

## **DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM PARA MELANCIAS NO TRANSPORTE: INTEGRAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, TRIZ E QFD PARA REDUÇÃO DE PERDAS**

Ana Clara Zaroni e Silva – d2023011199@unifei.edu.br  
Gabriel Dias Caproni – d2023006312@unifei.edu.br  
Gabriela Tarcitano Dias Barbosa – d2023008925@unifei.edu.br  
Isabela Pinheiro Garcia – d2023012712@unifei.edu.br  
João Marcelo Lemes Vilhena – d2023005502@unifei.edu.br  
Martha Mazochi Abreu Carvalho – d2023002270@unifei.edu.br

**Palavras-chave:** melancia; embalagem, QFD, qualidade, capacidade processo.

### **1. INTRODUÇÃO**

A melancia é uma das frutas mais consumidas no Brasil, apreciada por seu sabor doce e alto teor de água, que proporcionam refrescância nos meses quentes. Originada da África, adaptou-se bem ao clima brasileiro e hoje é amplamente cultivada em estados como Bahia, Goiás, São Paulo e Rio Grande do Norte. Segundo a CONAB (2025), o país produziu mais de 2,3 milhões de toneladas na safra 2024/25, atendendo tanto ao mercado interno quanto às exportações. Essa cadeia produtiva gera milhares de empregos e tem grande relevância econômica no agronegócio nacional.

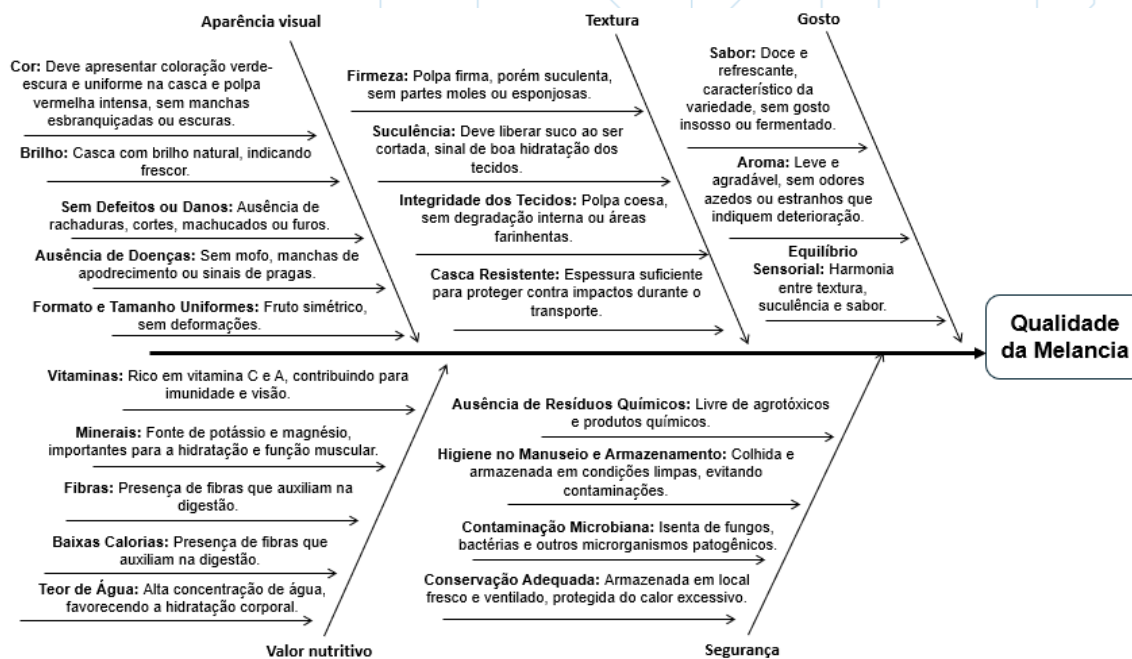
Para Kader, Ben-Arie e Philosoph-Hadas (2001), a qualidade de frutos e vegetais é uma combinação de atributos: aparência visual (frescura, cor, defeitos e doenças); textura (firmeza, suculência e integridade dos tecidos); gosto (sabor e cheiro); valor nutritivo (teor de vitaminas, minerais e fibras); segurança (ausência de resíduos químicos e contaminação microbiana). Utiliza-se o GPT-5® para gerar estes atributos aplicados à melancia, sendo os resultados descritos na Figura 1.



# IEPG SUMMIT'25

Pensando o futuro com inteligência artificial e consciência social

Figura 1 – Diagrama de Causa e Efeito: Qualidade da Melancia.



Fonte: Elaborada pelos autores.

As perdas de melancia no Brasil podem atingir cerca de 30% do volume total produzido, considerando as etapas de colheita, transporte, armazenamento e comercialização (SESAMI, 2024). Em estudo conduzido em Minas Gerais, as perdas médias estimadas para a melancia chegaram a 31,3%, abrangendo as fases de produção, pós-colheita e varejo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2017). Esses índices elevados estão diretamente relacionados a fatores como manuseio inadequado, ausência de embalagens apropriadas, transporte em condições precárias e armazenamento com temperatura e umidade descontroladas.

Segundo Soares et al. (2010), o desenvolvimento de embalagens sob medida, que considerem tanto a proteção física quanto aspectos sustentáveis, é uma das principais estratégias para reduzir o desperdício de frutas e hortaliças, garantindo melhor conservação e qualidade do produto até o consumidor final.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A integração da Inteligência Artificial (IA), incluindo a subutilização da IA em testes de conceito, o foco limitado em soluções integrativas de IA que abrangem

múltiplas fases do DNP e a ausência de estruturas sistemáticas para a gestão de produtos orientada por IA (Witkowski e Wodecki, 2025). Neste sentido, este trabalho busca desenvolver conceitos via IA que potencializem a redução de perdas ocasionadas por deficiências na embalagem de melancias, com foco no transporte da colheita até o ponto de venda.

Atualmente, existem algumas embalagens utilizadas no transporte de melancias (Figura 2), que foram identificadas por meio de consulta na internet.

Figura 2 – Embalagens Atuais Utilizadas no Transporte da Melancia



Fonte: Elaborada pelos autores.

O método QFD (Quality Function Deployment), em especial a matriz da Casa da Qualidade, traduz as necessidades dos clientes em requisitos de projeto. A Casa da Qualidade também identifica as contradições entre os requisitos de projeto, potencializando uma análise sistemática baseada na ferramenta TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch). O uso do QFD e da TRIZ potencializa soluções inovadoras que atendam aos requisitos de projeto priorizados, bem como às contradições (Meryeme e Brahim, 2023).

Tendo como objeto de estudo a embalagem da melancia no transporte, buscando atender aos atributos que caracterizam uma melancia de qualidade (Figura 1). Devido ao conhecimento técnico limitado da equipe em relação à embalagem da melancia no transporte, utilizou-se as recomendações de Witkowski e Wodecki (2025)





prompt: “desenvolva uma imagem de embalagem para melancia utilizada no transporte, considerando a preservação da frescura (456), preço da embalagem acessível (444), resistência a impactos (264), barreira contra contaminantes (260) e as contradições preservação e frescura x barreira contra contaminantes” (Tabela 1).

Tabela 1 – Concepções geradas pelo GPT-5.0 ® para a embalagem da melancia no transporte.

Modelo icônico da concepção	Descrição
	Esta imagem gerou uma embalagem com um material de papelão, não resistente e não realista às dimensões e peso da melancia. Compromete a possibilidade de empilhamento das embalagens sem danificar as melancias.
	Esta imagem gerada não considera a compatibilidade dimensional da embalagem e das melancias no seu interior, possui um material plástico e tampa, mas ainda não possui furos para a ventilação do ar.
	Esta imagem gerada considera a compatibilidade dimensional da embalagem e das melancias no seu interior, possui um material plástico e permite empilhar, mas ainda não possui furos para a ventilação do ar.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A embalagem proposta é uma caixa modular de papelão reciclado reforçado, com revestimento interno impermeável e perfurações de ventilação, coberta por um filme biodegradável. Inspirada em caixas de ovos, foi otimizada para o transporte e exposição de porções de melancia, garantindo proteção, ventilação e apelo visual. Tendo como características principais:

- Ventilação: Perfurações laterais e superiores (4 a 6 mm) permitem a circulação de ar, evitando condensação e preservando frescor e coloração.



- Revestimento: Cera natural ou biopolímero à base de amido impede a absorção de líquidos, mantendo a integridade e higiene.
- Conservação: Mantém a melancia fresca por 7 a 10 dias em refrigeração (8–12°C).
- Resistência: Papelão de alta gramatura (400–500 g/m<sup>2</sup>) suporta 3 a 5 kg, prevenindo deformações durante o empilhamento.
- Montagem: Estrutura dobrável e montável sem colagem, facilitando a produção em larga escala.
- Custo: Estimativa de R\$ 0,60 a R\$ 0,90 por unidade, utilizando materiais reciclados e biodegradáveis.

O design foi aprimorado com o GPT-5.0® e validado por feirantes, confirmando sua viabilidade técnica e adequação ao mercado (Figura 5).

Figura 5 – Concepção final gerada pelo GPT-5.0 ® para a embalagem da melancia no transporte.



1. Dimensões principais da bandeja (estimadas para 4 melancias inteiras)  
Comprimento externo: 800 mm  
Largura externa: 800 mm  
Altura total: 500 mm  
Altura útil interna: 480 mm  
Espessura da estrutura (polpa moldada ou plástico reciclado): 4 mm
2. Compartimentos internos (divisórias):  
Cada célula para melancia: Ø 500 mm (tolerância ±5 mm)  
Altura das divisórias internas: 480 mm (ligeiramente acima do diâmetro médio das melancias, para a de impacto e proteção).
3. Perfurações laterais (ventilação):  
Diâmetro: 15 mm ±1 mm  
Distribuídas uniformemente nas laterais (8 furos por lado), permitindo ventilação e evitando condens.
4. Reforços e travas para empilhamento:  
Reforço das bordas: 4 mm de espessura total (camada dupla do mesmo material da estrutura).  
Travas laterais externas: encaixe de 10 mm x 10 mm, tolerância de ±0,5 mm, permitindo acoplamento estável.  
Folga vertical entre bandejas empilhadas: mínimo 20 mm entre o topo da melancia e a base da bandeja superior.
5. Filme plástico biodegradável:  
Espessura: 50–60 µm  
Material: PLA ou PHA biodegradável de alta transparência  
Ajustado ao redor das bordas, sem contato direto com as frutas.

Fonte: Elaborada pelos autores.

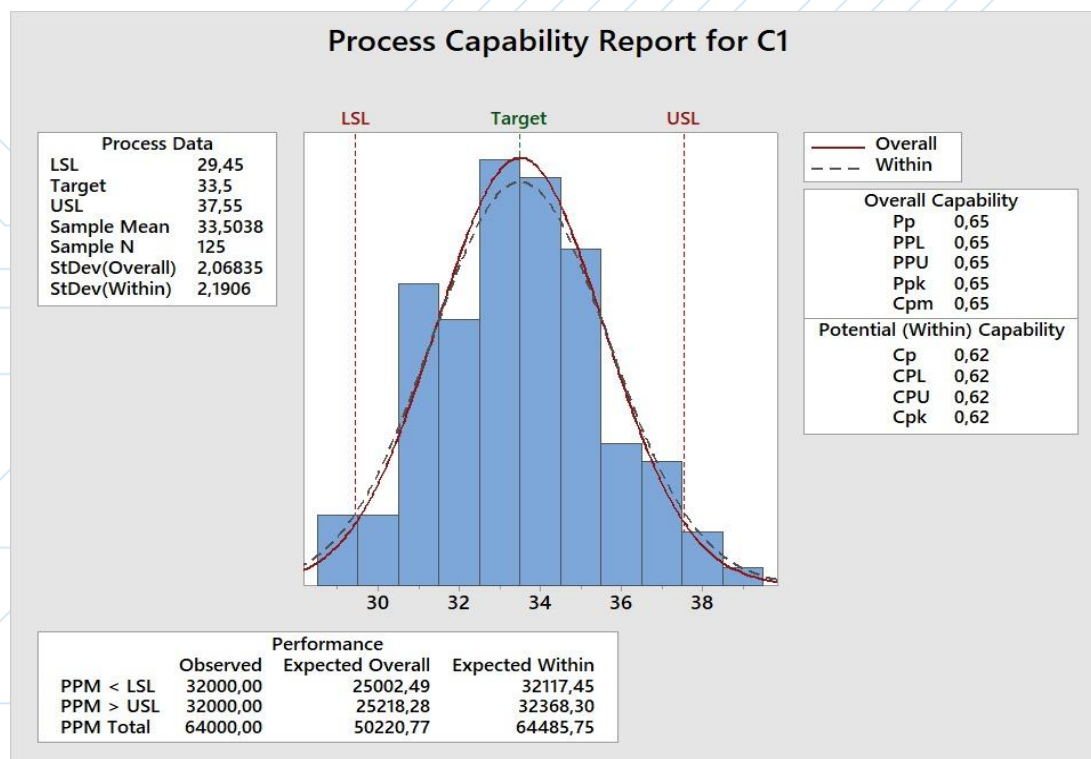
### 3.1 ANÁLISES DE CAPABILIDADE

Foram coletadas 125 medições de altura de melancias no hortifruti, com o objetivo de definir a dimensão de projeto da embalagem a partir da distribuição real do produto. Como critério de desempenho, estabeleceu-se que a embalagem deve acomodar aproximadamente 90% das melancias, o que corresponde ao intervalo

entre o percentil 5% (P5) e o percentil 95% (P95) da amostra. Esses dois valores foram então adotados como limites inferior (LSL) e superior (USL) preliminares para o dimensionamento da altura interna da futura embalagem.

A análise de capacidade foi realizada no software Minitab 20®, tomando as alturas medidas como distribuição base e os percentis P5 e P95 como limites de especificação. O cálculo forneceu  $Cpk=0,62$  (Figura 6), indicando que, embora os limites escolhidos atendam ao critério de cobertura de 90% das melancias, a margem dimensional resultante é estreita, gerando risco para as amostras próximas às extremidades da distribuição. não atingindo níveis típicos de robustez recomendados para projetos industriais (como  $Cpk \geq 1,0$  para atendimento mínimo e  $Cpk \geq 1,33$  para alto grau de segurança funcional).

Figura 6 — Histograma com análise de capacidade (Minitab) para a altura das melancias.



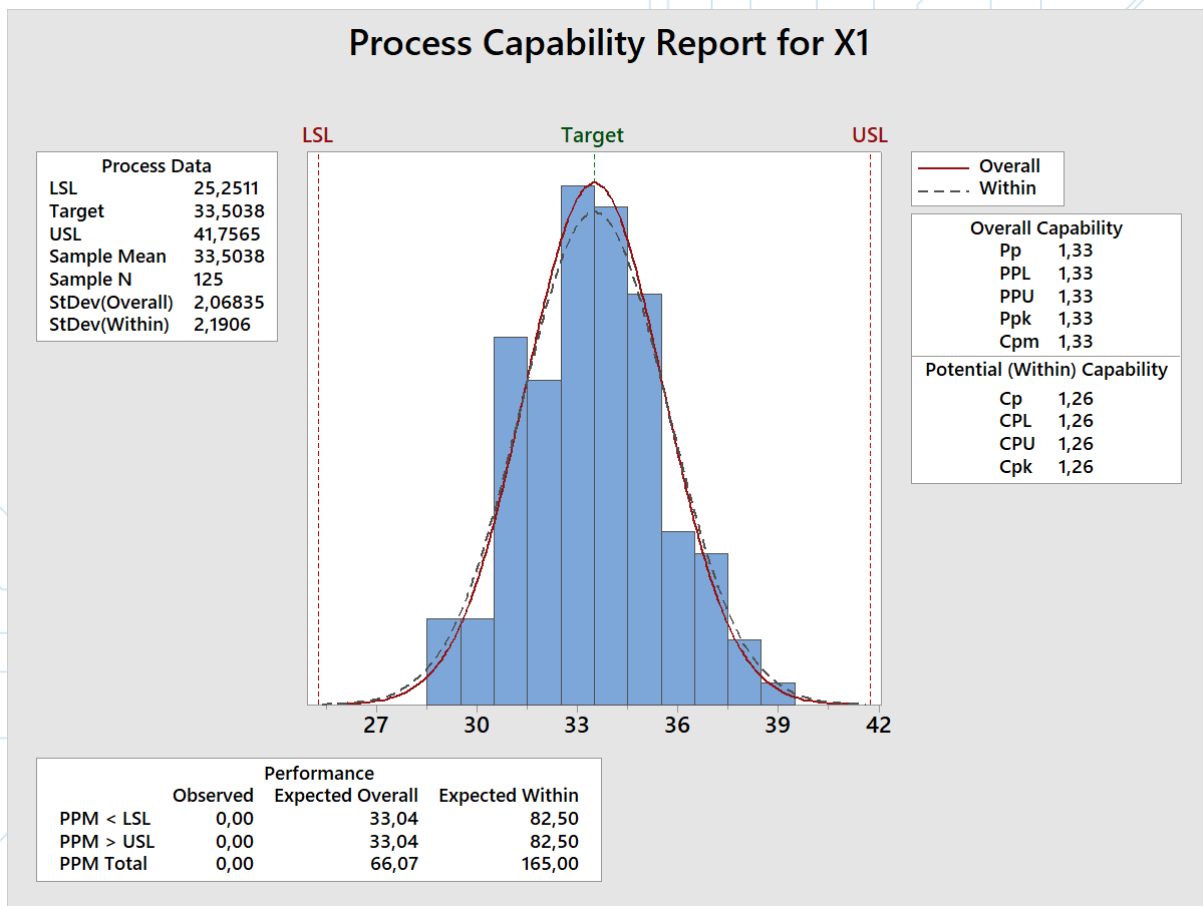
Fonte: Elaborada pelos autores.

Esse resultado não invalida o critério adotado, mas evidencia que a solução baseada estritamente em percentis apresenta risco reduzido de desempenho para



amostras extremas. Por isso, na sequência do estudo (Figura 7), investigou-se um ajuste de limites visando atingir  $C_{pm}=1,33$ , de modo a avaliar qual seria o intervalo dimensional necessário para alcançar um nível de capacidade estatística industrialmente aceitável.

Figura 7 – Capacidade do processo do parâmetro altura da melancia considerando as medidas existentes do hortifruti Supermercados Alvorada ajustadas para um  $C_{pm}$  de 1,33



Fonte: Elaborada pelos autores.

O índice  $C_{pm} = 1,33$  foi adotado como referência por ser um benchmark industrial tipicamente exigido para garantir baixa probabilidade de não conformidade sem impor tolerâncias excessivamente restritivas; trata-se de um compromisso prático entre qualidade e custo. Nos dados analisados, a média amostral das alturas é  $\bar{x} = 33,5038$  cm e o desvio padrão geral é  $\sigma \approx 2,068$  cm; com  $LSL = 25,2511$  cm e  $USL = 41,7565$  cm as distâncias até os limites resultam em  $C_{pk} \approx 1,33$ . Como o target

do projeto coincide com a média da amostra, o índice Cpm (que penaliza o descentramento em relação ao target) assume o mesmo valor de Cpk, ou seja,  $Cpm = Cpk = 1,33$ , indicando que o projeto, em termos médios e com a variabilidade observada, atende às especificações definidas.

Contudo, o indicador de capacidade potencial “within” ( $Cp/Cpk$  within  $\approx 1,26$ ) é inferior ao valor global, o que aponta para existência de variação de curto prazo, variação entre subgrupos ou efeitos de medição que reduzem a capacidade prática do projeto. Em função disso, recomenda-se validar a hipótese com um ensaio piloto (amostra  $\geq 125$  unidades de protótipo), executar estudo de repetibilidade e reprodutibilidade (Gage R&R) e, conforme os resultados, ou implementar ações de controle para reduzir a variabilidade ou rever levemente a folga projetual (aumentar target/LSL) para assegurar margem funcional na produção.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho aplicou os fundamentos teóricos de engenharia do produto, qualidade e gestão, focando na solução para o transporte de melancias e na redução de perdas na cadeia produtiva. As principais conclusões são:

- Redução de perdas: Embalagens sob medida em papelão reciclado, impermeáveis e ventiladas podem reduzir perdas de até 30% nas etapas de colheita, transporte e comercialização.
- Integração de métodos e IA: O uso do GPT-5, junto com QFD e TRIZ, ajudou a identificar necessidades dos clientes e gerar soluções técnicas adequadas ao setor hortifrutigranjeiro.
- Sustentabilidade e funcionalidade: A embalagem proposta combina resistência, custo acessível (R\$ 0,60–0,90) e responsabilidade ambiental, utilizando materiais reciclados e um design que facilita o transporte.
- Validação e perspectivas futuras: A embalagem foi validada com  $Cpm = 1,33$ , indicando boa capacidade do processo. Recomenda-se testes-piloto para verificar desempenho em condições reais.

Assim, o trabalho contribui para um design eficiente de embalagens de transporte de melancias, unindo qualidade, eficiência logística e compromisso ambiental, com potencial para reduzir perdas e agregar valor ao produto final.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento aos professores do Núcleo de Otimização da Manufatura e Tecnologia da Inovação (NOMATI): Anderson Paulo de Paiva, Juliana Helena Daroz Gaudêncio, Carlos Henrique Pereira Mello e Carlos Eduardo Sanches da Silva.

## REFERÊNCIAS

KADER, A. A., BEN-ARIE, R. and PHILOSOPH-HADAS, S. (2001). Quality assurance of harvested horticultural perishables. **Proceedings** of the Fourth International Conference on Postharvest Science. *Acta-Horticulturae*, 553 (1) 51-55.

MERYEME, Bououchma; BRAHIM, Herrou. Big data and AI-driven product design: a survey. **Applied Sciences**, v. 13, n. 16, p. 9433, 2023.

SOARES, A. G.; PACHECO, E. B. A. V.; VISCONTI, L. L. Y.; MOTA, L. C. do C.; FREIRE JUNIOR, M.; FONSECA, M. J. de O.; BRITO, G. F. da C.. Desenvolvimento de embalagens valorizáveis para o acondicionamento de frutas e hortaliças. **Anais** II Simpósio sobre Inovação e Criatividade Científica na Embrapa Brasília, 28 a 30 de abril 2010.

SPRAY, Alan. Securing crop supply through whole crop purchasing. **Product Sustainability Forum**, UNEP, Montreal, Canadá, 2013.

WITKOWSKI, Aron; WODECKI, Andrzej. Where does AI play a major role in the new product development and product management process? **Management Review Quarterly**, p. 1-38, 2025.

SESAMI. **Prevenção de perdas na cadeia de hortifruti**. Blog Sesami, 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Perdas pós-colheita em frutas e hortaliças no estado de Minas Gerais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

SOARES, F. F. et al. **Embalagens e sustentabilidade: estratégias para redução de perdas em hortifrútiis**. São Paulo: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Boletim Hortigranjeiro: Melancia – Safra 2024/2025**. Brasília, DF: CONAB, 2025.

KADER, A. A., BEN-ARIE, R. and PHILOSOPH-HADAS, S. (2001). **Quality assurance of harvested horticultural perishables**. Proceedings of the Fourth International Conference on Postharvest Science. Acta-Horticulturae, 553 (1) 51-55.