

DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM PARA MAMÕES NO PONTO DE VENDA: INTEGRAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, TRIZ E QFD PARA REDUÇÃO DE PERDAS

Denilson Gonçalves Ribeiro - d2022011443@unifei.edu.br
Camille Vitória Cutrim Gemaque - d2021019278@unifei.edu.br
Giovana Alexandra Xampine - giovana.xampine@unifei.edu.br
João Vitor Gonçalves Gomes - d2022003684@unifei.edu.br
Matheus Junior Martins da Silva - d2022004458@unifei.edu.br

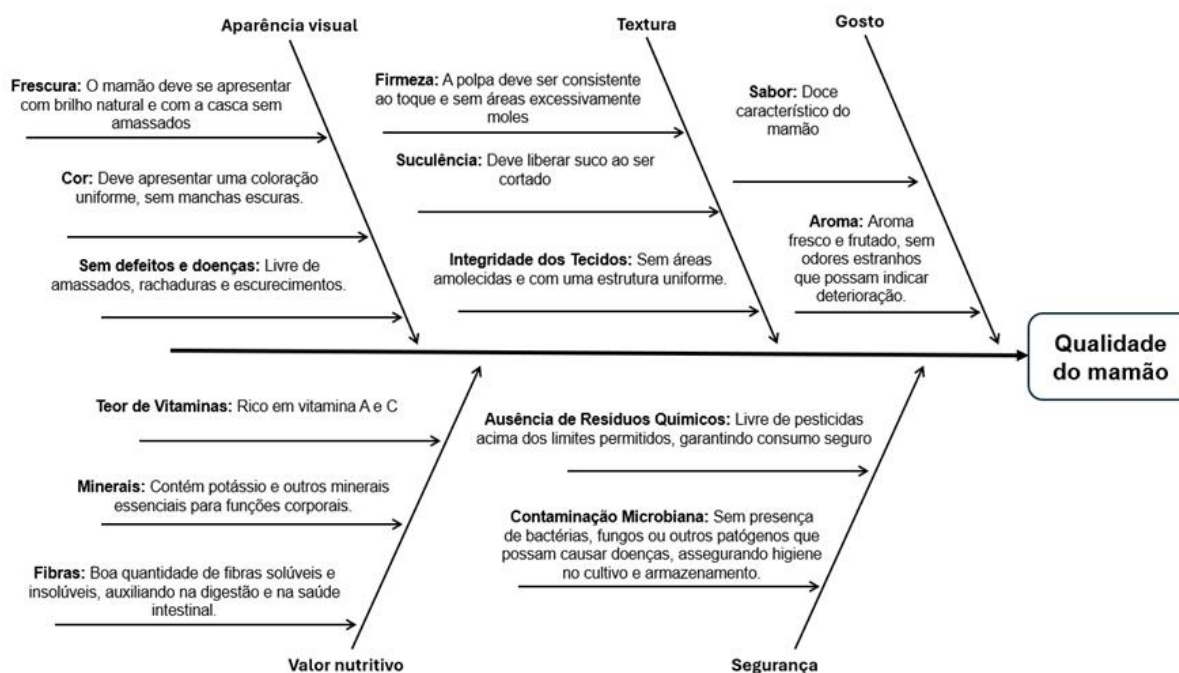
Palavras-chave: mamão; embalagem, QFD, qualidade, capacidade processo.

1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 1980, o Brasil tornou-se um dos principais produtores e exportadores de mamão (*Carica papaya L.*), cultivado principalmente nos estados do Espírito Santo, Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte, devido às condições climáticas favoráveis (IBGE, 2025; MAPA, 2024). Atualmente, o país é o segundo maior produtor mundial, com mais de 1,5 milhão de toneladas anuais (FAO, 2024), destacando-se as variedades 'Formosa' e 'Solo', voltadas ao mercado interno e à exportação.

A cadeia produtiva do mamão movimenta cerca de R\$ 7 bilhões por ano e gera mais de 300 mil empregos (Embrapa, 2025). A qualidade do fruto envolve aparência, textura, sabor, aroma, valor nutricional e segurança alimentar (Kader; Ben-arie; Philosoph-hadas, 2001). Para analisar esses atributos com mais precisão, utilizou-se o GPT-5®, cujos resultados serão apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Qualidade do mamão.



Fonte: Autores.

A qualidade do mamão Formosa depende do fruto (aparência, textura e sabor) e da embalagem, que deve garantir segurança, ventilação e conservação, já que embalagens mal projetadas reduzem o valor comercial e nutricional. No varejo, perdas médias de 12,9% ocorrem devido a transporte, exposição, tipo de embalagem e manuseio (Freire junior et al., 2018; Neves et al., 2010). Na pós-colheita, embalagens anatômicas reduzem perdas para cerca de 2%, frente a 25% com embalagens convencionais (Motta et al., 2019). Globalmente, até 30% do mamão é perdido por danos físicos, deterioração e descarte por padrões estéticos (Chitarra; Chitarra, 2005).

O desenvolvimento de embalagens sob medida e práticas sustentáveis de acondicionamento é apontado como uma estratégia eficaz para mitigar perdas, conservar a qualidade e aumentar a vida útil dos frutos (Freire Junior et al., 2018).

2. DESENVOLVIMENTO

A integração da inteligência artificial (IA) enfrenta desafios como subutilização em testes, foco limitado e falta de estruturas sistemáticas (Witkowski; Wodecki, 2025).

Neste contexto, a IA foi usada para criar conceitos de embalagem de mamão que reduzem perdas no manuseio, transporte e armazenamento.

Atualmente, existem diversos tipos de embalagens utilizadas para o mamão nos pontos de venda (Figura 2), identificadas por meio de consultas em bases de dados e sites especializados do setor frutícola.

Figura 2 – Embalagens atuais utilizadas no mamão no ponto de venda.



Fonte: Google imagens.

O método QFD, por meio da matriz Casa da Qualidade, traduz as necessidades dos clientes em requisitos de projeto e identifica contradições entre eles. A partir dessas contradições, aplica-se a TRIZ para desenvolver soluções inovadoras que atendam aos requisitos priorizados (Meryeme; Brahim, 2023).

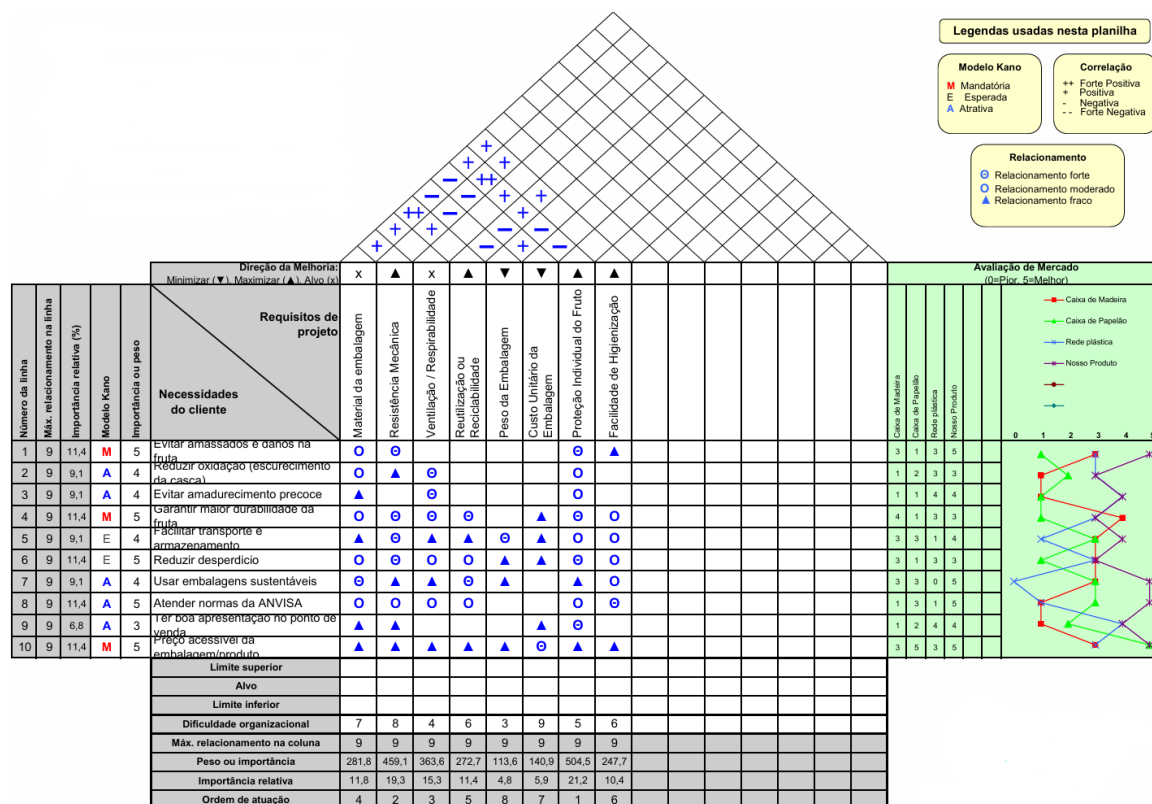
O estudo teve como foco a embalagem do mamão no ponto de venda, considerando os atributos de qualidade do fruto (Figura 1). Para superar o conhecimento técnico limitado da equipe sobre embalagens específicas, foram aplicadas recomendações de Witkowski & Wodecki (2025) sobre IA na geração de conceitos de produto, integradas à abordagem de Meryeme & Brahim (2023) para identificar requisitos de projeto e contradições por meio da Casa da Qualidade (Matriz I) do QFD.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizou-se o GPT-5® para gerar e priorizar as necessidades dos clientes quanto às embalagens utilizadas para mamão nos pontos de venda. Esses resultados foram submetidos à análise de especialistas, que validaram as necessidades dos

clientes. Em seguida, os autores elaboraram a Matriz I do QFD (Figura 3) adaptada para mamão.

Figura 3 – Matriz QFD Casa da Qualidade para embalagem de mamão (Matriz I).



Fonte: Autores.

A análise da Matriz I permite identificar a priorização dos requisitos de projetos e suas contradições. Estes resultados foram utilizados no GPT-5.0®, tendo como prompt, inicialmente, a embalagem foi concebida com base em um formato de plástico reciclado transparente, similar ao de embalagens de ovos de Páscoa. O design incluía uma alça para facilitar o transporte manual e furos para ventilação (Tabela 1).

Tabela 1 – Concepções gerada pelo GPT-5.0® para a embalagem do mamão.

Modelo icônico da concepção	Descrição
-----------------------------	-----------



Esta imagem gerada não destaca a possibilidade de empilhamento das embalagens de vários mamões no transporte.



Esta imagem gerada não considera a compatibilidade dimensional da embalagem, compromete a possibilidade de empilhamento de grandes quantidades de embalagens para o transporte.

Fonte: Autores.

A proposta apresenta uma embalagem retangular de PET reciclado transparente e reforçado, suportando até 15 kgf, garantindo resistência, durabilidade e sustentabilidade. O design inclui furos para ventilação, alça ergonômica e sistemas de encaixe que permitem empilhamento seguro. A rotulagem, com QR Code, fornece informações sobre origem, lote, validade, boas práticas e certificações ambientais. As concepções foram geradas com o GPT-5®, aprimoradas via ajustes no prompt até o modelo ideal descrito na Figura 5 e validadas por dois feirantes especialistas.

Figura 5 – Concepção final gerada pelo GPT-5.0 ® para a embalagem do mamão.

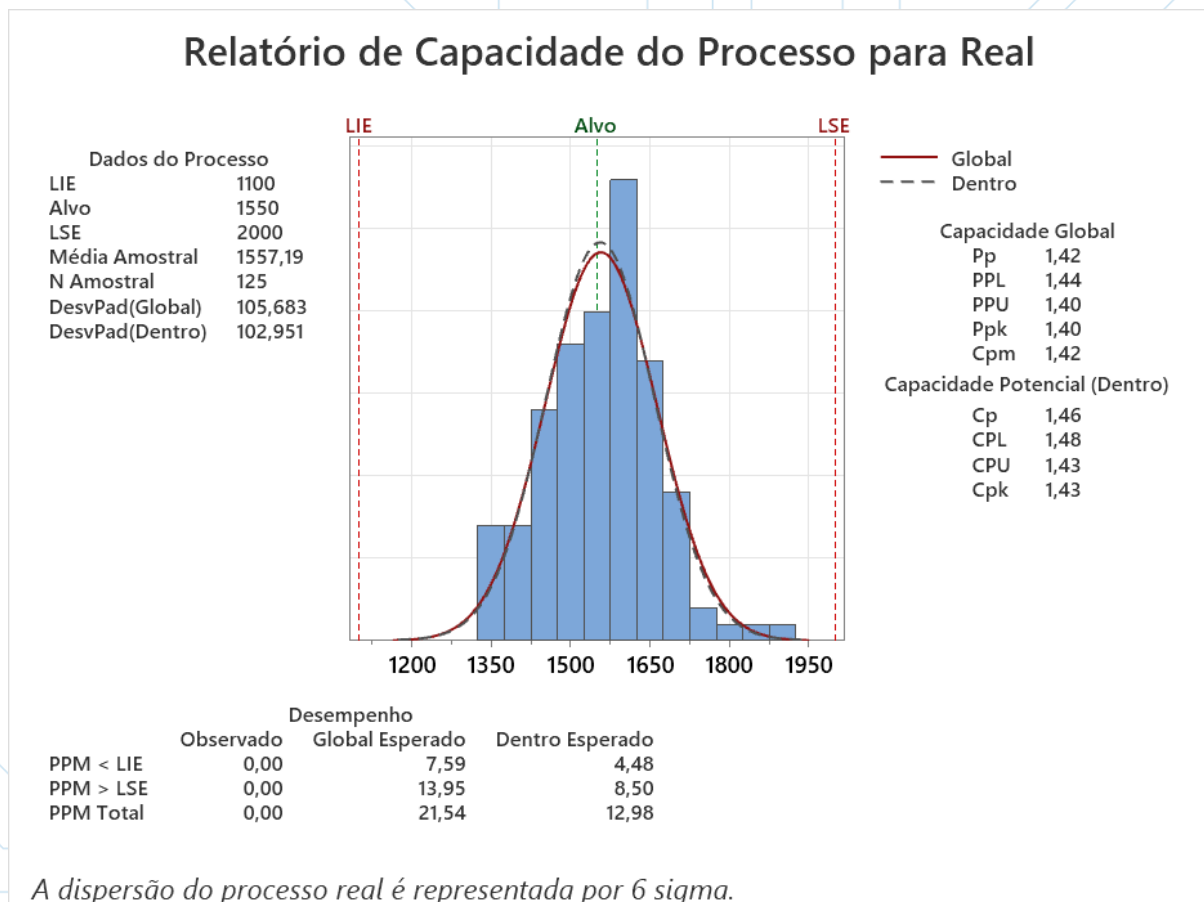


Fonte: Autores.

O peso do mamão foi usado como parâmetro de projeto da embalagem por influenciar dimensões, resistência, empilhamento e proteção do fruto. Foram realizadas 125 medições no Empório das Frutas com balança calibrada, e os dados foram analisados no Minitab para gerar indicadores de capacidade do processo e distribuição dos pesos. Definiram-se $LIE = 1100$ g, $LSE = 2000$ g e valor-alvo = 1550 g, conforme variações típicas do ponto de venda. O resultado é apresentado na Figura 6, mostrando o comportamento do processo em relação às especificações.



Figura 6 – Capacidade do processo do parâmetro peso considerando as medidas existentes do hortifruti Empório das Frutas.



Fonte: Autores.

O Índice de Capacidade de Processo apresentou valores de $Cpk = 1,43$, $Cp = 1,46$ e $Ppk = 1,40$, indicando boa uniformidade e controle estatístico, com pesos dos mamões dentro dos limites especificados. Nenhuma amostra ultrapassou os limites de especificação ($PPM = 0$), evidenciando baixa variabilidade e estabilidade no processo. Esses resultados confirmam que o peso médio está próximo do valor-alvo e validam o uso do peso da fruta como referência dimensional para o projeto da nova embalagem, garantindo compatibilidade com as condições reais de mercado e desempenho adequado durante o uso.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho integrou os fundamentos da disciplina de Seleção do Produto para propor uma embalagem inovadora para mamões no ponto de venda, priorizando qualidade, sustentabilidade e redução de perdas. Observou-se que embalagens sob medida, como bandejas de papelão reciclado com divisórias ajustáveis, podem reduzir perdas de 10% a 30% na cadeia do mamão (EMBRAPA, 2023). O uso do GPT-5®, aliado aos métodos QFD e TRIZ, permitiu identificar as necessidades dos clientes e resolver contradições, resultando em soluções viáveis. A proposta final inclui perfurações para ventilação, divisórias internas e filme biodegradável, garantindo proteção, frescor e custo estimado entre R\$ 0,30 e R\$ 0,50 por unidade.

Os conceitos desenvolvidos foram validados por especialistas do setor frutícola, confirmando sua viabilidade técnica e potencial de aplicação. Recomenda-se, porém, a realização de testes físicos e de aceitação de mercado em etapas futuras. O estudo contribui para o avanço do design de embalagens de mamão, oferecendo uma solução que equilibra qualidade, funcionalidade e sustentabilidade, com potencial de reduzir perdas e agregar valor à cadeia produtiva.

AGRADECIMENTOS

Agradeço 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 — e ao IEPG pela oportunidade de elaborar este artigo.

REFERÊNCIAS

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Dados da cadeia produtiva do mamão. Brasília, 2025.

EPAGRI. 50 anos de pesquisa da Epagri transformam o Brasil de importador a exportador de maçã. *Observatório Agro Catarinense*, Florianópolis, SC, 22 set. 2025. Desempenho Agro. Disponível em:

<https://www.observatorioagro.sc.gov.br/noticias/desempenho-agro/50-anos-de-pesquisa-da-epagri-transformam-o-brasil-de-importador-a-exportador-de-maca/>. Acesso em: 24 set. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *FAOSTAT: Crops and livestock products*. Rome, 2024.

FREIRE JUNIOR, M.; GONÇALVES, N. B.; MORAES, P. C. B. Avaliação de perdas pós-colheita de mamão Formosa em diferentes sistemas de acondicionamento e transporte. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 40, n. 3, p. 1–9, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção agrícola municipal: cultivos temporários e permanentes. Rio de Janeiro, 2025.

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

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). Relatório anual da produção agrícola. Brasília, 2024.

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

MOTTA, L. B.; SANTOS, L. P.; REIS, R. C. Efeitos de diferentes tipos de embalagem na conservação e na redução de perdas pós-colheita de mamão Formosa. *Revista Ciência Agronômica*, v. 50, n. 4, p. 582–589, 2019.

NEVES, L. C.; BENEDETTI, B. C.; PRADO, M. E. T. Análise de perdas pós-colheita e qualidade do mamão comercializado em centrais de abastecimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 9, p. 994–1000, 2010.

SOARES, A. G. et al. Desenvolvimento de embalagens valorizáveis para o acondicionamento de frutas e hortaliças. In: *SIMPÓSIO SOBRE INOVAÇÃO E CRIATIVIDADE CIENTÍFICA NA EMBRAPA*, 2., 2010, Brasília. Anais [...]. Brasília: Embrapa, 2010.

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

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