, E.. **Manual de ergonomia: Adaptando o trabalho ao homem**. Bookman, 2005.

LOPES, A. R. **Estudo ergonômico dos riscos de Ler/dort em linha de montagem: Aplicando o Método Occupational Repetitive Actions (OCRA) na Análise Ergonômica do Trabalho (AET)**. 2003, 114 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.

LUNES, D. H. et al. **Análise comparativa entre avaliação postural visual e por fotogrametria computadorizada**. Rev Bras Fisioter., v. 13, n. 4, p.308-315, 2009.

MARANGONI, S. C. et al. **Causas de acidentes com coletores de lixo relacionados à falta de conceitos ergonômicos**. XIII Simpósio de Engenharia de Produção, p.01-06, 2006.

ODA, L. et al. **Biossegurança em laboratórios de saúde pública**. Ministério da Saúde, 1998.

POLETO, Â. R. et al. **Risco ocupacional no posto de trabalho de técnicos em radiologia de um hospital público federal**. Associação Brasileira de Energia de Produção, p.02-07, 2007.

ROSSETTI, M. O. et al. **O inventário de sintomas de stress para adultos de lipp**. Revista Brasileira de Terapias Cognitivas, v. 4, p.108-119, 2008. Disponível em: <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rbtc/v4n2/v4n2a08.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 20011.

SACCO, I. et al. **Confiabilidade da fotogrametria em relação a goniométrica**. Revista Brasileira Fisioterapia, v. 11, p.411-417, 2007.