



**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO**  
**FATEC-SP**

Dayse Barbosa Santana

Linik Bezerra Souza

Rodney Lahan

**PROTÓTIPO DE GABARITO DE INSPEÇÃO PARA BRACKET METÁLICO**  
**ESTAMPADO: Projeto, Desenvolvimento e Validação de Protótipo de Apoio ao**  
**Controle Dimensional**

Tecnologo em Gestão da Qualidade

São Paulo

2025



Dayse Barbosa Santana

Linik Bezerra Souza

Rodney Lahan

**PROTÓTIPO DE GABARITO DE INSPEÇÃO PARA BRACKET METÁLICO  
ESTAMPADO: Projeto, Desenvolvimento e Validação de Protótipo de Apoio ao  
Controle Dimensional**

Trabalho apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP), como exigência parcial do curso de Gestão da Qualidade, na disciplina de Gestão de Projetos, sob a orientação do Prof. Dr. Ademir Lamenza.

São Paulo

2025

## SUMÁRIO

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                          | 2  |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....                                                | 4  |
| 2.1. Impressão 3D .....                                                      | 4  |
| 2.2. Gabaritos Automotivos .....                                             | 5  |
| 2.3. Indústria 4.0.....                                                      | 6  |
| 2.4. Sustentabilidade.....                                                   | 6  |
| 2.5. Qualidade e Gerenciamento de Projetos .....                             | 7  |
| 2.6. Metrologia.....                                                         | 8  |
| 3. METODOLOGIA.....                                                          | 9  |
| 3.1. Planejamento do Projeto .....                                           | 10 |
| 3.2. Execução e Ferramentas Utilizadas.....                                  | 12 |
| 3.3. Gestão de Riscos .....                                                  | 14 |
| 3.4. Gestão da Qualidade e Ergonomia .....                                   | 15 |
| 3.5. Aplicação do Ciclo PDCA.....                                            | 16 |
| 3.6. Metrologia Aplicada.....                                                | 17 |
| 4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO .....                                          | 18 |
| 4.1. Empresa do Objeto de Estudo: Ultra Metalúrgica .....                    | 18 |
| 4.2. Impacto do Contexto Empresarial no Desenvolvimento do Gabarito ....     | 18 |
| 4.3. Descrição da Peça e Justificativa do Projeto .....                      | 19 |
| 4.4. Controle de Qualidade: Situação Atual e Proposta de Melhoria.....       | 20 |
| 4.5. Aplicação das Diretrizes de Construção do Dispositivo de Controle ..... | 22 |
| 4.6. Aprovação e Validação do Gabarito de Inspeção .....                     | 22 |
| 4.7. Etapas do Projeto segundo o PMBOK .....                                 | 23 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....                                             | 27 |

|      |                                              |    |
|------|----------------------------------------------|----|
| 5.1. | Análise da Peça Estampada .....              | 27 |
| 5.2. | Concepção do Gabarito de Inspeção .....      | 28 |
| 5.3. | Modelagem CAD e Representações .....         | 29 |
| 5.4. | Protótipo em Impressão 3D.....               | 30 |
| 6.   | CONCLUSÃO.....                               | 32 |
| 7.   | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....             | 34 |
| 8.   | Anexos .....                                 | 36 |
| 8.1. | Anexo 1 – Termo de Abertura do Projeto.....  | 36 |
| 8.2. | Anexo 2 – Instrução de uso de Gabarito ..... | 39 |

## 1. INTRODUÇÃO

A procura incessante por novos métodos e melhorias na indústria automotiva tem levado ao uso de novas tecnologias que conseguem mudar a maneira como produtos e processos são elaborados. Dentro dessas inovações, a impressão tem conseguido destaque, pois possibilita a fabricação de peças com complexidade geométrica em tempos reduzidos, com grande precisão e com um menor desperdício de matérias-primas. Pior ainda, a situação se torna ainda mais importante em relação a gabaritos automotivos que são ferramentas que atuam no posicionamento, fixação e controle de componentes em diferentes etapas da produção.

Atualmente, o controle das peças em muitos processos ainda é feito de maneira restrita: As dimensões são verificadas por instrumentos de medição tradicionais em uma folha de verificação, e depois, as operadoras fazem uma inspeção visual, ao saírem as peças da máquina. Mas esse método possui fragilidades. O reconhecimento das peças, se feito apenas por inspeção humana, é subjetivo, pois depende da avaliação de cada colaborador. Isso gera riscos à qualidade que podem colocar em risco a homogeneidade e a confiabilidade do processo.

Nesse contexto, elabora-se a proposta de construir um protótipo de gabarito de inspeção que, por meio da impressão 3D, assegure a verificação das dimensões mais relevantes das peças de forma objetiva. O dispositivo construído, sem a inspeção visual, garante um controle mais robusto ao atender as dimensões do desenho. O assunto, por sua vez, está em sintonia com os requisitos da Indústria 4.0, que exige, em todos os níveis da cadeia produtiva, flexibilidade, digitalização e integração. A impressão 3D de gabaritos é uma forma de atender a estes requisitos, pois, além de rápida, econômica e operacionalmente mais vantajosa se considerada a fabricação gabaritos de forma convencional, é uma forma de ampliar a sustentabilidade ao utilizar materiais recicláveis e ao reduzir, significativamente, o consumo energético.

O que motivou este estudo foi a ineficiência dos atuais métodos de inspeção que, por seu custo elevado, tempo e falta de objetividade e flexibilidade, são difíceis de adaptar. Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho, dentro da gestão da qualidade e

da gestão de projetos pelo PMBOK, é desenvolver um gabarito de inspeção automotivo utilizando impressão 3D. Nesta linha, temos como objetivos específicos: Planejar e executar o projeto de modo estruturado e dentro das PMBOK; Escolher os materiais e as tecnologias; Analisar o desempenho do protótipo do gabarito em comparação com os métodos tradicionais de controle dimensional; Analisar os impactos do projeto sob as linhas da sustentabilidade, ergonomia, confiabilidade e eficiência produtiva. A justificativa deste estudo baseia-se na real e atual necessidade da indústria automotiva que precisa implementar inovações que integrem tecnologia, engenharia e gestão. Ao desenvolver um gabarito de inspeção por manufatura aditiva, este trabalho pretende resolver as limitações práticas do controle, mas, principalmente, colaborar com a modernização dos processos e a melhoria dos padrões de qualidade da indústria automotiva.

Assim, a análise adota uma abordagem que integra engenharia de produção, e gestão de projetos, mostrando que a impressão 3D pode ser uma aliada estratégica para garantir qualidade, reduzir desperdícios e estimular a sustentabilidade na indústria automotiva.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Impressão 3D**

A impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva, é uma tecnologia de fabricação que converte modelos digitais em objetos físicos por meio da deposição sucessiva de camadas de material. Diferente dos processos tradicionais de usinagem, baseados na remoção de matéria-prima (métodos subtrativos), a impressão 3D constrói a peça de forma incremental, o que permite maior precisão no controle da geometria e expressiva diminuição no desperdício de insumos.

Seu uso ficou restrito à prototipagem rápida, viabilizando a criação de modelos de teste de maneira ágil e econômica. Com a evolução dos equipamentos, softwares e materiais, a tecnologia passou a ser aplicada em áreas mais complexas, incluindo a produção de peças funcionais, ferramentas, dispositivos de apoio à manufatura e até componentes finais utilizados em setores como aeronáutico, automotivo e biomédico.

De acordo com Lima et al. (2024), a impressão 3D tem desempenhado papel transformador na engenharia mecânica e de produção, promovendo maior inovação, flexibilidade e sustentabilidade nos processos industriais.

Uma de suas vantagens é a possibilidade de produzir geometrias complexas com alto nível de detalhamento, a redução de custos relacionados a desperdícios de materiais, a otimização de recursos produtivos, e a viabilização de pequenas séries personalizadas, sem necessidade de moldes ou ferramentas específicas.

Outro aspecto relevante é a contribuição dessa tecnologia para a sustentabilidade industrial. O uso de polímeros recicláveis e biodegradáveis em impressoras FDM (Fused Deposition Modeling) reduz o impacto ambiental e está em sintonia com os princípios da Indústria 4.0, que preza pela integração digital, eficiência energética e responsabilidade socioambiental (AIRES et al., 2019 apud LIMA et al., 2024).

No presente projeto, a impressão 3D foi escolhida como tecnologia central para o desenvolvimento de um protótipo de gabarito de inspeção automotivo. Essa aplicação permite não apenas validar a viabilidade técnica e ergonômica do dispositivo em um ambiente acadêmico, mas também demonstrar o potencial da manufatura aditiva como

alternativa aos métodos tradicionais de fabricação, que geralmente demandam maior tempo e custo.

## **2.2. Gabaritos Automotivos**

Os gabaritos automotivos são dispositivos de apoio projetados para auxiliar em processos de montagem, inspeção e usinagem de componentes na indústria automobilística. Sua função é garantir a precisão dimensional, a repetibilidade e a padronização das operações, permitindo que peças sejam posicionadas, fixadas e controladas de acordo com as especificações de projeto. Dessa forma, desempenham papel estratégico na qualidade final dos produtos e na eficiência da linha de produção.

Segundo Richconn (2025), o uso de gabaritos pode reduzir o tempo de fabricação em até 30%, além de contribuir para a ergonomia e segurança dos operadores, uma vez que minimizam esforços repetitivos e reduzem a necessidade de ajustes manuais durante o processo produtivo. Na indústria automotiva possui diversos tipos de gabaritos, cada um desempenhando funções específicas: Gabaritos de substituição garantem que as peças entregues corretamente durante a união. Os gabaritos de perfuração e usinagem direcionam ferramentas para garantir a exatidão em furos e cortes. Gabaritos de inspeção, utilizados para conferir dimensões e características críticas das peças antes de sua liberação.

Esses dispositivos são produzidos por meio de processos de usinagem CNC, moldagem metálica ou fresagem de blocos. Embora eficientes, tais métodos apresentam algumas limitações, como altos custos, longos prazos de fabricação e baixa flexibilidade para adaptações rápidas. A aplicação da impressão 3D na fabricação de gabaritos abre novas possibilidades, permitindo maior personalização, redução de custos e agilidade no desenvolvimento.

Nesse projeto acadêmico, a opção por desenvolver um protótipo de gabarito de inspeção automotivo em impressão 3D justifica-se pela possibilidade de avaliar a viabilidade dessa tecnologia como alternativa aos métodos convencionais. O protótipo serve como modelo inicial para demonstrar o potencial de integrar a manufatura aditiva ao setor automotivo, oferecendo soluções mais acessíveis, rápidas e sustentáveis para pequenas e médias empresas.

### **2.3. Indústria 4.0**

A Indústria 4.0 representa a quarta revolução industrial, caracterizada pela integração de tecnologias digitais, sistemas ciberfísicos e processos produtivos inteligentes. Essa nova abordagem promove a conexão entre máquinas, pessoas e processos, permitindo que informações sejam coletadas, analisadas e utilizadas em tempo real para otimização, tomada de decisão e melhoria contínua da produção (Silva, 2017).

Entre os pilares da Indústria 4.0 destacam-se a Internet das Coisas (IoT), o Big Data, a computação em nuvem, a realidade aumentada e a manufatura aditiva, incluindo a impressão 3D. A combinação dessas tecnologias possibilita a criação de ambientes colaborativos, flexíveis e altamente customizáveis, em que produtos e processos podem ser adaptados rapidamente às demandas do mercado.

A Indústria 4.0 valoriza a flexibilidade e a personalização em pequena escala, permitindo que protótipos e ferramentas como gabaritos sejam desenvolvidos de maneira mais ágil, econômica e sustentável. A digitalização de projetos, por meio de softwares CAD e simulações virtuais, facilita a integração entre o design do gabarito, a impressão 3D e a validação funcional, assegurando que as ferramentas produzidas atendam aos padrões de qualidade e ergonomia exigidos.

A utilização de gabaritos impressos em 3D exemplifica de forma prática os benefícios da Indústria 4.0, produção sob demanda, Personalização, integração a Sustentabilidade. A abordagem da Indústria 4.0 não apenas otimiza a produção, mas promove inovação, eficiência e sustentabilidade. A aplicação dessa filosofia permite que soluções acadêmicas, como o protótipo em impressão 3D, sejam analisadas quanto à sua viabilidade técnica, econômica e ergonômica, preparando o caminho para as futuras implementações em escala industrial.

### **2.4. Sustentabilidade**

A sustentabilidade tem se tornado um elemento cada vez mais fundamental na produção moderna, particularmente em tecnologias inovadoras, como a impressão 3D. Ao contrário de processos subtrativos convencionais, como a usinagem CNC, a produção aditiva, emprega apenas a quantidade de material necessária para a fabricação da peça,

reduzindo o desperdício. Além disso, o uso de filamentos recicláveis ou biodegradáveis, como o PLA empregado neste projeto, reforça o compromisso com a sustentabilidade e reduz o impacto ambiental.

Nascimento et al. (2021) destacam que a natureza aditiva da impressão 3D permite produção localizada, reduzindo a necessidade de transporte e consequentemente a emissão de gases poluentes. Essa característica torna o processo não apenas mais sustentável, mas também mais eficiente economicamente, pois elimina etapas intermediárias de logística e armazenamento.

Esse aspecto sustentável está diretamente alinhada aos princípios da Indústria 4.0, que valoriza não apenas eficiência e inovação, mas também responsabilidade socioambiental.

## **2.5. Qualidade e Gerenciamento de Projetos**

O sucesso de um projeto depende diretamente da capacidade de integrar gestão de projetos e gestão da qualidade. Segundo o PMBOK (Project Management Body of Knowledge), o gerenciamento de projetos envolve a aplicação sistemática de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas para atender aos objetivos estabelecidos, incluindo escopo, tempo, custo, qualidade, recursos, riscos e aquisições (PMI, 2017).

No desenvolvimento do protótipo de gabarito automotivo por meio da impressão 3D, a implementação das melhores práticas do PMBOK possibilitou: Planejamento organizado: definição precisa do escopo, requisitos técnicos, critérios de limitações e fases do projeto. Gestão de riscos: detecção prévia de possíveis problemas, como falhas na impressão, variações nas dimensões e atrasos na compra de materiais, com a criação de planos de contingência. Controle de qualidade: inspeções dimensionais, testes funcionais e ajustes ergonômicos realizados durante todo o processo, garantindo que o protótipo atenda aos padrões estabelecidos.

A gestão da qualidade, por sua vez, compreende o planejamento, a garantia e o controle da qualidade, garantindo que o produto final esteja em conformidade com os requisitos e seja adequado ao uso (Dinsmore e Cavalieri, 2003).

No projeto, isso atua em: Planejamento da qualidade: estabelecimento de projetos técnicos e funcionais em benefício do protótipo. Garantia de qualidade: avaliação constante do modelo 3D e dos parâmetros de impressão. Controle da qualidade: sincronização com paquímetros digitais, testes de encaixe e simulações de uso, além de configurações baseadas no ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar, Agir), promovendo melhoria contínua.

Dessa forma, a integração entre gestão de projetos e gestão da qualidade não apenas garante a entrega do protótipo dentro do prazo e do orçamento, mas também garante que o dispositivo seja funcional, ergonômico e sustentável, fortalecendo a aplicabilidade do projeto em um contexto acadêmico e industrial.

## **2.6. Metrologia**

A metrologia é a ciência da medição e desempenha papel fundamental no contexto da qualidade e da confiabilidade de produtos e processos. Segundo a ISO 9001:2015 (Requisito 7.1.5), a organização deve determinar e prover os recursos necessários para assegurar resultados válidos e confiáveis em atividades de monitoramento e medição, garantindo que esses recursos sejam adequados, calibrados e mantidos para seu propósito específico.

A metrologia se subdivide em três áreas principais: científica, legal e industrial. A metrologia científica está relacionada ao desenvolvimento e manutenção dos padrões de referência internacionais e nacionais; a metrologia legal assegura que métodos de medição em transações comerciais estejam em conformidade com legislações vigentes; e a metrologia industrial é responsável pelo controle de processos produtivos, assegurando a qualidade e a segurança de produtos finais (INMETRO, 2020).

A rastreabilidade metrológica é um dos pilares da confiabilidade dos resultados, pois garante que cada medição esteja vinculada a padrões reconhecidos, nacionais ou internacionais. Assegura-se que os instrumentos utilizados em inspeções e testes estejam devidamente calibrados, identificados e protegidos contra ajustes ou danos que possam comprometer a validade dos resultados. A metrologia não apenas contribui para a conformidade normativa, mas também fortalece a competitividade organizacional ao reduzir retrabalhos e aumentar a confiança dos clientes.

### 3. METODOLOGIA

A criação do protótipo de gabarito automotivo por meio da impressão 3D foi organizado com base nas melhores práticas sugeridas pelo PMBOK (Project Management Body of Knowledge), divulgado pelo Instituto de Gerenciamento de Projetos (PMI, 2017). Este guia é geralmente considerado uma referência global em gestão de projetos, pois estrutura o trabalho em áreas de conhecimento como escopo, tempo, custo, qualidade, recursos, riscos, comunicações, aquisições e partes interessadas. A incorporação desse referencial no âmbito geográfico visa proporcionar ao projeto maior solidez metodológica, possibilitando que os estudantes empregassem, de maneira prática, instrumentos e conceitos usados no contexto profissional.

A pesquisa que embasa este estudo é considerado aplicado, pois vai além da simples produção de conhecimento teórico e busca resolver um problema concreto: a dificuldade de garantir uma inspeção confiável de peças automotivas quando se empregam apenas métodos visuais ou dispositivos convencionais, que muitas vezes são caros e pouco flexíveis. Ao sugerindo a criação de um protótipo de gabarito de inspeção utilizando impressão 3D, os alunos puderam aplicar na prática os princípios de inovação e sustentabilidade, enquanto testavam metodologias contemporâneas de gestão.

Optou-se por uma abordagem qualitativa, pois o foco estava na avaliação da previsão e praticidade do protótipo, ao invés de mensurar resultados em larga escala ou por meio de dados estatísticos. Dessa forma, buscamos entender a importância do dispositivo no âmbito da indústria automotiva, analisando aspectos como precisão, ergonomia, sustentabilidade e custo. Essa opção metodológica possibilitou uma interpretação mais flexível dos resultados, valorizou as percepções adquiridas durante a construção do protótipo e permitiu a identificação de pontos de melhoria de maneira mais exploratória.

Além Disso, o projeto tem um caráter exploratório, uma vez que é o primeiro estudo sobre a aplicação prática da produção aditiva na criação de gabaritos de inspeção no contexto acadêmico. O O objetivo não era substituir diretamente os métodos já estabelecidos na indústria, mas testar a ideia em menor escala, criando um protótipo inicial como prova de conceito. Esse caráter exploratório é relevante, pois permite ajustes,

novos testes e implementações futuras em contextos mais desafiadores, como linhas de produção de grandes montadoras.

Em relação à entrega principal do projeto, é importante destacar que ainda não se trata de um modelo definitivo apto para uso industrial, mas de um protótipo funcional que serviu para validar os conceitos em relação à entrega principal do projeto, é importante destacar que ainda não se trata de um modelo definitivo apto para uso industrial, mas de um protótipo funcional que serviu para validar os conceitos propostos. Essa delimitação metodológica foi essencial para ajustar o escopo às condições reais do trabalho, levando em conta o tempo disponível (90 dias), os recursos limitados de um projeto acadêmico e a exigência de testar hipóteses de maneira prática e objetiva.

A metodologia utilizada integrou os pilares da gestão de projetos (planejamento estruturado, definição clara de escopo, análise de riscos e controle de qualidade) à natureza aplicada, qualitativa e exploratória do estudo. Essa A colaboração possibilitou tanto a realização da técnica do protótipo quanto a aprendizagem e a experiência prática dos alunos em um ambiente semelhante ao de projetos industriais reais.

A escolha metodológica contribuiu para garantir que o desenvolvimento do protótipo fosse administrado de maneira organizada e alinhada aos objetivos definidos, promovendo ao mesmo tempo inovação acadêmica e aplicação prática de ferramentas de gestão.

### **3.1. Planejamento do Projeto**

Durante a fase de planejamento do projeto, ficou claro que o escopo envolveria a criação de um protótipo de gabarito de inspeção utilizando a tecnologia impressão 3D. Essa delimitação foi essencial para garantir que o trabalho seja viável dentro do período e das condições acadêmicas. Ao optar por desenvolver um protótipo, ficou evidente que não se tratava de fornecer um produto final pronto para uso extensivo na indústria. O objetivo era criar um modelo experimental para testar hipóteses, validar conceitos e avaliar a aplicabilidade da produção aditiva no setor automotivo. O grupo deixou claro que não se tratava de entregar um produto final pronto para uso em larga escala na indústria.

Foram estabelecidos como requisitos principais do protótipo:

**Precisão dimensional:** o gabarito deve apresentar medidas combinadas com padrões de tolerância cabíveis, possibilitando uma inspeção segura das peças.

- ✓ **Ergonomia:** o protótipo foi idealizado de maneira a facilitar o manuseio pelo operador, diminuindo esforço físico, garantindo segurança e deixando a operação intuitiva.
- ✓ **Sustentabilidade:** a escolha do material de impressão e o processo adotado foi considerado critérios de redução de desperdícios, viabilidade de reaproveitamento e menor impacto ambiental comparando com processos habituais de usinagem.
- ✓ **Viabilidade econômica:** o projeto demonstrou que a utilização da impressão 3D para esse tipo de ferramenta é mais acessível e flexível do que métodos tradicionais, principalmente para pequenas e médias empresas.

As atividades foram organizada de forma estruturada, sendo elaborado a Estrutura Analítica do Projeto (EAP/WBS), que dividiu o desenvolvimento em cinco fases principais:

**1. Concepção:** Onde o grupo realizou o levantamento de requisitos, discutindo as necessidades do gabarito e delimitando o escopo. Foram identificados os objetivos específicos, restrições e critérios de sucesso do protótipo. Definiu-se o cronograma de execução e as responsabilidades de cada integrantes do grupo.

**2. Modelagem:** Após a definição do escopo, realizou-se a modelagem do gabarito com o suporte do DALL-E 3, ferramenta de Inteligência Artificial voltada para geração de imagens. Nessa etapa, o protótipo foi representado virtualmente em três dimensões, permitindo ajustes no design antes da fabricação física. O uso da IA contribuiu para criar e refinar o desenho do protótipo, incorporando aspectos ergonômicos e de viabilidade técnica, além de reduzir os riscos de falhas durante a impressão.

**3. Impressão:** Após a validação digital do modelo, iniciou-se a fase de produção do protótipo utilizando uma impressora 3D. A seleção da levou em controle de equipamentos que sejam fáceis de usar, de fácil conhecimento e compatíveis com os materiais plásticos mais utilizados no meio acadêmico, como impressora o PLA. Essa A fase permitiu concretizar o projeto e analisar, na prática, a conexão entre o design planejado e o resultado físico.

**4. Testes:** Depois de impresso, o protótipo por desenhos dimensionais e funcionais. O objetivo desta etapa foi verificar se o gabarito cumpriu os critérios definidos, principalmente no que diz respeito à exatidão das medidas e à simplicidade de uso. Os testes também possibilitaram identificar possíveis ajustes necessários para futuras versões do dispositivo.

**5. Validação:** Na etapa final, os resultados dos testes foram avaliados criticamente e registrados. Essa validação teve como objetivo confirmar se o protótipo atende ao seu propósito como ferramenta exploratória, além de oferecer suporte para pesquisas futuras e possíveis utilizações industriais. Documentar essa fase foi fundamental para estimular o aprendizado e garantir a rastreabilidade do processo.

Dessa forma, o planejamento estruturado do projeto, fundamentado em uma definição de escopo precisa e no detalhamento das atividades por meio da EAP, oferecido à equipe mais organização, controle das fases e habilidade para acompanhar o avanço. Esse método garantiu que, mesmo em um ambiente acadêmico com recursos escassos, o grupo fosse capaz de desenvolver um protótipo funcional que estivesse em conformidade com os objetivos propostos.

### **3.2. Execução e Ferramentas Utilizadas**

A fase de execução foi o momento em que todo planejamento se concretizou em ações, possibilitando, assim, a criação do protótipo do gabarito automotivo. O ponto inicial foi a seleção e o uso do Autodesk Fusion 360 para a modelagem tridimensional. Esse software foi escolhido por ser uma ferramenta de desempenho elevado, fortemente utilizada em engenharia e design de produtos, a qual permite a criação de geometrias complexas, com alta precisão e recursos de simulação. Essa escolha possibilitou a criação de um modelo digital sólido, capaz de atender aos requisitos de precisão dimensional, ergonomia e sustentabilidade previamente definidos.

A modelagem em ambiente virtual ofereceu uma vantagem significativa: a oportunidade de fazer ajustes e aprimoramentos no design antes da produção física, evitando os riscos de retrabalho. Além disso, o Fusion 360 permitiu a aplicação de conceitos ergonômicos diretamente no projeto, o que possibilitou o

redesenho das áreas de contato e de apoio para aumentar o conforto e a segurança não especificamente .

Depois da fase de modelagem, o grupo deu especificações para produção do protótipo para produção utilizando uma impressora 3D Anycubic Kobra Neo , selecionado por sua acessibilidade, praticidade e recomendação para uso em ambientes acadêmicos.uma impressora 3D Anycubic Kobra Neo, selecionada por sua acessibilidade, praticidade e recomendação para uso em ambientes acadêmicos. Essa impressora fornece uma interface intuitiva e recursos de nivelamento automático, o que ajuda a garantir a confiabilidade e a qualidade do processo de impressão, mesmo em situações que envolvem limitações de tempo e orçamento. A opção por essa tecnologia evidencia a conformidade do projeto com a proposta de investigar soluções viáveis e replicáveis, particularmente em contextos educacionais e pequenas empresas que desejam inovar com custos reduzidos.

O filamento PLA foi o material empregado, escolhido por sua mistura de características técnicas e vantagens ecológicas. O O PLA oferece uma resistência estrutural adequada para usos de baixa carga mecânica, sendo também econômico e de fácil inclusão. A origem em fontes renováveis e a possibilidade de reciclagem destacam o compromisso do projeto com a sustentabilidade, causando o impacto ambiental em relação aos plásticos tradicionais e métodos convencionais de fabricação, como a usinagem CNC.

A equipe responsável pela execução foi formada por alunos do terceiro semestre de Gestão de Projetos, do curso de Gestão da Qualidade da Fatec. Esses alunos tiveram o professor Ademir como orientador em todas as fases do projeto. Essa diretriz foi essencial para garantir a conformidade com as melhores práticas de gestão de projetos sugeridas pelo PMBOK, particularmente no que se refere ao controle de escopo, tempo, custos e riscos.

A comunicação entre os membros do tempo foi fundamental para o progresso do projeto. O aplicativo WhatsApp foi usado para interações rápidas, permitindo o compartilhamento de arquivos, atualização do status das atividades e resolução de dúvidas de forma ágil. As aulas presenciais, por sua vez, serviram como reuniões formais, nas quais foram abordadas as principais escolhas de design, a distribuição de tarefas ea

avaliação dos resultados parciais. A combinação de ferramentas digitais e reuniões presenciais possibilitou a integração da agilidade com a formalidade, garantindo a eficácia da execução.

Assim, a etapa de execução não apenas concretizou o protótipo planejado, como também evidenciou a estratégia prática de empregar metodologias de gestão de projetos em um ambiente acadêmico, equilibrando recursos limitados com metas técnicas e científicas. A combinação de tecnologia acessível, comunicação eficaz e orientação pedagógica levou a um processo de execução que é estruturado, colaborativo e em sintonia com as expectativas do projeto.

### **3.3. Gestão de Riscos**

A gestão de riscos constituiu uma etapa essencial no desenvolvimento do projeto, uma vez que a aplicação da manufatura aditiva em um contexto acadêmico envolve fatores de incerteza tanto técnicos quanto operacionais. Para organizar esse processo, foi utilizada a matriz de probabilidade e impacto, que possibilitou identificar, avaliar e classificar os riscos de acordo com sua relevância para o cumprimento do escopo, prazo e qualidade do protótipo de gabarito automotivo.

Os riscos mapeados foram distribuídos em quatro grandes categorias: técnicos, operacionais, de recursos e de cronograma. Dentro delas, os pontos críticos identificados foram os seguintes:

**Dificuldade no desenho CAD 3D do protótipo:** considerado o risco de maior relevância, pois a modelagem no Autodesk Fusion 360 exigiu precisão e conhecimentos técnicos específicos para garantir a ergonomia, a compatibilidade dimensional e a funcionalidade do gabarito. Eventuais falhas nessa etapa poderiam comprometer todo o desenvolvimento subsequente.

**Falhas na impressão 3D:** incluíram problemas como travamento da extrusora, falhas de adesão da peça à mesa, deformações durante o processo ou defeitos de camada. Esses fatores poderiam gerar desperdício de material e a necessidade de reinício da fabricação, aumentando o tempo de execução.

**Diferenças dimensionais entre o protótipo impresso e o modelo digital:** mesmo após a modelagem correta, era possível ocorrerem variações devido a calibração

inadequada da impressora, retração do filamento PLA durante o resfriamento ou configurações incorretas de parâmetros no fatiador.

**Possíveis atrasos na aquisição de insumos:** o abastecimento de filamento PLA reciclável, bem como peças de manutenção da impressora (bico extrusor, mesa aquecida ou correias), poderia ser comprometido por indisponibilidade em fornecedores locais, impactando diretamente o cronograma previsto de 90 dias.

Para mitigar esses riscos, foram estabelecidos planos de resposta e contingência, de modo a reduzir sua probabilidade de ocorrência e minimizar os impactos caso viessem a se concretizar. As principais estratégias adotadas foram:

**Revisões rápidas no design CAD:** sempre que identificado um problema na modelagem, o protótipo virtual passava por ajustes imediatos, com apoio da equipe e feedback do professor orientador, evitando retrabalhos acumulados.

**Apoio técnico do professor orientador:** em situações críticas de dificuldade com o software ou de interpretação dos requisitos do gabarito, a orientação especializada do professor Ademir foi acionada como forma de suporte.

**Alternativas para insumos:** mapeamento de diferentes fornecedores de PLA reciclável e componentes de impressora, garantindo flexibilidade e evitando a paralisação do projeto em caso de falhas no fornecimento.

**Testes incrementais:** antes de imprimir o gabarito completo, foram planejados ensaios de pequenas peças ou seções do protótipo, com o objetivo de validar parâmetros e reduzir desperdícios. A gestão de riscos foi acompanhada por meio de revisões semanais, durante as reuniões presenciais. Assegurando que os riscos fossem monitorados e que o planejamento pudesse ser ajustado conforme as necessidades. A gestão de riscos não apenas preveniu problemas, mas também contribuiu para a criação de uma cultura de aprendizado contínuo, reforçando a importância de integrar análise preventiva e práticas ágeis na condução de projetos acadêmicos aplicados à indústria.

### 3.4. Gestão da Qualidade e Ergonomia

A gestão da qualidade do projeto foi estruturada de acordo com as boas práticas do PMBOK (PMI, 2017), contemplando processos de planejamento, garantia e controle da qualidade, alinhados aos requisitos estabelecidos na fase inicial do projeto. O objetivo

principal foi assegurar que o protótipo do gabarito automotivo, desenvolvido em impressão 3D, atendesse plenamente às especificações técnicas, ergonômicas e funcionais definidas no escopo.

A avaliação da qualidade foi realizada em duas etapas complementares:

**Inspeção dimensional:** consistiu na verificação das medidas do protótipo por meio de instrumentos de precisão, como paquímetros digitais, comparando-se os valores obtidos com as dimensões originais do modelo CAD desenvolvido no Autodesk Fusion 360. Essa análise permitiu identificar variações mínimas resultantes do processo de impressão 3D e assegurar que tais diferenças não comprometessem a funcionalidade do dispositivo.

**Testes funcionais:** O protótipo foi desenvolvido considerando os seguintes aspectos ergonômicos: Dimensões adequadas: as medidas foram planejadas para que o operador conseguisse manipular o gabarito com facilidade, sem exigir movimentos repetitivos excessivos ou posições desconfortáveis. Peso reduzido: o uso do filamento PLA reciclável proporcionou leveza ao protótipo, facilitando seu transporte e manuseio durante o processo de inspeção e montagem. Conforto operacional: o design buscou garantir que o manuseio do gabarito fosse intuitivo e não gerasse fadiga durante a utilização, reduzindo riscos de lesões por esforço repetitivo (LER/DORT).

### 3.5. Aplicação do Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (Planejar/Executar/Verificar/Agir) foi adotado como ferramenta de gestão para garantir a qualidade e a melhoria contínua do projeto. Cada fase foi aplicada da seguinte forma:

#### **Planejar (Plan):**

- ✓ Definição do escopo do projeto (protótipo de gabarito de inspeção em 3D).
- ✓ Estabelecimento dos requisitos de precisão, ergonomia, sustentabilidade e baixo custo.
- ✓ Elaboração da WBS.
- ✓ Planejamento de riscos, como falhas na modelagem CAD ou na impressão 3D.

#### **Executar (Do):**

- ✓ Desenvolvimento do protótipo no software CAD (Fusion 360).

- ✓ Preparação dos arquivos para impressão 3D.
- ✓ Escolha de impressora 3D de fácil acesso (Anycubic Kobra Neo) e insumos (PLA).
- ✓ Comunicação da equipe via WhatsApp e reuniões presenciais.

**Verificar (Check):**

- ✓ Comparação das medidas do protótipo impresso com o modelo digital.
- ✓ Análise da ergonomia: tamanho, peso e facilidade de manuseio pelo operador.
- ✓ Identificação de falhas ou divergências (como possíveis deformações do PLA).

**Agir (Act):**

- ✓ Ajustes no desenho CAD em caso de inconsistências.
- ✓ Definição de melhorias para versões futuras do gabarito.
- ✓ Registro das lições aprendidas para aplicação em próximos projetos acadêmicos.

O PDCA funcionou como um guia de acompanhamento periódico, permitindo que o protótipo fosse planejado, executado, validado e melhorado continuamente, dentro da realidade acadêmica e dos prazos estabelecidos.

### **3.6. Metrologia Aplicada**

A aplicação da metrologia neste trabalho está centrada na utilização de instrumentos calibrados e rastreáveis para a inspeção do protótipo de gabarito desenvolvido. Seguindo as orientações da ISO 9001:2015 (Requisito 7.1.5.2), os equipamentos de medição empregados foram verificados e/ou calibrados em intervalos estabelecidos, com certificados válidos e vinculados a padrões de medição nacionais.

Durante o processo metodológico, foram observados os seguintes procedimentos:

- ✓ Seleção de instrumentos de medição adequados à tolerância dimensional especificada no projeto;
- ✓ Registro e identificação única de cada equipamento utilizado (número de série ou TAG);
- ✓ Adoção de critérios de aceitação baseados no Desvio Máximo Admissível (DMA) do produto;

- ✓ Documentação dos resultados de calibração, verificações e manutenções preventivas;
- ✓ Avaliação da confiabilidade dos resultados obtidos em inspeções realizadas com o gabarito.

A integração da metrologia à metodologia de desenvolvimento do protótipo assegura que as inspeções sejam realizadas com rigor técnico, garantindo confiabilidade nos resultados e conformidade com requisitos técnicos e normativos.

## **4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO**

### **4.1. Empresa do Objeto de Estudo: Ultra Metalúrgica**

Neste projeto, a Ultra Metalúrgica serve como o objeto de estudo, sendo a empresa que fabrica o bracket metálico estampado para o qual será desenvolvido o gabarito de inspeção. As características e práticas da empresa influenciam diretamente os requisitos do gabarito, bem como os critérios de validação e aplicação.

Aspectos relevantes considerados da Ultra Metalúrgica:

- ✓ Produção em série de componentes metálicos estampados, demandando eficiência e repetibilidade nas inspeções.
- ✓ Possível certificação de sistemas de gestão da qualidade ou aderência a normas ISO, o que impõe altos requisitos de confiabilidade metrológica.
- ✓ Normas internas de controle de qualidade já existentes, como plano de controle, inspeção dimensional e utilização de instrumentos calibrados.

Estrutura fabril que permite uso de gabaritos em linha de inspeção, com condições operacionais típicas da indústria: vibração, variação térmica, operadores com diferentes níveis de habilidade, necessidade de rapidez no ciclo de inspeção.

### **4.2. Impacto do Contexto Empresarial no Desenvolvimento do Gabarito**

A partir da integração com o contexto da Ultra Metalúrgica, o desenvolvimento do gabarito de inspeção será moldado considerando:

- ✓ As tolerâncias dimensionais máximas aceitáveis praticadas pela empresa, observadas no plano de controle vigente.

- ✓ As condições de ambiente de inspeção da empresa (temperatura, umidade, iluminação), para garantir que o gabarito seja utilizável sem perda de precisão nessas condições.
- ✓ A ergonomia para o operador que vai usar o gabarito, considerando o layout da linha de inspeção da Ultra Metalúrgica.
- ✓ A compatibilidade com os instrumentos de medição já existentes na empresa, para facilitar uso e manutenção, bem como o treinamento requerido.
- ✓ Frequência de produção e quantidade de peças a serem inspecionadas, definindo número de ciclos de uso previstos para o gabarito e a necessidade de durabilidade e resistência operacional.

#### **4.3. Descrição da Peça e Justificativa do Projeto**

A peça apresentada na Figura 1 corresponde a um suporte metálico estampado (Bracket), utilizado em aplicações estruturais e de fixação em sistemas automotivos. Trata-se de um componente que exige precisão dimensional e geométrica, uma vez que pequenas variações podem comprometer o alinhamento, a montagem e o desempenho do conjunto em que está inserido.

Figura 1 - Suporte metálico estampado



Fonte: Próprio autor

Atualmente, este componente não possui gabarito de controle específico para inspeção, o que dificulta a verificação de suas dimensões críticas e a avaliação da conformidade em processos de produção seriada. A ausência de um dispositivo dedicado aumenta a dependência de medições manuais pontuais, que além de demandarem maior tempo, podem apresentar variações de resultado, reduzindo a confiabilidade do controle de qualidade.

Diante desse cenário, surge a necessidade do projeto e construção de um gabarito de inspeção capaz de assegurar a verificação rápida, precisa e repetitiva das características dimensionais da peça. O desenvolvimento desse gabarito contribuirá para a padronização do processo de inspeção, redução de erros de medição, melhoria da rastreabilidade e aumento da eficiência no controle de qualidade.

Assim, este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um protótipo de gabarito de inspeção para a peça metálica estampada (Bracket), alinhado às boas práticas de metrologia industrial e aos requisitos normativos da ISO 9001:2015, garantindo confiabilidade, reprodutibilidade e conformidade do produto final.

#### **4.4. Controle de Qualidade: Situação Atual e Proposta de Melhoria**

O Plano de Controle do Processo de Manufatura, apresentado na Figura 2, descreve em detalhes as características dimensionais, os métodos de medição e a frequência das inspeções realizadas na peça em estudo. Nele, observam-se os parâmetros críticos de cada operação, as tolerâncias nominais e os instrumentos de verificação utilizados, como paquímetros e micrômetros, além da etapa de inspeção visual executada ao final do processo.

Atualmente, o controle é feito por medições dimensionais com instrumentos de precisão, seguindo as especificações listadas no documento, e por inspeção visual 100 % na saída da máquina, a cargo da operadora. Apesar de fornecer um acompanhamento básico, esse método apresenta limitações importantes, pois a aprovação final depende do julgamento humano, o que torna o resultado subjetivo e sujeito a variações entre turnos e profissionais.

Para superar essas restrições, o presente projeto propõe a construção de um gabarito de inspeção em impressão 3D, que funcione como uma ferramenta de controle

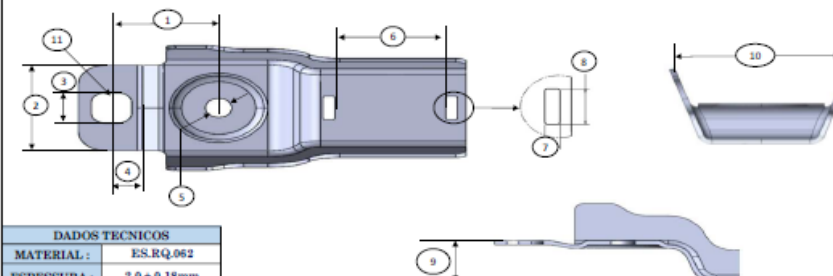
robusta e padronizada. Esse dispositivo permitirá verificar de forma objetiva todas as características dimensionais significativas especificadas no plano (Figura 2), garantindo conformidade com o desenho técnico, maior repetibilidade e redução de falhas decorrentes de avaliação visual.

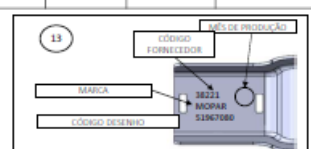
Com a adoção do gabarito, espera-se:

- ✓ Padronização das medições, eliminando subjetividades;
- ✓ Agilidade no processo de inspeção, otimizando o tempo de verificação;
- ✓ Aumento da confiabilidade do produto final, assegurando que cada peça atenda às tolerâncias indicadas.

Figura 2 – Plano de Controle do Processo de Manufatura da Peça “PLATE”

| PLANO DE CONTROLE |                            | PROCESSO MANUFATURA *                                                |                                                                                                   | <input type="checkbox"/> Protótipo<br><input type="checkbox"/> Pré-Lanç.<br><input checked="" type="checkbox"/> Produção |                    | Desco. Peças:     | PLATE                     | D                             | Cód. Internat: |                           |            |           |          |
|-------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------|---------------------------|------------|-----------|----------|
|                   |                            |                                                                      |                                                                                                   |                                                                                                                          |                    | Cod Client Condi: | -                         | Cod Condi Int:                | -              | Data de Des:              |            |           |          |
|                   |                            |                                                                      |                                                                                                   |                                                                                                                          |                    | Cliente:          |                           |                               |                | Cód. Cliente:             |            |           |          |
| Nº Operação       | Descrição da Operação      | Item de Segurança                                                    |                                                                                                   | Op. Anterior                                                                                                             | Op. Posterior      | Nº RM             | Folha                     |                               |                |                           |            |           |          |
| 10                | ESTAMPAR PROGRESSIVAMENTE  | <input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> não |                                                                                                   | RECEBIMENTO MP                                                                                                           | EXPEDIR PARA ZINCO | 084/14            | 01 de 02                  |                               |                |                           |            |           |          |
| Item              | Característica de Controle | Caract.                                                              | Especificação de Controle                                                                         |                                                                                                                          |                    | Unidade           | Meio de Controle          | Responsabilidade da Qualidade |                |                           | Formulário |           |          |
|                   |                            |                                                                      |                                                                                                   |                                                                                                                          |                    |                   | Monitoramento do Inspetor |                               |                | Monitoramento do Operador |            |           |          |
|                   |                            |                                                                      |                                                                                                   |                                                                                                                          |                    |                   | Frequência                | Amostra                       | Registro       | Frequência                | Amostra    |           |          |
| 1                 | Distância                  | ◇                                                                    | Nominal                                                                                           | Mínimo                                                                                                                   | Máximo             | mm                | Faquinmetro-0.01          | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | -          | -         |          |
| 2                 | Distância                  | ◇                                                                    | 40.00                                                                                             | 39.50                                                                                                                    | 40.50              | mm                | Faquinmetro-0.01          | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | -          | -         |          |
| 3                 | Quadrado                   | ◇                                                                    | 16.00                                                                                             | 15.50                                                                                                                    | 16.50              | mm                | Faquinmetro-0.01          | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | -          | -         |          |
| 4                 | Distância                  | ◇                                                                    | 15.00                                                                                             | 14.50                                                                                                                    | 15.50              | mm                | Faquinmetro-0.01          | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | -          | -         |          |
| 5                 | Diâmetro                   | ◇                                                                    | Ø 10.0                                                                                            | 9.8                                                                                                                      | 10.2               | mm                | Faquinmetro-0.01          | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | -          | -         |          |
| 6                 | Distância                  | D                                                                    | 41.40                                                                                             | 41.20                                                                                                                    | 41.60              | mm                | Faquinmetro-0.01          | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | -          | -         |          |
| 7                 | Retângulo                  | ◇                                                                    | 4.40                                                                                              | 4.30                                                                                                                     | 4.50               | mm                | Faquinmetro-0.01          | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | -          | -         |          |
| 8                 | Retângulo                  | ◇                                                                    | 12.40                                                                                             | 12.30                                                                                                                    | 12.50              | mm                | Faquinmetro-0.01          | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | -          | -         |          |
| 9                 | Distância                  | D                                                                    | 25.00                                                                                             | 22.80                                                                                                                    | 25.20              | mm                | Trapaçador de altura      | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | -          | -         |          |
| 10                | Distância                  | D                                                                    | 66.00                                                                                             | 65.50                                                                                                                    | 66.50              | mm                | Faquinmetro - 0.01        | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | -          | -         |          |
| 11                | Raio                       | ◇                                                                    | 5.00                                                                                              | 4.50                                                                                                                     | 5.50               | mm                | Fonte de Raio             | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | -          | -         |          |
| 12                | Espessura                  | D                                                                    | 2.00                                                                                              | 1.82                                                                                                                     | 2.18               | mm                | Micrômetro - 0.01mm       | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | -          | -         |          |
| 13                | Carimbo de Identificação   | D                                                                    | 38221<br>MOPAR<br>51967080                                                                        |                                                                                                                          |                    | -                 | Controle Visual           | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | 100%       | Todo lote | 5n turno |
| 14                | Aspecto geral              | P                                                                    | Verificar se há rasuras, trincas, rebarbas e deformações e canto vivo e carimbo de identificação. |                                                                                                                          |                    | -                 | Controle Visual           | Set-up/ 2 n turno             | 05 peças       | 5n turno                  | 100%       | Todo lote | 5n turno |





| DADOS TÉCNICOS |               |
|----------------|---------------|
| MATERIAL:      | ES.RQ.062     |
| ESPESURA:      | 2,0 ± 0,18mm  |
| LARGURA:       | 291,0 - 0,5mm |

| HISTÓRICO DE REVISÃO |       |                      |             |
|----------------------|-------|----------------------|-------------|
| Rev.                 | Data: | Descrição de Revisão | Responsável |
|                      |       |                      |             |
|                      |       |                      |             |

| ASSINATURAS |  |  |
|-------------|--|--|
|             |  |  |
|             |  |  |

| SÍMBOLOS CARACT. |   |
|------------------|---|
| SEGURANÇA        | ⊗ |
| CRÍTICO          | ◇ |
| PROCESSO         | P |
| DESENHO          |   |

- Em caso de não conformidades durante o processo, "PARAR, CHAMAR E ESPERAR" proceder conf. "Plano de Resposta (7.14.14.1)".

- Na ausência do inspetor/operador o responsável pela liberação é o líder de produção;

- Inspeção de Lay-Out conf. Cronograma.

Fonte: Documento técnico fornecido pelo setor de qualidade da empresa.

Assim, a proposta do gabarito impresso em 3D complementa e fortalece as práticas descritas no plano de controle, oferecendo uma solução mais eficiente e precisa para a garantia da qualidade.

#### **4.5. Aplicação das Diretrizes de Construção do Dispositivo de Controle**

Para o desenvolvimento do gabarito de inspeção destinado ao suporte metálico estampado (bracket), foram seguidas as Diretrizes para Construção e Certificação de Dispositivos de Controle (UPE 151A – 2008). Essas normas estabelecem os requisitos para padronização, confiabilidade metrológica e validação do dispositivo.

O corpo do dispositivo foi projetado em alumínio e aço SAE 1020, garantindo resistência e estabilidade dimensional. Para a fixação e posicionamento da peça, foram previstos pinos de localização, pinos de controle, buchas e pinos passa/não passa, assegurando a verificação das dimensões críticas do bracket conforme desenho técnico.

A base do dispositivo recebeu placas de identificação e esferas de alinhamento, atendendo às exigências de rastreabilidade e padronização. O sistema de fixação da peça foi projetado com grampos padrão, posicionados de forma a garantir ergonomia e segurança ao operador durante o uso.

Conforme a norma, o dispositivo deverá passar pelas etapas de avaliação dimensional, avaliação funcional e avaliação de repetibilidade, assegurando que atenda aos requisitos de precisão e confiabilidade estabelecidos. Por fim, será elaborada uma instrução de uso (**Anexo 2**), padronizando o posicionamento da peça e a sequência de fechamento dos grampos para garantir consistência nos resultados de inspeção.

#### **4.6. Aprovação e Validação do Gabarito de Inspeção**

Após a fase de projeto e construção, o gabarito de inspeção para o suporte metálico estampado (bracket) deverá ser submetido ao processo de aprovação e validação, em conformidade com as diretrizes UPE 151A (2008). Essa etapa tem como objetivo assegurar que o dispositivo atenda aos requisitos funcionais, dimensionais e metrológicos definidos.

A aprovação será realizada em três etapas complementares:

**Avaliação Dimensional** – consiste na medição detalhada das áreas de controle do gabarito, incluindo pinos de posicionamento, pinos passa/não passa e superfícies de apoio. Os resultados devem ser apresentados em relatório dimensional impresso e eletrônico, contendo informações de rastreabilidade dos instrumentos utilizados e das condições ambientais da medição.

**Avaliação Funcional** – será conduzida por meio da aplicação da Lista de Verificação de Dispositivos de Controle, assegurando que todos os elementos de fixação, localização e inspeção estejam operando corretamente, sem interferências ou riscos ao operador.

**Avaliação de Repetibilidade** – consiste na realização de medições sucessivas em uma mesma peça, posicionada e removida do gabarito em pelo menos cinco ciclos. Essa prática permite verificar a consistência dos resultados e confirmar a confiabilidade do dispositivo para uso em inspeções seriadas.

Concluídas essas etapas, será elaborada a Instrução de Uso do Gabarito, contemplando orientações sobre o posicionamento da peça, a sequência de fechamento dos grampos e os procedimentos de medição. Essa padronização garante não apenas a confiabilidade dos resultados, mas também a ergonomia e a segurança no manuseio do dispositivo.

Dessa forma, a aprovação e validação do gabarito confirmam sua adequação como ferramenta de inspeção, alinhada às boas práticas de metrologia industrial e aos requisitos de qualidade exigidos pela ISO 9001:2015.

#### **4.7. Etapas do Projeto segundo o PMBOK**

##### **1. Iniciação**

**Identificação da necessidade:** A peça metálica estampada (bracket) não possui gabarito de controle, o que compromete a confiabilidade da inspeção.

**Justificativa do projeto:** O gabarito é necessário para padronizar medições, reduzir erros e aumentar a eficiência do processo de qualidade.

**Definição do objetivo geral:** Projetar, construir e validar um protótipo de gabarito de inspeção para o bracket metálico estampado.

**Objetivos específicos:**

- ✓ Garantir precisão e repetibilidade nas medições;
- ✓ Atender às diretrizes de metrologia (ISO 9001:2015 – Requisito 7);
- ✓ Integrar requisitos ergonômicos e de segurança do operador;
- ✓ Validar o dispositivo por meio de avaliações dimensionais, funcionais e de repetibilidade.

**Stakeholders identificados:** Equipe acadêmica, professor orientador, Ultra Metalúrgica (objeto de estudo), operadores de inspeção, clientes da indústria.

**Termo de abertura do projeto (TAP):** Documento inicial que formaliza a execução do projeto, contendo escopo preliminar, cronograma macro e responsáveis. **(Anexo 1)**

## **2. Planejamento**

### **Definição do escopo:**

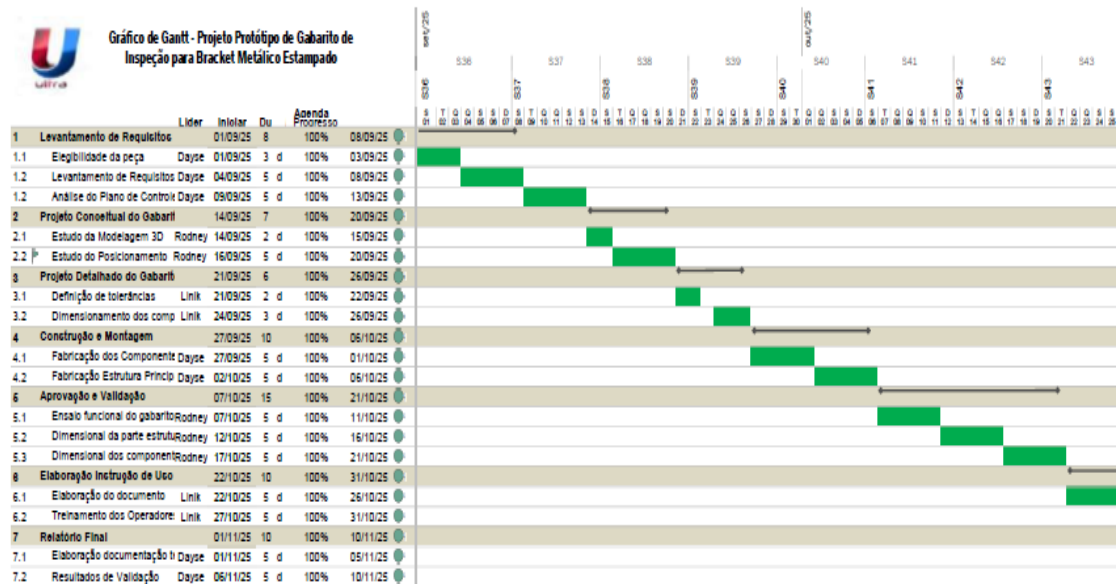
- ✓ Desenvolvimento de um gabarito de inspeção físico para a peça bracket metálico estampado;
- ✓ Inclusão de pinos, buchas, RPS e dispositivos passa/não passa;
- ✓ Documentação técnica (planta, plano de controle, instrução de uso);
- ✓ Validação funcional e dimensional.

### **EAP – Estrutura Analítica do Projeto:**

- ✓ Levantamento de requisitos (peça, plano de controle, diretrizes).
- ✓ Projeto conceitual do gabarito.
- ✓ Projeto detalhado e seleção de materiais.
- ✓ Construção e montagem.
- ✓ Aprovação e validação.
- ✓ Elaboração de instrução de uso.
- ✓ Relatório final/documentação.

**Cronograma:** Definição das atividades no tempo (diagrama de Gantt).

Figura 3 – Cronograma



Fonte:Elaborado pelo autor

**Orçamento:** Estimativa de custos de materiais (alumínio, aço, buchas, pinos, fixadores) e horas de trabalho.

#### Gestão de riscos:

- ✓ Risco de não conformidade dimensional (mitigado com simulação e CAD antes da fabricação);
- ✓ Risco de desgaste do gabarito (mitigado com seleção adequada de materiais);
- ✓ Risco de atraso na fabricação (plano alternativo com fornecedores locais).

**Plano de qualidade:** Inspeções intermediárias, calibração dos instrumentos, rastreabilidade metrológica.

**Plano de comunicação:** Relatórios parciais ao professor orientador, reuniões semanais de acompanhamento.

### 3. Execução

**Projeto conceitual:** Modelagem 3D e análise de posicionamento da peça no gabarito.

**Projeto detalhado:** Definição de tolerâncias, dimensionamento dos pinos, buchas e grampos.

**Construção do gabarito:** Fabricação dos componentes em aço SAE 1020 e alumínio laminado.

**Integração com empresa objeto de estudo (Ultra Metalúrgica):** Ajuste do gabarito às condições de produção da fábrica (layout, ergonomia, volume de peças).

**Treinamento de uso:** Orientação inicial de operadores para uso correto do gabarito.

#### **4. Monitoramento e Controle**

**Acompanhamento das entregas:** Conferência de cada etapa concluída (checklist baseado no PMBOK).

**Controle de qualidade:** Ensaios de validação do gabarito:

- ✓ Avaliação dimensional (medição crítica dos pinos e áreas de apoio).
- ✓ Avaliação funcional (lista de verificação).
- ✓ Avaliação de repetibilidade (mínimo de cinco ciclos).

**Gestão de mudanças:** Registro e aprovação de alterações no projeto (ex.: alteração no posicionamento de um pino).

**Indicadores de desempenho:** Prazos atendidos, custo dentro do previsto, conformidade técnica alcançada.

#### **5. Encerramento**

**Entrega final:** Protótipo de gabarito validado e documentado.

**Elaboração da instrução de uso:** Passo a passo de inspeção com o dispositivo.

**Relatório final:** Documentação técnica, resultados de validação, análise de conformidade com normas ISO e diretrizes.

**Lições aprendidas:** Pontos de melhoria identificados no processo de desenvolvimento (materiais, ergonomia, tempo de execução).

**Encerramento formal:** Aceitação pelo orientador e apresentação dos resultados à instituição de ensino.

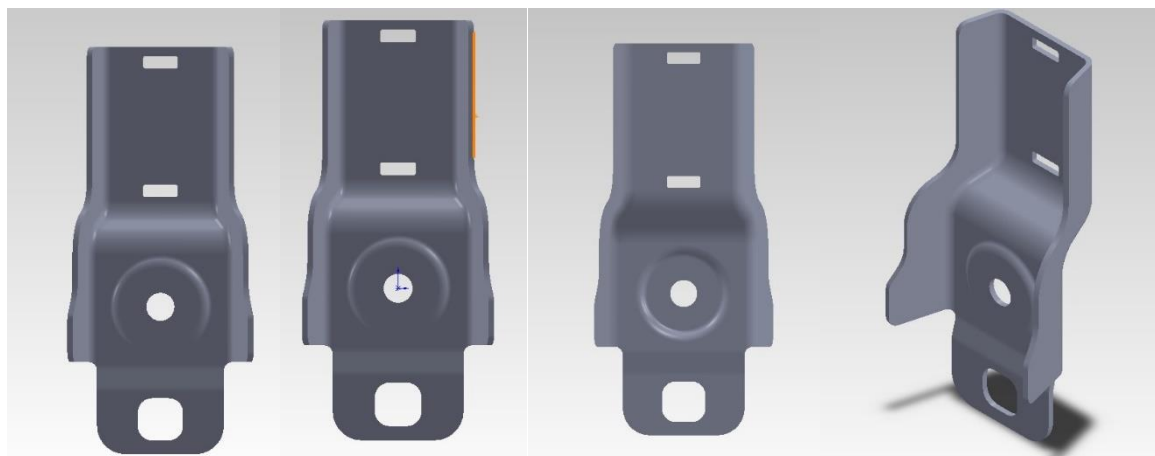
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na indústria automotiva, a fabricação de componentes estampados exige elevado controle dimensional, visto que pequenas variações podem comprometer a montagem final do veículo. Para garantir a conformidade geométrica, utilizam-se gabaritos de inspeção, dispositivos projetados para posicionar a peça em referências fixas e verificar medidas críticas de forma ágil e repetitiva. Este trabalho descreve o desenvolvimento de um gabarito de inspeção, desde a análise do desenho técnico até a concepção em versões metálica e prototipação em impressão 3D.

### 5.1. Análise da Peça Estampada

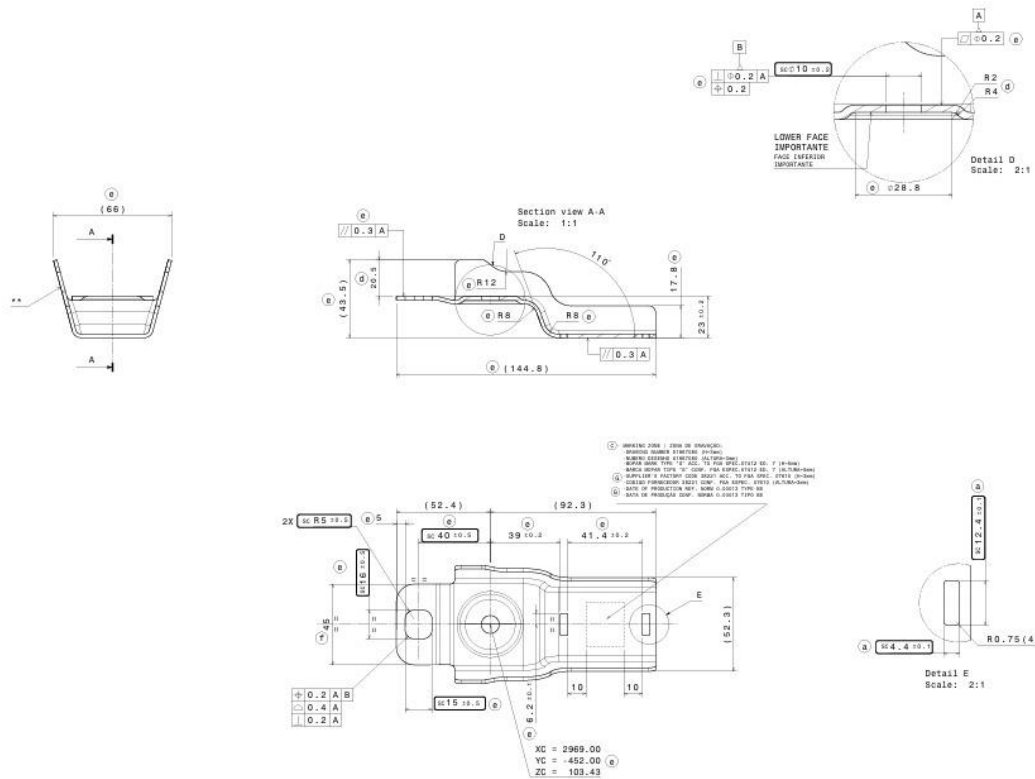
A peça em estudo foi fornecida em modelo CAD 3D e em desenho técnico 2D. Os principais pontos analisados foram: Geometria complexa com dobras e recortes, furos e rasgos oblongos, utilizados como referências de montagem, superfícies de apoio que determinam a posição correta na carroceria, características significativas (SC), indicadas no desenho, com tolerâncias de até  $\pm 0,2$  mm. Essas informações nortearam a definição das zonas críticas a serem controladas no gabarito.

Figura 4 - Desenho técnico 3D da Peça



Fonte: Fornecido pelo setor de qualidade da empresa

Figura 5 - Desenho técnico 2D da Peça



Fonte: Fornecido pelo setor de qualidade da empresa

## 5.2. Concepção do Gabarito de Inspeção

A concepção do gabarito seguiu princípios de engenharia de produção e metrologia.

**Estrutura Base:** Foi projetada uma base plana e robusta, garantindo rigidez e estabilidade. A base contém furos para fixação em bancada ou mesa de medição, assegurando repetibilidade durante a inspeção.

**Elementos de Posicionamento:** Foram inseridos pinos de referência cilíndricos que se encaixam nos furos principais da peça, eliminando graus de liberdade e estabelecendo o posicionamento correto. Além disso, apoios usinados foram adicionados para garantir contato com as superfícies de referência indicadas no desenho.

**Sistema de Fixação:** O gabarito recebeu grampos ajustáveis com manípulos, permitindo rápida fixação e liberação da peça. Essa solução assegura ergonomia e eficiência no processo de inspeção.

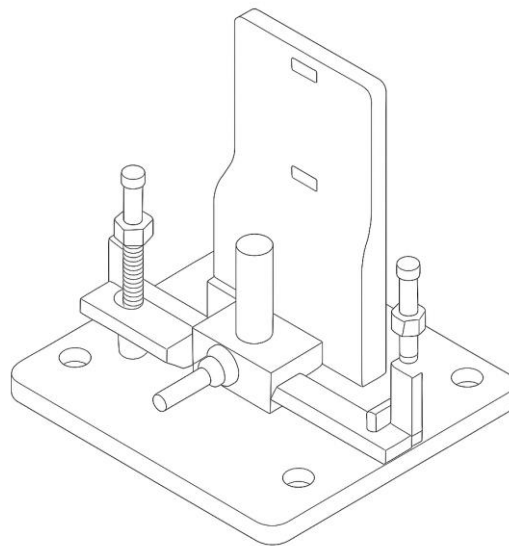
Indicação de Tolerâncias: As cotas e tolerâncias críticas foram transcritas do desenho técnico para o gabarito. Linhas finas destacam dimensões como distâncias entre pinos, larguras de encaixe e altura em relação à base.

### 5.3. Modelagem CAD e Representações

Foram geradas diferentes representações gráficas:

Gabarito vazio (isométrico técnico): ilustração apenas com a estrutura metálica e elementos de fixação, utilizado para fabricação e montagem do dispositivo.

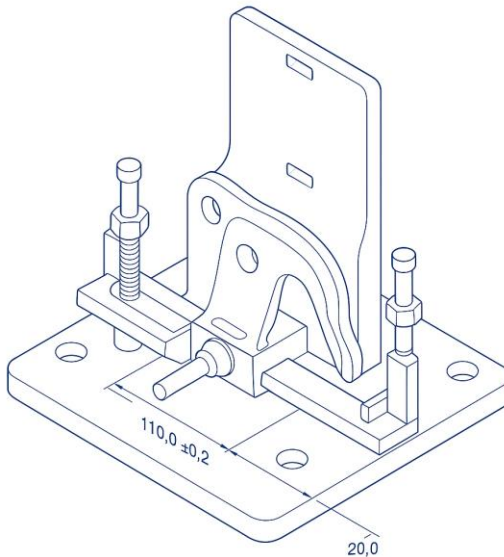
Figura 6 – Gabarito vazio



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio de IA

Gabarito com a peça posicionada: visão didática, facilitando o entendimento de como a peça se acomoda sobre os pinos e apoios.

Figura 7 – Gabarito com peça posicionada



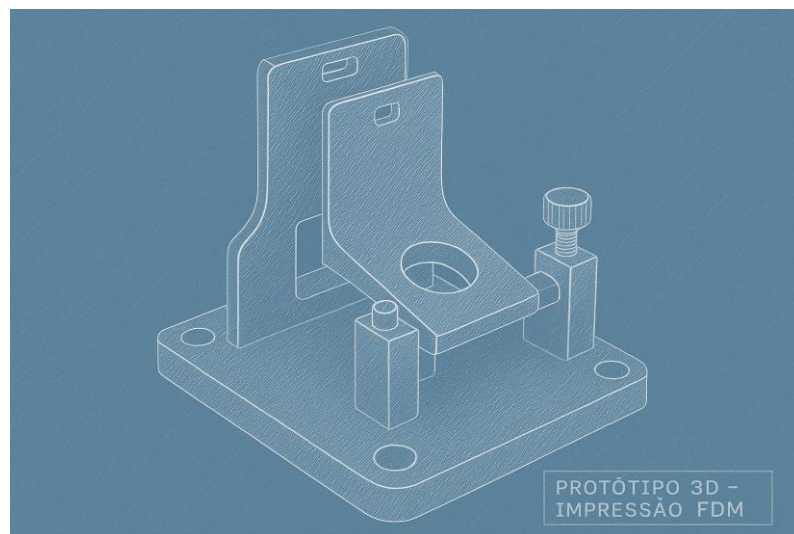
Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio de IA

#### 5.4. Protótipo em Impressão 3D

Antes da fabricação metálica, recomenda-se a produção de um protótipo em impressão 3D. Essa etapa possibilita: Verificação preliminar da ergonomia e do manuseio, teste de encaixe da peça e identificação de interferências, redução de custos de retrabalho, já que ajustes no modelo digital podem ser validados rapidamente.

Versão em 3D realista (render metálico): representação final do gabarito como seria produzido em aço.

Figura 8 - Croqui simplificado do gabarito impresso em 3D



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio de IA

Versão prototipada em impressão 3D: modelo em cor sólida realista (cinza claro), representando a fabricação aditiva em ABS/PLA.

Figura 9 - Versão visual em CAD isométrico com aparência de impressão 3D



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio de IA

Assim, o gabarito atende aos requisitos de controle dimensional da indústria automotiva, assegurando qualidade, repetibilidade e redução de tempo no processo de inspeção.

## 6. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver e validar um protótipo de gabarito de inspeção para bracket metálico estampado, utilizando a impressão 3D como principal recurso tecnológico e aplicando as boas práticas de gestão de projetos e gestão da qualidade. A pesquisa, de caráter aplicado, qualitativo e exploratório, permitiu testar a viabilidade da manufatura aditiva como alternativa para dispositivos de controle dimensional, demonstrando potencial de inovação, sustentabilidade e ergonomia para o setor automotivo.

Os resultados obtidos confirmaram que o protótipo atendeu aos requisitos definidos no planejamento, sobretudo em relação à precisão dimensional, facilidade de manuseio e viabilidade econômica. A utilização do PLA reciclável evidenciou ainda a possibilidade de integrar práticas sustentáveis ao processo, alinhando-se às demandas atuais da Indústria 4.0 e às exigências normativas da ISO 9001:2015, no que tange à confiabilidade metrológica.

Durante o desenvolvimento, a aplicação das diretrizes do PMBOK mostrou-se essencial para a organização das etapas, permitindo maior controle do escopo, do tempo, dos riscos e da qualidade. A adoção do ciclo PDCA também contribuiu para a melhoria contínua, garantindo ajustes rápidos no modelo CAD e no processo de impressão 3D sempre que necessário.

Embora o protótipo tenha alcançado os objetivos propostos, algumas limitações devem ser destacadas, como a restrição de tempo (90 dias), a limitação de recursos acadêmicos e a própria natureza exploratória do estudo, que não possibilitou testes em ambiente fabril real em larga escala. Dessa forma, o dispositivo desenvolvido deve ser entendido como uma prova de conceito, não como uma solução definitiva para uso industrial.

Ainda assim, o trabalho abre caminho para pesquisas futuras, sugerindo: O aprimoramento do design do gabarito, com aplicação de novos materiais de impressão mais resistentes, a realização de testes em linhas de produção de montadoras, visando validar ergonomia, confiabilidade e durabilidade em condições reais de operação, a integração de tecnologias digitais, como sensores e sistemas IoT, para tornar o dispositivo ainda mais alinhado aos princípios da Indústria 4.0.

Conclui-se que o desenvolvimento de gabaritos de inspeção por manufatura aditiva representa uma alternativa viável, econômica e sustentável para o setor automotivo, contribuindo não apenas para o aumento da eficiência produtiva e da qualidade dos produtos, mas também para a modernização dos processos industriais. Em um cenário de competitividade global e de exigências cada vez maiores em relação à sustentabilidade, a proposta apresentada reforça a importância de integrar engenharia, gestão e inovação tecnológica na busca por soluções mais ágeis, flexíveis e confiáveis para a indústria.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRES, R. et al. **A impressão 3D como ferramenta estratégica na Indústria 4.0.** *IOSR Journal of Business and Management*, v. 26, n. 4, p. 01–06, 2024. Disponível em: <https://www.iosrjournals.org>. Acesso em: 13 set. 2025.

AETHRA. **Diretrizes para Construção/certificação de dispositivo de controle.** 3. Ed. Minas Gerais, 2008,

CARVALHO, M. M.; RABECHINI JR., R. **Fundamentos em gestão de projetos: construindo competências para gerenciar.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

DINSMORE, P. C.; CAVALIERI, S. **Gerência de projetos: transformando estratégias empresariais.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

INMETRO. **Vocabulário Internacional de Metrologia – VIM: conceitos fundamentais e gerais e termos associados.** 2. ed. Rio de Janeiro: INMETRO, 2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9001:2015 – Quality management systems – Requirements.** Geneva: ISO, 2015.

GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing.** New York: Springer, 2010.

KERZNER, H. **Gestão de Projetos: as melhores práticas.** New York: John Wiley & Sons, 2009.

MORAES, E. A. P. **Guia PMBOK para gerenciamento de projetos.** Universidade Federal Fluminense. Disponível em: <https://old.foundrygate.com>. Acesso em: 13 set. 2025.

NASCIMENTO, C. R.; TRINDADE, G. A.; SILVA, R. J. O. **Sustentabilidade na manufatura aditiva: uma visão geral sobre os potenciais do seu desenvolvimento.** *Universidade Federal do Paraná*, 2021. Disponível em: <https://aprepro.org.br>. Acesso em: 13 set. 2025.

TAMANINI, C.; WILTGEN, F. **Manufatura aditiva e as mudanças na indústria automotiva.** *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, v. 13, n. 90, p. 104–165, jan./abr. 2022. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br>. Acesso em: 13 set. 2025.

VARGAS, R. **Manual prático do plano de projeto**. Rio de Janeiro: Brasport, 2003.

VOLPATO, F.; CARVALHO, M. M. **Impressão 3D e prototipagem rápida na engenharia de produção**. *Revista Gestão & Tecnologia*, v. 17, n. 2, p. 45–60, 2017.

## 8. ANEXOS

### 8.1. Anexo 1 – Termo de Abertura do Projeto

|                                                                                    |                                                |                      |              |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------|--------------|
| <b>Projeto:</b> Protótipo de Gabarito de Inspeção para Bracket Metálico Estampado  |                                                |                      |              |
| <b>Data:</b> 12/08/2025                                                            |                                                |                      |              |
| <b>Patrocinador Acadêmico:</b> Prof. Dr. Ademir Lamenza – FATEC-SP                 |                                                |                      |              |
| <b>Gerente do Projeto:</b> Rodney Lahan                                            |                                                |                      |              |
| <b>Equipe do Projeto:</b> Dayse Barbosa Santana, Linik Bezerra Souza, Rodney Lahan |                                                |                      |              |
|   | <b>Documento: Termo de Abertura do Projeto</b> |                      |              |
|                                                                                    |                                                |                      |              |
|                                                                                    | <b>Revisão N°:</b>                             | <b>Data Revisão:</b> | <b>Pág.:</b> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Justificativa</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>A peça metálica estampada (bracket), produzida pela Ultra Metalúrgica, não possui gabarito de controle específico. A inspeção atual baseia-se em medições manuais e inspeção visual, o que gera subjetividade, risco de não conformidade e baixa repetibilidade. O projeto busca desenvolver um protótipo de gabarito de inspeção utilizando impressão 3D, garantindo padronização, confiabilidade metrológica e alinhamento às exigências da Indústria 4.0 e da ISO 9001:2015.</p> |
| <b>2. Objetivo do Projeto</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>Projetar, construir e validar um protótipo de gabarito de inspeção para o bracket metálico estampado, assegurando precisão dimensional, ergonomia e sustentabilidade, conforme as boas práticas de gerenciamento de projetos (PMBOK) e de metrologia industrial.</p>                                                                                                                                                                                                                |
| <b>3. Escopo do Projeto</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>Inclusões:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Levantamento de requisitos técnicos e normativos.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelagem 3D em software CAD.</li> <li>- Impressão 3D do protótipo em PLA reciclável.</li> <li>- Testes dimensionais, funcionais e de repetibilidade.</li> <li>- Documentação técnica e relatório final.</li> </ul> <p>Exclusões:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção em escala industrial.</li> <li>- Certificação formal do dispositivo para uso comercial.</li> <li>- Implementação definitiva na linha de produção.</li> </ul> |
| <b>4. Premissas</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidade de impressora 3D e filamento PLA.</li> <li>- Acesso a instrumentos de medição calibrados.</li> <li>- Apoio técnico do professor orientador e da equipe acadêmica.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>5. Restrições</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prazo máximo de 90 dias para conclusão.</li> <li>- Recursos financeiros limitados ao orçamento acadêmico.</li> <li>- Ambiente restrito às instalações da FATEC e recursos da Ultra Metalúrgica.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>6. Principais Entregas</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protótipo funcional do gabarito de inspeção.</li> <li>- Relatórios de avaliação dimensional, funcional e de repetibilidade.</li> <li>- Instrução de uso do gabarito.</li> <li>- Documentação final do projeto.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>7. Riscos Iniciais</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falhas na impressão 3D (aderência, deformação, quebra de filamento).</li> <li>- Variações dimensionais entre o modelo CAD e a peça impressa.</li> <li>- Atrasos na aquisição de insumos.</li> <li>- Desgaste prematuro.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>8. Cronograma Macro</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Iniciação e Planejamento: Semanas 1–2</li> <li>- Modelagem CAD: Semanas 3–4</li> <li>- Impressão 3D e Ajustes: Semanas 5–7</li> <li>- Testes e Validação: Semanas 8–11</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Documentação e Encerramento: Semanas 12–13                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>9. Orçamento Estimado</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiais (PLA, insumos de impressão): R\$ 500,00</li> <li>- Instrumentos de medição e calibração: R\$ 300,00 (uso compartilhado/laboratório)</li> </ul> <p>Total previsto: R\$ 800,00</p>                                                                                                 |
| <b>10. Stakeholders</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Internos: Equipe de projeto, professor orientador, coordenação do curso.</li> <li>- Externos: Ultra Metalúrgica, operadores de inspeção, futuros clientes industriais.</li> </ul>                                                                                                          |
| <b>11. Critérios de Sucesso</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protótipo concluído e validado dentro do prazo e orçamento.</li> <li>- Atender às tolerâncias dimensionais e requisitos de ergonomia.</li> <li>- Geração de relatório técnico aprovado pelo professor orientador.</li> <li>- Demonstração de viabilidade da manufatura aditiva.</li> </ul> |
| <b>12. Aprovação</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>A execução do projeto está formalmente autorizada a partir da assinatura deste Termo.</p><br><hr/> <p>Prof. Dr. Ademir Lamenza – Patrocinador</p><br><hr/> <p>Rodney Lahan – Gerente do Projeto</p><br><hr/> <p>Linik Bezerra Souza – Equipe</p><br><hr/> <p>Dayse Barbosa Santana – Equipe</p>                                  |

## 8.2. Anexo 2 – Instrução de uso de Gabarito

| FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO – FATEC-SP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Curso: Gestão da Qualidade                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| Disciplina: Gestão de Projetos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| INSTRUÇÃO DE USO – GABARITO DE INSPEÇÃO PARA BRACKET METÁLICO ESTAMPADO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
| <p>Código: GI-BRK-01</p> <p>Revisão: 01</p> <p>Data: 04/10/2025</p> <p>Elaborado por: Equipe de Projeto FATEC-SP</p> <p>Aprovado por: Prof. Dr. Ademir Lamenza</p>                                                                                                                                                                                                                     |  |
| 1. OBJETIVO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| Estabelecer o procedimento padronizado para utilização do gabarito de inspeção destinado à verificação dimensional do Bracket Metálico Estampado, assegurando precisão, repetibilidade e rastreabilidade dos resultados.                                                                                                                                                               |  |
| 2. APLICAÇÃO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| Aplica-se às inspeções de recebimento, processo e liberação final de peças estampadas do tipo Bracket na Ultra Metalúrgica ou em ambientes acadêmicos de validação metrológica.                                                                                                                                                                                                        |  |
| 3. EQUIPAMENTOS E RECURSOS NECESSÁRIOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gabarito de inspeção impresso em 3D (material PLA ou metálico).</li> <li>- Peça Bracket Metálico Estampado.</li> <li>- Paquímetro digital calibrado (resolução mínima 0,01 mm).</li> <li>- Relógio comparador (quando aplicável).</li> <li>- Ficha de Registro de Inspeção.</li> <li>- EPI's: luvas, óculos de proteção e avental.</li> </ul> |  |
| 4. CONDIÇÕES AMBIENTAIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura: 20 °C ± 2 °C.</li> <li>- Umidade relativa: 45 % a 65 %.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                               |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Superfície da bancada limpa, nivelada e livre de vibração.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>5. PROCEDIMENTO OPERACIONAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p><b>5.1 Preparação</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Certifique-se de que o gabarito está limpo e sem deformações.</li> <li>2. Verifique a integridade dos pinos e grampos.</li> <li>3. Confirme a calibração dos instrumentos de medição.</li> <li>4. Identifique a peça antes da inspeção.</li> </ol> <p><b>5.2 Posicionamento da Peça</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apoie o gabarito sobre a mesa de inspeção.</li> <li>2. Insira o Bracket nos pinos de referência até o total encaixe.</li> <li>3. Certifique-se de que todas as superfícies de apoio estejam em contato com a base.</li> <li>4. Acione os grampos de fixação da esquerda para a direita.</li> <li>5. Verifique se não há folgas ou interferências.</li> </ol> <p><b>5.3 Verificação Dimensional</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Utilize pinos passa/não passa para checar furos críticos.</li> <li>2. Confirme as distâncias com paquímetro digital.</li> <li>3. Registre medidas na Ficha de Inspeção.</li> <li>4. Classifique como não conforme se estiver fora da tolerância.</li> </ol> <p><b>5.4 Liberação e Retirada</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Libere os grampos na ordem inversa.</li> <li>2. Retire a peça cuidadosamente.</li> <li>3. Limpe o gabarito antes de armazená-lo.</li> </ol> |
| <b>6. CUIDADOS E MANUTENÇÃO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evite exposição ao calor acima de 60 °C (para versões em PLA).</li> <li>- Armazene em local seco e protegido.</li> <li>- Verifique o estado dos pinos e grampos semanalmente.</li> <li>- Calibre o gabarito a cada 6 meses ou quando houver indício de desgaste.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>7. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Encaixe completo e sem folgas.</li> <li>- Medições dentro das tolerâncias especificadas.</li> <li>- Ausência de deformações após cinco ciclos consecutivos de inspeção.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>8. REGISTROS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Ficha de Inspeção Dimensional – cód. FID–BRK–01.</li><li>- Relatório de Validação Funcional – cód. RVF–BRK–01.</li><li>- Registro de Manutenção Preventiva – cód. RMP–BRK–01.</li></ul>                                                       |
| <b>9. RESPONSABILIDADES</b>                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Operador de Inspeção: Executar o procedimento e registrar resultados.</li><li>- Supervisor da Qualidade: Validar medições e aprovar relatórios.</li><li>- Engenharia/Projeto: Atualizar a instrução em caso de alteração no design.</li></ul> |
| <b>10. REFERÊNCIAS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- ISO 9001:2015 – Requisito 7.1.5 (Recursos de Medição).</li><li>- UPE 151A – Diretrizes para Construção e Certificação de Dispositivos de Controle (Aethra, 2008).</li><li>- Manual de Metrologia Industrial – INMETRO (2020).</li></ul>       |