

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL  
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DIRETORIA DE ENSINO  
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR  
“Coronel Osmar Alves Pinheiro”  
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS**

Cadete BM/2 **THIAGO** PEIXOTO DE FRANÇA LIMA



**BIOMECÂNICA DA ATIVIDADE BOMBEIRO MILITAR:  
REVISÃO DE LITERATURA**

BRASÍLIA  
2024

Cadete BM/2 **THIAGO** PEIXOTO DE FRANÇA LIMA

## **BIOMECÂNICA DA ATIVIDADE BOMBEIRO MILITAR: REVISÃO DE LITERATURA**

Artigo científico apresentado à disciplina Trabalho de conclusão de curso como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal

Orientador: 1º Ten. QOBM/Compl. **MAIKON** GLEIBYSON RODRIGUES DOS SANTOS

BRASÍLIA  
2024

Cadete BM/2 **THIAGO** PEIXOTO DE FRANÇA LIMA

## **BIOMECÂNICA DA ATIVIDADE BOMBEIRO MILITAR: REVISÃO DE LITERATURA**

Artigo científico apresentado à disciplina Trabalho de conclusão de curso como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

**JACQUELINE NATHALY BARBOSA DE OLIVEIRA** – Ten-Cel. QOBM/Comb.  
**Presidente**

---

**LUCIANA FROTA MADEIRA** – Cap. QOBM/Comb.  
**Membro**

---

**RAFAEL COSTA GUIMARÃES** – Cap. QOBM/Compl.  
**Membro**

---

**MAIKON GLEIBYSON RODRIGUES DOS SANTOS** – 1º Ten. QOBM/Compl.  
**Orientador**

## RESUMO

Os bombeiros militares enfrentam desafios físicos consideráveis durante suas operações de resgate e salvamento, expondo-se a riscos de lesões devido à natureza exigente dessas atividades. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi investigar a biomecânica envolvida nessas operações, identificando áreas do sistema musculoesquelético suscetíveis a sobrecargas, com o intuito de propor intervenções práticas para aprimorar sua segurança e eficácia operacional. A metodologia adotada consistiu em uma análise qualitativa, com enfoque na revisão de literatura, buscando examinar trabalhos que exploram a biomecânica das atividades dos bombeiros militares, identificando padrões de movimento arriscados e avaliando a eficácia de equipamentos ergonômicos na redução de lesões. Os resultados obtidos destacaram a importância de uma abordagem integrada, que inclui análise biomecânica tridimensional e eletromiografia, para garantir a segurança e a eficiência dos bombeiros militares. Além disso, evidenciaram o impacto positivo de equipamentos ergonômicos na minimização das forças exercidas durante as operações, reduzindo, assim, o risco de lesões. Em síntese, estratégias eficazes de prevenção de lesões são fundamentais para proteger a integridade física e o bem-estar dos bombeiros militares. Ademais, concluímos que este estudo têm o potencial de orientar futuras pesquisas e inovações em biomecânica e ergonomia, contribuindo para a melhoria contínua das práticas de trabalho seguro e eficiente nesse ambiente desafiador.

**Palavras-chave:** Biomecânica; Bombeiro Militar; Lesões; Sobrecargas.

## **BIOMECHANICS OF MILITARY FIREFIGHTER ACTIVITY: LITERATURE REVIEW**

### **ABSTRACT**

*Military firefighters face considerable physical challenges during their rescue and salvage operations, exposing themselves to injury risks due to the demanding nature of these activities. In this context, the aim of this study was to investigate the biomechanics involved in these operations, identifying areas of the musculoskeletal system susceptible to overloads, with the purpose of proposing practical interventions to enhance their safety and operational effectiveness. The adopted methodology consisted of a qualitative analysis, focusing on literature review, aiming to examine studies exploring the biomechanics of military firefighters' activities, identifying risky movement patterns, and evaluating the effectiveness of ergonomic equipment in reducing injuries. The results highlighted the importance of an integrated approach, which includes three-dimensional biomechanical analysis and electromyography, to ensure the safety and efficiency of military firefighters. Additionally, they evidenced the positive impact of ergonomic equipment on minimizing the forces exerted during operations, thus reducing the risk of injuries. In summary, effective injury prevention strategies are fundamental to protecting the physical integrity and well-being of military firefighters. Furthermore, we conclude that this study has the potential to guide future research and innovations in biomechanics and ergonomics, contributing to the continuous improvement of safe and efficient work practices in this challenging environment.*

**Keywords:** *Biomechanics; Military Firefighter; Injuries; Overloads.*

## 1. INTRODUÇÃO

A atividade desempenhada pelos bombeiros militares durante a atividade operacional demanda gestos e movimentos específicos que desafiam singularmente o corpo desses profissionais. Compreender a biomecânica e os padrões de movimento nessas situações torna-se essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de treinamento e prevenção de lesões (Shore *et al.*, 2020). **Diante disso, surge a questão desta pesquisa: quais são as características biomecânicas específicas das atividades dos bombeiros militares, incluindo aspectos como cinemática, cinética e ativação muscular?**

Nesta perspectiva, esta pesquisa visa realizar uma análise criteriosa de artigos científicos pertinentes à área de estudo, a fim de identificar padrões de movimento com o intuito de prevenir lesões futuras nos bombeiros militares. Uma revisão de literatura foi conduzida, abarcando pesquisas, estudos de caso e revisões relevantes sobre a biomecânica e lesões comumente observadas entre bombeiros.

**O objetivo principal deste estudo é analisar e compreender a biomecânica da atividade bombeiro militar e as estruturas musculoesqueléticas mais propensas a sobrecarga.**

Com base nessas informações, iremos atender os objetivos específicos listados abaixo:

- a) Analisar a cinemática e elencar desvios articulares dos movimentos realizados durante as atividades bombeiro militar;
- b) Analisar a cinética dos movimentos bem como as forças atuantes durante as atividades bombeiro militar;
- c) Analisar a ativação muscular durante os movimentos da atividade bombeiro militar;
- d) Confeccionar um estudo técnico preliminar com o propósito de adquirir uma plataforma avançada de análise tridimensional do movimento.

Mediante o exposto, é importante destacar que doenças relacionadas ao sistema musculoesquelético figuram entre as principais causas de afastamento tanto para bombeiros militares quanto para outros profissionais (Junior *et al.*, 2021). Neste contexto, é crucial entender os padrões naturais associados às

atividades dos bombeiros militares para lidar com as origens dessas lesões. A análise biomecânica, enquanto ferramenta crucial, propicia a identificação de padrões de movimento potencialmente correlacionados a um elevado risco de lesões. Este discernimento possibilita a concepção de estratégias de treinamento destinadas a corrigir ou aprimorar esses padrões, resultando na mitigação efetiva do risco de lesões no seio da corporação.

O estudo da biomecânica dos bombeiros militares revela uma gama diversificada de movimentos. Por exemplo, enquanto Wang e Wang (2022) se dedicam à análise das alterações durante o uso do Equipamento Autônomo de Proteção Respiratória, Sequeto (2019) direciona seu foco para as forças reativas, e Ueberschär et al., (2019) exploram a absorção de choque nos membros. Entretanto, é importante ressaltar que cada estudo apresenta limitações específicas, evidenciando a urgência de uma abordagem integrada para compreender plenamente as exigências físicas enfrentadas por esses profissionais. Este estudo busca apresentar o contexto e a complexidade da pesquisa em biomecânica aplicada aos bombeiros militares, destacando a necessidade de uma visão abrangente para abordar de maneira eficaz as demandas enfrentadas por esses indivíduos durante suas operações.

A abordagem baseada na biomecânica dos movimentos dos bombeiros militares tem o potencial de proporcionar informações valiosas para o desenvolvimento de estratégias de treinamento mais eficazes e direcionadas. Ao identificar os gestos específicos e as estruturas corporais mais vulneráveis, será possível fortalecer grupos musculares relevantes e reduzir o risco de lesões ocupacionais. Isso, por sua vez, visa promover a segurança, saúde e desempenho profissional dos bombeiros militares, evitando lesões e trazendo um benefício econômico e social a corporação.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Análise biomecânica do movimento humano: histórico e evolução

A análise do corpo humano é uma prática que vem sendo realizada há muitos anos e tem sido fundamental para entendermos as funções corporais e suas variações. Recentemente, a evolução da medicina impulsionou o desenvolvimento de tecnologias aplicadas ao estudo das funções corporais, resultando em abordagens metodológicas, técnicas e instrumentos de medição cada vez mais avançados. Isso vem contribuindo para melhorar o diagnóstico de doenças e o acompanhamento de pacientes (Nabinger, 2006).

A análise da biomecânica do corpo humano teve um marco importante com o estudo de Fischer em 1898. Ele realizou uma análise completa e integrada utilizando quatro câmeras e tubos de iluminação aderidos a uma roupa escura para registrar o deslocamento do corpo em três dimensões. Apesar dos desafios técnicos enfrentados na época, os resultados foram considerados precisos e abrangentes, permitindo a aquisição de dados de todos os segmentos corporais. Essa abordagem pioneira abriu caminho para a análise tridimensional do movimento humano (Paul, 1995 *apud* Fernandes; Comunello; Machado, 2016, p. 2).

Segundo Gleicher (2019) a técnica de captura de movimento, também conhecida como mocap (do inglês *motion capture*), é um processo de registro tridimensional que permite a obtenção precisa de amostras de movimento de pessoas, animais ou objetos. Para realizar essa técnica, é necessário utilizar um conjunto de materiais e recursos tecnológicos, incluindo câmeras com recursos infravermelhos capazes de capturar o movimento dos marcadores reflexivos. Essas informações são então convertidas em representações digitais em três dimensões, permitindo a reconstrução dos gestos e movimentos de forma precisa e realista.

O estudo da biomecânica do movimento humano contribuiu significativamente para a compreensão dos gestos realizados pelos bombeiros militares durante as intervenções. Essa análise permite uma visão detalhada e precisa dos movimentos, auxiliando no desenvolvimento de estratégias de treinamento mais eficazes, na prevenção de lesões e no aprimoramento do

desempenho. Além disso, essa abordagem proporciona uma base científica para o desenvolvimento de tecnologias e equipamentos ergonômicos que atendam às necessidades específicas dos bombeiros militares, garantindo sua segurança e eficiência durante as operações (Vu *et al.*, 2017).

Através da aplicação da biomecânica, é possível obter uma compreensão mais profunda dos movimentos humanos e de sua importância em diferentes campos, como saúde, esporte, reabilitação. A análise tridimensional do movimento, utilizando técnicas e instrumentação adequadas, permite uma avaliação objetiva e fundamentada, levando em consideração parâmetros como forças, movimentos, velocidades e ângulos articulares (Furtado, 2013; Barris; Button, 2008). Esses conhecimentos são fundamentais para identificar possíveis alterações ou desvios biomecânicos que possam levar a lesões ou afetar o desempenho funcional. Além disso, a compreensão dos princípios biomecânicos orienta o desenvolvimento de um protocolo mais específico de preparação e aperfeiçoamento de técnicas, com o intuito de evitar desgastes musculoesqueléticos e, conseqüentemente, lesões (Hamill; Knutzen; Derrick, 2016).

## **2.2 Análise Cinemática dos Movimentos dos Bombeiros Militares**

A análise cinemática dos movimentos dos bombeiros militares é um aspecto muito importante para compreender as demandas físicas impostas por suas atividades operacionais, isso porque esta área da biomecânica se concentra no estudo do movimento sem levar em consideração as forças que o causam (Segedi, 2018). No contexto dos bombeiros, a cinemática se torna essencial para avaliar como eles se movem e se posicionam em diferentes cenários, como em situações de combate a incêndios, salvamento em ambientes perigosos e atendimento de emergência (Segedi, 2018). Neste sentido, esta compreensão é fundamental para identificar potenciais riscos de lesões e desenvolver estratégias de treinamento mais eficazes e seguras.

Para estudar a cinemática dos bombeiros, são empregadas diversas metodologias, incluindo a análise de vídeo e o uso de sensores de movimento, em que estas técnicas permitem a observação e a gravação detalhada dos padrões de movimento, como a marcha, a postura, a flexão, entre outros

(Segedi, 2018). Através da captura de movimento, é possível quantificar os ângulos articulares, a velocidade e a aceleração dos movimentos corporais, proporcionando uma visão abrangente e precisa do desempenho físico dos bombeiros durante suas atividades.

Os padrões de movimento dos bombeiros frequentemente envolvem levantamento de carga, escalada, agachamento e manobras rápidas em condições adversas (Segedi, 2018). Estes movimentos podem impor estresse significativo em várias partes do corpo, especialmente nas articulações, músculos e coluna vertebral. A análise cinemática ajuda a identificar movimentos que são potencialmente prejudiciais ou ineficientes, orientando a modificação de técnicas e procedimentos para reduzir o risco de lesões musculoesqueléticas (Silva; Almeida, 2019).

As contribuições obtidas a partir da análise cinemática são aplicadas no desenvolvimento de programas de treinamento específicos para bombeiros, em que esses programas são projetados para aprimorar a técnica de movimento, aumentar a eficiência e prevenir lesões (Silva; Almeida, 2019). Além disso, os resultados desta análise são utilizados na concepção de equipamentos e vestimentas que melhoram a mobilidade e o conforto, ao mesmo tempo em que garantem a segurança durante operações intensas e desafiadoras.

A análise cinemática dos movimentos dos bombeiros militares é um campo em constante evolução, com novas tecnologias e métodos de análise surgindo regularmente (Segedi, 2018). À medida que as técnicas de avaliação se tornam mais sofisticadas, espera-se uma compreensão ainda mais profunda dos movimentos biomecânicos dos bombeiros. Isso não só contribuirá para a redução de lesões ocupacionais, mas também para a melhoria contínua das práticas de treinamento e a eficácia operacional dos bombeiros, reforçando a grande importância dessa profissão para a segurança pública.

### **2.3 Dinâmica da Ativação Muscular em Atividades de Bombeiros Militares**

A dinâmica da ativação muscular em bombeiros militares é uma componente chave para entender como o corpo desses profissionais responde às exigências físicas extremas de suas tarefas. Assim, ativar corretamente

grupos musculares específicos é muito importante para a realização eficiente de atividades como levantamento de cargas pesadas, escalada e movimentos de resgate (Fleck; Kraemer, 2006). Neste viés, uma compreensão aprofundada da ativação muscular não só ajuda na prevenção de lesões, mas também otimiza o desempenho físico durante operações de alto risco.

Para analisar a ativação muscular, são frequentemente utilizados métodos como a eletromiografia (EMG), que permite medir a atividade elétrica produzida pelos músculos durante o movimento (Marchetti; Duarte, 2006). Estudos demonstram que a EMG fornece contribuições significativas sobre quais músculos são mais utilizados em diferentes atividades de bombeiros, como carregar equipamentos ou executar técnicas de salvamento (Marchetti; Duarte, 2006). Neste sentido, é importante destacar que essa informação é fundamental para desenvolver treinamentos específicos que visam fortalecer os músculos mais exigidos e evitar sobrecarga.

Os bombeiros frequentemente enfrentam desafios que exigem uma ativação muscular intensa e prolongada (Fleck; Kraemer, 2006). Atividades como subir escadas carregando equipamentos pesados ou manobrar mangueiras de incêndio requerem uma coordenação muscular excepcional. Assim, identificar padrões de ativação muscular inadequados ou desequilibrados é muito importante para ajustar treinamentos e reduzir o risco de lesões por esforços repetitivos ou sobrecarga muscular (Fleck; Kraemer, 2017).

A análise da ativação muscular informa a criação de programas de treinamento que focam no fortalecimento dos músculos mais usados e na melhoria da resistência muscular, em que exercícios específicos podem ser projetados para simular as condições encontradas no campo, garantindo que os bombeiros estejam bem preparados para as demandas físicas de suas atividades (Fleck; Kraemer, 2017). Além disso, esta análise pode ajudar no desenvolvimento de técnicas de recuperação e reabilitação para bombeiros que sofreram lesões musculares.

O estudo da dinâmica da ativação muscular em bombeiros militares é fundamental para garantir a saúde, segurança e eficácia desses profissionais e, com o avanço contínuo das tecnologias de medição e análise, espera-se obter ainda mais resultados detalhados sobre a biomecânica muscular. Esses avanços prometem não apenas melhorar as estratégias de treinamento e prevenção de

lesões, mas também contribuir para o desenvolvimento de equipamentos e procedimentos operacionais que alinhem com as capacidades e limitações do corpo humano em contextos de alta demanda física (Damrongsak *et al.*, 2018; Wang; Wang, 2022).

## **2.4 Cinética dos Movimentos em Contextos Operacionais de Bombeiros**

A cinética dos movimentos em contextos operacionais de bombeiros é uma área essencial da biomecânica que se concentra nas forças que causam ou resultam de movimentos (Segedi, 2018). No ambiente desafiador em que os bombeiros trabalham, compreender essas forças é muito importante para entender como as tarefas diárias afetam o corpo. A cinética apresenta uma visão profunda sobre as forças de reação do solo, o torque e a pressão exercidos sobre diversas partes do corpo durante atividades como carregar equipamentos, subir escadas, e executar manobras de resgate (Sequeto, 2019).

Para analisar a cinética dos movimentos dos bombeiros, são empregadas tecnologias como plataformas de força e sensores inerciais, em que essas ferramentas permitem medir com precisão as forças exercidas e recebidas pelo corpo, oferecendo dados valiosos sobre o estresse mecânico em músculos, ossos e articulações (Sequeto, 2019). Esta análise é fundamental para identificar padrões de movimento que podem aumentar o risco de lesões ou causar ineficiências operacionais.

Os bombeiros são frequentemente submetidos a condições que impõem altos níveis de estresse cinético, como carregar equipamentos pesados em terrenos irregulares ou manter a estabilidade em ambientes escorregadios e instáveis (Segedi, 2018). A compreensão das forças envolvidas nessas atividades ajuda a identificar áreas de alto risco para lesões por sobrecarga, como distensões musculares, lesões articulares e fadiga (Sequeto, 2019).

A análise cinética tem implicações diretas na segurança e eficiência dos bombeiros. Ao entender as forças atuantes em diferentes tarefas, é possível projetar equipamentos e desenvolver técnicas que minimizem o risco de lesões e melhorem a eficiência no trabalho. Ajustes nos procedimentos operacionais, com base em dados cinéticos, podem levar a uma redução significativa de acidentes e a uma maior eficácia nas operações (Sequeto, 2019).

A análise da cinética dos movimentos em contextos operacionais de bombeiros é um campo de estudo que continua a evoluir, com novas descobertas e tecnologias emergindo regularmente. Avanços futuros nessa área prometem fornecer resultados ainda mais profundos que podem transformar as práticas de treinamento, a concepção de equipamentos e as estratégias operacionais. Neste sentido, é importante destacar que isso não apenas aumentará a segurança e o bem-estar dos bombeiros, mas também otimizará sua eficácia em proteger e servir a comunidade (Damrongsak *et al.*, 2018; Wang; Wang, 2022).

## **2.5 Impacto dos Equipamentos de Bombeiros Militares na Biomecânica Corporal**

O impacto dos equipamentos utilizados pelos bombeiros militares na biomecânica corporal é um aspecto muito importante para a compreensão de como o equipamento de proteção e ferramentas de trabalho influenciam a eficiência e a segurança no trabalho (Correa, 2021). Estes equipamentos, incluindo vestimentas pesadas de proteção, capacetes, botas e equipamentos de respiração autônoma, são essenciais para a proteção contra os perigos do trabalho, mas também adicionam peso e restrições ao movimento, influenciando diretamente a biomecânica dos bombeiros em atividade (Correa, 2021).

O peso adicional e o design dos equipamentos podem alterar significativamente os padrões de movimento dos bombeiros, exigindo maior esforço muscular e alterando o centro de gravidade, o que pode levar a uma maior propensão a lesões por sobrecarga. Além disso, a rigidez e o volume dos equipamentos podem restringir a amplitude de movimento, afetando a agilidade e a capacidade de realizar tarefas com eficiência (Fleck; Kraemer, 2017).

A necessidade de se adaptar às restrições de movimento impostas pelo equipamento exige que os bombeiros desenvolvam estratégias para compensar essas limitações (Correa, 2021). Nesta perspectiva, é importante destacar que isso muitas vezes resulta em alterações na postura e na mecânica de movimento, o que pode aumentar o risco de lesões crônicas, especialmente quando realizam atividades repetitivas ou mantêm posições desafiadoras por longos períodos (Correa, 2021). Assim, a análise biomecânica dessas

adaptações é fundamental para identificar riscos potenciais e desenvolver treinamentos específicos para minimizar esses efeitos.

Avaliar o impacto biomecânico dos equipamentos é essencial para o desenvolvimento de soluções que melhorem a segurança e a eficácia operacional, o que inclui a otimização do design dos equipamentos para equilibrar proteção e mobilidade, bem como a implementação de treinamentos que preparem os bombeiros para operar eficientemente sob essas condições (Fleck; Kraemer, 2017). Portanto, continuar a evoluir e aperfeiçoar o equipamento de proteção individual é fundamental para garantir que os bombeiros possam realizar suas tarefas com o máximo de segurança e eficiência.

## **2.6 Exigências Físicas Extremas nas Atividades de Bombeiros Militares**

As atividades dos bombeiros militares, como destacado por Oliveira *et al.*, (2019) e Shore *et al.*, (2020), impõem exigências físicas extremas, refletindo uma realidade onde estes profissionais enfrentam desafios únicos, em que suas tarefas variam de combate a incêndios urbanos (CIU), atendimento pré-hospitalar (APH), até missões de salvamento. Essas atividades não só exigem o uso de equipamentos de proteção individual (EPI), que adicionam peso significativo, mas também envolvem o manuseio de ferramentas pesadas e o transporte de vítimas em situações muitas vezes perigosas e exigentes.

O impacto do peso dos equipamentos, como observado nos estudos de Wang e Wang (2022), adiciona uma camada substancial de complexidade às operações dos bombeiros, em que carregar esses equipamentos pesados, muitas vezes em condições adversas, exige uma combinação de força, resistência e agilidade. A frequência com que estas atividades são realizadas também contribui para um aumento no risco de lesões musculoesqueléticas, conforme indicado nas pesquisas de Damrongsak *et al.*, (2018), sugerindo que a exposição contínua a tais condições físicas extremas pode levar ao desgaste do sistema musculoesquelético.

A prevalência de lesões entre os bombeiros, conforme relatado por Oliveira *et al.*, (2019) e Shore *et al.*, (2020), é uma consequência direta das demandas físicas extremas impostas por suas atividades profissionais. As

lesões mais comuns, como entorses, distensões e dores musculares, são frequentemente o resultado da necessidade de neutralizar as forças excessivas sobre o sistema musculoesquelético.

Conforme discutido por Fleck e Kraemer (2017), a necessidade de estratégias de treinamento eficazes para lidar com as exigências físicas dos bombeiros é evidente, que devem focar em fortalecer os músculos mais exigidos e desenvolver resistência para suportar o esforço contínuo. Além disso, a análise biomecânica avançada, como sugerido por Chander *et al.*, (2017) e Freire, Soares e Torres (2017), pode orientar o desenvolvimento de equipamentos ergonômicos e métodos de trabalho mais seguros, visando reduzir o impacto negativo sobre o sistema musculoesquelético e melhorar a eficácia operacional dos bombeiros militares.

## **2.7 Lesões Musculoesqueléticas em Bombeiros Militares devido a demandas físicas e exposição a riscos**

A atividade exercida pelo Bombeiro Militar requer um nível mínimo de aptidão física para garantir um desempenho adequado nas tarefas profissionais. No entanto, esses profissionais enfrentam uma variedade de desafios que podem colocar em risco sua saúde. Longas jornadas de trabalho, problemas ergonômicos e exposição a agentes físicos, biológicos e químicos são apenas alguns dos fatores aos quais estão expostos. Além disso, eles lidam com privação de sono, fadiga e estresse, tanto psicológico quanto físico, transporte de carga, postura desajeitada e esforços vigorosos o que pode ter um impacto significativo em suas respostas fisiológicas e, conseqüentemente, torná-los mais suscetíveis a lesões crônicas musculoesqueléticas (Mendes, 2010; Frots *et al.*, 2015; Carvalho; Correia, 2021; Germano, 2014).

As afecções musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho são frequentes em diversas áreas profissionais, incluindo os bombeiros militares, que não fogem à regra. As exigências decorrentes das tarefas, do ambiente e da estrutura de trabalho sobrecarregam o sistema musculoesqueléticos desses profissionais. A natureza imprevisível das atividades realizadas em ambientes desafiadores e a exposição a diversos riscos físicos, mecânicos, biológicos e

acidentais aumentam significativamente a probabilidade de desenvolver lesões musculoesqueléticas (Junior *et al.*, 2021).

Oliveira *et al.*, (2019) realizaram um levantamento com bombeiros militares do CBMDF e utilizaram um questionário para investigar a presença de sintomas osteomusculares. A pesquisa contou com a participação de 178 bombeiros, com idades variando de 18 a 55 anos. Os resultados revelaram que a região lombar foi a mais afetada, com sintomas osteomusculares presentes em 20,90% dos indivíduos. Em seguida, os joelhos foram acometidos em 14,24% dos casos, seguidos pela região dorsal, com 12,26%.

Lesões musculoesqueléticas, como entorses, distensões e dores musculares, são as lesões mais comuns enfrentadas pelos bombeiros em serviço (43 - 62% de todas as lesões), superando queimaduras (7%), estresse térmico (6%) e inalação de gases tóxicos (4%) (Shore *et al.*, 2020).

A alta incidência de lesões musculoesqueléticas nesses profissionais é atribuída ao excesso de força articular e tensão muscular necessários para neutralizar os atos de carga sobre o sistema musculoesquelético (Damrongsak *et al.*, 2018).

### **3. METODOLOGIA**

De acordo com Almeida (2021, p. 38), a metodologia refere-se ao conjunto de abordagens utilizadas durante a realização do estudo, detalhando todos os elementos essenciais para conduzir a pesquisa. Isso engloba a definição do tipo de investigação conduzida, as estratégias aplicadas para coletar dados, assim como os métodos utilizados para processar esses dados, entre outros aspectos significativos. Neste trabalho, a metodologia é segmentada em classificação de pesquisa e métodos de pesquisa.

#### **3.1 Classificação de pesquisa**

Esta pesquisa adotará uma metodologia de natureza aplicada, buscando resolver questões práticas relacionadas à atividade biomecânica de gestos específicos dos bombeiros militares. Pretende-se que os resultados obtidos sejam diretamente aplicáveis na melhoria das práticas de treinamento e prevenção de lesões dos bombeiros militares.

Os objetivos deste estudo são predominantemente descritivos. Buscam analisar detalhadamente as estruturas musculoesqueléticas suscetíveis a lesões, os movimentos biomecânicos frequentes e os fatores de risco associados às lesões em bombeiros durante o combate. A intenção é oferecer uma compreensão detalhada desses aspectos para embasar estratégias preventivas.

Foi adotada uma abordagem metodológica que integra técnicas qualitativas. A pesquisa qualitativa permitiu uma compreensão das nuances e experiências dos bombeiros em situações reais, analisando posturas, movimentos e condições de trabalho.

A revisão da literatura foi feita de forma rigorosa, abrangendo artigos científicos relevantes que investigam lesões frequentes em bombeiros. A análise crítica desses estudos proporcionou uma compreensão mais completa dos fatores de risco, servindo de base para a proposição de estratégias de prevenção de lesões musculoesqueléticas durante as atividades operacionais.

### **3.1.1 Métodos de pesquisa**

A revisão da literatura foi realizada de maneira metódica, abrangendo artigos científicos relevantes sobre lesões musculoesqueléticas em bombeiros durante suas atividades operacionais. A forma de desenvolvimento da pesquisa envolveu a adoção de critérios de seleção rigorosos, os quais foram estritamente aplicados com base na pertinência, atualidade e qualidade dos estudos considerados para inclusão. Essa abordagem assegurou a incorporação de trabalhos relevantes e atualizados, garantindo assim a robustez e a confiabilidade dos resultados obtidos ao longo da investigação. Essa abordagem crítica buscou não apenas compreender as lesões frequentes, mas também identificar os fatores de risco associados.

Durante a análise crítica, foi almejado obter uma visão completa dos elementos contribuintes para as lesões musculoesqueléticas durante as atividades operacionais dos bombeiros. Essa análise aprofundada foi fundamental para embasar estratégias preventivas mais eficazes, direcionadas à mitigação específica dos riscos associados a essas lesões.

A metodologia adotada, guiada pela natureza aplicada da pesquisa e seus objetivos descritivos, empregou uma abordagem qualitativa. Isso permitiu a identificação precisa e detalhada dos fatores de risco mais relevantes para as lesões musculoesqueléticas dos bombeiros militares.

Neste estudo realizou-se uma revisão de literatura tendo como base artigos científicos, teses e dissertações, que foram pesquisados nos bancos de dados: Scielo e Google Acadêmico. Os artigos relacionados para a revisão foram encontrados nas bases de busca utilizando os seguintes termos de pesquisa: "lesões musculoesqueléticas em bombeiros", "fatores de risco para lesões em atividades operacionais", "prevenção de lesões em bombeiros", "biomecânica e bombeiros" e "treinamento preventivo para bombeiros". Os artigos selecionados para a revisão foram publicados entre os anos de 2006-2023, sendo estes em língua portuguesa e inglesa.

A avaliação crítica dos estudos priorizou a relevância direta para lesões em bombeiros, atualidade e qualidade metodológica. Esse enfoque narrativo

visa obter uma compreensão ampla dos fatores de risco associados às lesões musculoesqueléticas, fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias preventivas mais eficazes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Resultados

**Quadro 1 – Análise de resultados e discussões**

<b>Autor (ano)</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Métodos</b>	<b>Resultados</b>
Wang e Wang (2022)	Avaliar a aplicação da análise tridimensional do movimento humano em bombeiros militares.	Análise tridimensional do movimento humano, com foco na cinemática e cinética.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificação de nuances específicas dos gestos e ações em operações de bombeiros.</li> <li>- Ênfase na importância da cinemática e cinética na execução eficiente de tarefas e análise das alterações causadas pelo EAPR.</li> </ul>
Lavender et al. (2020)	Investigar a cinemática da coluna vertebral durante o levantamento de pacientes pesados por bombeiros e prestadores de serviços de emergência.	Análise cinemática da coluna vertebral, através de eletromiografia comparando o levantamento do paciente sem equipamento e com o Binder Lift.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização do Binder Lift alterou a cinemática da coluna vertebral.</li> <li>- Redução significativa nas angulações da flexão da coluna lombar.</li> <li>- Preservação das vértebras L5/S1 em uma posição mais anatômica.</li> </ul>
Segedi (2018)	Identificar movimentos específicos na cinemática da marcha de bombeiros e destacar a influência do peso e dos Equipamentos na biomecânica	Análise cinemática da marcha de bombeiros, considerando o peso e design dos EPIs.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ênfase na importância de otimizar movimentos para reduzir risco de lesões.</li> <li>- Destaque para influência do peso e design dos EPIs na biomecânica.</li> </ul>
Ueberschär et al. (2019)	Analisar as forças atuantes nos músculos durante atividades de bombeiros por meio de eletromiografia.	Eletromiografia para analisar forças musculares durante atividades de bombeiros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cerca de 68,9% do choque provocado pela força reativa foi absorvido pelos músculos do joelho e quadril.</li> </ul>
Sequeto (2019)	Investigar as forças de reação do solo e torque durante atividades de bombeiros militares.	Análise tridimensional para avaliar forças de reação do solo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forças de reação do solo durante atividades de bombeiros foi claramente aumentada.</li> </ul>
Marchetti e Duarte (2006)	Entender a dinâmica da ativação muscular durante as atividades dos bombeiros.	Eletromiografia para analisar a ativação muscular durante atividades dos bombeiros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificação de grupos musculares mais exigidos nas atividades dos bombeiros.</li> <li>- Sugestões de treinamentos específicos.</li> </ul>
Fleck e Kraemer (2017)	Destacar a importância do equilíbrio adequado entre fortalecimento muscular e flexibilidade.	Análise da importância do equilíbrio entre fortalecimento muscular, flexibilidade e técnica, através da eletromiografia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prevenção de lesões musculoesqueléticas depende do equilíbrio entre fortalecimento, flexibilidade e técnica.</li> </ul>
Oliveira et al. (2019)	Ressaltar a prevalência de lesões musculoesqueléticas associadas ao excesso de força e tensão muscular.	Questionário sobre lesões musculoesqueléticas associadas ao excesso de força e tensão muscular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lesões musculoesqueléticas frequentemente relacionadas ao excesso de força e tensão muscular.</li> </ul>

Fonte: o autor

A aplicação da análise tridimensional do movimento humano, conforme revelado pelos estudos de Wang e Wang (2022), mostrou-se uma ferramenta valiosa no estudo dos padrões de movimento em bombeiros militares. Essa técnica inovadora trouxe à tona nuances específicas dos gestos e ações realizados durante as operações, enfatizando o papel significativo da cinemática e cinética na realização eficiente das tarefas e na prevenção de lesões ocupacionais.

A análise cinemática, detalhada por Wang e Wang (2022), permitiu a identificação de diferentes posturas angulares dos movimentos realizados durante a atividade bombeiro militar de combate a incêndio com a utilização do Equipamento Autônomo de Proteção Respiratória (EAPR) e sem a utilização do equipamento conforme a figura abaixo, para tal experimento foram utilizados doze bombeiros do sexo masculino em um movimento de corrida.

**Figura 1 – Grupo controle e com EAPR**



Fonte: Biblioteca ABMIL Wang e Wang (2022).

Segundo Wang e Wang (2022), a cinemática corporal com a utilização do EAPR foi totalmente modificada em relação ao grupo controle sem a utilização do EAPR. A rotação da pelve foi reduzida em 36,77%, o comprimento do passo houve uma diminuição significativa de 7,34 cm, e o desvio da vértebra S1 em relação a vértebra S2 foi 1,35 cm maior em relação ao grupo controle no plano pósterio-anterior, já o centro de massa houve uma variação de 2,49 cm em relação ao grupo controle. Essas alterações observadas no estudo demonstram

que as articulações do quadril e joelhos bem como a articulação da coluna lombar foram as mais afetadas.

De acordo com o estudo de Lavender *et al.*, (2020), que avaliou a cinemática e propôs soluções ergonômicas para bombeiros e prestadores de serviços de emergência ao lidar com o levantamento de pacientes pesados em suas residências. Esse estudo analisou a cinemática das atividades da coluna vertebral de 14 paramédicos, primeiramente eles realizaram o levantamento do paciente sem nenhum tipo de equipamento sempre trabalhando em duplas, posteriormente irão realizar o levantamento desses pacientes com um equipamento chamado Binder Lift que consiste em cintos ou faixas ajustáveis como mostra a figura abaixo, que são posicionados estrategicamente nos pacientes para permitir um levantamento controlado e seguro.

**Figura 2 – Binder Lift**



Fonte: <https://www.phaseintl.com/binder-lift> , 2023.

Os resultados obtidos pela pesquisa de Lavender *et al.*, (2020), demonstraram que a utilização do Binder Lift alterou significativamente a cinemática da coluna vertebral diminuindo as angulações da flexão da coluna lombar em 32%, desta forma as vértebras L5/S1 se manteve posicionadas de uma forma mais anatômica evitando futuras lesões.

A análise cinemática da marcha detalhada por Segedi (2018), permitiu a identificação de movimentos específicos que, quando otimizados, podem contribuir significativamente para a redução do risco de lesões.

Interessantemente, essa análise trouxe à tona a influência do peso e do design dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) sobre a biomecânica dos bombeiros, como sugerido por Correa (2021). Este achado sublinha a necessidade de desenvolver equipamentos mais ergonômicos, que não apenas protejam os bombeiros, mas também favoreçam a mecânica corporal adequada durante as atividades.

O estudo apresentado por Wang e Wang (2022) também forneceu os preditores da resposta cinética. Os resultados demonstraram que o desvio do centro de massa no usuários de EAPR e de inclinação da pelve estavam altamente correlacionados com a força resultante de L4/L5 e a força do reto abdominal, respectivamente.

Para cada aumento de 1 cm no desvio do centro de massa, a força resultante de L4/L5 aumentou cerca de 20% do peso corporal. Para cada 1cm no aumento na pelve para frente, a força do reto abdominal aumentou cerca de 13% do peso corporal, no caso do estudo houve um desvio de 2,89 cm em relação ao grupo controle. O desvio do centro de massa e a inclinação da pelve para frente estão ambos relacionados ao equilíbrio postural. Portanto, concluiu-se que as respostas cinéticas na coluna lombar foram devidas principalmente ao ajuste postural para manter a estabilidade. Maior desvio do centro de massa e maior inclinação da pelve para frente podem induzir maior carga na coluna lombar.

Os índices cinéticos mencionados foram considerados como referência para identificar quais índices cinemáticos possuem uma relação mais forte com eles. Por exemplo, o desvio do centro de massa foi altamente correlacionado com as forças reativas na articulação L4/L5, enquanto a amplitude de movimento de inclinação da pelve teve uma forte correlação com a força do reto abdominal. No caso do membro inferior, o comprimento do passo teve uma alta correlação com as forças relativas resultantes do quadril e com a força do reto femoral. Além disso, a amplitude de movimento de extensão e flexão do joelho apresentou forte correlação com as forças resultantes do joelho e com a força do bíceps femoral. Esses achados sugerem a importância desses parâmetros cinemáticos na compreensão das forças reativas nas articulações durante o transporte do SCBA, fornecendo informações valiosas sobre os efeitos do equipamento na

biomecânica corporal e direcionando um treinamento mais específico aos bombeiros militares.

Ueberschär *et al.*, (2019), analisaram as forças atuantes nos músculos através da eletromiografia e cerca de 68,9% do choque provocado pela força reativa foi absorvido pelas articulações do joelho e do quadril, bem como pelos segmentos musculoesqueléticos articulados, enquanto aproximadamente 14,7% adicionais foram atenuados do sacro às escápulas. Esses resultados indicam uma maior absorção de choque nos membros inferiores, devido ao maior número de graus de liberdade nas pernas, em comparação com o tronco, que possui articulações menos móveis. Além disso, a instabilidade do quadril induzida pela fadiga e a possível queda pélvica lateral podem influenciar os valores de atenuação do choque na parte superior do corpo durante a atividade bombeiro militar.

Por outro lado, a análise da cinética dos movimentos produzidas através de uma análise tridimensional, pelo estudo de Sequeto (2019), revelou que as forças de reação do solo e o torque durante as atividades de bombeiros militares são consideráveis e têm implicações diretas no desenvolvimento de programas de treinamento focados na redução de lesões musculoesqueléticas e no aprimoramento do desempenho operacional. Estes dados são cruciais para a elaboração de estratégias de treinamento que visam não apenas o fortalecimento muscular, mas também a melhoria da técnica e a adaptação aos desafios físicos específicos da profissão.

Além disso, a eletromiografia (EMG) emergiu como uma técnica fundamental na compreensão da dinâmica da ativação muscular, conforme evidenciado pelos trabalhos de Marchetti e Duarte (2006), onde relatam que determinados grupos musculares são mais exigidos durante as atividades dos bombeiros, sugerindo a necessidade de treinamentos específicos para o fortalecimento e desenvolvimento da resistência muscular, alinhados com as recomendações de Fleck e Kraemer (2017).

A prevalência de lesões musculoesqueléticas, uma preocupação constante discutida por Oliveira *et al.*, (2019) e Shore *et al.*, (2020), está frequentemente associada ao excesso de força e tensão muscular. Este achado ressalta a importância crítica da prevenção e do treinamento adequado para mitigar esses riscos, enfatizando a necessidade de uma abordagem de

treinamento que equilibre adequadamente o fortalecimento muscular com a flexibilidade e a técnica apropriada.

Wang e Wang (2022), analisaram também a ativação muscular através de um aparelho de eletromiografia (EMG) e verificaram que houve um aumento significativo das ativações musculares do grupo com o EAPR e sem a utilização do EAPR.

Os principais músculos avaliados e com as maiores alterações foram os músculos reto abdominal, reto femoral e bíceps femoral. Como o desvio do centro de massa foi de 2,89 cm em média e que cada centímetro aumenta 13% do peso corporal na atividade do músculo reto abdominal, logo esse músculo teve um aumento de 37,57% do peso corporal durante a atividade com a utilização o EAPR.

O comprimento do passo mostrou forte correlação com a força do reto femoral no membro inferior. Para cada diminuição de 1 cm no comprimento do passo, houve um aumento de aproximadamente 1,77% do peso corporal na força do reto femoral com no estudo citado houve uma diminuição de 7,34cm, logo a força resultante no reto femoral foi de 12,99% do peso corporal a mais em relação ao grupo controle. No caso do bíceps femoral para cada diminuição de 1 cm no comprimento do passo, houve um aumento de 2,5% do peso corporal, logo a força sobressalente nesse musculo foi de 18,35% do peso corporal.

Lavender et al. (2020) empregaram a técnica da eletromiografia para investigar a ativação muscular dos músculos eretores e flexores da coluna vertebral. Este estudo contemplou a realização de duas eletromiografias distintas: uma envolvendo o uso do Binder Lift e outra sem qualquer tipo de equipamento auxiliar. No grupo que empregou o Binder Lift, observou-se uma significativa redução de 22% na ativação muscular dos músculos eretores da coluna, mantendo a integridade da cadeia muscular adjacente e preservando as articulações lombares e sacrais. Além disso, registrou-se uma diminuição de 17° no movimento de flexão do tronco, indicando uma redução de 32% na ativação dos flexores da coluna, resultando na estabilização e preservação, sobretudo, da coluna dorsal, conforme elucidado por este estudo.

## **4.2 Discussões**

Os estudos conduzidos por Wang e Wang (2022), Sequeto (2019) e Ueberschär *et al.*, (2019), constituíram significativas incursões na compreensão da biomecânica e cinética em contexto aplicado aos bombeiros militares. Wang e Wang (2022) proporcionaram uma meticulosa avaliação cinemática das atividades desses profissionais em utilização do Equipamento Autônomo de Proteção Respiratória (EAPR), revelando alterações marcantes na postura e nos padrões de movimento.

Paralelamente, Sequeto (2019) enfatizou a relevância intrínseca das forças reativas do solo e dos torques no contexto das operações dos bombeiros, ressaltando a necessidade premente de programas de treinamento adaptados a esses desafios específicos. No entanto, ambas as abordagens, embora ricas em detalhes, careceram de uma análise holística e mais abrangente das alterações cinemáticas e posturais, deixando lacunas na compreensão integral das modificações de movimento experimentadas pelos profissionais em suas tarefas.

Por outro prisma, o estudo de Ueberschär *et al.*, concentrou-se de maneira focalizada na análise da absorção de choque pelos membros inferiores e superiores durante as atividades dos bombeiros.

Este estudo, embora tenha evidenciado a notável capacidade dos membros inferiores em lidar com impactos, falhou em fornecer uma investigação aprofundada das possíveis alterações posturais ou dos movimentos específicos associados à absorção de choque, o que limitou a perspectiva sobre as modificações gerais no padrão de movimento durante as operações.

A integração dessas diferentes perspectivas de análise poderia propiciar uma compreensão mais completa e abrangente das exigências físicas enfrentadas pelos bombeiros militares, oferecendo, por conseguinte, subsídios mais sólidos para o desenvolvimento de estratégias de treinamento e proteção mais holísticas e eficazes.

Dessa maneira, a convergência desses estudos, embora fundamentada em abordagens distintas e focalizadas, sugere uma lacuna crítica na análise integral das alterações cinemáticas, posturais e das demandas mecânicas impostas às articulações e estruturas corporais durante as complexas operações

dos bombeiros. A sinergia entre esses enfoques poderia não apenas aprimorar consideravelmente o entendimento das necessidades físicas desses profissionais, mas também proporcionar uma base mais sólida para a formulação de estratégias multifacetadas de treinamento e equipamento que possam minimizar impactos adversos à saúde e à eficiência operacional.

As pesquisas conduzidas pelos autores mencionados, ao aplicarem a análise tridimensional da biomecânica, corroboram com as conclusões apresentadas no questionário realizado por Oliveira *et al.*, (2019). Esses estudos convergem ao identificar que a maior sintomatologia entre os bombeiros militares se manifesta predominantemente na região lombar e nos joelhos.

As análises tridimensionais realizadas por esses autores revelam que estas áreas específicas do corpo sofrem uma carga significativa durante as atividades operacionais dos bombeiros militares, ressaltando a coerência e concordância entre os dados obtidos por diferentes metodologias de investigação, tanto por questionários quanto por análises biomecânicas avançadas.

#### **4.3 Limitações da pesquisa**

Os estudos sobre a cinemática e cinética do movimento humano em bombeiros militares proporcionam entendimentos valiosos, especialmente ao considerar o impacto de equipamentos específicos nas respostas musculares e articulares durante as atividades operacionais. Contudo, é crucial reconhecer e abordar algumas limitações intrínsecas a essas pesquisas.

A primeira delas reside na amostra frequentemente restrita e predominantemente masculina, o que pode restringir a generalização dos resultados para uma população mais diversificada de bombeiros. Essa limitação pode implicar em uma representação incompleta das variabilidades biomecânicas existentes, uma vez que a resposta ao movimento pode variar entre diferentes gêneros e idades. Outra importante limitação é a escassez de estudos relacionados a atuação bombeiro militar, tornando a revisão de literatura menos abrangente.

Adicionalmente, as conclusões extraídas desses estudos podem ser contextualmente específicas, dadas as variações nos tipos de equipamentos e tarefas avaliadas. As condições ambientais, como fumaça, calor extremo e estresse emocional, frequentemente fundamentais em situações operacionais, podem não ser totalmente consideradas, o que limita a aplicação direta dos resultados a cenários práticos. Outra limitação relevante se refere às restrições tecnológicas associadas às técnicas de análise cinemática, cinética e eletromiografia. A precisão e sensibilidade desses métodos podem apresentar desafios, e variações sutis nas respostas biomecânicas podem não ser totalmente capturadas.

A análise de fatores individuais, como genética e condições médicas preexistentes, é frequentemente negligenciada, o que pode influenciar significativamente as lesões musculoesqueléticas. A complexa interdependência entre variáveis cinemáticas, cinéticas e eletromiográficas também representa um desafio na interpretação dos resultados, pois isolar o efeito de uma variável específica pode ser complexo.

Questões éticas relacionadas à exposição de participantes a situações extremas também são pertinentes, levantando preocupações sobre a segurança e bem-estar dos envolvidos. Além disso, as mudanças ao longo do tempo nas demandas físicas e nas tecnologias utilizadas podem impactar a relevância e aplicabilidade contínua dessas descobertas. Assim, uma abordagem cautelosa e abrangente na interpretação dessas pesquisas é essencial para garantir uma aplicação ética e informada no desenvolvimento de estratégias de treinamento e equipamentos para bombeiros militares.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise tridimensional do movimento humano, aliada à eletromiografia, tem sido uma ferramenta crucial para compreender os padrões de movimento em bombeiros militares e as possíveis lesões ocupacionais associadas às suas atividades. Este estudo visou explorar o impacto dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e as soluções ergonômicas na prevenção de lesões, bem como identificar os principais músculos ativados durante essas atividades.

As hipóteses iniciais sugerem que o uso de EPIs e equipamentos influenciariam significativamente a biomecânica do movimento e a ativação muscular, podendo afetar tanto a eficiência operacional quanto a saúde ocupacional dos bombeiros militares.

Os estudos de Wang e Wang (2022) demonstraram que o uso do Equipamento Autônomo de Proteção Respiratória (EAPR) alterou significativamente a cinemática corporal dos bombeiros militares durante as operações de combate a incêndios. Observou-se uma redução na rotação da pelve, no comprimento do passo e um aumento no desvio da vértebra S1 em relação à S2, indicando uma maior sobrecarga nas articulações do quadril, joelhos e coluna lombar.

Similarmente, as pesquisas de Lavender et al. (2020) e Sequeto (2019) destacaram a importância das soluções ergonômicas, como o Binder Lift, na redução das angulações da flexão da coluna lombar e na minimização das forças de reação do solo durante as atividades dos bombeiros. Esses resultados corroboram a hipótese de que equipamentos ergonômicos podem contribuir para a prevenção de lesões musculoesqueléticas.

A análise dos índices cinéticos, conforme apresentado por Wang e Wang (2022), revelou uma forte correlação entre o desvio do centro de massa e a inclinação da pelve com as forças resultantes na coluna lombar. Esses achados forneceram percepções adicionais sobre os mecanismos biomecânicos subjacentes às lesões musculoesqueléticas em bombeiros militares, apoiando a importância de estratégias de treinamento específicas.

Além disso, a eletromiografia (EMG) destacou a ativação muscular aumentada em músculos específicos, como o reto abdominal, reto femoral e bíceps femoral, em resposta ao uso do EAPR. Esses resultados corroboram a necessidade de programas de treinamento direcionados para fortalecer os músculos sobrecarregados durante as atividades dos bombeiros.

Os resultados deste estudo confirmaram a influência significativa dos EPIs e dos equipamentos na biomecânica do movimento e na ativação muscular dos bombeiros militares. As análises cinemáticas e cinéticas destacaram os principais pontos de sobrecarga nas articulações e nos músculos respondendo assim o objetivo geral proposto.

Portanto, ao confrontar os objetivos iniciais e as hipóteses com os resultados obtidos, fica evidente a relevância das intervenções ergonômicas e dos programas de treinamento personalizados para promover a saúde ocupacional e a segurança dos bombeiros militares durante suas atividades operacionais. Para isso, recomenda-se um aprofundamento nos estudos sobre a atividade de bombeiro militar, visando traçar um perfil das lesões relacionadas à atividade operacional e, assim, reduzir a incidência de lesões musculoesqueléticas na corporação.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ítalo D'Artagnan. **Metodologia do trabalho científico**. Recife: Ed. UFPE, 2021.

BARRIS, Sian; BUTTON, Chris. A review of vision-based motion analysis in sport. **Sports Medicine**, v. 38, p. 1025-1043, 2008.

CARVALHO, Igor Barreto; CORREIA, Oriel Messias da Fonseca. **Prevalência de lesões musculoesqueléticas em bombeiros militares do corpo de bombeiros do Distrito Federal**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Fisioterapia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

CHANDER, Harish *et al.* Postural control in workplace safety: Role of occupational footwear and workload. **Safety**, v. 3, n. 3, p. 18, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/safety3030018> Acesso em: 10 mai. 2023.

CORREA, Daniele Araújo. **Estudo ergonômico da atividade de combate a incêndio dos Bombeiros Militares da Paraíba**. 2021. 97f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde - PPGCTS) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2021. Disponível em: <https://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/4099> Acesso em: 12 dez. 2023.

DAMRONGSAK, Mantana; PRAPANJAROENSIN, Aoyjai; BROWN, Kathleen C. Predictors of back pain in firefighters. **Workplace health & safety**, v. 66, n. 2, p. 61-69, 2018. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2165079917709020> Acesso em: 05 fev. 2023.

FERNANDES, Anita Maria; COMUNELLO, Eros; MACHADO, Fábio Duarte. **Análise do Movimento Humano por Videogrametria**. São Paulo: Editora UFSCar, 2012.

FLECK, Steven J.; KRAEMER, William J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2006.

FLECK, Steven J.; KRAEMER, William J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 8. ed. São Paulo: Artmed Editora, 2017.

FREIRE, Lucas Azevedo; SOARES, Thayane Cunha Nunes; TORRES, Vanessa Pio. Influência da ergonomia na biomecânica de profissionais de enfermagem no ambiente hospitalar. **Biológicas & Saúde**, v. 7, n. 24, 2017.

FROST, D. M. *et al.* Firefighter injuries are not just a fireground problem. **Work: a journal of prevention, assessment, and rehabilitation**, v. 52, n. 4, p. 835-842, 2015.

FURTADO, Daniel Antônio. **Um método computacional livre de modelo esquelético para rastreamento e reconstrução em tempo real de múltiplos marcadores em sistemas de captura de movimento ópticos**. 2013. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia.

GERMANO, Juan Nicolás Silvero. **Nível de ativação muscular em diferentes exercícios de força para membros inferiores**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GLEICHER, Michael. Animation from observation: Motion capture and motion editing. **ACM SIGGRAPH Computer Graphics**, v. 33, n. 4, p. 51-54, 2019.

HAMILL, J., KNUTZEN, K. M., & DERRICK, T. R. **Bases biomecânicas do movimento humano**. 4ª ed. Manole: São Paulo, 2016.

JUNIOR, Elias Antonio Ferreira *et al.* Análise descritiva dos afastamentos no trabalho do Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (2015-2020). **DIVERSITÄ: Revista multidisciplinar do Centro Universitário Cidade Verde**, v. 7, n. 1, p. 32, 2021. Disponível em: <https://revista.unifcv.edu.br/index.php/revistapos/article/view/352/271>. Acesso em: 22 de abr. de 2023.

LAVENDER, Steven A., *et al.* "A biomechanical evaluation of potential ergonomic solutions for use by firefighter and EMS providers when lifting heavy patients in their homes." *Applied ergonomics* 82 (2020): 102910.

MARCHETTI, Paulo Henrique; DUARTE, Marcos. **Instrumentação em eletromiografia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

MENDES, L. C. V; FERREIRA, C. E. S. Comparação de dois protocolos indiretos na avaliação da capacidade aeróbia de alunos do núcleo de preparação de oficiais da reserva. **Rev. Educação Física em Revista**. Vol. 4 Nº 2, 2010.

NABINGER, Eduardo. **Análise dinamométrica tridimensional da pedalada de ciclistas**. 2006. Tese para obtenção do título de doutor, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/8231>. Acesso em: 5 fev. 2023.

OLIVEIRA, Eva Pereira *et al.* Sintomas osteomioarticulares em bombeiros militares do Distrito Federal. **Acta Fisiátrica**, v. 26, n. 4, p. 204-208, 2019.

SEGEDI, Leonardo Correa. **Análise da qualidade de vida, do nível de atividade física, da aptidão física e de fatores associados em Bombeiros Militares de ambos os gêneros**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Faculdade de Educação Física, Universidade de Brasília, 2018.

SEQUETO, Gleiverson Saar. **A análise cinética e cinemática do movimento do drop jump e suas implicações sobre os membros inferiores: revisão**

narrativa. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, 2019.

SHORE, Erin *et al.* Functional movement screen as a predictor of occupational injury among Denver firefighters. **Safety and health at work**, v. 11, n. 3, p. 301, 2019.

SILVA, Robison José Santos; DE ALMEIDA, Eduardo. PROPOSTA DE UMA ATIVIDADE DINÂMICA PARA O ESTUDO DA CINEMÁTICA. **SEPE-Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFFS**, v. 9, 2019.

UEBERSCHAR, Olaf, *et al.* "Measuring biomechanical loads and asymmetries in junior elite long-distance runners through triaxial inertial sensors." *Sports Orthopaedics and Traumatology* 35.3 (2019): 296-308.

VU, V. *et al.* Ankle restrictive firefighting boots alter the lumbar biomechanics during landing tasks. Volume 65<sup>a</sup> ed. **Revista Applied Ergonomics**, Elsevier: Países baixos, 2017, p. 123-129. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2313-576X/3/3/18>. Acesso em: 10 mai. 2023.

WANG, Shitan; WANG, Yunyi. Musculoskeletal model for assessing firefighters' internal forces and occupational musculoskeletal disorders during self-contained breathing apparatus carriage. **Safety and Health at Work**, v. 13, n. 3, p. 315-325, 2022.

## APÊNDICE A - ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO E PRODUTO

1. **Aluno:** Cadete BM/2 **Thiago** Peixoto de França Lima
2. **Nome:** Estudo técnico preliminar para aquisição de equipamento de análise da biomecânica.
3. **Descrição:** O estudo técnico preliminar é um documento detalhado que avalia as necessidades, requisitos e metas da aquisição de determinado equipamento. Ele fornece uma análise abrangente dos aspectos técnicos e práticos relacionados à implementação desse equipamento.
4. **Finalidade:** O objetivo deste produto é fornecer uma base sólida para a tomada de decisão em relação à compra do equipamento de análise biomecânica. Ele visa apresentar informações técnicas, funcionalidades e especificações para que os responsáveis possam tomar uma decisão informada.
5. **A quem se destina:** O presente estudo se destina principalmente a Policlínica Médica e a Diretoria de materiais, pois serão esses setores que realizarão a aquisição do material.
6. **Funcionalidades:** O estudo aborda detalhadamente as funcionalidades da máquina de análise biomecânica, explorando aspectos como as especificidades dos parâmetros biomecânicos que podem ser analisados. Além disso, será examinada a capacidade de processamento de dados, levando em consideração sua eficiência e velocidade na coleta e análise de informações relevantes para a biomecânica. A integração com outros sistemas também será um ponto de análise, avaliando a compatibilidade e a facilidade de integração com softwares e equipamentos complementares utilizados em estudos biomecânicos. Além disso, serão investigadas quaisquer funcionalidades específicas relacionadas à análise biomecânica, como a capacidade de realizar análises tridimensionais, avaliação da postura, análise da marcha, entre outras. O objetivo é realizar uma avaliação completa das capacidades e recursos da máquina de análise biomecânica, visando identificar suas vantagens, limitações e possíveis áreas de aprimoramento para otimizar sua utilização em estudos e pesquisas no campo da biomecânica.
7. **Especificações técnicas:** O presente Estudo Técnico Preliminar foi confeccionado no sistema eletrônico de informações (SEI) e posteriormente foi impresso em formato PDF em folhas A4, contendo 6 páginas. O ETP utilizado pelo CBMDF é regulamentado pela Instrução normativa nº 40, de 22 de maio de 2020. Onde dispõe sobre a elaboração dos ETP's para a aquisição de bens e a contratação de serviços e obras, no âmbito da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e sobre o Sistema ETP digital.
8. **Instruções de uso:** Este documento servirá como guia para a avaliação técnica do equipamento e deverá ser consultado pelos responsáveis pela

tomada de decisão, bem como pelos usuários finais para entender as capacidades e limitações do equipamento.

9. **Condições de conservação, manutenção, armazenamento:** O produto pode ser armazenado em nuvem da internet, como e-mail, ou em equipamento físico como pen-drive, celular, computador.



Governo do Distrito Federal  
Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal  
Seção de Coordenação Médica  
Fisioterapia e Reabilitação Ocupacional

Estudo Técnico Preliminar - CBMDF/POMED/COMED/FISIO

## ESTUDO TÉCNICO PRELIMINAR - ETP

### 1. DESCRIÇÃO DA NECESSIDADE DA CONTRATAÇÃO

Para os efeitos da Instrução Normativa nº 58, de 8 de agosto de 2022, considera-se Estudo Técnico Preliminar (ETP) o documento constitutivo da primeira etapa do planejamento de uma contratação que caracteriza determinada necessidade, descreve as análises realizadas em termos de requisitos, alternativas, escolhas, resultados pretendidos e demais características, dando base ao anteprojeto, ao termo de referência ou ao projeto básico, caso se conclua pela viabilidade da contratação.

A previsão de realização do ETP pode ser encontrado em diversos diplomas normativos, tais como, a título de exemplo, no Inciso I, do Art. 8º do Decreto 10.024, de 20 de setembro de 2019 (Regulamenta a licitação, na modalidade pregão, na forma eletrônica, para a aquisição de bens e a contratação de serviços comuns), Lei 12.462/2011, que instituiu o Regime Diferenciado de Contratações Pública (RDC), em seu art. 2º, IV, “a” e na Lei 13.303/2016, que instituiu o estatuto jurídico das empresas estatais, art. 42, VIII.

No âmbito do Tribunal de Contas da União é possível vislumbrar jurisprudência pacífica no sentido da obrigatoriedade dos estudos técnicos preliminares para contratação de obras, serviços ou compras na Administração Pública (Acórdão 3.215/2016 – Plenário; Acórdão 212/2017 – Plenário; Acórdão 681/2017 – Primeira Câmara; Acórdão 1.134/2017 – Segunda Câmara).

Durante a realização deste estudo, serão apresentados, portanto, os diversos aspectos justificantes para o alcance da solução pretendida, sendo elencados os elementos fundamentais para o atendimento e suprimento das necessidades existentes, as soluções de mercado e suas características (preço estimado, riscos, aspectos técnicos e viabilidade da contratação), com vistas a consubstanciar o planejamento da futura contratação.

A Constituição Federal, em seu Art. 37, inciso XXI, estabelece que a Administração Pública direta e indireta de qualquer dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios obedecerá os princípios constitucionais expressos, contratando, mediante licitação pública, as obras, serviços, compras e alienações, ressalvados os casos especificados em legislação, conforme descrito a seguir:

[...]

Art. 37. A **administração pública direta** e indireta de qualquer dos Poderes da União, dos Estados, do **Distrito Federal** e dos Municípios **obedecerá** aos princípios de legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência e, também, ao seguinte:

[...]

XXI - **ressalvados os casos especificados na legislação, as obras, serviços, compras e alienações serão contratados mediante processo de licitação pública** que assegure igualdade de condições a todos os concorrentes, com cláusulas que estabeleçam obrigações de pagamento, mantidas as condições efetivas da proposta, no termos da lei, o qual somente permitirá as exigências de qualificação técnica e econômica indispensáveis à garantia do cumprimento das obrigações. (grifo nosso)

O CBMDF, instituição militar, organizada com base na hierarquia e na disciplina, em conformidade com as disposições legais, destina-se a realizar serviços específicos de bombeiros, na área do DF, incluindo extinção de incêndios, serviços de busca e salvamento, atividades de defesa civil e atendimento pré-hospitalar, entre outros.

A Diretoria de Saúde, DISAU, é o órgão incumbido das atividades relacionadas com a atenção à saúde do bombeiro militar, seus dependentes legais e pensionistas. Administrativamente, a Policlínica Médica, POMED, é diretamente subordinada à DISAU. A Lei 8.255/91 estipula que os órgãos de apoio atendam às necessidades de pessoal, de material e de serviços de toda a Corporação, realizando sua atividade meio. A seção de Fisioterapia da POMED, FISIO/POMED é responsável por realizar a prevenção, tratamento e reabilitação de comprometimentos físicos e funcionais dos bombeiros militares e seus dependentes.

A FISIO/POMED desempenha um papel proativo na prevenção de lesões entre os bombeiros militares. Por meio de avaliações físicas regulares e análise de riscos ocupacionais, identifica gestos potencialmente lesivos que geram grandes demandas físicas e desenvolve estratégias de melhora da capacidade física do bombeiro militar, para suportarem com menor risco de lesão as demandas do serviço. Esses programas visam corrigir disfunções de movimento, melhorar a flexibilidade, a mobilidade, a resistência, e abordar desequilíbrios musculares que podem aumentar o risco de lesões durante as operações.

Um dos métodos de avaliação utilizados com o propósito de identificar disfunções de movimento e fatores de risco para lesões é a avaliação de movimento tridimensional, avaliada por meio do sistema de captura de movimento 3D - vestível. Esse método de avaliação biomecânica permite a identificação de segmentos corporais que estão mais suscetíveis a sobrecarga e consecutivamente a lesões.

As atividades ocupacionais inerentes à rotina dos bombeiros, como combate a incêndio urbano, atendimento pré-hospitalar, florestal e outras, expõem esses trabalhadores à elevada sobrecarga física e emocional. O trabalho físico despendido no transporte de materiais e na rotina diária de plantão, somado a intensas atividades de treinamento militar e cursos de capacitação profissional, podem trazer consequências graves à saúde física durante toda a carreira do bombeiro militar.

Devido a essas demandas, a saúde desse grupo ocupacional é alvo de intensa e constante investigação científica. No CBMDF, pesquisas vêm sendo realizadas com o intuito de obter informações sobre as condições de saúde dos bombeiros militares (COSTA, 2007; MOURA JÚNIOR, 2012; OLIVEIRA et al., 2019; SANTOS, 2012; SANTOS, 2021; SEIXAS, 2016; SILVA, 2019; TEIXEIRA, 2018). Esses estudos revelam uma alta prevalência de doenças musculoesqueléticas e demonstram que elas são as principais responsáveis pelo absenteísmo-doença na Corporação.

No recente estudo de Santos (2021), foi observado que essas doenças (lesões ortopédicas, de coluna, joelhos, ombros e outras) são responsáveis por cerca de 28% de todas as ausências ao trabalho por problemas de saúde na instituição, sendo que apenas 5 diagnósticos de doenças da coluna vertebral são responsáveis por 10% delas. A pesquisa apontou, ainda, que o absenteísmo-doença, considerando-se apenas os afastamentos totais do trabalho, gerou um custo de cerca de 40 milhões de reais à Corporação no ano de 2019.

Considerando que esse custo é apenas uma pequena fatia do impacto gerado à instituição, já que não considera os elevados gastos com o sistema de saúde (cirurgias, exames, consultas, etc), os prejuízos advindos dos atestados parciais, da perda da capacidade funcional dos bombeiros em atividade, da diminuição da quantidade de bombeiros aptos a executarem a missão-fim da instituição e da redução do tempo de execução de atividades operacionais ao longo da carreira, fica evidente a importância de se realizar medidas preventivas efetivas contra esse problema.

Em concordância com essa busca de soluções, o planejamento estratégico do CBMDF para os anos de 2017 a 2024, em seu objetivo 9, “Valorizar o profissional bombeiro-militar”, traz como iniciativa a ser implementada: “Realizar campanhas e ações abrangendo atividades de prevenção de acidentes do trabalho e doenças ocupacionais”; e como indicador de desempenho, o absenteísmo (CBMDF, 2016, p. 33).

Considerando esse objetivo, de reduzir ou minimizar a quantidade de afastamentos devido as doenças musculoesqueléticas é imprescindível identificar as causas dessas doenças e realizar estratégias de prevenção e tratamento que de fato modifiquem seus fatores causais. Uma das formas de identificar esses fatores causais é analisar a biomecânica do gesto de atividades operacionais, já que é a atividade fim do Bombeiro Militar. Ao se compreender melhor esse gesto será possível traçar estratégias preventivas e de tratamento eficientes e eficazes.

A avaliação da biomecânica do movimento humano, avaliada por meio do sistema de captura de movimento 3D - vestível, tem sido amplamente estudada na literatura, e auxilia a desenvolver uma relação de causa-efeito entre uma combinação de fatores de risco e a ocorrência de uma doença musculoesquelética, como se mostra nos seguintes estudos (VAN EMMERIK et al. 2016; MOTTE et al. 2017; BITTENCOURT et al. 2016). A avaliação da biomecânica pode ser realizada com diversos tipos de equipamentos e avaliações já descritas na literatura, porém alguns se destacam por avaliarem os principais componentes do controle motor, como ativação muscular (SILVA, 2016), força muscular (AMARAL, MARINHO, FONSECA, 2021), cinética e cinemática do movimento humano (WHITTLE, 2014). O equipamento de captura de movimento tem capacidade de avaliar a cinética e a cinemática do movimento humano.

Dessa forma, verifica-se a necessidade da aquisição do sistema de captura de movimento 3D - vestível para que seja possível identificar fatores relacionados ao desenvolvimento de lesões nos bombeiros militares. Dois estudos ilustram bem a capacidade avaliativa e estratégica deste equipamento, o primeiro ilustra as posições que o socorrista pode realizar uma elevação do paciente com menor sobrecarga para a coluna vertebral (LAVENDER, 2020), o segundo ilustra a altura adequada do EPR na atividade de combate a incêndio urbano para que ocorra menor sobrecarga nos membros inferiores e na coluna (WANG, WANG, 2022).

A contratação de serviços para a FISIO/POMED está prevista sob a natureza de despesa 33.90.39.50 (Serviços médico-hospitalares, odontológicos e laboratoriais) conforme se fez público no Anexo 1 do Suplemento ao BG 224 de 5 de dezembro de 2023.

AMARAL GM, MARINHO HVR, SONSECA ST. Dinamometria isocinética para avaliação do desempenho muscular: interpretação de variáveis. In: Sociedade Nacional de Fisioterapia Esportiva e da Atividade Física; Nowotny AH, Menezes FS, organizadores. PROFISIO Programa de Atualização em Fisioterapia Esportiva e Atividade Física: Ciclo 10. Porto Alegre: Artmed Panamericana; 2021. p. 9–64. (Sistema de Educação Continuada a Distância, v. 2). <https://doi.org/10.5935/978-65-5848-115-7.C0001>

BITTENCOURT NFN, MEEUWISSE WH, MENDONÇA LD, OCARINO JM, FONSECA ST. Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition: narrative review and new concept. Br J Sports Med. 2016 Nov;50(21):1309–14. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095850>

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Plano Estratégico 2017-2024. Brasília, 2016. p. 33. Disponível em: <https://www.cbm.df.gov.br/2012-11-12-17-42-33/2012-11-13-16-14-57?task=document.viewdoc&id=11718> Acesso em: 25 nov. 2020.

COSTA, Roneide Nogueira França da. A atividade física bombeiro-militar e sua correlação com a hérnia discal lombar. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2007.

LAVENDER, Steven A. et al. A biomechanical evaluation of potential ergonomic solutions for use by firefighter and EMS providers when lifting heavy patients in their homes. Applied ergonomics, v. 82, p. 102910, 2020.

MOTTE S, GRIBBIN T, LISMAN P, MURPHY K, DEUSTER P. Systematic review of the association between physical fitness and musculoskeletal injury risk: part 2: muscular endurance and muscular. J Strength Cond Res. 2017 Nov;31(11):3218–34. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002174>

MOURA JÚNIOR, José Evóide. Avaliação estatística do absenteísmo no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal entre 2010 e 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2012.

OLIVEIRA, E. P. et al. Sintomas osteomioarticulares em bombeiros militares do Distrito Federal. Acta Fisiátrica, v. 26, n. 4 p. 204-208, 2019. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/actafisiatrica/article/view/168675>. Acesso em: 10 nov. 2020.

SANTOS, João Ricardo Mendonça dos. As Doenças Musculoesqueléticas e seus Impactos no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Altos Estudos para Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2021.

SANTOS, João Ricardo Mendonça dos. Projeto de implantação de uma clínica especializada no tratamento de patologias da coluna vertebral no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2012.

SILVA RA. Eletromiografia na prática clínica do fisioterapeuta. In: Sociedade Nacional de Fisioterapia Esportiva; Oliveira RR, Macedo CSG, organizadores. PROFISIO Programa de Atualização em Fisioterapia Esportiva e Traumatologia: Ciclo 5. Porto Alegre: Artmed Panamericana; 2016. p. 139-68. (Sistema de Educação Continuada a Distância, v. 4).

TEIXEIRA, Brunna Manuelle de Souza. Prevalência de dor lombar crônica em Bombeiros Militares brasileiros. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

VAN EMMERIK REA, DUCHARME SW, AMADO AC, HAMILL J. Comparing dynamical systems concepts and techniques for biomechanical analysis. J Sport Health Sci. 2016 Mar;5(1):3–13. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.01.013>

WANG, Shitan; WANG, Yunyi. Musculoskeletal Model for Assessing Firefighters' Internal Forces and Occupational Musculoskeletal Disorders During Self-Contained Breathing Apparatus Carriage. Safety and Health at Work, 2022.

WHITTLE, MW. Gait analysis: an introduction. Butterworth-Heinemann, 2014.

## 1.1. IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA REQUISITANTE

1.1.1. Unidade /Departamento/Setor: Seção de Fisioterapia da Policlínica Médica (FISIO/POMED)

1.1.2. Responsável pela demanda: CAD./2 THIAGO PEIXOTO DE FRANÇA LIMA e 1º TEN QOBM/Compl. MAIKON GLEIBYSON RODRIGUES DOS SANTOS

## 2. REQUISITOS NECESSÁRIOS À SOLUÇÃO DA CONTRATAÇÃO

Para o atendimento das necessidades da FISIO/POMED as soluções a serem comparadas, para fins de definição da solução mais vantajosa para a Administração, devem atender, no mínimo, os seguintes requisitos:

### 2.1 Central Inercial

REQUISITOS ESPECÍFICOS	JUSTIFICATIVA
Equipamento portátil com modalidade wireless capaz de fornecer dados de angulação articular (3D), orientação dos sensores e aceleração, e dados da velocidade angular de cada segmento.	Possibilitar fácil utilização e operação de forma ergonômica proporcionando um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente aos profissionais manuseadores. Deve ser portátil de tal modo que o operador consiga fazer uma melhor manipulação, além de facilitar a operação e a movimentação durante a realização do atendimento.
Equipamento que possua tecnologia de medição cinemática precisa e confiável para todos os tipos de movimento.	Essa tecnologia promove celeridade no atendimento evitando a substituição de aparelhos a cada finalidade requisitada na sessão terapêutica, poupa espaço físico para estocagem, além da vantagem econômica, já que um mesmo equipamento desempenha as duas funções necessárias.
Análise completa dos dados sincronizados automaticamente em tempo real.	Possibilitar uma visão mais detalhada do movimento humano e com maior celeridade no processo de avaliação.
Visualização de avatar selecionável.	Favorece ao operador a seleção de quais segmentos ósseos são mostrados no avatar esquelético na janela de animação.
Estimativa antropométrica e comprimentos ósseos personalizados	Calcular de forma automática os comprimentos dos segmentos com base na altura do corpo, ou forneça dados segmentares específicos para aprimorar a animação de movimento e os cálculos de parâmetros espaciais.
Sensores resistentes a água e ao suor e com sistema wireless.	Permitem que um movimento mais natural seja capturado enquanto as principais vantagens tecnológicas são mantidas, captura de dados sem perdas e comunicação sem fio.
Parâmetros Espaciais da Marcha e corrida.	Os parâmetros espaciais de marcha e corrida são fornecidos com base em estimativas calculadas usando dados de trajetória dos sensores de pés.
Itens do equipamento: - 1 Sistema de captura em 3D - 2 Fontes de alimentação - 2 Cabos de alimentação - Software de análise de dados  Acessórios do equipamento: - 8 Sensores de movimento com tecnologia wireless - kit com fitas de fixação dos sensores	Como a atividade bombeiro militar possui vários eixos de movimentos específicos, também se faz necessários equipamentos e acessórios que consigam analisar de forma precisa a biomecânica desses movimentos. Por esse motivo necessitamos dessas quantidades de equipamentos e acessórios.
Garantia	O equipamento deve possuir no mínimo 24 (vinte e quatro meses) de garantia a partir da data da entrega contra defeitos de fabricação e suporte técnico ilimitado.

### 2.2 Sistema para processamento e análise de dados

REQUISITOS ESPECÍFICOS	JUSTIFICATIVA
Sistema completo para processamento e análise dos dados obtidos pelas centrais inerciais e eletromiografia, de forma que seja possível a interpretação clínica dos resultados e também para utilização em pesquisas.	Os dados provenientes de sistemas de avaliação biomecânica precisam ser passados por filtros de ruídos e calibrações no sistema para interpretação clínica ou utilização em pesquisa.

O sistema deve disponibilizar os resultados para interpretação clínica com laudos em português (BR) constando gráficos cinemáticos e cinéticos, além de imagens ilustrativas	Os laudos devem ser disponibilizados em PT BR para compressão dos pacientes que receberão os laudos.
--	--

\* Deve-se adicionar ao serviço contratado, treinamento acerca dos equipamentos em questão para os profissionais da Seção de Fisioterapia da POMED do CBMDF. Trata-se de um equipamento específico e dessa forma, mesmo para Fisioterapeutas formados, é necessário treinamento.

### 3. LEVANTAMENTO DE MERCADO E JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TIPO DE SOLUÇÃO A CONTRATAR

Com os requisitos definidos, passa-se à análise comparativa entre as soluções disponíveis no mercado. Essas soluções devem atender os requisitos mínimos constantes no item 02. Dentre as possíveis soluções, pode-se observar três possibilidades de disponibilização do avaliação biomecânica para atividade bombeiro militar para o público interno do CBMDF. São as seguintes:

- Prestação de serviços de avaliação biomecânica por meio de consultas com fisioterapeutas externos;
- Prestação de serviços de avaliação biomecânica pelos fisioterapeutas do próprio CBMDF com aquisição do equipamento descrito;
- Prestação de serviços de avaliação biomecânica pelos fisioterapeutas do próprio CBMDF com locação dos equipamento descrito;

Comparação entre as soluções possíveis (alíneas "a", "b", "c"): Preliminarmente, deve ser observado que a clínica de fisioterapia da Policlínica Médica já dispõe de toda uma estrutura suficiente e pessoal capacitado. Além disso, conta com corpo de oficiais fisioterapeutas, sendo que cinco possuem especialização em Fisioterapia Ortopédica e Esportiva, e dois com experiência em análise biomecânica e mestrado acadêmico, ainda com expectativa de aumento do seu número, visto que existem dois Aspirantes Fisioterapeutas em curso de formação. Além do corpo profissional capacitado, existe alta demanda por esse tipo de avaliação, já que a maior causa dos afastamentos dos bombeiros militares são as doenças ortopédicas e a avaliação biomecânica auxilia a identificar os fatores causais destas lesões ortopédicas, tornando as intervenções terapêuticas assertivas e eficientes.

Seguindo o princípio constitucional da economicidade, deve ser avaliada a possibilidade de aquisição, locação, ou realização de consultas externas para identificar a solução com melhor custo benefício. Diante do exposto, resta o questionamento sobre qual a modalidade de contratação é preferível do ponto de vista do interesse público.

**a) Prestação de serviços de avaliação biomecânica por meio de consultas com fisioterapeutas externos:** nessa modalidade não seria necessário lançar mão dos recursos humanos da corporação. Contudo, não foi identificado na rede credenciada oferta deste tipo de avaliação biomecânica, sendo identificado no mercado duas ofertas que atendem aos requisitos exigidos. A primeira no valor de R\$1.200,00 reais (Anexo 1) e a segunda no valor de R\$ 3.000,00 reais (Anexo 2). Sendo assim o preço médio do mercado é de R\$2.100,00 reais.

Considerando uma demanda de 8 avaliações semanais, o valor mensal gasto com os encaminhamentos seria de R\$ 67.200,00 reais por mês, ou seja, em 12 meses seriam gastos R\$ 806.400,00 reais. Três fatores indicam a inviabilidade desta modalidade: primeiro custo elevado; segundo ela não está disponível na rede credenciada do CBMDF ou no Distrito Federal; terceiro não é possível realizar avaliações em larga escala ou preventivas in loco nos GBMs, GBMs, CTO, CEFAP, ABMIL, e grupos especializados para traças estratégias de prevenção de lesões musculoesqueléticas.

Os cálculos e valores acima são estimativas, pois a demanda real pode ser ainda maior, visto que a maior causa de afastamentos dos militares da ativa são por causas ortopédicas e ainda existem os dependentes que também são atendidos pela rede de saúde do CBMDF.

**b) Prestação de serviços de avaliação biomecânica pelos fisioterapeutas do próprio CBMDF por meio da aquisição de equipamentos:** o equipamento adquirido fará parte do patrimônio do CBMDF, será um equipamento novo e confiável, além de gerar maior autonomia em sua utilização, sem depender de terceiros para que o equipamentos esteja disponível. Existem dois benefícios em ter o equipamento a disposição do CBMDF, o primeiro está relacionada ao custo somente na compra do equipamento, não gerando gastos futuros para a corporação com a realização de cada avaliação biomecânica. O segundo será a possibilidade em realizar prevenção de lesão em maior escala, visto que o equipamento poderá ser utilizado para avaliar gestos do bombeiro militar nos GBMs, CTO, CEFAP, ABMIL, CEFAP e grupos especializados pelos fisioterapeutas empenhados na função de prevenção de lesões.

Nessa modalidade, considerando a demanda de 8 avaliações por semana, com preço de mercado de R\$ 2.100,00 reais, seria evitado o gasto de R\$ 67.200,00 reais por mês e R\$ 806.400,00 reais por ano. Estes cálculos são estimativas, pois a demanda real pode ser ainda maior, visto que a maior causa de afastamentos dos militares da ativa são por causas ortopédicas e ainda existem os dependentes que também são atendidos pela rede de saúde do CBMDF.

O custo estimado para essa modalidade de compra, considerando o orçamento de mercado, foi de R\$ 279.352,50 reais (Anexo 3).

Outro fator que pode influenciar nessa modalidade são os afastamentos legais dos fisioterapeutas que podem impactar na oferta das avaliações.

**c) Prestação de serviços de avaliação biomecânica pelos fisioterapeutas do próprio CBMDF por meio do aluguel de equipamentos:** na modalidade de locação o corpo de bombeiros não terá custos com manutenção do equipamento e ainda assim terá o equipamento integralmente disponível para realização das avaliações biomecânicas, que é a principal demanda. Existem dois benefícios em ter o equipamento a disposição do CBMDF, o primeiro está relacionado a quantidade de avaliações realizadas, permitindo atender maior número de militares, não gerando gastos futuros para a corporação com a realização de cada avaliação biomecânica. O segundo será a possibilidade em realizar prevenção de lesão in loco, visto que o equipamento poderá ser utilizado para avaliar gestos do bombeiro militar nos GBMs, CTO, CEFAP, ABMIL, CEFAP e grupos especializados pelos fisioterapeutas empenhados na função de prevenção de lesões.

Nessa modalidade, considerando a demanda de 8 avaliações por semana, com preço de mercado de R\$ 2.100,00 reais, seria evitado o gasto de R\$ 67.200,00 reais por mês e R\$ 806.400,00 reais por ano. Além disso, o equipamento poderá ser utilizado para avaliações in loco nos GBMs, CTO, CEFAP, ABMIL, CEFAP e grupos especializados para traçar estratégias de prevenção de lesões ortopédicas. Os cálculos e valores supracitados são estimativas, pois a demanda real pode ser ainda maior, visto que a maior causa de afastamentos dos militares da ativa são por causas ortopédicas e ainda existem os dependentes que também são atendidos pela rede de saúde do CBMDF.

O custo estimado para locação do equipamento, considerando o orçamento de mercado, foi de R\$ 45.000,00 mil reais por dois anos, ou seja, para vinte e quatro meses (Anexo 4). Correspondente ao valor mensal de R\$ 1.875,00 reais.

Outro fator que pode influenciar nessa modalidade são os afastamentos legais dos fisioterapeutas que podem impactar na oferta das avaliações.

### 4. DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO COMO UM TODO

Considerando o exposto nos itens 1, 2 e 3, a locação do kit de equipamento para avaliação da biomecânica humana (central, captores, sensores e sistemas de avaliação, processamento e análise) para a FISIO/POMED - é um serviço que a médio e longo prazo, amplia possibilidades na performance física e operacional do bombeiro militar, e traz novos paradigmas tecnológicos para a corporação. Os novos equipamentos devem seguir as seguintes descrições:

EQUIPAMENTO	CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICAÇÕES
Central Inercial	Lista de Componentes	8 centrais inerciais; 01 base de carregamento com suporte para 8 sensores; 01 Fonte de alimentação + 01 Cabo de alimentação (carregador de bateria); 01 receptor de sinal Wireless; 01 Estojo para armazenamento e transporte; 01 Guia do usuário.
	Tensão de Alimentação	100 - 240 V~
	Tipo de Conexão	Wireless (Sem Fio), em tempo real
	Tipo de Sensor	Giroscópio, acelerômetro, magnetômetro.
	Dimensão de cada central inercial	4.45 cm Largura x 3.3 cm Profundidade x 1.22 cm Altura
	Frequência de coleta	Pelo menos 400 Hz
	Tempo útil de bateria	>6 horas
	Tempo de carregamento	<4 horas
Sistema para processamento e análise de dados	Peso	<20 gramas
	Lista de componentes	Licença Vitalícia 01 Fonte de alimentação + 01 Cabo de alimentação (carregador de bateria); 01 Guia do usuário;
	Sistema sincronizado e integrado	Visualização e feedback de dados em tempo real;
	Produção de relatório automatizado	Relatório com dados processados; Relatório com gráficos passíveis de interpretação clínica e entendimento do paciente após laudo do Fisioterapeuta;
Ferramentas de processamento de sinal	O sistema deve ser compatível com a utilização de outros filtros descritos na literatura para processamento dos sinais de movimento tridimensional ou eletromiografia.	

O processamento deve ser suficiente para utilização dos dados em pesquisa científica ou para interpretação clínica.
---

A empresa fornecedora deverá prestar o serviço de instalação do equipamento e treinamento acerca do manuseio para os militares que o utilizarão, deixando em perfeitas condições de uso, com garantia de 24 (vinte e quatro) meses, contados a partir da data de instalação do equipamento.

O prazo para a contratada realizar correções de eventuais vícios encontrados nos objetos locados no decorrer do prazo de garantia e entregá-lo com as correções ou substituições necessárias será de, no máximo, 30 (trinta) dias a contar da devolução do bem por parte do CBMDF à contratada.

#### 5. ESTIMATIVAS DAS QUANTIDADES, ACOMPANHADAS DAS MEMÓRIAS DE CÁLCULO E DOS DOCUMENTOS QUE LHE DÃO SUPORTE

Conforme detalhado no Item 1, a FÍSIO/POMED não dispõe de aparelhos para avaliação biomecânica, capazes de avaliar o gesto da atividade bombeiro militar, ligada a subida de escadas, resgate de vítimas, utilização de EPR e outros capazes de causar grandes demandas físicas.

Atualmente, 10 oficiais Fisioterapeutas estão em atendimento na FÍSIO/POMED e ainda há previsão de ingresso de mais 1 (um) Fisioterapeuta. Todos esses profissionais estão aptos a utilizar o equipamento foco deste ETP, que poderá ser utilizado tanto para o tratamento de disfunções já instaladas quanto para a prevenção de lesões musculoesqueléticas.

Devido à possibilidade de utilizar o equipamento de forma fracionada, como por exemplo a avaliação somente de membros superiores (8 sensores), somente de membros inferiores (8 sensores), somente de coluna (2 sensores), será suficiente a locação de 1 equipamento. Além disso, este equipamento poderá ser utilizado para direcionar intervenções preventivas em cursos de especialização e de formação, além das atividades operacionais.

LOCAL	EQUIPAMENTO
FÍSIO/POMED	8 Centrais inerciais para avaliação tridimensional do movimento humano; 1 Sistema de análise e processamento de sinais.

ITEM	ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS ACEITÁVEIS	PDS	UNIDADE DE FORNECIMENTO	QUANTIDADE	OBM CONTEMPLADA
1	<p>Kit composto por:</p> <p><b>Centrais inerciais Wireless com os seguintes requisitos:</b> 8 centrais inerciais; 01 base de carregamento com suporte para 8 sensores; 01 Fonte de alimentação + 01 Cabo de alimentação (carregador de bateria); 01 receptor de sinal Wireless; 01 Estojo para armazenamento e transporte; 01 Guia do usuário; Faixa de tensão de entrada: 100 - 240 V~; Tipo de Conexão: Wireless (Sem Fio), em tempo real; Tipo de Sensor: Giroscópio, acelerômetro, magnetômetro; Dimensões da central inercial: 4.45 cm de largura x 3.3 cm de profundidade x 1.22 cm de altura; Frequência de coleta de dados: Pelo menos 400 Hz; Tempo útil de bateria: Mais de 6 horas; Tempo de carregamento: Menos de 4 horas; Peso: Menos de 20 gramas;</p> <p><b>Sistema de análise e processamento de sinais com os seguintes requisitos:</b> Licença Vitalícia do Software; Fonte de alimentação + Cabo de alimentação (carregador de bateria); Guia do usuário; Sistema sincronizado e integrado; Visualização e feedback de dados em tempo real; Produção de relatório automatizado; Relatório com dados processados; Relatório com gráficos passíveis de interpretação clínica e entendimento do paciente após laudo do Fisioterapeuta; Ferramentas de processamento de sinal; Compatibilidade com a utilização de outros filtros descritos na literatura para processamento dos sinais de movimento tridimensional ou eletromiografia; Processamento suficiente para utilização dos dados em pesquisa científica ou para interpretação clínica.</p>	<p>Kit composto por:</p> <p><b>Centrais inerciais Wireless com os seguintes requisitos:</b> 8 centrais inerciais; 01 base de carregamento com suporte para 8 sensores; 01 Fonte de alimentação + 01 Cabo de alimentação (carregador de bateria); 01 receptor de sinal Wireless; 01 Estojo para armazenamento e transporte; 01 Guia do usuário; Faixa de tensão de entrada: 100 - 240 V~; Tipo de Conexão: Wireless (Sem Fio), em tempo real; Tipo de Sensor: Giroscópio, acelerômetro, magnetômetro; Dimensões da central inercial: 4.45 cm de largura x 3.3 cm de profundidade x 1.22 cm de altura; Frequência de coleta de dados: Pelo menos 400 Hz; Tempo útil de bateria: Mais de 6 horas; Tempo de carregamento: Menos de 4 horas; Peso: Menos de 20 gramas;</p> <p><b>Sistema de análise e processamento de sinais com os seguintes requisitos:</b> Licença Vitalícia do Software; Fonte de alimentação + Cabo de alimentação (carregador de bateria); Guia do usuário; Sistema sincronizado e integrado; Visualização e feedback de dados em tempo real; Produção de relatório automatizado; Relatório com dados processados; Relatório com gráficos passíveis de interpretação clínica e entendimento do paciente após laudo do Fisioterapeuta; Ferramentas de processamento de sinal; Compatibilidade com a utilização de outros filtros descritos na literatura para processamento dos sinais de movimento tridimensional ou eletromiografia; Processamento suficiente para utilização dos dados em pesquisa científica ou para interpretação clínica.</p>	KIT	1	POMED/FISIOTERAPIA

#### 6. ESTIMATIVA DO VALOR DA CONTRATAÇÃO

De acordo com o Decreto Nº 39.453, de 14 de novembro de 2018, a pesquisa de preços deve ser realizada mediante a utilização dos seguintes parâmetros: relatório de pesquisa de preços de produtos com base nas informações da Nota Fiscal eletrônica - NFe; preços públicos referentes a aquisições ou contratações similares realizadas pelo Distrito Federal e demais entes públicos; pesquisa junto a fornecedores; pesquisa publicada em mídias ou sites especializados ou de domínio amplo.

ITEM	OBJETO	UNIDADE DE FORNECIMENTO	QUANTIDADE	PREÇO ESTIMADO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL ESTIMADO
1	KIT COMPOSTO POR: 8 CENTRAIS INERCAIS E SISTEMA PARA ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE DADOS	KIT	1	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00
<b>TOTAL ESTIMADO</b>					<b>R\$ 45.000,00</b>

De acordo com a pesquisa feita constante na Planilha Orçamentária, a estimativa do valor total da locação do equipamento é de R\$ 45.000,00 (quarenta e cinco mil reais), valor referente ao contrato de 2 (dois) anos..

#### 7. JUSTIFICATIVAS PARA O PARCELAMENTO OU NÃO DA SOLUÇÃO

Pelas características do equipamento a ser alugado e a vida útil média não se aplica o parcelamento da entrega do material, tendo em vista não haver previsão de nova compra desse item nem no ano vigente e nem pelos próximos anos.

#### 8. CONTRATAÇÕES CORRELATAS E/OU INTERDEPENDENTES

Não é conveniente a aquisição para atendimento a mais de um órgão ou entidade de governo dado o caráter personalístico do objeto, voltado a atender uma necessidade pontualmente vivida pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Dessa maneira, não há previsão de contratações correlatas, nem subcontratações.

Não foi encontrado dentro do CBMDF contratação correlata aos itens especificados com interesse de aquisição neste ETP.

9. **ALINHAMENTO ENTRE A CONTRATAÇÃO E O PLANEJAMENTO DO ÓRGÃO OU ENTIDADE**

Alinhamento com a missão e valores da POMED:

A missão da POMED é ofertar atendimento aos usuários do sistema de saúde do CBMDF com excelência no nível de atenção básica, através de seus valores de responsabilidade socioambiental, atendimento humanizado, respeito à vida e ética.

Alinhamento do planejamento estratégico com a contratação:

O Plano Estratégico – PLANES do CBMDF 2017 a 2024, está alinhado à contratação em seu Objetivo Estratégico 6 - "Garantir a infraestrutura apropriada às atividades operacionais e administrativas.", e no Objetivo Estratégico 9 - "Valorizar o profissional bombeiro militar".

Tendo como Iniciativa Estratégica: "Prover as OBM de infraestrutura necessária ao desempenho de suas atividades." e "Por meio da identificação, mapeamento, melhoramento dos processos envolvidos nos atendimentos do sistema de saúde estabelecendo o foco no atendimento célere e de qualidade ao Bombeiro-Militar e seus dependentes."

Com isso o PLANES vigente deixa evidente a necessidade e intenção do CBMDF em adquirir impressos médico-hospitalar para melhor comunicação paciente/profissional.

Alinhamento do planejamento financeiro com a contratação:

A contratação está prevista no Plano de Aplicação de Recursos Financeiros para o exercício de 2024 (PARF 2024) sob a natureza de despesa **33.90.39.50 (Serviços médicos-hospitalares, odontológicos e laboratoriais)** conforme se fez público no Anexo 1 do Suplemento ao BG 224 de 5 de dezembro de 2023, que o aprovou.

**Tipo de Despesa:** Contratação de serviço

**Órgão Setorial:** POMED

10. **DEMONSTRATIVO DOS RESULTADOS PRETENDIDOS**

A POMED recebe pacientes acometidos de várias patologias. Dessa maneira, busca-se com a aquisição prover o profissional de saúde de materiais básicos para o atendimento, para que a família bombeiro militar receba na POMED um tratamento de qualidade, seguindo os requisitos técnicos. É inegável a importância desse cuidado para o alcance da qualidade de vida.

No âmbito da sustentabilidade sabe-se que ela vai além do ambiental, e envolve 3 esferas: a econômica, a social e a ambiental.

Do ponto de vista econômico, prevenir e tratar as doenças no âmbito do CBMDF, diminui os gastos com ressarcimento em saúde.

Do ponto de vista social, promover prevenção e tratamento tem influência direta na integralidade da saúde e na qualidade de vida das pessoas.

Do ponto de vista ambiental, sustentabilidade é o ato de suprir as necessidades do presente, sem afetar as gerações futuras. No consultório fisioterápico, a prática da sustentabilidade está voltada para o desenvolvimento de atendimentos e procedimentos que não agredam a natureza e o meio ambiente, além de evitar desperdícios. Dessa maneira, busca-se a aquisição de materiais que alinhem a qualidade a práticas sustentáveis. Com o uso de materiais de boa qualidade evita-se o desperdício em decorrência da má qualidade, gerando-se menos lixo para ser descartado. Aliado a isso dá-se preferência para a aquisição de materiais que utilizem embalagens recicláveis ou biodegradáveis.

11. **PROVIDÊNCIAS A SEREM TOMADAS PREVIAMENTE AO CONTRATO**

A POMED nomeará comissão executora para receber os equipamentos, executar e fiscalizar o cumprimento do contrato.

A Seção de Fisioterapia da POMED possui sala destinada a avaliação biomecânica dos pacientes, local este com estrutura para receber as centrais inerciais e demais apêndices do equipamento. Dessa forma, não seriam necessárias alterações físicas nas instalações da seção.

Há, na Seção de Fisioterapia, profissionais fisioterapeutas com conhecimento em biomecânica, fisiologia, cinemática, entre outros e que, mediante treinamento específico acerca do equipamento, estarão capacitados a manuseá-lo, bem como interpretar e utilizar os dados obtidos pelas centrais inerciais.

12. **POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS E TRATAMENTO**

**Do uso de critérios de sustentabilidade ambiental:**

Em atenção à Lei nº 4.770/2012 serão exigidos neste certame a aplicação de critérios de sustentabilidade ambiental. As empresas licitantes interessadas neste certame deverão se atentar quanto às obrigações estabelecidas abaixo.

Em relação ao FABRICANTE, ao PRODUTOR ou ao FORNECEDOR, conforme art. 1º, inc. I, da Lei nº 4.770/2012; a contratada deverá aplicar como critérios de sustentabilidade ambiental para a execução do contrato:

- A adoção de processos de extração, fabricação e utilização de produtos e matérias-primas de forma ambientalmente sustentável;
- A deposição e o tratamento adequados de dejetos e resíduos da indústria, comércio ou construção civil, bem como da água utilizada;
- A utilização de matéria-prima renovável, reciclável, biodegradável e atóxica;
- A utilização de tecnologia e material que reduzam o impacto ambiental;
- A logística reversa.

Em relação ao FORNECEDOR, conforme art. 2º, inc. I, da Lei nº 4.770/2012; a contratada deverá aplicar como critérios de sustentabilidade ambiental para a execução do contrato:

- A recepção de bens, embalagens, recipientes ou equipamentos inservíveis e não reaproveitáveis por essa Administração pública;
- A comprovação de que adota práticas de desfazimento sustentável, reciclagem dos bens inservíveis e processos de reutilização.

Conforme art. 7º, incs. I a VIII, da Lei nº 4.770/2012; a contratada deverá fornecer bens que, no todo ou em parte:

- Sejam constituídos por material reciclado, atóxico e biodegradável, na forma das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT;
- Ofereçam menor impacto ambiental em relação aos seus similares;
- Não contenham substâncias perigosas acima dos padrões tecnicamente recomendados por organismos nacionais ou internacionais;
- Estejam acondicionados em embalagem adequada, feita com a utilização de material reciclável, com o menor volume possível;
- Funcionem com baixo consumo de energia ou de água;
- Sejam potencialmente menos agressivos ao meio ambiente ou que, em sua produção, signifiquem economia no consumo de recursos naturais;
- Possuam certificado emitido pelos órgãos ambientais;
- Possuam certificação de procedência de produtos.

As empresas com 100 (cem) ou mais funcionários deverão apresentar declaração comprovando estarem em conformidade com a Lei de Cotas (Lei nº 8.213/1991), segundo a qual, deverão destinar de 2% a 5% das vagas de emprego para pessoas com deficiência, ou usuários reabilitados da Previdência Social.

O descarte do referido material ocorrerá, no que for possível, em consonância às normas vigentes já praticadas no CBMDF.

Seguindo as medidas de uso racional dos recursos como indicador ambiental de redução de produção de resíduo sólido, o descarregamento do material seguirá etapas com o objetivo de reintroduzi-los na cadeia produtiva a fim de que ainda gerem valor e sejam reutilizados, reduzindo-se a produção de lixo, aumentando a preservação dos recursos naturais e melhorando a qualidade de vida das pessoas. Medida esta considerada uma das alternativas mais eficientes para se tratar os resíduos sólidos, tanto do ponto de vista ambiental quanto social.

13. **DECLARAÇÃO DA VIABILIDADE OU NÃO DA CONTRATAÇÃO**

(X) Esta equipe de planejamento declara viável esta contratação com base neste Estudo Técnico Preliminar consoante o inciso XIII, art. 9º, IN 58, de 8 de agosto de 2022 da SEGES/ME.

( ) Esta equipe de planejamento declara inviável esta contratação com base neste Estudo Técnico Preliminar consoante o inciso XIII, art. 9º, IN 58, de 8 de agosto de 2022 da SEGES/ME.

CAD./2 THIAGO PEIXOTO DE FRANÇA LIMA

Matrícula: 1102809

**MAIKON GLEIBYSON RODRIGUES DOS SANTOS** - Ten. QOBM/Compl.

Matrícula: 3002939

FISIO/POMED - Seção de Fisioterapia da POMED



Documento assinado eletronicamente por **MAIKON GLEIBYSON RODRIGUES DOS SANTOS** - 1º Ten. QOBM/Compl. - Matr.03002939, Bombeiro(a) Militar, em 14/03/2024, às 15:47, conforme art. 6º do Decreto nº 36.756, de 16 de setembro de 2015, publicado no Diário Oficial do Distrito Federal nº 180, quinta-feira, 17 de setembro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **THIAGO PEIXOTO DE FRANÇA LIMA** - Cad. - Matr.01102809, Bombeiro(a) Militar, em 14/03/2024, às 15:48, conforme art. 6º do Decreto nº 36.756, de 16 de setembro de 2015, publicado no Diário Oficial do Distrito Federal nº 180, quinta-feira, 17 de setembro de 2015.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site:  
[http://sei.df.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.df.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)  
verificador= 135948119 código CRC= D1C8ADAF.

"Brasília - Patrimônio Cultural da Humanidade"  
SAIS, ÁREA ESPECIAL 3, BLOCO A - CEP 71000-000 -  
Telefone(s): 39017917  
Site - [www.cbm.df.gov.br](http://www.cbm.df.gov.br)

00053-00052349/2024-41

Doc. SEI/GDF 135948119