

1. INTRODUÇÃO

As Forças Armadas, compostas pela Marinha, Exército e Aeronáutica tem como missão a defesa da Pátria, à garantia dos poderes constitucionais, e da lei e da ordem (em caso de necessidade). Dentre as três, o Exército Brasileiro (EB) tem o maior efetivo e maior presença no território brasileiro, sendo responsável por trabalhar nos mais diversos terrenos e climas existentes neste país de dimensões continentais.

Dentre as particularidades do Exército pode-se destacar a utilização de coturnos (calçados do fardamento). Sua obrigatoriedade, nas mais diferentes situações, faz com que os militares os utilizem, inclusive, para realizar a prática de atividade física e executar a marcha por longos e exaustivos períodos.

Ao analisar as atividades dos militares, identificou-se a relevância de estudar este tema, o qual desencadeou a definição desta pesquisa em Engenharia de Produção na PUC-Rio. A busca deste pesquisador, pelo mestrado, foi incentivada pela inquietação e pelo compromisso de contribuir com sua área de formação e atuação.

O autor desta dissertação, militar pertencente ao Exército desde 1996, formado Aspirante à Oficial na Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2000 e graduado em Engenharia de Materiais no Instituto Militar de Engenharia (IME) em 2006, buscou na pós-graduação subsídios científicos para melhorar as condições dos militares no que tange ao uso da ferramenta de trabalho mais comum a todos os quartéis e missões do EB: o coturno.

Para os militares o coturno é de grande importância, pois geralmente executam exercícios de marcha transportando carga como mochila/equipamento, realizam exercícios físicos, e permanecem por muito tempo em pé durante sua rotina de trabalho, utilizando esses calçados. O Exército Brasileiro determina através do Regulamento de Uniformes do Exército (R-124) e instruções normativas particulares, especificações técnicas e estéticas dos coturnos que devem ser utilizados, porém não foram encontrados estudos experimentais no Brasil a respeito das propriedades mecânicas e interações biomecânicas destes

modelos de calçados utilizados pelos militares, que pudessem fornecer informações qualitativas sobre absorção de impacto.

Segundo Meireles (2009), a grande demanda de atividades físicas intensas no meio militar tornam altos os índices de afastamentos por motivos de fraturas ortopédicas, e dentre as estratégias que podem reverter esse quadro estão as alterações nos treinamentos e as modificações dos calçados utilizados. Windle *et al.* (1999), apresentam uma pesquisa sobre os efeitos de redução de impacto transmitido para a planta dos pés, por meio de quatro tipos diferentes de palmilhas utilizadas dentro de botas militares, visando reduzir a ocorrência de fraturas nos membros inferiores. Outro estudo sobre melhoria das características de coturnos com o objetivo de reduzir as lesões na coluna e nas pernas é relatado por Larsen *et al.* (2002), que comparam os gastos com medidas preventivas às despesas com o afastamento dos militares por problemas de saúde.

Como será visto na fundamentação teórica, além do estudo sobre as particularidades das rotinas dos militares, investigaram-se dois campos da ciência que tornaram possível este estudo: ergonomia física e biomecânica.

De acordo com Iida (2005), a ergonomia trata-se da ciência da adaptação *do trabalho ao homem*. Apesar do termo *trabalho* ser bastante amplo, pode-se entendê-lo como qualquer ferramenta utilizada pelo ser humano para desempenhar suas funções no dia a dia, ou seja, todos os objetos com os quais o homem deve interagir para executar uma tarefa, sempre visando facilitar e aumentar o rendimento da mesma, com o menor desgaste possível. Logo, por sua característica experimental e quantitativa, esta dissertação, somente vai se ater à área denominada de Ergonomia Física. No caso dos militares, a marcha é uma das atividades primordiais e mais comuns, seja qual for o setor de trabalho do militar.

Especificamente, esta dissertação teve por objetivo analisar a transmissão de impacto decorrente da utilização de diferentes calçados militares disponíveis para o Exército Brasileiro, e compará-los. Com esse propósito, tornou-se necessário escolher uma técnica de avaliação biomecânica, dentre as validadas pelos estudos atuais, que pudesse ser desenvolvida no Laboratório de Biomecânica do IPCFEx. Optou-se pela técnica de acelerometria, que, de acordo com Kavanagh & Menz (2008), tem como vantagem o uso de equipamentos de baixo custo em laboratórios de análise de marcha.

Visando cumprir o proposto para essa pesquisa, foi preciso executar uma

série de atividades, dentre as quais ressaltam-se: fundamentar-se teoricamente sobre o tema da pesquisa, obter os equipamentos necessários para a aquisição e gravação das informações sobre a transmissão de impacto dos calçados, utilizar ou desenvolver programas e ferramentas computacionais para realizar os cálculos e comparações, conseguir os coturnos pertinentes para serem avaliados, elaborar um projeto de pesquisa a ser submetido a um Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, ter pessoas disponíveis para executarem os testes necessários, e por fim, analisar os dados de aceleração tanto no domínio da frequência quanto no domínio do tempo, para confrontar os valores e traçar características de cada calçado quanto à transmissão do impacto para o corpo humano durante a marcha. Ressalta-se a importância de estudos nessa área: no Exército Brasileiro o número de militares que utilizam esses calçados é superior a 200.000 pessoas.

Foi realizada uma pesquisa experimental, que contou com uma amostra estratificada de dez voluntários que calçavam de 40 a 42, tendo em vista avaliar os coturnos disponíveis. Os participantes eram todos militares já acostumados a este tipo de calçado. Para ter maior controle e restringir algumas variáveis pertinentes à locomoção dos seres humanos, os testes foram realizados a uma velocidade constante e padronizada em uma esteira ergométrica.

A média de pico de impacto do contato com o pé no solo e a magnitude dos espectros de frequência deste sinal foram mensuradas por um acelerômetro posicionado na perna, sobre a pele, na tuberosidade da tíbia¹. A fixação foi realizada por meio de uma bandagem elástica com velcro e fita adesiva dupla face. Houve a preocupação de submeter os indivíduos a uma caminhada de adaptação aos calçados durante período padronizado também na esteira.

Para avaliar os parâmetros de aceleração decorrentes do impacto na caminhada, o experimento contou com os próprios indivíduos como grupo de controle, onde executaram o protocolo de teste sem calçado. A ordem para a execução dos testes de comparação entre três tipos de calçados foi aleatória, e com o objetivo de verificar a confiabilidade dos experimentos, as quatro situações de avaliação foram repetidas duas vezes em dias alternados.

Com o objetivo de analisar a confiabilidade das medições foi calculado o Coeficiente de Correlação Intraclasse com Intervalo de Confiança de 95%. O

¹ Tuberosidade da tíbia: proeminência óssea na parte superior e frontal do osso tíbia, próxima à articulação do joelho.

tratamento estatístico foi feito por meio de análise de variância e se detectada diferença significativa entre as médias, utilizou-se o teste *Post Hoc* de *Bonferroni* para identificar onde ocorreu tal diferença.

Todos os dados coletados foram processados por meio de métodos computacionais no programa *Matlab*®. Os resultados foram submetidos a um modelo de regressão no programa *Design Expert*® para obter equações de predição de valor de pico de aceleração, de acordo com a massa do indivíduo, bem como do coturno utilizado.

Os resultados encontrados após a análise da média de pico da aceleração não foram conclusivos quanto à diferença significativa de absorção de impacto entre os tipos de coturno, porém em conjunto com as avaliações de intensidades de faixas de frequência da transmissão do impacto, os resultados indicam uma tendência positiva de interação com as propriedades biomecânicas para o coturno comum (CC).

Este estudo na área de calçados militares é inédito no Brasil. Como no laboratório onde foi desenvolvido não havia os equipamentos necessários, inicialmente foi fabricado um protótipo. Este não pode ser utilizado para a conclusão das pesquisas por problemas com a interface para o processamento dos dados. Foi realizada a montagem de um novo equipamento, com acelerômetros similares aos utilizados no protótipo e compatíveis com novos equipamentos recém chegados ao laboratório. Após o desenvolvimento e aplicação de um algoritmo de coleta, gravação e processamento dos sinais, a pesquisa foi concluída e será apresentada de acordo com a estrutura descrita a seguir.

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, sendo este primeiro o introdutório. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica acerca dos assuntos abordados nesta pesquisa. O Capítulo 3 mostra os materiais e a metodologia para a elaboração desta dissertação. O Capítulo 4 retrata os resultados e suas respectivas análises, com base nos experimentos e medições realizadas. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as conclusões da pesquisa e propostas para estudos futuros.