



Ação Ergonômica
Revista da Associação Brasileira
de Ergonomia - ISSN 1519-7859



Mapeamento de Ferramentas de Avaliação Ergonômica

^{1*} Alison Alfred Klein; ² Maria Lucia Okimoto

Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR - Brasil.

^{1*} e-mail: alison.klein@ufpr.br

Resumo

Os ergonomistas utilizam em sua rotina diária instrumentos, que esses profissionais chamam de ferramentas de análise. Cada uma delas possui uma base científica e uma finalidade específica. O objetivo deste estudo foi realizar um mapeamento das ferramentas de ergonomia mais frequentemente citadas na literatura científica, com o intuito de detalhar e diferenciar as principais características. Após realizar uma revisão bibliográfica sistemática com as palavras-chave que indicam o uso de ferramentas e avaliação de risco ergonômico, foram mapeadas 82 ferramentas, das quais os autores deste artigo selecionaram as 10 mais citadas e realizaram uma investigação de suas principais características e funcionalidades. Concluímos então que cada uma dessas ferramentas tem sua finalidade específica, e a sobreposição de ferramentas indica uma falta de eficácia. Além disso, observamos ainda a grande influência dos analistas (dependência humana) sobre ferramentas não tecnológicas, indicando que o uso da tecnologia ainda não é totalmente aplicado à realidade do trabalho de maneira abrangente.

Palavras-chave: Ferramentas de Ergonomia, Análise de Postura de Trabalho, Distúrbios Musculoesqueléticos, Avaliação de Risco.

1. Introdução

Atualmente, a avaliação da interação entre seres humanos e trabalho é uma das principais tarefas dos ergonomistas. Entendendo que, na ergonomia, a postura e os movimentos dos trabalhadores são as principais informações que determinam o risco de desenvolvimento de lesões musculoesqueléticas, esses profissionais utilizam ferramentas para medir a exposição humana às condições de trabalho (Vieira e Kumar, 2004).

Conforme observado no Anuário de Saúde Brasil 2018, publicado pelo Ministério da Saúde, essas interações, quando não favoráveis aos seres humanos, podem causar diversos distúrbios. O documento aponta que, entre os anos de 2007 e 2016, foram registrados 67.599 casos de Distúrbios Musculoesqueléticos Relacionados ao Trabalho (DMERT). Além disso, destaca um crescimento significativo de 3.212 casos em 2007 para 9.122 em 2016 (Brasil, 2019).

Observa-se que as empresas, mesmo cumprindo a legislação, contratam profissionais de ergonomia para realizar a análise de estações de trabalho e medir os riscos existentes. Essas análises ergonômicas do trabalho (AET) são basicamente avaliações da tarefa, postura, movimentos e demandas físico-cognitivas do trabalhador (Iida, 2005; Mascle e Vidal, 2011). O objetivo do presente estudo foi realizar um mapeamento das ferramentas ergonômicas mais frequentemente citadas na literatura científica, além de detalhar e diferenciar as principais

características de cada uma dessas ferramentas.

2. Contexto

A ergonomia provavelmente começou a existir quando o homem pré-histórico escolheu alguma pedra que melhor se adequava à forma e movimentos de sua mão para usá-la como arma, para caçar, cortar e esmagar (Iida, 2005). De acordo com Couto (1995 e 1998), a ergonomia evoluiu a partir dos esforços do homem para adaptar ferramentas, armas e utensílios às suas necessidades e características. O termo ergonomia foi documentado pela primeira vez na Polônia em 1857, publicado por W. Jastrzebowski, mas apenas no próximo século o conceito ganhou força. Portanto, o conceito atual de ergonomia surgiu após a 2ª Guerra Mundial como resultado do trabalho interdisciplinar realizado por profissionais como engenheiros, fisiologistas e psicólogos que eram necessários para as soluções usadas durante a guerra para adaptar equipamentos aos usuários.

Wisner (1987) definiu a ergonomia como "um conjunto de conhecimentos científicos relacionados ao homem necessário para projetar ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser usados com o máximo conforto, segurança e eficácia".

Iida (2005) definiu a ergonomia no aspecto mais amplo do trabalho como a adaptação do trabalho ao homem, o que inclui todas as situações em que ocorre atividade produtiva, considerando os aspectos físicos, cognitivos e organizacionais. O mesmo autor expande o debate citando o conceito da Ergonomics Society of England: "Ergonomics is the study of the relationship between man and his work, equipment, environment, and particularly, the application of knowledge of anatomy, physiology, and psychology in solving problems that arise from this relationship".

Este artigo apresenta dados coletados em uma pesquisa posicionada dentro dos estudos de ergonomia física, que se preocupa com as características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica, relacionadas à atividade física. Tópicos relevantes incluem postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos e distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho, utilizando ferramentas que medem as exposições às quais os trabalhadores são submetidos (Iida, 2005).

Para conduzir o mapeamento, os autores escolheram a metodologia de Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), citada por Levy e Ellis (2006) e adaptada por Conforto, Amaral e Silva (2011). Este é um processo de coleta, conhecimento, entendimento, análise, síntese e avaliação de um conjunto de artigos científicos com o propósito de criar um background teórico-científico (estado da arte) sobre um determinado tópico, conforme descrito na figura 1:

Figura 1 - Fases da revisão bibliográfica sistemática

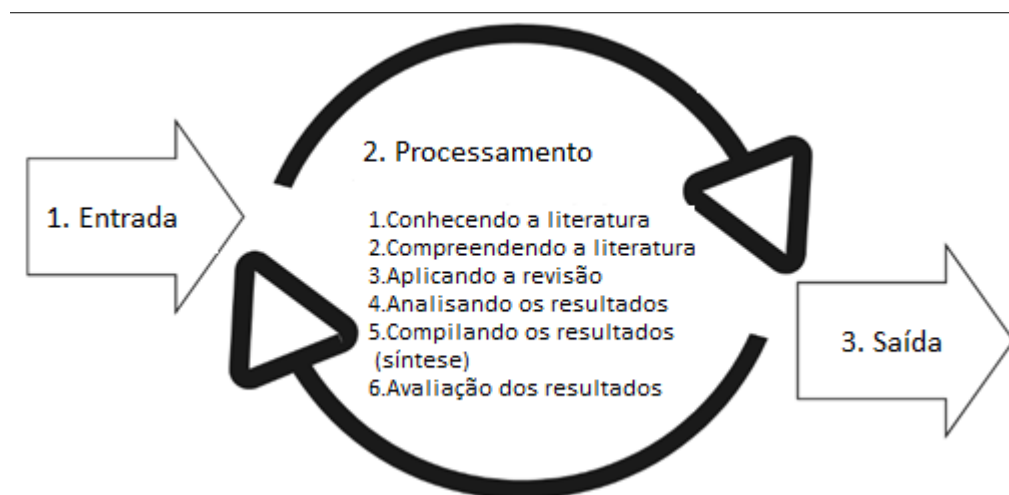
Fonte: Conforto, Amaral and Silva (2011).

3. Métodos

Desenvolvemos este artigo inicialmente realizando uma revisão da literatura, seguida por uma RBS, mapeando e descrevendo as ferramentas. Em seguida, tabulamos os dados e descrevemos cada uma das 10 ferramentas mais citadas, incluindo as características, pontos fortes e fracos das ferramentas mapeadas.

A RBS foi realizada utilizando o mecanismo de busca do site "periódicos.capes" (22 a 28/06/2020). Ao usar o filtro de palavras-chave "ergonomia", o sistema apresentou 4.385 artigos e, com palavras-chave adicionais (listadas na Tabela 1), os seguintes critérios de seleção foram aplicados: artigos revisados por pares, publicados em inglês, em revistas de todas as bases do site e publicados nos últimos 5 anos (2015-2020). O sistema forneceu 610 artigos:

Tabela 1. Lista de strings e número de artigos localizados.



| Strings | n |
|---|------------|
| Ergonomia + postura de trabalho | 25 |
| Ergonomia + Distúrbios Musculoesqueléticos | 271 |
| Ergonomia + Análise da Postura de Trabalho | 9 |
| Ergonomia + Métodos de Avaliação de Risco | 27 |
| Ergonomia + Avaliação de Risco | 137 |
| Postura de trabalho + Distúrbios Musculoesqueléticos | 12 |
| Postura de trabalho + Análise da Postura de Trabalho | 30 |
| Postura de trabalho + Métodos de Avaliação de Risco | 2 |
| Postura de trabalho + Avaliação de Risco | 11 |
| Distúrbios Musculoesqueléticos + Análise da Postura de Trabalho | 5 |
| Distúrbios Musculoesqueléticos + Métodos de Avaliação de Risco | 12 |
| Distúrbios Musculoesqueléticos + Avaliação de Risco | 60 |
| Total | 610 |

Fonte: Autores (2021)

Nas etapas seguintes, foram identificadas as ferramentas utilizadas em cada artigo. A leitura dos artigos revelou que a maioria deles não menciona as ferramentas utilizadas nem no título, nem nas palavras-chave. Uma pequena parte dos artigos menciona essa informação no resumo, sendo assim, para identificar as ferramentas aplicadas, foi necessário ler a metodologia de cada artigo. Ao realizar a seleção dos artigos de acordo com as ferramentas utilizadas, foram listadas 82 ferramentas distribuídas em 220 artigos.

Após essa etapa, a frequência de citação de cada ferramenta foi contada, e as 10 ferramentas mais citadas foram selecionadas, correspondendo a 72% das citações, indicando as seguintes ferramentas mostradas na Tabela 2.

As ferramentas selecionadas neste processo foram categorizadas e analisadas pelos seguintes aspectos: Metodologia de avaliação; Riscos focados; Tarefas aplicáveis; Precisão relacionada; Vantagens; Limitações; Estudo de campo versus laboratório; Tipo de ferramenta; Custos; Tempo/trabalho.

Os resultados são apresentados e discutidos no Capítulo 4.

Parte superior do formulário

Tabela 2. Relação das principais ferramentas identificadas.

| | Ferramenta de Avaliação | n | % |
|----|--------------------------------|------------|------------|
| 1 | NORDIC | 45 | 14% |
| 2 | RULA | 45 | 14% |
| 3 | REBA | 34 | 10% |
| 4 | OWAS | 26 | 8% |
| 5 | EMG | 23 | 7% |
| 6 | Kinematics | 17 | 5% |
| 7 | OCRA | 14 | 4% |
| 8 | NIOSH | 13 | 4% |
| 9 | IMU | 11 | 3% |
| 10 | Strain Index | 8 | 2% |
| | Total | 236 | 72% |

Fonte: Autores

4. Resultado e Análise

Na Tabela 3, os autores apresentam os resultados encontrados, listados por ano de publicação. Pode-se observar uma concentração de publicações na década de 1990, devido a um conjunto de estudos que buscavam desenvolver uma ferramenta para estudar e analisar a força repetitiva e distúrbios musculoesqueléticos nesse período.

Tabela 3. Relação das principais ferramentas identificadas e seus respectivos anos de publicação.

| Ferramenta | Ano de Publicação | Referência |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------|
| EMG | 1968 | FAULKNER, 1968 |
| OWAS | 1977 | KARHU <i>et al.</i> , 1977 |
| NIOSH | 1981 | NIOSH, 1981 |
| NORDIC | 1987 | KUORINKA <i>et al.</i> , 1987 |
| RULA | 1993 | MCATAMNEY and CORLETT, 1993 |
| Kinematics | 1993 | ROEBUCK, 1993 |
| Strain Index | 1995 | MOORE and GARG, 1995 |
| OCRA | 1998 | COLOMBINI, 1998 |
| REBA | 2000 | HIGNETT and MCATAMNEY, 2000 |
| IMU | 2009 | BREEN <i>et al.</i> , 2009 |

Fonte: Autores (2020)

Com base nos dados apresentados na Tabela 3, os autores mapearam as principais características e o uso das ferramentas nas publicações encontradas:

5.1. Mapeamento das Referências

EMG – Surface Electromyography

Os primeiros registros encontrados durante a pesquisa atual remontam a 1968 com a pesquisa "Eletromiografia e o estudo do trabalho" de Faulkner no Encontro Nacional do American Institute of Industrial Engineering. Já em 1973, Khalil traz uma nova técnica para a avaliação de designs industriais, baseada em registros eletromiográficos dos músculos envolvidos na execução da tarefa pretendida. Um circuito híbrido de computador quantifica o

esforço muscular total despendido na execução da tarefa industrial e seleciona o design que otimiza essa medição. A metodologia provou ser eficaz na avaliação do esforço associado a tarefas estáticas e dinâmicas, demonstrando assim que pode ser aplicada em uma multiplicidade de situações.

Na saúde ocupacional, o músculo trapézio superior (TS) é geralmente investigado por EMG de superfície porque é um músculo superficial, e sua atividade é influenciada por dor no pescoço ou ombro. A relação entre EMG e força é fortemente dependente do controle muscular pelo sistema nervoso central. Isso pode mudar dependendo da dor ou fadiga muscular (Troiano et al., 2008).

A fadiga muscular consiste em fenômenos mioelétricos e mecânicos, sendo os primeiros precedentes dos últimos. A manifestação mioelétrica da fadiga inclui adaptações musculares "periféricas" e "centrais". Indicações interessantes foram obtidas a partir de estudos de EMG sobre a distribuição do tipo de fibra muscular, previsão do tempo de resistência (TR) e condições patológicas. Para aumentar a confiabilidade das informações extraídas do EMG, sistemas de detecção têm sido aplicados recentemente (Troiano et al., 2008).

Sensores de EMG de superfície são mais adequados para medir as forças musculares no local de trabalho sem interferir nos padrões normais de movimento de um trabalhador. Equipamentos de monitoramento de EMG fornecem dados focados em apenas um fator de risco, mas com um alto nível de detalhe. Além disso, várias métricas (média, picos, percentis, exposição cumulativa, taxa de mudança) podem ser investigadas por meio do EMG, com a desvantagem de ser uma solução cara em comparação com os métodos tradicionais de observação. O EMG pode ser usado como uma ferramenta para avaliações não padronizadas. Considerando a avaliação de EMG no contexto de métodos de pontuação padrão, ela tem sido usada para complementar uma versão modificada do sistema de pontuação RULA e como alternativa à inspeção visual de acordo com a escala de BORG, uma vez que é mostrado que as duas avaliações estão fortemente correlacionadas (Peppoloni et al., 2016).

OWAS - (Ovako Working Posture Analysing System)

O método OWAS foi desenvolvido na Finlândia entre 1974 e 1978 pelos pesquisadores Karhu, Kansii e Kuorink para ser utilizado por engenheiros como parte da rotina diária ou como uma ferramenta analítica separada. O método é baseado em amostragem de trabalho (amostragem em intervalos variáveis ou constantes) e fornece a frequência do tempo gasto em cada postura. As posturas são classificadas, e seu desconforto é avaliado para que um guia sistemático para ação corretiva possa ser construído (Karhu et al., 1977).

Para avaliar cada postura do ponto de vista do desconforto causado e do efeito na saúde, foi estabelecido um sistema de classificação para cada postura usando um design esquemático. A escala de classificação de quatro pontos empregada tinha os seguintes extremos: "postura normal sem desconforto e sem efeito na saúde" e "postura extremamente ruim, exposição breve leva a desconforto, possíveis efeitos prejudiciais à saúde". A partir das classificações dos trabalhadores, uma classificação média foi calculada para cada postura e uma ordem de classificação foi estabelecida (Karhu et al., 1977).

Com base em papel e caneta, o método observacional OWAS com um intervalo de amostragem de 25 segundos é fácil de usar e permite uma avaliação rápida. O método OWAS é baseado na classificação de posturas diferentes para as costas (neutra, inclinada para frente, torcida, dobrada e torcida), braços (ambos os braços abaixo dos ombros, um braço acima dos ombros, ambos os braços acima dos ombros), pernas (sentado, em pé com ambas as pernas estendidas, em pé com uma perna estendida, em pé com um joelho dobrado, em pé com ambos os joelhos dobrados, ajoelhado, andando) e a força/carga (menos de 10 kg, entre 10 e 20 kg, mais de 20 kg) presente durante a tarefa (Lasota, 2020).

O framework proposto é fácil de entender e aplicar, podendo atender totalmente às expectativas dos profissionais. Além disso, para garantir uma certa qualidade ergonômica na fase de design, modelagem digital humana e métodos como OWAS ou RULA podem ser usados no ambiente virtual (Lasota, 2020).

O método OWAS apresenta um alto grau de generalidade e uma baixa sensibilidade em relação ao manuseio de cargas, não levando em consideração aspectos como vibração e gasto de energia. Ele propõe a análise da postura sem considerar a região cervical, pulsos e antebraços, tornando-se inviável quando a postura deitada é assumida. Para a análise de postura, força e fase de trabalho, é necessário observar as amostras de atividades coletadas por filmagens e observações diretas e fazer estimativas do tempo durante o qual as forças são exercidas e as posturas assumidas. Além disso, as fases selecionadas para análise são aquelas que o observador considera de maior relevância para o trabalhador, conferindo ao método uma característica de subjetividade, uma vez que diferentes observadores considerarão diferentes fases (Souza; Rodrigues, 2006).

NIOSH – National Institute of Safety Health

O Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) desenvolveu pela primeira vez uma equação em 1981 para auxiliar profissionais de segurança e saúde na avaliação das demandas de levantamento no plano sagital (NIOSH, 1981). A equação de levantamento foi amplamente utilizada por profissionais de saúde porque fornecia um método empírico para calcular um limite de peso para levantamento manual. Este limite tem se mostrado útil na identificação de trabalhos que representam risco para o sistema musculoesquelético. No entanto, a equação de 1981 só podia ser aplicada a um número limitado de tarefas de levantamento, ou seja, tarefas de levantamento sagital, portanto, a equação foi revisada e expandida em 1991 (Waters et al., 1993).

A equação de levantamento de 1991 reflete novas descobertas, fornece métodos para avaliar tarefas de levantamento assimétricas, objetos acoplados à mão e oferece procedimentos novos para avaliar uma gama mais ampla de durações e frequências de levantamento do que a equação anterior. O objetivo de ambas as equações é prevenir ou reduzir a ocorrência de dor lombar relacionada ao levantamento de peso entre os trabalhadores. O benefício adicional desta equação é o potencial para reduzir outros distúrbios ou lesões musculoesqueléticas associadas a algumas tarefas de levantamento, como dor no ombro ou braço. Três critérios (biomecânicos, fisiológicos e psicofísicos) foram usados para definir os componentes da equação original e revisada de levantamento (Waters et al., 1993).

A equação de levantamento é uma ferramenta especializada de avaliação de riscos. Como qualquer ferramenta especializada, sua aplicação é limitada às condições para as quais foi projetada. Especificamente, a equação de levantamento é projetada para atender a critérios selecionados relacionados ao levantamento que abrangem biomecânica, fisiologia do trabalho e dados psicofísicos. Na medida em que uma determinada tarefa de levantamento reflete com precisão essas condições e critérios, essa equação de levantamento pode ser aplicada adequadamente (Waters et al., 1993).

Limitações: A equação assume que atividades de manuseio manual, além do levantamento, são mínimas e não exigem um gasto significativo de energia, especialmente quando tarefas repetitivas de levantamento são realizadas. Não inclui fatores de tarefa para contabilizar condições imprevistas, como cargas inesperadamente pesadas, escorregões ou quedas. Não é projetada para avaliar tarefas que envolvem levantamento com uma mão, levantamento sentado ou ajoelhado, levantamento em um espaço de trabalho restrito, levantamento de pessoas, levantamento de objetos extremamente quentes, frios ou contaminados, levantamento de barris, escavação ou levantamento em alta velocidade. Assume que tarefas de levantamento e abaixamento têm o mesmo nível de risco (Waters et al., 1993).

Na versão revisada, a equação do NIOSH apresenta o conceito de Limite de Peso Recomendado (LPR). Duas outras variáveis de tarefa, assimetria do tronco e acoplamento manual, foram introduzidas na equação revisada, além de localização horizontal e vertical, distância de deslocamento, frequência de levantamento e duração do trabalho de levantamento. Estabelece um nível de segurança e limite de carga no manuseio (Fox et al., 2019).

Nordic Questionnaire

Desenvolvida em 1987, esta ferramenta utiliza questionários padronizados para a análise de sintomas musculoesqueléticos. Os questionários consistem em variantes estruturadas, forçadas, binárias ou de múltipla escolha e podem ser utilizados como questionários autoaplicáveis ou em entrevistas. Existem dois tipos de questionários: um questionário geral e um questionário específico que se concentra na região lombar e no pescoço/ombro. O objetivo do questionário geral é uma pesquisa simples, enquanto os específicos permitem uma análise mais aprofundada. Os dois principais objetivos dos questionários são servir como ferramentas na triagem de distúrbios musculoesqueléticos no contexto ergonômico e nos serviços de saúde ocupacional. Os questionários específicos se concentram nas áreas anatômicas em que os sintomas musculoesqueléticos são mais comuns, investigam mais a análise dos sintomas respectivos e contêm perguntas sobre a duração dos sintomas ao longo do tempo (vida toda, últimos 12 meses e últimos 7 dias) (Kuorinka et al., 1987).

Vantagens: Os questionários podem fornecer meios para medir o resultado de estudos epidemiológicos sobre distúrbios musculoesqueléticos; rastrear distúrbios musculoesqueléticos pode servir como uma ferramenta diagnóstica para analisar o ambiente de trabalho, a estação de trabalho e o design da ferramenta; o serviço de saúde ocupacional pode usar o questionário para vários fins: para diagnosticar a atrição no trabalho, para monitorar os efeitos das melhorias no ambiente de trabalho, e assim por diante (Kuorinka et al., 1987).

Desvantagens: As limitações gerais das técnicas de questionário também se aplicam a esses questionários padronizados. A experiência da pessoa que preenche o questionário pode afetar os resultados. Distúrbios musculoesqueléticos recentes e mais graves tendem a ser lembrados mais do que os mais antigos e menos graves. O ambiente e a situação de preenchimento no momento da questionamento também podem afetar os resultados. Do ponto de vista epidemiológico, é evidente que este tipo de questionário é mais aplicável a estudos transversais com todas as limitações concomitantes (Kuorinka et al., 1987).

O "Questionário Nórdico Padronizado" é um instrumento internacionalmente respeitado projetado para padronizar estudos que avaliam queixas musculoesqueléticas, sendo validado para aplicação no Brasil, de fácil compreensão e rápida aplicação, oferecendo assim substancial confiabilidade (Barros; Alexandre, 2003).

RULA – Rapid Upper Limb Assessment

A ferramenta RULA foi desenvolvida em 1993 por McAtamney e Corlett. Seu objetivo é descobrir se os trabalhadores estão expostos a fatores de risco nas extremidades superiores durante o desempenho de suas tarefas. O método avalia três fatores: a postura das diferentes áreas do corpo, a carga ou força exercida e a atividade muscular (postura estática ou movimentos repetitivos) (Gómez-Galán et al., 2020).

Parte do desenvolvimento ocorreu na indústria de vestuário, onde a avaliação foi realizada em operadores executando tarefas, incluindo ficar em um bloco de corte, usinagem usando uma variedade de máquinas de costura, corte, inspeção e operações de embalagem. RULA também foi desenvolvido ao avaliar as posturas adotadas, as forças necessárias e as ações musculares de operadores que trabalham em uma variedade de tarefas de fabricação

onde fatores de risco associados a distúrbios dos membros superiores estavam presentes (Mcatamney; Corlett, 1993).

Ele usa diagramas de postura corporal e três tabelas de pontuação para fornecer uma avaliação da exposição a fatores de risco. Os fatores de risco em investigação são fatores de carga externa, sendo os seguintes: número de movimentos; trabalho muscular estático; força; posturas de trabalho determinadas por equipamentos e mobiliário; tempo trabalhado sem interrupção. Lembrando que muitos outros fatores de risco estão associados a distúrbios dos membros superiores, entre eles, fatores individuais, fatores de trabalho, fatores ambientais e variáveis psicossociais (Mcatamney; Corlett, 1993).

Algumas vantagens do método RULA incluem ser um método confiável para uso em tarefas repetitivas, especialmente nas extremidades superiores; aplicável a trabalhadores em áreas muito diferentes; o avaliador não precisa de experiência para aplicá-lo durante a fase de observação; é um método simples de usar e pode ser aplicado com a ajuda de software (Gómez-Galán et al., 2020).

Gómez-Galán et al. (2020) trouxeram uma revisão com 226 artigos referentes à aplicação do método RULA e foram encontrados em áreas de trabalho muito diferentes, sendo comum em setores administrativos e com uso diário do computador, mas também na indústria, em diversos setores, onde o método foi eficaz em trazer os resultados dos distúrbios musculoesqueléticos encontrados. Além disso, o estudo mostra em 34 países onde o método RULA foi utilizado, sendo o Brasil o 6º lugar com o maior número de publicações.

Cinematics

As técnicas de captura de movimento são comumente utilizadas na análise de movimento e animação, como em reabilitação, ciência esportiva ou estudos ergonômicos. Em todos os casos, critérios objetivos são necessários para avaliar o movimento do paciente, atleta ou operador de máquina. No campo da ergonomia, a animação é utilizada para construir modelos digitais humanos, o que é muito útil para visualizar e avaliar interações humano-máquina, como aquela entre o motorista e o carro. Na ergonomia, não apenas a visualização é necessária, mas também uma validação científica de todo o processo de captura (Monnier, 2004). Roebuck (1993) discutiu a existência de vários métodos de coleta indireta por meio de fotografias ou vídeos. Para estudos antropométricos com fotografias, destaca-se a importância do cuidado com o posicionamento e a orientação da câmera. O uso de métodos observacionais, ópticos ou magnéticos, além de sensores inerciais vestíveis, para capturar o movimento de trabalhadores encontra dificuldades quando aplicados em condições reais de trabalho. Eles exigem o posicionamento de sensores ou marcadores no corpo e a calibração do sistema e do manequim, o que nem sempre é possível em condições reais de trabalho, pois os sensores podem ser incompatíveis com restrições de segurança e também podem ser perturbados pelo ambiente eletromagnético (Vignais et al., 2013; Battini et al., 2014; Plantanrd, 2016). O avanço da tecnologia permitiu que novos estudos apresentassem soluções usando imagens RGB e avaliação de pose de maneira estimada, usando dispositivos como Kinect ou inteligência artificial (Diego-Mas e Alcaide-Marzal, 2014; Mehrizi et al., 2017; Mehrizi et al., 2018). Os problemas relacionados a essas duas técnicas surgem precisamente da dificuldade em construir modelos confiáveis (manequins), o que altera a precisão das medições. Tipicamente, um modelo de esqueleto consiste em 15-30 articulações. Com base nesses esqueletos, variáveis como flexão/extensão/torção de partes do corpo podem ser calculadas (Plantanrd, 2016).

Strain Index

O Strain Index (SI) foi desenvolvido em 1995 por Moore e Garg. O objetivo da metodologia proposta pelo SI era discriminar entre trabalhos que expõem e trabalhos que não expõem os trabalhadores a fatores de risco musculoesqueléticos (variáveis da tarefa) que

causam distúrbios na extremidade superior distal. O Strain Index tenta responder à pergunta "Um trabalho específico é perigoso ou seguro?" em termos da ocorrência de morbidade na extremidade superior distal entre trabalhadores que fazem ou fizeram o trabalho (Moore e Garg, 1995).

O Strain Index é uma metodologia de análise de trabalho semi-quantitativa que resulta em uma pontuação numérica (pontuação do SI) acreditada em correlação com o risco de desenvolver distúrbios na extremidade superior distal. O índice é baseado em interações multiplicativas entre suas variáveis de tarefa de acordo com princípios fisiológicos, biomecânicos e epidemiológicos. A pontuação do SI representa o produto de seis multiplicadores que correspondem a seis variáveis de tarefa. Estas são (1) intensidade do esforço, (2) duração do esforço, (3) esforços por minuto, (4) postura da mão/pulso, (5) velocidade do trabalho e (6) duração da tarefa por dia. Os autores determinaram que cada variável de tarefa é classificada de acordo com cinco níveis (Moore e Garg, 1995).

A literatura fisiológica, biomecânica e epidemiológica sugere que os aspectos de tensão de um trabalho são provavelmente os contribuintes mais significativos para a ocorrência de distúrbios na extremidade superior distal. O Strain Index é uma ferramenta de avaliação de exposição que profissionais e equipes ergonômicas podem usar para avaliar sistematicamente as demandas de tensão de um trabalho para prever o aumento do risco de morbidade por distúrbios na extremidade superior distal (Moore e Garg, 1995).

A aplicação do Strain Index envolve coleta de dados, atribuição de valores de classificação, determinação de multiplicadores, cálculo da pontuação do SI e interpretação dos resultados. Um analista de trabalho ou equipe ergonômica deve coletar dados para todas as seis variáveis de tarefa. Intensidade do esforço, postura do pulso e velocidade do trabalho são estimados usando descritores verbais. A percentagem de duração do esforço por ciclo, esforço por minuto e duração por dia são baseados em medições e contagens. Os dados para cada variável são então comparados e recebem uma classificação de 1 a 5 (Moore e Garg, 1995).

Um método útil para analisar tarefas e prever o potencial de risco, esta pontuação é usada para classificar a tarefa em três categorias: tarefas provavelmente seguras (<3); tarefas associadas ao risco de distúrbios na extremidade superior distal (>5) e tarefas que são provavelmente perigosas (≥ 7) (Valentim et al., 2018).

Desvantagens: Aplica-se apenas à zona distal dos membros superiores (mão, pulso, antebraço). Pode prever um amplo espectro de distúrbios nos membros superiores, incluindo distúrbios não específicos. Permite calcular o risco relativo de uma estação de trabalho e não o risco de exposição ao qual um trabalhador está sujeito. A relação entre a exposição e os valores dos vários multiplicadores não é baseada em uma relação matemática explícita definida com base em respostas fisiológicas, biomecânicas ou clínicas (Pavani; Quelhas, 2006).

Ocra - Occupational Repetitive Actions

A ferramenta OCRA foi publicada por Occhipinti e Colombini (1996). Esses pesquisadores desenvolveram o trabalho na Unidade de Pesquisa Ergonômica de Postura e Movimento (EPM) da Clínica Del Lavoro em Milão, Itália. O OCRA avalia e quantifica os fatores de risco presentes na atividade de trabalho e estabelece, por meio de um modelo de cálculo, um índice de exposição a partir do confronto entre as variáveis encontradas na realidade do trabalho e o que a ferramenta recomenda como recomendável no mesmo ambiente de trabalho (Colaco et al., 2015).

Nesta ferramenta, os fatores de risco quantificados são: duração do trabalho, frequência das ações técnicas realizadas, força empregada pelo operador, postura inadequada dos membros superiores, repetitividade, falta de períodos de recuperação fisiológica e fatores

complementares, como: temperaturas extremas, vibração, uso de luvas, compressões mecânicas, uso de movimentos bruscos, precisão no posicionamento dos objetos e a natureza do agarre dos objetos a serem manipulados (Colaco et al., 2015).

Para obter o Índice de Exposição (IE) da Ferramenta OCRA, o número de Ações Técnicas Observadas (ATO) é dividido pelo número de Ações Técnicas Recomendadas (ATR). O resultado é comparado com a referência de classificação de risco para determinar o nível de ação a ser tomado. Para quantificar o ATO e o ATR, é necessário aplicar os critérios e procedimentos para determinar as variáveis para o cálculo. Para isso, a constante de frequência de ação técnica deve ser calculada, o multiplicador para força, o multiplicador para postura, o multiplicador para estereotipagem (repetitividade), o multiplicador para a presença de fatores complementares, o multiplicador para o fator de períodos de recuperação e o multiplicador para a duração total do trabalho repetitivo no turno (Colaco et al., 2015).

O OCRA é dividido em checklist e índice OCRA e estão entre os métodos baseados em observação mais populares internacionalmente, sendo incluídos como métodos de referência nas normas ISO (ISO 11228-3, 2007) e CEN (EN 1005-5: 2007) para avaliação de risco na extremidade superior de ações repetitivas. Os métodos incluem fatores de risco baseados no tempo, como recuperação e frequência, e geralmente são mais abrangentes do que a maioria dos outros métodos. Além disso, a pontuação final de risco, que prevê o risco de desenvolver distúrbios musculoesqueléticos, é baseada em pesquisas epidemiológicas (Rhén; Forsman, 2020).

REBA – Rapid Entire Body Assessment

A ferramenta REBA foi criada em 2000 por Hignett e McAtamney, com o objetivo de desenvolver um sistema de análise postural sensível aos riscos musculoesqueléticos em diversas tarefas. Ela divide o corpo em segmentos a serem codificados individualmente, com referência aos planos de movimento. Além disso, fornece um sistema de pontuação para a atividade muscular causada por posturas estáticas, dinâmicas, de mudança rápida ou instáveis, refletindo a importância do acoplamento no manuseio de cargas, que nem sempre pode ser feito pelas mãos. A REBA também oferece um nível de ação com indicação de urgência e requer equipamento mínimo, sendo um método simples com papel e caneta (Hignett; Mcatamney, 2000).

A REBA foi desenvolvida para atender à necessidade percebida de uma ferramenta de campo prática, especificamente projetada para ser sensível ao tipo de posturas de trabalho imprevisíveis encontradas em setores de saúde e outros setores de serviços (Hignett; Mcatamney, 2000).

Ela apresenta um sistema de análise postural sensível aos riscos musculoesqueléticos em diversas tarefas, especialmente para avaliar posturas de trabalho encontradas em cuidados de saúde e outros setores de serviços. O sistema de classificação de posturas, que inclui braços, antebraços, pulsos, tronco, pescoço e pernas, foi baseado nos diagramas de partes do corpo do método RULA.

A ferramenta reflete a extensão das cargas/forças externas exercidas, a atividade muscular causada por posturas estáticas, dinâmicas, de mudança rápida ou instáveis, e o efeito de acoplamento. Ao contrário de OWAS e RULA, essa técnica fornece cinco níveis de ação para avaliar o nível de ações corretivas (Kee, 2020).

A REBA avalia a postura e a força/carga externa, assim como os efeitos da postura estática e repetida. Além disso, a REBA reflete os efeitos de acoplamento e carga dinâmica. OWAS não especifica as partes do corpo avaliadas, mas RULA e REBA avaliam apenas o lado esquerdo ou direito de cada vez. As três metodologias de observação estão equipadas com 4 ou 5 categorias ou níveis de ação para decidir a categoria de risco (Kee, 2020).

A REBA estabelece uma simplificação na obtenção e análise de dados posturais,

sendo geral e sensível ao manuseio de cargas, de fácil aplicação, o que facilita a catalogação da maioria das posturas adotadas pelo trabalhador, mas não considera aspectos como vibração e gasto de energia (Souza; Rodrigues, 2006).

IMU – Inertial Measurement Unit

O desenvolvimento de sensores de medição de movimento inercial (acelerômetros), ou IMU (Unidade de Medição Inercial, na sigla em inglês), aparece inicialmente na literatura para um sistema de biofeedback. Esse sistema permite que o usuário reaja e corrija o movimento em uma posição de postura incorreta. A adição de informações visuais fornece informações proprioceptivas artificiais sobre o ângulo crânio-vertebral. Em um estudo pioneiro, seis participantes foram testados por 5 horas com e sem biofeedback. Todos os participantes tiveram uma diminuição significativa no tempo gasto em posturas incorretas ao usar o biofeedback (Breen et al., 2009).

Desenvolvimentos recentes na tecnologia de sensores oferecem potencial para uso regular na indústria, em contraste com outros dispositivos de rastreamento, como câmeras de alcance ou sensores magnéticos, que são mais eficazes em ambientes virtuais. Por exemplo, uma unidade de medição inercial (IMU) é um dispositivo pequeno, econômico e de baixo consumo de energia adequado para monitorar a cinemática de um segmento em tempo real. Se várias unidades de medição inercial estiverem conectadas, modelos biomecânicos podem ser desenvolvidos para capturar uma ampla gama de movimentos (Vignais et al., 2013).

As unidades de medição inercial (IMUs) são usadas para reconstruir a postura do membro superior humano. Sendo independentes e não obstrutivas, as IMUs representam uma sólida alternativa aos sistemas de rastreamento óptico clássicos. Além disso, o modelo inclui três articulações de rotação para o ombro, duas para o cotovelo e duas para o pulso. Não requer a instalação de mais instrumentação, como um sistema de câmera. Para realizar o rastreamento de movimento, o sistema utiliza sensores no braço, peito, antebraço e mão. O estado do modelo, ou seja, ângulos das articulações, velocidades angulares e acelerações angulares, é estimado a partir das medições provenientes dos sensores IMU (Peppoloni et al., 2016).

5.2. Estudo Comparativo

A Tabela 4 mostra as principais ferramentas ordenadas pelo volume de publicações encontradas, e a ferramenta NORDIC foi a mais utilizada nas publicações, em nossa compreensão devido à sua fácil aplicação, seguida pelas ferramentas RULA, REBA e OWAS. Outro ponto que explicaria a escolha é a aplicação, que é a avaliação de queixas musculoesqueléticas, especialmente nos membros superiores. O fato de a ferramenta OCRA não estar incluída nesse primeiro grupo pode ser explicado pela maior complexidade da ferramenta, o que torna seu uso menos interessante, uma vez que entrega resultados semelhantes, mas requer mais tempo para análise. A ferramenta Strain Index ficou em 10º lugar na lista de publicações. Ao analisar suas características, observamos que, embora seja extremamente simples de usar, seu uso é reduzido porque não se concentra em nenhuma queixa específica, o que dificulta o diagnóstico da relação causal entre queixas e condições de trabalho. Quanto ao risco focado, a Tabela 4 mostra que quatro ferramentas abordam o aspecto da repetitividade, mas a área de observação e o aspecto observado são alternados entre elas. Por exemplo, enquanto o OCRA se concentra em contar movimentos e os correlaciona com posturas, o Strain Index avalia o esforço em si, tornando-o muito mais versátil e fácil de aplicar, mas seu uso diminuiu porque fornece resultados com baixa precisão.

Tabela 4. Relação das principais ferramentas detectadas e suas características.

| Ferramenta | Ano de Publicação | Referência | Método de avaliação | Risco Focalizado | Parte do corpo | Precisão | Laboratório x Estudo de campo | Instrumento | Custos | Tempo |
|--------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------|--|---|----------|--|-----------------------------|--------|-------------------|
| NORDIC | 1987 | KUORINKA <i>et al.</i> , 1987 | Entrevista ou autoaplicação | DORT | Geral e específico: lombar, cervical e ombros | baixo | laboratório = Estudo de campo | Questionario | baixo | médio |
| RULA | 1993 | MCATAMNEY and CORLETT, 1993 | Observação | trabalho repetitivo | Membros superiores, tronco, pescoço e pernas | baixo | laboratório = Estudo de campo | form | baixo | Rapido |
| REBA | 2000 | HIGNETT and MCATAMNEY, 2000 | Observação | Força/carga, esforço repetitivo e esforço estático | Membros superiores, tronco, pescoço e pernas | baixo | laboratório = Estudo de campo | form | baixo | Rapido |
| OWAS | 1977 | KARHU <i>et al.</i> , 1977 | Observação | Postura, força e carga | Tronco, braços e pernas | baixo | laboratório = Estudo de campo | form | baixo | Rapido |
| EMG | 1968 | FAULKNER, 1968 | Diretamente | demanda muscular | total | alto | laboratório > Estudo de campo | eletromiografa | alto | que consome tempo |
| Kinematics | 1993 | ROEBUCK, 1993 | Diretamente | movimento | total | alto | laboratório > Estudo de campo | video cameras | alto | que consome tempo |
| OCRA | 1998 | COLOMBINI, 1998 | Observação | esforço repetitivo | MMSS | médio | laboratório = Estudo de campo | form | baixo | médio |
| NIOSH | 1981 | NIOSH, 1981 | Observação | manuseio de carga | lumbar | baixo | laboratório = Estudo de campo | equação | baixo | médio |
| IMU | 2009 | BREEN <i>et al.</i> , 2009 | Diretamente | Movimento | total | alto | laboratório > Estudo de campo | Unidade de medição inercial | alto | que consome tempo |
| Strain Index | 1995 | MOORE and GARG, 1995 | Observação | esforço repetitivo | MMSS | baixo | laboratório = Estudo de campo | forme video cameras | baixo | Rapido |

Fonte: Autores (2020)

Estudando a precisão dos métodos, os autores observaram que apenas com o uso da tecnologia é possível alcançar uma alta precisão, devido ao grau de consistência das medições obtidas com sua média e está relacionado à proximidade entre os valores obtidos ao repetir o processo de medição (Monico et al, 2009), o que não ocorre em instrumentos que utilizam a observação do analista.

O aspecto de aplicação de cada uma das ferramentas foi escolhido para diferenciar as ferramentas entre seu uso em laboratório versus estudo de campo. Observamos que algumas ferramentas são mais versáteis do que outras, destacamos o EMG, IMU e ferramentas cinemáticas por serem menos versáteis. Essa diferenciação foi escolhida devido à instrumentação dessas ferramentas, todas têm aspectos específicos de uso.

O EMG utiliza eletrodos fixados ao corpo do indivíduo sendo analisado, sendo que o equipamento mais comum utiliza cabos conectados ao equipamento, comprometendo assim a mobilidade. Outro aspecto é que não é possível utilizar esses cabos em uma aplicação de campo, como uma atividade com máquinas ou mesmo ao longo de uma linha de produção industrial.

Os instrumentos UMI também são fixados ao corpo do indivíduo e geralmente não utilizam cabos, o que facilita seu uso e os torna utilizáveis em ambas as condições, mas devido ao contato com o indivíduo, acreditamos que são mais interessantes para situações de laboratório. Para realizar um estudo utilizando cinemática, o analista pode usar sistemas de câmeras sincronizadas e até mesmo dispositivos como o Kinect da Microsoft. Quando câmeras são usadas, elas devem ser colocadas em locais adequados e seu uso em ambientes de trabalho, como manufatura, é complicado tanto por outros equipamentos que impedem a visão do indivíduo quanto pelo espaço necessário para fornecer a distância que as câmeras precisam para focar nas áreas de interesse.

Tabela 5. Comparação da dependência humana

| Ferramenta | método de avaliação | risco focalizado | Parte do corpo | dependência humana |
|--------------|-----------------------------|---|--|--------------------|
| NORDIC | Entrevista ou autoinscrição | DORT | Geral e específico: lombar, cervical e ombros. | alto |
| RULA | Observacional | Esforço repetitivo | Membros superiores, tronco, pescoço e pernas. | alto |
| REBA | Observacional | Força/carga, esforço repetitivo e esforço estático. | MMSS, tronco, pescoço e pernas. | alto |
| OWAS | Observacional | Postura, força e carga. Parte superior do formulário | Tronco, braços e pernas. | alto |
| EMG | Diretamente | Demanda muscular | total | médio |
| Kinematics | Diretamente | Movimento | total | baixo |
| OCRA | Observacional observacional | Esforço repetitivo | MMSS | alto |
| NIOSH | Observacional | Manuseio de carga | lumbar | alto |
| IMU | Diretamente | Movimento | total | baixo |
| Strain Index | Observacional | Esforço repetitivo | MMSS | alto |

Source: Authors. (2020)

A dificuldade aumenta porque esses sistemas requerem marcações a serem fixadas nas

articulações de referência do indivíduo, e é imperativo que o indivíduo esteja vestindo roupas como malha de lycra. Em relação ao método de avaliação, observamos que as ferramentas EMG e IMU são de medição direta, ou seja, são as únicas nesta lista que avaliam diretamente a variável que propuseram por meio da tecnologia, ao contrário das outras que medem os riscos ou até mesmo as consequências usando indicadores ou marcadores indiretos.

A medição direta tem a vantagem de exigir menos participação do observador, ou seja, menos dependência humana, conforme mostrado na Tabela 5. Considerando as vantagens e desvantagens de cada ferramenta, na Tabela 6 os autores apresentam os aspectos observados. Entre as vantagens está o fato de que cada ferramenta propõe avaliar um determinado aspecto, o que significa que cada uma é mais funcional para uma condição específica. Quanto às desvantagens, estas se referem à dificuldade de aplicação (instrumentalização), à falta de precisão e ao uso limitado de tecnologias. Outro aspecto evidenciado é a limitação em observar o corpo dos trabalhadores como um todo, com ferramentas que se aplicam mais a certos membros e não a outros.

Tabela 6. Comparação das vantagens e desvantagens.

| Ferramenta | Vantagens | Desvantagens |
|------------|--|---|
| NORDIC | Ferramenta diagnóstica para analisar o ambiente de trabalho; para diagnosticar o desgaste no ambiente de trabalho, monitorar melhorias no ambiente de trabalho e para estudos epidemiológicos sobre distúrbios musculoesqueléticos. | A experiência da pessoa que preenche o questionário pode afetar os resultados. Distúrbios musculoesqueléticos mais recentes e graves tendem a ser lembrados mais do que aqueles mais antigos e menos graves. O ambiente e a situação durante o preenchimento também podem influenciar nos resultados.. |
| RULA | Fácil de aplicar, serve para triagem. | As desvantagens do método RULA incluem um alto risco para empregos não permanentes; os lados esquerdo e direito do corpo são avaliados independentemente; não leva em consideração o tempo que o trabalhador leva para realizar a tarefa. |
| REBA | Simplificação na obtenção e análise de dados posturais, uma vez que é geral e sensível ao manuseio de cargas, e fácil de aplicar, o que facilita a catalogação da maioria das posturas adotadas pelo trabalhador. | Os lados esquerdo e direito do corpo são avaliados independentemente, e o método não considera aspectos como vibração e gasto de energia. |
| OWAS | Fácil de entender e aplicar, capaz de atender completamente às expectativas dos profissionais. Pode ser utilizado para garantir uma determinada qualidade ergonômica. | Generalista, possui baixa sensibilidade em relação ao manuseio de cargas, não leva em consideração aspectos como vibração e gasto de energia. Propõe a análise da postura sem considerar a região cervical, pulsos e antebraços. Subjetivo, pois diferentes observadores podem considerar diferentes fases para análise. |
| EMG | Avaliação do uso específico da musculatura. | Difícil de instrumentar, apenas funcional em laboratório. |
| Kinematics | Alta precisão, avalia todos os movimentos. | Funcional apenas em situações de laboratório, requer ajustes e preparação dispendiosa. |
| OCRA | Estudo do número de movimentos repetitivos que podem apresentar risco de lesão nos MMSS; Determinação quantitativa dos índices de exposição ao risco de lesão nos MMSS; Índice quantitativo de exposição ao risco de lesão nos MMSS, possibilitando a determinação da priorização de postos de trabalho com maior risco. | Não analisa nem quantifica as restrições organizacionais e regulamentares do trabalho. |
| NIOSH | Ferramenta especializada de avaliação de risco. O benefício adicional dessa equação é o potencial para reduzir outras formas de distúrbios musculoesqueléticos ou lesões associadas a algumas tarefas de levantamento, como dor nos ombros ou braços. | Não inclui fatores relacionados à tarefa para considerar condições imprevistas, como cargas inesperadamente pesadas, escorregões ou quedas. Não foi projetado para avaliar tarefas que envolvem levantamento com uma mão, levantamento enquanto sentado ou de joelhos, levantamento em espaço de trabalho confinado, levantamento de pessoas, objetos extremamente quentes, frios ou contaminados, ou levantamento em alta velocidade. Pressupõe que tarefas de levantamento e abaixamento apresentam o mesmo nível de risco. |
| IMU | Permite uso em campo e laboratório, com medição de precisão de ângulos. | Custo, medição por segmento. |

| | | |
|--------------|---|--|
| Strain Index | Útil para analisar tarefas e prever o potencial de risco. | Isso permite o cálculo do risco relativo de uma estação de trabalho e não o risco de exposição ao qual um trabalhador está sujeito. A relação entre a exposição e os valores dos vários multiplicadores não é baseada em uma relação matemática explícita definida com base em respostas fisiológicas, biomecânicas ou clínicas. |
|--------------|---|--|

Fonte: Autores (2020)

6. Conclusão

Os profissionais de ergonomia têm à disposição instrumentos que chamam de ferramentas ergonômicas para avaliar determinadas situações e quantificar ou qualificar riscos, possibilitando assim a tomada de decisões. Este estudo evidenciou 10 das ferramentas mais citadas na literatura, descreveu suas principais funcionalidades e características, apresentou seu uso, suas vantagens e desvantagens, além de elucidar algumas fraquezas de cada uma. Concluímos, então, que cada uma dessas ferramentas tem seu uso específico, e a sobreposição de ferramentas indica uma busca por novos instrumentos. Nas ferramentas, também foi observada uma grande influência dos analistas (dependência humana), sem o uso de tecnologia digital. Além disso, notamos que o uso da tecnologia digital ainda é raramente aplicado à realidade laboral de maneira abrangente.

7. Referências

- Barros, E. N. C.; Alexandre, N. M. C. (2003). Cross-cultural adaptation of the Nordic musculoskeletal questionnaire. *International nursing review*, v. 50, n. 2, p. 101-108, <http://dx.doi.org/10.1046/j.1466-7657.2003.00188.x>
- Battini, D., Persona, A., Sgarbossa, F. (2014). Innovative real-time system to integrate ergonomic evaluations into warehouse design and management. *Comput. Ind. Eng.* 77 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.08.018>
- Brasil. (2019) Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. Saúde Brasil 2018 uma análise de situação de saúde e das doenças e agravos crônicos: desafios e perspectivas / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos Não Transmissíveis e Promoção da Saúde – Brasília: Ministério da Saúde,. 424 p. : il.
- Breen, P. P.; Nisar, A.; Ólaighin, G. (2009). Evaluation of a single accelerometer based biofeedback system for real-time correction of neck posture in computer users. In: 2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE. p. 7269-7272.
- Colaco, G.A; Medeiros, I.D.M; Colaco, E.C.M; Galvao, G.O. (2015) Utilização da ferramenta OCRA para análise de risco em atividades a uma indústria calçadista do estado da Paraíba. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de produção, CE, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2015.
- Colombini, D. (1998). An observational method for classifying exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, v. 41, n. 9, p. 1261-1289, <https://doi.org/10.1080/001401398186306>
- Conforto, E. C. ; Amaral, D.C. ; Silva, S.L. (2011). Roteiro para Revisão Bibliográfica Sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: 8o. Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CBGDP 2011, 2011, Porto Alegre-RS: Instituto de Gestão de Desenvolvimento de Produto.
- Couto, H. A. (1995). Ergonomia Aplicada ao Trabalho - O Manual Técnico da Máquina Humana. v.2 Belo Horizonte: Ergo. 383p. 117

- Couto, H. A. (1998). Ergonomia 4.0 - Dos Conceitos Básicos à 4ª Revolução Industrial. Belo Horizonte: Ergo. 383p. 117
- Couto, H. A. (2019). Como gerenciar a questão das L.E.R./D.O.R.T.: Lesões por esforços repetitivos, distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. 2.ed. Belo Horizonte: Ergo, 760p.
- Diego-Mas, J.A., Alcaide-Marzal, J. (2014) Using Kinect sensor in observational methods for assessing postures at work. *Applied Ergonomics*. 45(4), 976–985. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.12.001>
- Dimate, A. E.; Rodríguez, D. C.; Rocha, A. I. (2017). Percepción de desórdenes musculoesqueléticos y aplicación del método RULA en diferentes sectores productivos: una revisión sistemática de la literatura. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, v. 49, n. 1, p. 57-74, <https://doi.org/10.18273/revsal.v49n1-2017006>
- Ding, Z., Li, W., Ogunbona, P., Qin, L.(2019). A real-time webcam-based method for assessing upper-body postures, *Machine Vision and Applications*, 30:833–850, 2019. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00138-019-01033-9>
- Faulkner, T. W. (1968) Eletromiografia e estudo do trabalho. Atas do Encontro Nacional da AIEE, 255 - 260 .
- Fox, R. et al. (2019) Understanding outcome metrics of the revised NIOSH lifting equation. *Applied ergonomics*, v. 81, p. 102897, <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102897>
- Gómez-Galán, M. et al. (2020). Musculoskeletal risks: RULA bibliometric review. *International journal of environmental research and public health*, v. 17, n. 12, p. 4354, <https://dx.doi.org/10.3390%2Fijerph17124354>
- Hignett, S.; Mcatamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied ergonomics*, v. 31, n. 2, p. 201-205, [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Khalil, T. M.(1973). An electromyographic methodology for the evaluation of industrial design. *Human factors*, v. 15, n. 3, p. 257-264, <https://doi.org/10.1177%2F001872087301500308>
- Karhu, O.; Kansi, P.; Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. *Applied ergonomics*, v. 8, n. 4, p. 199-201, [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(77\)90164-8](https://doi.org/10.1016/0003-6870(77)90164-8)
- Kee, D. (2020). An empirical comparison of OWAS, RULA and REBA based on self-reported discomfort. *International journal of occupational safety and ergonomics*, v. 26, n. 2, p. 285-295, <https://doi.org/10.1080/10803548.2019.1710933>
- Kuorinka, I. et al.(1987). Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied ergonomics*, v. 18, n. 3, p. 233-237. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90010-x](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-x)
- Lasota, A.M. (2020). A New Approach to Ergonomic Physical Risk Evaluation in Multi-Purpose Workplaces. *Tehnički vjesnik*, v. 27, n. 2, p. 467-474. <http://dx.doi.org/10.17559/TV-20180312131319>
- Lowe, B. D.; Dempsey, P. G.; Jones, E. M. (2019) Ergonomics assessment methods used by ergonomics professionals. *Applied ergonomics*, v. 81, p. 102882. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102882>
- Mcatamney, L.; Corlett, E. N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied ergonomics*, v. 24, n. 2, p. 91-99. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-s](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-s)
- Mehrizi, R., Xu, X., Zhang, S., Pavlovic, V., Metaxas, D., LI, K. (2017). Using a marker-less method for estimating l5/s1 moments during symmetrical lifting. *Applied Ergonomics*.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2017.01.007>

Mehrizi, R., Peng, X., Xu, X., Zhang, S., Metaxas, D., Li, K. (2018). A computer vision based method for 3D posture estimation of symmetrical lifting. *Journal Biomechanic*. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.01.012>

Mohammadipour, F. et al.(2018). Work-related musculoskeletal disorders in Iranian office workers: prevalence and risk factors. *Journal of Medicine and Life*, v. 11, n. 4, p. 328. <https://dx.doi.org/10.25122%2Fjml-2018-0054>

Monico, J.F.G.; Dal Póz, A.P.; Galo, M.; Santos, M.C.; Oliveira, L.C. (2009). Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. *Boletim de Ciências Geodésicas*, Curitiba, v. 15, n.3, p. 469-483.

Monnier, G. (2004). Simulation de mouvements humains complexes et prediction de l'inconfort associé – Application à l'évaluation ergonomique du bouclage de la ceinture de sécurité. Tese de doutorado. Instituto Nacional de Ciências Aplicadas de Lyon - França. Lyon.

Moore, J.S; Garg, A. (1995). The strain index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*, v. 56, n. 5, p. 443-458. <https://doi.org/10.1080/15428119591016863>

Niosh (1981). *Work Practices Guide for Manual Lifting*, DHHS (NIOSH) Pub. No. 81-122. U.S. Department of Health and Human Services, Cincinnati, OH.

Pavani, R. A.; Quelhas, O. L. G. (2006). A avaliação dos riscos ergonômicos como ferramenta gerencial em saúde ocupacional. XIII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006.

Plantard, P. et al. (2016). Validation of an ergonomic assessment method using Kinect data in real workplace conditions, *Applied Ergonomics*. <https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1016%2Fj.apergo.2016.10.015>

Peppoloni, L. et al. (2016). A novel wearable system for the online assessment of risk for biomechanical load in repetitive efforts. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 52, p. 1-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2015.07.002>

Rhén, I.; Forsman, M. (2020). Inter-and intra-rater reliability of the OCRA checklist method in video-recorded manual work tasks. *Applied Ergonomics*, v. 84, p. 103025. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.103025>

Rodrigues, M. S. et al. (2017). Differences in ergonomic and workstation factors between computer office workers with and without reported musculoskeletal pain. *Work*, v. 57, n. 4, p. 563-572. <https://doi.org/10.3233/wor-172582>

Roebuck, J. A. (1993). *Anthropometric methods: Designing to fit the human body*. Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society, <https://doi.org/10.1177%2F106480469500300309>

Serranheira, F. (2010). UVA, A. LER/DORT: que métodos de avaliação do risco? *Rev. bras. Saúde ocup.*, São Paulo, 35 (122): 314-326. <https://doi.org/10.1590/S0303-76572010000200014>

Souza, J. P. C.; Rodrigues, C. L. P. (2006). Vantagens e limitações de duas ferramentas de análise e registro postural quanto à identificação de riscos ergonômicos. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006.

Troiano, A. et al.(2008). Assessment of force and fatigue in isometric contractions of the upper trapezius muscle by surface EMG signal and perceived exertion scale. *Gait & posture*, v. 28, n. 2, p. 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.04.002>

Valentim, D. P. et al. (2018). Reliability, construct validity and interpretability of the brazilian version of the Rapid upper limb assessment (RULA) and strain index (SI). *Brazilian journal of physical therapy*, v. 22, n. 3, p. 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2017.08.003>

Vieira, E.R., Kumar, S. (2004). Working postures: a literature review. *J. Occup. Rehabil.* <https://doi.org/10.1023/b:joor.0000018330.46029.05>

Vignais, N., Miezal, M., Bleser, G., Mura, K., Gorecky, D., Marin, F. (2013). Innovative system for real-time ergonomic feedback in industrial manufacturing. *Applied Ergonomics*. 44 (4). <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.11.008>

Waters, T. R.; Putz-Anderson, V.; Garg, A.; Fine, L. J. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, 36(7), 749–776. <http://dx.doi.org/10.1080/00140139308967940>