

Avaliação Ergonômica por meio da Eletromiografia de Superfície: Estudo de Caso na Indústria Automotiva

Ergonomic Evaluation by Surface Electromyography: Case Study in The Automotive Industry

Eugenio Andrés Díaz Merino¹, Universidade Federal de Santa Catarina
Lincoln Silva², Universidade Federal de Santa Catarina
Julia Marina Cunha³, Universidade Federal de Santa Catarina
Ilandir Ferreira da Silva⁴, Universidade Federal de Santa Catarina
Giselle Schmidt Alves Díaz Merino⁵, Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

A indústria automotiva é um importante setor da economia brasileira, sendo responsável por 5% do PIB do país. Apesar dos avanços tecnológicos da indústria, algumas das atividades realizadas ainda dependem de trabalho manual, repercutindo em riscos à saúde do trabalhador. Nesse sentido, a ergonomia atua visando melhorias de segurança e consequente aumento da produtividade no setor. Assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar, por meio da eletromiografia de superfície, os riscos de lesões musculoesqueléticas inerentes à atividade de montagem de veículos desempenhada por um operador de linha de montagem em uma montadora de automóveis da região sul do Brasil. Como resultado, identificaram-se duas principais posturas de trabalho, em pé e sentado, sendo que em ambas posições o trabalhador realiza a colocação manual de peças adotando flexão de tronco e anteriorização da cabeça. Observou-se maior ativação mioelétrica na postura em pé, principalmente nos grupos musculares multífido esquerdo e trapézio superior direito. Apesar disso, ocorre um favorecimento da recuperação muscular na posição em pé, ainda que ambas as posições apresentem tendência de fadiga muscular e possam levar o trabalhador a sofrer desordens musculoesqueléticas. **Palavras-chave:** Eletromiografia. Fadiga. Risco musculoesquelético. Ergonomia. Indústria automotiva.

Editor Responsável: Prof.
Dr. Hermes Moretti Ribeiro da
Silva

ABSTRACT

The automotive industry is an important sector for the Brazilian economy, and it accounts for 5% of the country's GDP. Despite technological advances in the sector, some of the activities performed still depend on manual labor, which has repercussions on workers' health. In this sense, ergonomics aims to reduce the risks and improve safety during the development of tasks. The objective of this study was to evaluate the musculoskeletal injuries risks inherent in the assembly of vehicles at an automobile assembly plant located in the southern region of Brazil, by means of surface electromyography. As a result, we identified two main working positions, standing and sitting. In both positions, the worker performs the manual installation of the automobile parts adopting stooped postures. Greater use of the muscles in the standing position was observed, especially in the left multifidus and right upper trapezius. Despite this, muscle recovery in the standing position is better, although both positions result in a trend of muscular fatigue and may lead the worker to suffer musculoskeletal disorders.

Keywords: *Electromyography. Fatigue. Musculoskeletal risk. Ergonomics. Automotive industry.*

1. eugenio.merino@ufsc.br; 2. lincolnsilvafisio@gmail.com; 3. R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n - Trindade, Florianópolis - SC, 88040-900, juliamarinac@gmail.com; 4. engilandir@gmail.com; 5. gisellemerino@gmail.com

MERINO, E.A.D.; SILVA, L.; CUNHA, J.M.; SILVA, I.F.; MERINO, G.S.A.D. Avaliação Ergonômica por meio da Eletromiografia de Superfície: Estudo de Caso na Indústria Automotiva. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 14, n. 5, p. 239 - 261, 2019.

1. INTRODUÇÃO

A indústria automotiva mundial, responsável pelo projeto, desenvolvimento, fabricação, publicidade e venda de automóveis, produziu 73,5 milhões de carros em 2017, com um aumento de 2,4% em relação ao ano anterior (STATISTA, 2017). No Brasil, essa indústria é responsável por cerca de 5% do PIB e prevê crescimento da produção nos próximos anos (ANFAVEA, 2018).

Esta indústria ainda é reconhecida por ser pioneira em muitos aspectos do desenvolvimento industrial (WOMACK *et al*, 1990), marcados pelas inovações tecnológicas na área de manufatura. No entanto, no Brasil ainda depende de trabalho manual intensivo, repercutindo em riscos à saúde dos trabalhadores, principalmente os alocados na produção. Em específico, há uma alta prevalência de lesões musculoesqueléticas na indústria automotiva (ULIN; KEYSERLING, 2004).

Sendo a ergonomia a disciplina científica que estuda as interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema (IEA, 2000), esta é responsável pela identificação e prevenção de riscos à integridade física e mental dos trabalhadores. Desde as suas origens, a ergonomia é relacionada à aspectos da saúde ocupacional, estudando os fatores que interferem na relação homem-trabalho. A biomecânica ocupacional é o estudo da relação dos trabalhadores com os elementos de seu trabalho, como as ferramentas, máquinas e materiais com intuito de melhorar o desempenho do trabalhador, diminuindo os riscos de lesões musculoesqueléticas (CHANFFIN; ANDERSSON; MARTIN, 2006).

Para se realizar o estudo da interação do trabalhador com os elementos que compõem a sua atividade, há necessidade de métodos que avaliem o desenvolvimento da tarefa em tempo real e relacione-se com as características fisiológicas e biomecânicas inerentes ao trabalho. A eletromiografia de superfície (EMG), por ser capaz de reconhecer a atividade muscular em tempo real, e relacionar-se com as características fisiológicas das fibras musculares, pode ser considerada como uma ferramenta útil nas avaliações ergonômicas (MARRAS, 1990).

Na indústria automotiva, a EMG tem sido utilizada como instrumento de avaliação ergonômica para apoio de tomada de decisão dos profissionais da ergonomia. Dentre as variadas aplicações deste método, pode-se citar: para identificar o grupo muscular mais requisitado na

execução de determinada tarefa (HÄGG, 1997), e também com intuito de aprimorar o posicionamento dos trabalhadores e elementos da tarefa, tais como o posicionamento do automóvel no momento da colocação das peças (FERGUSON, 2011)

A convergência desses fatores delineados pela representatividade da indústria automotiva, a natureza da realização das tarefas, as condições de trabalho que podem culminar no adoecimento do trabalhador e afastamento de suas atividades por lesões de natureza musculoesquelética, apontam para uma lacuna de conhecimentos que requer a compreensão das consequências físicas deste trabalho. Portanto o problema deste estudo pode ser definido por meio do questionamento: Quais os riscos musculoesqueléticos a que estão expostos os trabalhadores durante atividade de montagem de veículos?

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar, por meio da eletromiografia de superfície, a atividade mioelétrica e os riscos de lesões musculoesqueléticas inerentes à atividade de montagem de veículos desempenhada por um operador de linha de montagem, em uma montadora de automóveis da região sul do Brasil, de maneira que o conjunto de informações possibilite o entendimento aprofundado da situação, visando futuras intervenções ergonômicas com intuito de minimizar ou mesmo eliminar os riscos identificados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ergonomia

O termo ergonomia surge da fusão de duas palavras de origem grega: *ergon* (trabalho) e *nomos* (regras) (FALZON, 2007), foi aplicado pela primeira vez, no dia 8 de julho de 1949 pelo psicólogo inglês K. F. Hywell Murrell (MORAES; MONT'ALVÃO, 2000). A formalização da ergonomia como área de pesquisa, ciência ou disciplina data de 1949, com a criação da Ergonomics Research Society, na Inglaterra. Em 1959 foram criadas Human Factors Society (HFS) e a International Ergonomics Society (IES) nos Estados Unidos e, em 1963, a Société d'Ergonomie de Langue Française (SELF), na França (ABRAHÃO *et al*, 2009).

Esta disciplina possui relação direta com a demanda relacionada ao trabalho em cada região do globo. desta forma, propagou-se em diversos países, nos quais ganhou força de acordo em função do momento histórico e econômico (ALMEIDA, 2011). Este fato pode ser

observado por meio dos primeiros estudos em ergonomia que visavam melhorar a interação homem/máquina, ao final da segunda guerra mundial (IIDA; GUIMARÃES, 2016).

A ergonomia tem como principal objetivo de trabalho a adaptação laboral às capacidades e limitações humanas com objetivo de prevenir o adoecimento e garantir a boa produtividade (IIDA; GUIMARÃES, 2016; FALZON, 2007; KROEMER; GRANDJEAN, 2005).

Desta forma, a ergonomia busca intervir na relação do homem com seu trabalho, por meio de processos de criação e desenvolvimento de técnicas, métodos, princípios e informações concernentes a melhoria de sua qualidade de vida relacionada a um sistema laboral. Para atender a isso, a produção do conhecimento e a racionalização da ação estão no centro da intervenção ergonômica (ABRAHÃO; PINHO, 2002). Segundo a Associação Internacional de Ergonomia (IEA) (2000), a compreensão das interações do homem com os diversos elementos de um sistema deve ser o foco de estudos desta área.

Para que isso aconteça, a ergonomia baseia-se na interdisciplinaridade, somando profissionais que se originam em diversas áreas do conhecimento e convergem a este meio com intuito de melhorar a relação humana com o trabalho. Assim, podem ser citados, a título de exemplo, os engenheiros, designers, desenhistas industriais, fisioterapeutas, médicos e enfermeiros, dentre outros (WISNER, 2004; DULL; WEERDMEESTER, 2004; IIDA; GUIMARÃES, 2016).

A ergonomia possui classificações que são divididas de acordo com a sua contribuição (WISNER, 1987; IIDA; GUIMARÃES, 2016).

a) Ergonomia de concepção: relaciona-se à contribuição ergonômica no momento da criação de determinado serviço, produto ou método. É considerada como uma situação ideal, pois atua na prevenção da ocorrência de problemas que necessitam de adaptações projetuais, em muitos casos, mais onerosas que projeto original.

b) Ergonomia de Correção: trabalha corrigindo ou identificando problemas ligados a situações reais. Busca intervir em ocorrências que prejudicam a saúde e segurança do trabalhador ou usuário e, por conseguinte, sua produtividade.

c) Ergonomia de Conscientização: Atua na conscientização, capacitação e informação de pessoas ligadas a sistemas produtivos, ou usuários de produtos e serviços. Assim, estes

trabalhadores ou usuários poderão colaborar na identificação de novos problemas e buscar soluções ergonômicas para estas demandas.

d) Ergonomia de Participação: nesta forma de contribuição ergonômica, há importante participação do profissional, ou usuário, diretamente ligado à situação problema. Desta forma, há um maior detalhamento da situação, repercutindo em soluções alinhadas às necessidades reais do sistema.

Este estudo busca contribuir por meio da ergonomia de correção, conscientização e participação, pois assim como busca entender de forma biomecânica as características do trabalho, oferece a oportunidade de profissionais, do mesmo tipo de setor produtivo observar os achados que serão apresentados. Além disso, houve importante participação dos profissionais da fábrica na problematização e entendimento do foco desta pesquisa. A ergonomia ainda foi dividida quanto aos domínios de atuação da ergonomia (IEA, 2000):

a) Ergonomia física: é o domínio da ergonomia que se relaciona às características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas ligadas ao desenvolvimento de uma atividade. Ocupa-se com temas ligados ao desgaste musculoesquelético, tais como a postura no trabalho, levantamento de carga, movimentos repetitivos, fadiga muscular, entre outros.

b) Ergonomia Cognitiva: domínio da ergonomia que trata dos processos cognitivos ligados à operacionalização de determinada atividade. A percepção, memória, raciocínio e resposta motora dependem da atividade mental e podem afetar as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Dentre seus principais tópicos, podem ser citados: a carga mental de trabalho, tomada de decisão, desempenho especializado, interação homem-computador, stress ou fadiga mental no trabalho e treinamento.

c) Ergonomia Organizacional: domínio que se relaciona às melhorias dos sistemas sócio técnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e processos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, gerenciamento de recursos de tripulações (domínio aeronáutico), projeto de trabalho, organização temporal do trabalho, trabalho em grupo, projeto participativo, ergonomia comunitária e trabalho cooperativo, cultura organizacional, organizações em rede, teletrabalho e gestão da qualidade.

2.1.1 Ergonomia na indústria automotiva

Nos últimos anos, a ergonomia do ambiente de trabalho tem ganhado maior importância nas empresas (THUN; LEHR; BIERWIRTH, 2010), a implementação de medidas de segurança é vista como um meio de preservar a força de trabalho das empresas, que podem progredir em termos de competitividade e eficiência. Nesse sentido, a relevância da implementação de medidas ergonômicas encontra-se também pelo aumento de afastamentos e absenteísmo de trabalhadores, devido a lesões musculoesqueléticas, principalmente, na coluna vertebral e Lesões por Esforço Repetitivo (LER) nos membros superiores (LANDAU; PETERS, 2005; LANDAU; IMHOF-GILDEIN, MUCHE, 1996; SCHAUB *et al.*, 2000). Essa problemática envolve custos tanto econômicos quanto humanos, uma vez que as doenças pontuadas afetam significativamente a qualidade de vida dos indivíduos (LANDAU *et al.*, 2008).

Especificamente os processos de montagem são de importância na indústria automotiva, tanto pela posição que ocupam quanto pelas novas estruturas de trabalho que agregam valor à cadeia produtiva (LANDAU *et al.*, 2008). São também, processos que envolvem a adoção de posturas inadequadas, que diferem da posição neutra ou natural aceitável para a realização do trabalho.

Segundo Landau *et al.* (2008), a carga de trabalho mais frequente na linha de montagem de indústrias está concentrada em tarefas monótonas de inserção e remoção, monitoramento e manutenção, trabalho dinâmico unilateral e, por vezes, posturas desfavoráveis com trabalho estático. Um estudo de Anita *et al.* (2014), com operadores de linha de montagem, demonstra que as atividades apresentam um alto risco para lesões musculoesqueléticas devidos movimentos de torção e flexão exigidos, força muscular e repetitividade. Além disso, são predominantes as lesões nos membros superiores.

Os estudos nesse setor se utilizam principalmente de questionários, como o Nórdico e o RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) para identificação e mensuração dos riscos musculoesqueléticos aos quais estão expostos os trabalhadores (ANITA *et al.*, 2014). Nesse sentido, busca-se também exploração de outros métodos, objetivos e confiáveis, para aferição das reações fisiológicas em tempo real durante a tarefa. Para tanto, a utilização da eletromiografia permite obter dados quantitativos referentes a atividade muscular, permitindo

identificar sinais de fadiga que seriam notados apenas após a apresentação de sintomas por parte do trabalhador.

2.2 Eletromiografia de superfície

A eletromiografia é o registro da atividade elétrica muscular, resultante da variação de potencial elétrico na membrana celular em meio a uma contração muscular (DE LUCA, 1997). Para que a contração muscular ocorra, é necessária a interação entre o sistema nervoso central, periférico e as fibras musculares. Esta comunicação se dá por meio da unidade motora (UM) (motoneurônio alfa em conjunto às fibras musculares que são conectadas a ele) (MERLETTI, 2004).

Desta forma, o sinal eletromiográfico pode ser considerado como um indicador de força muscular, pois aborda o nível de excitação neural muscular (LINDSTROM; KADERFORS; PETERSEN, 1977). Além disso, possibilita a quantificação da duração de uma contração muscular, a participação dos grupos musculares em um determinado movimento, a quantidade de fibras musculares usadas e a frequência de ativação das UMs (NODA; MARCHETTI; VILELA, 2014).

Em ergonomia, a medida da atividade elétrica muscular em situações laborais tem aproximadamente 67 anos, provavelmente iniciando com o estudo de Lundervold, neurofisiologista norueguês, o qual avaliou 47 datilógrafos (LUNDERVOLD, 1951).

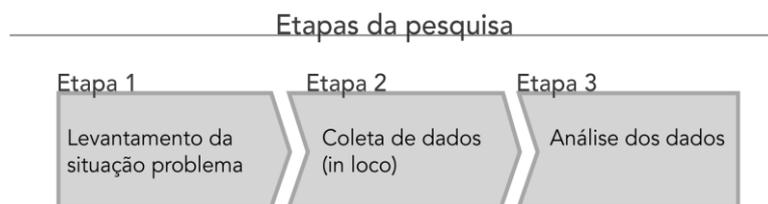
Para Iida e Guimarães (2016), o registro da atividade elétrica muscular é um bom mecanismo de quantificação do tipo e grau de solicitação muscular em uma atividade de trabalho, postura ou interação do ser humano com determinado elemento. Segundo Kumar e Mital (1996), a EMG pode ser considerada uma ferramenta poderosa na ergonomia, sendo crucial na tomada de decisão do ergonomista. Esta pode trazer três formas de apresentação dos dados: quantitativa, semi-quantitativa e qualitativa.

Em relação às aplicações da eletromiografia na ergonomia, o método pode inferir se há atividade muscular em uma determinada tarefa, quando ocorre o acionamento muscular, qual é interação entre os músculos de interesse na produção do movimento, se houve aquisição de habilidades, com base no padrão de ativação muscular e se houve maior atividade eletromiográfica relacionada ao estresse da atividade de trabalho (KUMAR; MITAL, 1996).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de um estudo de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, exploratória e descritiva. A pesquisa foi dividida em três etapas, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Descrição das etapas de pesquisa



Fonte: Autores, 2018.

- Etapa 1- levantamento da situação problema: foi realizada por meio da investigação in loco, entrevistas e observações da situação de trabalho.
- Etapa 2 - coleta de dados in loco: consistiu em coletar os dados referentes ao trabalho em análise, por meio de questionário sócio demográfico, medidas antropométricas e eletromiografia.
- Etapa 3- Análise dos dados: nesse ponto todas as informações coletadas foram sistematicamente organizadas e analisadas de maneira qualitativa e quantitativa.

3.1 Objeto de estudo

A amostra foi composta por 1 trabalhador do gênero masculino que aceitou participar da pesquisa e atendeu aos critérios de inclusão do estudo. Os critérios de inclusão foram: indivíduos que trabalham há mais de 12 meses na função de Operador de linha de montagem I e que executam a atividade por mais de 4 horas diárias. O estudo foi realizado em uma montadora de carros da região sul do Brasil, com capacidade de 32.000 Veículos/ano e 736 colaboradores diretos. A fábrica é dividida em três tecnologias: *Body Shop*, *Paint shop* e *Assembly*.

Body shop

- 2 linhas principais e as áreas de acabamento.

- Soldagem manual com dispositivos de assistência.

Paint Shop

- 23.000 m² com 3 níveis de equipamento instalado.
- pintura dos carros.

Assembly

- 2 linhas de montagem e uma linha de pré-montagem.
- 1 linha de montagem final e uma linha de acabamento.

Foram entregues os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Termos de Consentimento para Uso de Imagem e Voz para o trabalhador, com a apresentação dos objetivos e a relevância da participação na pesquisa, conforme instruções da Resolução do Conselho Nacional da Saúde (CNS) nº 466, de 12 de dezembro de 2012, que dispõe Diretrizes e Normas Regulamentadoras Envolvendo Seres Humanos.

3.2 Procedimentos de coleta de dados

Os materiais e métodos utilizados para a viabilização da pesquisa foram: questionário sócio demográfico, medidas antropométricas, observação da atividade e eletromiografia, conforme descrição a seguir.

3.2.1 Questionário sociodemográfico

O questionário sociodemográfico foi utilizado para definir questões características sociais do trabalhador em análise. Para tanto, compuseram o questionário informações a respeito da idade, gênero, escolaridade, tempo que realiza a função e carga horária.

3.2.2 Dimensões antropométricas

A identificação dos dados antropométricos se deu por meio do uso de fita métrica (marca MVN) na medida da estatura e balança de bioimpedância (Omron HBF514C) com intuito de

medir a massa corporal, IMC, percentual de gordura e musculatura. Também foi pesquisado o lado dominante.

3.2.2 Descrição da atividade

Foi realizada por meio da observação direta, em loco, por meio de vídeos e com base nas informações da prescrição da tarefa obtidas por intermédio dos profissionais responsáveis pela área de montagem (Assembly).

3.2.3 Eletromiografia de Superfície (EMG)

A eletromiografia, por ser um método capaz de demonstrar características fisiológicas dos músculos no decorrer da realização do trabalho (MARRAS, 1990), foi utilizada com intuito de verificar a fadiga muscular e o percentual de uso das fibras musculares em meio a atividade de montagem de peças na carroceria. Para verificação da fadiga, foi explorada a tendência linear de queda da FM (Frequência Mediana). Foi verificado ainda o valor percentual de uso da musculatura, relacionado à CIVM (Contração Isométrica Voluntária Máxima).

A aquisição dos sinais eletromiográficos (EMG) foi realizada com um eletromiógrafo de 4 canais Miotool 400 da marca Miotec. O sistema funciona com o software Miograph 2.0 USB, onde os dados são transmitidos para um computador portátil. Os sinais de força e de EMG foram coletados com uma taxa de amostragem de 1000 Hz para cada canal, filtro passa alta de 5 Hz, filtro passa baixa de 500 Hz e filtro notch 60 Hz, com taxa de aquisição de 2000 amostras/segundo por canal.

Para o registro do sinal eletromiográfico, foram utilizados pares de eletrodos de superfície de Ag/AgCl, pré-gelificado (Meditrace®), em configuração bipolar, com área de captação de 1 cm de diâmetro e distância inter-eletrodos de 2 cm, com adesivo de fixação. Os eletrodos foram posicionados nos músculos multifídeos direito (MD) e esquerdo (ME) ao nível das vértebras lombares L4-L5 e trapézio porção superior (TS) bilateralmente (BARBOSA; ALMEIDA; GONÇALVES, 2010), segundo as normas da SENIAM (HERMENS *et al.*, 2002). O eletrodo de referência foi colocado no olécrano direito. Foram observadas rigorosamente todas as normas pertinentes ao registro adequado de sinais EMG recomendados pela Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia (ISEK) (MERLETTI, 2000).

Antes da colocação dos eletrodos foram realizados os seguintes procedimentos: (1) identificação dos pontos de fixação dos eletrodos, (2) tricotomia e a abrasão da pele com gaze, (3) higienização com álcool 70%, (4) colocação dos eletrodos nas regiões previamente preparadas (MORAES *et al.*, 2003; O'SULLIVAN; SCHMITZ, 2004).

Para a normalização da EMG e obtenção da CIVM dos músculos multífidos, na força isométrica de extensão lombar, foram realizados três testes com manutenção de 10 segundos de resistência e com intervalo de 2 minutos entre as aquisições. Para isso, o sujeito avaliado posicionou-se na posição referente ao teste Sorensen-Boering modificado (PITCHER, 2007). Em seguida, para coleta da CIVM dos trapézios foi imposta resistência ao cotovelo com o ombro em abdução de 90° com resistência simultânea à extensão da cabeça após o pescoço ser flexionado para o mesmo lado e rodada para o lado oposto. Ocorreram três testes com manutenção de 5 segundos da resistência e intervalo de 2 minutos entre as aquisições (EKSTROM; SODERBERG; DONATELLI, 2005).

3.3 Procedimentos de análise de dados

Os dados foram tabulados no software Microsoft Excel para em seguida serem calculadas as medidas de média e desvio padrão das variáveis paramétricas. Em seguida, receberam tratamento estatístico no qual foi realizado estudo comparativo por meio do teste t de students ($P < 0,05$). Na aplicação da eletromiografia, foi realizada a regressão linear dos valores de frequência mediana (FM) de cada músculo, com intuito de observar a tendência de fadiga mioelétrica das fibras musculares. Os dados foram tratados com auxílio do software IBM SPSS versão 20.0. Todos os resultados obtidos são expostos e explicados ao longo de cada etapa no formato de gráficos e tabelas.

4. RESULTADOS

4.1 Questionário sociodemográfico

De acordo com o questionário sociodemográfico, o trabalhador é do gênero masculino, apresentou idade de 24 anos no momento de realização da pesquisa, classificando-se como adulto segundo Coitinho et al (1991). Em relação a escolaridade possui ensino médio completo,

realiza a função de operador da linha de montagem há 3 anos e executa a função durante 44h semanais. No tocante a dominância dos membros o trabalhador é destro.

4.2 Medidas Antropométricas

As medidas antropométricas do trabalhador são apresentadas na Tabela 1. O trabalhador apresentou massa corpórea de 57,2 Kg e estatura de 1,67 m. De acordo com o Índice de Massa Corpórea de 20,5 kg/m² possui peso normal (ABESO, 2009). Com porcentagem muscular de 44,7% e gordura corporal de 12,8%, valores considerados médios para a faixa etária e gênero do trabalhador (POLLOCK; WILMORE, 1993).

Tabela 1 - Medidas antropométricas do trabalhador.

Massa Corporal (Kg)	57,2
Gordura Corporal (%)	12,8
IMC (Kg/m²)	20,5
Músculos (%)	44,7
Estatura (m)	1,67

Fonte: Autores (2018).

4.3 Descrição da atividade

As atividades desempenhadas pelo trabalhador envolvem: fixar e conectar cabeamento e cabo o principal na carroceria; pré montar e fixar sensor de tração; fixar e conectar cabo principal na coluna; fixar caixa de energia; fixar cabo no capô e fazer conexões; fixar cabo do cofre do motor; fixar cabo de ABS na caixa de roda e fixar tampões; fixar luva com mangueira de respiro da bomba de vácuo; fazer leitura código de barras Airbag; passar e fixar cabo na tampa traseira e presilhas; instalar e fixar cabo de abertura manual na boca do tanque; pré montar e fixar fechadura da tampa traseira; fixar luzes de placa e pega mão; instalar e ajustar batente da fechadura da tampa traseira; efetuar reaperto diversos; conectar e fixar cabos diversos, de abertura, de comandos, de capo, de air bag, de tampas; acoplar e apertar parafusos diversos; fixar módulos e presilhas, luzes, pega mão, placas, cliques de mangueiras e bombas de vácuo, tampões e travas de segurança; montar módulo do tanque; fixar luva com mangueira de respiro da bomba de vácuo; instalar manta antirruído do túnel e cofre do motor; reforço estrutural triangular e espaçadores; base do assoalho; espaçadores e gabarito.

O TAC de um determinado segmento de atividade dura em torno de 10 minutos, sendo que são realizados em aproximadamente 8 minutos.

O trabalho é realizado em pé e sentado conforme a altura onde são realizadas as atividades. O operador utiliza ferramentas para auxiliá-lo na execução da tarefa, com por exemplo: Parafusadeiras elétricas angulares e reta com parada instantânea para evitar esforços de torção nos punhos. A empresa proporciona 10 minutos de ginástica laboral no início da jornada, após 2 horas de trabalhos são efetuadas paradas de 10 minutos, trabalho rotativos entre postos e reforço muscular.

Identificou-se duas principais posturas adotadas pelo trabalhador para o desempenho das atividades: a postura em pé, que pode ser visualizada na Figura 2; e a postura sentado, onde o trabalhador se utiliza de um banco para realizar as funções que são desempenhadas em nível mais próximo ao chão (Figura 3).

Figura 2 - Fotografia da tarefa (Postura em pé)

Postura em pé



Fonte: Autores, 2018.

Figura 3 - Fotografia da tarefa (Postura sentado)

Fonte: Autores, 2018.

4.3 Eletromiografia de Superfície (EMG)

A eletromiografia foi utilizada com intuito de apurar o desgaste fisiológico e o percentual de uso relacionado à CIVM dos músculos: Trapézio Superior Direito (TSD), Trapézio Superior Esquerdo (TSE), Multífido Direito (MD) e Multífido Esquerdo (ME).

O trabalhador avaliado obteve os valores de CIVM (μV) (TSD: 567,4; TSE: 546,4; MD: 191,5; ME: 157,8).

A Tabela 02 apresenta os valores da CIVM (μV), valores médios de RMS (μV), FM (Hz) e Percentual, normalizado pela CIVM, de cada músculo avaliado. Também é apresentada a comparação dos valores médios, nas posições sentado e de pé, de RMS, FM e percentual de uso da musculatura por meio do teste t de students ($P < 0,05$).

Tabela 2 - CIVM, RMS, FM e Percentual de uso da musculatura.

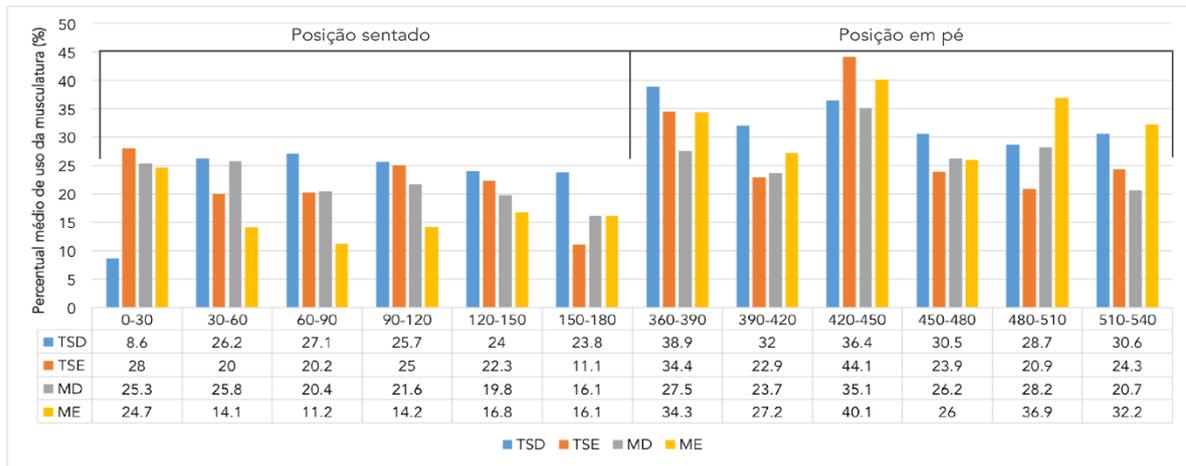
Posição de Trabalho	Músculo	RMS (μV)	FM (Hz)	%	
Sentado	TSD	146.1	63.6	22.6	
	TSE	135.3	54.3	21.1	
	MD	46.7	92.5	21.5	
	ME	40.7	41.9	16.2	
Em pé	TSD	211.8	70.6	32.9	
	TSE	180.6	62.5	28.5	
	MD	56.1	120.6	26.9	
	ME	60.4	115.8	32.8	
Teste T ($p < 0,05$) Bicaudal		<i>p</i>	0.0024	0.0001	0.0001

Fonte: Autores, 2018.

Quanto ao recrutamento das fibras musculares (RMS), FM e percentual de uso da musculatura, observa-se diferença estatisticamente significativa entre as posições sentada e de pé, caracterizando valores mais elevados na posição em pé. A maior diferença no uso da musculatura entre as posturas foi encontrada no ME (16,6%), seguido do TSD (10,3%), TSE (7,4%) e MD (5,4%). Porém, nota-se que os trapézios apresentaram valores percentuais mais elevados em relação aos multífidos.

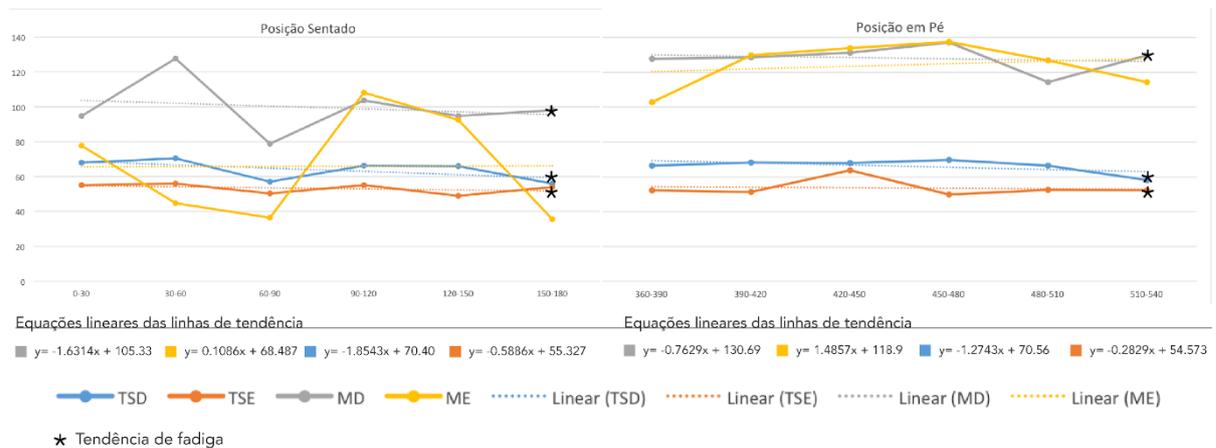
Quanto ao lado no qual é observado maior esforço, o TSD obteve valores percentuais superiores em ambas as posições, enquanto que o MD apresentou maior percentual na posição sentada e o ME na posição de pé. Denotando desequilíbrios no uso destes grupos musculares. A Figura 4 apresenta os valores médios dos percentuais de uso da musculatura por períodos de 30 s. Pode-se notar a diferença nos dois momentos, sentado e de pé.

Figura 4 - Percentual médio de uso da musculatura



Fonte: Autores, 2018.

Figura 5 - FM e linhas de tendência de uso da musculatura



Fonte: Autores, 2018.

5. DISCUSSÕES

As lesões musculoesqueléticas representam uma das principais causas de dano ocupacional e afastamentos em países em desenvolvimento, as perdas econômicas devido a essas lesões afetam não apenas os indivíduos, como a organização e a sociedade como um todo (ANITA *et al.*, 2014). Alguns estudos apontam variáveis preditoras de sintomas de lesões musculoesqueléticas, entre elas, a adoção de posturas inadequadas (LANDAU *et al.*, 2008; ANITA *et al.*, 2014; PUNNETT *et al.*, 2004).

Nesse sentido, observa-se nas imagens relacionadas à tarefa (Figuras 2 e 3), movimentos realizados pelo trabalhador, que poderiam indicar a adoção de posturas prejudiciais nas posições identificadas (em pé e sentado), onde verifica-se na literatura a relação entre posturas desfavoráveis e o desenvolvimento de lesões musculoesqueléticas em trabalhadores da linha de montagem da indústria automotiva (ANITA *et al.*, 2014). No entanto, para que possam ser aplicadas ações ergonômicas mais efetivas, a mensuração dos riscos pode contribuir para a assertividade das medidas. Assim, a EMG permitiu registrar a atividade mioelétrica, assim como a tendência de fadiga dos grupos musculares.

A relação desfavorável entre o homem e o trabalho tem gerado respostas comumente visualizadas no meio laboral, destacando-se a fadiga e a dor. Para Iida e Guimarães (2016), a fadiga está relacionada primeiramente às características fisiológicas ligadas ao tempo de realização e intensidade do trabalho. Segundo Enoka e Stuart (1992), a fadiga é considerada uma vulnerabilidade momentânea, na qual o indivíduo apresenta dificuldade em manter o mesmo desempenho ao longo do tempo. Em consequência às situações de repetição e fadiga surge a dor, que culminará no afastamento da atividade. Comel *et al.*, (2014) acrescenta que a fadiga pode alterar a coordenação neuromuscular e promover a vulnerabilidade a lesões musculoesqueléticas.

Esta fadiga, também tem sido associada ao estresse psíquico, queda de produtividade e segurança do trabalhador. Relaciona-se a fatores multicausais, multidimensionais, não específicos e subjetivos, advindos de uma atividade prolongada, somada a fatores psicológicos, socioeconômicos e ambientais que afetam o corpo e mente (TIESINGA, 1996).

Além disso, observou-se que os maiores valores de percentual de uso dos trapézios, quando comparados aos multífidus, se relaciona também ao observado nas imagens da tarefa (Figuras 2 e 3), podendo ter relação com a posição anteriorizada da cabeça em relação ao corpo do trabalhador. Estudos demonstram que posturas com anteriorização do tronco e em agachamento, como a visualizada na Figura 2, aumentam o risco musculoesquelético na realização de tarefas (PUNNET *et al.*, 2004; KEYSERLING *et al.*, 2005).

A Figura 5 demonstra as médias de FM de cada músculo observado, em períodos de 30 s, onde nota-se, por meio das equações lineares, a tendência de fadiga em todos os grupos musculares exceto no ME. Além disso, a posição sentada apresentou valores de queda da FM

mais acentuados que a posição de pé. A FM relaciona-se diretamente com o desgaste fisiológico muscular, sendo dependente da sincronização e disparo das unidades motoras (BASMAJIAN, 1985), sinalizando o processo de fadiga muscular.

Ao observar as Figuras 4 e 5, pôde-se notar que apesar de haver maior recrutamento das fibras musculares na posição de pé, esta favorece a recuperação muscular, quando comparada a posição sentada. Porém, em ambas posições houve tendência de fadiga muscular, podendo ser este um fator predisponente ao aparecimento de distúrbios musculoesqueléticos. Nesse sentido, entende-se que uma intervenção ergonômica atuante nas posturas adotadas para realização das tarefas poderia reduzir o risco de lesões, assim como aumentar a produtividade do setor, visto que se observam melhorias na saúde e segurança do trabalhador quando de ações ergonômicas (THUN; LEHR; BIERWIRTH, 2010).

6. CONCLUSÕES

As características da indústria automotiva, de volume de capitais investidos, número de empregos gerados na economia, da complexidade do processo produtivo e do envolvimento na cadeia de produção, aumentam a relevância de estudos ergonômicos nessa área. Em específico, as atividades de trabalho manual na indústria automotiva demandam esforços e posturas que aumentam o risco de distúrbios musculoesqueléticos que podem levar ao absenteísmo.

Contudo, a análise das exigências motoras que podem gerar distúrbios musculoesqueléticos carece de métodos que considerem fatores ligados a biomecânica e fisiologia muscular inerentes ao momento de realização da atividade. Teve-se, portanto, como objetivo avaliar, por meio da eletromiografia de superfície, a atividade mioelétrica e os riscos de lesões musculoesqueléticas relativos à atividade de montagem de veículos em uma montadora de automóveis da região sul do Brasil.

A identificação da situação problema ocorreu por meio de investigação in loco, onde posteriormente foram coletados os dados do trabalhador e da atividade utilizando-se a eletromiografia de superfície.

Observou-se que o trabalhador assume duas posturas principais para a realização da tarefa, em pé e sentado, assumindo em ambas a anteriorização da cabeça com a flexão do tronco. Os dados coletados foram posteriormente analisados de modo quali-quantitativo, verificando-

se que há maior percentual de uso dos grupos musculares na posição em pé, além disso existem desequilíbrios no uso dos grupos musculares com relação aos lados. Em contrapartida, ainda que a atividade muscular na posição em pé tenha sido maior, esta posição favoreceu a recuperação muscular, quando observado de forma quali-quantitativa relacionada à queda dos valores de FM no decorrer da atividade.

Quanto ao risco de distúrbios musculoesqueléticos, de acordo com a queda nos valores de FM, pôde-se observar tendência de fadiga nos músculos TSD, TSE e MD. A fadiga no trabalho pode gerar uma simplificação da tarefa, além de diminuir a força, precisão e velocidade dos movimentos, podendo inclusive aumentar a ocorrência de erros (IIDA, 2016).

A eletromiografia de superfície demonstrou ser um método útil na avaliação ergonômica, por trazer dados quali-quantitativos, relacionados à biomecânica e às respostas fisiológicas inerentes à atividade avaliada em tempo real. Assim, é possível realizar abordagens mais precisas e consistentes sobre o desempenho humano e seus reflexos em sistemas produtivos.

Podem ser sugeridos novos estudos que contemplem também medições por meio de sensores inerciais de movimento e termografia, buscando aferir com maior precisão os riscos do trabalho realizado, assim como as consequências à saúde do colaborador e consequentemente à própria organização.

Referências

ABRAHÃO, J. **Introdução à Ergonomia: da teoria à prática**. São Paulo: Edgard Blücher, 2009.

ABRAHÃO, J. I.; PINHO, D. L. M. As transformações do trabalho e desafios teórico metodológicos da Ergonomia. **Estudos de Psicologia**, v. 7, p.45-52, 2002.

ALMEIDA, R. G. A ergonomia sob a ótica anglo-saxônica e a ótica francesa. **Vértices**, v. 13, n. 1, p.115-126, 2011.

ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2018**. São Paulo: Anfavea, 2018.

ANITA, A. R.; YAZDANI, A.; SHAHAR, H.; ADON, M. Association between awkward posture and musculoskeletal disorders (MSD) among assembly line workers in an automotive industry. **Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences**, v. 19, n. 1, p. 23-28, 2014.

BARBOSA, F. S. S.; ALMEIDA, C. C. R.; GONÇALVES, M. Análise espectral do sinal eletromiográfico do músculo eretor da espinha obtido do teste de Sorensen. **Fisioterapia em Movimento**, p. 575-583, 2010.

BASMAJIAN J.V.; DELUCA, C.J. **Muscle alive**: their function revealed by electromyography. Baltimore: Williams & Wilkins;1985. p. 201-22.

CHAFFIN, D. B.; ANDERSSON, G. B. J.; MARTIN, B. J. **Occupational Biomechanics**. Eua: Wiley, 2006.

COITINHO, D.C; LEÃO, M.M; RECINE, E; SICHIERI, R. **Condições nutricionais da população brasileira**: Adultos e idosos. Pesquisa nacional sobre saúde e nutrição. INAN, Instituto Nacional de Alimentação e Nutrição, 1991.

COMEL, J.C.; JUNIOR, J.P.B.; CHINI, E.P.; PEREIRA, H.M.; CARREGARO, R.L.C.; CARDOSO, J.R. Comparação da atividade elétrica dos músculos trapézio superior e extensores do punho em duas condições de digitação. **Fisioterapia em Movimento**, v.27, n. 2, p. 271-279, 2014.

DE LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal of applied biomechanics**, v. 13, n. 2, p. 135-163, 1997.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática**. Editora Edgard Blücher, 2000.

EKSTROM, R. A.; SODERBERG, G. L.; DONATELLI, R. A. Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 15, n. 4, p. 418-428, 2005.

ENOKA, R.M.; STUART, D.G. Neurobiology of muscle fatigue. **Journal of applied physiology**, v. 72, n. 5, p. 1631-1648, 1992.

FALZON, P. **Ergonomia**. Tradução de Giliane M. J.; Ingratta et al. São Paulo: Blucher, 2007.

FERGUSON, S. A.; WILLIAMS, S.M.; W. GARY, A.; GREGORY, G. K.; A.; VANDLENRILEY, E. S.; GANG, Y. Musculoskeletal disorder risk as a function of vehicle rotation angle during assembly tasks. **Applied ergonomics**, v. 42, n. 5, p. 699-709, 2011.

HÄGG, G. M.; ÖSTER, J.; BYSTRÖM, S. Forearm muscular load and wrist angle among automobile assembly line workers in relation to symptoms. **Applied ergonomics**, v. 28, n. 1, p. 41-47, 1997.

HERMENS, H. J. The SENIAM project: Surface electromyography for non-invasive assessment of muscle. In: **ISEK Congress**. 2002. p. 22-25. Disponível em: <http://www.seniam.org/>. Acesso em 10 fev. 2019.

IEA. INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. **Definição Internacional de Ergonomia**. San Diego, USA: 2000 IIDA.

IIDA, I.; GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2016.

KEYSERLING, W. M. Effects of low back disability status on lower back discomfort during sustained and cyclical trunk flexion. **Ergonomics**, v. 48, n. 3, p.219-233, 2005.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Bookman Editora, p. 321, 2005.

KUMAR, S.; MITAL, A. **Electromyography in ergonomics**. UK: Taylor & Francis, 1996.

LANDAU, K.; PETERS, H. Ergonomic demands in automotive component inspection tasks. **Occupational Ergonomics**, v. 6, n. 2, p. 95-105, 2006.

LANDAU, K.; IMHOF-GILDEIN, B.; MÜCKE, S. On the analysis of sector-related and gender-related stresses at the workplace—an analysis of the AET data bank. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 17, n. 2, p. 175-186, 1996.

LANDAU, K. et al. Musculoskeletal disorders in assembly jobs in the automotive industry with special reference to age management aspects. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, n. 7-8, p. 561-576, 2008.

LINDSTROM, L.; KADERFORS, R.; PETERSEN, I. An electromyographic index for localized muscle fatigue. **Journal of Applied Physiology**, v.43, p.750-754, 1977.

LUNDERVOLD, A. Electromyographic investigations during sedentary work, especially typewriting. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 30, n. 5, p. 314, 1951.

MARRAS, W. S. Industrial electromyography (EMG). **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 6, n. 1, p. 89-93, 1990.

MERLETTI, R.; DI TORINO, P. Standards for reporting EMG data. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 9, n. 1, p. 3-4, 1999.

MORAES, A. C. et al. Análise eletromiográfica do músculo reto femoral durante a execução de movimentos do joelho na mesa extensora. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 11, n. 2, p. 19-24, 2003.

MORAES, A.; MONT´ALVÃO, C. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: 2AB Ltda., 2000. 232 p.

NODA, D. K. G.; MARCHETTI, P.H.; JUNIOR, G.B.V. A Eletromiografia de superfície em estudos relativos à produção de força. **Revista CPAQV–Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, v. 6, n. 3, p. 2, 2014.

O'SULLIVAN, S. B.; SCHMITZ, T. J. Fisioterapia: avaliação e tratamento. In: **Fisioterapia: avaliação e tratamento**. 2004.

PITCHER, M. J.; BEHM, D. G.; MACKINNON, S. N. Neuromuscular fatigue during a modified Biering-Sørensen test in subjects with and without low back pain. **Journal of sports science & medicine**, v. 6, n. 4, p. 549, 2007.

POLLOCK, M.L., WILMORE, J.H. **Exercícios na Saúde e na Doença: Avaliação e Prescrição para Prevenção e Reabilitação**. MEDSI Editora Médica e Científica Ltda., 233-362, 1993.

PUNNETT, L et al. Ergonomic stressors and upper extremity musculoskeletal disorders in automobile manufacturing: a one year follow up study. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 61, n. 8, p.668-674, 2004.

SCHAUB, K. G. et al. **Ergonomic screening of assembly tasks in automotive industries**. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2000. p. 5-409-5-412.

STATISTA. **Worldwide automobile production from 2000 to 2017**. 2017. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/262747/worldwide-automobile-production-since-2000/>. Acesso em: 15 mar. 2018.

TIESINGA L.J., DASSEN T. W.; HALFENS R.J. Fatigue: a summary of the definitions, dimensions, and indicators. **Nursing Diagnosis**, v.7, n.2, p. 51–62, 1996.

THUN, J. H.; LEHR, C. B.; BIERWIRTH, M. Feel free to feel comfortable—an empirical analysis of ergonomics in the German automotive industry. **International Journal of Production Economics**, v. 133, n. 2, p. 551-561, 2011.

ULIN, S. S.; KEYSERLING, W. M. Case Studies of Ergonomic Interventions in Automotive Parts Distribution Operations. **Journal of Occupational Rehabilitation**, v. 14, n. 4, p.307-326, 2004.

WISNER, A. Questões epistemológicas em ergonomia e em análise do trabalho. In. DANILEU, F. (Coord). **Ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos**. São Paulo/BR. Editora Edigard Blücher, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The machine that changed the world**. New York: Rawson Associates, 1990.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao grupo BMW, à CAPES (O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001), ao CNPq, à FAPEU e ao NGD-LDU da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) por viabilizarem esta pesquisa.