

A Termografia como instrumento de avaliação em Ergonomia

Letícia Rios Dias, Lizandra Garcia Lupi Vergara

Resumo: A Ergonomia pode auxiliar na solução de muitos problemas relacionados com a saúde, segurança, conforto e eficiência do trabalhador, ao projetar e/ou adaptar as condições de trabalho de forma compatível com as capacidades e respeitando os limites do ser humano. Para isso, os instrumentos de avaliação para a análise dos postos de trabalho devem ter uma facilidade de entendimento, tendo objetividade e clareza para que se permita uma reflexão sobre as situações analisadas. A termografia é um exame que estuda a distribuição de temperatura da superfície do corpo humano, sendo uma técnica de imagem não invasiva, podendo ser muito útil na avaliação de doenças musculoesqueléticas, pois pode detectar processos inflamatórios e sobrecargas osteomusculares relacionadas ou não ao trabalho. O objetivo deste estudo foi evidenciar, por meio de uma pesquisa bibliográfica, o uso do exame de Termografia como ferramenta de avaliação ergonômica para identificação de possíveis doenças ocupacionais, no auxílio de diagnóstico e/ou prevenção dessas alterações. Portanto, o uso da Termografia como instrumento auxiliar de avaliação pode trazer inúmeros benefícios na intervenção ergonômica, pois pode auxiliar no diagnóstico precoce das doenças ocupacionais, assim como pode permitir uma abordagem preventiva na adequação das posturas e movimentos das atividades de trabalho.

Palavras chave: Termografia, Doenças Ocupacionais, Avaliação Ergonômica.

Thermography as an ergonomic tool of assessment

Abstract: *Ergonomics can assist in solving many problems related to worker health, safety, comfort and efficiency by designing and/or adapting working conditions in a manner compatible with the capabilities and respecting the limits of the human being. For this, the assessment tools for job analysis should be easy to understand, with objectivity and clarity to allow reflection on the situations in study. Thermography is an exam that studies the temperature distribution of the surface of the human body, being a non-invasive imaging technique and it can be very useful in the evaluation of musculoskeletal diseases, as it can detect inflammatory processes and work-related musculoskeletal overloads. The aim of this article was to evidence, through a bibliographic research, the use of Thermography as an ergonomic assessment tool to identify possible occupational diseases, in the diagnosis and/or prevention of these alterations. Therefore, the use of Thermography as an auxiliary assessment tool can bring numerous benefits in an ergonomic intervention, as it can assist in the early diagnosis of occupational diseases, as well as allowing a preventive approach in the adjustment of postures and movements of work activities.*

Key-words: *Thermography, Occupational Diseases, Ergonomic Assessment*

1. Introdução

A Ergonomia, como ciência voltada à adequação das condições de trabalho ao trabalhador, pode contribuir no encontro de soluções para muitos problemas sociais relacionados com a saúde, segurança, conforto e eficiência (DUL & WEERDMEESTER, 1995). Dessa forma, busca projetar e/ou adaptar cenários de trabalho compatíveis com as capacidades, respeitando os limites do ser humano (ABRAHÃO et. al., 2009).

Vários são os fatores existentes no trabalho que podem concorrer para o surgimento das doenças ocupacionais: repetitividade de movimentos, manutenção de posturas inadequadas por tempo prolongado, esforço físico, compressão mecânica sobre um determinado segmento do corpo, trabalho muscular estático, vibração, frio, fatores organizacionais e psicossociais. Os fatores de risco não são independentes: interagem entre si e devem ser sempre analisados de forma integrada (BRASIL, 2012).

O homem sempre buscou aprimorar suas ferramentas, instrumentos e utensílios da sua vida cotidiana. Enquanto a produção era realizada de modo artesanal, era possível obter formas úteis, funcionais e ergonômicas sem muitos estudos projetuais, entretanto, com os avanços em engenharia, em que o homem se adaptou às condições impostas pelos maquinismos, evidenciou-se a importância do uso da Ergonomia (MORAES & MONT'ALVÃO, 2003). Sendo assim, há um ponto importante sobre a dinâmica da pesquisa e da ação em Ergonomia, pois é na interação com o real que o conteúdo vai se transformando (DUL & WEERDMEESTER, 1995).

O processo de análise ergonômica inclui instrumentos e procedimentos que são permeados por uma flexibilidade procedimental que acompanha o desenrolar da análise, que pode incluir: análise de documentos, observação livre, entrevistas, medidas ambientais, observação sistemática e questionários (DUL & WEERDMEESTER, 1995). Para alcançar bons resultados, os métodos escolhidos devem ter uma facilidade de entendimento, serem objetivos, permitir uma reflexão sobre as situações analisadas e analisar a maior parte das necessidades dos postos de trabalho (BAÚ, 2002).

A Termografia é um exame que estuda a distribuição de temperatura da superfície do corpo humano, sendo uma técnica de imagem não invasiva, com inúmeras aplicações na medicina (NEVES et. al., 2012). Nas doenças musculoesqueléticas, torna-se útil na detecção dos processos inflamatórios e nas sobrecargas osteomusculares relacionadas ou não ao trabalho (TROTTA & ULBRICHT, 2015). É um exame de custos mínimos, não invasiva, e que não emite radiação, pois capta somente o calor do corpo. A disponibilidade de suas imagens é instantânea, podendo ser útil antes mesmo do pós-processamento, favorecendo o diagnóstico (GARCIA, 2004).

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

Diferentes estados fisiológicos como digestão, menstruação e gravidez podem variar a temperatura de pele. Uma das principais formas pelas quais o sistema termo regulatório mantém a temperatura estável do corpo é por meio do sistema neurovegetativo da pele, o qual controla o fluxo sanguíneo da microcirculação cutânea e se modifica à medida que ocorre estímulos externos (mudanças no clima), internos (processos inflamatórios) ou na presença de disfunções neurovegetativas e vasculares (BRIOSCHI, 2007).

Desse modo, um dos possíveis usos desta tecnologia seria no diagnóstico precoce complementar dos Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT), pois quando ocorrem lesões teciduais, principalmente com processos inflamatórios, o despertar da sintomatologia dolorosa gerada pelos neurotransmissores e aumento da microcirculação local, eleva a temperatura regionalmente causando áreas de hiperradiação, os *hot spot* -

pontos de hiperaquecimento, traduzindo anormalidades fisiológicas e consequentemente indícios de distúrbios locais (TROTTA & ULBRICHT, 2015).

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi evidenciar, por meio de uma pesquisa bibliográfica, o uso do exame de Termografia como ferramenta de avaliação ergonômica para identificação de possíveis doenças ocupacionais, no auxílio de diagnóstico e/ou prevenção dessas alterações.

2. Metodologia

2.1 Procedimentos

Este artigo trata-se de uma pesquisa exploratória, que foi desenvolvido com uma busca em quatro bases de dados: **Google acadêmico**, **Pub Med**, **Scopus** e **Web of Science**.

A pesquisa foi realizada com as palavras-chave no idioma inglês: “*occupational diseases*” e “*thermography*”. Obteve-se 51 estudos no *Google Acadêmico*, 17 estudos no *PubMed*, 88 estudos na base *Scopus* e 1 estudo na *Web of Science*. A revisão bibliográfica pôde ser feita após uma filtragem onde selecionou-se apenas os artigos, dissertações ou teses relacionadas com o tema de interesse para que se fizesse a revisão bibliográfica. Foram eliminados artigos com conteúdo textual não compatível, assim como os artigos não disponíveis foram eliminados. Desse modo, chegou-se a 12 estudos, com os resultados descritos a seguir.

2.2 Resultados

Com base nos estudos encontrados, elaborou-se a Tabela 1, onde estão descritos resumidamente os artigos nas categorias: autor/título/ano de publicação, objetivo e conclusões.

TÍTULO, AUTOR E ANO	OBJETIVOS	CONCLUSÕES
Estudos clínicos em Termografia (Karpman et al., 1970)	Determinar se a termografia seria capaz de determinar, avaliar e observar a evolução das lesões musculoligamentares.	A Termografia é extremamente útil na avaliação objetiva de lesões musculoligamentares agudas. Os dados apresentados demonstraram que as lesões musculoligamentares resultaram em mudanças termográficas definidas que foram prontamente registradas. A termografia foi uma ferramenta clínica útil na avaliação objetiva de lesões musculoligamentares de tecidos moles.
Termografia na detecção da síndrome do túnel do carpo e outras neuropatias compressivas (Herrick et al., 1987)	Estudos realizados usando termografia de cristal líquido (<i>FlexiTherm</i>) e termografia eletrônica para o diagnóstico da síndrome do túnel do carpo.	O uso da técnica termográfica pode levar ao diagnóstico precoce, tratamento e medidas preventivas que poderiam eliminar o alto custo da perda de mão-de-obra e da assistência médica, muitas vezes concomitante à síndrome do túnel do carpo.
Fenômeno de <i>Raynaud</i> Ocupacional (Kester et al., 1991)	Artigo de revisão	A exposição repetida da mão à vibração resulta em uma série complexa de distúrbios vasculares, neurológicos e musculoesqueléticos (conhecidos como a síndrome da vibração mão-braço). O componente vascular apresenta-se vasoespástico - condição semelhante à descrito por <i>Raynaud</i> no século passado. A etiologia permanece obscura e ainda há um debate considerável sobre se é uma desordem central ou periférica. O tratamento da condição é muitas vezes ineficaz, particularmente nos estágios avançados da doença. O dedo branco induzido por vibração da síndrome é a base de uma reivindicação de benefício industrial.
Validação da Termografia no diagnóstico de Lesões por Esforços Repetitivos/ Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (Garcia, 2004)	Verificar a eficácia da técnica de Termografia para diagnosticar LER/DORT	Foram feitas comparações entre os laudos da Termografia e os da Ecografia, bem como analisou-se também os respectivos laudos da Termografia com os do Exame Clínico. No laudo da Ecografia, existe informe do paciente sobre as dores e sua localização, e com a Termografia, inexistente este relato; os avaliadores verificaram as imagens não tendo informação sobre os pacientes e se utilizaram somente das imagens para dar o diagnóstico. Verificou-se também, que os laudos da Termografia, com relação aos punhos, foram mais sensíveis e específicos do que os da Ecografia. Em relação aos cotovelos e ombros, a Termografia foi mais sensível do que a Ecografia.
Termografia Computadorizada na identificação de <i>Trigger Points</i> Miofasciais (Balbinot, 2006)	Determinar a sensibilidade e a especificidade da termografia computadorizada no diagnóstico de <i>trigger points</i> miofasciais através da análise de imagens termográficas, entrevista clínica e exame físico especializado, incluindo o uso de algômetro de pressão.	O estudo possibilitou avaliar a termografia como ferramenta no diagnóstico de <i>trigger points</i> miofasciais em músculo trapézio, concluindo-se que a mesma é adequada para tal finalidade, com sensibilidade de 95,60%, comparada a 83,60% da algometria de pressão, quando utilizadas como métodos isolados. Considerando que a termografia computadorizada não diagnosticou <i>trigger points</i> em apenas 4,40% dos casos, a especificidade também foi de 95,60% para este diagnóstico, considerando a algometria de pressão como o método usual padrão.
Termometria de infravermelho no diagnóstico de síndrome de vibração mão-braço (Youakim, 2010)	Validar um método termométrico simples para diagnosticar o fenômeno <i>Raynaud</i> relacionado ao HAVS (Síndrome de Vibração Mão-Braço)	A termometria por infravermelho é um método simples, barato e válido que pode ser usado para diagnosticar o fenômeno secundário de <i>Raynaud</i> relacionado à síndrome da vibração mão-braço. Quando a probabilidade de pré-teste é baixa para a síndrome de vibração do braço-braço, um gradiente positivo da base do dedo durante o revezamento após a imersão em água fria pode essencialmente descartar a anormalidade vascular relacionada a síndrome do músculo mão-braço. A termometria por infravermelho não determina a gravidade do fenômeno <i>Raynaud</i> relacionado à síndrome da vibração do braço-braço.

TÍTULO, AUTOR E ANO	OBJETIVO	CONCLUSÕES
A utilização da imagem infravermelha para estudo de doenças ocupacionais no trabalho industrial (Brioschi et al., 2012)	Apresentar um método que possa ser usado para estudar doenças profissionais durante o trabalho em temperatura ambiente.	O método proposto permite uma medição contínua e sem contato da temperatura da pele em qualquer local do corpo humano exposto durante o trabalho à temperatura ambiente para avaliar a doença ocupacional. Este método pode ser combinado com um método que identifica prognósticos térmicos anormais para prevenir doenças automaticamente. Porém, o sistema tem algumas limitações, pois depende da exposição da pele. Portanto, o próximo passo nesta linha de pesquisa seria avaliar mais doenças, ajustando os diferentes metabolismos individuais e a temperatura ambiente por um novo método sem dimensão.
Avaliação da aplicação da Termografia no diagnóstico de Tendinite de punho por LER/DORT (Neves & Magas, 2012)	Avaliar a viabilidade de aplicação da termografia no diagnóstico de tendinite de punho por LER/DORT.	Os principais achados nas alterações das taxas de variações e diferença média de temperatura, assim como os valores da sensibilidade e especificidade, apresentaram resultados significativos indicando que a termografia é capaz de detectar tendinite de punho.
Termografia no Diagnóstico Complementar de Doenças Músculo Esqueléticas (Trotta & Ulbricht, 2015)	Identificar as formas de aplicação biomédica da termografia para o auxílio diagnóstico das doenças osteomusculares.	Verificou-se que a termografia tem alta sensibilidade, variando entre 71% a 100% de acordo com os estudos elencados, ganhando cada vez mais espaço no apoio diagnóstico, acompanhamento e avaliação dos quadros sintomáticos osteomusculares principalmente nas patologias de punho, cotovelos e ombros. É um método eficaz no auxílio diagnóstico para casos de aumento da demanda fisiológica em grupos músculo esqueléticos, assim como nas patologias osteomusculares relacionadas ou não com o trabalho.
A utilização da Termografia na Análise Macroergonômica da Atividade de Reboco de Teto (Franchini, 2017)	Validar a utilização da termografia na avaliação macroergonômica de trabalhadores do ramo da construção civil na atividade de reboco de teto.	A termografia superficial como ferramenta complementar, demonstra ser um método eficiente para implantar um programa ergonômico na empresa, efetuando um trabalho de prevenção evitando patologias, melhorando a qualidade de vida, trazendo maior segurança, conforto e satisfação no processo laboral. Pode-se contribuir consideravelmente para a implantação da ergonomia na empresa, a partir do diagnóstico fidedigno aos reais problemas presentes na mesma e muitas vezes ocultos.
Termografia por infravermelho nas mãos e nos pés dos casos e controles da síndrome da vibração do braço-mão (HAVS) (Nisenbaum et al., 2017)	Investigar o desempenho do IR termografia do reaquecimento do dedo após a estimulação de água fria de acordo com a orientação ISO como um teste de diagnóstico para o componente vascular do HAVS nas mãos. Determinar se houve diferenças de temperatura nos dedos dos pés entre os casos e controles do HAVS e, em caso afirmativo, avaliar o desempenho da termografia como um possível teste de efeitos dos pés vasculares, usando um método semelhante ao usado para as mãos.	Termografia IR das mãos usando o frio recomendado pelo ISO com estimulação da água não funcionou bem como um teste de diagnóstico para o componente vascular do HAVS. O teste de termografia de IR foi ainda menos bem como um teste de anormalidades vasculares nos pés. Houveram algumas diferenças estatisticamente significantes nas temperaturas dos dedos entre os casos e controles no final do reaquecimento, sendo os casos mais frios. A pesquisa futura sobre a termografia nos pés deve avaliar o reaquecimento além de 15 min, porque as diferenças de temperatura nos pés pareciam aumentar à medida que o reaquecimento avançava.
Análise de Risco para Trabalho Repetitivo Usando Termografia Sensorial (Garcia et al., 2018)	Analisar e avaliar a variação de temperaturas geradas nas áreas do pulso direito e esquerdo e na área do cotovelo direito e esquerdo para ambos os braços, através de termografia sensorial e sintomas potenciais.	Ao gerar um trabalho altamente repetitivo, a temperatura do músculo aumenta e é mantida desta forma por longos períodos de tempo, neste estudo de caso por mais de 2 h, o que pode acabar com os trabalhadores e transtorno de trauma acumulado, como demonstrado, a temperatura da mão direita é alta o tempo todo indicando que a carga de trabalho é alta conferida à mão esquerda.

Tabela 1 – Descrição dos artigos encontrados FONTE: Os autores

2.3 Discussão

2.3.1 Biomecânica ocupacional

A biomecânica ocupacional é uma parte da biomecânica geral, que envolve o estudo dos movimentos corporais e forças relacionadas ao trabalho, salientando as interações físicas

do trabalhador, com seu posto de trabalho, máquinas, ferramentas e materiais, para proporcionar uma diminuição da ocorrência dos distúrbios musculoesqueléticos. Para isso, analisa as posturas corporais no trabalho, assim como a aplicação de forças para a realização deste, e de suas possíveis consequências (IIDA, 2005).

Do ponto de vista biomecânico, os programas de análise ergonômica do trabalho, apresentam três elementos principais: identificação da prevalência e do tipo de problema musculoesquelético, análise dos fatores de trabalho que expõem o indivíduo ao risco de problemas musculoesqueléticos específicos e avaliação para determinar o grau de risco em determinada posição de trabalhadores (CHAFFIN *et. al.*, 2001).

As lesões por esforços repetitivos e os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho são, por definição, um fenômeno relacionado ao trabalho. Ambos são danos decorrentes da utilização excessiva, imposta ao sistema musculoesquelético, e da falta de tempo para recuperação (BRASIL, 2012).

A avaliação clínica é considerada como “padrão ouro” do diagnóstico sendo auxiliada pelos exames complementares. Os métodos de imagem como a ultrassonografia e a ressonância magnética são os mais utilizados para auxiliar o médico no diagnóstico dessas morbidades (NEVES *et. al.*, 2012).

Muitas operações de fabricação são caracterizadas por atividades repetitivas por longo tempo (8 a 10h de trabalho), fazendo com que os trabalhadores tenham fadiga muscular, gerando o desenvolvimento gradual de Distúrbios de Trauma Acumulado (DTA). Os DTA envolvem síndromes caracterizadas por desconforto, deficiência, incapacidade ou dor persistente nas articulações, músculos e outros tecidos moles, com ou sem manifestações físicas. São agravados por movimentos repetitivos, incluindo vibrações, posturas sustentadas ou limitadas, e movimentos bruscos no trabalho ou no lazer (GARCIA *et. al.*, 2018).

A fadiga é um dos principais fatores que podem influenciar na diminuição da produtividade. Em alguns casos, é relativamente fácil localizar as fontes da fadiga, que podem ser a exagerada carga muscular ou ambiente de trabalho inadequado- ruídos, vibrações, temperaturas ou iluminação inadequada (COUTO, 1995).

Em particular, o movimento repetitivo das mãos foi identificado como um dos principais riscos ocupacionais associados aos distúrbios musculoesqueléticos dos membros superiores. Os distúrbios traumáticos repetitivos representam 60% de todas as doenças ocupacionais do mundo (GARCIA *et. al.*, 2018).

Anteriormente a uma desordem de trauma acumulada, o músculo exposto a uma atividade repetitiva é causa da fadiga e de ativação de ponto de gatilho miofascial (TRP). Um ponto de gatilho miofascial é sempre doloroso quando pressionado, limitando o alongamento do músculo, assim como causando seu enfraquecimento. Os TRPs são detectados por termografia infravermelha e causados por postura imprópria mantida em um local de trabalho (GARCIA *et. al.*, 2018).

Se a velocidade das contrações musculares aumentarem durante uma determinada atividade, chega-se a um limite que resultará em fadiga muscular (metabolismo anaeróbico), o que é muito observado nos casos de DORT, principalmente de membros superiores (CAILLIET, 1999). Se esforços contínuos ou repetitivos forem realizados diariamente ao longo de semanas ou até mais, e se os níveis de estresse forem elevados, a dor crônica e a degeneração tissular podem acontecer (IIDA, 2005).

Outro fator a ser considerado é a exposição ao frio, que parece ser um possível causador e contribuinte para a tenossinovite. O risco de doença do túnel do carpo em trabalho repetitivo aumenta cinco vezes quando se trabalha em ambiente frio (BRIOSCHI et. al., 2012).

A prevenção é o meio ideal de lidar com as LER/DORT e deve incluir aspectos multifatoriais relacionados ao ambiente de trabalho, já que estas alterações costumam associar-se a riscos ergonômicos tais como movimentos repetitivos, força e posturas inadequadas. A realização de diagnóstico e tratamento adequado é fundamental para a resolução das LER/ DORT e retorno efetivo ao trabalho (FERNANDES & FERNANDES, 2011).

2.3.2 Termografia

A imagem da pele tem sido usada para monitorar a distribuição de temperatura da pele humana em medicina, porém, nos últimos anos, a imagem infravermelha encontrou um número crescente de aplicações em engenharia e indústria (BRIOSCHI et. al., 2012).

A termografia ou imagem digital infravermelha termal, monitora a distribuição de radiação eletromagnética de áreas ou pontos da superfície cutânea fornecendo informações fisiopatológicas e anatômicas, que quando relacionadas ao exame clínico e a outros métodos diagnóstico - como a eletromiografia, ultrassonografia, Raio X, ressonância magnética, constitui um importante meio diagnóstico complementar de apoio médico a diversas patologias, sendo amplamente utilizada nas diferentes especialidades médicas. A característica relevante das imagens infravermelhas é o que a faz ser um diferencial dos demais meios diagnósticos, é a segurança da técnica, por ser indolor, não invasiva, sem emissão de radiação ionizante, ser portátil e de fácil execução, sem riscos para o paciente e para o examinador (TROTTA & ULBRICHT, 2015).

A termografia infravermelha detecta, mede e converte invisivelmente a informação e envia um sinal visível na temperatura da superfície da pele, que é fotografado e gravado permanentemente, sendo um método diagnóstico auxiliar na avaliação e monitoramento do tratamento de pacientes com dor crônica. Fornece um mapa térmico da área em estudo, revelando indiretamente as condições fisiopatológicas associadas a síndromes de dor. Os dois sistemas de detecção de calor mais utilizados na prática clínica são: *termografia por infravermelho* e *termografia de contato com cristais líquidos* (LCT), tendo uso especial nas síndromes dolorosas em que se suspeita o envolvimento do sistema nervoso simpático (GARCIA et. al., 2018).

O diagnóstico de patologia neuromuscular por meio da termografia baseia-se no fato de que normalmente há simetria térmica e que existe assimetria térmica entre locais normais e anormais; há uma mudança nos gradientes de temperatura normais dos membros ou entre os dígitos mediais e laterais e um distúrbio dos padrões normais de distribuição de temperatura fisiológica que podem não só ser vistos termograficamente, mas reproduzidos usando pelo menos dois tipos diferentes de termografia: termografia de contato científico e termografia embutida computadorizada (HERRICK & HERRICK, 1987).

2.3.3 Termografia como instrumento de avaliação em Ergonomia

A termografia foi usada inicialmente para fins militares, depois liberada para o uso médico em 1960. Desde então, a tecnologia das câmeras geradoras das imagens

infravermelhas avançou muito, permitindo imagens de alta resolução, oferecendo mais de 64.000 pontos precisos, com sensibilidade térmica de 0,05°C a 0,1°C (TROTTA & ULBRICHT, 2015).

Uma das mais simples inspeções de desenvolvimento, utilidade e emprego da termografia é a medição da temperatura corporal superficial. Quando há lesão muscular, há uma variação da temperatura na área envolvida. A termografia consegue detectar essas variações e, a este respeito, vários estudos foram desenvolvidos para diagnosticar lesões ou distúrbios musculoesqueléticos, através da aplicação da *Teoria Termográfica Infravermelha*. A vantagem desta é ser uma técnica não-invasiva em seres humanos, ou seja, não oferece prejuízos em nenhum momento, e fornece um mecanismo que registra a distribuição de temperatura com uma câmera térmica que recebe e processa a radiação infravermelha emitida pela superfície do corpo. A termografia sensorial, em oposição ao infravermelho, baseia sua operação no monitoramento por sensores para capturar a temperatura (GARCIA *et. al.*, 2018).

Esses valores de temperatura são representados com diferentes cores em gráficos de acordo com a área corporal estudada e a partir daí é possível fazer associações entre variações de temperatura próprias do corpo e alterações patológicas (FRANCHINI, 2017).

Os mecanismos de regulação da temperatura corporal formam um sistema de controle bem projetado que permite a um indivíduo se expor a temperaturas ambientais extremas, sem que isso altere sua temperatura corporal interna de forma significativa, que é praticamente constante, exceto em estados febris. A temperatura corporal depende basicamente de um equilíbrio entre a intensidade da perda e da produção de calor (COUTO *et. al.*, 2012). Esse equilíbrio térmico é quase inteiramente regulado por mecanismos de controle nervoso tipo *feedback*, comandados pelo centro regulador da temperatura localizado na área pré-óptica do hipotálamo (COUTO, 1995).

A pele é o maior de todos os órgãos para a regulação da temperatura no corpo humano. Há uma grande variação e mudança constante associada a diferentes locais da pele, que ocorre devido ao equilíbrio das leis físicas, bem como a fatores internos e os resultados na manutenção de temperaturas constantes dos órgãos essenciais para a vida. A pele normal age como um corpo preto e o uso de calor por radiação (emissão de calor) depende da radiação na superfície, além de outros fatores da pele e do meio ambiente. A menos que o paciente esteja suando, a temperatura atual da pele é o fator mais importante na perda de calor radiante. A temperatura da pele é um indicador da integridade neurovascular, sendo fundamental para a termorregulação, uma vez que cerca de 1/3 dos termorreceptores orgânicos estão nela. A temperatura é influenciada por três fatores: microcirculação, condutividade térmica e própria atividade metabólica da pele (GARCIA *et. al.*, 2018).

As pessoas experimentam temperaturas frias em atividades que envolvem a imersão das mãos em baixas temperaturas da água durante o trabalho, ao tocar produtos refrigerados ou congelados em lojas frias. As temperaturas resultantes da pele de ambientes frios apresentam risco de saúde e segurança em termos de dor e desconforto, dormência e até mesmo danos à pele. A exposição ao frio pode levar a vasoconstrição na musculatura periférica, bem como na pele, devido à perda de calor. Conseqüentemente, o fluxo sanguíneo para as extremidades é reduzido, mesmo quando a mão é exposta a temperaturas baixas médias, como 15-25°C. A redução do fluxo sanguíneo pode causar perdas na sensibilidade

tátil, redução do desempenho manual, força de aderência e aumento do risco de acidentes (BRIOSCHI et. al., 2012).

Os elementos básicos que justificam a consideração do uso da termografia na patologia neurofisiológica inclui: dor com suas ramificações subjetivas; fatores autonômicos que causam alterações na temperatura cutânea; e as vias reflexas anatômicas e fisiológicas que interagem a dor e o sistema nervoso simpático (HERRICK & HERRICK, 1987).

Essa diminuição de sensibilidade interfere na manipulação de objetos pequenos. Assim, as tarefas de montagem, digitação e pequenas reparações podem ser prejudicadas por temperaturas frias se não for utilizada proteção adequada. A destreza diminui quando as temperaturas dos dedos são inferiores a 16°C (BRIOSCHI et. al., 2012).

O uso dos termógrafos mostrou que existem certas relações de várias áreas do corpo umas às outras, que foram consideradas muito confiáveis: as mãos são geralmente mais frias do que os ombros; as nádegas e os pés sendo as partes mais frias da parte inferior do corpo, seguidos pela frente dos joelhos. O lado contrário da região hipotenar da mão geralmente é mais quente do que o lado hipotenar, e os dedos, quando normais, são quase sempre mais frios que a palma da mão (HERRICK & HERRICK, 1987).

A termografia infravermelha é um meio para estudar padrões térmicos anormais ocupacionais sem interferir no trabalho (BRIOSCHI et. al., 2012). Recentes pesquisas têm apresentado o uso da termografia na avaliação de doenças. A relação entre temperatura e regiões dolorosas, pode auxiliar no diagnóstico e no acompanhamento do tratamento dessas patologias causadoras de dor e incapacidade (GARCIA, 2004).

Nos últimos anos tem-se estudado a utilização da termografia no auxílio de diagnóstico de origem inflamatória. As imagens termográficas mostram alterações de temperaturas em determinadas regiões do corpo, contribuindo no diagnóstico e no tratamento de doenças. Na área da medicina ocupacional, o uso da termografia nas perícias médicas auxilia no estudo da evolução da dor e no diagnóstico de inflamação nos distúrbios neuromusculoesqueléticas (NEVES et. al., 2012).

O estudo de Garcia *et. al.* (2018), mostrou evidências objetivas de que, ao gerar um trabalho altamente repetitivo, a temperatura do músculo aumenta e é mantida desta forma por bastante tempo (no estudo em questão por mais de 2h), o que pode resultar em transtorno de trauma acumulado nos trabalhadores.

O estudo de Karpman *et. al.* (1970) mostrou em um grupo de 44 pacientes sintomáticos depois de uma lesão musculo ligamentar, 9 apresentaram radiografias e termografias normais, enquanto 26 deles tiveram termograma anormal associado com raios-X normais. Nenhum deles apresentou termograma normal com raio-X anormal, e 9 tiveram radiografia anormal com termografia anormal, concluindo que a termografia é extremamente útil na avaliação de lesões musculo ligamentares agudas.

No estudo de Brioschi *et. al.* (2012), o uso da pesquisa por imagem infravermelha permitiu monitorar diretamente a mudança de padrões de temperatura da superfície durante o horário de trabalho. Os músculos extensores foram mais aquecidos durante o trabalho, mostrando uma alta atividade de musculatura local proporcional ao seu tempo de atividade.

Muitos autores publicaram artigos sobre a importância da termografia no estudo da vasoneurose ocupacional, que ocorre frequentemente em pacientes com gradiente térmico

entre a região carpometacarpiana e os dedos após a imersão a frio. A temperatura das mãos mostrou-se flutuante (subindo e caindo), mas 45 minutos após a imersão a frio, a temperatura é baixa no nível inicial, o que é conhecido como fenômeno *Raynaud* (BRIOSCHI et. al., 2012).

No estudo de Neves *et. al.* (2012), verificou-se a viabilidade da aplicação da termografia no diagnóstico de tendinite de punho comparando dois grupos de estudos (compostos por indivíduos com lesão) e o grupo controle (sem dor e sem lesão), utilizando o exame clínico como “padrão ouro”. Os principais achados nas alterações das taxas de variações e diferença média de temperatura, assim como os valores da sensibilidade e especificidade, mostraram resultados significativos indicando que a termografia é capaz de detectar tendinite de punho.

A temperatura da pele apresenta o maior potencial para avaliação contínua sem contato físico, podendo ser um meio efetivo para avaliar doenças pois a atividade do nervo autônomo associada a distúrbios vasculares, musculares, tendinosos e nervosos faz com que a temperatura da pele varie. Entretanto, a maioria dos estudos já feitos analisaram a temperatura da pele exposta dos braços, independentemente de seus movimentos, por ser mais fácil de medir (BRIOSCHI et. al., 2012).

O estudo de Trotta & Ulbricht (2015), mostrou que a tecnologia envolvida nos equipamentos geradores das imagens infravermelhas avançou muito nos últimos anos, o que aumentou a sensibilidade e difundiu a empregabilidade do método nas diversas especialidades médicas. A termografia tem alta sensibilidade, variando entre 71% a 100% de acordo com os estudos anteriores e está ganhando cada vez mais espaço no apoio diagnóstico, acompanhamento e avaliação dos quadros sintomáticos osteomusculares principalmente nas patologias de punho, cotovelos e ombros.

3. Considerações Finais

Conforme resultados apresentados, pode-se constatar que muitos estudos recaem na avaliação termográfica do segmento do punho, principalmente na síndrome do túnel do carpo, tendinites, e síndromes miofasciais, todos eles tendo resultados estatisticamente significantes relacionando as imagens com os distúrbios locais. Na cintura escapular, especificamente nas estruturas que envolvem o ombro, a termografia pode ser usada para estabelecer níveis de fadiga assim como direcionar possíveis padrões diagnósticos de lesões (TROTТА & ULBRICHT, 2015).

Entretanto, o sistema tem algumas limitações pois depende da exposição da pele, o que não é possível em todas as situações. Assim, deve-se avaliar mais doenças, ajustando os diferentes metabolismos individuais e a temperatura ambiente (BRIOSCHI et. al., 2012).

Os dados obtidos e analisados com a pesquisa sobre o uso da termografia na avaliação ergonômica do trabalho demonstram que as demandas ergonômicas possuem relação direta com o bem-estar dos trabalhadores, refletindo, provavelmente, na produtividade e qualidade das atividades. Portanto, o uso da termografia pode favorecer a indicação de soluções para melhorar a organização do trabalho (FRANCHINI, 2017). Entretanto, a maioria dos estudos já feitos analisaram a temperatura da pele exposta dos braços, independentemente de seus movimentos, por ser mais fácil de medir (BRIOSCHI et. al., 2012).

4. Conclusões

Os estudos analisados descrevem a aplicação da termografia em membros superiores, especialmente em mãos e punhos, evidenciando a necessidade da realização de mais avaliações de outras partes do corpo, tais como coluna e membros inferiores, que também estão envolvidas em várias doenças ocupacionais.

Além disso, mais pesquisas devem ser feitas para avaliar não apenas as respostas em relação à exposição dos trabalhadores a diferentes temperaturas ou temperaturas extremas no ambiente de trabalho, mas também no diagnóstico precoce dos processos inflamatórios decorrentes dos trabalhos repetitivos e/ou com posturas inadequadas.

O uso da Termografia como diagnóstico complementar pode trazer inúmeros benefícios na intervenção ergonômica, pois pode auxiliar no diagnóstico precoce das doenças ocupacionais, assim como pode permitir uma abordagem preventiva na adequação das posturas e movimentos das atividades de trabalho.

5. Referências

- ABRAHÃO J.; SZNELWAR L.; SILVINO A.; SARMET M.; PINHO D. **Introdução à Ergonomia – da prática à teoria**. São Paulo: Edgard Blücher, 2009.
- BALBINOT, L.F. **Termografia Computadorizada na Identificação de *Trigger Points* Miofasciais**. Florianópolis, 126 p., 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina.
- BAÚ, L.M.S. **Fisioterapia do Trabalho: Ergonomia - Legislação - Reabilitação**. Curitiba: Clã do Silva, 2002.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Dor relacionada ao trabalho: lesões por esforços repetitivos (LER): distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (Dort)**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2012.
- BRIOSCHI, M. L.; OKIMOTO, M. L. L. R.; VARGAS, J. V. C. **The utilization of infrared imaging for occupational disease study in industrial work**. *Work*, v. 41, n. SUPPL.1, p. 503–509, 2012.
- CAILLIET R. **Dor, mecanismos e tratamentos**. Porto Alegre: Artmed. 1999
- CHAFFIN D. B.; ANDERSON G. B. J.; MARTIN B. J. **Biomecânica Ocupacional**. Belo Horizonte: Ergo, 2001.
- COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: ERGO Editora, 1995.
- COUTO H. A.; NICOLLETTI S. J.; LECH, O. **Gerenciando a LER e os DORT nos tempos atuais**. Belo Horizonte: Ergo Editora, 2012.
- DUL, J.; WEERDMEESTER B. **Ergonomia prática**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.
- FERNANDES E. H.; FERNANDES J. H. M. **Síndrome dolorosa miofascial em trabalhadores com LER/DORT**. *Rev Bras Med Trab*, v. 9, n. 1, p. 39-44, 2011.

FRANCHINI, A. S. **A utilização da Termografia na análise macroergonômica da atividade de reboco de teto.** Curitiba, 140 p., 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GARCIA, D. R. **Validação da Termografia no diagnóstico de lesões por esforços repetitivos/distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho.** Porto Alegre, 125 p., 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GARCIA, A.; CAMARGO, C.; OLGUÍN, J.; BARRERAS. **Analysis of Risk for Repetitive Work Using Thermography Sensory: Advances in Human Factors and Ergonomics in Healthcare and Medical Devices.** Advances in Intelligent Systems and Computing, v. 590, 2018.

HERRICK, R.; HERRICK, S. **Thermography in the detection os carpal tunnel Syndrome and other compressive neuropathies.** Journal of Hand Surgery, v. 12, n. 3, p. 943-949, 1987.

HONÓRIO, F.J.A. **Mapeamento da temperatura corporal em diferentes situações.** Florianópolis, 150p., 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina.

IIDA I. **Ergonomia – Projeto e Produção.** 2ªed.São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

KARPMAN, H. L.; KNEBEL, A.; SEMEL, C. J.; COOPER, J. **Clinical Studies in Thermography.** Archives of Environmental Health: An International Journal, v. 20, n. 3, p. 412-417, 1970.

KESTER, R.C.; GREENSTEIN, D.; KENT, P.J.; WILKINSON, D. **Raynaud’s phenomenon of Occupational Origin.** The Journal of Hand Surgery, 16B:04, 1991.

KROEMER K. H. E.; GRANDJEAN E. **Manual de Ergonomia – Adaptando o Trabalho ao Homem.** 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MORAES A.; D.; MONT’ALVÃO C. **Ergonomia: Conceitos e Aplicações.** 3. ed. Rio de Janeiro: luser, 2003.

NEVES, E. B.; MAGAS, V.; NOHAMA, P. **Avaliação da aplicação da termografia no diagnóstico de tendinite de punho por LER-DORT.** XXIII Congresso Brasileiro em Engenharia Biomédica – XXIII CBEB, Outubro, p. 583–586, 2012.

TROTTA J.; ULBRICHT L. **Termografia no Diagnóstico Complementar de Doenças Músculo Esqueléticas.** Pan American Journal of Medical Thermology, v. 2, n. 2, p. 7–13, 2015.

YOUAKIN, S. **Infrared thermometry in the diagnosis of hand-arm vibration Syndrom.** Occupational Medicine, v. 60, n. 3, p. 225-230, 2010.