

NACIONALGÁS 

BRASILGÁS 

PARAGÁS 



# INTEGRAÇÃO DE MODELAGEM 3D, REALIDADE VIRTUAL E PROTOTIPAGEM RÁPIDA NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS MECÂNICOS

FORTALEZA  
2025

## DADOS DO CASE

### Categoria:

Projetos de Instalações

### Autores:

- Wildenbergery Pereira Lucas - Nacional Gás.  
Contatos: [wildenbergery.lucas@nacionalgas.com.br](mailto:wildenbergery.lucas@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Arlei Andrade da Silva - Nacional Gás.  
Contatos: [arlei.silva@nacionalgas.com.br](mailto:arlei.silva@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Nicolas Daniel Gomes Silva - Nacional Gás/ Grupo Portfolio  
Contatos: [nicolas.daniel@nacionalgas.com.br](mailto:nicolas.daniel@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- José Germano Pereira Sousa - Nacional Gás.  
Contatos: [jose.sousa@nacionalgas.com.br](mailto:jose.sousa@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Robson de Sousa Dourado - Nacional Gás.  
Contatos: [robson.dourado@nacionalgas.com.br](mailto:robson.dourado@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Luiz Felipe Gomes Bezerra Evangelista - Nacional Gás.  
Contatos: [luiz.felipegbe@nacionalgas.com.br](mailto:luiz.felipegbe@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Jean Kleber Lima da Cruz - Nacional Gás.  
Contatos: [jean.cruz@nacionalgas.com.br](mailto:jean.cruz@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Lucas Braga Barros - Nacional Gás  
Contatos: [lucas.barroso@geq.com.br](mailto:lucas.barroso@geq.com.br) / (085) 3466.8921
- Paula Silva Marques - Nacional Gás.  
Contatos: [paula.marques@nacionalgas.com.br](mailto:paula.marques@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Leandro Schimitt - Nacional Gás.  
Contatos: [leandro.schimitt@nacionalgas.com.br](mailto:leandro.schimitt@nacionalgas.com.br) / (011) 2108.1942
- Valter Monteiro Brito - VMB Engenharia Ltda  
Contatos: [valter@vmbengenharia.com](mailto:valter@vmbengenharia.com) / (085) 99817.2500

## RESUMO

O presente trabalho apresenta a integração de modelagem 3D, realidade virtual e aumentada e prototipagem rápida como ferramentas estratégicas para o desenvolvimento de produtos mecânicos, evidenciando seus impactos na eficiência, qualidade e inovação do processo. A modelagem tridimensional, associada as listas de materiais estruturadas, desenhos técnicos e simulações computacionais, possibilitou a Nacional Gás a identificação precoce de falhas, a otimização do design e a comunicação clara entre equipes multidisciplinares em seu projetos. A realidade virtual e aumentada, por sua vez, amplia a compreensão espacial e funcional dos projetos, permitindo análises dinâmicas de montagem e operação, validação do design em escala real e maior interação para ajustes e melhorias.

A prototipagem física, em diferentes escalas, mostrou-se fundamental para validar estética, ergonomia, interferências e funcionalidades, assegurando que o produto atenda plenamente às especificações técnicas antes da produção em larga escala. Por fim, os resultados demonstraram ganhos expressivos em redução de custos, diminuição do tempo de desenvolvimento, mitigação de riscos e integração entre desempenho técnico e estético, consolidando essas tecnologias como pilares para a inovação e a competitividade na engenharia moderna.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	7
1.1 Histórico da Nacional Gás Distribuidora Ltda.....	7
1.2 Histórico da VMB Engenharia .....	8
1.3 Cenário.....	9
2. PROBLEMAS ENCONTRADOS .....	9
3. OBJETIVOS.....	10
3.1 Objetivo Geral .....	10
3.2 Objetivos Específicos .....	11
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
4.1 Modelagem 3D e Simulações Computacionais .....	11
4.2 Realidade Virtual e Aumentada na Engenharia.....	12
4.3 Prototipagem Rápida e Impressão 3D.....	13
4.4 Metodologias de Desenvolvimento de Produto e Indústria 4.0 .....	14
5. FLUXO DE TRABALHO .....	15
6. RESULTADOS.....	16
6.1 Modelagem 3D e Documentação Técnica .....	16
6.1.1 Modelagem 3D .....	16
6.1.2 Lista de Materiais (BOM).....	17
6.1.3 Desenho Técnico Mecânico .....	18
6.1.4 Simulações Computacionais.....	19
6.2 Realidade Virtual e Aumentada.....	19
6.2.1 Animação 3D para Análise de Montagem .....	19
6.2.2 Animação 3D para Análise de Funcionalidade .....	20
6.2.3 Validação do Design em Ambiente Virtual .....	21
6.2.4 Gerenciar Mudanças Requisitadas pelo Cliente .....	22
6.3 Prototipagem.....	22
6.3.1 Protótipo para Validação do Design em Escala Reduzida.....	22
6.3.2 Protótipo para Análise de Interferências.....	23
6.3.3 Protótipo para Análise de Funcionalidade .....	23
6.3.4 Gerenciar Mudanças Requisitadas pelo Cliente .....	24

**NACIONALGÁS** 

**BRASILGÁS** 

**PARAGÁS** 



**GRUPO EdsonQueiroz**

6.4	Desempenho .....	25
6.4.1	Redução de Custos .....	25
6.4.2	Redução do Tempo de Desenvolvimento .....	25
6.4.3	Redução de Riscos de Falha em Escala.....	25
6.4.4	Avaliação Simultânea do Projeto Técnico e Estético .....	25
7.	CONCLUSÃO .....	26
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Modelagem computacional do processo produtivo da unidade de Betim II.....</i>	12
<i>Figura 2 - Realidade Aumentada aplicada na prática .....</i>	13
<i>Figura 3 - Etapas de trabalho .....</i>	16
<i>Figura 4 - Modelo 3D computacional de uma plataforma móvel .....</i>	17
<i>Figura 5 - Lista de materiais de uma plataforma móvel .....</i>	17
<i>Figura 6 - Desenho técnico mecânico de uma plataforma móvel .....</i>	18
<i>Figura 7 - Simulação computacional de estruturas.....</i>	19
<i>Figura 8 - Análise da montagem do bico de injeção de uma balança de enchimento de gás.....</i>	20
<i>Figura 9 - Análise do acionamento pneumático de uma balança de enchimento de gás.....</i>	21
<i>Figura 10 - Plataforma móvel em realidade aumentada .....</i>	21
<i>Figura 11 - Protótipo em escala reduzida de uma portaria .....</i>	22
<i>Figura 12 - Análise do mecanismo de quatro barras para freio de plataforma móvel .....</i>	23
<i>Figura 13 - Vista superior do protótipo de freio para uma plataforma móvel.....</i>	24

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Histórico da Nacional Gás Distribuidora Ltda

A história da Nacional Gás se inicia em 1951, com um jovem empreendedor chamado Edson Queiroz que percebeu mudanças que estavam ocorrendo no mercado mundial na época e trouxe as mesmas para realidade dos cearenses. No início houve uma grande resistência da população devido ao receio do GLP, no entanto o jovem Edson conseguiu convencer a população de Fortaleza a deixar os antigos fogões a lenha pelos novos fogões que utilizavam o novo produto. No início a empresa teve enormes dificuldades, pois além do grande preconceito do povo nordestino com o produto, ainda era difícil a obtenção de GLP, pois o produto era importado do México e Estados Unidos e ainda existia a dificuldade de distribuição. Para conseguir superar esses obstáculos foi preciso que o jovem empresário passasse a vender fogões, além de ter que ir pessoalmente nas casas dos clientes para fazer a instalação e informar sobre as vantagens dos novos produtos.

Em 1953, após uma ação arrojada, Edson Queiroz obteve a autorização para carregar seus botijões de gás na Refinaria Lanulfo Alves em Mataripe/BA. A partir desta concessão, a Edson Queiroz & Cia., que tinha 289 clientes e comercializava 2,9 toneladas por mês, a partir dessa ação foram reduzidos os custos para obtenção do GLP, conseguindo progressos significativos na distribuição. Por outro lado, o mercado continuava crescendo com a disruptiva do preconceito dos consumidores em Fortaleza. Foi quando a empresa iniciou um crescimento e ampliou para outros estados do Brasil, além deste fato, também se estendeu para outras atividades econômicas.

A Nacional Gás chega aos dias atuais com foco na modernidade, com destaque nacional na comercialização de envasados domiciliar e crescendo cada vez mais no setor granel, graças ao reconhecimento e preferência dos seus parceiros de negócios, clientes e consumidores. Atuando no armazenamento, envase e distribuição de GLP, está presente em quase todo o território nacional.

## 1.2 Histórico da VMB Engenharia

A VMB Engenharia foi fundada em 2013 pelo engenheiro Valter Monteiro Brito, com o propósito de oferecer soluções inovadoras em projetos de engenharia civil e industrial. Desde o início, a empresa destacou-se pela aplicação de metodologias modernas e pela busca constante por tecnologias que elevassem a eficiência e a qualidade dos empreendimentos.

Em 2015, a companhia transferiu sua sede para Fortaleza, ampliando sua atuação e consolidando-se no mercado regional. Em 2016, expandiu suas operações para múltiplos estados do Brasil, marcando o início de sua trajetória como empresa de alcance nacional. O reconhecimento veio em 2019, quando a VMB Engenharia recebeu o Prêmio Destaque BIM do SINDUSCON-CE, pelo pioneirismo e excelência na aplicação de metodologias BIM em projetos de engenharia civil e industrial.

A partir de 2021, a empresa iniciou sua atuação no setor industrial, expandindo sua expertise para empreendimentos de alta complexidade. Nesse mesmo ano, foi idealizada a SmartBIIM, startup criada para digitalizar processos de gestão de obras e portfólios, fortalecendo o posicionamento da VMB como agente de transformação digital na construção civil e industrial.

Em 2023, surgiu a VMB Scanning, braço especializado em escaneamento a laser, digitalização de obras e geração de gêmeos digitais, ampliando o ecossistema tecnológico da companhia. Ainda nesse ano, o grupo foi duplamente premiado no Prêmio Inovação GLP: ouro na categoria Gestão com a SmartBIIM, pelo sistema de gestão de obras com base em BIM e Inteligência de Dados, e prata na categoria Projetos com a VMB Scanning, pela aplicação de laser scanners em filiais industriais.

Em 2024, a VMB Engenharia voltou a ser reconhecida no mesmo prêmio, reafirmando sua liderança em inovação tecnológica com novas soluções de gestão de portfólio e aplicação de gêmeos digitais em ambientes industriais complexos.

Atualmente, a VMB Engenharia se consolida como uma empresa de referência nacional, com atuação voltada à integração entre engenharia, inovação e tecnologia. Sua trajetória é marcada pela capacidade de antecipar tendências e pela construção de um

ecossistema digital robusto, que conecta planejamento, execução e manutenção em um modelo de Gestão 4.0 para obras e ativos industriais.

### 1.3 Cenário

O setor industrial contemporâneo é marcado por uma crescente pressão por inovação, eficiência e redução do tempo de lançamento de produtos no mercado. A complexidade dos projetos mecânicos, aliada à necessidade de atender a requisitos cada vez mais rigorosos de desempenho, ergonomia e estética, torna os métodos tradicionais de desenvolvimento insuficientes para garantir competitividade. Processos baseados apenas em desenhos bidimensionais e protótipos tardios apresentam limitações significativas, como maior risco de falhas, custos elevados de retrabalho e dificuldade de comunicação entre equipes multidisciplinares e clientes.

Nesse contexto, a integração de tecnologias digitais como modelagem 3D, simulações computacionais, realidade virtual e aumentada, aliada à prototipagem rápida, surge como resposta estratégica. A modelagem digital permite antecipar análises, reduzir desperdícios e melhorar a comunicação técnica, enquanto a realidade imersiva amplia a capacidade de validar o design em escala real e engajar stakeholders no processo decisório. Já a prototipagem física garante a verificação prática de usabilidade, funcionalidade e interferências antes da produção em escala.

Esse cenário evidencia a necessidade de adotar metodologias mais ágeis, iterativas e colaborativas, capazes de integrar diferentes etapas do ciclo de desenvolvimento em um fluxo contínuo e eficiente. Assim, o projeto justifica-se por atender às demandas da indústria moderna, oferecendo soluções que reduzem custos e riscos, aceleram o desenvolvimento e aumentam a confiabilidade dos produtos, consolidando-se como um modelo alinhado às diretrizes da Indústria 4.0 e às exigências de um mercado altamente competitivo.

## 2 PROBLEMAS ENCONTRADOS

O desenvolvimento de projetos mecânicos é um processo naturalmente complexo e repleto de riscos, especialmente quando envolve inovação e soluções inéditas. A inexistência de literatura específica ou de modelos analíticos consolidados para

determinados problemas técnicos dificulta a aplicação de métodos tradicionais de cálculo e análise, tornando o processo mais dependente de tentativas, experimentações e ajustes sucessivos. Essa limitação aumenta a incerteza e amplia as chances de falhas durante o ciclo de desenvolvimento.

Outro desafio relevante é o caráter multidisciplinar dos projetos, que exige a integração de conhecimentos de diferentes áreas, como engenharia mecânica, elétrica, materiais e design. Essa diversidade pode levar à negligência de aspectos considerados secundários nas fases iniciais, mas que, em etapas avançadas, revelam-se cruciais para o desempenho, a ergonomia ou a segurança do produto.

Além disso, muitas falhas só se manifestam tardiamente, quando o projeto já se encontra em fase de prototipagem avançada ou até mesmo em produção em escala. Nessas circunstâncias, a identificação e correção de problemas implicam processos de reprojeto complexos, que demandam tempo, recursos financeiros e mão de obra especializada. Esse ciclo gera atrasos significativos, aumento de custos e impactos negativos na reputação da empresa.

Por fim, a ausência de metodologias integradas e de ferramentas digitais que permitam antecipar cenários e validar hipóteses contribui para a falta de previsibilidade do processo, comprometendo a eficiência e a confiabilidade do produto. Assim, justifica-se a necessidade de adotar abordagens mais ágeis e inovadoras, baseadas em modelagem digital, simulações avançadas, realidade imersiva e prototipagem rápida, capazes de reduzir riscos, melhorar a comunicação entre equipes e assegurar maior qualidade ao resultado final.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Aplicar metodologias integradas de modelagem 3D, simulações computacionais, realidade virtual/aumentada e prototipagem rápida no desenvolvimento de projetos mecânicos, com o propósito de acelerar o ciclo de concepção, reduzir custos e tempo de produção, além de validar de forma ágil os conceitos e funcionalidades do produto.

### 3.2 Objetivos Específicos

#### Primários:

- Acelerar o processo de desenvolvimento, otimizando as etapas desde a concepção até a validação final.
- Reduzir o tempo e os custos de produção por meio da identificação precoce de falhas e ajustes necessários.
- Realizar a verificação rápida de conceitos de design e engenharia, assegurando maior assertividade.
- Validar a funcionalidade do projeto em condições simuladas ou prototipadas antes da fabricação em escala.

#### Secundários:

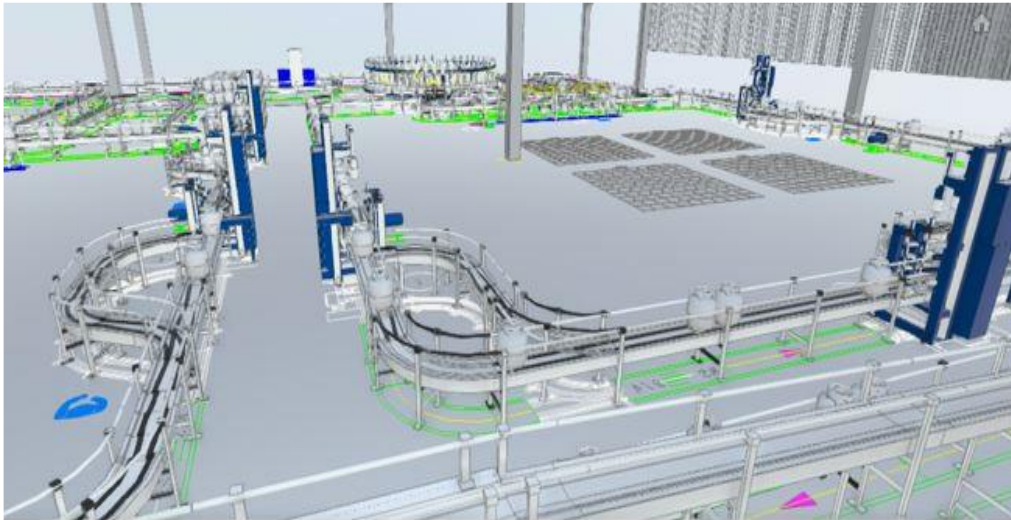
- Garantir a validação progressiva dos requisitos de projeto em etapas bem definidas.
- Utilizar modelos em escala reduzida para validação estética, ergonômica e de usabilidade.
- Produzir documentação técnica padronizada (BOM, desenhos técnicos e registros de simulações) que assegure rastreabilidade e facilite futuras atualizações.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Modelagem 3D e Simulações Computacionais

A modelagem 3D e as simulações computacionais são recursos fundamentais no processo de desenvolvimento de produtos, permitindo transformar conceitos em representações digitais detalhadas e precisas, conforme figura 1. O uso de ferramentas de CAD e CAE, aliado a métodos como a Análise de Elementos Finitos (FEA), possibilita prever o comportamento estrutural, térmico e dinâmico dos componentes antes da fabricação. Isso reduz custos, minimiza retrabalhos e assegura maior confiabilidade ao projeto. Diversos estudos destacam que a aplicação dessas tecnologias otimiza o processo de design e contribui para o aumento da qualidade e da eficiência na engenharia.

Figura 1 - Modelagem computacional do processo produtivo da unidade de Betim II

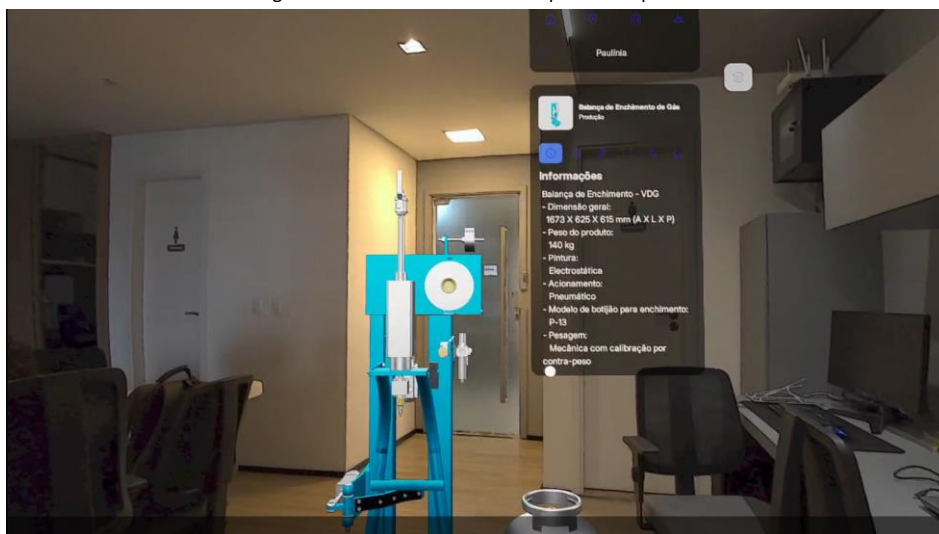


Fonte: Elaborado pelo autor

## 4.2 Realidade Virtual e Aumentada na Engenharia

A realidade virtual (VR) e a realidade aumentada (AR) têm se consolidado como tecnologias inovadoras que ampliam a capacidade de análise e validação em projetos de engenharia. A VR permite criar ambientes imersivos que possibilitam a exploração do produto em escala real, enquanto a AR insere modelos digitais diretamente no ambiente físico, facilitando a integração entre o virtual e o real, conforme figura 2,. A literatura evidencia que essas tecnologias favorecem a validação precoce de aspectos ergonômicos, funcionais e estéticos, além de promoverem maior colaboração entre equipes multidisciplinares e clientes. No contexto da Indústria 4.0, a VR e a AR desempenham papel estratégico, tornando os processos mais ágeis, interativos e assertivos.

Figura 2 - Realidade Aumentada aplicada na prática



Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.3 Prototipagem Rápida e Impressão 3D

A prototipagem rápida, viabilizada principalmente pelas tecnologias de impressão 3D, tem se mostrado indispensável no desenvolvimento ágil de produtos. Métodos como FDM, SLA e SLS permitem a fabricação de modelos físicos a partir de representações digitais em curtos prazos e com custos acessíveis. Esses protótipos, conforme figura 3, podem ser utilizados para validação estética, análise de interferências e testes funcionais, acelerando a tomada de decisão e reduzindo riscos no desenvolvimento. Estudos ressaltam que a prototipagem rápida contribui não apenas para a eficiência, mas também para a inovação, uma vez que possibilita iterações contínuas e maior flexibilidade no design.

Figura 5 – Protótipo da unidade de Betim II.



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.4 Metodologias de Desenvolvimento de Produto e Indústria 4.0

As metodologias de desenvolvimento de produto constituem o alicerce para integrar tecnologias digitais em processos de engenharia. Modelos como Design Thinking, Stage-Gate e QFD são amplamente utilizados para alinhar as necessidades do cliente às soluções técnicas propostas, garantindo clareza e rastreabilidade em todas as etapas do desenvolvimento. No contexto da Indústria 4.0, essas metodologias são fortalecidas pela digitalização, conectividade e automação, o que permite processos mais colaborativos, iterativos e eficientes. A literatura mostra que a convergência entre metodologias estruturadas e ferramentas digitais é essencial para garantir competitividade, reduzir riscos e acelerar a inovação.

## 5. FLUXO DE TRABALHO

O fluxo de trabalho adotado no desenvolvimento de projetos mecânicos foi estruturado de forma sequencial e iterativa, contemplando desde a concepção inicial até a produção em escala e distribuição do produto final.

A primeira etapa corresponde à definição dos requisitos, em que se estabelece de forma clara o problema a ser resolvido e os objetivos do projeto. Nessa fase, ferramentas como a matriz QFD (Quality Function Deployment) são frequentemente aplicadas para traduzir as necessidades do cliente em especificações técnicas, assegurando que as expectativas sejam incorporadas desde o início.

Em seguida, procede-se à definição do nível de fidelidade do protótipo, que varia de acordo com a maturidade do projeto e os objetivos da análise. As opções podem ir desde esboços conceituais em papel até protótipos físicos de alta precisão, fabricados por tecnologias como a impressão 3D. Essa decisão é fundamental para equilibrar custos, tempo e qualidade dos resultados esperados em cada fase do desenvolvimento.

A etapa subsequente envolve a modelagem 3D e a documentação técnica, que consistem na criação digital detalhada do protótipo e na elaboração de desenhos, listas de materiais e simulações necessárias para apoiar sua fabricação. Essa documentação assegura padronização, rastreabilidade e comunicação eficaz entre todos os envolvidos.

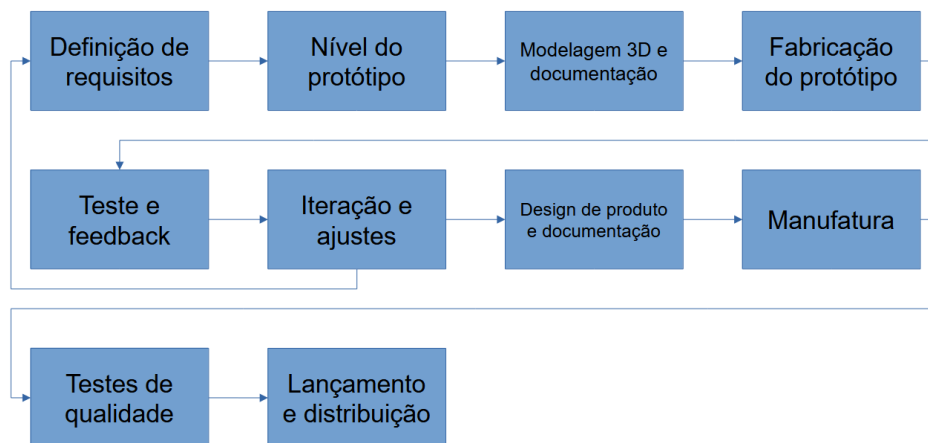
Posteriormente, realiza-se a fabricação do protótipo, seguida da fase de testes e feedback, em que o protótipo é avaliado junto ao cliente e às equipes técnicas. Esse processo permite identificar modificações necessárias e validar, em condições práticas, os requisitos de projeto. Quando as alterações têm impacto significativo, torna-se necessário o retorno a etapas anteriores, caracterizando o caráter iterativo do desenvolvimento.

Após a validação, inicia-se o design de produto e a documentação final, na qual o projeto é adaptado para a manufatura em larga escala. Essa adaptação é essencial para compatibilizar o design com o método de produção escolhido, como, por exemplo, a injeção plástica, que exige bipartição das peças e previsão de saídas para sua remoção no molde.

A etapa seguinte é a manufatura, em que o produto é produzido em escala, seguindo-se de testes pós-fabricação voltados para assegurar o controle de qualidade e a conformidade com os requisitos estabelecidos. Por fim, ocorre a fase de lançamento e distribuição, que abrange estratégias de marketing, definição de embalagens, logística de distribuição e planejamento de suporte ao consumidor, garantindo a inserção adequada do produto no mercado.

Esse fluxo evidencia a importância de uma abordagem integrada e iterativa, na qual cada etapa retroalimenta as demais, assegurando maior confiabilidade, eficiência e inovação ao processo de desenvolvimento de produtos.

Figura 3 - Etapas de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Modelagem 3D e Documentação Técnica

#### 6.1.1 Modelagem 3D

A modelagem 3D constitui a base do desenvolvimento de projetos de engenharia, pois possibilita transformar conceitos abstratos em representações digitais precisas e detalhadas. Essa etapa é essencial para antecipar a análise do produto, permitindo a detecção e correção de falhas de design ainda nas fases iniciais. Com isso, reduz-se significativamente o tempo de desenvolvimento e os custos associados a ajustes tardios, além de viabilizar múltiplas iterações sem desperdício de materiais. A modelagem tridimensional também fortalece a comunicação entre equipes multidisciplinares e stakeholders, favorecendo a tomada de decisão colaborativa e ágil. Outro aspecto

relevante é a possibilidade de fabricar protótipos e peças de geometrias complexas, que dificilmente seriam viáveis por métodos tradicionais, potencializando a inovação e a competitividade.

Figura 4 - Modelo 3D computacional de uma plataforma móvel

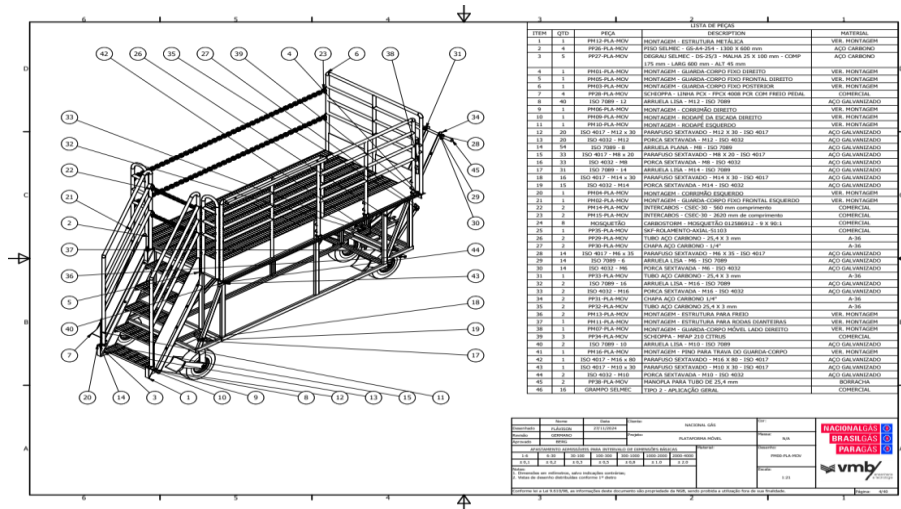


Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.1.2 Lista de Materiais (BOM)

A elaboração da Bill of Materials (BOM), ou lista de materiais, complementa a modelagem 3D ao organizar de forma sistemática todos os componentes necessários para a produção, montagem e manutenção do produto. A BOM proporciona maior clareza e padronização no fluxo de informações, evitando erros de fabricação, desperdícios e atrasos. Além disso, atua como instrumento de controle de custos, permitindo estimativas mais precisas e melhor gestão do estoque. Uma lista bem estruturada orienta a sequência correta de montagem e assegura rastreabilidade, fator crucial para reparos e atualizações futuras. Nesse sentido, a BOM é um elo entre projeto, manufatura e manutenção, garantindo que todas as fases do ciclo de vida do produto sejam executadas de maneira eficiente.

Figura 5 - Lista de materiais de uma plataforma móvel

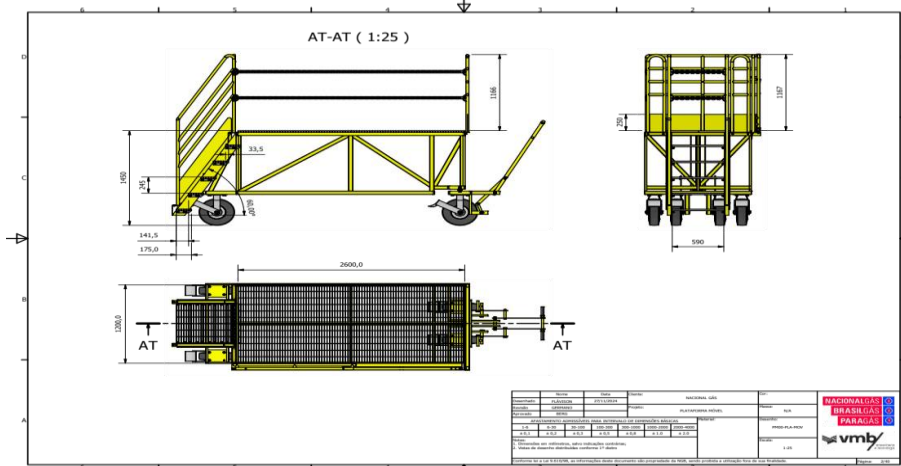


Fonte: Projeto da VMB Engenharia.

### 6.1.3 Desenho Técnico Mecânico

O desenho técnico é outro pilar do processo de desenvolvimento, responsável por traduzir o projeto digital em uma linguagem universal e normatizada, garantindo clareza e precisão na comunicação entre projetistas, engenheiros e fabricantes. Por meio dele, dimensões, tolerâncias e especificações são formalizadas, reduzindo riscos de erros de interpretação e retrabalhos. Além de orientar diretamente a produção, o desenho técnico desempenha papel fundamental no controle de qualidade, na manutenção de registros e na documentação de modificações futuras. Dessa forma, atua não apenas como suporte à fabricação imediata, mas também como referência permanente para todo o ciclo de vida do produto.

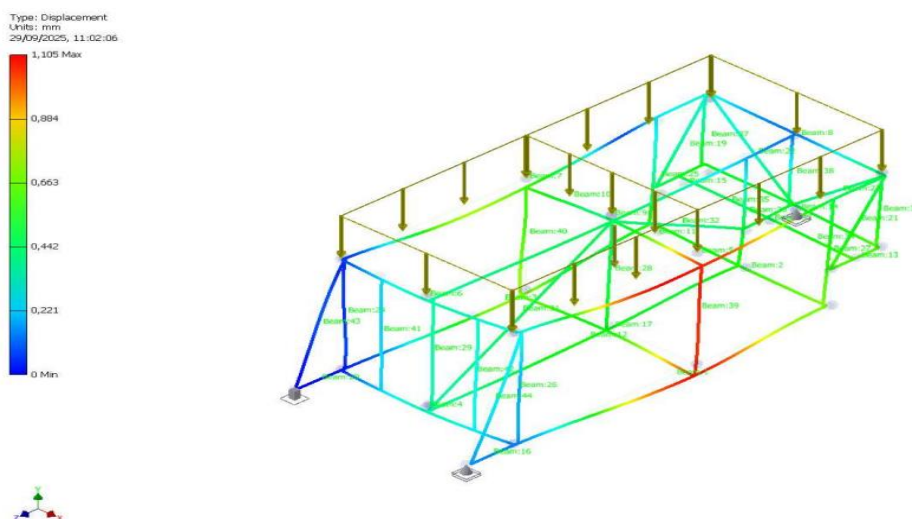
Figura 6 - Desenho técnico mecânico de uma plataforma móvel



#### 6.1.4 Simulações Computacionais

As simulações computacionais complementam as etapas anteriores ao possibilitar a previsão do comportamento de peças, sistemas e processos em condições próximas às reais, antes mesmo da fabricação física. Essa abordagem reduz a necessidade de experimentos dispendiosos, otimiza tempo e custos e permite a análise de fenômenos complexos de forma precisa. Ao antecipar falhas potenciais e indicar ajustes de projeto, as simulações aumentam a confiabilidade do produto e contribuem para sua otimização estrutural, funcional e energética. Além disso, favorecem a inovação ao permitir a exploração de diferentes cenários e parâmetros, sempre em busca de soluções mais eficientes, seguras e sustentáveis.

Figura 7 - Simulação computacional de estruturas



Fonte: Projeto da VMB Engenharia.

## 6.2 Realidade Virtual e Aumentada

### 6.2.1 Animação 3D para Análise de Montagem

A animação 3D aplicada à análise de montagem constitui um recurso de grande relevância no desenvolvimento de projetos mecânicos, pois possibilita a visualização digital da união e do encaixe das peças em movimento. Esse processo permite identificar interferências, erros de posicionamento e dificuldades de encaixe antes da fabricação física, reduzindo retrabalhos e otimizando o ajuste entre componentes. Além disso, facilita a compreensão do processo de montagem, especialmente em mecanismos complexos, e viabiliza a simulação de funcionamento do conjunto completo. Dessa



forma, gera economia de tempo e recursos, aumenta a segurança e fortalece a comunicação entre as equipes de engenharia e os clientes.

Figura 8 - Análise da montagem do bico de injeção de uma balança de enchimento de gás

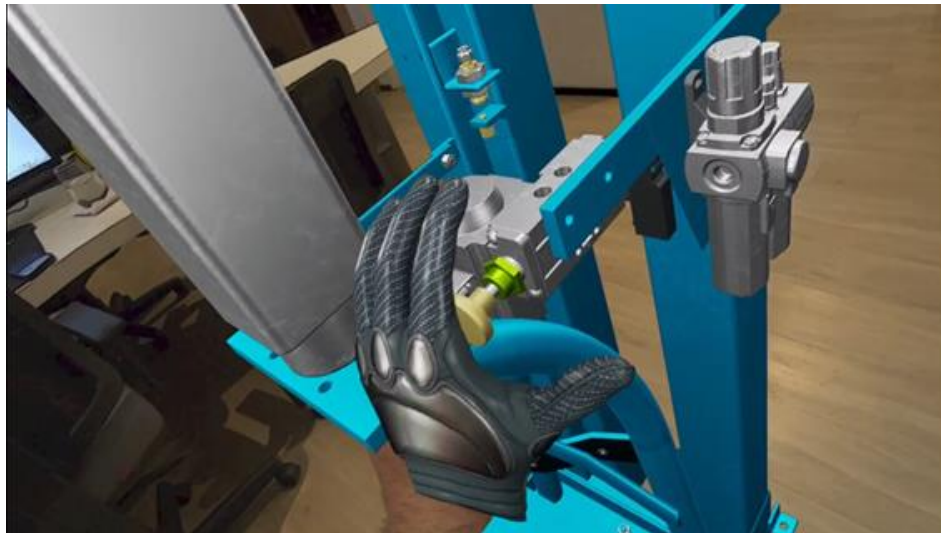


Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.2.2 Animação 3D para Análise de Funcionalidade

A utilização da animação 3D para análise de funcionalidade amplia a capacidade de compreensão do projeto ao representar de forma dinâmica a interação entre componentes, seus movimentos e a sequência de funcionamento. Esse recurso não apenas facilita o entendimento técnico do equipamento, mas também torna a comunicação mais clara e didática para diferentes públicos, incluindo operadores, fornecedores e clientes. Além disso, auxilia na tomada de decisão durante o processo de desenvolvimento, uma vez que permite avaliar alternativas de design, identificar falhas funcionais e propor ajustes antes da execução final.

Figura 9 - Análise do acionamento pneumático de uma balança de enchimento de gás



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.2.3 Validação do Design em Ambiente Virtual

A aplicação da realidade aumentada (RA) no processo de validação de design possibilita a visualização dos modelos digitais em escala real diretamente no ambiente físico. Essa imersão oferece aos usuários a oportunidade de avaliar aspectos estéticos, funcionais e ergonômicos com maior precisão e realismo, reduzindo incertezas e retrabalhos. A experiência proporcionada pela RA favorece a integração do design ao contexto espacial e ao corpo humano, permitindo ajustes assertivos ainda nas fases iniciais do desenvolvimento. Assim, garante-se maior alinhamento entre expectativas de clientes e soluções técnicas propostas, contribuindo para a qualidade final do produto.

Figura 10 - Plataforma móvel em realidade aumentada



Fonte: Elaborado pelo autor.



#### 6.2.4 Gerenciar Mudanças Requisitadas pelo Cliente

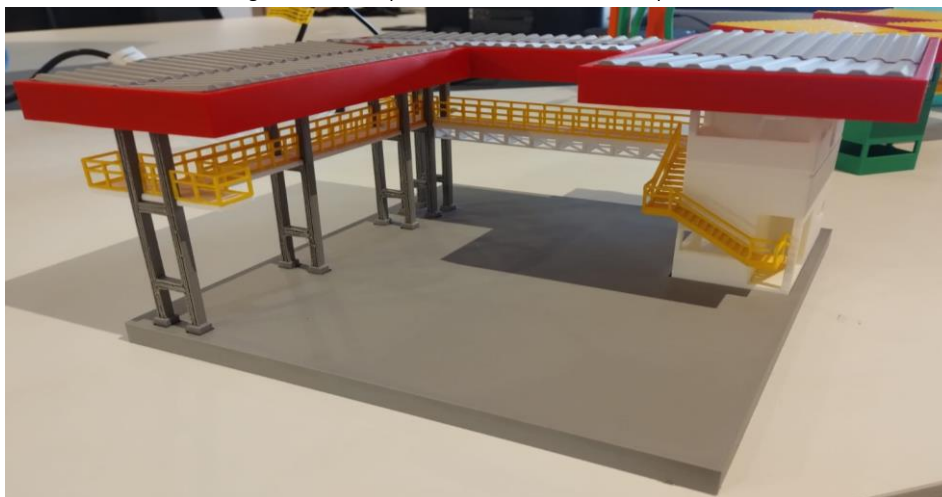
As tecnologias de realidade virtual e aumentada também desempenham papel essencial no gerenciamento de mudanças solicitadas por clientes. Através da simulação digital e da interação imersiva, é possível verificar rapidamente se os novos requisitos atendem às especificações técnicas, funcionais e estéticas estabelecidas. Esse processo facilita a identificação de falhas ou melhorias necessárias antes da fabricação, reduzindo custos e aumentando a eficiência do desenvolvimento. Além disso, proporciona maior transparência e segurança na comunicação entre empresa e cliente, assegurando que as modificações estejam devidamente validadas e documentadas, ao mesmo tempo em que reforça a satisfação do usuário final.

### 6.3 Prototipagem

#### 6.3.1 Protótipo para Validação do Design em Escala Reduzida

A utilização de protótipos em escala reduzida é uma prática estratégica no desenvolvimento de projetos, pois possibilita validar características estéticas e de usabilidade de maneira ágil e econômica. Por meio de impressoras 3D de filamento ou resina, é possível materializar modelos com alto nível de detalhamento, permitindo que equipes e clientes avaliem a aparência e a ergonomia do produto antes de sua versão definitiva. Esse processo reduz o tempo de desenvolvimento, otimiza a comunicação e auxilia na tomada de decisão em fases iniciais, garantindo maior assertividade nas etapas subsequentes.

Figura 11 - Protótipo em escala reduzida de uma portaria



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.3.2 Protótipo para Análise de Interferências

A fabricação de protótipos físicos também desempenha papel central na identificação de interferências entre componentes. Muitas vezes, questões de encaixe, tolerâncias e limitações de espaço não são totalmente percebidas na fase virtual do projeto. A prototipagem torna possível verificar a compatibilidade das peças, avaliar a funcionalidade do conjunto e identificar falhas que poderiam comprometer a montagem ou o desempenho do produto. Dessa forma, promove ajustes preventivos, reduz riscos e assegura maior precisão no processo de fabricação final.

Figura 12 - Análise do mecanismo de quatro barras para freio de plataforma móvel



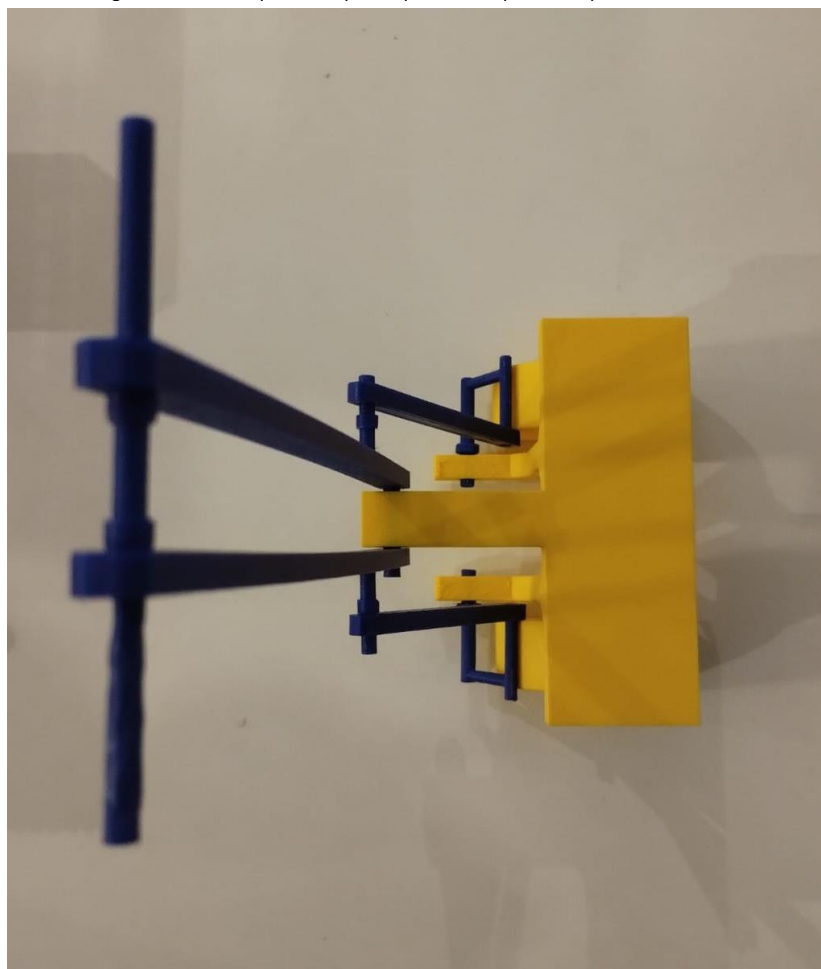
Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.3.3 Protótipo para Análise de Funcionalidade

O protótipo funcional, em escala real ou reduzida, é essencial para verificar se o produto atende às expectativas em condições práticas de uso. Essa abordagem permite testar mecanismos operacionais, materiais, resistência e tolerâncias, além de validar o design sob diferentes cenários de aplicação. A análise funcional fornece feedback direto sobre o desempenho, possibilitando ajustes e refinamentos antes da produção em larga

escala. Assim, reduz riscos de falha, aumenta a confiabilidade do produto e garante que o resultado final cumpra plenamente sua função.

Figura 13 - Vista superior do protótipo de freio para uma plataforma móvel



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 6.3.4 Gerenciar Mudanças Requisitadas pelo Cliente

A prototipagem também é fundamental para o gerenciamento de mudanças solicitadas ao longo do projeto. A partir das análises realizadas nos protótipos, torna-se possível identificar e documentar de forma precisa todas as modificações necessárias, assegurando um processo de desenvolvimento iterativo e contínuo. Esse ciclo de revisões garante que cada ajuste seja incorporado de maneira sistemática, contribuindo para a melhoria constante do produto e para a satisfação do cliente. Além disso, o registro estruturado das mudanças gera aprendizado organizacional, permitindo otimizações futuras e fortalecendo a eficiência dos processos internos.

## 6.4 Desempenho

### 6.4.1 Redução de Custos

A aplicação da prototipagem no desenvolvimento de produtos contribui de maneira significativa para a redução de custos. Isso ocorre porque as falhas são identificadas e corrigidas nas fases iniciais, evitando retrabalhos dispendiosos em etapas avançadas. Protótipos funcionais permitem validar conceitos de forma prática, reduzindo o desperdício de materiais e otimizando recursos de fabricação. Além disso, a prototipagem fortalece a comunicação entre equipes técnicas e clientes, evitando mal-entendidos que poderiam gerar custos adicionais. Com isso, garante-se não apenas economia financeira, mas também maior eficiência no processo produtivo.

### 6.4.2 Redução do Tempo de Desenvolvimento

Outro impacto direto da prototipagem é a redução do tempo total de desenvolvimento. Ao materializar ideias rapidamente, a equipe pode testar hipóteses, validar funcionalidades e implementar ajustes imediatos, sem depender de longos ciclos de correção após a fabricação final. Essa agilidade acelera a tomada de decisão, favorece a integração entre os envolvidos e elimina retrabalhos que poderiam comprometer o cronograma. Dessa forma, o produto chega ao mercado em menos tempo, aumentando a competitividade da empresa.

### 6.4.3 Redução de Riscos de Falha em Escala

A prototipagem também atua como um mecanismo preventivo contra falhas em produtos fabricados em larga escala. Por meio de testes físicos e simulações, é possível validar detalhadamente o desempenho do projeto antes da produção em massa, garantindo maior confiabilidade. Essa prática reduz os riscos de recall, minimiza prejuízos financeiros e preserva a reputação da empresa. Além disso, ao permitir a simulação de diferentes condições de uso, a prototipagem assegura que o produto final seja robusto, seguro e alinhado às expectativas de desempenho.

### 6.4.4 Avaliação Simultânea do Projeto Técnico e Estético

Um dos diferenciais da prototipagem é a possibilidade de avaliar, de forma integrada, tanto o desempenho técnico quanto os aspectos estéticos do produto.

Protótipos possibilitam verificar ergonomia, acabamento visual e usabilidade, ao mesmo tempo em que se analisam dimensões, tolerâncias e resistência. Essa abordagem integrada garante equilíbrio entre eficiência funcional e atratividade visual, resultando em produtos mais competitivos e adequados às demandas de mercado. Com isso, evita-se que falhas técnicas comprometam o design ou que escolhas estéticas prejudiquem a funcionalidade, assegurando qualidade em todas as dimensões do desenvolvimento.

## 7. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de projetos mecânicos em um cenário de alta competitividade exige metodologias que conciliem velocidade, precisão e inovação. A integração de ferramentas como modelagem 3D, simulações computacionais, realidade virtual e aumentada, associadas à prototipagem rápida, demonstrou ser uma abordagem eficiente para superar os principais desafios identificados, como a incerteza inerente à inovação, a dificuldade de prever todas as variáveis do projeto e os altos custos decorrentes de falhas identificadas apenas em estágios avançados, proporcionando a Nacional Gás a redução significativa do tempo de desenvolvimento, aumento da confiabilidade técnica e otimização dos recursos envolvidos em seu projetos.

O fluxo de trabalho estruturado, desde a definição dos requisitos até a manufatura e distribuição, mostrou-se capaz de garantir maior previsibilidade e confiabilidade, reduzindo riscos e permitindo ajustes contínuos ao longo do processo. A prototipagem, tanto física quanto virtual, contribuiu de forma decisiva para validar conceitos, analisar interferências, simular funcionalidades e gerenciar mudanças solicitadas pelos clientes de maneira iterativa e transparente.

Os resultados evidenciam ganhos expressivos em redução de custos, diminuição do tempo de desenvolvimento e mitigação de riscos, além de proporcionar uma integração equilibrada entre desempenho técnico e design estético. Dessa forma, o presente estudo reforça a importância da adoção de metodologias digitais e iterativas como pilares da Indústria 4.0, consolidando um modelo de desenvolvimento mais ágil, seguro e alinhado às demandas atuais e futuras do mercado.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001:2015 - Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10006:2018 - Diretrizes para gestão da qualidade em projetos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8403:1984 - Execução de desenhos técnicos - Emprego de escalas**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6492:2021 - Representação de projetos de arquitetura**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8196:2021 - Desenho técnico - Emprego de escalas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 27001:2013 - Tecnologia da informação - Sistemas de gestão de segurança da informação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15531:2020 - Manufatura digital - Integração de sistemas industriais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- BÜCHER, F.; OTTO, T.; BONGARDS, M. **Virtual reality in mechanical engineering - An innovative tool for product development**. *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 97, p. 385–395, 2018.
- GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing**. 3. ed. New York: Springer, 2021.
- GROOVER, M. P. **Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing**. 5. ed. New Jersey: Pearson, 2020.
- KALPAKJIAN, S.; SCHMID, S. R. **Manufacturing Processes for Engineering Materials**. 7. ed. New York: Pearson, 2020.
- KRAJEWSKI, L. J.; MALHOTRA, M. K.; RITZMAN, L. P. **Administração de Operações: Processos e Cadeia de Valor**. 12. ed. São Paulo: Pearson Education, 2021.
- MOURA, L. F.; SANTOS, J. C. **Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada em Engenharia Mecânica**. *Revista Brasileira de Engenharia Aplicada e Computacional*, v. 9, n. 2, p. 67–79, 2022.
- OLIVEIRA, R. F.; BRITO, V. M.; SILVA, N. D. G. **Integração de ferramentas BIM e prototipagem rápida no ciclo de desenvolvimento de produtos industriais**. *Revista Engenharia e Inovação*, v. 11, n. 3, p. 112–129, 2024.
- PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E. **How Smart, Connected Products Are Transforming Companies**. *Harvard Business Review*, v. 93, n. 10, p. 96–114, 2015.
- SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.
- SILVA, J. P.; LIMA, R. F.; CAVALCANTE, G. B. **Prototipagem rápida como ferramenta de validação em projetos de engenharia**. *Revista de Engenharia e Tecnologia Aplicada*, v. 7, n. 1, p. 54–65, 2023.
- VMB ENGENHARIA. **Relatórios técnicos e modelos 3D de projeto mecânico**. Fortaleza: VMB Engenharia, 2025.

NACIONALGÁS 

BRASILGÁS 

PARAGÁS 



- NACIONAL GÁS DISTRIBUIDORA LTDA. **Projetos e documentação técnica do processo de envase - Unidade Betim II.** Nacional Gás, 2025.