Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO AUXILIAR PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA NO TRANSPORTE DE VÍTIMAS EM ÁREAS DE DIFÍCIL ACESSO SOB A ÓTICA DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DEVELOPMENT OF AN AUXILIARY DEVICE TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF VICTIM TRANSPORTATION IN HARD-TO-ACCESS AREAS FROM THE PERSPECTIVE OF PRODUCTION ENGINEERING

Amilton Silva de Moraes Junior, Diego dos Santos Tavares, Mauricio Rodrigues Duarte de Oliveira, Mirià Amancio Silva, Carlos Alberto Amaral Moino

Universidade Santa Cecília, Curso de Engenharia de Produção
E-mail de contato: amiltonmoraesjr@hotmail.com

RESUMO – Este artigo apresenta o projeto de um dispositivo auxiliar para o transporte de vítimas em áreas de difícil acesso, desenvolvido com apoio de ferramentas da Engenharia de Produção. O QFD relacionou oito necessidades dos usuários a dez requisitos técnicos, com 1.607 pontos ponderados. A Matriz de Pugh comparou três alternativas com duas rodas, priorizando a configuração central (A), com quatro pontos. A DFMEA identificou nove modos potenciais de falha e estabeleceu medidas preventivas. Como resultado, foram definidos a configuração preferencial, os requisitos funcionais e as diretrizes técnicas para a construção do equipamento.

Palavras-chave: Engenharia de Produção; desenvolvimento de produtos; transporte de vítimas; QFD; análise de falhas.

ABSTRACT – This paper presents the design of an auxiliary device for transporting victims in hard-to-access areas, developed using Industrial Engineering methods. QFD linked eight user needs to ten technical requirements, totaling 1,607 weighted points. A Pugh matrix compared three two-wheel configurations and prioritized the centrally positioned arrangement (A), with four points. DFMEA identified nine potential failure modes and established preventive measures. The results defined a preferred configuration, functional requirements, and technical guidelines for the device construction.

Keywords: Industrial Engineering; product development; victim transport; QFD; failure analysis.

ISSN 2317-1316

1 INTRODUÇÃO

O transporte de vítimas em áreas de difícil acesso apresenta dificuldades específicas, sobretudo em escadarias, aclives, passagens estreitas e superfícies irregulares ou escorregadias. Nessas condições, a movimentação manual da maca exige esforço dos profissionais e atenção constante à estabilidade do conjunto. Conforme o California Governor's Office of Emergency Services (2023), equipamentos e procedimentos de busca e salvamento precisam considerar as particularidades do ambiente de operação.

Além das condições do percurso, o projeto de equipamentos de resgate exige atenção à interação entre vítima, operadores e dispositivo. O estudo dos fatores humanos auxilia a reconhecer situações que podem comprometer o manuseio e a segurança durante a utilização (WEINGER; WIKLUND; GARDNER-BONNEAU, 2010). A Norma Regulamentadora nº 17 também oferece parâmetros ergonômicos relevantes à análise das exigências físicas da atividade (BRASIL, 2022).

Para compreender as dificuldades do transporte, realizou-se um levantamento com profissionais da Defesa Civil. As respostas destacaram o esforço físico, a condução manual e os obstáculos encontrados em trajetos de acesso limitado. Com base nesse diagnóstico, desenvolveu-se o projeto de um dispositivo auxiliar acoplável a uma maca ou prancha de resgate. A proposta reúne apoio à carga, recursos de condução e soluções de estabilidade, sem interferir nas funções de acondicionamento da vítima e nos procedimentos assistenciais.

O objetivo deste artigo é apresentar as decisões de engenharia adotadas no projeto do equipamento, com ênfase na definição dos requisitos, na comparação de alternativas de rodagem e na prevenção de falhas. Para isso, foram utilizados o Desdobramento da Função Qualidade (QFD), a Matriz de Pugh e a Análise de Modos e Efeitos de Falha de Projeto (DFMEA). O estudo resultou na priorização de uma configuração construtiva e na consolidação dos requisitos que orientaram sua definição.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) organiza a passagem das necessidades dos usuários para requisitos, funções e alternativas de solução, contribuindo para a fundamentação das escolhas de projeto (ROZENFELD et al., 2006). No dispositivo

ISSN 2317-1316

desenvolvido, essa lógica foi aplicada desde a caracterização das dificuldades de transporte até a seleção da arquitetura e a definição dos cuidados necessários aos subsistemas. O QFD, a Matriz de Pugh e a DFMEA concentram os três resultados discutidos neste artigo.

2.1 Desdobramento da Função Qualidade (QFD)

O Desdobramento da Função Qualidade (QFD) relaciona as necessidades dos usuários às características técnicas de um produto. Mediante pesos de importância e graus de relacionamento, identifica os requisitos que devem receber maior atenção na elaboração do projeto. Cerqueira (2011) descreve sua aplicação ao desenvolvimento de produtos e destaca a possibilidade de associá-lo à análise preventiva de falhas.

2.2 Matriz de Pugh

A Matriz de Pugh é empregada para comparar alternativas a partir de critérios comuns e de uma referência, denominada datum. O método torna explícitas as vantagens e limitações atribuídas a cada proposta, permitindo documentar a justificativa da seleção. Puertas (2025) apresenta a ferramenta como apoio à decisão no desenvolvimento de soluções de natureza ergonômica.

2.3 Análise de modos e efeitos de falha (DFMEA)

A Análise de Modos e Efeitos de Falha de Projeto (DFMEA) examina como os componentes e as funções de um produto podem falhar, quais efeitos essas falhas podem produzir e quais providências reduzem os riscos associados. Sua aplicação complementa a seleção das alternativas ao incorporar critérios de segurança às especificações técnicas. A relação entre QFD e FMEA também é abordada por Cerqueira (2011).

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi caracterizada como aplicada, exploratória e descritiva, com abordagem predominantemente qualitativa e procedimentos quantitativos de apoio à decisão. O estudo teve como objeto o projeto de um dispositivo auxiliar de transporte terrestre, considerando as dificuldades de remoção de vítimas em morros e acessos restritos de Santos (SP). O desenvolvimento foi organizado em levantamento de necessidades, definição de requisitos, geração de alternativas, comparação de configurações e análise preventiva de falhas. O recorte

ISSN 2317-1316

compreendeu a movimentação da vítima em maca ou prancha, sem substituir os procedimentos de atendimento.

As necessidades foram identificadas por meio de questionário respondido por três profissionais da Defesa Civil em setembro de 2026. Os relatos foram agrupados por temas, como esforço físico, condições do terreno, manuseio da maca e adequação dos equipamentos. O levantamento teve caráter exploratório e não foi utilizado para estimar a frequência das ocorrências. A interpretação das respostas subsidiou as decisões de projeto, que foram registradas separadamente das informações fornecidas pelos participantes.

No QFD, foram relacionadas oito necessidades a dez requisitos técnicos. A equipe atribuiu pesos de 1 a 5 às necessidades: redução do esforço (5), segurança (5), estabilidade (5), adaptação a terrenos adversos (5), passagem por acessos restritos (5), facilidade de manuseio (4), conforto (3) e eficiência do transporte (4). As relações com os requisitos foram classificadas como fortes (9), moderadas (3), fracas (1) ou ausentes (0). A pontuação de cada requisito foi calculada por $Pj = \Sigma(Ii \times Rij)$, em que Ii corresponde ao peso da necessidade e Rij, à intensidade da relação. A participação percentual foi obtida por $100 \times Pj/\Sigma Pj$. Os pesos e as relações representam avaliações técnicas da equipe fundamentadas no diagnóstico, e não notas atribuídas pelos respondentes.

A análise funcional organizou as funções do dispositivo, e a Matriz Morfológica reuniu princípios construtivos para atendê-las. A partir dessas definições, foram estabelecidas três configurações com duas rodas de cadeira de rodas: A, com rodas laterais próximas à região central do chassi; B, com uma roda próxima à extremidade dianteira e outra à traseira; e C, com rodas laterais centrais e sistema adicional de amortecimento. As alternativas foram comparadas pela Matriz de Pugh em nove critérios ponderados, utilizando o transporte manual em maca-prancha como referência. Para cada critério, atribuiu-se +1 à vantagem técnica prevista, 0 à ausência de diferença fundamentada e −1 à desvantagem prevista. As somas ponderadas permitiram identificar a configuração preferencial para o projeto.

A DFMEA complementou a comparação ao examinar nove modos potenciais de falha associados à estrutura, às rodas, aos eixos e às fixações, à estabilidade, à retenção da prancha, ao controle em declividades, aos apoios estáticos, às manoplas e à transmissão de impactos. Também foram consideradas as particularidades do amortecimento na alternativa C. Cada ocorrência potencial foi relacionada a seus efeitos e a medidas de prevenção. Adotou-se

ISSN 2317-1316

classificação qualitativa conforme a gravidade dos efeitos, sem calcular Número de Prioridade de Risco (NPR), pois não havia dados que sustentassem pontuações de ocorrência e detecção para as arquiteturas estudadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do problema e requisitos do dispositivo

O levantamento indicou o transporte manual como a principal dificuldade apontada pelos participantes. A região da coluna foi mencionada nas respostas como uma das mais exigidas fisicamente, e os equipamentos disponíveis foram avaliados como parcialmente adequados. Entre os obstáculos relatados destacaram-se escadarias, pisos escorregadios, terrenos irregulares e subidas íngremes. Essas observações foram utilizadas para identificar necessidades de projeto, sem extrapolar as percepções dos três respondentes para a totalidade das operações de resgate.

O QFD consolidou dez requisitos técnicos e totalizou 1.607 pontos ponderados. Os maiores percentuais foram obtidos por progressão em terreno irregular (16,43%), facilidade de operação (15,31%), estabilidade e retenção (13,44%), massa própria do dispositivo (11,82%) e força exigida na condução (10,58%). Em conjunto, esses cinco requisitos representaram 67,58% da pontuação total. A Tabela 1 apresenta a classificação utilizada para orientar as escolhas de rodagem, geometria, condução e contenção.

Tabela 1: Priorização dos requisitos técnicos obtida pelo QFD

Código	Requisito técnico	Pontos	Participação
RT7	Progressão em terreno irregular	264	16,43%
RT9	Facilidade de operação	246	15,31%
RT6	Estabilidade e retenção	216	13,44%
RT1	Massa própria do dispositivo	190	11,82%
RT5	Força exigida na condução	170	10,58%
RT3	Comprimento útil e total	132	8,21%
RT4	Capacidade estrutural de carga	112	6,97%
RT8	Passagem e manobra em acessos restritos	109	6,78%
RT2	Largura externa	87	5,41%
RT10	Resistência ambiental e manutenção	81	5,04%

Fonte: elaboração própria (2026). Soma ponderada dos dez requisitos = 1.607 pontos.

ISSN 2317-1316

A classificação evidenciou que o sistema de deslocamento, a facilidade de manobra e a estabilidade precisavam ser examinados em conjunto. Dessa forma, a posição das rodas passou a constituir uma decisão central do projeto. A busca por menor massa foi associada à necessidade de resistência estrutural, e a redução do esforço de condução foi relacionada à distribuição da carga e à geometria das manoplas. Embora os requisitos tenham recebido prioridades diferentes, os aspectos de segurança foram tratados como condições obrigatórias de projeto.

4.2 Seleção da configuração pela Matriz de Pugh

Foram comparadas três configurações de rodagem. Na alternativa A, as duas rodas ficam lateralmente posicionadas na região central da estrutura, próximas ao centro de massa considerado no projeto. Na alternativa B, os apoios de rodagem foram distribuídos longitudinalmente, com uma roda na parte dianteira e outra na traseira. A alternativa C manteve a disposição central e incorporou um sistema de amortecimento. As três soluções foram avaliadas por meio dos mesmos nove critérios, considerando a contribuição esperada de cada arquitetura e as restrições identificadas na análise funcional.

Tabela 2: Matriz de Pugh – comparação das três configurações de rodagem

Critério	Peso	A	B	C
Segurança e estabilidade	5	0	0	0
Menor esforço de sustentação	5	+	+	+
Progressão em irregularidades	5	0	−	0
Resistência estrutural	5	0	0	0
Controle em declividades	5	−	−	−
Redução de impactos	4	0	0	+
Resistência a água e lama	4	0	0	0
Facilidade de manobra	4	+	−	0
Fabricação e manutenção	3	0	0	−

Fonte: elaboração própria (2026). Referência: transporte manual com maca-prancha; (+) vantagem técnica considerada, (0) ausência de diferença fundamentada, (−) desvantagem considerada. Pontuação ponderada: A = +4; B = −9; C = +1. Avaliações estabelecidas pela equipe de projeto.

A soma ponderada da Matriz de Pugh resultou em +4 pontos para a alternativa A, −9 para B e +1 para C. O conceito A apresentou o melhor equilíbrio entre apoio à carga, possibilidade de manobra e simplicidade do sistema. A alternativa B recebeu avaliação desfavorável nos critérios de progressão em irregularidades e facilidade de manobra, em razão do afastamento

ISSN 2317-1316

longitudinal entre os pontos de rodagem. O conceito C obteve vantagem na redução de impactos, mas a incorporação do amortecimento aumentou a complexidade de fabricação e manutenção. Com base nesses critérios, a alternativa A foi selecionada como referência construtiva do projeto.

A diferença de três pontos entre A e C indicou que a seleção não deveria depender apenas do resultado numérico. A comparação foi interpretada juntamente com as condições de estabilidade, contenção da prancha e controle em declividades. Também se considerou que a distância entre as rodas no sentido longitudinal não assegura, por si só, estabilidade lateral, assim como o amortecimento não substitui mecanismos de retenção. Dessa análise resultou a adoção da configuração A, associada a exigências específicas de controle e segurança estabelecidas na DFMEA.

4.3 Avaliação preventiva dos modos potenciais de falha

A DFMEA identificou nove grupos de falhas potenciais: deformação ou ruptura do chassi; problemas nas rodas, eixos e fixações; tombamento lateral ou longitudinal; perda de retenção da prancha; deslocamento não comandado em rampas; falhas dos apoios estáticos; esforço excessivo nas manoplas; transmissão de impactos; e falhas em articulações, componentes de amortecimento ou proteções ambientais. A análise destacou cinco situações de prioridade crítica e quatro de prioridade alta, segundo seus possíveis efeitos sobre a vítima e os operadores.

A classificação resultou em diretrizes específicas para o projeto: resistência compatível com o carregamento adotado; seleção de rodas e eixos em função das solicitações previstas; definição da base de apoio e da posição do centro de massa; conexão positiva da prancha à estrutura; recursos de controle do movimento em declividades; e travamento dos apoios de parada. Também foram estabelecidos critérios de ergonomia para as manoplas e de proteção dos componentes sujeitos a água, lama e impactos. Para o conceito C, registraram-se ainda os cuidados relativos ao curso de amortecimento e às articulações.

Ao contrário de uma avaliação restrita à escolha da arquitetura, a DFMEA permitiu registrar as condições necessárias à sua utilização segura. O QFD identificou as características prioritárias, a Matriz de Pugh fundamentou a seleção da disposição das rodas e a DFMEA traduziu os principais riscos em exigências técnicas. A integração das três ferramentas forneceu,

ISSN 2317-1316

assim, uma justificativa contínua para a configuração escolhida e para os recursos de segurança incorporados às especificações do dispositivo.

Quadro 1: Modos potenciais de falha, prioridade e decisões de prevenção

Modo potencial de falha	Prioridade	Ação preventiva/verificação
Chassi: deformação ou ruptura	Crítica	Resistência do chassi e das ligações adotada como requisito de dimensionamento estrutural.
Duas rodas/eixos: falha ou desalinhamento	Crítica	Capacidade das duas rodas, dos eixos, cubos e fixações definida como critério de seleção.
Tombamento lateral/longitudinal	Crítica	Centro de massa, geometria de apoio e controle em inclinações estabelecidos como condições de projeto.
Prancha: perda de retenção	Crítica	Fixação mecânica positiva da prancha especificada como requisito de retenção.
Deslocamento sem controle em rampa	Crítica	Frenagem e retenção contra movimento involuntário definidas como funções obrigatórias.
Apoios estáticos: falha	Alta	Travamento dos apoios e resistência nas paradas incluídos nas especificações.
Manoplas: força ou postura excessiva	Alta	Altura das manoplas, postura e força de condução incorporadas aos critérios ergonômicos.
Transmissão excessiva de impactos	Alta	Atenuação dos impactos e integridade da vítima incluídas nos critérios de avaliação.
Amortecimento, articulações ou corrosão	Alta	Para C, controle do curso do amortecimento e proteção das articulações contra água e lama.

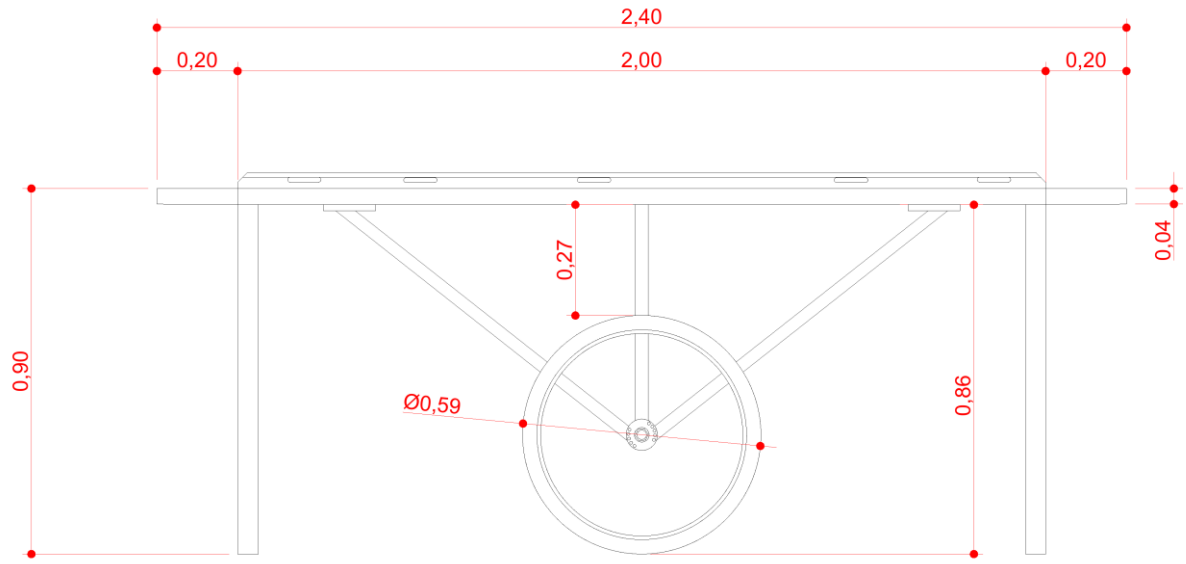
Fonte: elaboração própria (2026). Classificação qualitativa fundamentada nos efeitos potenciais. Não foram atribuídos números de prioridade de risco (NPR).

4.4 Consolidação das diretrizes do projeto

A configuração selecionada adotou um leito útil de 2,00 m e duas extensões de 0,20 m, uma em cada extremidade, destinadas às áreas de condução. Dessa forma, o comprimento total do conjunto é de 2,40 m (2,00 m + 0,20 m + 0,20 m), incluindo as extensões, conforme ilustrado na Figura 1. A altura de referência indicada no desenho técnico é de 0,90 m. O projeto priorizou duas rodas laterais na região central, conforme o conceito A, e manteve a necessidade de compatibilizar o posicionamento dos componentes com a prancha e com as condições de passagem. A carga útil de 300 kg foi mantida como parâmetro nominal de dimensionamento, e não como valor obtido em ensaio.

ISSN 2317-1316

Figura 1: Desenho técnico do dispositivo em vista lateral (dimensões em metros)



Fonte: elaboração própria (2026).

O resultado do estudo foi um conjunto organizado de decisões de engenharia. O QFD estabeleceu as prioridades funcionais; a Matriz de Pugh indicou a configuração de rodagem mais adequada aos critérios definidos; e a DFMEA consolidou os cuidados associados à sustentação, à estabilidade e ao controle do deslocamento. Esse encadeamento permitiu definir uma arquitetura construtiva e estabelecer as características que orientaram a elaboração do equipamento.

O estudo foi concluído com a definição da geometria longitudinal, da disposição das rodas, dos requisitos de retenção e dos critérios de dimensionamento e manuseio. Esses elementos constituem o produto técnico da pesquisa e oferecem uma referência organizada para a construção do equipamento. As decisões apresentadas decorrem das matrizes e das análises realizadas, sem serem confundidas com resultados de ensaios físicos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo desenvolveu o projeto de um dispositivo auxiliar para transporte de vítimas em áreas de difícil acesso, partindo das dificuldades relatadas por profissionais da Defesa Civil e utilizando ferramentas da Engenharia de Produção para fundamentar decisões técnicas. O QFD identificou os requisitos mais relevantes para a atividade; a Matriz de Pugh comparou três arquiteturas com duas rodas e priorizou a configuração com apoios laterais centrais; e a

ISSN 2317-1316

DFMEA organizou os modos potenciais de falha e as medidas de prevenção associadas ao equipamento.

Como resultado, foram estabelecidos o leito útil de 2,00 m, o comprimento total de 2,40 m já incluídas as duas extensões de 0,20 m, a arquitetura com rodas centrais e as principais condições de sustentação, fixação, condução e estabilidade. A integração das três ferramentas deu consistência à escolha da solução e produziu especificações para orientar sua construção. O trabalho se concluiu na definição fundamentada do projeto do dispositivo; as pontuações das matrizes expressam avaliações de engenharia e não devem ser confundidas com ensaios de desempenho ou certificação de segurança.

6 DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Foi utilizada a ferramenta ChatGPT (OpenAI, GPT-6) para revisão ortográfica, gramatical e adequação da linguagem em língua portuguesa, bem como para apoio à organização textual. A aprovação dos critérios, das interpretações técnicas e do conteúdo científico é de responsabilidade dos autores e do orientador.

7 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17): ergonomia. Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022.

CALIFORNIA GOVERNOR'S OFFICE OF EMERGENCY SERVICES. California Fire Service and Rescue Emergency Mutual Aid System: Urban Search & Rescue Program. Mather: Cal OES Fire and Rescue Division, 2023.

CERQUEIRA, Uryan Augusto Saviotti. Métodos QFD e FMEA para o desenvolvimento de novo produto: conceituação e estudo de caso. Exacta, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 29–40, 2011. DOI: 10.5585/Exacta.v9i1.2406.

PUERTAS, Carlos Augusto Palermo. Aplicação da metodologia multicritério matriz de Pugh na tomada de decisão para o desenvolvimento de solução e melhoria na resposta ergonômica em linha de produção automotiva. 2025. 145 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2025.

ROZENFELD, Henrique et al. Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

WEINGER, Matthew B.; WIKLUND, Michael E.; GARDNER-BONNEAU, Daryle J. (ed.). Handbook of human factors in medical device design. Boca Raton: CRC Press, 2010.