

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA - UNIMEP**

**MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**ANÁLISE ERGONÔMICA E CINEMÁTICA DO MOVIMENTO DE  
GOLPEAR PEDRAS COM O IMPLEMENTO MARRETA**

**FRANCISCO PAULINO DE ABREU NETO**

**Piracicaba/SP**

**2014**

# **ANÁLISE ERGONÔMICA E CINEMÁTICA DO MOVIMENTO DE GOLPEAR PEDRAS COM O IMPLEMENTO MARRETA**

**FRANCISCO PAULINO DE ABREU NETO**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Mestrado em Educação Física da  
Universidade Metodista de Piracicaba –  
UNIMEP.

Orientador: Prof. Dr. Guanis de Barros  
Vilela Júnior.

**Piracicaba  
2014**

**FRANCISCO PAULINO DE ABREU NETO**

**ANÁLISE ERGONÔMICA E CINEMÁTICA DO MOVIMENTO DE GOLPEAR  
PEDRAS COM O IMPLEMENTO MARRETA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós graduação *Strictu sensu* da  
Universidade Metodista de Piracicaba, como pré-requisito para a obtenção do título  
de Mestre em Educação Física.

COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Guanis de Barros Vilela Júnior  
Orientador

---

Prof(a) Dr(a). Jaqueline Girnos Sonati

---

Prof. Dr. Paulo Henrique Marchetti

Aprovado em: 27 / 02 / 2014

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP

**Abreu Neto, Francisco Paulino de.**

A162a      Análise Ergonômica e Cinemática do Movimento de golpear pedras com o implemento marreta. / Francisco Paulino de Abreu Neto. – Piracicaba, SP: [s.n.], 2014.

64f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências da Saúde / Programa de Pós-Graduação em Educação Física - Universidade Metodista de Piracicaba, 2014.

Orientador: Dr. Guanís de Barros Vilela Junior.

Bibliotecária: Luciene Cristina Correa Ferreira CRB-8/ 8235

Dedico esta dissertação à todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho, minha mãe, meus alunos e amigos e principalmente a Deus.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre ao meu lado, e por ele e para ele que dedico todas minhas conquistas.

À toda a minha família, amigos e colegas de trabalho que contribuíram cada um a seu modo para que fosse possível realizar este curso.

A minha mãe que sempre fez de tudo para que pudesse ter um estudo de qualidade e acreditado no meu esforço, apesar de todas as dificuldades, nunca deixou de me incentivar, a meu pai (in memória) que mesmo não estando presente tenho certeza que sempre esteve ao meu lado.

À minha esposa Giane pela paciência e compreensão pelos vários momentos de estudo e noites mal dormidas.

À empresa e os colaboradores da empresa estudada que foram importantíssimos para que este trabalho pudesse vir a ser realizado.

Aos amigos Gustavo Celestino, Kléber Leal, e Dayna Noda que foram amigos parceiros durante todo o curso e imprescindível na coleta dos dados, sozinho não conseguiria.

Aos professores, Paulo Henrique Marchetti, e Jaqueline Girnos Sonati, que foram muito mais do que membros da banca, foram parceiros com muito a colaborar com o meu trabalho, sem eles não teria atingido a qualidade necessária.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Guanis, pela paciência e compreensão nos momentos difíceis, que com muito companheirismo e sabedoria foi responsável por todo o processo para que este trabalho fosse realizado.

Muito obrigado!

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi constatar diferenças entre o início e final do turno de trabalho para o movimento de golpear pedras com uma marreta para fragmentá-las. Para isto foi utilizado o protocolo OWAS (Ovaco Working Posture Analysing System), para averiguar a necessidade de intervenções no ambiente laboral. Foi realizada a análise cinemática do movimento de marretar a pedra do solo considerando seus picos de posição, velocidade e aceleração do movimento no início e final do turno de trabalho. **Métodos:** Pesquisa quali-quantitativa, transversal, de amostra intencional composta por cinco sujeitos com idade média de 31,1(±5,3) anos. O nível de significância foi de  $p < 0,05$  e constatada a não normalidade dos dados foram aplicados testes não paramétricos para comparar os resultados ergonômicos e cinemáticos entre o início e final do turno. **Resultados e Conclusões:** no OWAS apenas a fase 3 do movimento de marretar a pedra no solo apresentou risco imediato de lesões, sendo necessárias intervenções o mais breve possível. Os resultados do teste de Kendall para a ergonomia mostraram que não houve diferença significativa entre o início e final do turno para os resultados do OWAS. Nos resultados cinemáticos foram encontradas diferenças descritivas entre os resultados dos sujeitos e das variáveis, (posição, velocidade e aceleração), nos parâmetros (mediana, amplitude e máximo), a uma tendência para uma diminuição das variáveis do início para o final do turno. Nos resultados do teste de Wilcoxon para a cinemática apesar da diferença descritiva apontar diminuição, apenas a variável posição do ombro esquerdo no parâmetro amplitude apresentou diferença estatisticamente significativa entre início e final do turno de trabalho.

**Palavras Chave:** Ergonomia, Cinemática, Saúde do Trabalhador.

## ABSTRACT

The aim of this study was to observe differences between the beginning and the end of the work shift for the movement of striking stones with a sledgehammer to fragment them. For this the OWAS (Ovaco Working Posture Analysing System) protocol was used to determine the need for interventions in the work environment. Kinematic analysis of the movement of striking the stone of the ground with a sledgehammer considering its peak position, velocity and acceleration of motion at the beginning and the end of the work shift was performed. **Methods:** Quali – quantitative search, cross, intentional sample of five people with a mean age of 31.1 ( $\pm 5.3$ ) years. The level of significance was  $p \leq 0.05$  and found the non-normality of the data nonparametric tests were applied to compare the ergonomic and kinematic results between the beginning and the end of the shift. **Results e Conclusions:** OWAS only in phase 3 of the movement of sledgehammer the stone in the soil showed immediate risk of injury, so interventions are necessary as soon as possible. The results of the Kendall test for ergonomics showed no significant difference between the beginning and the end of turn for the results of OWAS. Descriptive results in kinematic differences were found between the results of the subjects and the variables (position, velocity and acceleration), the parameters (median, range and maximum), and there is a tendencies towards a decrease in variables from baseline to end of shift. The results of the Wilcoxon test for kinematic despite the difference descriptive point the decrease only the variable position of the left shoulder in the amplitude parameter showed a statistically significant difference between the beginning and end of the work shift.

**Keywords:** Ergonomics, Kinematics, Occupational Health.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Segmentos corporais, posturas e carga consideradas no OWAS .....	27
Figura 2 – Representação da Fase 1 marretada, Movimento Inicial (A) e Final (B) .	28
Figura 3 – Representação da Fase 2 marretada, Movimento Inicial (A), Movimento Final (B) .....	29
Figura 4 – Representação da Fase 3 marretada, Movimento Inicial (A), Movimento Final (B) .....	29
Figura 5 – Representação da Fase 4 marretada, Movimento Inicial (A), Movimento Final (B) .....	30
Figura 6 – Set de filmagem, com filmadoras, calibrador e trabalhador .....	31
Figura 7 – Calibrador Tridimensional (3D) e suas coordenadas espaciais .....	31
Figura 8 - Software Skilspector modelo para digitalização dos pontos para análise 3D .....	32
Figura 9 – Sobreposição de imagens das câmeras para sincronismo da digitalização pelo software Skilspector .....	33

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Descrição da pontuação para cada fase do movimento de marretar a pedra para cada sujeito no início do turno de trabalho segundo protocolo OWAS...	34
TABELA 2 – Descrição da pontuação para cada fase do movimento de marretar a pedra para cada sujeito no final do turno de trabalho segundo protocolo OWAS.....	35
TABELA 3 – Comparação do Segmento Dorso, Membros Superiores, Membros Inferiores e Carga para Início x Final do turno de trabalho .....	35
TABELA 4 – Resultado Teste de Wilcoxon Owas Início e Final X Empresa ideal ....	35
TABELA 5 – Valores de Posição Linear Máxima para os Ombros entre início e final do turno.....	37
TABELA 6 – Valores de Velocidade Linear Máxima para o Ombro entre início e final do turno .....	37
TABELA 7 – Valores de Aceleração Linear Máxima para o Ombro entre início e final do turno.....	37
TABELA 8 – Valores para Posição Linear Máxima dos Cotovelos, entre início e final do turno.....	38
TABELA 9 – Valores da Velocidade Linear Máxima dos Cotovelos entre início e final do turno.....	38
TABELA 10 – Valores da Aceleração Linear Máxima dos Cotovelos entre início e final do turno.....	38
TABELA 11 – Valores da Posição Linear Máxima dos Punhos entre início e final do turno.....	39
TABELA 12 – Valores da Velocidade Linear Máxima dos Punhos entre início e final do turno.....	39
TABELA 13 – Valores da Aceleração Linear Máxima dos Punhos entre início e final do turno.....	39
TABELA 14 – Teste de Wilcoxon para posição, velocidade e aceleração do <b>ombro</b> entre início e final do turno.....	40

TABELA 15 – Teste de Wilcoxon para posição, velocidade e aceleração do **cotovelo** entre início e final do turno..... 40

TABELA 16 – Teste de Wilcoxon para posição, velocidade e aceleração do **punho** entre início e final do turno..... 40

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorização do nível de intervenção para cada fase do movimento OWAS.....	28
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

**OWAS** – Ovaco Working Posture Analysing System.

**NIOSH** - National Institute for Occupational Safety and Health.

**LER** - Lesões por esforços repetitivos.

**DORT** - distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho.

**NR17** - Norma Regulamentadora do Trabalho 17.

**EPI'S** – Equipamento de Proteção Individual.

**OWAS** - Ovaco Working Posture Analysing System.

**MMS** – Membros Musculares Superiores.

**MMI** – Membros Musculares Inferiores.

**dir** - direita.

**esq** – esquerda.

**cotov** – cotovelo.

**m** – metros.

**m/s** – metros por segundo.

**m/s<sup>2</sup>** – metros por segundo ao quadrado.

**FFT** – Fast Fourier Transform.

**UNIMEP** – Universidade Metodista de Piracicaba.

**NUPEM** – Núcleo de Performance do Movimento.

**NR** – Norma Regulamentadora.

**AET** – Análise Ergonômica do Trabalho.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 - Objetivo Geral.....	17
1.2 - Objetivo Específico .....	17
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
2.1 - Ergonomia .....	18
2.2 - Cinemática.....	22
<b>3 – MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
3.1 – Sujeitos .....	25
3.2 – Aspectos éticos.....	26
3.3 – Análise Ergonômica: Protocolo OWAS .....	26
3.4 - Análise Cinemática .....	29
3.5 - Análise Estatística .....	32
<b>4 – RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
4.1 Resultados Ergonômicos .....	33
4.1.1 Tabelas com resultados Ergonômicos correlacionados com uma empresa Ideal (que não tem necessidade de intervenção).....	33
4.2 Resultados Cinemáticos .....	36
<b>5 – CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>6 - REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>
<b>7. APÊNDICES .....</b>	<b>49</b>
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	49
APÊNDICE B – Autorização da Empresa .....	51
APÊNDICE C – Categorização do Protocolo Owas.....	53
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>54</b>
8.1 Anexo A - Certificado do comitê de ética em pesquisa da UNIMEP .....	54
8.2 Anexo B – Artigo Publicado na Revista CPAQV.....	55
8.3 Anexo C – Entrevista cedida ao site Revista da Mineração B.H.....	55

## 1. INTRODUÇÃO

A biomecânica usa leis da física newtoniana para analisar o movimento, realizado pelos diversos segmentos corporais e as forças que agem sobre os mesmos durante as AVDS (atividades de vida diárias) e de trabalho. Por sua vez, os estudos em ergonomia fazem parte de ações multidisciplinares que envolvem conhecimentos das ciências físicas, biológicas e sociais, navegando desde a biologia, a psicologia, à engenharia. Esse esforço de combinar essas disciplinas não é nova nem meramente acadêmica.

Uma grande variedade de patologias e limitações no desempenho, têm se mostrado acessíveis à interpretação biomecânica e a sua resolução. Um profundo conhecimento da ergonomia é essencial para a compreensão do mecanismo da lesão, bem como elaboração de estratégias de prevenção cientificamente válidas e eficazes que permitam aos trabalhadores, executar com segurança as suas atividades de trabalho para toda a sua vida útil (CHAFFIN, 2006).

A legislação brasileira, na NR 17 (Norma Regulamentadora 17), embora vise estabelecer parâmetros para a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores e avalie esta adaptação aponta às organizações dos responsáveis pela realização da análise ergonômica do trabalho, mas não deixa claro e não sugere metodologias para estas avaliações de riscos ergonômicos. A palavra parâmetros criou uma falsa expectativa de que seriam fornecidos valores precisos, normatizando toda e qualquer situação de trabalho. Apenas para entrada eletrônica de dados, é que há referência a números precisos, o mesmo manual também não define ou orienta quanto aos métodos a serem utilizados para avaliação dos riscos ergonômicos das atividades ocupacionais, citando apenas a equação do National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH, órgão do governo americano que desenvolveu uma equação que permite calcular qual seria o limite de peso recomendável para levantamento e transporte manual de peso levando-se em conta alguns fatores específicos (MANUAL DE APLICAÇÃO DA NORMA REGULAMENTADORA, 2002).

Segundo Colombini, (2005), não foram encontrados critérios de avaliação de risco que possam fundamentar-los, apesar disso, alguns deles se apresentam mais completos em sua formulação, tanto pelo número e o tipo de determinantes do risco em questão quanto pela abordagem metodológica que a segue.

Apesar de a evolução tecnológica ter trazido consigo uma infinidade de equipamentos e dispositivos mecânicos para auxiliar o trabalhador, existem atividades que ainda dependem puramente do esforço físico do homem. Dentre estas, encontra-se a manipulação e transporte manual de cargas. Em trabalhos não estruturados, especialmente em indústrias de serviços, como é o caso do setor de mineração, onde a automação é de difícil implantação (CHAFFIN *et al*, 2001).

lida (2002) relata que o manuseio de cargas pesadas tem sido uma das causas frequentes de traumas nos trabalhadores. Segundo Chaffin *et al*, (2001), pesquisas apontam que ocorre um aumento significativo no número de lesões músculo-esqueléticas e aparecimento de fadiga em relação as seguintes variáveis do esforço: carga, volume, posição, frequência e duração da atividade. Kramer *apud* Grandjean (1998) assinala que 20% dos afastamentos do trabalho e 50% das solicitações de aposentadorias precoces têm como origem lesões nos discos intervertebrais. Carneiro (1997) enfatiza que a Previdência Social brasileira reconhece as lesões do sistema musculoesquelético como as mais importantes causas das doenças ocupacionais, sendo responsáveis por 70% dos afastamentos do trabalho.

O prejuízo à saúde se dá através de uma combinação de fatores, como intensidade da força aplicada, duração do esforço, posturas, velocidade em que o trabalho é realizado (PAVANI E QUELHAS, 2006). Propor dificuldades geríveis significa, por um lado, dar acesso a recursos sociais cognitivos ou físicos apropriados e, por outro lado, conceber um nível adequado de exigência da tarefa. Uma das fontes do estresse é, com efeito, o desequilíbrio entre recursos e exigências: uma tarefa muito exigente e recursos insuficientes, sendo dessa maneira necessária uma avaliação ergonômica de todo o sistema (IIDA, 2002).

Segundo Chaffin (2001), um programa de avaliação ergonômica se enquadra em 3 tipos de elementos principais, 1) identificar a prevalência do problema músculo esquelético, 2) analisar os fatores que expõem o indivíduo ao esforço, 3) avaliar para determinar o grau de risco.

Diante dos relatos dos autores sobre os problemas que acometem o manuseio manual de cargas, este estudo se justifica fundamentalmente a partir de três questões: 1) Principais falhas nas posturas destes trabalhadores que geram sobrecargas nas suas estruturas músculos esqueléticas; 2) Qual o papel das variáveis cinemáticas da execução da tarefa e 3) Quais as intervenções adequadas, para que estas lesões possam ser diminuídas.



## **1.1 – Objetivos Gerais**

Análise ergonômica e cinemática do movimento de golpear pedras com o implemento marreta.

## **1.2 – Objetivos Específicos**

- Análise e categorização ergonômica utilizando o protocolo OWAS no início e no final da tarefa laboral.
- Comparar a análise ergonômica entre o início e final do turno.
- Verificar a existência de diferenças entre a empresa real e uma empresa hipotética ideal (que não tenha necessidade de intervenção nenhuma) segundo protocolo OWAS.
- Quantificar as variáveis do movimento de golpear pedras com uma marreta através da velocidade e aceleração dos pontos articulares corporais.
- Averiguar a existência de diferenças entre as variáveis cinemáticas em relação ao início e final do turno de trabalho.

## 2 – REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 – ERGONOMIA

De acordo com Menezes e Menezes (2008) o conceito de intervenção ergonômica inicialmente desenvolvida pela escola francesa de Ergonomia é hoje uma forma internacional de atuação do profissional que trabalha com a ergonomia, e consiste em adequar positivamente o ambiente de trabalho (ambiente aqui tomado em seu sentido amplo, e inclui a tecnologia e a organização com seus componentes).

Segundo Couto (2002), “o trabalho de preparar um diagnóstico é irrelevante se este criar mudanças positivas. Isto significa que a intervenção ergonômica é uma tecnologia da prática que objetiva modificar a situação de trabalho para torná-la mais adequada às pessoas que nela operam”. Diferencia-se desta forma de estudos e análises de caráter descritivo ou sem comprometimento, com as mudanças no trabalho, como a produção de laudos ou diagnósticos puramente acadêmicos.

Ainda vale salientar que os objetivos da ergonomia são influenciados por estudos antropométricos e biomecânicos relacionados ao bem estar das pessoas (SHUVAL E DONCHIN, 2005).

Rio e Pires, (2001) colocam que os ergonomistas colaboram no planejamento, projeto e avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas para torna-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas.

A análise ergonômica e biomecânica se constitui, enquanto ferramenta importante e não excludentes para a compreensão da tarefa realizada no ambiente laboral com vistas à identificação de aspectos deletérios da eficiência do trabalho. Destacam-se ainda, pela importância de estudos sobre o movimento humano realizado no ambiente de trabalho, onde são identificados eventuais problemas que sejam potencialmente capazes de lesionar os trabalhadores, comprometendo sua saúde. (VILLELA JUNIOR, 2012).

A intervenção no ambiente de trabalho, para estudo dos desdobramentos e consequências físicas e psicofisiológicas, decorrentes da atividade humana no meio produtivo, chamamos de AET (Análise Ergonômica do Trabalho) a AET consiste em compreender a situação de trabalho, confrontar com aptidões e limitações, diagnosticar situações críticas, estabelecer sugestões, alterações e recomendações

de ajustes de processo, ajustes de produto, postos de trabalho e ambiente de trabalho. (FERREIRA e RIGHI, 2009).

Para a adequação de ambientes de trabalho, as empresas se deparam com um grande problema que é a diversidade física dos trabalhadores. Dentro de uma mesma população, existem 5 diferenças tanto nos tipos físicos como também nas variações das medidas corporais.

Todas as populações são compostas de indivíduos de diferentes tipos físicos que apresentam diferenças nas proporções de cada segmento do corpo. (GUIMARÃES, 2004)

Segundo Lida (2003), apud Brito (2007), sempre que possível e justificável, deve-se realizar as medidas antropométricas da população para a qual está sendo projetado um produto ou equipamento, pois equipamentos fora das características dos usuários podem levar a estresse desnecessário e até provocar acidentes graves. Normalmente as medidas antropométricas são representadas pela média e o desvio padrão, porém a utilidade destas medidas depende do tipo de projeto em que vão ser aplicadas.

A melhor solução encontrada é a flexibilidade nos postos de trabalho, alternativa de custo elevado e nem sempre viável, para adaptação dos postos de trabalho ao maior número de pessoas, são utilizados, no dimensionamento de superfícies e equipamentos, percentis que equivalham a 95% do grupo humano de interesse, outro grande problema, com o qual a ergonomia se preocupa atualmente, é a falta de conhecimento dos trabalhadores em relação à biomecânica, quanto ao modo correto de movimento corporal e transporte de cargas nas tarefas diárias, fator interveniente no surgimento de lombalgias e lesões. (IIDA, 2003)

Palmer (2000), relata que a postura correta consiste no alinhamento do corpo com eficiência fisiológica e biomecânica máxima, o que minimiza os estresses e as sobrecargas infligidos ao sistema de apoio pelos efeitos da gravidade. Palmer, ainda citando as posturas, cita que na postura correta a linha de gravidade passa através dos eixos de todas as articulações, com os segmentos corporais alinhados verticalmente. A linha da gravidade é representada por uma linha vertical passada através do centro de gravidade do corpo, localizado ao nível da 2ª vértebra sacra.

Quando posições laborais inadequadas ou cargas fazem com que o trabalhador desestabilize o corpo retirando-o do centro de gravidade, o sistema musculoesquelético tenta compensar este desequilíbrio, alterando a anatomia normal da coluna, originando as alterações posturais. Lida (2005), descreve que

trabalhos estáticos que envolvem posturas paradas por longos períodos, os trabalhos que exigem muita força e os trabalhos que exigem posturas desfavoráveis com o tronco torcido e inclinado, são as três principais situações em que a má postura pode produzir consequências danosas.

Certas profissões exigem que os trabalhadores utilizem ferramentas manuais com maior frequência, e muitas vezes a própria natureza da tarefa ou da ferramenta acaba por aumentar o risco de lesão desses trabalhadores. Rockwell (1982) relatou que ferramentas manuais eram responsáveis pela causa de 10% de todos as lesões, por trabalho, na indústria ferroviária. Esse fato refletiu em uma perda de 3 a 4 milhões de trabalhadores por hora por ano. As ferramentas utilizadas pelas mãos estão relacionadas às lesões da indústria ferroviária e responsável pelo maior tempo dos afastamentos do que ferimentos de manipulação manual de materiais que são muito maiores em severidade, devido as lesões causadas por escorregões e quedas.

Outro ponto importante é que os trabalhadores que usam ferramentas manuais, geralmente a usam muito. Assim, um mecânico, um eletricista, ou um operador de broca, que usa ferramentas de mão com mais frequência, tem um aumento da probabilidade de lesões. Quisenberry (1985) relatou que entre 1980-1984, a segunda e terceira maiores atividades que contribuíram para o tempo de afastamentos por ferimentos nas mãos e dedos foram de manutenção de tarefas de reparação (17%) e manutenção de empregos e reparo (16%). Havendo um em cada três ferimentos nas mãos e dedos, causados pelo uso de ferramentas manuais.

Segundo pesquisa realizada com mineradores de carvão por Marras (1988) marreta e machado foram as ferramentas responsáveis por cerca de 12,5% de acidentes e de afastamentos em um empresa de carvão nos Estados Unidos, sendo a maioria das lesões causadas devido ao esforço de golpear pedras. O impacto causado pelo contato da marreta com a pedra têm a maior incidência de lesões (83,5%), com uma média de 8,51 dias de afastamentos por ano, sendo das lesões ocorridas a maioria é no braço (78%). Mas também envolvem ferimentos na mão e dedos.

Para o movimento de marretar e retirar pedras do solo, Abreu (2014) relatou que segundo análise ergonomica utilizando protocolo OWAS, em 5 funcionários de uma empresa de mineração do interior paulista, foi constatado que fases do movimento são altamente prejudiciais ao colaborador e que essas necessitam de intervenção o tão logo quanto possível.

Em uma pesquisa realizada com pedreiros para ver o risco de problemas musculoesqueléticos no decorrer do trabalho na construção civil, Saad (2008), investigou qual período do dia havia maior intensidade da dor, houve a marcação em 3 momentos, manhã, tarde e noite, deixando livre a escolha entre um ou mais períodos. Verificou-se que 5 pedreiros indentificaram o período da tarde como o de maior intensidade, 5 indentificaram os três períodos como os de maior intensidade, e um com maior intensidade a tarde e a noite. Concluiu-se que o período da tarde que corresponde com o final da jornada laboral, para esses trabalhadores da construção civil foi o ponto do dia com maior dor, devido a consequência da maior demanda muscular.

## 2.2 CINEMÁTICA

A disponibilidade de dados quantitativos é necessária para demonstrar objetivamente os resultados do tratamento, isso permite determinar as formas de tratamento mais efetivas e possibilita a construção de bancos de dados a respeito das condições funcionais normais e patológicas. Para conhecer o movimento é necessário medir a amplitude dos mesmos, conhecer seus padrões e sua variabilidade. Para isso, são necessários métodos quantitativos, não invasivos e que apresentem viabilidade financeira para sua utilização, além disso, os equipamentos utilizados precisam ser confiáveis (VIEIRA, 2006).

Para analisar o movimento, geralmente são usados sistemas opto-eletrônicos que utilizam marcadores colados aos sujeitos em pontos de articulação e são filmados com câmeras de vídeo. As coordenadas dos marcadores na imagem são transformadas em coordenadas reais usando uma prévia calibração das câmeras e do espaço. Estes dados são usados, por exemplo, para calcular os ângulos entre as articulações que servem como parâmetros de avaliação. Como se pode perceber, o rastreamento correto dos marcadores, neste caso, é o fator principal para uma boa avaliação do movimento (FIGUEROA RIVERA, 2004).

Martins (2011) descreve a análise cinemática como a descrição do movimento de maneira quantitativa, considerando as variáveis: posição, velocidade, aceleração, tanto lineares quanto angulares, em função do tempo.

Para Sarro (2007), a base da cinemática é a escolha de coordenadas para representar a posição dos segmentos e o método mais comumente utilizado, baseia-se na imagem do movimento ou de pontos de interesse, utilizando softwares específicos para reconstruir as coordenadas bidimensionais ou tridimensionais dos mesmos.

Outro cuidado que deve ser tomado para a captura das imagens é um sistema de referencial espacial ou calibrador de dimensões conhecidas (AMADIO, et al, 1999). A calibração consiste em transformar os dados virtuais em coordenadas com valores reais de medida, isto é, saber em metros, centímetros e assim por diante, o valores em píxels no vídeo a ser analisado pelo software, movimentos rápidos, por exemplo, devem ser analisados com câmeras de alta frequência de amostragem para que parte da informação do mesmo não seja perdida (OKAZAKI, et al, 2007).

Através dos dois métodos citados acima, podem ser obtidas a posição em função do tempo e assim, podem ser calculadas as variáveis cinemáticas de interesse, ou seja, deslocamento, velocidade e aceleração (AMADIO, et al, 1999).

Os segmentos do corpo humano, com exceção das mãos e pés, podem ser idealizados realisticamente como corpos rígidos para uma proposta de análise biomecânica. Durante o movimento, as alterações no formato e tamanho que ocorrem nos tecidos moles são relativamente pequenas, tendo pouca importância na análise (TAMBORINDEGUY, 2009).

Para analisar o movimento, geralmente são usados sistemas opto-eletrônicos que utilizam marcadores colados aos sujeitos em pontos de articulação e são filmados com câmeras de vídeo. As coordenadas dos marcadores na imagem são transformadas em coordenadas reais usando uma prévia calibração das câmeras e do espaço. Estes dados são usados, por exemplo, para calcular os ângulos entre as articulações que servem como parâmetros de avaliação. Como se pode perceber, o rastreamento correto dos marcadores, neste caso, é o fator principal para uma boa avaliação do movimento (FIGUEROA RIVERA, 2004).

A biomecânica ocupacional tem como objeto de estudo compreender como aspectos cinéticos e cinemáticos interferem nas atividades realizadas no ambiente laboral, através da determinação, por exemplo, das forças que atuam sobre o sujeito durante a execução das diferentes tarefas, bem como da obtenção das variáveis cinemáticas (posição dos segmentos corporais, velocidade e aceleração). Isto possibilita a quantificação de alguns aspectos relevantes na interação entre o sujeito e o ambiente de trabalho (CHAFFIN 2001); neste sentido destacamos a importância da objetividade da análise cinemática que associada à subjetividade da análise ergonômica possibilitam uma melhor compreensão dos riscos inerentes à atividade realizada.

Foi relatado por Norman (1998), em um estudo na indústria automobilística onde ele relatou o pico de exposições físicas de força de compressão e cisalhamento na coluna lombar e nas mãos, foram analisados em 130 trabalhadores selecionados aleatoriamente e 104 casos em trabalhadores da indústria automotiva. Os resultados mostraram significativamente, que a maior evidência de forças agindo na coluna lombar, entre L3 e L4,

Kotowski (2006) estudou mineradores que faziam manutenção em minas de carvão e dentre outros objetivos analisou o estresse musculoesquelético dos mineradores no início do trabalho e no final da tarde. Os indivíduos realizaram

tarefas de instalação sob uma condição normal e de intervenção, enquanto a cinemática do tronco e músculos através de dados e de atividade foram coletadas. A cinemática do tronco não foi afetada pela intervenção, mas era notavelmente mais elevado na parte da manhã do que no período da tarde, apesar das estatísticas não comprovarem diferenças significantes.



### 3. - MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 – Sujeitos

Este estudo trata-se de uma pesquisa transversal, descritiva e sua amostra não probabilística intencional (Marconi & Lakatos, 1996): Foi constituído por cinco colaboradores do sexo masculino, do setor de usinagem chamados de “marroeiros” de uma empresa de mineração do interior do estado de São Paulo, da cidade de São João da Boa Vista/SP. Os voluntários possuíam idade média de  $31,1 \pm 5,3$  anos, massa corporal de 75 kg ( $\pm 0,06$ ); estatura de 1,73 metros ( $\pm 0,04$ ), e eram praticantes de ginástica laboral efetuada dentro do setor da *marroagem* da empresa. Foi utilizado todo o grupo que realiza esta tarefa dentro da empresa, atualmente apenas os 5 colaboradores estudados são os responsáveis pelo setor de marretar as pedras chamado de marroagem. Uma característica a parte é que dentre os 5 sujeitos estudados 3 deles empunhavam a marreta pelo lado direito e 2 deles pelo lado esquerdo. Antes de iniciar o estudo, os participantes foram informados sobre os procedimentos e riscos envolvidos na pesquisa, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, para a realização dos testes. Todos os sujeitos participantes estão familiarizados com o movimento analisado, executam de forma repetitiva durante uma carga de trabalho de 8 horas. O início do período de trabalho às 5h50min da manhã, sendo executado a ginástica laboral de 10 minutos, antes da atividade laboral colocam os equipamentos de proteção individual tais como: capacete, protetor auricular, máscara, luvas, caneleiras, sapatão de bico de ferro, e avental para proteção do contato com a pedra que muitas vezes é irregular e se encontra em temperaturas elevadas, iniciam o trabalho aproximadamente por volta das 6h20min. O primeiro processo é o de marretar as pedras. As pedras se encontram em diversos tamanhos e formas, são quebradas com golpes de marreta até que atinja o peso médio de 8 kg. Para que possam atingir pedras de um tamanho menor e com carga menor que 10 kg, este primeiro procedimento é realizado normalmente por volta de 2 horas, até as 8h20min, neste período ocorre um intervalo de 15 minutos para reidratação e ajustes do local de trabalho, voltam ao trabalho aproximadamente às 8h35min e continuam a mesma rotina de primeiro quebrar as pedras. A sequência de quebra das pedras é escolhida dependendo do material trabalhado, existe 4 tipos diferente de pedras que interferem na dinâmica do trabalho. Foi observado como rotina de trabalho, que normalmente é quebrado uma

grande volume de pedras no início. O trabalho continua até as 10h35min onde ocorre uma pausa para retirada dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI'S) e início da hora de almoço que se estende por uma hora. O retorno ao trabalho é por volta das 11h40min, se estendendo até aproximadamente às 14h onde os colaboradores retiram os EPI'S e se preparam para a ginástica laboral de saída. Portanto, em média, eles executam o movimento de marretar pedras por volta de 6h, variando a quantidade movimentos de marretada para cada turno trabalhado, foi observado durante um período antes do início da coleta de 15min, onde houve 45 marretadas, sendo assim podemos estimar que em um dia normal de trabalho por volta de 864 marretadas, valores observados de um colaborador.

### **3.2 – Aspectos éticos**

O projeto foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da UNIMEP sob o protocolo 32/12. Todos os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido aceitando participar da pesquisa como voluntário (APÊNDICE A).

### **3.3 – Análise Ergonômica: Protocolo OWAS (Ovaco Working Posture Analysing System).**

Esse protocolo foi desenvolvido na Finlândia para analisar as posturas de trabalho na indústria de aço e foi proposto por três pesquisadores finlandeses (KARKU, KANSI e KUORINKA, 1977) para a Ovaco Oy Company. O método OWAS surgiu da necessidade de se identificar e avaliar as posturas inadequadas durante a execução de uma tarefa, que podem em conjugado com outros fatores, causar o advento de problemas músculo-esqueléticos, gerando incapacidade para o trabalho, absenteísmo e custos adicionais ao processo produtivo (Karhu et al., 1977).

Através das análises fotográficas das principais posturas vivenciadas na indústria onde trabalhavam, os autores chegaram a 72 posturas típicas, que resultaram de diferentes combinações das posturas das costas (4 posições), braços (3 posições) e pernas (7 posições). No Brasil o protocolo OWAS foi validado por IIDA (2005), através de mais de 36.340 observações em 52 tarefas típicas da indústria, para se testar o método. Diferentes analistas treinados, observando o mesmo trabalho, fizeram registros com 93% de concordância, em média (IIDA, 2005).

Segundo Diego-Más e Cuesta (2007), este método auxilia na análise ergonômica das cargas posturais e sua aplicação proporciona bons resultados, tanto

na adequação dos postos de trabalho, como no aumento da qualidade da produção, em decorrência das melhorias aplicadas.

A Figura 1, mostra esquematicamente as diferentes posições e cargas utilizadas no protocolo OWAS. Para cada conjunto de dados determina-se um código de quatro dígitos para uma escala que varia de 1 (um) condição aceitável, tanto da postura quanto para a aplicação de força, à 7 (sete), pior condição para membros inferiores (Wilson e Corlett, 1995). Por exemplo, na sequência 1-2-3-2; o dígito 1 indica que o dorso se encontra na posição ereta; o dígito 2 indica que os um dos braços se encontra no nível ou acima da linha dos ombros; o dígito 3 indica que o sujeito se encontra de pé com o peso sobre um dos pés; o dígito 2 indica que a carga possui entre 10 e 20 kg.


















DORSO	M. SUPERIORES	M. INFERIORES	CARGA	
Ereto - 1 	Braços abaixo dos ombros - 1 	Sentado - 1 	De pé, joelhos flexionados - 4 	≤ 10 Kg - 1 
Inclinado - 2 	Um braço no nível ou acima dos ombros - 2 	De pé, joelhos estendidos - 2 	De pé, um joelho flexionado - 5 	De 10 a 20 Kg - 2 
Ereto e rotacionado - 3 	Braços no nível ou acima dos ombros - 3 	De pé, peso sobre um deles - 3 	Ajoelhado em pelo menos um joelho - 6 	> 20 Kg - 3 
Inclinado e rotacionado - 4 			Andando - 7 	

Figura 1 – Segmentos corporais, posturas e carga consideradas no OWAS.  
(Abreu, 2014)

Após a etapa de mapeamento, utiliza-se a sintaxe do protocolo contida no apêndice II no final desta dissertação, os valores encontrados para cada segmento são cruzados para que seja gerado o valor final de categorização. A tabela de categorização a seguir associa o resultado final que indica a determinação do nível de risco.

O Quadro 1 é utilizado para categorização do nível de intervenção segundo protocolo OWAS.

CATEGORIAS DE AÇÃO	
1	Não são necessárias medidas corretivas
2	São necessárias medidas corretivas em futuro próximo
3	São necessárias medidas tão logo quanto possível
4	São Necessárias medidas corretivas imediatas

Quadro 1 – Categorização do nível de intervenção para cada fase do movimento, adaptado de Abreu (2014).

O movimento (marretada) foi dividido em 4 fases:

**Fase 1** - Retirada da Marreta do Solo e início do movimento, tronco inclinado, membros superiores abaixo da linha dos ombros, peso do corpo apoiado em uma das pernas, foi dividido o tempo para esta fase a partir do momento de elevação da marreta até o ponto onde os braços estão na linha dos ombros, passando a seguir para a seguinte fase conforme demonstrado na figura 2.



Figura 2 – Representação da Fase 1 marretada, Movimento Inicial (A) e Final (B).

**Fase 2** - Elevação do implemento Marreta, tronco ereto, membros superiores acima da linha dos ombros, peso apoiado em ambas as pernas, foi considerado esta fase a partir do momento que os braços passam a linha de altura dos ombros até o momento de máxima altura da marreta conforme mostra figura 3.



Figura 3 – Representação da Fase 2 marretada, Movimento Inicial (A), Movimento Final (B).

**Fase 3** - Descida da Marreta, tronco inclinado, membros superiores abaixo da linha do ombro, peso do corpo apoiado em uma das pernas, foi considerado esta fase a partir do momento da fase descendente da marreta até o momento onde os braços estão abaixo da linha dos ombros, conforme demonstrado na figura 4.



Figura 4 – Representação da Fase 3 marretada, Movimento Inicial (A), Movimento Final (B).

**Fase 4** - Momento de impacto, tronco inclinado, membros superiores abaixo da linha dos ombros, peso apoiado em ambas as pernas, foi considerado esta fase a partir do momento que a marreta está abaixo da linha dos ombros até o contato com a pedra conforme demonstrado na figura 5.



Figura 5 – Representação da Fase 4 marretada, Movimento Inicial (A), Movimento Final (B).

### 3.4 Análise Cinemática

A análise cinemática foi obtida através de filmagem do indivíduo realizando o movimento de marretar, anteriormente a coleta definitiva foi realizado um teste piloto no laboratório das dependências da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), no Laboratório do Núcleo de Performance Humana (NUPEM) onde foram realizados os procedimentos de marretar um pneu para análise do movimento, do calibrador e de suas coordenadas, foram feitos os ajustes necessários para o espaço entre as câmeras e posicionamento das mesmas, foi testado o enquadramento das imagens e método de sincronização, a utilização do software para análise 3D, e todas as filmagens foram realizadas com taxa de aquisição de dados de 30 Hertz.

Para coleta definitiva dos dados foram respeitadas as características do local, foi realizado uma filmagem do indivíduo realizando o movimento de marretar a pedra durante 3 execuções de movimentos completos, ao qual se escolheu de forma intencional o primeiro movimento de marretar a pedra para ser estudado, dessa maneira foi posicionado duas câmeras para captação das imagens; a câmera digital posicionada, ao lado direito do colaborador, da marca Sony estava há uma distância

de 6,76 metros, e a câmera digital do lado esquerdo do colaborador da marca JVC estava a 5,90 metros, as distâncias foram assim posicionadas de maneira que se pudesse ter uma boa visibilidade de todos os pontos articulares, e que respeitassem as características do local de trabalho.

O ângulo entre as câmeras foi menor que 120 graus em relação as câmeras conforme referência (Allard, Bianchi et al, 1995), esquematizado a figura 6:

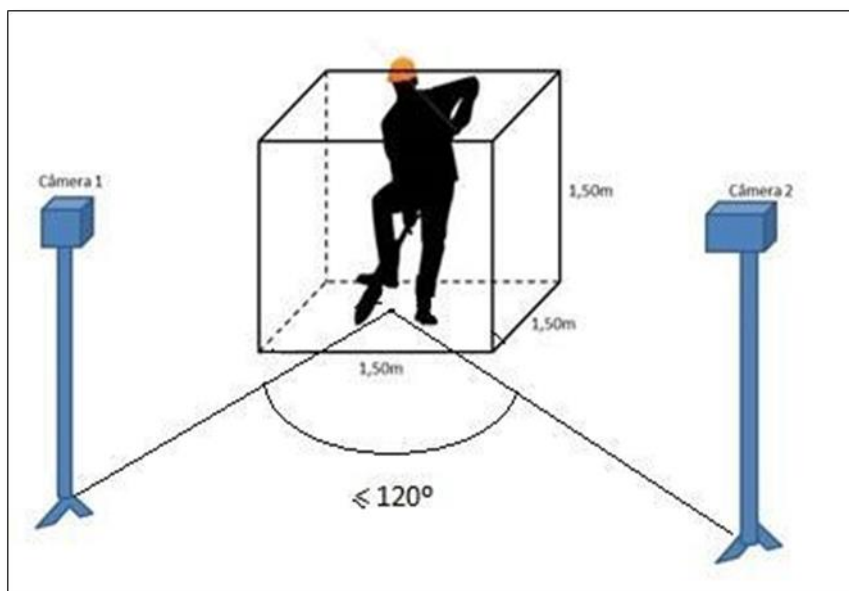


Figura 6 – set de filmagem, com filmadoras, calibrador e trabalhador.

O espaço tridimensional foi calibrado através de um calibrador 3D de estrutura metálica construída com a finalidade de realizar a pesquisa para Análises Cinemáticas em três dimensões conforme mostra a Figura 7.

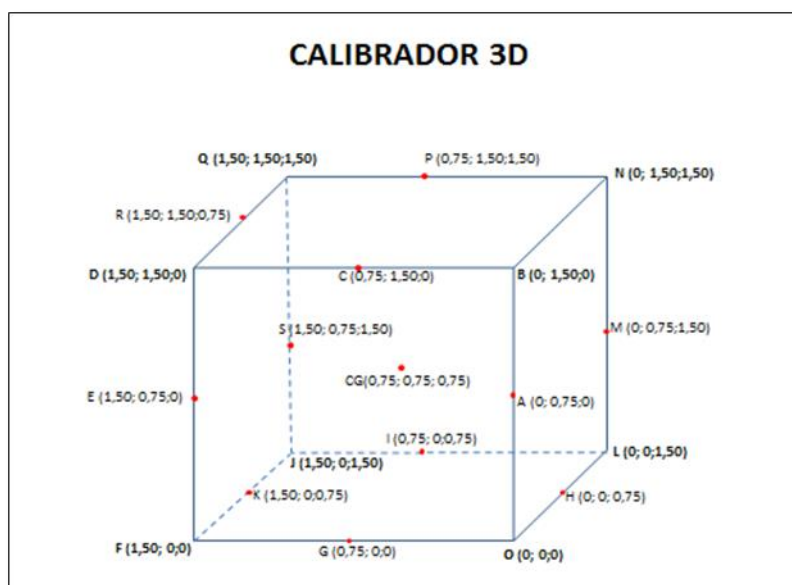


Figura 7 – Calibrador Tridimensional (3D) e suas coordenadas espaciais.

Os registros filmográficos foram editados no software Adobe Premier Pro CS3 para obtenção apenas do movimento e dos tempos em segundos de cada movimento. Com o software Skillspector 1.3.1, foi realizada a digitalização e obtido o número de frames para cada movimento, e realizando o procedimento de análise 3D, para isto foi colocado no sujeito marcadores semi-esféricos de isopor de raio 1,5 cm para a visualização dos pontos articulares, para o procedimento de marcar quadro a quadro os 15 pontos articulares, sendo eles: tornozelo direito, joelho direito, crista íliaca anterior (cisa) direita, ombro direito, cotovelo direito, punho direito, manúbrio, vértex, ombro esquerdo, cotovelo esquerdo, punho esquerdo, cisa esquerda, joelho esquerdo e tornozelo esquerdo, conforme ilustra a figura 8.

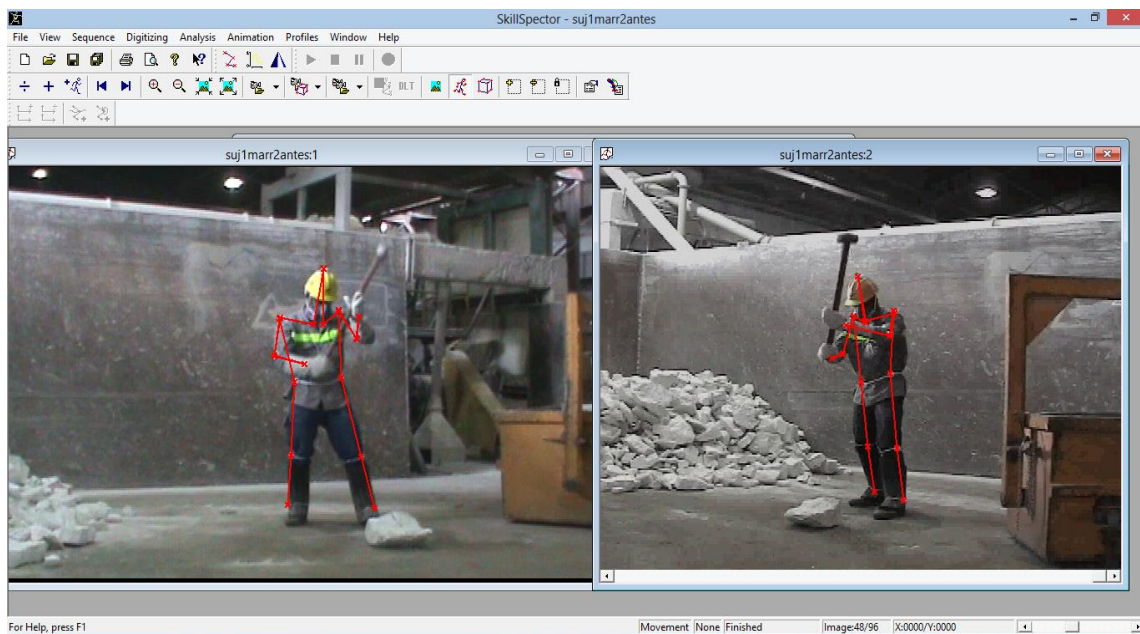


Figura 8 - Software Skillspector modelo para digitalização dos pontos para análise 3D.

Para exato sincronismo entre as duas câmeras, direita e esquerda, foi utilizado a sucessão das imagens para que o ponto final fosse o mesmo, o primeiro contato com a pedra assim sucessivamente retrocedendo pudesse ser digitalizado a mesma quantidade de frames.



Conforme mostra a figura 9 onde foi sobreposto a imagem da câmera direita a imagem da câmera esquerda.

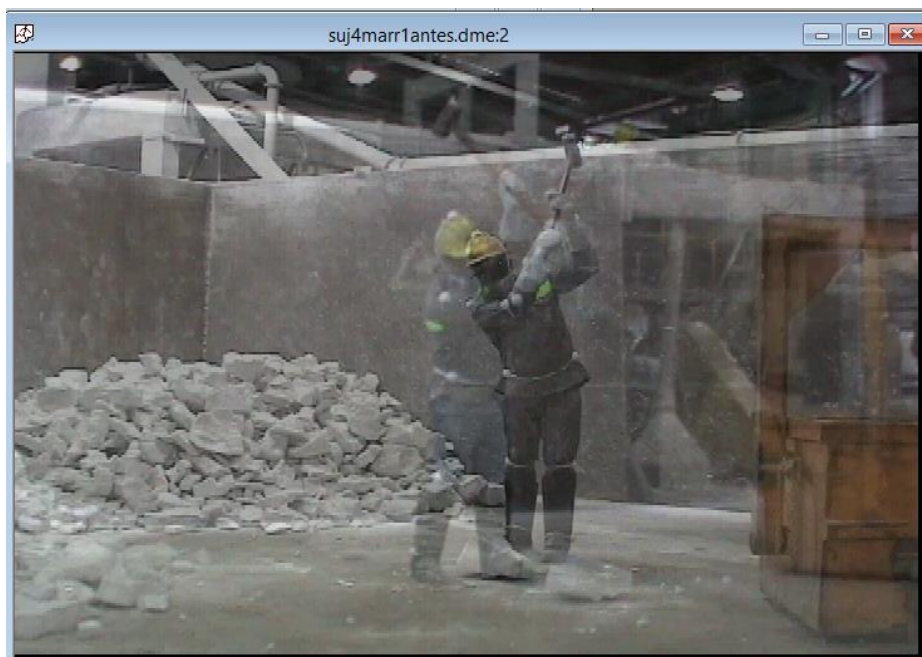


Figura 9 – Sobreposição de imagens das câmeras para sincronismo da digitalização pelo software Skillspector.

A partir dos valores de posição linear em função do tempo foram calculadas a primeira e segunda derivadas para obtenção da velocidade e aceleração respectivamente, foram seguidas as recomendações de Okazaki (2007), que consiste em primeiro filtrar e depois derivar cada variável. Os valores obtidos, foram filtrados através da transformada rápida de Fourier (FFT) com frequência de 3Hz, estes procedimentos foram realizados após familiarização com o software Origin Pro 8.0.

### 3.5 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

O tratamento estatístico foi realizado através de testes não paramétricos uma vez que os dados (velocidade, aceleração e valores de categorização do protocolo OWAS) não atendem aos quesitos mínimos necessários de normalidade e homoscedasticidade, constatados através dos testes de Shapiro Wilk e Bartlett respectivamente (BISQUERRA, 2007). Foram utilizados os testes de Wilcoxon e de Kendall para análise dos dados ergonômicos e de Wilcoxon para os cinemáticos; adotando-se o nível de significância para  $p \leq 0,05$ . Para o tratamento dos dados estatísticos foi utilizado o software SPSS 20.0.

## 4.1 RESULTADOS

### 4.1.2 RESULTADOS ERGONÔMICOS

Os resultados ergonômicos serão apresentados e discutidos.

Os resultados do protocolo OWAS para cada sujeito, nas quatro diferentes fases da marretada para os diferentes segmentos corporais e carga manipulada no início do turno são mostrados na tabela 1.

A categorização segundo o protocolo de ergonomia OWAS, mostrou que para o início do turno de trabalho, para as fases 1 (empunhadura na marreta), 2 (elevação da marreta) e 4 (impacto da marreta com a pedra) obtiveram 60% de categorização 3, (são necessárias medidas tão logo quanto possível), e a fase 3 (descida da marreta) obteve 80% categorização 3, indicando necessidade de intervenção tão logo quanto possível, conforme demonstra a tabela 1.

TABELA 1 – Descrição da pontuação para cada fase do movimento de marretar a pedra para cada sujeito no início do turno de trabalho segundo protocolo OWAS.

Sujeitos	FASES	Pontuação Dorso	Pontuação MMS	Pontuação MMI	Pontuação Carga	CATEGORIA
1	1	2	1	3	1	3
	2	1	3	4	1	2
	3	2	2	4	1	2
	4	2	1	4	1	3
2	1	2	1	2	1	2
	2	2	3	3	1	3
	3	2	1	3	1	3
3	4	2	1	3	1	2
	1	2	1	3	1	3
	2	2	1	3	1	3
	3	2	1	3	1	3
4	4	2	1	3	1	3
	1	1	1	2	1	1
	2	3	2	4	1	4
	3	2	1	5	1	3
5	4	2	1	3	1	2
	1	2	1	3	1	3
	2	1	3	2	1	1
	3	2	1	4	1	3
	4	2	1	4	1	3

Para o movimento de marretar as pedras do solo no final do turno de trabalho foi observado baixa porcentagem de fases do movimento com intervenção imediata ficando apenas para a fase 3 (descida da marreta), e 4 (impacto da marreta com a pedra) categorização 3 (são necessárias medidas tão logo quanto possível), conforme demonstrado na tabela 2.

TABELA 2 – Descrição da pontuação para cada fase do movimento de marretar a pedra para cada sujeito no final do turno de trabalho segundo protocolo OWAS.

Sujeitos	FASES	Pontuação Dorso	Pontuação MMS	Pontuação MMI	Pontuação Carga	CATEGORIA
<b>1</b>	1	2	1	3	1	2
	2	1	3	4	1	2
	3	2	2	3	1	3
	4	2	1	3	1	2
<b>2</b>	1	2	1	3	1	2
	2	2	2	3	1	2
	3	2	1	3	1	2
	4	2	1	3	1	2
<b>3</b>	1	2	1	3	1	2
	2	2	1	3	1	2
	3	2	1	3	1	2
	4	2	1	3	1	2
<b>4</b>	1	1	1	4	1	2
	2	1	3	4	1	2
	3	2	1	3	1	2
	4	2	1	4	1	3
<b>5</b>	1	2	1	3	1	2
	2	1	3	3	1	1
	3	2	2	3	1	2
	4	2	1	4	1	3

As tabelas mostram poucas diferenças entre as fases que necessitam de intervenção para início e final do turno.

Para a comparação dos dados do início e final do turno de trabalho foi o utilizado o teste de Kendall para comparar o início com o final do turno de trabalho. As comparações foram realizadas por segmentos sendo eles: Dorso Início x Final; Membros Superiores Início x Final; Membros Inferiores Início x Final; e Carga Início x Final.

Conforme demonstrado na Tabela 3 não foram encontradas diferenças significantes entre o início e o final do turno de trabalho em nenhum segmento estudado pelo protocolo OWAS.

TABELA 3 – Comparação do Segmento Dorso, Membros Superiores, Membros Inferiores e Carga para Início x Final do turno de trabalho.

<b>Segmentos</b>	<b>p</b>
<b>Dorso</b>	0,564
<b>Membros Superiores</b>	0,655
<b>Membros Inferiores</b>	0,765
<b>Carga</b>	1,000

$p \leq 0,05$

#### 4.1.3 Tabelas com resultados Ergonômicos correlacionados com uma empresa Ideal (que não tem necessidade de intervenção).

Para esse procedimento foi utilizado a hipótese de uma empresa ideal que não tem a necessidade de intervenção segundo protocolo OWAS, para isso a categorização seria sempre 1. No teste de Wilcoxon para comparar os resultados do protocolo OWAS entre no início e final do turno com esta empresa onde não são necessárias intervenções, e assim foram obtidos os seguintes resultados:

TABELA 4 – Resultado Teste de Wilcoxon OWAS Início e Final X Empresa ideal.

<b>Segmentos</b>	<b>p Início</b>	<b>p Final</b>
<b>Dorso</b>	< 0,001	< 0,001
<b>Membros Superiores</b>	0,015	0,024
<b>Membros Inferiores</b>	< 0,001	< 0,001

$p \leq 0,05$

## 4.2 RESULTADOS CINEMÁTICOS

Os resultados cinemáticos serão apresentados e discutidos.

Na Tabela 5 constatamos que em relação a posição linear de pico (máxima) do ombro direito observamos que 80% dos sujeitos diminuiram seus valores do início para o final do turno de trabalho.

TABELA 5 – Valores de Posição Linear Máxima para os Ombros entre início e final do turno.

SUJEITOS	Ombro Direito Posição (m)		Ombro Esquerdo Posição (m)	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
1	2,26	2,52	2,08	2,24
2	2,00	2,62	1,82	1,58
3	2,19	1,50	2,06	1,50
4	2,29	4,63	1,97	1,96
5	2,21	1,90	2,11	1,70

Em relação à Velocidade Linear de pico do Ombro Direito obteve aumento de 80% entre o início e final do turno conforme demonstrado pela tabela 6.

TABELA 6 – Valores de Velocidade Linear Máxima para o Ombro entre início e final do turno.

SUJEITOS	Ombro Direito Veloc. (m/s)		Ombro Esquerdo Veloc. (m/s)	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
1	7,35	3,32	6,85	3,23
2	1,23	9,94	2,15	2,29
3	1,87	2,60	2,68	0,60
4	0,76	3,51	8,49	0,64
5	1,47	3,55	1,28	2,72

As acelerações de pico dos Ombros, direito e esquerdo, conforme a tabela 7, observamos que para o ombro direito aumentaram para 80% dos sujeitos, enquanto que para o ombro esquerdo aumentaram para 60% dos sujeitos do início para o final do turno de trabalho.

TABELA 7 – Valores de Aceleração Linear Máxima para o Ombro entre início e final do turno.

SUJEITOS	Ombro Dir. Aceleração (m/s <sup>2</sup> )		Ombro Esq. Aceleração (m/s <sup>2</sup> )	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
1	55,19	36,20	49,55	37,48
2	18,29	29,27	21,79	24,72
3	24,43	80,00	28,08	30,00
4	5,77	4,50	37,58	10,33
5	13,32	40,60	16,40	34,01

Na tabela 8 observamos valores de Posição Linear de pico para o cotovelo direito e esquerdo, 80% dos sujeitos diminuiram do início para o final do turno de trabalho.

TABELA 8 – Valores para Posição Linear Máxima dos Cotovelos, entre início e final do turno.

SUJEITOS	Cotov. Dir. Posição (m)		Cotov. Esq. Posição (m)	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
1	2,00	2,48	1,81	1,93
2	2,08	2,12	1,88	1,54
3	2,13	1,45	2,00	1,32
4	2,30	2,01	2,03	1,41
5	2,27	1,55	1,93	1,65

A velocidade linear de pico para o Cotovelo direito, 80% dos sujeitos diminuíram do início para o final do turno, e para o lado esquerdo 80% dos sujeitos aumentaram do início para o final do turno conforme demonstrado na tabela 9.

TABELA 9 – Valores da Velocidade Linear Máxima dos Cotovelos entre início e final do turno.

SUJEITOS	Cotov. Dir. Velocidade (m/s)		Cotov. Esq. Velocidade (m/s)	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
1	6,35	3,83	6,01	2,53
2	1,18	6,20	3,25	3,32
3	3,43	2,20	2,56	2,80
4	2,85	1,15	1,41	1,57
5	3,36	2,59	1,51	2,65

Na tabela 10 os valores de Aceleração Linear máxima para o Cotovelo direito e esquerdo, 60% dos sujeitos diminuiram do início para o final do turno de trabalho.

TABELA 10 – Valores da Aceleração Linear Máxima dos Cotovelos entre início e final do turno.

SUJEITOS	Cotov. Dir. Aceleração (m/s <sup>2</sup> )		Cotov. Esq. Aceleração (m/s <sup>2</sup> )	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
1	45,52	36,43	43,10	29,94
2	21,08	78,70	34,16	41,27
3	47,54	40,00	21,94	20,00
4	22,73	17,47	19,89	19,17
5	31,10	32,71	29,15	41,46

Na tabela 11 podemos observar que para a Posição Linear de pico do punho direito, 80% dos sujeitos diminuíram seus valores do início para o final do turno. Para o punho esquerdo 60% dos sujeitos diminuíram seus valores do início para o final do turno de trabalho.

TABELA 11 – Valores da Posição Linear Máxima dos Punhos entre início e final do turno.

SUJEITOS	Punho Dir. Posição (m)		Punho Esq. Posição (m)	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
1	4,67	2,25	1,83	2,06
2	2,13	1,94	1,79	1,76
3	1,94	1,37	5,73	1,32
4	2,11	2,20	2,33	2,20
5	2,18	1,59	2,07	1,84

Para a Velocidade Linear de pico para os Punhos foi observado que para o punho direito houve diminuição de 80% dos sujeitos do início para o final do turno, e para o punho esquerdo houve aumento de 60% dos sujeitos do início para o final do turno de trabalho conforme demonstrado na tabela 12.

TABELA 12 – Valores da Velocidade Linear Máxima dos Punhos entre início e final do turno.

SUJEITOS	Punho Dir. Velocidade (m/s)		Punho Esq. Velocidade (m/s)	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
1	5,76	4,52	5,86	4,59
2	4,73	4,19	3,03	5,40
3	1,31	3,40	8,71	5,40
4	2,60	1,65	1,36	1,65
5	4,00	2,45	2,24	2,89

A tabela 13 demonstra para a aceleração do Punho direito, 60% dos sujeitos diminuíram seus valores do início para o final do turno de trabalho e para o Punho esquerdo, 80% dos sujeitos aumentaram entre o início e final do turno de trabalho.

TABELA 13 – Valores da Aceleração Linear Máxima dos Punhos entre início e final do turno.

SUJEITOS	Punho Dir. Aceleração (m/s <sup>2</sup> )		Punho Esq. Aceleração (m/s <sup>2</sup> )	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
1	51,72	47,73	45,93	56,17
2	64,08	82,11	40,47	73,49
3	22,58	80,00	60,38	90,00
4	31,23	27,28	21,34	27,28
5	44,06	46,65	43,80	51,49

Foi utilizado o teste de Wilcoxon para averiguar a existência de diferenças significantes entre o início e final do turno para os pontos articulares dos ombros, cotovelos e punhos nas variáveis posição linear (m), velocidade linear (m/s) e aceleração linear (m/s<sup>2</sup>), no parâmetro da valor de pico ou máximo.

Tabela 14 – Teste de Wilcoxon para posição, velocidade e aceleração do **ombro** entre início e final do turno.

	<b>Posição (m)</b>		<b>Velocidade (m/s)</b>		<b>Aceleração (m/s<sup>2</sup>)</b>	
	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo
<b>Máximo</b>	0,686	0,080	0,225	0,225	0,080	0,893
$p \leq 0,05$						

Tabela 15 – Teste de Wilcoxon para posição, velocidade e aceleração do **cotovelo** entre início e final do turno.

	<b>Posição (m)</b>		<b>Velocidade (m/s)</b>		<b>Aceleração (m/s<sup>2</sup>)</b>	
	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo
<b>Máximo</b>	0,345	0,080	0,500	0,500	0,715	0,715
$p \leq 0,05$						

Tabela 16 – Teste de Wilcoxon para posição, velocidade e aceleração do **punho** entre início e final do turno.

	<b>Posição (m)</b>		<b>Velocidade (m/s)</b>		<b>Aceleração (m/s<sup>2</sup>)</b>	
	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo
<b>Máximo</b>	0,800	0,279	0,225	0,893	0,893	0,500
$p \leq 0,05$						



## 5. CONCLUSÃO

Para o movimento de marretar pedras, a fase 3 (descida da marreta) é a que necessita de intervenção tão logo quanto possível, na questão da diferença ente início e final do turno para o protocolo OWAS não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes, já para a comparação do movimento estudado para o de uma empresa ideal (que não tenha necessidade de intervenção nenhuma) comprovamos estatisticamente que todos os segmentos corporais ( Dorso, Membros Superiores e Membros Inferiores) obtiveram diferenças estatisticamente significantes.

Observamos que para os resultados descritivos dos dados cinemáticos tivemos diferenças de lateralidade, direito e esquerdo, diferenças nas variáveis posição, velocidade e aceleração, e diferenças nos valores de pico (máximo) em todos. A uma tendência a mostrar diminuição nos valores do início do turno para o final do turno, com destaque que em 85% dos dados mostraram diminuição dos valores do início para o final do turno de trabalho, apesar de não serem comprovados estatisticamente.

A diferença quanto a lateralidade foi demonstrada para o lado direito pela porcentagem de 72% dos dados diminuíram seus valores do início para o final do turno, e para o lado esquerdo 54% aumentou do início para o final do turno de trabalho.

Foram observados nos resultados descritos que tanto para a ergonomia quanto para a cinemática há mudança no trabalho do início para o final do turno, elas acontecem de diversas maneiras, mudanças ocorrem nos movimentos, nas posições dos membros superiores e inferiores e os resultados nos levam a pensar que para o final do turno há um desgaste natural que faz com que os colaboradores mudem suas posturas para executar o trabalho.

Alguns estudos observados podem corroboram com o estudo realizado como por exemplo no estudo de Marras e Davis (1998) que pesquisaram o risco de lesões em trabalhadores em minas de carvão, eles avaliaram o risco associado a lesões em mãos devido ao manuseio de ferramentas como, marretas, britadeiras, e picaretas, e associaram o risco de lesões ao tempo de serviço dos trabalhadores, relataram também o mesmo que aconteceu no presente estudo, que indivíduos realizam de forma diferente, movimentos para esquerda e direita mostrando assimetrias, indicando que as adaptações ocorrem nas diferentes direções. Uma resposta similar

pode ocorrer em indivíduos que são mais adaptados a tarefa. Isto indicaria que operadores menos experientes podem estar com maior risco de lesão do que o outro mais experiente. Também parece haver uma compensação entre a tronco e braços quando o movimento é mais experiente.

Em outro estudo de KOTOWSKI (2006) avaliou oito indivíduos do sexo masculino com idade média de 55 anos de idade, todos os participantes tinham alguma experiência em mineração, o objetivo deste estudo foi avaliar métodos de manipulação de uma tela para cobrir telhados de cavernas de mineração. Os indivíduos realizaram tarefas de instalação sob uma condição normal e de intervenção, enquanto a cinemática do tronco e músculos da atividade eram coletadas. Os dados cinemáticos do tronco não foram afetados pela intervenção sugerida, mas foram significativamente mais elevados na parte da manhã do que no período da tarde. No geral, este estudo mostrou que estressores osteomusculares durante a instalação da tela foram reduzidos pela intervenção proposta, intervenção proposta de lateralidade (direita e esquerda lado), tempo (manhã e tarde), e intervenção (com e sem) dentro dos ensaios de intervenção havia dois métodos de mover a tela. As variáveis dependentes foram posição do tronco para cinemática e atividade muscular do tronco e dos músculos do antebraço. Duas repetições foram realizadas para cada tarefa. Os dados da eletromiografia (EMG) foram confrontados e do movimento da Lombar para o período da manhã no início do turno de trabalho e a tarde no final do turno, avaliou as cargas impostas na região lombar e nos antebraços, a variável tempo (manhã contra tarde) também não obteve diferença estatisticamente significativa para quase todo o tronco variáveis cinemáticas, mas em todos os casos, as posições, velocidades e acelerações foram maiores no período da manhã do que no período da tarde. Em média, os indivíduos tiveram aproximadamente 26% as posturas mais flexionadas de manhã, com aumentos variando de 16 a 48%. A diferença para o turno da manhã e da tarde também foi encontrada para velocidades laterais e sagital máximas onde velocidades de manhã foram 22% a 30% mais rápida do que a da tarde e da mesma maneira que no presente estudo também destacou a falta de comprovação das mudanças estatisticamente significativas entre o início e final do turno.

Concluimos que este estudo mostrou que o movimento repetitivo de marretar pedras pode causar modificações no padrão do movimento do início para o final do turno e assim aumentar o perigo de lesões, a automação dessa tarefa com máquinas que possam ser operadas pelos próprios trabalhadores, poderá diminuir

os riscos de lesões devido a falha humana. Outra sugestão refere-se à adoção de modificações nos turnos de trabalho para diminuição do tempo de exposição do colaborador na execução da tarefa.

Identificamos como possíveis limitações do presente estudo o tamanho reduzido da amostra e a não normalidade dos dados.

O ato de marretar pedras ainda é muito utilizado notadamente em países emergentes com grande oferta de mão de obra, a ergonomia e a cinemática se mostraram mais um vez como importantes ferramentas para melhor compreendermos o movimento humano em suas diferentes atividades laborais, sendo assim ressaltamos a importância de futuros estudos nesta área de conhecimento, com amostras maiores, dos movimentos realizados no ambiente laboral, para que estratégias de prevenção de acidentes e de promoção da saúde sejam mais eficazes.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

ABREU, Neto F. P. **A Análise Ergonomica de colaboradores em uma Empresa de Mineração**, Revista Digital CPAQV, v. 6 n.1, 2014.

ALLARD, Ian A. F. Stokes, Jean-Pierre Blanchi. **Three – Dimensional Analysis of Human Movement**, Ed. Human Kinectics, 1995.

AMADIO, A. C. et al. **Introdução à Biomecânica para Análise do Movimento Humano: Descrição e Aplicação dos Métodos de Medição**. Revista Brasileira de Fisioterapia, v. 3, n. 2, p. 41-54,1999.

BAÚ, Lucy Mara Silva. **Fisioterapia do Trabalho: ergonomia, legislação, reabilitação**. Curitiba, 2002.

BISQUEIRA, Rafael, **Introdução à Estatística: Enfoque informático com o pacote estatístico SPSS** – Porto Alegre: Artmed, 2007.

BRITO, Andréia Boldini de, **Avaliação ergonômica da cabine de um trator florestal**, - Rev. Ceres, Viçosa, v. 57, n.3, p. 307-314, mai/jun, 2007.

CANDEIAS, N. M. F. et al. **Percepção de trabalhadores metalúrgicos sobre problemas de saúde e riscos ambientais**. Revista da Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, v.32, n.3, p. 231-246, out.1998.

CARNEIRO, S. R. M. **O custo das LER**. Revista Proteção, p. 74-77, 1997.

COUTO, Hudson de Araújo. **Ergonomia Aplicada ao Trabalho: Manual técnico da Máquina Humana**. Belo Horizonte: ERGO Editora, (v.1) 1995.

CHAFFIN, D.B., ANDERSON, G.B.J. e MARTIN, B. J. **Biomecânica ocupacional**. Belo Horizonte: Ergo, 2001.

CHAFFIN, Don. B. **Biomecânica Ocupacional**. / Don. B Chaffin, Gunnar B. J. Anderson e Bernard J. Martin. Tradução por Fernanda Saltiel Barbosa da Silva. Belo Horizonte: Ergo, 2006.

COLOMBINI, Daniela. et al. **Il método ocrá per l'analisi e la prevenzione del rischio da movimenti ripetuti**. Milão: Franco Angeli, 2005.

DEJOURS, C. **Épistémologie concrète et ergonomie**. In F. Daniellou(Org.), *L'érgonomie en quête de ses principes: débats épistémologiques*. Toulouse: Octares 1996.

DIEGO-MÁS, J. A.; CUESTA, S. A. **NIOSH (NATIONAL INSTITUTE for OCCUPATIONAL SAFETY and HEALTH)**. 2007. Disponível em:<<http://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php>>. Acesso em: 20 jan. 2014, 16:25:04.

DUL, J.; WEERDMEESTER B. **Ergonomia Prática**. São Paulo, Edgard Blucher Ltda.2005.

FALCÃO, Franciane da Silva. **Biomecânica Ocupacional em Projetos de Design: Correta Conceituação de Estações de Trabalho**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2004.

FERREIRA M. S. e RIGHI C. A. R. **Ergonomia: Análise Ergonômica do Trabalho - AET**. Notas de Aula – PUC-RS, 2009.

FOWLER, N. E.; RODACKI, A. L. F.; & RODACKI, C. D. **Changes in stature and spine kinematics during a loaded walking task**. *Gait & posture*, n. 23, p. 133-141, 2006.

FREIRE, Gilberto Martins - **Recomendações para o desenvolvimento de cadeiras, a partir de uma análise ergonômica: arremesso de peso nos Jogos Parapanamericanos 2007**. / Gilberto Martins Freire -- Ponta Grossa: [s.n.], 2008.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia do Produto**, 5ª ed. Vol. 1. Porto Alegre: FENG/UFRGS, 2004.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 4.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1997.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

KARHU, O. et al., **Correcting working posture in industry, a practical method for analysis, "Applied Ergonomics"**, 1997.

KOTOWSKY, S. - **Musculoskeletal Stress on Miners Performing Roof Screening Operations.** - Proceedings of the human factors and ergonomics society 50th annual meeting — 2006.

LAFIANDRA, M. et al. **Transverse plane kinetics during treadmill walking with and without a load.** Clinical Biomechanics, n. 17, p. 116-122, 2002.

LAKATOS, E. M. & MARCONI, M. A. **Metodologia do Trabalho Científico.** Ed. Atlas, São Paulo, 1996.

MARRAS, W. S. - **Risks of Hand Tool Injury in US. Undergrond Mining from 1978 troug 1983 Part I: Coal mining,** Journal of Safety Research, Vol. 19, pp. 71-85, National Safety Council and Pergamon Press, 1988.

Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº 17. – 2 ed. – Brasília: MTE, SIT, 2002.

MARTINS, Gustavo Celestino: **Iniciação Esportiva: Diálogos Possíveis entre a Objetividade da Análise Biomecânica e a Subjetividade da Qualidade de Vida.** Tese de Mestrado, UNIMEP 2011.

MENEZES, Wladimir Jatobá de; MENEZES, Fabricio Henrique Oliveira de. **Ergonomia: Conceitos Introdutórios e Noções de Sistema Informacional. (2008)** Disponível<[http://www.fortium.com.br/faculdefortium.com.br/wladimir\\_jatoba/material/4623.doc](http://www.fortium.com.br/faculdefortium.com.br/wladimir_jatoba/material/4623.doc)> Acesso às 20/set/2013.

MORAES, Ana maria de; MONT'ALVÃO, Cláudia. **Ergonomia: conceitos e aplicações.** 3.ed. Rio de Janeiro: iUsEr, 2003.

NORMAN, R. - **A comparison of peak vs cumulative physical work exposure risk factors for the reporting of low back pain in the automotive industry.** - Clinical Biomechanics 13, 561-573, 1998.

OKAZAKI, V.H.A.; TEIXEIRA, L.A.; RODACKI, A.L.F. **Frequência de Amostragem e Filtragem na Cinemática.** In: XII Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2007, São Pedro-SP, Brasil. XII Congresso Brasileiro de Biomecânica, v. XII. p. 1-4, 2007.

OKAZAKI, V.H.A.; TEIXEIRA, L.A.; RODACKI, A.L.F. **Eficácia da Análise Residual Para Determinar a Intensidade do Filtro na Cinemática.** In: XII Congresso

Brasileiro de Biomecânica, 2007, São Pedro-SP, Brasil. XII Congresso Brasileiro de Biomecânica, v. XII. p. 1-5, 2007.

OKAZAKI, V.H.A.; TEIXEIRA, L.A.; RODACKI, A.L.F. **Tipo de Filtro e Cálculo das Derivadas na Análise Cinemática.** In: XII Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2007, São Pedro-SP, Brasil. XII Congresso Brasileiro de Biomecânica, v. XII. p. 1-, 2007

PALMER, M. Lynn; EPLER, Márcia E. **Fundamentos das Técnicas de Avaliação Musculoesquelética.** 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 2000.

PAVANI, R. A.; QUELHAS O. G. – **A avaliação dos riscos ergonômicos como ferramenta gerencial em saúde ocupacional,** XIII SIMPEP – Bauru, SP, Nov. 2006.

QUISENBERRY, S. **Hand and finger injuries in the coal mining industry: 1980-1984** (Mine Safety and Health Administration Technical report PC 7004). Denver, CO: MSHA. 1985.

ROCKWELL, T. H. **An valuations of hazards in the use of railroad portable hand tools: Phase I report.** Columbus, OH: R & R Research, Inc 1982.

SAAD, V. L., **Análise ergonômica do trabalho do pedreiro: o assentamento de tijolos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica do Paraná, Campus Ponta Grossa, Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Ponta Grossa, 2008.

SHUVAL, K.; DONCHIN, M. **Prevalence of upper extremity musculoskeletal symptoms and ergonomic risk factors at a Hi-Tech company in Israel.** International Journal of Industrial Ergonomics, v. 35, p. 569-581, 2005.

TEIGER, C. **Le travail, cet obscur objet de l'ergonomie.** In **Actes du Colloque Interdisciplinaire "Travail: Recherche et Prospective "**- Thème Transversal no 1 - Concept de Travail. CNRS, PIRTTM, ENS de Lyon. 111-126, 1992.

VIEIRA, E. R. **Análise da confiabilidade de equipamentos e métodos para medir o movimento de flexão anterior da coluna lombar.** São Carlos: UFSCAR, 2006.

VILELA JUNIOR, G. B.; HAUSER, M. W.; DAGNONE FILHO, D.; OLIVEIRA, A. L.  
**Cinesiologia. 1. ed.** Ponta Grossa: UEPG, 2012. v. 1. 195p.

WILSON, J. e CORLETT, N. **Evaluation of Human Work: A Practical Ergonomics Methodology.** London: Taylor e Francis, 1119 p., 1995.



**APÊNDICE A - TCLE****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE****UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA-UNIMEP****FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE-FACIS****MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**Pesquisa:** “A análise cinemática e ergonômica de colaboradores de uma empresa de mineração”.

**Pesquisador responsável:** Prof. Dr. Guanis de Barros Vilella Júnior

***Termo de Consentimento Livre e Esclarecido a ser assinado pelos pais e/ou responsáveis e pelos estudantes participantes desse estudo***

Essas informações estão sendo fornecidas para a participação voluntária do senhor colaborador da Empresa XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, para realizar as filmagens dos movimentos específicos a serem estudados, os movimentos serão os corriqueiros do dia a dia desta função, não tendo nenhuma atividade que vai requerer treinamento ou aprendizagem do mesmo. A coleta de dados será realizada pelo pesquisador Prof. Esp. Francisco Paulino de Abreu Neto, sob orientação, supervisão e responsabilidade do Prof. Dr. Guanis de Barros Vilella Júnior.

Caso aconteça qualquer acidente, as providências serão tomadas de acordo com os procedimentos éticos de forma a garantir a integridade física e psicológica dos mesmos.

Os senhores serão informados dos resultados de todos os processos, etapas de avaliação, bem como dos resultados finais do estudo. Se houver qualquer dúvida em relação aos procedimentos, etapas, resultados, os senhores podem e devem procurar pelo Prof. Esp. Francisco Paulino de Abreu Neto, tel.: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, e pelo Prof. Dr. Guanis de Barros Vilella Júnior, do programa de Mestrado em Educação Física da Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo, nos tel: (19) 3124-1515 – Ramal 1239 e (19) 3124-1609 / 3124-1659.

Os senhores podem desistir de participar desse estudo a qualquer momento, sem quaisquer prejuízos aos mesmos. Todas as informações serão mantidas em sigilo e os dados utilizados apenas para fins didáticos e de pesquisa.




---

Prof. Dr. Guanys de Barros Vilela Júnior

Professor Responsável

Acredito ter sido suficientemente esclarecido a respeito das informações que foram lidas por mim, descrevendo o estudo que visa analisar a os riscos de lesões músculos esqueléticas relacionado ao seu movimento de trabalho. Os propósitos desse estudo, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes ficaram claros para mim. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso aos dados da pesquisa quando julgar necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e posso retirar meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades, prejuízos ou perdas e se decidir desistir, informarei o pesquisador Prof. Esp. Francisco Paulino de Abreu Neto e/ou o professor Dr. Guanys de Barros Vilela Júnior.

“Eu \_\_\_\_\_, residente à \_\_\_\_\_, telefone: \_\_\_\_\_, funcionário do setor da Usina da empresa XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX declaro que também tomei conhecimento do estudo e decidi dele participar, dando meu consentimento livre e esclarecido para efetuação do estudo”.

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste responsável do voluntário para a participação neste estudo.

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

Assinatura do Colaborador Funcionário

## **APÊNDICE B – Autorização da Empresa.**

### **AUTORIZAÇÃO JUNTO À EMPRESA ELFUSA ELETROFUSÃO LTDA**

**Nome da instituição:- XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX**

**Solicitamos que leia o material a seguir, para garantir que seja informado sobre a natureza deste estudo de pesquisa e sobre a participação desta instituição.**

Este estudo será realizado na instituição XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX pelo pesquisador Prof. Esp. FRANCISCO PAULINO DE ABREU NETO, aluno de Mestrado, linha de pesquisa Movimento Humano e Saúde, na Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, sob a orientação do Prof. Dr. Guanis de Barros Vilella Júnior.

#### **Objetivos do estudo**

Este trabalho tem como objetivo analisar tridimensionalmente o movimento de golpear pedras e retirá-las do solo no trabalho dos funcionários da marroagem no setor da Usina desta empresa.

#### **Cuidados Prévios e Liberdade do Sujeito**

Antes de o estudo ser iniciado, será encaminhado ao colaborador o termo de consentimento livre e esclarecido, para que obtenhamos a autorização dos mesmos a participarem do estudo. Esclarecemos também, que a participação é voluntária e de livre adesão, podendo os participantes se retirarem a qualquer momento, não perdendo seus benefícios na empresa, como também não afetando seu relacionamento com os outros colaboradores.

No entanto, caso algum colaborador venha a participar da pesquisa e depois desejar sair, solicitamos a gentileza de nos informar.

#### **Benefícios do Estudo**

Este estudo tem como benefício, analisar tridimensionalmente o movimento realizado pelos colaboradores dentro do seu ambiente de trabalho, sabemos que o movimento de golpear as pedras e retirá-las do solo é um movimento muito perigoso para

saúde músculo esquelética do mesmo, portanto a idéia de estudar este movimento será com o intuito de poder após o estudo saber exatamente qual estrutura será possivelmente mais prejudicada e que possíveis alterações no sistema de trabalho poderão ser sugeridas.

### **Confidencialidade (garantia de sigilo)**

A menos que seja solicitado por lei, somente o responsável pelo estudo, seus agentes e os comitês de ética terão acesso às informações confidenciais que identifica esta instituição. Para o caso de haver interesse da divulgação do nome da instituição em algum relato de experiência vivida, deverá ocorrer mediante autorização por escrito do responsável pela instituição.

### **Forma de Ressarcimento de despesas**

A instituição não terá nenhum ressarcimento de despesas, haja vista que a mesma não efetuará nenhum investimento na realização da pesquisa.

### **TERMO DE ADESÃO**

Antes de conceder a autorização para que esta instituição participe deste estudo, através da assinatura deste documento, a instituição, através de seu representante legal, foi devidamente informada acerca dos objetivos, métodos, procedimentos, riscos e benefícios decorrentes desta adesão e declara que estará participando do mesmo.



-----de-----de-----

Nome do representante legal:- -----

Assinatura:- -----



## ANEXO A – CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA.

 <p><b>UNIMEP</b> Universidade Metodista de Piracicaba</p>	<p>Comitê de Ética em Pesquisa CEP-UNIMEP</p>
<h1>Certificado</h1>	
<p>Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado “<i>Análise cinemática e ergonômica de colaboradores de uma empresa de mineração</i>”, sob o protocolo nº 32/12, do pesquisador <b>Prof. Guanís de Barros Vilela Júnior</b> esta de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/1996, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNIMEP.</p>	
<p>We certify that the research project with title “<i>Kinematics and ergonomic analysis of employees of a mining company</i>”, protocol nº 32/12, by Researcher <b>Prof. Guanís de Barros Vilela Júnior</b> is in agreement with the Resolution 196/96 from Conselho Nacional de Saúde/MS and was approved by the Ethical Committee in Research at the Methodist University of Piracicaba – UNIMEP.</p>	
 <p>Prof. Rodrigo Batagello Coordenador CEP - UNIMEP</p> <p>Piracicaba, 22 de maio de 2012</p>	

ANEXO C – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA CPAQV.

## **A ANÁLISE ERGONÔMICA DE COLABORADORES DE UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO**

Francisco Paulino de Abreu Neto<sup>1</sup>  
Heleise Faria dos Reis de Oliveira<sup>2</sup>  
Gustavo Celestino Martins<sup>3</sup>  
Guanis de Barros Vilela Junior<sup>4</sup>

1. Discente do Curso de Pós-Graduação - Mestrado na UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba, Docente na FEUC – Faculdade Euclides da Cunha, São José do Rio Pardo.
2. Bolsista da CAPES (Doutorado em Ciências do Movimento na UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba), Docente da UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa.
3. Discente do Curso de Pós-Graduação - Doutorado na UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba, Docente na FEUC – Faculdade Euclides da Cunha, São José do Rio Pardo.
4. Docente do Curso de Pós-Graduação Mestrado e Doutorado em Ciências do Movimento Humano na UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba.

### **Endereço para correspondência:**

Francisco Paulino de Abreu Neto  
Universidade Metodista de Piracicaba  
Rodovia do Açúcar Km 156, Bloco 7, Sala 32, Taquaral  
13400-911 - Piracicaba, SP – Brasil  
E-mail: corpusanis@gmail.com

## RESUMO

O objetivo da ergonomia é adaptar o trabalho ao homem, e deve-se envolver a situação de trabalho com uma produção maior, e com condições melhores, a compreensão da interação entre seres humanos aos elementos do sistema, visa aperfeiçoar o bem estar humano e o desempenho global dentro da atividade do laboro. **OBJETIVO** – O objetivo desta pesquisa foi realizar uma análise ergonômica em uma empresa do ramo de mineração, através do protocolo OWAS (Ovako Working Posture Analysing System), para identificação das fases do movimento proposto e da necessidade de eventuais intervenções no ambiente laboral que possam propiciar estratégias posturais menos lesivas. **MÉTODO** - Pesquisa qualitativa, transversal, de amostra intencional composta por cinco sujeitos com idade média de 31,1(±5,3) anos. O nível de significância foi de  $p < 0,05$  e constatada a não normalidade dos dados, foram aplicados testes não paramétricos para comparar os resultados ergonômicos entre o início e final do turno. **RESULTADOS** - No protocolo OWAS apenas a fase 3 do movimento de marretar e na fase 2 para o movimento de retirada da pedra do solo, apresentaram risco imediato de lesões, sendo necessárias intervenções o mais breve possível. Para a análise estatística os resultados do teste de Kendall para a ergonomia, mostraram que não houve diferença significativa entre o início e final do turno, para os resultados do OWAS.

**Palestras chave:** ergonomia, qualidade de vida, mineração.

## ABSTRACT

The goal of ergonomics is to adapt the work to the individual , and should involve the work situation with a higher yield and better conditions , understanding the interaction between human beings to the elements of the system , aims to improve human well-being and performance within the global work activity. **OBJECTIVE** - The objective of this research was to conduct ergonomic analysis in a company in the mining sector through (Ovako Working Posture Analyzing System) OWAS protocol to identify the phases of the proposed movement and the need for possible interventions in the work environment that may provide less harmful postural strategies. **METHOD** - Qualitative research , cross , intentional sample of five subjects with a mean age of 31.1 ( ± 5.3 ) years. The level of significance was  $p < 0.05$  and found the non-normality of the data nonparametric tests were applied to compare the results between the ergonomic beginning and end of shift. **RESULTS** - OWAS protocol only in phase 3 of the movement break stone and phase 2 for the motion to withdraw the stone ground had an immediate risk of injury , interventions are needed as soon as possible , for the statistical analysis of the results of the Kendall test for ergonomics showed no significant difference between the beginning and end of turn for the results of OWAS

**Key lectures:** ergonomics, quality of life, mining.



## 1. INTRODUÇÃO

A Ergonomia tem como objeto de estudo a interação entre o trabalhador e o laboro, recorrendo a estratégias qualitativas e quantitativas. Através da análise ergonômica, é possível compreender e identificar quais são os principais aspectos deletérios desta interação, de modo a estabelecer ações que minimizem o acometimento de doenças ocupacionais.

O uso inadequado de produtos mal projetados pode causar sérios problemas à saúde do trabalhador; preferencialmente, essas condições deveriam ser pensadas na fase inicial de cada projeto, diminuindo, assim, os problemas futuros na hora do uso (1).

Uma das principais dificuldades em projetos de ergonômicos é o fato de que o sentar-se é comumente visto como atividade estática, enquanto, na realidade, ela é dinâmica. Assim, é essencial que sejam utilizados dados antropométricos adequados, para se obterem as medidas e os espaços livres necessários para a movimentação do usuário (2).

Não foram encontrados critérios de avaliação de risco que podem atender completamente todos os critérios, apesar disso, alguns deles se apresentam mais completos em sua formulação, tanto pelo número e o tipo de determinantes do risco em questão, quanto pela abordagem metodológica que a segue. Entretanto, apesar da evolução tecnológica ter trazido consigo uma infinidade de equipamentos e dispositivos mecânicos para auxiliar o trabalhador, existem atividades que ainda dependem puramente do esforço físico do homem (3).

Dentre estas, encontra-se a manipulação e transporte manual de cargas. Em trabalhos não estruturados, especialmente em indústrias de serviços, como é o caso do setor de mineração, sendo a automação de difícil implantação (4).

O que ocorre um aumento significativo no número de lesões músculo-esqueléticas e aparecimento de fadiga, em relação as seguintes variáveis do esforço: carga; volume; posição; frequência e duração da atividade (4).

Um programa de avaliação ergonômica se enquadra em 3 tipos de elementos principais, 1) identificar a prevalência do problema músculo esquelético, 2) analisar os fatores que expõem o indivíduo ao esforço, 3) avaliar para determinar o grau de risco (4).

O manuseio manual de cargas pesadas tem sido uma das causas frequentes, de traumas dos trabalhadores (5).

Desta forma, propor dificuldades geríveis significa, por um lado, dar acesso a recursos sociais cognitivos ou físicos apropriados e, por outro lado, conceber um nível adequado de exigência da tarefa. Uma das fontes do estresse é com efeito, o desequilíbrio entre recursos e exigências; uma tarefa muito exigente e recursos insuficientes, sendo dessa maneira necessária uma avaliação ergonômica de todo o sistema (5).

Índices de 20% dos afastamentos do trabalho e 50% das solicitações de aposentadorias precoces, têm como origem, lesões nos discos intervertebrais (6).

A Previdência Social brasileira reconhece que as lesões do sistema musculoesquelético constituem-se como as mais importantes causas das doenças ocupacionais, sendo responsáveis por 70% dos afastamentos do trabalho (7).

O prejuízo à saúde se dá através de uma combinação de fatores, como intensidade da força aplicada, duração do esforço, posturas, velocidade em que o trabalho é realizado (8).

O presente estudo pretende atender pelo menos um desses elementos principais; o de avaliar para determinar o grau de intervenção; dessa forma iremos verificar através da utilização do protocolo de análise ergonômica OWAS, se há diferença entre o início e o final do turno de trabalho, serão analisadas fases dos movimentos de marretar a pedra e retirá-las do solo identificando se a repetição, o estresse a fadiga da jornada de trabalho de 8 horas interfere no padrão de movimento e de possíveis riscos ao colaborador.

## **2. MÉTODOS**

### **2.1 – Casuística**

A pesquisa se caracteriza como descritiva transversal, de análise qualitativa, com colaboradores de uma empresa brasileira, com o objetivo de realizar uma análise ergonômica, utilizando o protocolo OWAS, (9) em uma empresa de mineração do interior do estado de São Paulo, bem como, analisar as situações de execução de movimentos rotineiros de um dia comum de trabalho e identificar se houve alguma diferença de intervenção entre o início e término do expediente.

### **2.2 – Sujeitos**

A pesquisa foi realizada em uma empresa de mineração, na cidade de São João da Boa Vista - SP. A amostra escolhida foi constituída por cinco colaboradores

do sexo masculino, do setor de usinagem chamados de “marroeiros”, (com idade média de 31,1 anos ( $\pm 5,30$ ), massa corporal média de 75 kg ( $\pm 0,06$ ); estatura média de 1,73 metros ( $\pm 0,04$ ), sendo todos praticantes de ginástica laboral que efetuam o trabalho dentro do setor da marroagem. Todas as atividades eram realizadas em turnos de 8hs, com intervalo de 15 minutos a cada 2 horas de trabalho, e com o período de 1 hora de almoço, além de participarem de ginástica laboral por 10 minutos; no início do turno de trabalho e 10 minutos no final do turno de trabalho.

### **2.3 - Instrumento**

Em virtude da necessidade de se identificar e avaliar as posturas inadequadas durante a execução de uma tarefa, que podem em conjugado com outros fatores, causar o advento de problemas músculo-esqueléticos, gerando incapacidade para o trabalho, absenteísmo e custos adicionais ao processo produtivo foi escolhido para a análise ergonômica o protocolo OWAS, no método OWAS a atividade pode ser subdividida em várias fases e posteriormente categorizada para a análise das posturas no trabalho (10). Dessa maneira realizou-se uma análise ergonômica, em uma empresa de mineração, a Figura 1, mostra esquematicamente as diferentes posições e cargas utilizadas no protocolo OWAS. Para cada conjunto de dados determina-se um código de quatro dígitos para uma escala que varia de 1 (um) condição aceitável, tanto da postura quanto para a aplicação de força, à 7 (sete), pior condição para membros inferiores (10). Por exemplo, na sequência 1-2-3-2; o dígito 1 indica que o dorso se encontra na posição ereta; o dígito 2 indica que os um dos braços se encontra no nível, ou acima da linha dos ombros; o dígito 3 indica que o sujeito se encontra de pé com o peso sobre um dos pés; o dígito 2 indica que a carga possui entre 10 e 20 kg.


















DORSO	M. SUPERIORES	M. INFERIORES		CARGA
Ereto - 1 	Braços abaixo dos ombros - 1 	Sentado - 1 	De pé, joelhos flexionados - 4 	≤ 10 Kg - 1 
Inclinado - 2 	Um braço no nível ou acima dos ombros - 2 	De pé, joelhos estendidos - 2 	De pé, um joelho flexionado - 5 	De 10 a 20 Kg - 2 
Ereto e rotacionado - 3 	Braços no nível ou acima dos ombros - 3 	De pé, peso sobre um deles - 3 	Ajoelhado em pelo menos um joelho - 6 	> 20 Kg - 3 
Inclinado e rotacionado - 4 			Andando - 7 	

Figura 1 – Segmentos corporais, posturas e carga consideradas no OWAS

Após a etapa de mapeamento, os valores encontrados são confrontados com uma tabela de categorização que associa a postura dos segmentos e carga, obtendo um resultado final que indica a determinação do nível de risco.

O Quadro 1 é utilizado para categorização do nível de intervenção segundo protocolo OWAS.

CATEGORIAS DE AÇÃO	
1	Não são necessárias medidas corretivas
2	São necessárias medidas corretivas em futuro próximo
3	São necessárias medidas tão logo quanto possível
4	São Necessárias medidas corretivas imediatas

Quadro 1 – Categorização do nível de intervenção para cada fase do movimento.

Para análise da tarefa e conseqüente categorização através do protocolo OWAS a mesma foi dividida em dois movimentos, a saber: 1) a marretada e 2) a retirada da pedra do solo para a caçamba.

O movimento de marretar a pedra foi dividido em 4 fases conforme figura 2:



Figura 2 – Fases do Movimento da Marretada

Fase 1, movimento de empunhadura do implemento marreta;

Fase 2, elevação do implemento marreta;

Fase 3, descida do implemento marreta;

Fase 4, impacto do implemento marreta com a pedra.

O movimento de retirada da pedra em 2 fases, conforme figura 3:



Figura 3 – Fases do Movimento de Retirar a pedra do solo.

Fase 1, movimento de retirada da pedra do solo;

Fase 2, movimento de jogar a pedra na caçamba.

Para tabulação dos dados foi utilizado o programa Microsoft Excel for Windows versão 2010, e o tratamento estatístico foi realizado no Software SPSS 20.0, através de testes não paramétricos. O trabalho foi aprovado no Comitê de Ética da UNIMEP, sob o protocolo nº 32/12, de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/1996.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Feita a categorização seguindo o protocolo de ergonomia OWAS, foram constatados os resultados para o início do turno de trabalho, para a fase 1 (empunhadura na marreta), 2 (elevação da marreta) e 4 (impacto da marreta com a pedra) 60% categorização 3 (são necessárias medidas tão logo quanto possível), na fase 3 (força para marreta alcançar o impacto) obteve 80% categorização 3.

Para o movimento de retirar as pedras do solo foi observado os seguintes resultados, fase 1 (retirada da pedra do solo) e fase 2 (jogar a pedra na caçamba) obteve 80% categorização 3 (são necessárias medidas tão logo quanto possível). Esse percentual apresentado demonstra que a fase 3 do movimento de marretar e fase 2 da retirada do solo é altamente lesiva ao trabalhador e seguindo o protocolo OWAS requer medidas corretivas tão logo quanto possível.

Para a análise estatística foi utilizado o teste de Kendall (11) para comparar o início com o final do turno de trabalho. Foram realizadas as comparações por segmentos sendo eles: Dorso Início x Final; Membros Superiores Início x Final; Membros Inferiores Início x Final; e Carga Início x Final.

Conforme demonstrado na Tabela 1 não foram encontradas diferenças significativas entre o início e o final do turno de trabalho em nenhum segmento estudado pelo protocolo OWAS.

TABELA 1 – Comparação do Segmento Dorso, Membros Superiores, Membros Inferiores e Carga para Início x Final do turno de trabalho.

<b>Segmentos</b>	<b>P</b>
<b>Dorso</b>	0,564
<b>Membros Superiores</b>	0,655
<b>Membros Inferiores</b>	0,765
<b>Carga</b>	1,000

$p \leq 0,05$

#### Conclusão

Os colaboradores executam suas operações com uma elevada frequência de repetições do mesmo gesto motor, durante sua jornada de trabalho, além da constante adoção de posturas incômodas, com manuseio periódico de cargas e giro constante das articulações (12).

A consciência aguda do risco do trabalho, obriga o colaborador a tomar tantas precauções individuais que ele se tornaria ineficaz do ponto de vista da produtividade. Por outro lado, para uma atitude preventiva é interessante para que se detecte o risco, pois caso não identificado, poderá não assumir uma atitude postural defensiva, maximizando os índices de lesões no ambiente laboral, o que não é favorável à empresa, menos ainda, ao funcionário (13).

Desta forma, já que o objetivo da ergonomia é adaptar o trabalho ao homem, e não o homem ao trabalho, o recente estudo demonstra a necessidade de alterações em algumas das fases das posturas de marretar a pedra e também, a de retirá-la do solo, posturas estas que foram constatados riscos de eventuais lesões; devido à sobrecarga de tronco, muitas vezes alguns movimentos não possuem a possibilidade de alteração na sua mecânica sendo necessária a substituição da execução da tarefa por máquinas que facilitem o trabalho, portanto é oportuno nessa ocasião o investimento em maquinário para a realização das quebras das pedras e para a retirada das pedras do solo, deixando ao trabalhador a tarefa de manusear as máquinas e corrigir possíveis problemas, com isso já diminuiria e muito o risco de lesões devido a exposição a posturas com um alto risco de lesão.

## **REFERÊNCIAS**

1. IIDA I. Ergonomia Projeto e Produção. 2a edição revisada e ampliada : Editora Edgard Blücher, 2005.
2. COUTO, H. de A. Ergonomia Aplicada ao Trabalho: O Manual Técnico da Máquina Humana. Belo Horizonte: Ergo, 1995.
3. CHAFFIN, Gunnar B.J. Andersson, Bernard. Martin, Occupational Biomechanics, Fourth Edition, Chicago: John Wiley & Sons, Inc. 2006.
4. COLOMBINI, D., *Il método ocrá per l'analisi e la prevenzione del rischio da movimenti ripetuti*. Milão: Franco Angeli, 2005.
5. CHAFFIN, Gunnar B.J. Andersson, Bernard J. Martin, J. Biomecânica ocupacional. Belo Horizonte: Ergo, 2001.
6. IIDA, I. Ergonomia: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

7. GRANDJEAN, E. Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
8. CARNEIRO, D.; O custo das LER. Revista Proteção, p. 74-77, 1997.
9. PAVANI, R. A.; Quelhas O. G., A avaliação dos riscos ergonômicos como ferramenta gerencial em saúde ocupacional, XIII SIMPEP – Bauru, SP, Nov. 2006.
10. KARHU, O.; Kansil; Kuorinka, I. Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. Applied Ergonomics, v. 8, n. 4, p. 199-201, 1977.
11. WILSON, J. e CORLETT, N. Evaluation of Human Work: A Practical Ergonomics Methodology. London: Taylor e Francis, 1995. 1119 p.
12. BISQUEIRA, Introdução à Estatística: Enfoque informático com o pacote estatístico SPSS – Porto Alegre: Artmed, 2007.
13. DEJOURS, C. Épistémologie concrète et ergonomie. In F. Daniellou (Org.), Lérgonomie en quête de ses principes: débats épistémologiques. Toulouse: Octares 1996.
14. FIEDLER NC, Venturoli F, Minetti LJ, Vale AT. Diagnóstico de fatores humanos e condições de trabalho em marcenarias do Distrito Federal. Revista Floresta. 2001; 31(12): 1-9. Acesso em: 04 abr 2013. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs-2.2.4/index.php/floresta/article/viewArticle/2335>



ANEXO D - MATÉRIA CEDIDA PARA REVISTA ONLINE DE MINERAÇÃO