

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR
ACADEMIA BOMBEIRO MILITAR**

JONATAS RIBEIRO SENNA PIRES

**UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO DE UNIFORMES
OPERACIONAIS: UM ESTUDO APLICADO À BUSCA TERRESTRE**

FLORIANÓPOLIS

2025

Jonatas Ribeiro Senna Pires

**Uma Abordagem Experimental para Avaliação de Uniformes Operacionais: Um
Estudo Aplicado à Busca Terrestre**

Projeto de Pesquisa apresentado para elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso em cumprimento parcial às exigências do Curso de Formação de Oficiais, do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Linha de Pesquisa: Tecnologia na Atividade BM: estuda a direção, o preparo e uso de tecnologias, equipamentos e materiais

Orientador(a): Renan César Vinotti Ceccato – Major BM.

Florianópolis

Abril 2025

Pires, Jonatas Ribeiro Senna

Uma Abordagem Experimental para Avaliação de Uniformes Operacionais: Um Estudo Aplicado à Busca Terrestre/ Jonatas Ribeiro Senna Pires. – Florianópolis: CEBM, 2025.

63p.

Monografia (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Centro de Ensino Bombeiro Militar, Curso de Formação de Oficiais, 2025.

Orientador(a): Major BM Renan César Vinotti Ceccato

1. Fardamento Operacional 2. Busca Terrestre 3. EPI 4. Mobilidade I. Ceccato, Renan César Vinotti. II. Título

JONATAS RIBEIRO SENNA PIRES

**UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO DE UNIFORMES
OPERACIONAIS: UM ESTUDO APLICADO À BUSCA TERRESTRE**

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Banca Examinadora:

Orientador(a):

Renan César Vinotti Ceccato
Major BM
CBMSC

Membros:

Wagner Alberto de Moraes
Capitão
CBMSC

Alan Delei Cielusinsky
Major
CBMSC

Florianópolis, 30 de Abril de 2025

Dedico este trabalho a todos os bombeiros militares do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, que diariamente enfrentam os mais diversos desafios em prol da segurança da sociedade, muitas vezes em condições adversas e exigentes. Que este estudo possa contribuir, ainda que modestamente, para o desenvolvimento de equipamentos mais funcionais e compatíveis com a dificuldade das atividades que desempenham.

Dedico, também, à toda minha família, destacando meu avô José, que mesmo com a distância física e os limites da idade, nunca deixou de me acompanhar com orgulho e afeto durante toda a minha trajetória no Curso de Formação de Oficiais.

AGRADECIMENTOS

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso não teria sido possível sem o apoio e a colaboração de diversas pessoas, às quais registro meus sinceros agradecimentos.

Ao Coronel BM Diogo Bahia Losso, pela gentileza e disponibilidade, contribuindo de forma inestimável para o resgate histórico e institucional do fardamento 5ºA no CBMSC. Suas palavras e relatos trouxeram profundidade e autenticidade à pesquisa.

Ao Major BM Renan César Vinotti Ceccato, orientador deste trabalho, pela excelência na condução da orientação, pela confiança depositada, pela clareza técnica e pelo incentivo contínuo durante todas as etapas deste estudo.

À Major BM Natália Cauduro, pela valiosa colaboração na etapa de coleta de dados, seu apoio técnico colaborou sobremaneira ao desenvolvimento deste projeto.

Aos meus colegas de turma, os cadetes Régis, Schio, Schlegel, João Pedro, Maurício, Fuck, Medeiros e Teixeira, que aceitaram participar ativamente da fase experimental do trabalho. Sua dedicação e seriedade durante os testes foram fundamentais para a obtenção dos dados e para o êxito desta pesquisa.

Por fim, à minha noiva Amanda, por todo o carinho, compreensão e apoio durante esse processo. Obrigado por compreender minhas ausências, por me incentivar nos momentos de dificuldade e por estar ao meu lado, mesmo quando o cansaço parecia maior que a vontade. Seu apoio foi um alicerce essencial para que eu pudesse concluir mais esta etapa.

A todos, minha mais profunda gratidão.

"Quando você pensa na parte, deve ao mesmo tempo pensar no todo."
(Carl Von Clausewitz)

RESUMO

A atividade de busca terrestre conduzida pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) impõe desafios operacionais que demandam um fardamento compatível com condições ambientais adversas, longos períodos de atuação e exigência de mobilidade funcional. Este trabalho teve como objetivo comparar três uniformes aplicáveis à atividade: o fardamento 5ºA, o EPI MultiMissão e o EPI MultiMissão Leve. A metodologia adotada incluiu a aplicação do protocolo Functional Movement Screen (FMS), a coleta de dados de temperatura com sensores validados e uma avaliação subjetiva dos participantes. Os resultados revelaram diferenças significativas entre os fardamentos quanto à restrição de movimentos e ao conforto térmico, evidenciando os pontos fortes e fracos de cada um deles. Embora o EPI MultiMissão Leve tenha apresentado avanços em aspectos específicos, considerando os critérios para padronização na comparação entre os EPIs, o fardamento 5ºA foi classificado como o mais adequado para a atividade. Levando-se em conta futuras alterações no fardamento operacional, recomenda-se a execução da metodologia com os protótipos. Além disso, a análise integrada dos dados evidencia a necessidade de ajustes técnicos e desenvolvimento contínuo dos Equipamentos de Proteção Individual, visando atender às demandas particulares da área de Busca Terrestre e demais áreas.

Palavras-chave: Fardamento Operacional. Busca Terrestre. EPI. Mobilidade.

ABSTRACT

The terrestrial search activity conducted by the Military Fire Department of Santa Catarina (CBMSC) presents operational challenges that require uniforms compatible with adverse environmental conditions, extended periods of deployment, and high demands for functional mobility. This study aimed to compare three uniforms applicable to the activity: the standart operational uniform, the MultiMission PPE (Personal Protective Equipment), and the Lightweight MultiMission PPE. The adopted methodology included the application of the Functional Movement Screen (FMS) protocol, temperature data collection using validated sensors, and a subjective evaluation by the participants. The results revealed significant differences among the uniforms in terms of movement restriction and thermal comfort, highlighting the strengths and weaknesses of each. Although the Lightweight MultiMission PPE demonstrated advancements in specific aspects, considering the standardization criteria for PPE comparison, the standart operational uniform was classified as the most suitable for the activity. In light of potential future changes to the operational uniform, it is recommended that this methodology be applied to prototype evaluations. Moreover, the integrated analysis of the data emphasizes the need for technical adjustments and the continuous development of Personal Protective Equipment to meet the specific demands of terrestrial search operations and related fields.

Keywords: Operational Uniform. Terrestrial Search. PPE. Mobility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama de montagem dos dispositivos sensitivos	26
Figura 2 – Diagrama simplificado da arquitetura do sistema de coleta de dados de temperatura	27
Figura 3 – Montagem do experimento em laboratório	28
Figura 4 – Comparação entre os valores obtidos pelos dispositivos construídos e sensores de referência	29
Figura 5 – Histogramas de distribuição de erros	31
Figura 6 – Gráfico da variação de temperatura por tempo do fardamento 5ºA . .	40
Figura 7 – Gráfico da variação de temperatura por tempo do fardamento MM .	41
Figura 8 – Gráfico da variação de temperatura por tempo do fardamento MML .	42
Figura 9 – Gráfico da variação média de temperatura por tempo	43
Figura 10 – Pontos de desconforto indicados por fardamento	46
Figura 11 – Nuvem de palavras com as palavras-chave da descrição de desconforto indicados por fardamento	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados do Teste de Friedman para os Movimentos do FMS . . .	37
Tabela 2 – Resultados do Teste de Wilcoxon para Comparação entre Fardamentos	38
Tabela 3 – Valores máximos e mínimos de variação da temperatura para o fardamento 5ºA	40
Tabela 4 – Taxa de variação da média de temperatura para o fardamento 5ºA . .	40
Tabela 5 – Valores máximos e mínimos de variação da temperatura para o fardamento MM	41
Tabela 6 – Taxa de variação da média de temperatura para o fardamento MM . .	41
Tabela 7 – Valores máximos e mínimos de variação da temperatura para o fardamento MML	42
Tabela 8 – Taxa de variação da média de temperatura para o fardamento MML .	42
Tabela 9 – Variação Máxima da Média de Temperatura Normalizada por Fardamento	43
Tabela 10 – Análise Quantitativa do Grau de Incômodo por Fardamento	45
Tabela 11 – Pontuação geral dos fardamentos	48
Tabela 12 – Dados FMS Linha de Base	60
Tabela 13 – Dados FMS 5ºA	61
Tabela 14 – Dados FMS MultiMissão	62
Tabela 15 – Dados FMS MultiMissão Leve	63

LISTA DE ABREVIATURAS

BTR Busca Terrestre.

CBMSC Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

CV Coeficiente de Variação.

DS Dispositivo Sensitivo.

EFM Educação Física Militar.

EPI Equipamento de Proteção Individual.

FMS *Functional Movement Screen*.

IoT Internet das Coisas.

MAE *Mean Absolute Error*.

MAPE *Mean Absolute Percentage Error*.

MM MultiMissão.

MML MultiMissão Leve.

MQTT *Message Queuing Telemetry Transport*.

PMSC Polícia Militar de Santa Catarina.

RVE Resgate Veicular.

SUMÁRIO

1	Introdução	15
1.1	Problema	15
1.2	Objetivos	16
1.2.1	Objetivo Geral	16
1.2.2	Objetivos Específicos	16
1.3	Justificativa	17
2	Metodologia	17
2.1	Pilar 1: Avaliação da Mobilidade Funcional	18
2.2	Pilar 2: Análise do Comportamento Térmico	18
2.3	Pilar 3: Percepção Subjetiva	18
2.4	Integração dos Dados	19
3	Fardamentos Operacionais	19
3.1	Fardamento 5º A	19
3.1.1	O Desenvolvimento do Fardamento 5ºA	19
3.1.2	Evolução do Fardamento	19
3.1.3	Impacto e Desafios	20
3.2	EPI MultiMissão	20
3.2.1	Características Técnicas	21
3.2.2	Desenvolvimento e Implantação	21
3.3	EPI MultiMissão Leve	22
3.3.1	Desenvolvimento e Características do EPI Multimissão Leve	22
3.3.2	Avaliação Técnica	23
3.3.3	Considerações	23
4	<i>Functional Movement Screen</i>	23
4.1	Relevância do FMS em Populações Táticas	24
4.2	Limitações	25
5	Sistema para Captura do Comportamento Térmico	25
5.1	Arquitetura do Sistema	25
5.1.1	Internet das Coisas	25
5.1.2	Dispositivo Sensitivo	26
5.2	Sistema para Coleta de Dados	27
5.3	Validação dos Dispositivos Sensitivos	28
5.3.1	Análises Quantitativas	29
5.3.2	Conclusões da Validação dos Dispositivos Sensitivos	31
6	Formulário de Percepção Subjetiva	31

6.1	Estrutura do Formulário	31
7	Coleta de Dados	32
7.1	Determinação do Número de Sujeitos	32
7.2	Adaptações Realizadas	32
7.2.1	Comparação com Estudos Anteriores	33
7.3	<i>Functional Movement Screen</i>	34
7.3.1	Instrumentação	34
7.3.2	Procedimento Experimental	34
7.4	Comportamento Térmico	34
7.4.1	Ambiente e Equipamentos Utilizados	35
7.4.2	Protocolo Experimental	35
7.5	Formulário de Percepção Subjetiva	36
8	Análise de Resultados	36
8.1	<i>Functional Movement Screen</i>	36
8.1.1	Teste de Friedman	36
8.1.2	Teste de Wilcoxon para Comparações Pareadas	37
8.1.3	Resumo	38
8.2	Comportamento Térmico	39
8.2.1	Análise Gráfica	39
8.2.1.1	Fardamento 5ºA	40
8.2.1.2	Fardamento MultiMissão	40
8.2.1.3	Fardamento MultiMissão Leve	41
8.2.2	Comparação Entre Fardamentos	42
8.2.3	Resumo	44
8.3	Formulário de Percepção Subjetiva	45
8.3.1	Análise Quantitativa:	45
8.3.2	Análise Qualitativa:	45
8.3.3	Resumo	46
9	Conclusão	47
9.1	Classificação dos Fardamentos	47
9.1.1	<i>Functional Movement Screen</i>	47
9.1.2	Comportamento Térmico	47
9.1.3	Percepção Subjetiva	48
9.2	Considerações Finais	49
9.2.1	O EPI MultiMissão Leve	49
9.2.2	Escolha dos Participantes	49
9.2.3	Alterações nos fardamentos	49
9.3	Trabalhos Futuros	50

APÊNDICES	53
A O Fardamento 5ºA e Sua Influência no CBMSC	54
B Formulário de Percepção Subjetiva	58
B.1 Introdução	58
B.2 Questionário de Avaliação	58
B.2.1 Nome do Avaliado	58
B.2.2 Uniforme Avaliado	58
B.2.3 Impacto do Uniforme nos Movimentos	58
B.2.4 Pontos de Desconforto	58
B.2.5 Descrição do Desconforto	59
B.3 Considerações Finais	59
C Resultado do FMS	60

1 Introdução

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) atua em uma ampla gama de cenários, desde ambientes urbanos até regiões remotas e de difícil acesso, o que exige que seus bombeiros portem equipamentos compatíveis com as demandas e riscos operacionais de cada missão. Nesse contexto, o fardamento operacional deixa de ser apenas um elemento de identidade institucional, passando a representar um componente estratégico para a segurança, o conforto e o desempenho dos militares em serviço.

Dada a importância do fardamento como elemento operacional, torna-se imprescindível o desenvolvimento e utilização de metodologias objetivas para sua avaliação técnica. Para que as decisões sobre esse tipo de equipamento sejam mais tecnicamente fundamentadas e alinhadas às especificidades de cada atividade, é necessário que as metodologias adotadas permitam mensurar, comparar e validar as diferentes opções disponíveis, considerando as particularidades das diversas áreas de atuação da corporação e promovendo maior transparência e coerência nas escolhas institucionais voltadas à padronização dos equipamentos operacionais.

1.1 PROBLEMA

A atividade de busca terrestre impõe desafios operacionais singulares aos bombeiros militares, especialmente em contextos que envolvem terrenos acidentados, vegetação densa, condições climáticas adversas e longos períodos de atuação, demandando um fardamento que ofereça, além de resistência mecânica, conforto térmico e mobilidade. A escolha do uniforme adequado para essa atividade é crucial para garantir a eficiência da busca e a segurança dos bombeiros envolvidos.

O CBMSC dispõe de diferentes tipos de uniformes operacionais, cada um com características específicas para atender às demandas de diferentes atividades. Entre os uniformes utilizados na atividade de Busca Terrestre (BTR), destacam-se o 5ºA e o Multimissão. O 5ºA é o fardamento padrão utilizado pelo CBMSC nas atividades cotidianas, como atendimento de ocorrências, treinamentos e serviços administrativos. É composto por gandola e calça de *terbrim* com *ripstop*, um tecido mais leve e resistente, e camiseta de algodão, proporcionando praticidade para o uso diário.

O EPI MultiMissão foi desenvolvido para atender às necessidades de bombeiros que atuam em diferentes áreas e institucionalizado na corporação em 2023 para as áreas de resgate veicular, combate a incêndio florestal, salvamento em altura, corte de árvores, deslizamentos, busca e resgate em estruturas colapsadas, busca

terrestre, cinotecnia e atendimento pré-hospitalar (CBMSC, 2023b).

É necessário ressaltar que a escolha do fardamento mais adequado para as atividades desempenhadas pelo CBMSC é muitas vezes baseada em testes sem padronização e não replicáveis, sem necessariamente se basear em critérios comparativos sistematizados e validados.

Nesse contexto nota-se a ausência de uma metodologia padronizada, quantitativa e multifatorial que permita a avaliação objetiva e replicável de uniformes operacionais. Essa lacuna metodológica pode afetar a padronização de práticas institucionais, a segurança dos bombeiros e a eficiência das operações em ambientes hostis. Diante disso, este trabalho propõe uma metodologia estruturada, que combina a análise funcional (por meio do *Functional Movement Screen* (FMS)), desempenho térmico (via sensores desenvolvidos) e a percepção subjetiva dos usuários, visando fornecer subsídios técnicos para a escolha de fardamentos e equipamentos de proteção individual com base em evidências.

Considerando o contexto operacional específico da Busca Terrestre, este trabalho propõe uma metodologia para análise e comparação de uniformes e equipamentos de proteção individuais aplicáveis à atividade, sendo objetos o uniforme 5ºA, o Multimissão e uma proposta de EPI Leve, a fim de se verificar com tal pesquisa, **qual uniforme oferece o melhor desempenho em termos de conforto térmico e mobilidade para a atividade de Busca Terrestre?**

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

- Comparar, por meio da metodologia proposta, os uniformes operacionais aplicáveis à atividade de Busca Terrestre.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar o protocolo *Functional Movement Screen* (FMS) para avaliar a mobilidade funcional dos uniformes operacionais utilizados na área de Busca Terrestre;
- Monitorar o comportamento térmico dos uniformes em pontos estratégicos durante a execução de atividades físicas, por meio de sensores desenvolvidos;
- Analisar a percepção subjetiva dos usuários quanto ao conforto e restrição de movimento por meio de questionários estruturados;

- Comparar os resultados obtidos entre os uniformes 5ºA, Multimissão e EPI Leve, a fim de identificar a opção mais adequada à atividade de Busca Terrestre.

1.3 JUSTIFICATIVA

A atividade de busca terrestre apresenta peculiaridades que exigem uma análise detalhada dos fardamentos utilizados. Terrenos acidentados, vegetação densa, condições climáticas adversas e longas jornadas demandam uniformes que conciliem resistência, mobilidade e conforto térmico.

Considerando a diversidade de riscos presentes em uma operação de busca, o fardamento operacional é um componente estratégico para a segurança e eficiência dos bombeiros, influenciando diretamente sua capacidade de atuação em situações adversas.

Atualmente, os uniformes 5ºA e MultiMissão, amplamente utilizados pelo CBMSC, possuem características idealizadas para diferentes contextos, entretanto, Apesar de seus atributos permitirem a aplicação em diferentes áreas, ainda não existem critérios objetivos que orientem sua adoção em atividades específicas. A atribuição dos uniformes às funções operacionais permanece, portanto, baseada em critérios subjetivos.

Diante desse cenário, este estudo propõe o desenvolvimento de uma metodologia objetiva e estruturada para avaliação de fardamentos operacionais no âmbito do CBMSC. A abordagem integra critérios funcionais, térmicos e perceptivos de forma sistematizada, oferecendo subsídios técnicos para a comparação entre diferentes modelos de uniformes. A atividade de Busca Terrestre foi escolhida como cenário de aplicação por representar um contexto operacional exigente, ideal para validar a efetividade da metodologia proposta. Ao alinhar rigor técnico com demandas práticas da corporação, o estudo propõe uma base metodológica para avaliação de fardamentos. Trata-se de uma iniciativa voltada à aumentar a transparência, replicabilidade e fundamentação técnica do processo de decisão sobre uniformes.

2 Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho fundamenta-se em três pilares principais: mobilidade funcional, comportamento térmico e percepção subjetiva. Essa estrutura foi inspirada no estudo conduzido por Orr et al. (2019), que avaliou o impacto do vestuário na mobilidade de bombeiros. Neste trabalho, a metodologia foi expandida para incluir a análise do comportamento térmico dos fardamentos, dada sua relevância

operacional na realidade do CBMSC. De forma resumida, os pilares são explicados a seguir:

2.1 PILAR 1: AVALIAÇÃO DA MOBILIDADE FUNCIONAL

Para a avaliação da mobilidade funcional foi utilizado o protocolo *Functional Movement Screen* (FMS). Este protocolo avalia sete padrões fundamentais de movimento: agachamento profundo, passo em barreira, avanço em linha, mobilidade de ombro, elevação ativa de perna, flexão com estabilidade de tronco e estabilidade rotacional.

Cada participante executou os testes com os três fardamentos analisados, permitindo comparações diretas entre os efeitos de cada vestimenta. A pontuação de cada movimento seguiu a escala proposta por Cook, Burton e Hoogenboom (2006), variando de 0 a 3, onde 0 indica dor ou incapacidade total de realizar o movimento e 3 representa execução perfeita sem compensações. A pontuação total varia de 0 a 21 pontos.

2.2 PILAR 2: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO

Para analisar o comportamento térmico dos fardamentos foi desenvolvido um sistema de coleta de dados composto por sensores de temperatura distribuídos em pontos estratégicos do corpo. O sistema foi previamente validado em ambiente laboratorial.

Durante o experimento, os sensores registraram continuamente a temperatura da superfície interna do uniforme enquanto os participantes realizavam atividades físicas padronizadas. As variáveis analisadas incluíram a temperatura média, os valores máximos e mínimos e a taxa de variação ao longo do tempo.

2.3 PILAR 3: PERCEPÇÃO SUBJETIVA

O terceiro pilar metodológico consistiu na aplicação de um formulário estruturado que avaliou a percepção subjetiva dos participantes após o uso de cada fardamento. O instrumento investigou o grau de desconforto percebido, os locais anatômicos onde ele ocorreu e o tipo de sensação experimentada.

A escala utilizada variou de 1 a 5, sendo 1 equivalente a nenhum incômodo e 5 equivalente a máximo incômodo percebido. As respostas foram categorizadas e analisadas para identificar padrões de desconforto associados a cada tipo de uniforme.

2.4 INTEGRAÇÃO DOS DADOS

Os dados obtidos nos três pilares foram analisados de forma integrada. A triangulação metodológica permite comparar os fardamentos com base nas evidências coletadas, fornecendo subsídios para recomendar aquele que oferece melhor desempenho geral, e no caso avaliado neste trabalho, para a atividade de busca terrestre.

3 Fardamentos Operacionais

3.1 FARDAMENTO 5º A

O fardamento utilizado por uma corporação militar tem papel fundamental na sua identidade visual, padronização e adequação às atividades operacionais. No Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), a implementação do fardamento 5ºA representou um marco na emancipação do corpo de bombeiros em relação à Polícia Militar de Santa Catarina (PMSC), consolidando uma identidade própria em seu serviço à população catarinense.

3.1.1 O DESENVOLVIMENTO DO FARDAMENTO 5ºA

Segundo a entrevista realizada com o Coronel BM Diogo Bahia Losso (Apêndice A), após a emancipação do CBMSC em 2003, surgiu a necessidade da criação de um uniforme que representasse a nova identidade institucional. Até a emancipação, os bombeiros utilizavam o mesmo fardamento dos policiais militares, na cor cáqui, diferenciando-se apenas pela cor da camiseta e do cinto (vermelhos) e pelo calçado utilizado, o borzeguim. A utilização da cor cáqui poderia comprometer a segurança dos bombeiros militares em operações em locais de alto risco.

Para definir o novo fardamento, uma comissão foi estabelecida com o objetivo de criar um design exclusivo. A comissão, formada pelos coronéis Diogo Bahia Losso, Alexandre Corrêa Dutra e Marcos de Oliveira, enfrentou diversos desafios, entre eles destacam-se a escolha da cor e a seleção do tecido ideal para as atividades desenvolvidas pelo CBMSC.

[Adicionar Foto do 5ºA]

3.1.2 EVOLUÇÃO DO FARDAMENTO

O uniforme operacional, em sua versão inicial, manteve o padrão tradicional adotado pela Polícia Militar, se diferenciando pela cor escolhida, o *azul bandeirante*. No entanto, rapidamente se identificou a necessidade de adaptações para aprimorar

sua resistência e funcionalidade. Inicialmente confeccionado em brim 100% algodão, o fardamento apresentou um desbotamento precoce que comprometia sua aparência e padronização.

Para solucionar essa questão, foi introduzido o tecido *terbrim*, composto por 67% poliéster e 33% algodão, com tecnologia *ripstop*, proporcionando maior resistência ao desgaste e durabilidade. Essa mudança exigiu um incentivo maior na utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI), visto que o novo tecido sintético apresentava riscos em situações de exposição ao calor intenso.

Além das mudanças nos materiais, o design do uniforme também evoluiu. O bolso faca foi removido, bolsos laterais foram adicionados, reforços em áreas estratégicas foram incorporados e foram utilizadas técnicas com o tecido para aumentar a mobilidade dos militares. A gandola, que inicialmente era utilizada por dentro da calça, passou a ser usada por fora, garantindo maior praticidade no serviço operacional e melhor apresentação pessoal (Apêndice A).

3.1.3 IMPACTO E DESAFIOS

A introdução do fardamento 5ºA consolidou a identidade do CBMSC, diferenciando-o das demais forças de segurança e tornando seus integrantes facilmente reconhecidos pela sociedade. Entretanto, desafios ainda permanecem, como a necessidade de adaptação às variações climáticas do estado de Santa Catarina. A ampla diversidade de temperaturas e condições ambientais exige que o uniforme ofereça conforto térmico e proteção adequada para todas as regiões do estado.

A evolução tecnológica dos tecidos e materiais apresenta-se como uma nova possibilidade para aprimorar o fardamento, o que permitiria maior eficiência e conforto para os bombeiros militares (Apêndice A).

3.2 EPI MULTIMISSION

O EPI MultiMissão (MM) do CBMSC foi regulamentado pela Resolução nº 16, de 7 de junho de 2023. Esse Equipamento de Proteção Individual foi institucionalizado como vestimenta oficial para múltiplas operações, incluindo resgate veicular, combate a incêndio florestal, salvamento em altura, corte de árvores, deslizamentos, busca e resgate em estruturas colapsadas, busca terrestre, cinotecnia e atendimento pré-hospitalar (CBMSC, 2023b).

3.2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

O MultiMissão foi desenvolvido para substituir fardamentos que não atendiam plenamente às necessidades operacionais dos bombeiros militares. Seu diferencial, segundo o Anexo A da resolução 16/2023 (CBMSC, 2023b), está na combinação de tecidos de alta resistência térmica e mecânica, proporcionando mobilidade, proteção e conforto térmico.

O EPI MM é composto por blusão e calça, fabricados com meta-aramida, viscose FR, elastano, para-aramida e fibra antiestática. Essas características garantem resistência ao calor, inflamabilidade reduzida e proteção contra agentes cortantes.

Conforme Anexo A da resolução 16/2023 (CBMSC, 2023b), o design do uniforme também inclui:

- Fechos em velcro e zíper termoplástico (Vislon FR);
- Faixas refletivas amarelas e prateadas, atendendo à norma EN 471;
- Reforços estruturais em para-aramida nos joelhos e cotovelos;
- Modelagem que permite ampla liberdade de movimento.

[Adicionar Foto do MM]

3.2.2 DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO

O desenvolvimento do EPI MultiMissão seguiu os princípios de *Lean Innovation*, conforme descrito por Cauduro (2023). A necessidade desse equipamento surgiu a partir da experiência prática de bombeiros militares catarinenses em competições de Resgate Veicular (RVE), onde foi identificado que o uso de EPI de combate a incêndio estrutural comprometia a mobilidade e eficiência operacional.

O processo de inovação incluiu:

- Testes em diferentes operações do CBMSC;
- Ajustes para garantir resistência térmica e mobilidade;
- Feedback contínuo de bombeiros militares envolvidos no desenvolvimento.

A aprovação do MultiMissão resultou em sua regulamentação oficial pelo CBMSC em 2023, sendo adotado por toda a corporação para operações terrestres de resgate.

3.3 EPI MULTIMISSION LEVE

Com o objetivo de melhorar a segurança e a eficiência de suas equipes em campo, a Coordenadoria de Busca Terrestre propôs o desenvolvimento do MultiMissão Leve (MML), um EPI leve voltado para atividades específicas de Busca Terrestre, incluindo, também, as buscas cinotécnicas a partir da anuência da Coordenadoria de Cinotecnia. Essa proposta surge da necessidade de um uniforme mais adaptável às características das operações de longa duração, em terrenos acidentados e condições climáticas adversas.

O MML busca solucionar limitações identificadas empiricamente nos uniformes operacionais atualmente utilizados pelo CBMSC, proporcionando maior mobilidade, conforto térmico e resistência à abrasão. O desenvolvimento desse novo EPI seguiu critérios técnicos baseados na experiência operacional dos bombeiros militares e em análises comparativas com equipamentos utilizados por outras corporações no Brasil.

3.3.1 DESENVOLVIMENTO E CARACTERÍSTICAS DO EPI MULTIMISSION LEVE

O MultiMissão Leve foi desenvolvido a partir da necessidade identificada pela Coordenadoria de BTR, e como parte interessada a Coordenadoria de Cinotecnia, visando solucionar limitações dos uniformes operacionais preconizados para a atividade. O equipamento foi desenhado para oferecer maior resistência à abrasão, proteção térmica adequada e flexibilidade durante a realização de atividades físicas extenuantes, essenciais nas operações de busca (CBMSC, 2023c).

Segundo o descritivo planejado pela coordenadoria de Busca Terrestre (CBMSC, 2023a), suas principais características consistem em:

- Jaqueta 3x1 impermeável, com fleece interno acoplável, garantindo isolamento térmico e proteção contra intempéries;
- Calça reforçada com tecido Cordura 500 Denier nas regiões dos joelhos, nádegas e barras, aumentando a durabilidade e resistência ao desgaste;
- Fitas refletivas estrategicamente posicionadas para aumentar a visibilidade noturna;
- Identidade visual planejada conforme o EPI MultiMissão já institucionalizado.

[Adicionar Foto do MML]

3.3.2 AVALIAÇÃO TÉCNICA

Para validar o desempenho do MultiMissão Leve, foram conduzidos testes em diferentes cenários operacionais pelas respectivas coordenadorias, incluindo operações de resgate aquático, salvamento em altura e corte de árvores. A avaliação foi realizada por bombeiros especializados nessas áreas, resultando em um relatório detalhado sobre os pontos positivos e as melhorias sugeridas (CBMSC, 2023c).

Os principais resultados apontaram que:

- O conforto e mobilidade foram significativamente aprimorados, permitindo melhor desempenho dos bombeiros durante deslocamentos prolongados;
- A impermeabilização não atendeu completamente aos requisitos para operações em meio aquático, sendo necessária uma vedação aprimorada no capuz e nos zíperes;
- O sistema de reforço nos joelhos e cotovelos foi bem avaliado, mas sugeriu-se a troca do material para poliamida *ripstop*, evitando rasgos e aumentando a vida útil do EPI.

3.3.3 CONSIDERAÇÕES

O MultiMissão Leve se mostra como uma inovação essencial para aprimorar a eficácia das operações de Busca Terrestre no CBMSC. Embora ajustes técnicos e diferentes testes ainda sejam necessários, os resultados até então obtidos indicam que o EPI corresponde às demandas observadas pela coordenadoria de BTR, oferecendo uma solução mais eficiente e segura para os bombeiros militares.

4 *Functional Movement Screen*

O *Functional Movement Screen* (FMS) é uma ferramenta padronizada de avaliação funcional amplamente utilizada para medir a qualidade do movimento em populações táticas, esportivas e clínicas. Foi desenvolvido com o objetivo de identificar padrões de movimento deficitários que podem aumentar o risco de lesões e comprometer o desempenho físico (COOK; BURTON; HOOGENBOOM, 2006).

O FMS avalia sete padrões de movimento fundamentais:

- **Agachamento Profundo (*Deep Squat*):** Mede mobilidade nos tornozelos, joelhos e quadris, além de estabilidade e mobilidade torácica.

- **Passo em Barreiras (*Hurdle Step*):** Avalia a coordenação e o equilíbrio dinâmico enquanto a perna livre realiza o movimento de passo.
- **Avanço em Linha (*In-Line Lunge*):** Testa a estabilidade do núcleo, mobilidade do quadril e coordenação em um plano de movimento linear.
- **Mobilidade do Ombro (*Shoulder Mobility*):** Mede a amplitude de movimento e simetria funcional do complexo do ombro.
- **Elevação Ativa da Perna (*Active Straight Leg Raise*):** Avalia a mobilidade dos isquiotibiais e estabilidade pélvica.
- **Estabilidade de Tronco em Flexão (*Trunk Stability Push-Up*):** Mede a estabilidade do núcleo em movimentos de empurrar.
- **Estabilidade Rotacional (*Rotary Stability*):** Avalia o controle motor e a estabilidade em movimentos de rotação.

[Adicionar Foto montagem dos exercícios (ou exemplo de exercício)]

Cada padrão de movimento é pontuado em uma escala de 0 a 3 (COOK; BURTON; HOOGENBOOM, 2006; TEYHEN et al., 2012):

- **0:** Ocorre dor durante o movimento.
- **1:** O movimento é incompleto ou incorreto.
- **2:** O movimento é completo, mas com compensações.
- **3:** O movimento é realizado de maneira perfeita, sem compensações.

A soma total pode variar de 0 a 21, sendo escores abaixo de 14 associados a maior risco de lesões musculoesqueléticas (BOCK; ORR, 2015).

4.1 RELEVÂNCIA DO FMS EM POPULAÇÕES TÁTICAS

O FMS é particularmente valioso em populações como bombeiros, militares e policiais, onde tarefas operacionais demandam alta mobilidade funcional. Estudos demonstram que padrões de movimento deficitários, identificados pelo FMS, podem ser agravados pelo uso de EPI, aumentando o risco de lesões e diminuindo a eficiência dos movimentos (ORR et al., 2019).

4.2 LIMITAÇÕES

Apesar de sua utilidade, o FMS tem limitações, incluindo a subjetividade na pontuação e a ausência de medidas diretas de força ou resistência. Portanto, é mais eficaz quando combinado com outras avaliações (GRIBBLE et al., 2013).

5 Sistema para Captura do Comportamento Térmico

A análise térmica de fardamentos operacionais é um fator essencial para avaliar o conforto e a segurança dos profissionais em ambientes desafiadores. Considerando a importância desse aspecto, este estudo desenvolveu um sistema para captação de dados de temperatura que permite monitorar e comparar o desempenho térmico de diferentes uniformes. A metodologia adotada envolveu a utilização de sensores de temperatura acoplados a dispositivos eletrônicos, garantindo a coleta sistemática e precisa das variações térmicas durante a atividade física dos participantes.

5.1 ARQUITETURA DO SISTEMA

A norma ISO/IEC/IEEE 42010:2011 define "arquitetura" como os conceitos ou propriedades fundamentais de um sistema em seu ambiente e os princípios de seu design e evolução. A referência descreve que essas propriedades ou conceitos fundamentais devem estar incorporados nos elementos do sistema e em suas relações (ISO/IEC/IEEE, 2011). Essa definição é orientada para enfatizar as características essenciais e as interações entre os componentes do sistema.

5.1.1 INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas, do inglês *Internet of things* (IoT), consiste na interconexão de dispositivos sensíveis e atuadores com a finalidade de atingir um objetivo em comum (GIUSTO et al., 2010) e tem como propósito primário permitir que humanos e máquinas compreendam melhor o ambiente que os envolve, usando as informações geradas por diversos dispositivos sensíveis, modificando a forma com que os usuários lidam com as tarefas do cotidiano (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

A IoT é um paradigma tecnológico planejado para ser uma rede global de máquinas e dispositivos capazes de interagir entre si e com o ambiente ao seu redor. A IoT é reconhecida como uma das áreas mais importantes da tecnologia do futuro por enfatizar a interoperabilidade entre objetos e pessoas e pelo fato de poder ser implementada em diversos casos de uso, como por exemplo, automação predial, controle de processos produtivos e transporte inteligente (GUBBI et al., 2013).

No presente trabalho, foram utilizados os conceitos de Internet das Coisas para o desenvolvimento da arquitetura para coleta dos dados do comportamento térmico dos fardamentos operacionais.

5.1.2 DISPOSITIVO SENSITIVO

O Dispositivo Sensitivo (DS) desenvolvido para este trabalho baseia-se no microcontrolador ESP32, reconhecido por sua alta capacidade de processamento e conectividade integrada Wi-Fi e Bluetooth. O dispositivo é projetado para operar como um coletor de dados, utilizando inicialmente dois sensores de temperatura modelo DS18B20, que oferecem alta precisão e confiabilidade na medição. O DS apresenta flexibilidade para expansão, permitindo a adição de sensores adicionais conforme a necessidade, garantindo adaptabilidade ao sistema. O esquema de montagem segue o diagrama da Figura 1, tendo sido construídos para este trabalho duas unidades conforme a figura.

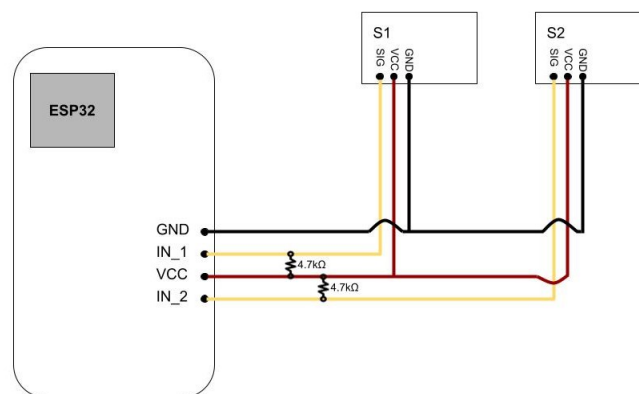


Figura 1 – Diagrama de montagem dos dispositivos sensitivos

[Adicionar Foto dos sensores]

A comunicação com o servidor ocorre via protocolo *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT), uma solução leve e eficiente, ideal para aplicações de Internet das Coisas. Este protocolo assegura uma troca de mensagens ágil e segura entre o dispositivo e a infraestrutura central, possibilitando o envio de dados em tempo real e a manutenção de um sistema responsivo para monitoramento e análise. O conjunto do ESP32 e os sensores DS18B20, integrado por meio do MQTT, configura o DS como uma solução robusta para o teste proposto.

5.2 SISTEMA PARA COLETA DE DADOS

O sistema desenvolvido para coleta de dados de temperatura utiliza princípios da Internet das Coisas. O Dispositivo Sensitivo se conecta a uma rede Wi-Fi disponível e uma vez conectado, esse dispositivo envia mensagens via protocolo MQTT para um servidor central. Esse servidor, por sua vez, executa um programa responsável por armazenar os conteúdos das mensagens em um banco de dados relacional, garantindo a organização e acessibilidade dos dados coletados. O diagrama da Figura 2 representa uma visão simplificada da arquitetura do sistema de coleta de dados.

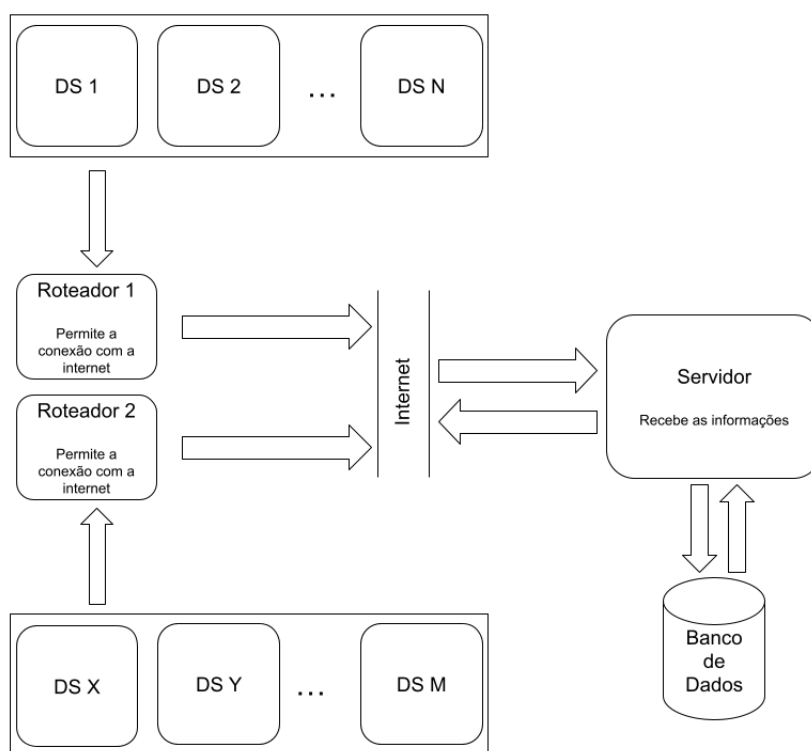


Figura 2 – Diagrama simplificado da arquitetura do sistema de coleta de dados de temperatura

O planejamento do sistema visou eliminar restrições geográficas, permitindo a realização de testes em diferentes locais. Enquanto houver conexão com a internet, os testes podem ser conduzidos simultaneamente com diversos dispositivos sensíveis em qualquer região. Essa flexibilidade possibilita que futuros estudos baseados neste trabalho possam ser realizados em diferentes Batalhões do Corpo de Bombeiros Militar, ampliando a abrangência da pesquisa e favorecendo a padronização de dados para análises comparativas.

5.3 VALIDAÇÃO DOS DISPOSITIVOS SENSITIVOS

Para assegurar a confiabilidade dos dados coletados, os sensores foram submetidos a um processo rigoroso de validação em laboratório, sendo comparados com equipamentos de referência industrial. Durante os testes, foram aplicadas variações controladas de temperatura, permitindo analisar a precisão das medições e identificar possíveis desvios.

A validação dos dados coletados pelos sensores desenvolvidos foi realizada no Centro de Inovação e Pesquisa do CBMSC, os dispositivos sensitivos construídos foram posicionados junto a sensores industriais, pertencentes ao laboratório, os quais foram utilizados como referência. Esse procedimento, demonstrado pela Figura 3 teve como objetivo verificar a precisão, confiabilidade e correlação das medições obtidas pelos equipamentos desenvolvidos em relação aos sensores de padrão industrial.



Figura 3 – Montagem do experimento em laboratório

Inicialmente, foi aguardado um período de estabilização térmica do sistema, garantindo que os sensores estivessem em condições homogêneas de medição. Após essa fase, foram realizadas variações controladas de temperatura, utilizando água aquecida para elevar a temperatura do ambiente e gelo para provocar reduções térmicas. Durante esse processo, as medições de temperatura dos dispositivos

construídos foram registradas e comparadas com os valores obtidos pelos sensores industriais conforme a Figura 4.

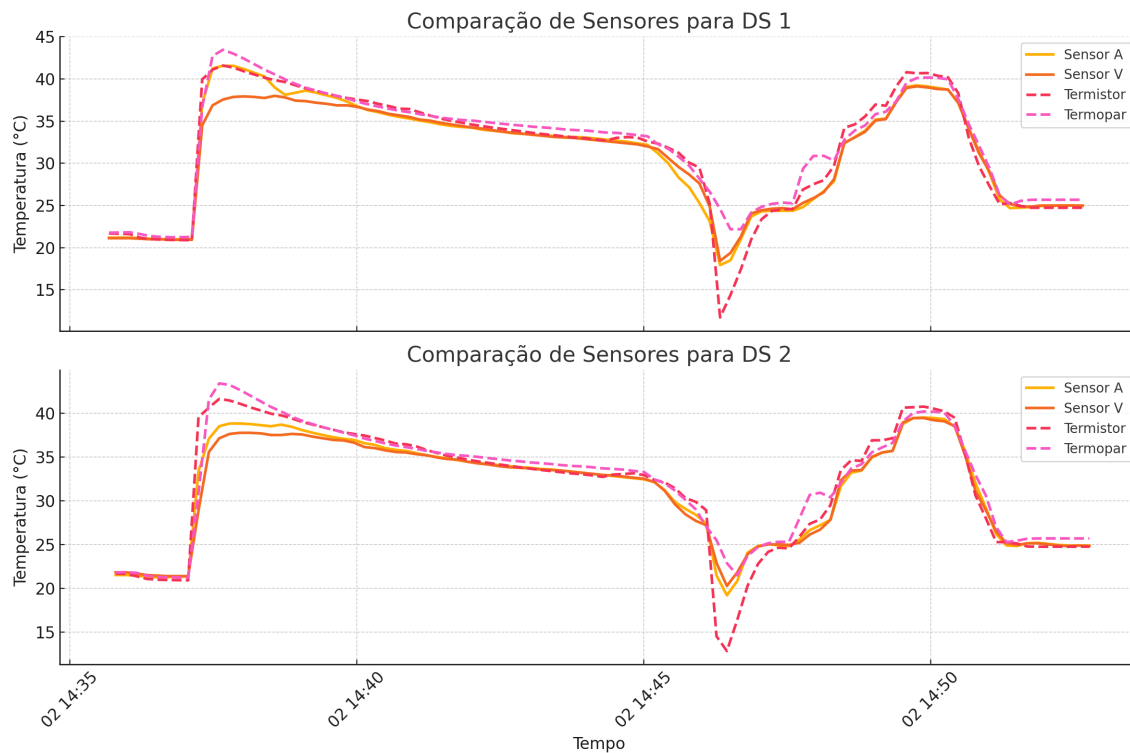


Figura 4 – Comparação entre os valores obtidos pelos dispositivos construídos e sensores de referência

5.3.1 ANÁLISES QUANTITATIVAS

A validação foi conduzida por meio de análises estatísticas, comparando as medições dos sensores construídos com os sensores industriais de referência. Os principais parâmetros analisados foram:

- Erro Médio Absoluto (MAE - *Mean Absolute Error*)

O MAE foi utilizado para medir a diferença absoluta média entre os valores dos sensores desenvolvidos e os valores de referência. Quanto menor o MAE, maior a precisão do sensor.

- DS 1: MAE para temperatura (valor A) = 0,998°C e (valor V) = 1,327°C.
- DS 2: MAE para temperatura (valor A) = 1,109°C e (valor V) = 1,204°C.

Os valores de erro absoluto indicam uma boa proximidade das medições em relação às referências.

- Erro Médio Percentual Absoluto (MAPE - *Mean Absolute Percentage Error*)

O MAPE avalia o erro relativo das medições em relação à referência, permitindo uma comparação percentual.

- DS 1: MAPE para temperatura (valor A) = 3,55% e (valor V) = 4,35%.
- DS 2: MAPE para temperatura (valor A) = 3,76% e (valor V) = 3,74%.

Ambos os dispositivos apresentam erros percentuais abaixo de 5%, o que indica que os equipamentos construídos apresentam precisão aceitável para o objetivo do trabalho.

- Coeficiente de Correlação de Pearson

O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para medir a relação linear entre as temperaturas registradas pelos dispositivos desenvolvidos e os sensores de referência.

- DS 1: Correlação de valores de temperatura (valor A) = 0,982 e (valor V) = 0,976.
- DS 2: Correlação de valores de temperatura (valor A) = 0,980 e (valor V) = 0,975.

Ambos os DS apresentam valores próximos de 1,0 o que indica correlação extremamente forte, demonstrando que os equipamentos seguem a mesma tendência dos sensores de referência.

- Distribuição de Erros

A distribuição dos erros foi analisada para verificar se os desvios apresentavam padrões sistemáticos ou aleatórios. Os histogramas, mostrados na Figura 5 demonstraram que os erros estavam concentrados próximos de zero, confirmando a baixa variabilidade e a alta precisão dos dispositivos construídos.

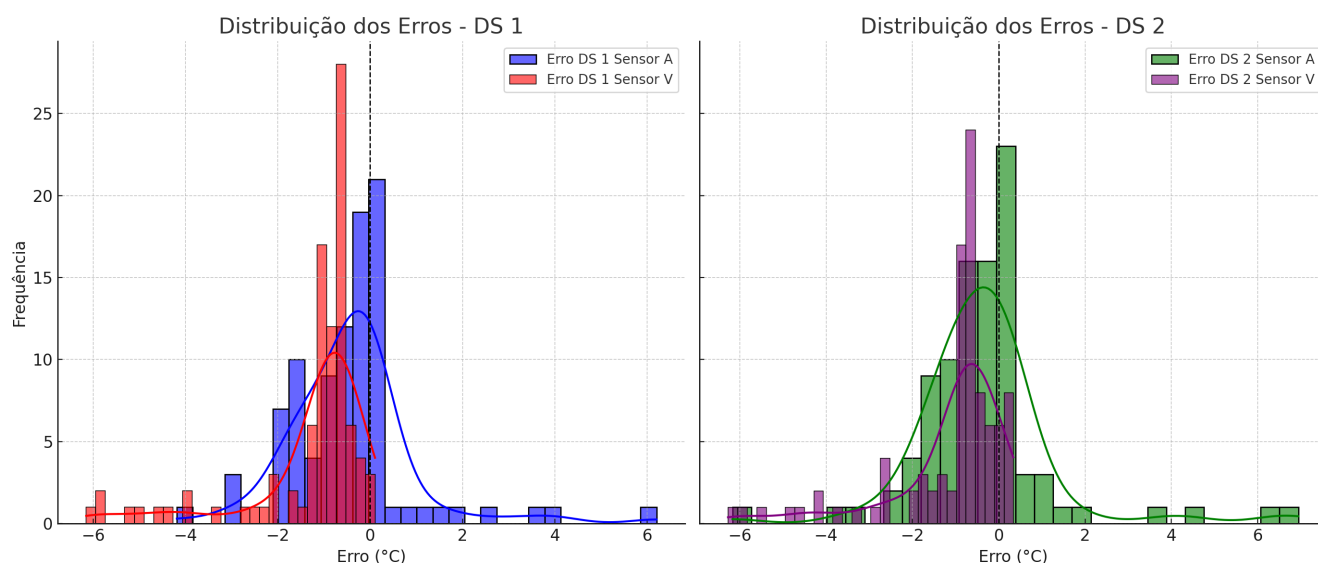


Figura 5 – Histogramas de distribuição de erros

5.3.2 CONCLUSÕES DA VALIDAÇÃO DOS DISPOSITIVOS SENSITIVOS

Os resultados obtidos demonstram que os dispositivos desenvolvidos possuem alta precisão e confiabilidade, apresentando erros absolutos pequenos e correlações extremamente fortes com os sensores de referência.

O erro percentual médio abaixo de 5% indica que os Dispositivos Sensitivos fornecem medições coerentes com padrões de referência, demonstrando a viabilidade do sistema proposto para o estudo.

6 Formulário de Percepção Subjetiva

O formulário de avaliação subjetiva tem como objetivo coletar percepções individuais sobre um determinado fardamento, permitindo uma análise qualitativa baseada na experiência dos usuários. Esta abordagem subjetiva é essencial para compreender aspectos não capturados pelas métricas quantitativas utilizadas.

6.1 ESTRUTURA DO FORMULÁRIO

O formulário é composto por um número reduzido de questões, as quais tratam sobre:

- O nome do participante (apenas para controle);
- O fardamento que está sendo avaliado;

- A sensação de desconforto do fardamento;
- Os pontos de desconforto do fardamento;
- Uma descrição sobre o desconforto.

A estrutura foi apresentada aos participantes conforme o Apêndice B, complementando as abordagens quantitativas ao fornecer uma perspectiva qualitativa sobre os fardamentos testados. O uso desse formulário permite capturar nuances que poderiam ser negligenciadas em métricas estritamente numéricas.

7 Coleta de Dados

7.1 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE SUJEITOS

A determinação da amostra para este estudo foi realizada considerando as limitações impostas pela disponibilidade do equipamento MML e as características físicas dos participantes. O estudo contou com a participação de cadetes do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, sendo que, dentre os 16 cadetes inicialmente considerados, foram selecionados apenas os 8 mais altos.

A restrição imposta na seleção dos participantes deve-se ao fato de que a única amostra do uniforme MultiMissão Leve disponível para o estudo apresentava um tamanho incompatível com os 8 cadetes de menor estatura. Assim, para garantir a adequada compatibilidade do uniforme e evitar variações indesejadas nos resultados decorrentes de ajustes inadequados dos fardamentos, optou-se por restringir a amostra àqueles cujas medidas corporais eram compatíveis com o uniforme fornecido pela coordenadoria de Busca Terrestre.

Os demais uniformes utilizados no estudo eram de propriedade dos próprios cadetes, minimizando assim possíveis problemas relacionados à compatibilização do fardamento. Tal abordagem permitiu uma melhor padronização dos testes e assegurou que as diferenças observadas nos resultados estivessem predominantemente associadas às características dos uniformes, e não a problemas de ajuste das peças.

7.2 ADAPTAÇÕES REALIZADAS

Considerando as distinções intrínsecas entre os uniformes, objetos deste estudo, foram realizadas adaptações para minimizar diferenças nos comportamentos observados, conforme descrito a seguir:

I **Padronização da Roupa Interna:** Foi definido o uniforme de Educação Física Militar (EFM), composto por calção de tacet e regata em material sintético, como a roupa interna para os três uniformes testados, a roupa de EFM também foi considerada como linha de base, a fim de garantir que a principal variável seja o fardamento utilizado, além de facilitar a logística para a troca de uniforme;

II **Calçados:** Considerando que o foco do presente trabalho se trata dos fardamentos, os calçados utilizados pelos participantes eram seus próprios tênis de corrida, com o objetivo de maximizar o conforto dos sujeitos e evitar lesões;

III **Diferenças Entre os Fardamentos:**

- Os fardamentos analisados foram testados apenas com sua camada mais externa (calça e jaqueta);
- Devido ao fato dos EPIs MM e MML não poderem ser utilizados com a manga recolhida, o uniforme 5ªA foi utilizado com sua manga abaixada.

7.2.1 COMPARAÇÃO COM ESTUDOS ANTERIORES

O critério de seleção dos participantes neste estudo difere do utilizado em pesquisas anteriores sobre testes de fardamentos operacionais em bombeiros, como o estudo conduzido por Orr et al. (2019). No estudo de Orr et al. (2019), foi avaliada a mobilidade de bombeiros utilizando diferentes variações de vestuário. A amostra de tal estudo foi composta por 8 participantes, que testaram três variações de uniformes em comparação ao vestuário padrão da corporação (ORR et al., 2019).

O presente estudo impôs uma restrição de altura devido à disponibilidade do equipamento, já na pesquisa de Orr et al. (2019) foi permitido uma variação mais ampla nas características antropométricas dos participantes. Isso pode ter implicações na generalização dos resultados, visto que diferenças na estatura e no ajuste do uniforme podem impactar diretamente na mobilidade e conforto dos usuários.

Enquanto a seleção de participantes no presente estudo foi guiada pela compatibilidade com um modelo específico de uniforme, Orr et al. (2019) testou a combinação de vestuários distintos e seus impactos sobre a mobilidade funcional. A abordagem adotada por eles permitiu avaliar a influência de camadas adicionais de vestuário sobre o desempenho motor dos bombeiros, um fator que não foi explorado na presente pesquisa.

Dessa forma, a metodologia de seleção adotada neste estudo proporciona um nível elevado de controle sobre a variável de ajuste do uniforme, apesar de reduzir a variabilidade da amostra.

A semelhança com o estudo de Orr et al. (2019), consiste na utilização do FMS e da análise subjetiva dos usuários como parâmetro de comparação entre os fardamentos. A pesquisa do presente trabalho diferencia-se do estudo de Orr et al. (2019), principalmente, pela análise do comportamento térmico dos uniformes testados.

7.3 *FUNCTIONAL MOVEMENT SCREEN*

Os testes do *Functional Movement Screen* foram realizados em condições controladas, seguindo um protocolo padronizado para garantir a confiabilidade dos resultados.

7.3.1 INSTRUMENTAÇÃO

Os instrumentos de medição utilizados no teste de FMS foram construídos com materiais básicos de construção civil, garantindo uma estrutura funcional para a realização dos testes. Esses instrumentos foram utilizados para padronizar os critérios de avaliação e proporcionar uniformidade na aplicação dos testes.

[Adicionar Foto dos instrumentos]

7.3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os sujeitos foram avaliados em dias diferentes, utilizando um fardamento distinto a cada dia. Dessa forma, cada sujeito passou por todos os movimentos do FMS sob cada uma das condições de fardamento, permitindo a comparação entre os diferentes uniformes.

A avaliação foi conduzida por um profissional de educação física capacitado, garantindo a aplicação correta dos protocolos do FMS. A pontuação de cada movimento foi registrada em tabelas (Apêndice C) de acordo com os critérios estabelecidos pelo FMS, assegurando a consistência dos dados coletados.

7.4 COMPORTAMENTO TÉRMICO

A coleta de dados de comportamento térmico foi conduzida em um ambiente controlado, visando garantir a replicabilidade dos testes e a precisão dos resultados. O experimento foi estruturado da seguinte forma:

7.4.1 AMBIENTE E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os testes foram realizados em um ambiente fechado, climatizado, garantindo controle sobre fatores externos que poderiam influenciar nas medições de temperatura. O espaço era equipado com esteiras ergométricas para simular de forma consistente a atividade física dos participantes.

O equipamento de medição utilizado foi o Dispositivo Sensitivo desenvolvido exclusivamente para este trabalho, cujos sensores foram estrategicamente posicionados, entre a roupa interna e o fardamento avaliado, para capturar a variação térmica em dois pontos principais do corpo:

- **Próximo à axila:** Região escolhida para monitoramento devido à sua proximidade com os grandes vasos sanguíneos, refletindo a variação térmica central do corpo.
- **Próximo à virilha:** Região selecionada por sua sensibilidade térmica e menor exposição ao fluxo de ar ambiente.

[Adicionar Foto dos sensores posicionados]

O posicionamento estratégico visa evitar o atrito direto com a pele, minimizando possíveis interferências e garantindo a confiabilidade das medições, além de capturar dados em pontos-chave do corpo.

7.4.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

O protocolo do teste foi dividido em etapas sequenciais, conforme descrito a seguir:

1. **Preparação:** O Dispositivo Sensitivo era equipado ao militar, após isso, o participante vestia o fardamento a ser avaliado por cima do uniforme de EFM e, após estar completamente equipado, o DS iniciava a transmissão dos dados de temperatura.
2. **Estabilização Inicial:** Um período de 2 minutos era aguardado antes do início da atividade física, permitindo que os sensores atingissem o equilíbrio térmico com a vestimenta do participante.
3. **Atividade Física:** O sujeito realizava uma corrida de 5 minutos a uma velocidade constante de 12 km/h sobre a esteira ergométrica. Um estímulo físico constante e replicável para simular um esforço físico intenso.

4. **Estabilização Final:** Após a corrida, um novo período de 2 minutos era aguardado para permitir que os sensores voltassem a um estado de equilíbrio térmico.
5. **Finalização e Descanso:** Após a estabilização, o teste era encerrado, e o participante removia o uniforme avaliado, permanecendo apenas com o calção e a regata, em repouso, por pelo menos 10 minutos antes da realização de um novo teste com outro fardamento.

7.5 FORMULÁRIO DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA

A coleta de dados sobre as impressões dos participantes em relação aos diferentes uniformes testados foi realizada por meio do Formulário de Percepção Subjetiva.

Cada participante respondia ao formulário imediatamente após completar o protocolo do FMS para um determinado uniforme. Essa abordagem sequencial minimizou possíveis interferências entre as percepções associadas a cada fardamento, permitindo uma melhor comparação entre os diferentes modelos testados.

A estratégia adotada assegurou que as avaliações fossem obtidas no momento mais oportuno, proporcionando um reflexo mais preciso da experiência dos participantes com cada fardamento. Além disso, ao manter a ordem padronizada na aplicação do FMS e do formulário, foi possível reduzir possíveis efeitos de esquecimentos ou variabilidade na percepção dos cadetes.

8 Análise de Resultados

8.1 *FUNCTIONAL MOVEMENT SCREEN*

Em relação aos dados obtidos nos testes análise estatística dos dados obtidos nos testes do *Functional Movement Screen* realizados sob diferentes condições de fardamento. Foram aplicados testes estatísticos não paramétricos adequados para amostras pequenas e dados discretos, como o **teste de Friedman** e o **teste de Wilcoxon**, para identificar diferenças significativas entre as condições (AZEVEDO; MORALES; PINHO, 2018).

8.1.1 **TESTE DE FRIEDMAN**

O teste de Friedman é um teste estatístico não paramétrico utilizado para comparar três ou mais condições de medidas repetidas (SHELDON; FILLYAW; THOMPSON, 1996). Ele verifica se há diferenças estatisticamente significativas entre os fardamentos em relação ao desempenho nos testes de FMS.

A hipótese testada é:

- H_0 : Não há diferenças entre os fardamentos.
- H_1 : Pelo menos um fardamento apresenta diferenças estatisticamente significativas.

O p -valor calculado para cada teste representa a probabilidade de se obter um resultado igual ou mais extremo do que o observado, assumindo que a hipótese nula (H_0) seja verdadeira. O p -valor indica a evidência contra a hipótese nula: valores pequenos (geralmente abaixo de 0,05) sugerem que a hipótese nula deve ser rejeitada, apontando para a existência de um efeito significativo.

A Tabela 1 apresenta os valores da estatística do teste de Friedman (χ_F^2) e os respectivos p -valores.

Tabela 1 – Resultados do Teste de Friedman para os Movimentos do FMS

Movimento	Estatística (χ_F^2)	p -valor
<i>Active Straight Leg Raise</i> Direito	10.317	0.016
<i>Active Straight Leg Raise</i> Esquerdo	8.032	0.045
<i>Deep Squat</i>	4.000	0.261
<i>Hurdle Step</i> Direito	13.047	0.004
<i>Hurdle Step</i> Esquerdo	9.621	0.022

Os resultados indicam que há diferenças estatisticamente significativas ($p < 0.05$) para os seguintes testes: **Active Straight Leg Raise Direito e Esquerdo**, **Hurdle Step Direito e Esquerdo**. Já os outros testes não apresentaram diferenças significativas entre os fardamentos.

8.1.2 TESTE DE WILCOXON PARA COMPARAÇÕES PAREADAS

Para determinar quais fardamentos diferem entre si, foi aplicado o teste de Wilcoxon para comparações pareadas entre os fardamentos. Este teste verifica diferenças entre duas condições específicas, sendo uma alternativa ao teste t de Student pareado quando os dados não seguem distribuição normal (AZEVEDO; MORALES; PINHO, 2018).

A Tabela 2 apresenta os resultados do teste de Wilcoxon para os movimentos que mostraram diferenças significativas no teste de Friedman.

Tabela 2 – Resultados do Teste de Wilcoxon para Comparação entre Fardamentos

Comparação	Estatística (W)	p-valor
<i>Active Straight Leg Raise</i> Direito (FMS 5ºA vs FMS BASE)	175.50	0.71500
<i>Active Straight Leg Raise</i> Direito (FMS 5ºA vs FMS MM)	23.00	0.00006
<i>Active Straight Leg Raise</i> Direito (FMS 5ºA vs FMS MML)	40.00	0.05983
<i>Active Straight Leg Raise</i> Direito (FMS BASE vs FMS MM)	148.50	0.00086
<i>Active Straight Leg Raise</i> Direito (FMS BASE vs FMS MML)	96.00	0.04771
<i>Active Straight Leg Raise</i> Direito (FMS MM vs FMS MML)	104.00	0.02347
<i>Active Straight Leg Raise</i> Esquerdo (FMS 5ºA vs FMS BASE)	175.50	0.71500
<i>Active Straight Leg Raise</i> Esquerdo (FMS 5ºA vs FMS MM)	23.00	0.00006
<i>Active Straight Leg Raise</i> Esquerdo (FMS 5ºA vs FMS MML)	40.00	0.05983
<i>Active Straight Leg Raise</i> Esquerdo (FMS BASE vs FMS MM)	148.50	0.00086
<i>Active Straight Leg Raise</i> Esquerdo (FMS BASE vs FMS MML)	96.00	0.04771
<i>Active Straight Leg Raise</i> Esquerdo (FMS MM vs FMS MML)	104.00	0.02347
<i>Hurdle Step</i> Direito (FMS 5ºA vs FMS BASE)	175.50	0.71500
<i>Hurdle Step</i> Direito (FMS 5ºA vs FMS MM)	23.00	0.00006
<i>Hurdle Step</i> Direito (FMS 5ºA vs FMS MML)	40.00	0.05983
<i>Hurdle Step</i> Direito (FMS BASE vs FMS MM)	148.50	0.00086
<i>Hurdle Step</i> Direito (FMS BASE vs FMS MML)	96.00	0.04771
<i>Hurdle Step</i> Direito (FMS MM vs FMS MML)	104.00	0.02347
<i>Hurdle Step</i> Esquerdo (FMS 5ºA vs FMS BASE)	175.50	0.71500
<i>Hurdle Step</i> Esquerdo (FMS 5ºA vs FMS MM)	23.00	0.00006
<i>Hurdle Step</i> Esquerdo (FMS 5ºA vs FMS MML)	40.00	0.05983
<i>Hurdle Step</i> Esquerdo (FMS BASE vs FMS MM)	148.50	0.00086
<i>Hurdle Step</i> Esquerdo (FMS BASE vs FMS MML)	96.00	0.04771
<i>Hurdle Step</i> Esquerdo (FMS MM vs FMS MML)	104.00	0.02347

Os resultados do teste de Wilcoxon mostram que o fardamento MultiMissão impactou negativamente o desempenho no movimento *Active Straight Leg Raise*, pois apresentou diferenças significativas em relação à linha de base ($p = 0.00086$) e ao fardamento 5ºA ($p = 0.00006$). O fardamento MultiMissão Leve também influenciou esse movimento, mas com menor impacto ($p = 0.04772$).

8.1.3 RESUMO

Os testes estatísticos indicam que os fardamentos podem afetar significativamente o desempenho em alguns movimentos do FMS, especialmente no **Active Straight Leg Raise** e no **Hurdle Step**. Os principais achados são descritos a seguir:

- I. O 5ºA apresentou os resultados mais próximos à linha de base, não atrapalhando a movimentação.
- II. O EPI MultiMissão Leve demonstrou mobilidade intermediária, com alguma restrição em certos padrões de movimento.

III. O EPI MultiMissão apresentou o maior impacto na mobilidade, sendo mais rígido em alguns pontos e com menor flexibilidade nas articulações.

Os resultados reforçam a importância de considerar a mobilidade e flexibilidade. É possível perceber que os impactos negativos foram relacionados principalmente à mobilidade de membros inferiores.

8.2 COMPORTAMENTO TÉRMICO

A análise dos dados de temperatura tem como objetivo descrever o comportamento térmico dos fardamentos testados.

8.2.1 ANÁLISE GRÁFICA

Os gráficos das figuras 6, 7, 8 e 9 foram montados a partir dos dados coletados pelo sistema desenvolvido para este estudo.

O eixo X representa o tempo em segundos (s) do experimento. O eixo Y representa a variação de temperatura em graus Célsius (°C) para um determinado sujeito utilizando um fardamento específico. A linha tracejada representa a média de todas as leituras do mesmo uniforme. As linhas verticais representam as separações das etapas do experimento que sejam:

- I. Estabilização inicial (0s a 120s)
- II. Execução da atividade física (120s a 480s)
- III. Estabilização final (480s a 600s)

Para avaliar a influência do sujeito na variação de temperatura em um determinado uniforme, foi calculada a média dos valores de temperatura dos sujeitos em cada instante de tempo. Em seguida, determinou-se o desvio padrão desses valores e, por fim, o Coeficiente de Variação para cada momento da coleta, conforme a equação 8.1, por último foi calculada a média desses valores para cada uniforme.

$$CV = \frac{\textit{Desvio Padrão}}{\textit{Média}} \quad (8.1)$$

Além dessa análise, foi realizada uma regressão linear da média para cada etapa do experimento, visando obter uma aproximação da taxa de variação da temperatura em cada fase do ensaio.

8.2.1.1 FARDAMENTO 5ºA

Os dados coletados referentes ao fardamento 5ºA estão representados na Figura 6. A tabela 3 apresenta os valores máximos e mínimos de variação obtidos:

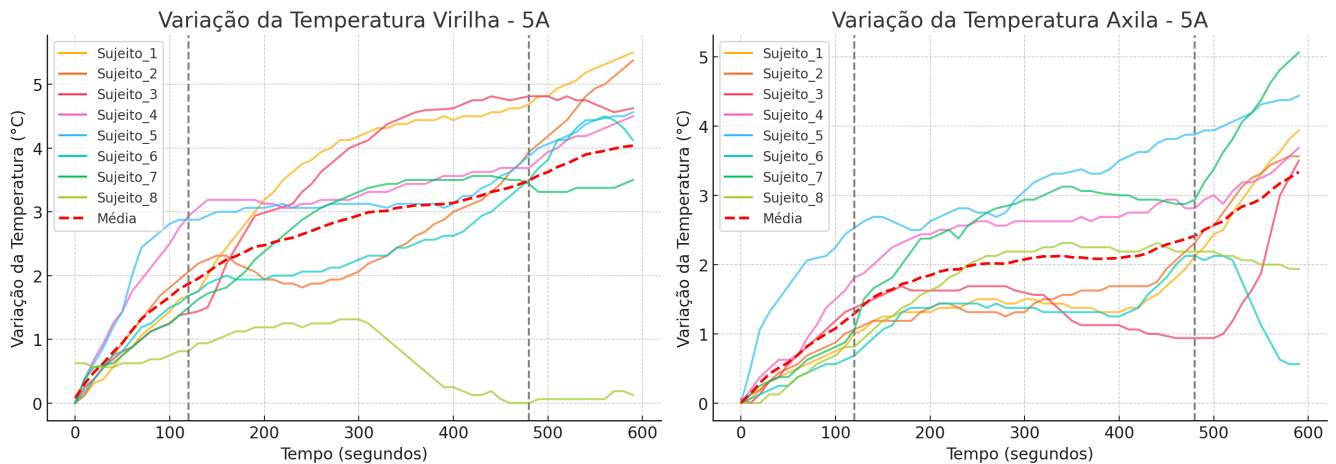


Figura 6 – Gráfico da variação de temperatura por tempo do fardamento 5ºA

Fardamento 5ºA	Variação máxima (°C)	Variação mínima (°C)
Virilha	5.5	1.3
Axila	5.0	2.1

Tabela 3 – Valores máximos e mínimos de variação da temperatura para o fardamento 5ºA

O Coeficiente de Variação calculado para o fardamento 5ºA foi de **42.2%** para a região da virilha e **47.9%** para a axila. As taxas de variação da média de temperatura seguem a distribuição da tabela 4:

Fardamento 5ºA	I (°C/min)	II (°C/min)	III (°C/min)
Virilha	0.90	0.24	0.30
Axila	0.62	0.13	0.50

Tabela 4 – Taxa de variação da média de temperatura para o fardamento 5ºA

8.2.1.2 FARDAMENTO MultiMissão

Os dados coletados referentes ao fardamento MultiMissão estão representados na Figura 7. A tabela 5 apresenta os valores máximos e mínimos de variação obtidos:

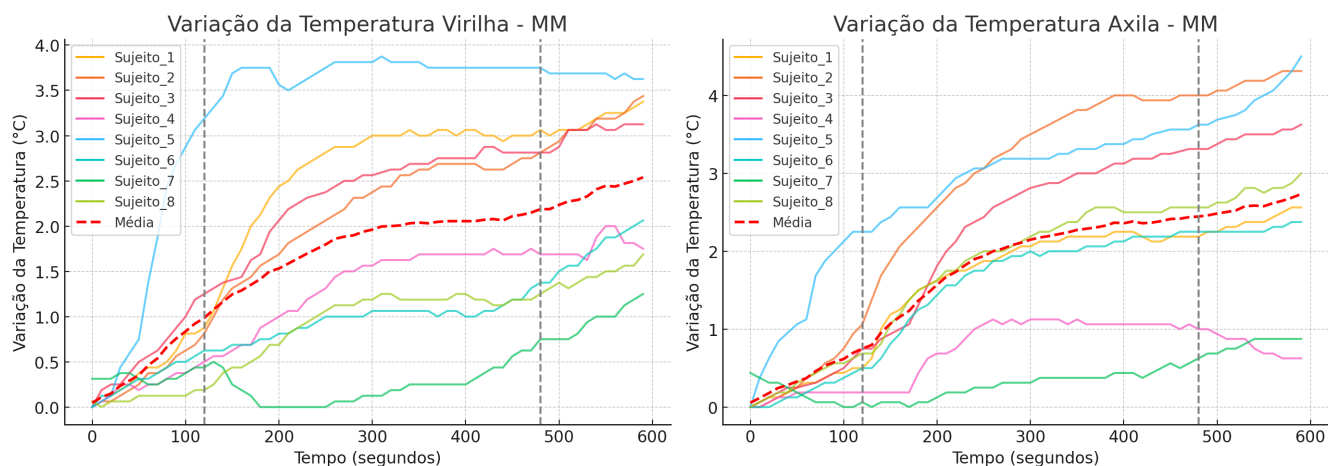


Figura 7 – Gráfico da variação de temperatura por tempo do fardamento MM

Fardamento MM	Variação máxima (°C)	Variação mínima (°C)
Virilha	3.8	1.2
Axila	4.5	0.8

Tabela 5 – Valores máximos e mínimos de variação da temperatura para o fardamento MM

O Coeficiente de Variação calculado para o MultiMissão foi de **67.5%** para ambas as regiões. As taxas de variação da média de temperatura seguem a distribuição da tabela 6:

Fardamento MM	$I(^{\circ}C/min)$	$II(^{\circ}C/min)$	$III(^{\circ}C/min)$
Virilha	0.49	0.17	0.20
Axila	0.34	0.26	0.15

Tabela 6 – Taxa de variação da média de temperatura para o fardamento MM

8.2.1.3 FARDAMENTO MultiMissão Leve

Os dados coletados referentes ao fardamento MultiMissão Leve estão representados na Figura 8. A tabela 7 apresenta os valores máximos e mínimos de variação obtidos:

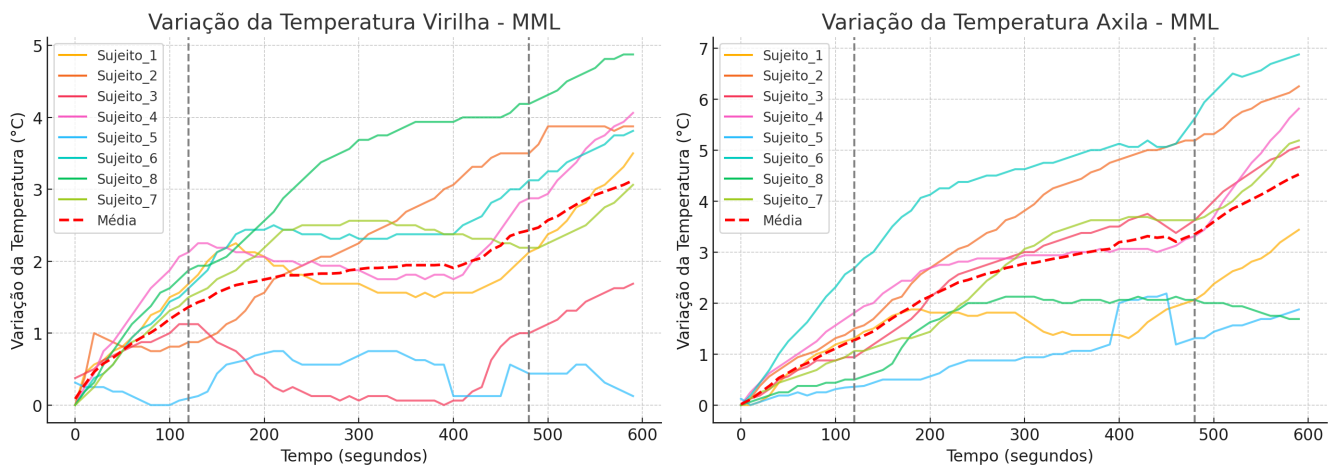


Figura 8 – Gráfico da variação de temperatura por tempo do fardamento MML

Fardamento MML	Variação máxima (°C)	Variação mínima (°C)
Virilha	4.8	0.7
Axila	6.8	2.1

Tabela 7 – Valores máximos e mínimos de variação da temperatura para o fardamento MML

O Coeficiente de Variação calculado para o MultiMissão Leve foi de **54.4%** e **52.2%** para a região da virilha e da axila, respectivamente. As taxas de variação da média de temperatura seguem a distribuição da tabela 8:

Fardamento MML	$I(^{\circ}C/min)$	$II(^{\circ}C/min)$	$III(^{\circ}C/min)$
Virilha	0.59	0.12	0.39
Axila	0.64	0.33	0.64

Tabela 8 – Taxa de variação da média de temperatura para o fardamento MML

8.2.2 COMPARAÇÃO ENTRE FARDAMENTOS

O gráfico da figura 9 apresenta uma comparação visual do comportamento médio dos fardamentos analisados e a tabela 9 apresenta os valores da variação total de temperatura da média para cada uniforme.

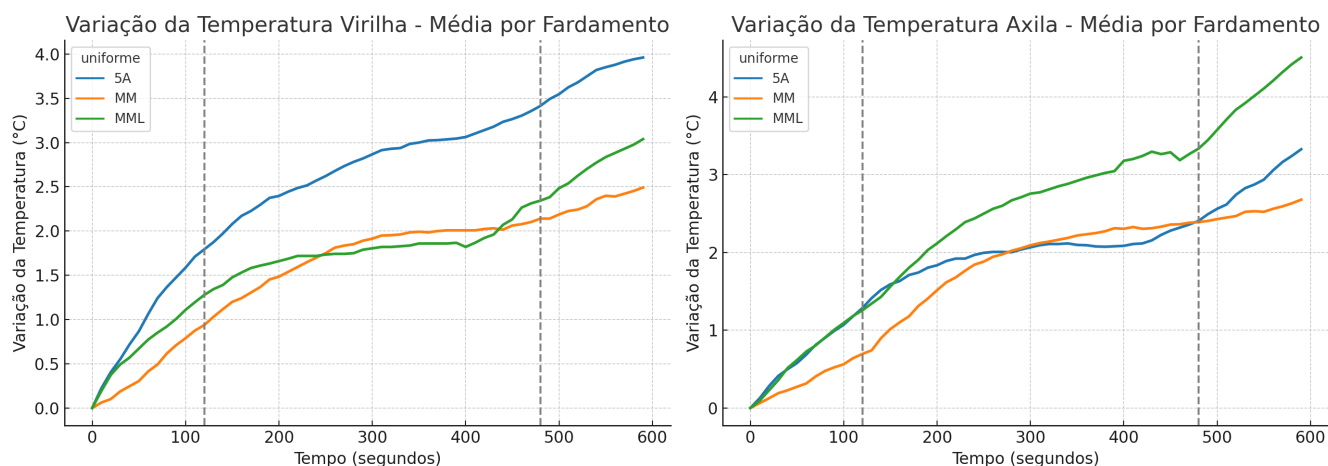


Figura 9 – Gráfico da variação média de temperatura por tempo

Fardamento	Variação da Média - Virilha	Variação da Média - Axila
5ºA	3.9609	3.3281
MM	2.4922	2.6797
MML	3.0391	4.5078

Tabela 9 – Variação Máxima da Média de Temperatura Normalizada por Fardamento

A partir dos dados apresentados, é possível verificar que o comportamento médio da temperatura do fardamento MM, no geral, aparenta ser o melhor. Os outros fardamentos apresentam um comportamento diferente entre suas partes superiores e inferiores.

Além disso, ao avaliar os valores de variação máxima e mínima de temperatura, foi possível estabelecer uma classificação do comportamento térmico para os fardamentos em relação às diferentes partes do corpo:

- **Partes inferiores:**

- I. MultiMissão
- II. MultiMissão Leve
- III. 5ºA

- **Partes superiores:**

- I. MultiMissão
- II. 5ºA

III. MultiMissão Leve

O Coeficiente de Variação médio para cada uniforme também foi analisado. O fardamento 5ºA apresentou o menor coeficiente, indicando que este uniforme teve a menor variabilidade térmica entre os usuários. Por outro lado, o MultiMissão apresentou o maior coeficiente, sugerindo uma maior diferença na resposta térmica entre os participantes do experimento.

Ao comparar os valores das taxas de variação de temperatura, observou-se que os uniformes apresentam um comportamento semelhante. Durante a estabilização inicial, há uma taxa elevada de variação de temperatura, seguido de uma redução da taxa durante a execução do exercício e, durante a estabilização final, há um novo aumento da taxa de variação de temperatura. O fardamento MM apresenta, no geral, a melhor taxa de variação de temperatura dos três uniformes testados.

8.2.3 RESUMO

A análise dos dados térmicos revelou diferenças significativas no comportamento dos fardamentos testados. Os principais achados são descritos a seguir:

- I. O EPI MultiMissão apresentou os melhores resultados médios em termos de comportamento térmico, apesar de possuir o maior Coeficiente de Variação, sugerindo maior dependência sobre a fisiologia do militar.
- II. O 5ºA demonstrou comportamento térmico intermediário, apresentando uma variação de temperatura elevada em sua parte inferior e menor variação em sua parte superior, mas por ter apresentado o menor Coeficiente de Variação de toda a amostra, se destaca positivamente por ter um comportamento mais estável.
- III. O EPI MultiMissão Leve apresentou o pior comportamento térmico considerando o teste realizado, apresentando uma variação de temperatura menor em sua parte inferior e maior variação em sua parte superior, além de ter apresentado um Coeficiente de Variação intermediário.

A redução das taxas de variação de temperatura durante a execução da atividade física, pode ser explicada pelo fluxo de ar gerado durante a movimentação, resfriando o fardamento.

O desempenho positivo da parte inferior do fardamento MM pode ser explicado pela diferença em seu design, a utilização de suspensórios ao invés do uso do cinto

permite um maior afastamento do tecido em relação ao corpo e, conseqüentemente, uma maior circulação de ar durante a execução da atividade física.

8.3 FORMULÁRIO DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA

A análise do formulário de percepção subjetiva tem como objetivo compreender as percepções dos participantes sobre o uso dos fardamentos avaliados. Foram coletadas informações sobre o nível de incômodo gerado pelos diferentes fardamentos, os pontos específicos de desconforto e descrições qualitativas das impressões dos usuários.

8.3.1 ANÁLISE QUANTITATIVA:

Para avaliar o nível de incômodo gerado por cada fardamento, foi realizada uma análise estatística descritiva, considerando médias, moda, desvio padrão e distribuição percentil. Os resultados estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Análise Quantitativa do Grau de Incômodo por Fardamento

Fardamento	Média	Moda	Desvio Padrão	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
5º A	1.888889	2	0.927961	1.0	1.0	2.0	2.00	4.0
MultiMissão	2.125000	2	0.640870	1.0	2.0	2.0	2.25	3.0
MultiMissão Leve	1.375000	1	0.517549	1.0	1.0	1.0	2.00	2.0

Os resultados indicam que o fardamento MultiMissão Leve foi considerado o menos incômodo, apresentando a menor média e menor desvio padrão, sugerindo maior conforto para os usuários. O fardamento MultiMissão, embora tenha apresentado uma média próxima à do 5ºA, teve menor variabilidade, indicando uma experiência mais consistente entre os participantes.

8.3.2 ANÁLISE QUALITATIVA:

Para aprofundar a análise, os participantes foram solicitados a indicar os pontos específicos de desconforto e a descrever qualitativamente sua experiência com os fardamentos. Os pontos de desconforto mais recorrentes foram representados no gráfico da figura 10. A nuvem de palavras da figura 11 destaca as sensações subjetivas dos participantes.

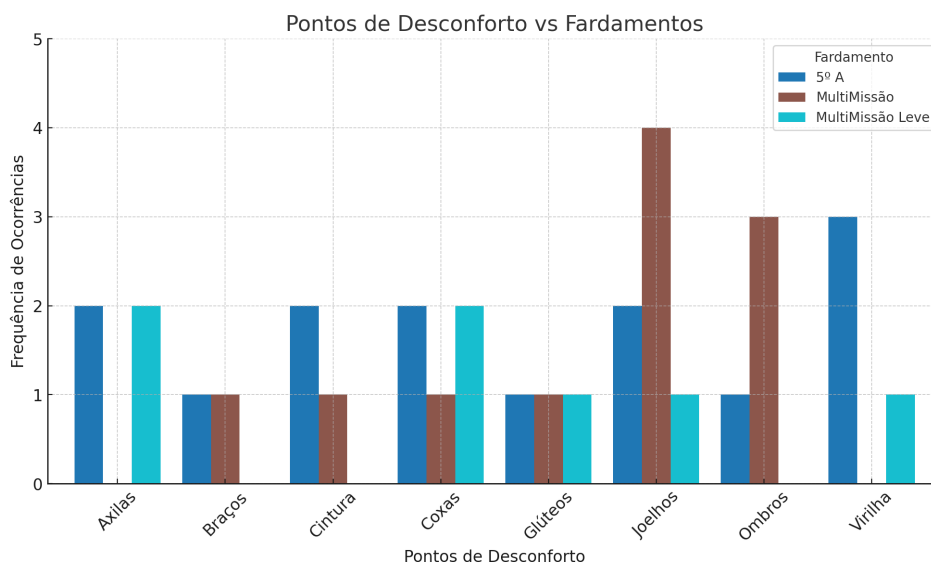


Figura 10 – Pontos de desconforto indicados por fardamento

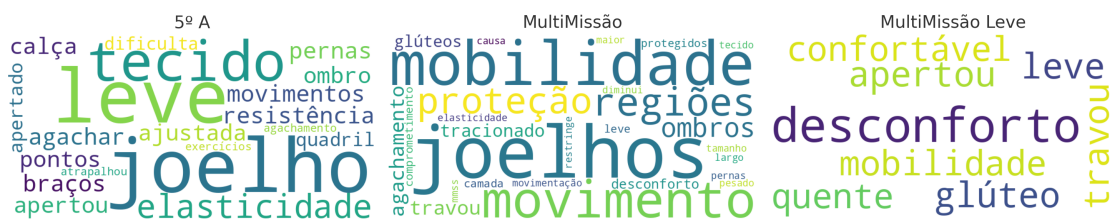


Figura 11 – Nuvem de palavras com as palavras-chave da descrição de desconforto indicados por fardamento

As descrições de percepção subjetiva reforçam que o peso e a flexibilidade do uniforme foram fatores determinantes no conforto percebido pelos usuários. O fardamento **MultiMissão Leve** foi frequentemente associado a maior liberdade de movimento.

8.3.3 RESUMO

A análise subjetiva dos participantes permitiu identificar padrões de conforto e incômodo entre os fardamentos testados. Os principais achados são:

- I. O EPI MultiMissão Leve apresentou a melhor avaliação subjetiva dos usuários, sendo o fardamento com menos avaliações negativas e menos pontos de incômodo.
- II. O 5ºA demonstrou uma avaliação subjetiva intermediária, apresentando críticas pontuais tanto na parte inferior quanto na parte superior do fardamento.

- III. O EPI MultiMissão apresentou a pior avaliação subjetiva com a maior quantidade de relatos no campo descritivo e a maior incidência de críticas em pontos específicos, em ambas as partes do fardamento. Destaca-se, em especial os joelhos e os ombros.

9 Conclusão

O presente estudo propôs uma metodologia para comparação de fardamentos operacionais baseada em três pilares: mobilidade funcional, comportamento térmico e percepção subjetiva dos usuários. O trabalho também aplicou a metodologia proposta para comparar os fardamentos e equipamentos de proteção individuais utilizados pelo CBMSC para a atividade de Busca Terrestre. A análise incluiu os fardamentos 5ºA, EPI MultiMissão e EPI MultiMissão Leve, com base em testes padronizados e reprodutíveis.

9.1 CLASSIFICAÇÃO DOS FARDAMENTOS

Apresenta-se a seguir a classificação entre os fardamentos em cada uma das categorias.

9.1.1 *FUNCTIONAL MOVEMENT SCREEN*

- I. O 5ºA apresentou os resultados mais próximos à linha de base, não atrapalhando a movimentação.
- II. O EPI MultiMissão Leve demonstrou mobilidade intermediária, com alguma restrição em certos padrões de movimento.
- III. O EPI MultiMissão apresentou o maior impacto na mobilidade, sendo mais rígido em alguns pontos e com menor flexibilidade nas articulações.

9.1.2 COMPORTAMENTO TÉRMICO

- I. O EPI MultiMissão apresentou os melhores resultados médios em termos de comportamento térmico, apesar de possuir o maior Coeficiente de Variação, sugerindo maior dependência sobre a fisiologia do usuário.
- II. O 5ºA demonstrou comportamento térmico intermediário, apresentando uma variação de temperatura elevada em sua parte inferior e menor variação em sua parte superior, mas por ter apresentado o menor Coeficiente de Variação

de toda a amostra, se destaca positivamente por ter um comportamento mais estável.

- III. O EPI MultiMissão Leve apresentou o pior comportamento térmico considerando os fardamentos testados, apresentando uma variação de temperatura menor em sua parte inferior e maior variação em sua parte superior, além de ter apresentado um Coeficiente de Variação intermediário.

9.1.3 PERCEPÇÃO SUBJETIVA

- I. O EPI MultiMissão Leve apresentou a melhor avaliação subjetiva dos usuários, sendo o fardamento com menos avaliações negativas e menos pontos de incômodo.
- II. O 5ºA demonstrou uma avaliação subjetiva intermediária, apresentando críticas pontuais tanto na parte inferior quanto na parte superior do fardamento.
- III. O EPI MultiMissão apresentou a pior avaliação subjetiva com a maior quantidade de relatos no campo descritivo e a maior incidência de críticas em pontos específicos, em ambas as partes do fardamento. Destacam-se os joelhos e os ombros.

Para cada um dos elementos avaliados, atribuiu-se a pontuação 3 para o fardamento melhor classificado, 2 para o intermediário e 1 para o que menos se destacou. A pontuação final está descrita na tabela 11:

Tabela 11 – Pontuação geral dos fardamentos

Fardamento	FMS	Comportamento Térmico	Percepção Subjetiva	Pontuação Final
5º A	3	2	2	7
MultiMissão Leve	2	1	3	6
MultiMissão	1	3	1	5

Considerando todos os critérios avaliados e a pontuação atribuída a cada um dos uniformes, conclui-se que, dos fardamentos testados e com a metodologia utilizada, o fardamento mais indicado para a atividade de Busca Terrestre é o **fardamento 5ºA**.

9.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa demonstrou que, embora existam avanços significativos no desenvolvimento de uniformes mais adaptados às necessidades operacionais, nenhum dos modelos analisados atende completamente a todas as demandas da atividade.

9.2.1 O EPI MULTIMISSION LEVE

Ao se comparar com o MultiMissão, o EPI MultiMissão Leve mostra uma clara evolução em termos de mobilidade e percepção do usuário. Entretanto ainda carece de melhorias, em especial quando se trata de comportamento térmico.

A metodologia aplicada pode ter influenciado os resultados, pois a exigência do uso padronizado da jaqueta pode ter prejudicado a avaliação realista do EPI MML. Apesar do uso do fardamento sem a jaqueta ser admitido, sendo utilizada a calça do EPI pareada com uma camiseta de manga longa vermelha em 100% poliamida, o que, a princípio, reduziria os efeitos térmicos da parte superior do uniforme, deve ser considerada sua influência na segurança oferecida e nos impactos na identidade visual dos militares do CBMSC.

Um diferencial do MML em relação aos demais uniformes, que deve ser considerado ao se examinar a possibilidade de institucionalização de um EPI para determinada atividade, é sua impermeabilidade. Essa característica é imprescindível para atividades como a Busca Terrestre, dada sua atuação em ambientes abertos e sujeitos a intempéries.

9.2.2 ESCOLHA DOS PARTICIPANTES

A seleção dos participantes e o número reduzido de sujeitos podem ter influenciado os resultados, uma vez que todos pertenciam ao mesmo grupo e compartilhavam rotinas semelhantes de treinamento físico e alimentação, o que pode ter introduzido um viés nos achados.

Além disso, a limitação de tamanho disponível do EPI MML restringiu o número de participantes aptos a utilizá-lo, reduzindo a diversidade da amostra e, consequentemente, a capacidade de generalização dos resultados para a população total de bombeiros militares.

9.2.3 ALTERAÇÕES NOS FARDAMENTOS

Após o período de coleta de dados, tanto o EPI MM quanto o fardamento 5ºA sofreram alterações significativas, conforme as portarias 428 e 429 da corporação do

ano de 2025 respectivamente (CBMSC, 2025a)(CBMSC, 2025b).

Em virtude da falta de disponibilidade das novas versões dos equipamentos e de tempo útil para realização da pesquisa, foi optado pela não aplicação da metodologia nessas versões dos uniformes.

Apesar das novas versões dos uniformes não terem passado pela avaliação proposta nesse estudo, isso não implica que não tenham passado por algum tipo de avaliação. Decisões sobre os uniformes, por impactarem significativamente a corporação e o serviço operacional, envolvem inúmeras etapas e análises que visam validar as escolhas realizadas pelo comando da corporação.

9.3 TRABALHOS FUTUROS

Com base nas limitações e descobertas deste estudo, recomenda-se que futuras pesquisas:

- Expandam a amostra de participantes, incluindo bombeiros de diferentes biotipos, níveis de experiência operacional e de outras regiões do estado.
- Apliquem a metodologia de avaliação às novas versões do EPI MM e do 5ºA, para verificar se as modificações impactaram positivamente o desempenho operacional.
- Apliquem a metodologia de avaliação às combinações do MML com a camiseta manga longa em 100% poliamida, MM com a camiseta padrão CBMSC e o 5ºA com a camiseta padrão CBMSC.
- Utilizem medições fisiológicas mais detalhadas, como monitoramento de frequência cardíaca e termografia, para validar objetivamente os efeitos térmicos de cada fardamento no usuário.

A continuidade da aplicação desta metodologia pode contribuir para o aprimoramento dos uniformes e Equipamentos de Proteção Individuais utilizados pelo CBMSC, contribuindo para um processo mais transparente, replicável e tecnicamente fundamentado.

REFERÊNCIAS

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The internet of things: A survey. **Computer networks**, Elsevier, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010. Citado na p. 25.

AZEVEDO, Paulo Roberto Medeiros de; MORALES, Fidel Ernesto Castro; PINHO, André Luís Santos de. **Métodos Básicos de Estatística**. Natal, RN, Brasil: EDUFRN, 2018. ISBN 978-85-425-0782-9. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br/>>. Citado nas pp. 36, 37.

BOCK, Clare; ORR, Robin M. Use of the functional movement screen in a tactical population: a review. **Journal of Military and Veterans Health**, Department of Defence Canberra, v. 23, n. 2, p. 33–42, 2015. Citado na p. 24.

CAUDURO, Melina. Lean Innovation no Resgate Veicular do CBMSC: o desenvolvimento do EPI Multimissão. **CBMSC - Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**, 2023. Citado na p. 21.

COOK, Gray; BURTON, Lee; HOOGENBOOM, Barb. Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function—part 1. **North American journal of sports physical therapy: NAJSPT**, The Sports Physical Therapy Section of the American Physical Therapy Association, v. 1, n. 2, p. 62, 2006. Citado nas pp. 18, 23, 24.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Descritivo EPI Vestuário BTR CBMSC**. Florianópolis, 2023. Citado na p. 22.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Portaria nº 428, de 2 de julho de 2025**. [S.l.: s.n.], 2025. Citado na p. 50.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Portaria nº 429, de 3 de julho de 2025**. [S.l.: s.n.], 2025. Citado na p. 50.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Resolução nº 16, de 7 de junho de 2023**. [S.l.: s.n.], 2023. Citado nas pp. 16, 20, 21.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Teste EPI Multimissão Leve**. Florianópolis, 2023. Citado nas pp. 22, 23.

GIUSTO, Daniel et al. **The internet of things: 20th Tyrrhenian workshop on digital communications**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2010. Citado na p. 25.

GRIBBLE, Phillip A et al. Intrarater reliability of the functional movement screen. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, LWW, v. 27, n. 4, p. 978–981, 2013. Citado na p. 25.

GUBBI, Jayavardhana et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future generation computer systems**, Elsevier, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, 2013. Citado na p. 25.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION AND INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION AND INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **ISO/IEC/IEEE 42010:2011 - Systems and software engineering — Architecture description**. [S.l.]: ISO/IEC/IEEE, 2011. Available at: <https://www.iso.org/standard/50508.html>. Citado na p. 25.

ORR, Robin et al. Impact of various clothing variations on firefighter mobility: A pilot study. **Safety**, Mdpi, v. 5, n. 4, p. 78, 2019. Citado nas pp. 17, 24, 33, 34.

SHELDON, Michael R; FILLYAW, Michael J; THOMPSON, W Douglas. The use and interpretation of the Friedman test in the analysis of ordinal-scale data in repeated measures designs. **Physiotherapy Research International**, Wiley Online Library, v. 1, n. 4, p. 221–228, 1996. Citado na p. 36.

TEYHEN, Deydre S et al. The functional movement screen: a reliability study. **Journal of orthopaedic & sports physical therapy**, JOSPT, Inc. JOSPT, 1033 North Fairfax Street, Suite 304, Alexandria, VA . . ., v. 42, n. 6, p. 530–540, 2012. Citado na p. 24.

Apêndices

A O Fardamento 5ºA e Sua Influência no CBMSC

10 de Fevereiro de 2025

Entrevistado: Coronel BM Losso

ENTREVISTA

Cadete BM Senna:

Qual era o contexto para o desenvolvimento do fardamento 5ºA?

Coronel BM Losso:

Em 2004, o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) já estava separado da Polícia Militar desde 13 de junho de 2003. Naquele período, foi necessária a aprovação de várias legislações complementares para definir questões administrativas, como a permanência de bombeiros na nova instituição ou a possibilidade de retorno à Polícia Militar para aqueles que desejassem. Essa legislação também tratava da transferência de oficiais e praças da PM para o CBMSC, respeitando o quadro de vagas estabelecido na Lei de Fixação de Efetivo.

Após esse período de escolha, que durou cerca de seis meses e terminou em fevereiro de 2004, o comandante-geral da época, coronel Adilson Alcides de Oliveira, criou uma comissão para a criação do fardamento do CBMSC, composta por mim (coronel Diogo Bahia Losso), pelo coronel Alexandre Corrêa Dutra e pelo coronel Marcos de Oliveira.

O objetivo dessa comissão era desenvolver um uniforme próprio para os bombeiros, que historicamente sempre buscaram se diferenciar da Polícia Militar. Naquele momento, utilizávamos fardamento cáqui, mas já havíamos incorporado elementos distintos, como camiseta e cinto vermelhos, além de um calçado diferenciado, o borzeguim, em vez do coturno. Naquela época ainda não se utilizava, de maneira generalizada, EPI de combate a incêndio, por isso o tecido utilizado era brim 100% algodão, pois esse material, ao contrário dos sintéticos, não aderiria à pele em caso de exposição ao fogo.

Cadete BM Senna:

Como foi a definição da cor do fardamento?

Coronel BM Losso:

Diante da necessidade de um novo uniforme, discutimos qual cor deveria ser adotada. A cor cáqui não era uma opção, pois poderia gerar confusão com a PM e representar riscos para os bombeiros que atuavam em áreas perigosas.

Consideramos a cor cinza, mas logo descartamos essa opção, pois já era utilizada pelos Bombeiros Voluntários de Santa Catarina, e a adoção dessa cor pelo CBMSC poderia gerar conflitos institucionais. O coronel Adilson Alcides de Oliveira, então Comandante Geral, nos entregou uma farda operacional do Bombeiro da Polícia Militar de São Paulo, onde realizou o Curso de Especialização para Bombeiros, pedindo que usássemos aquela cor como referência. Esse tom, conhecido como "cinza bandeirante", tinha uma leve tonalidade azulada. A partir da solicitação do coronel Adilson Alcides de Oliveira, foi criada a cor "azul bandeirante" que é a utilizada no fardamento atual.

Cadete BM Senna:

Em algum momento, a cor laranja foi considerada?

Coronel BM Losso:

Não, pois houve uma experiência prévia negativa com o laranja na década de 1990. Os socorristas usavam naquela época uma farda de duas peças (calça e gandola) na cor laranja. Como não foi bem aceita, voltaram a usar a cor cáqui, com um colete laranja. Além disso, o laranja estava associado a empresas de limpeza urbana que operavam em diversas prefeituras do estado, o que tornava inviável sua adoção.

Cadete BM Senna:

Como foi a evolução do 5ºA ao longo do tempo?

Coronel BM Losso:

Inicialmente, o modelo do uniforme operacional seguiu o padrão da PM, com a gandola por dentro da calça e cinto vermelho. No entanto, em 2005-2006, ao iniciar a distribuição do novo fardamento, identificamos um problema: o tecido brim desbotava rapidamente, tornando-se visualmente inadequado. O desgaste da cor azul era muito mais perceptível do que o da cor cáqui (usada antes da emancipação), impactando a imagem institucional.

Para resolver esse problema, migramos do brim 100% algodão para o tecido "terbrim", composto por 67% poliéster e 33% algodão, com tecnologia *ripstop*, que proporcionava maior durabilidade e, também, maior resistência ao desbotamento. Com isso, foi necessário reforçar a necessidade do uso de EPIs para combate a incêndios, uma vez que o novo tecido sintético poderia aderir à pele em contato com chamas.

Removemos o bolso faca, acrescentamos os bolsos laterais e reforços nos joelhos e utilizamos técnicas com o tecido em áreas estratégicas para melhorar a mobilidade. Desde o início, também investimos na diferenciação do uniforme feminino, garantindo um corte mais adequado ao corpo das bombeiras, algo que não existia na PM.

Outra alteração significativa, que ocorreu posteriormente à criação, foi no design da

gandola, que passou a ser usada por fora da calça, seguindo o modelo adotado pelo Exército e por outros Corpos de Bombeiros estaduais.

Cadete BM Senna:

O manual de uniformes do CBMSC parece estar desatualizado, especialmente em relação ao uniforme operacional. Por que isso ocorre?

Coronel BM Losso:

O regulamento de uniformes do CBMSC foi estabelecido por decreto, e qualquer alteração formal requer outro decreto, envolvendo a Casa Civil e o governo do estado. No entanto, ao longo dos anos, diversos ajustes foram feitos via portarias, sem a devida atualização do regulamento oficial. Apesar da intenção inicial de manter um padrão estável, as mudanças necessárias foram sendo implementadas de maneira fragmentada por diversos comandos.

Em um determinado período, existiu uma Coordenadoria de Uniformes, mas ela nunca chegou a produzir uma atualização significativa ou a compilar essas portarias para transformar em um novo decreto.

O regulamento utilizado como base, de forma geral, continha pouquíssimas imagens dos uniformes, sendo que, na maioria das vezes, eram apenas fotos de policiais ou bombeiros militares vestindo tais uniformes. O documento não possuía uma descrição minuciosa dos trajes. Além disso, havia um problema relacionado ao uniforme operacional denominado 5ºA, que abrangia a gandola e a calça, admitindo também o uso de jaqueta sobreposta e pullover, isso pode gerar dúvidas sobre quais combinações são permitidas em um determinado evento, por exemplo. No Exército, essa nomenclatura é utilizada de maneira diferente: ao adicionar uma jaqueta ao uniforme, essa combinação passaria a ser denominada 5ºB, por exemplo.

Cadete BM Senna:

Qual é um grande desafio em relação ao fardamento operacional do CBMSC?

Coronel BM Losso:

Atualmente, um dos grandes desafios em relação ao uniforme do CBMSC é a adaptação às diversas condições climáticas do estado. Santa Catarina possui microrregiões com características muito distintas. Enquanto no interior as temperaturas são extremamente elevadas, especialmente em regiões afastadas da brisa do mar, o litoral apresenta um clima diferente. Florianópolis, por exemplo, tem uma variação menos extrema, no inverno não chega a ser tão frio quanto na região da Serra, onde ocorrem temperaturas negativas e até neve.

Pensar em um uniforme único que atenda a todas essas variações é um grande desafio. Há localidades onde, em um mesmo dia, ocorre uma grande amplitude

térmica: o amanhecer pode ser frio, o meio do dia quente, e à noite a temperatura volta a cair significativamente. Essa oscilação dificulta a escolha de um material que proporcione conforto térmico adequado para todas essas condições.

Além disso, a necessidade de um uniforme padronizado para toda a corporação deve ser equilibrada com a funcionalidade e o conforto para o bombeiro em serviço. Encontrar essa solução é uma tarefa complexa.

Cadete BM Senna:

Houve algum feedback da tropa sobre a mudança do fardamento?

Coronel BM Losso:

O primeiro feedback que recebemos foi negativo em relação ao desbotamento do tecido brim. No entanto, após a troca para o terbrim, sobre o uniforme operacional em si, não houve críticas relevantes. Pelo contrário, a mudança para a gandola por fora da calça foi bem recebida, melhorando a apresentação do efetivo.

Foram observados problemas em relação ao conforto térmico do fardamento com a mudança de tecido 100% algodão (brim) para a mescla atual (terbrim), o primeiro apresentando um desempenho térmico melhor do que o segundo. Atualmente, existem tecidos inteligentes que poderiam melhorar ainda mais a experiência dos bombeiros, mas a aquisição desse tipo de material esbarra em questões orçamentárias e nos processos de licitação pública, que muitas vezes impedem a compra de produtos com patentes específicas.

Cadete BM Senna:

Como a introdução do 5ºA impactou a identidade visual do CBMSC?

Coronel BM Losso:

A introdução do 5ºA ajudou a consolidar a identidade visual do CBMSC, diferenciando-o definitivamente da Polícia Militar. O bombeiro passou a ter um uniforme próprio, e a mudança foi bem recebida pela tropa. No início, devido à similaridade da cor azul, alguns bombeiros foram confundidos com membros da Força Aérea Brasileira, mas essa questão foi rapidamente superada com a consolidação do novo padrão.

A separação da PM trouxe a necessidade de afirmar a identidade dos bombeiros, e o uniforme teve um papel fundamental nesse processo. A adoção do novo fardamento foi um marco para a independência da corporação, tornando o CBMSC mais reconhecido e consolidando sua imagem perante a sociedade.

B Formulário de Percepção Subjetiva

B.1 INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a estrutura da análise subjetiva dos uniformes operacionais utilizados, considerando o impacto na mobilidade e os pontos de desconforto relatados pelos usuários.

B.2 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

B.2.1 NOME DO AVALIADO

B.2.2 UNIFORME AVALIADO

- () 5ºA
- () MultiMissão
- () MultiMissão Leve

B.2.3 IMPACTO DO UNIFORME NOS MOVIMENTOS

Em uma escala de 1 a 5, indique o quanto o uniforme atrapalhou os movimentos realizados.

(1 - Não atrapalhou, 5 - Atrapalhou muito)

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

B.2.4 PONTOS DE DESCONFORTO

Se o uniforme causou algum desconforto, marque os pontos específicos onde isso ocorreu durante os movimentos realizados:

- () Joelhos
- () Coxas
- () Virilha
- () Glúteos

- () Cintura
- () Abdômen
- () Peitoral
- () Axilas
- () Ombros
- () Braços
- () Antebraços
- () Pescoço

B.2.5 DESCRIÇÃO DO DESCONFORTO

Se o uniforme causou desconforto, descreva brevemente o tipo de sensação que você experimentou.:

B.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados coletados por meio desta pesquisa serão utilizados para uma análise dos fardamentos operacionais do CBMSC.

C Resultado do FMS

Tabela 12 – Dados FMS Linha de Base

Cadete	<i>Deep Squat</i>	<i>Hurdle Step Es-querdo</i>	<i>Hurdle Step Direito</i>	<i>In-Line Lunge Es-querdo</i>	<i>In-Line Lunge Direito</i>	<i>Shoulder Mobility Es-querdo</i>	<i>Shoulder Mobility Direito</i>	<i>Active Straight Leg Raise Es-querdo</i>	<i>Active Straight Leg Raise Direito</i>	<i>Trunk Stability Push-up</i>	<i>Rotary Stability</i>
1	3	3	3	2	2	1	1	1	1	3	2
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2
4	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2
5	2	2	3	2	3	2	2	3	3	3	2
6	2	3	3	3	3	1	1	2	2	3	2
7	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
8	2	3	3	3	3	0	0	2	2	3	2

Tabela 13 – Dados FMS 5ºA

Cadete	<i>Deep Squat</i>	<i>Hurdle Step Es-querdo</i>	<i>Hurdle Step Direito</i>	<i>In-Line Lunge Es-querdo</i>	<i>In-Line Lunge Direito</i>	<i>Shoulder Mobility Es-querdo</i>	<i>Shoulder Mobility Direito</i>	<i>Active Straight Leg Raise Es-querdo</i>	<i>Active Straight Leg Raise Direito</i>	<i>Trunk Stability Push-up</i>	<i>Rotary Stability</i>
1	2	3	3	3	3	3	2	1	2	3	2
2	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2
3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2
4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2
5	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2
6	2	3	2	3	3	1	1	2	2	3	2
7	2	2	2	3	3	3	3	2	2	3	2
8	2	2	2	3	3	1	1	2	2	3	2

Tabela 14 – Dados FMS MultiMissão

Cadete	<i>Deep Squat</i>	<i>Hurdle Step Es-querdo</i>	<i>Hurdle Step Direito</i>	<i>In-Line Lunge Es-querdo</i>	<i>In-Line Lunge Direito</i>	<i>Shoulder Mobility Es-querdo</i>	<i>Shoulder Mobility Direito</i>	<i>Active Straight Leg Raise Es-querdo</i>	<i>Active Straight Leg Raise Direito</i>	<i>Trunk Stability Push-up</i>	<i>Rotary Stability</i>
1	2	2	2	3	2	2	2	1	1	3	2
2	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2
3	3	3	2	3	3	2	2	3	2	3	2
4	2	3	3	3	3	3	2	2	1	3	2
5	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2
6	2	2	2	2	2	1	1	2	2	3	2
7	2	2	2	1	1	3	3	2	2	3	2
8	2	1	1	2	2	1	1	1	1	3	2

Tabela 15 – Dados FMS MultiMissão Leve

Cadete	<i>Deep Squat</i>	<i>Hurdle Step Es-querdo</i>	<i>Hurdle Step Direito</i>	<i>In-Line Lunge Es-querdo</i>	<i>In-Line Lunge Direito</i>	<i>Shoulder Mobility Es-querdo</i>	<i>Shoulder Mobility Direito</i>	<i>Active Straight Leg Raise Es-querdo</i>	<i>Active Straight Leg Raise Direito</i>	<i>Trunk Stability Push-up</i>	<i>Rotary Stability</i>
1	2	3	3	2	1	1	1	1	1	3	1
2	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2
3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	2
4	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3
5	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2
6	2	3	3	3	3	1	1	2	1	3	2
7	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2
8	2	2	2	3	3	1	1	1	1	3	2