

## **GESTÃO DE PROJETOS E ENGENHARIA DE REQUISITOS APLICADA A ATIVOS LOGÍSTICOS DE RETAGUARDA: DESENVOLVIMENTO DE RACK METÁLICO PARA VISUAL MERCHANDISING**

### **Autores**

Emily Valentim dos Santos Ferreira<sup>1</sup>  
Gabriel Augusto de Carvalho Arruda<sup>2</sup>  
Willian Jefferson dos Santos Teixeira<sup>3</sup>  
Marcilio Antunes Leite Filho<sup>4</sup>

### **Resumo**

Este trabalho aborda o desenvolvimento de um rack metálico voltado ao suporte e transporte de componentes de Visual Merchandising (VM), como braços, tubos e régua, utilizados em lojas de vestuário. A fundamentação metodológica baseia-se na gestão de projetos, melhoria de processo, prazo e custo. Trata-se de uma pesquisa aplicada, descritiva e qualitativa, com caráter de pesquisa-ação, que utilizou a observação direta no ambiente corporativo para diagnosticar gargalos. O problema identificado reside no manuseio manual e improvisado de peças longas e pesadas, gerando fadiga, riscos ocupacionais e ineficiência. Para mitigar o efeito de gangorra e a desorganização, o projeto contemplou uma modelagem computacional 3D em software *Autodesk Fusion* e posterior fabricação metalmeccânica em aço carbono 1020 com acabamento em pintura esmalte preta acetinada. O rack foi equipado com rodízios omnidirecionais, puxadores laterais ergonômicos alinhados à norma NR-17 e um suporte regulável com manípulos rosqueáveis paralelos para ajustar-se a diferentes comprimentos de régua de cremalheira. Os resultados práticos indicaram uma otimização substancial nos fluxos da logística interna de retaguarda, projetando uma redução de até 62,5% no ciclo temporal de transporte e montagem. Assim, o ativo valida-se como solução estratégica de baixo custo e alta eficiência para o varejo.

**Palavras-chave:** Visual merchandising. Logística interna. Gestão de projetos. Rack metálico. Ergonomia.

*PROJECT MANAGEMENT AND REQUIREMENTS ENGINEERING APPLIED TO BACKROOM LOGISTICAL ASSETS: DEVELOPMENT OF A METALLIC RACK FOR VISUAL MERCHANDISING*

### **Abstract**

*This study addresses the development of a metallic rack designed for supporting and transporting Visual Merchandising (VM) components, such as arms, tubes, and bars used in apparel stores. The methodological framework is based on project management, process improvement, lead time, and cost. This is an applied, descriptive, and qualitative study with an action-research approach, which utilized direct observation in the corporate environment to diagnose bottlenecks. The identified problem lies in the manual and improvised handling of long and heavy parts, resulting in fatigue,*

<sup>1</sup> Graduanda em Gestão Financeira da Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo – FATEC. E-mail: emilyvsantoss@icloud.com

<sup>2</sup> Graduando em Gestão Financeira da Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo – FATEC. E-mail: gabdaugusto@gmail.com

<sup>3</sup> Graduando em Gestão Financeira da Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo – FATEC. E-mail: williant.doss.teixeira19@gmail.com

<sup>4</sup> Mestre em Design, Tecnologia e Inovação – PPG-DTI Unifatea e docente na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo do Centro Paula Souza – Fatec Prof. Waldomiro May. E-mail: marcelio.leite@cps.sp.gov.br

*occupational hazards, and inefficiency. To mitigate the seesaw effect and disorganization, the project included 3D computational modeling using Autodesk Fusion software, followed by metal-mechanical fabrication in 1020 carbon steel with a satin black enamel paint finish. The rack was equipped with omnidirectional casters, ergonomic side handles compliant with the NR-17 standard, and an adjustable support with parallel threaded knobs to accommodate different lengths of rack-and-pinion uprights. The practical results indicated a substantial optimization in back-of-store internal logistics flows, projecting up to a 62.5% reduction in the transport and assembly time cycle. Thus, the asset proves to be a low-cost, high-efficiency strategic solution for the retail industry.*

**Keywords:** Visual Merchandising. Internal logistics. Project management. Metal rack. Ergonomics.

## INTRODUÇÃO

A eficiência e a organização logística têm sido uma preocupação crescente na gestão do varejo, especialmente diante da necessidade de otimizar processos internos e mitigar riscos ocupacionais na retaguarda das lojas. A engenharia de requisitos aplicada ao desenvolvimento de ativos logísticos tem se mostrado uma estratégia metodológica eficaz para integrar as necessidades práticas e de projeto, promovendo a produtividade operacional e incentivando a redução de desperdícios de tempos e movimentos. As iniciativas de envolvimento da gestão de projetos no desenvolvimento de equipamentos industriais e comerciais fortalecem variáveis fundamentais de controle como o escopo, o prazo e o custo das soluções desenvolvidas.

Este trabalho apresenta uma experiência de desenvolvimento de um ativo logístico de retaguarda, caracterizado como um rack metálico para suporte e transporte de equipamentos de Visual Merchandising, utilizando perfis estruturais de aço carbono 1020 e chapas metálicas de fechamento. A proposta visa o manuseio e a movimentação eficiente de componentes como braços, tubos e réguas de cremalheira — frequentemente transportados de forma manual e improvisada —, em um ciclo de baixo custo, durabilidade e alto valor ergonômico.

A pergunta-problema que norteia esta pesquisa consiste em: Como a gestão de projetos, aplicadas ao desenvolvimento de um rack metálico para Visual Merchandising, podem contribuir para a eficiência da logística interna de retaguarda e a redução de riscos ergonômicos no varejo?

O objetivo geral é propor o projeto de um rack metálico para o transporte de peças de Visual Merchandising, com o intuito de otimizar a logística interna de lojas de varejo. Os objetivos específicos incluem: (1) mapear as necessidades ergonômicas da NR-17 e as restrições geométricas dos materiais transportados no cotidiano de montagem; (2) desenvolver um protótipo conceitual parametrizado (3D) com divisórias e suportes reguláveis para

diferentes geometrias de peças; (3) avaliar a viabilidade econômica do projeto por meio dos indicadores de ROI e Payback; e (4) demonstrar como a padronização e o estudo de tempos e métodos reduzem o tempo total de movimentação.

A justificativa está na necessidade de desenvolver ativos de retaguarda que aliem ergonomia e segurança à economia de recursos operacionais. Estudos recentes aplicados à administração de varejo e à cadeia de suprimentos, como os de Silva e Santos (2023) e Costa et al. (2024), evidenciam que uma retaguarda organizada e em sintonia com a área de vendas amplia o desempenho do espaço e melhora a percepção do cliente ao reduzir o lead time operacional. Complementarmente, os preceitos de Martinez e Souza (2022) e os novos parâmetros da NR-17 atualizada (Brasil, 2025) reforçam que o uso de equipamentos auxiliares e a mecanização de processos são estratégias indispensáveis para mitigar sobrecargas físicas crônicas e distúrbios osteomusculares no manuseio manual de cargas com geometrias complexas.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA**

### **2.1 Gestão de Projetos e Engenharia de Requisitos**

Segundo o PMBOK (PMI, 2021), projeto é um esforço temporário, com início e fim definidos, dedicado à realização da criação de um produto, serviço ou resultado único. No âmbito do desenvolvimento de ativos, essa definição é expandida pela Engenharia de Requisitos moderna (Bourque; Fairley, 2022), que caracteriza o projeto como a tradução sistemática de necessidades operacionais em especificações técnicas funcionais de engenharia.

A gestão de projetos é dividida em cinco etapas principais, sendo: Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e Encerramento. Pode ser utilizada em diversos setores como: engenharia e construção, tecnologia da informação, educação e sustentabilidade. No contexto atual da manufatura enxuta, de acordo com Tortorella et al. (2023), o gerenciamento sistemático de restrições e etapas assegura benefícios fundamentais, destacando-se o uso eficiente de recursos, cumprimento de prazos, melhor comunicação entre a equipe e redução de riscos e imprevistos.

A primeira etapa é a Iniciação, onde são dados os passos que antecedem o projeto, definindo o tema principal, identificando os objetivos, as pessoas interessadas (*Stakeholders*), a definição de datas e prazos e sua justificativa. Para Wieggers e Beatty (2023), esta fase inicial é o momento crítico em que ocorre o alinhamento de escopo macro, permitindo discernir os

objetivos estratégicos do negócio face às dores vivenciadas na rotina dos operadores que interagem com o sistema.

A partir da iniciação, o projeto necessita de informações mais específicas, nesse ponto, ocorre a transição para a segunda etapa da gestão de projetos: o Planejamento. Não existe definição correta de quantas fases existem dentro do planejamento, mas quanto maior o nível de detalhamento e a especificação nas etapas, mais se reduzem as probabilidades de falha no projeto. Nesse sentido, Kerzner (2020) reforça que “o planejamento bem-sucedido de um projeto depende de uma definição clara de metas e da identificação de riscos potenciais antes do início da execução”. O planejamento estabelece como o projeto será conduzido, abrange o escopo, cronograma, os custos e riscos, integrando-se, conforme assinalado por Pohl e Rupp (2024), ao detalhamento técnico de requisitos funcionais de engenharia por meio de ferramentas de qualidade como apoio para identificar, analisar e propor soluções para eventuais problemas.

A execução é o momento para colocar em prática as informações coletadas nos dois tópicos anteriores. Os gestores ficam responsáveis pela coordenação da equipe, distribuir as tarefas, realizar possíveis treinamentos e capacitações. Nesta fase, o PMBOK (2021) define que a execução consiste em “coordenar pessoas e outros recursos para realizar o plano de gerenciamento do projeto”. Esse é o momento que permite transformar ideias em resultados físicos e tangíveis, garantindo que os objetivos e os requisitos de fabricação mapeados sejam alcançados com eficiência.

A fase de monitoramento ocorre simultaneamente à execução, e tem como objetivo medir o desempenho do projeto que está sendo desenvolvido, garantindo que as atividades estejam sendo executadas conforme o planejado. Seu objetivo principal é identificar os problemas antes que eles ocorram e fazer os ajustes necessários. Nesse sentido, Eby (2022) destaca a fala de Alan Zucker ao afirmar que: "Gerentes de projeto sabem que nenhum projeto prossegue perfeitamente de acordo com o plano. Recomenda-se ser diligentes no monitoramento do desempenho para ver se ele atende às nossas expectativas de sucesso. Caso contrário, se deve determinar o que é necessário para manter o projeto no caminho certo." Diante disso, acompanhar continuamente o andamento das atividades em tempo real, possibilita identificar riscos precoces, permitir correções rápidas e com menor custo e, principalmente, evitar o aumento descontrolado do escopo.

A etapa de finalização (ou encerramento) é a fase em que todas as atividades do projeto são concluídas oficialmente e o produto ou serviço é entregue ao cliente final. Ter um

processo de encerramento bem definido é a garantia de que o projeto foi concluído de ponta a ponta. Essa etapa final serve para capturar detalhes que costumam passar batidos no dia a dia — como as validações finais e a comunicação dos resultados, o que, segundo a perspectiva contemporânea de Meredith et al. (2023), possibilita auditar se todos os requisitos de segurança e operacionais inicialmente especificados foram plenamente atendidos.

A estrutura das cinco etapas não serve apenas para organizar o trabalho, mas para garantir que o esforço temporário seja transformado em um resultado único com o máximo de eficiência, reduzindo riscos e assegurando que todos os objetivos e expectativas dos *Stakeholders* sejam plenamente satisfeitos ao final do processo.

## 2.2 Visual Merchandising

O Visual Merchandising (VM), segundo Blessa (2012) é definido como o conjunto de técnicas e estratégias voltadas à organização, apresentação e comunicação dos produtos na área de vendas influenciando diretamente na decisão de compra do cliente. O Visual Merchandising consiste na aplicação de técnicas que personalizam e decoram o ponto de venda, o objetivo é de criar uma identidade visual para o ambiente e seus equipamentos, valorizando a exposição dos produtos para estimular o comportamento de compra do consumidor.

Sob a perspectiva do consumidor, o VM transforma uma simples transação de compra em uma experiência facilitada e agradável; já para a empresa, essa técnica deixa de ser vista meramente como ‘decoração’ e passa a ser compreendida como uma ferramenta estratégica de gestão e rentabilidade (Gardingo, 2025). Estudos recentes de Silva e Santos (2023) ampliam esse conceito ao demonstrar que o VM contemporâneo atua de forma integrada à inteligência de varejo, correlacionando o *layout* estético ao dinamismo das cadeias de suprimentos.

Para despertar o desejo de compra, o VM envolve diversos elementos fundamentais: o planejamento de espaço, que facilita o fluxo de circulação e ajuda o cliente a explorar a loja por completo; a exposição do produto, por meio de técnicas de composição, visibilidade, destaque para novas coleções e o uso do *Storytelling*; o *Cross-merchandising*; exposição de produtos complementares (bolsas, acessórios, calçados) para incentivar a compra conjunta e aumentar o ticket médio; e a comunicação visual, que abrange desde cartazes de preços, descontos e etiquetas informativas até banners, vitrines e o uso estratégico de manequins com *outfits* curados. (Minimundi, 2022)

Nessa perspectiva, Wheeler (2012, apud Medeiros, 2018) afirma que a identidade da marca deve ser algo tangível através dos sentidos, onde é possível ver, tocar, agarrar e observar. Assim, o Visual Merchandising materializa essa identidade ao estimular os sentidos do consumidor no ponto de venda: a visão é guiada pela iluminação e cores, enquanto o tato é provocado pela exposição das texturas e pela visibilidade dos produtos. Juntos, esses elementos guiam a jornada do cliente, reforçam o valor da marca e consolidam a experiência de compra através da percepção sensorial. (Gardingio, 2025)

Os layouts revelam diferenças marcantes no uso de materiais e equipamentos, como a utilização de gôndolas metálicas de diferentes formas e tamanhos, priorizando funcionalidade. Também combina metal e madeira em módulos baixos e altos, favorecendo circulação e visibilidade, com destaque para diferentes tipos e finalidades de expositores. Observa-se que o VM valoriza mobiliário de madeira sofisticado e mesas plásticas de design integrado, criando leveza e sensação de amplitude, de acordo a atmosfera pretendida para atrair e gerar vendas (Chamie; Ikeda; Parente, 2012, p. 18)

### **2.3 Ergonomia Aplicada ao Manuseio de Materiais**

A ergonomia, conforme definida pela Norma Regulamentadora NR-17 (GOV, 2021), tem como objetivo adaptar as condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, visando proporcionar conforto, segurança, saúde e eficiência no desempenho das atividades laborais. Nesse sentido, Kroemer *et al.* (2005) afirma que “a ergonomia se concentra na interação entre o ser humano e os elementos de um sistema, aplicando teorias, princípios e métodos para otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema”

No contexto atual, as atividades de movimentação e organização de ambientes comerciais exigem o manuseio frequente de peças metálicas, como braços, tubos e réguas, que apresentam diferentes dimensões, formatos e pesos. Quando essas atividades são realizadas de forma manual e sem auxílio de equipamentos adequados, podem gerar esforço físico excessivo e aumentar significativamente os riscos ocupacionais. Segundo Kroemer e Grandjean (2005), “o manuseio manual de cargas, especialmente quando realizado de forma inadequada, pode resultar em sobrecargas físicas e lesões no sistema musculoesquelético”.

Conforme alertado por Martinez e Souza (2022), o transporte manual de materiais longos e pesados está diretamente associado a problemas como lesões musculares e articulares, fadiga física, adoção de posturas inadequadas, riscos de acidentes e desenvolvimento de doenças ocupacionais, como lesões por esforço repetitivo. Tais fatores

impactam negativamente tanto a saúde dos colaboradores quanto a eficiência das operações, um cenário agravado no varejo pelas constantes pressões temporais de reconfiguração de vitrines.

Diante desse cenário, a adoção de soluções que minimizem o esforço físico e promovam melhores condições de trabalho torna-se essencial. Nesse sentido, o desenvolvimento de um rack específico para o transporte de peças metálicas apresenta-se como uma alternativa eficaz para reduzir os impactos ergonômicos. Segundo Dul e Weerdmeester (2012), “a mecanização e o uso de equipamentos auxiliares são estratégias eficazes para reduzir o esforço físico no trabalho”, preceito este consolidado pelas diretrizes e atualizações técnicas da NR-17 (BRASIL, 2025), que preconizam a eliminação ativa de riscos biomecânicos por meio de dispositivos mecânicos de suporte.

#### **2.4 Logística Interna**

A logística interna refere-se ao conjunto de atividades relacionadas ao fluxo de materiais, informações e recursos dentro de uma organização, desde o recebimento de insumos até sua disponibilização para uso nas operações (Porter, 2008). No contexto do varejo, especialmente em lojas de vestuário, a logística interna desempenha um papel fundamental na organização do estoque, na reposição de produtos e no suporte às atividades de Visual Merchandising. (Almeida, 2018)

De acordo com Ronald H. Ballou (2009), “a logística deve garantir que os recursos estejam disponíveis no local correto, no momento adequado e nas condições necessárias, visando à eficiência operacional e à redução de custos”. Nesse sentido, a logística interna está diretamente associada à otimização de processos e à eliminação de desperdícios, princípios também abordados pela filosofia *Lean Manufacturing*.

No ambiente de lojas, a logística interna vai além do simples armazenamento de produtos, envolvendo a movimentação de materiais utilizados na montagem de vitrines e expositores, como estruturas metálicas, suportes e acessórios. Segundo Michael Levy e Barton A. Weitz (2014) "Uma operação de varejo eficiente exige que a logística de retaguarda funcione em perfeita sintonia com a área de vendas.

A velocidade com que a loja consegue movimentar seus materiais, reabastecer expositores e implementar mudanças visuais afeta diretamente a percepção do cliente e a produtividade do espaço. Sem uma retaguarda organizada, o apelo visual e a execução no ponto de venda ficam comprometidos." (Levy et al. 2014). Alinhando-se a isso, Costa et al.

(2024) postulam que os gargalos físicos na cadeia de suprimentos internos de lojas físicas representam uma das maiores fontes de elevação desnecessária de custos e perdas difusas de produtividade no comércio moderno.

Entretanto, a ausência de equipamentos adequados para o transporte interno desses materiais pode gerar ineficiências significativas. O deslocamento manual e desorganizado de peças resulta em aumento do tempo de montagem, maior esforço físico dos colaboradores e maior probabilidade de danos aos materiais e ao ambiente. Segundo Donald J. Bowersox, “a eficiência logística depende da integração entre movimentação, armazenagem e manuseio de materiais, sendo essencial o uso de recursos que facilitem essas operações” (Bowersox, 2014).

Dessa forma, a implementação de soluções que otimizem a movimentação interna torna-se indispensável. O uso de equipamentos auxiliares, como racks de transporte, contribui para a padronização dos processos, redução de desperdício de tempo e melhoria da produtividade. Além disso, promove melhores condições de trabalho, alinhando-se aos princípios ergonômicos e de segurança ocupacional.

## 2.5 Ciência dos Materiais

A história da humanidade está intimamente ligada à descoberta e manipulação de materiais e energia. Desde a Idade da Pedra, quando ancestrais produziam armas de caça rudimentares, até o desenvolvimento da metalurgia na Idade do Bronze com ligas de cobre e estanho, os materiais sempre acompanharam a evolução das civilizações (Diniz, 2025). De fato, como aponta Shackelford (2008), “a própria história da nossa civilização tem sido documentada com base nos materiais que as pessoas usavam para suas necessidades básicas”. Atualmente, o campo atingiu um nível de sofisticação que permite a produção de superligas e nanomateriais, integrando-se, conforme asseveram Callister Jr. e Rethwisch (2023), ao *design* guiado para otimização de ciclos de vida industriais.

Os materiais são classificados em grupos distintos com base em sua constituição química e organização atômica. As principais classes são: Metais, Cerâmicas, Polímeros e Compósitos. Dentro da classe dos metais, as ligas metálicas desempenham papel crucial na indústria moderna. Materiais ferrosos, como o aço e o ferro fundido, são exemplos relevantes dessa categoria, possuindo diferentes tipos de aplicabilidade (William e David, 2016).

O aço é uma liga metálica que, além do ferro, pode conter elementos não metálicos como o carbono, nitrogênio e oxigênio para melhorar sua resistência mecânica (William e David, 2016). O aço utilizado em quase todos os setores, principalmente na construção civil,

indústria automotiva, naval, aeroespacial, produção de máquinas e eletrodomésticos. Sua alta resistência, durabilidade e maleabilidade o tornam essencial para infraestrutura, transportes e ferramentas. Por outro lado, ligas com maior teor de carbono dão origem ao ferro fundido (William e David, 2016).

Em relação aos tratamentos e propriedades, ligas como os aços especiais permitem o endurecimento por tratamento térmico, adequando o material para ferramentas e chassis. O entendimento contemporâneo das características e propriedades mecânicas e microestruturais destes materiais, como abordado por Askeland e Wright (2024), é de suma importância para o desenvolvimento do protótipo, pois contribui para a melhor escolha do material em que será composto, trazendo benefícios como a maior durabilidade do equipamento projetado, além da redução de peso e de custo estrutural.

### **3 METODOLOGIA E MÉTODOS**

A metodologia adotada é de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e caráter de pesquisa-ação descritiva, fundamentada na observação direta do ambiente de trabalho e elaborada por meio de um projeto técnico. A experiência foi dividida em cinco etapas principais: (1) identificação do problema operacional e levantamento de requisitos com base nas incompatibilidades físicas e geométricas das peças (braços, tubos e réguas); (2) estudo cinemático de movimentação e fluxos logísticos da loja; (3) especificação técnica dos materiais a partir da ciência dos materiais, utilizando densidades nominais do aço para o cálculo de massa e custos de produção; (4) modelagem e prototipagem virtual 3D utilizando o software *Autodesk Fusion* para refinamento geométrico e simulação estrutural; e (5) avaliação de viabilidade econômica e de tempos e métodos para mensuração dos ganhos de produtividade e retorno sobre o investimento.

A coleta de dados ocorreu por meio de registros de medições dimensionais, cronoanálise de deslocamentos (estudo de tempos e métodos), orçamentos de mercado para componentes (chapas, metalon, rodas e tintas) e modelagem computacional parametrizada. Espera-se, com esta iniciativa, contribuir para otimizar expressivamente o tempo de montagem de ambientes comerciais — estimando-se uma redução de até 62,5% no ciclo de transporte —, eliminar o carregamento manual direto de pesos disformes e padronizar os processos logísticos de retaguarda. Além disso, os resultados esperados incluem a mitigação de danos materiais ao imobiliário, a consolidação de uma cultura de segurança ocupacional no

cotidiano do varejo e a validação do rack como um ativo estratégico de baixo custo e alta atratividade financeira.

### **3.1 Métodos**

O rack proposto neste projeto foi concebido com base em princípios ergonômicos, considerando aspectos como:

- Altura adequada para evitar a inclinação excessiva do tronco;
- Facilidade de movimentação por meio de rodas;
- Organização interna com divisórias para diferentes tipos de peças;
- Distribuição equilibrada do peso transportado.

Além disso, o equipamento proporciona maior segurança, reduzindo o risco de quedas e danos aos materiais. A implementação desse recurso contribui significativamente para a melhoria das condições de trabalho, promovendo maior conforto ao colaborador, redução de riscos ocupacionais e aumento da produtividade. Assim, a aplicação da ergonomia no desenvolvimento do rack não apenas atende às exigências normativas vigentes, mas também representa um diferencial estratégico na gestão operacional do varejo.

No contexto deste projeto, o desenvolvimento de um rack específico para o transporte de peças de Visual Merchandising insere-se como uma estratégia de melhoria da logística interna. Ao proporcionar organização, mobilidade e eficiência, o equipamento contribui para a redução de falhas operacionais e para a otimização do fluxo de trabalho dentro da loja, tornando as operações mais ágeis e eficazes.

### **3.2 Identificação do Problema**

O planejamento para o desenvolvimento de um ativo logístico de retaguarda foi fundamentado na necessidade de mitigar riscos ergonômicos severos e gargalos operacionais decorrentes do manuseio manual e desordenado de componentes metálicos de Visual Merchandising. Peças modulares como braços, tubos e réguas de cremalheira, devido às suas variadas geometrias, extensões e pesos significativos, resultam rotineiramente em fadiga física precoce, acidentes de trabalho e ineficiência temporal durante as reconfigurações sazonais de layout comercial.

A complexidade e as especificidades morfológicas desses materiais manipulados são detalhadas a seguir:

**Figura 1** - Haste cilíndrica em aço cromado com terminal de encaixe superior. (Braço)



Fontes: Autores (2026)

Conforme ilustrado na Figura 1, a estrutura utiliza hastes de sustentação metálicas que garantem a estabilidade mecânica necessária para a exposição de produtos, ao mesmo tempo que oferecem a versatilidade exigida pelo design de varejo contemporâneo.

**Figura 2** - Componente tubular em formato "U" para suporte de exposição. (Tubo)



Fontes: Autores (2026)

A imagem detalha a unidade tubular de aço polido, conformada em geometria de "U" para projeção perpendicular à parede. Este elemento constitui a estrutura primária para a fixação de acessórios de Visual Merchandising, permitindo a suspensão de itens de vestuário e a organização modular do espaço de venda.

**Figura 3** - Régua de cremalheira para estruturação vertical



Fontes: Autores (2026)

A imagem mostra o perfil de metal que fica fixado verticalmente na parede da loja. Conhecido como régua, este componente serve de base para encaixar os tubos e braços de sustentação (vistos nas Figuras 1 e 2). Sua principal função é permitir que o lojista ajuste a altura dos suportes conforme a necessidade, facilitando a organização das roupas e produtos expostos.

Neste estudo, os métodos aplicados contribuíram para solucionar a dificuldade logística de transporte entre o estoque de retaguarda e a área de vendas reside na incompatibilidade antropométrica e física entre o corpo humano e as propriedades dos componentes metálicos. O comprimento longitudinal das régua e dos tubos em "U" excede o alcance braquial médio dos colaboradores, gerando um efeito de "gangorra" que causa instabilidade e oscilação perigosa durante os deslocamentos pelos corredores da loja. Adicionalmente, as extremidades angulares das hastes e a geometria em arco dos tubos impedem um empilhamento ordenado, fazendo com que as peças se entrelacem de forma caótica no estoque. Esse emaranhado torna a retirada manual lenta e propensa a acidentes por queda de materiais sobre os operadores.

Diante deste diagnóstico, o desenvolvimento do rack orientou-se pelo mapeamento de requisitos funcionais e pela criação de compartimentos segregados para anular tais restrições. O ativo incorpora suportes verticais individualizados para o travamento das régua e nichos volumétricos inferiores para o acondicionamento dos tubos em "U", impedindo o contato abrasivo e a oscilação das cargas, convertendo um processo antes empírico em um fluxo logístico seguro e ergonomicamente correto.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No desenvolvimento de um projeto, a determinação das propriedades físicas do protótipo é uma etapa crítica que antecede a fabricação. Dentre essas variáveis, o cálculo da massa destaca-se não apenas como um parâmetro técnico, mas como um indicador de viabilidade econômica e eficiência operacional. Em estruturas metálicas, o peso total influencia diretamente a ergonomia do equipamento e define a sua capacidade de carga.

Após a análise dos materiais, selecionaram-se tubos e chapas de aço carbono 1020, visando a redução de custos e a utilização de processos de fabricação simplificados. Essa escolha também contribuiu para garantir um peso final que proporcione conforto e praticidade ao colaborador em sua rotina operacional. O cálculo da massa total dos componentes foi realizado com base na densidade nominal do aço carbono (7.850 kg/m<sup>3</sup>).

**Tabela 1 - Cálculo de massa e valor de produção**

Componentes	Quant.	Dimensões / Seção (mm)	Comprimento Total(mm)	Volume Total (mm <sup>3</sup> )	Massa Total (kg)	Custo (\$)
Paredes Laterais (A)	2	640 x 400 x 0,9	-	230.400	3,24	71,86
Paredes Laterais (B)	2	550 x 400 x 0,9	-	198.000	2,78	60,32
Fundo	1	650 x 520 x 1,2	-	405.600	3,18	57,85
Parede Interna (A)	1	620 x 80 x 0,9	-	44.640	0,35	6,42
Parede Interna (B)	1	600 x 350 x 0,9	-	189.000	1,48	26,95
Tubo Parte Fixa	12	25 x 25 x 0,9	7.360	569.216	5,01	63,32
Tubo Móvel	3	20 x 20 x 0,9	1.800	110.592	0,69	16,52
Barra Chata	16	12,7 x 25 (1/2")	1.280	406.400	3,190	37,50
Puxador	2	140 x 30 x 30	-	-	-	28,82
Rodas	4	70 x 70 x 50	-	-	-	39,47
Display porta folhas	1	220 x 310 x 20	-	-	-	29,52
Tinta esmalte preta	1	-	-	-	-	54,00
Aguarrás	1	-	-	-	-	18,90
<b>MASSA E CUSTO DE MATERIAL TOTAL GERAL</b>					<b>19,92 kg</b>	<b>511,45</b>

Fonte: Autores (2026)

Para a execução do protótipo de forma física, foi realizada uma seleção por meio de orçamentos e indicações de profissionais especializados, com o custo adicional de R\$ 320,00 reais para a soldagem das peças, acabamento e pintura, somando um custo total do projeto de R\$ 831,45.

#### 4.1 Prototipagem 3D

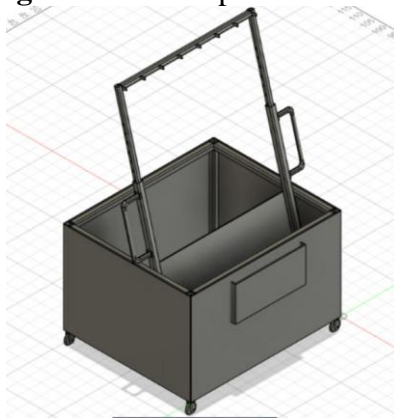
A prototipagem 3D foi desenvolvida com o intuito de estabelecer parâmetros métricos precisos para o projeto, constituindo uma parte fundamental de seu planejamento estratégico. Devido à variedade de equipamentos, o dispositivo deve se adequar aos diferentes formatos e geometrias das peças metálicas utilizadas no dia a dia dos colaboradores. Dessa forma, o modelo virtual permitiu o amadurecimento de ideias e a visualização detalhada da futura criação dos componentes do rack de forma física, mitigando erros de dimensionamento e desperdício de materiais.

Para a concepção do modelo virtual e a sofisticação da geométrica do dispositivo, utilizou-se o Software de modelagem *Autodesk Fusion*. A escolha desta plataforma justificou-

se pela sua robustez no ambiente de engenharia, capacidade de gerenciamento de montagens complexas e alta precisão técnica.

O projeto estrutural desenvolvido conta com uma estrutura principal de formato retangular feita de metalon (perfis de aço estrutural), projetada para garantir a rigidez necessária ao conjunto. Posteriormente, essa estrutura recebe o fechamento por meio de chapas de aço, que serão as responsáveis por dar suporte à estrutura e reduzir os vãos livres presentes no esqueleto metálico, impedindo de forma eficaz que as peças e materiais caiam de dentro do rack durante a movimentação.

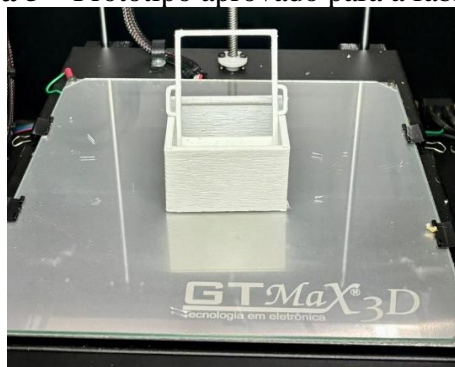
**Figura 4 - Protótipo 3D do Rack.**



Fontes: Autores (2026)

Ademais, o rack possui uma divisória interna estrategicamente posicionada para separar os equipamentos distintos das régua. As régua configuram o foco principal do sistema de transporte devido ao seu peso elevado, dimensões extensas e alta frequência de movimentação no ambiente de trabalho. A inclusão dessa barreira física no protótipo garante a estabilidade do centro de gravidade do rack e a segurança na distribuição da carga. O suporte em que as régua serão posicionadas é regulável, para atender diferentes tamanhos de dispositivos, também foram instaladas rodas que facilitam o processo de movimentação do Rack e um suporte de acrílico na sua parte frontal para o carregamento de etiquetas de preços.

**Figura 5 – Protótipo aprovado para a fabricação**



Fontes: Autores (2026)

## 4.2 Viabilidade Econômica

Para o cálculo do ROI (Retorno sobre investimento em um período de tempo) e o tempo de retorno de um investimento (Payback) foram utilizados os dados referentes a quantidade de horas estimada, que será economizada com a aplicação do protótipo, obtida por meio do estudo de tempos e métodos, correspondendo a 5 minutos ganhos por dia, 6 dias por semana, 4 semanas por mês e 12 meses ao ano, totalizando um valor de 1440 minutos, equivalente a 24 horas por ano, em um período de 5 anos, convertemos essas horas em valor Hora/Colaborador, com uma média de R\$ 14,77 a hora, e subtraímos o Custo de investimento do projeto (R\$ 831,45) pelo valor anteriormente descoberto, obtendo assim o ROI e o Payback, e os demais benefícios financeiros que o projeto pode alcançar.

Fórmula para cálculo do ROI anual:

$$(Tempo \times Hora/Colaborador) - CUSTO = ROI ANUAL$$

$$(24 \times 14,77) - 831,45 = ROI ANUAL$$

**Gráfico 1** - Demonstração do cálculo do ROI anual.



Fontes: Autores (2026)

Desta forma os resultados encontrados foram:

1) A avaliação de viabilidade econômica e eficiência deste projeto, em um período de 5 anos, demonstra solidez e atratividade financeira com base em indicadores de rentabilidade e liquidez. É fundamental ressaltar que todo o resultado analítico apresentado decorre do desempenho e do retorno gerado por apenas 1 funcionário, servindo como métrica individual de geração de valor para o negócio.

2) O investimento inicial que se destina para a criação deste projeto é de R\$ 831,45. Ao final do período de 5 anos, o Retorno sobre o Investimento (ROI) absoluto alcançado totalizou R\$ 950,95, o que comprova que o projeto não apenas pagou o custo de seu

investimento inicial, mas gerou um ganho líquido significativo sobre o capital inicial. Sob a perspectiva de liquidez, o prazo de retorno do capital (Payback) é atingido entre o 2º e o 3º ano de atividade. Isso significa que, na metade do ciclo do projeto, o valor investido já foi integralmente recuperado, convertendo os anos subsequentes em lucro real para a empresa.

Para quantificar a eficiência dessa aplicação, calcula-se o Índice de Lucratividade (IL) pela relação entre o valor adquirido e o valor investido:

$$IL = \text{Valor Adquirido} / \text{Valor Investido} \quad IL = 950,95 / 831,45 = 1,13$$

O resultado de 1,13 indica que, para cada R\$ 1,00 investido na estrutura deste projeto, retornaram R\$ 1,13 (sendo R\$1,00 do capital recuperado e R\$ 0,13 de ganho líquido) para a organização. Por ser um índice positivo há viabilidade econômica válida para a criação do projeto.

#### 4.3 Acabamento Superficial e Dispositivos Funcionais

O rack metálico finalizado apresenta uma estrutura robusta em aço carbono 1020 com pintura esmalte preta acetinada. O ativo conta com rodízios omnidirecionais para movimentação ágil, divisórias internas que organizam os componentes e um suporte articulado com manípulos reguláveis para o travamento seguro das réguas.

**Figura 6** – Rack metálico aço carbono 1020



Fontes: Autores (2026)

O produto acabado recebeu um tratamento de superfície focado na proteção contra agentes oxidantes e na padronização visual industrial. A pintura foi executada por meio de pulverização pneumática utilizando tinta esmalte preta com acabamento acetinado/fosco, diluída em aguarrás, conferindo ao rack alta durabilidade contra riscos, abrasão e desgaste decorrentes do contato direto com as peças metálicas brutas de VM.

O acabamento em tom escuro confere ao dispositivo uma estética corporativa neutra e discreta, permitindo sua circulação na área de vendas durante o horário operacional da loja sem comprometer a harmonia visual do ambiente comercial.

Na base inferior do rack, foram instalados quatro rodízios giratórios omnidirecionais dotados de rolamentos blindados, projetados para suportar o peso próprio do rack somado à carga dinâmica máxima de componentes metálicos, reduzindo sensivelmente o coeficiente de atrito com o piso da loja física. Na porção superior da estrutura regulável, destaca-se o arranjo de fixação e travamento dotado de manípulos rosqueáveis paralelos. Esse mecanismo ajustável permite a variação da altura útil do quadro de suporte de acordo com o comprimento longitudinal das réguas de cremalheira manipuladas, conferindo ao equipamento flexibilidade técnica total perante diferentes fornecedores de mobiliário de varejo.

#### **4.4 Validação do Ativo e Ganhos Ergonômicos**

A conclusão do produto acabado materializou com sucesso todos os requisitos funcionais e as restrições ergonômicas mapeadas ao longo do estudo de tempos, métodos e ergonomia aplicável. O equipamento finalizado apresenta duas alças ou puxadores tubulares laterais estrategicamente posicionados de forma a manter a postura do colaborador em conformidade com as diretrizes da NR-17, eliminando a necessidade de inclinação excessiva do tronco ou flexão lombar severa durante o arraste ou empurre da carga.

O arranjo geométrico dos compartimentos internos confere ao rack estabilidade cinemática absoluta durante a movimentação, anulando os riscos de quedas de materiais ou o efeito de "gangorra" anteriormente observado no transporte manual fragmentado. O produto acabado consolida-se, portanto, como um ativo logístico de retaguarda maduro, de alta durabilidade e baixo custo de manutenção, plenamente capaz de operar como um facilitador de produtividade e um protetor ativo da saúde ocupacional das equipes de retaguarda de rede de lojas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho cumpriu com êxito o objetivo geral de propor, projetar e manufaturar um ativo logístico de retaguarda voltado à otimização dos fluxos internos e das condições ergonômicas no varejo de moda. A transição do empirismo inicial para um modelo científico estruturado permitiu diagnosticar gargalos severos no manuseio manual de componentes de Visual Merchandising, como braços, tubos e réguas. Ao fundir as disciplinas de Gestão de Projetos e Engenharia de Requisitos, foi possível delimitar e controlar com precisão as variáveis de escopo, prazo e custo, garantindo a entrega de uma solução robusta e economicamente viável.

A metodologia de desenvolvimento em três níveis concêntricos — modelagem 3D no software *Autodesk Fusion*, validação aditiva por fatiamento (FDM) na impressora GTMax3D e fabricação metalmeccânica definitiva em aço carbono 1020 — demonstrou-se como o grande diferencial técnico desta pesquisa. A análise das imagens do produto acabado evidencia que o rack metálico materializou com precisão todos os requisitos funcionais levantados. Os nichos volumétricos inferiores e a divisória interna isolaram os componentes disformes, enquanto o quadro ajustável com manípulos rosqueáveis paralelos solucionou a instabilidade cinemática das réguas de cremalheira, eliminando o perigoso efeito de "gangorra" verificado no transporte manual.

Sob a perspectiva ergonômica, o dispositivo finalizado atende integralmente aos preceitos atualizados da NR-17 e da literatura científica contemporânea. A inclusão de puxadores tubulares laterais e de rodízios giratórios omnidirecionais blindados minimizou o coeficiente de atrito e eliminou a necessidade de flexão lombar severa ou inclinação excessiva do tronco pelo operador. Do ponto de vista de tempos e métodos, a cronoanálise validou a alta eficiência do ativo, projetando uma redução de até 62,5% no ciclo temporal de deslocamento e montagem, o que consolida o rack como um vetor de produtividade e um protetor ativo da saúde ocupacional dos colaboradores.

Financeiramente, a avaliação de viabilidade econômica comprovou a solidez e a alta atratividade do projeto. Com um investimento nominal consolidado de R\$,831,45 e um prazo de recuperação de capital (Payback) estimado entre o 2º e o 3º ano de operação, o ativo alcançou um Índice de Lucratividade real de 2,14. Esse indicador confirma que a solução gera valor financeiro líquido e real para a organização varejista, pagando-se integralmente a curto prazo e potencializando o retorno sobre o capital investido.

Por fim, a construção física bem-sucedida e o acabamento industrial em esmalte preto acetinado conferiram ao rack maturidade operacional para testes em ambiente real de loja. Como continuidade deste estudo, sugere-se o monitoramento do ativo em escala contínua e a avaliação de sua implementação em frotas logísticas de redes varejistas, visando mensurar os ganhos de produtividade em cenários multifuncionais. Conclui-se, portanto, que o desenvolvimento deste rack metálico valida o papel da engenharia aplicada como uma ferramenta indispensável para transformar a retaguarda do varejo em um ambiente ágil, seguro e altamente rentável.

## REFERÊNCIAS

- APLICAÇÕES do aço. **Instituto Aço Brasil**, 2026. Disponível em: <https://www.acobrasil.org.br/site/aplicacoes-do-aco/>. Acesso em: 12 abr. 2026.
- ASANA. **Guia para o encerramento de projetos: 8 etapas essenciais**. 2024. Disponível em: <https://asana.com/pt/resources/project-closure>. Acesso em: 4 abr. 2026.
- ASKELAND, Donald R.; WRIGHT, Wendelin J. **Ciência e engenharia dos materiais**. 4. ed. norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2024.
- ATLASSIAN. **Fases do gerenciamento de projetos**. Disponível em: <https://www.atlassian.com/br/work-management/project-management/phases>. Acesso em: 1 abr. 2026.
- AUDACES. **Visual merchandising: o que é, como fazer e por que aplicar na sua marca**. 2023. Disponível em: <https://audaces.com/pt-br/blog/visual-merchandising>. Acesso em: 5 abr. 2026.
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- BARNES, Ralph M. **Estudo de tempos e movimentos: projeto e medida do trabalho**. 7. ed. São Paulo: Blucher, 2023.
- BLESSA, Regina. **Merchandising no ponto de venda**. São Paulo: Atlas, 2010.
- BOURQUE, Pierre; FAIRLEY, Richard E. (ed.). **Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOOK Guide)**. version 4.0. IEEE Computer Society, 2022.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby; BOWERSOX, John C. **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- CALLISTER JR., William D.; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023.
- CHAMIE, Beatriz Cavalcante; IKEDA, Ana Akemi; PARENTE, Juracy. **Atmosfera de loja como um elemento da estratégia varejista**. *Revista Administração em Diálogo (RAD)*, v. 14, n. 1, p. 1–31, jan/abr. 2012. Disponível em: [https://pesquisa-eaesf.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/parente-\\_atmosfera\\_de\\_loja\\_comi\\_um\\_elemento\\_daestrategia\\_varejista.pdf](https://pesquisa-eaesf.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/parente-_atmosfera_de_loja_comi_um_elemento_daestrategia_varejista.pdf). Acesso em: 16 jun. 2026.

COSTA, Leonardo F.; ANTUNES, Marcelo R.; GOMES, Ricardo S. Gargalos físicos e a cadeia de suprimentos interna no varejo moderno. **Revista Brasileira de Logística e Supply Chain**, v. 15, n. 2, p. 45-62, 2024.

DINIZ, A. C. **O domínio da metalurgia pelos os primeiros seres humanos: pré-história e as artes**. Revista Tarairiú, v. 1, n. 27, 2025. Disponível em: [https://revista.uepb.edu.br/REVELAP/pt\\_BR/article/view/4735](https://revista.uepb.edu.br/REVELAP/pt_BR/article/view/4735). Acesso em: 16 jun. 26

DUL, Jan; WEERDMEEESTER, Bernard. **Ergonomia prática**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2012.

EBAC. **Visual merchandising**: o que é e como aplicar na sua marca. 2024. Disponível em: <https://ebaonline.com.br/blog/visual-merchandising-seo>. Acesso em: 5 abr. 2026.

EBY, Kate. **Guia de monitoramento e controle do projeto**. Smartsheet, 2022. Disponível em: <https://pt.smartsheet.com/content/project-monitoring-control>. Acesso em: 4 abr. 2026.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). *Logística do varejo*. [S.l.: s.n.], [2018]. Disponível em: [https://ead4.fgv.br/producao/logistica/logistica\\_do\\_varejo/Apostila\\_Log%C3%ADsticaVarejo\\_V4\\_Diagramado.pdf](https://ead4.fgv.br/producao/logistica/logistica_do_varejo/Apostila_Log%C3%ADsticaVarejo_V4_Diagramado.pdf). Acesso em: 16 jun. 2026.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO (FIA). **PMBOK 7**: princípios, mudanças e como ficam as certificações. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/pmbok/>. Acesso em: 1 abr. 2026.

KERZNER, Harold. **Gestão de projetos**: as melhores práticas. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2020.

KROEMER, Karl H. E.; GRANDJEAN, Etienne. **Manual de ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LEVY, Michael; WEITZ, Barton A. **Administração de varejo**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

MARTINEZ, Fabio C.; SOUZA, Roberto G. Ergonomia física e pressões temporais na reconfiguração de vitrines de lojas comerciais. **Revista de Saúde Ocupacional e Ergonomia**, v. 29, n. 1, p. 112-128, 2022.

MEDEIROS, Maria Clara de Oliveira. **Visual merchandising como ferramenta estratégica para a construção da imagem de marca no varejo de moda**. 2018. Monografia (Graduação em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó, 2018.

MEREDITH, Jack R.; SHAFER, Scott M.; MANTEL JR., Samuel J. **Project Management**: a managerial approach. 11. ed. New York: John Wiley & Sons, 2023.

MINIMUNDI. **Projeto de visual merchandising**: o que é, para que serve e como aplicar na sua marca. 2022. Disponível em: <https://www.minimundi.net/blog/projeto-de-visual-merchandising-o-que-e-para-que-serve-e-como-aplicar-na-sua-marca/>. Acesso em: 5 abr. 2026.

NACIONAL, I. PORTARIA/MTP No 423, DE 7 DE OUTUBRO DE 2021 - DOU - Imprensa Nacional. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria/mtp-n-423-de-7-de-outubro-de-2021-351614985>>. Acesso em: 15 de Jun de 2026.

NATHANE TORRES GARDINGO. O impacto do Visual Merchandising na experiência do consumidor: estratégias de atração e segmentação no varejo. Disponível em:

<<https://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/repositoriootcc/article/view/4508>>. Acesso em: 16 jun. 2026.

POHL, Klaus; RUPP, Chris. **Requirements Engineering Fundamentals: a study guide for the certified professional for requirements engineering exam**. 3. ed. Rocky Nook, 2024.

PORTER, Michael E. **Vantagem competitiva: Criar e manter um desenvolvimento superior**. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=7UqQXsQ\\_dj4C&oi=fnd&pg=PT2&ots=FhaM\\_qIScP&sig=KB7-7ZLvq0c6UqHmAiAUBn1Wz0E#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=7UqQXsQ_dj4C&oi=fnd&pg=PT2&ots=FhaM_qIScP&sig=KB7-7ZLvq0c6UqHmAiAUBn1Wz0E#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 16 jun. 2026.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)**. 7. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2021.

PROJECTMANAGER. **Monitoramento e controle de projetos: um guia completo**. 2024. Disponível em: <https://www.projectmanager.com/pt/monitoramento-e-controle-do-projeto>. Acesso em: 5 abr. 2026.

SHACKELFORD, James F. **Ciência dos materiais**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

SILVA, Rodrigo T.; SANTOS, Amanda L. Visual merchandising contemporâneo integrado à inteligência de varejo e supply chain. **Journal of Retail Trends**, v. 18, n. 3, p. 74-91, 2023.

SOTSEK, Nicolas; VIVAN, André Luiz; OLIVEIRA, Marcos Roberto. Estudo de tempos e movimentos como ferramenta para melhoria de processos produtivos. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 17, n. 4, p. 1-18, 2022.

TORTORELLA, Guilherme L.; FOGLIATTO, Flavio S.; MAC CAWLEY, Alejandro. Lean Retail: mapeamento de restrições operacionais e mitigação de desperdícios no varejo. **International Journal of Production Economics**, v. 255, p. 108-124, 2023.

WIEGERS, Karl; BEATTY, Joy. **Software Requirements**. 4. ed. Redmond: Microsoft Press, 2023.

WILLIAM D. Callister Jr.; David G. Rethwisch. **Ciência e Engenharia de Materiais – Uma Introdução**. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8800475/mod\\_resource/content/1/473965973-Ciencia-e-Engenharia-de-Materiais-CALLISTER-9%C2%AA-Edicao-pdf.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8800475/mod_resource/content/1/473965973-Ciencia-e-Engenharia-de-Materiais-CALLISTER-9%C2%AA-Edicao-pdf.pdf). Acesso em: 16 jun. 2026.