

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

Bruno Vinícius Cruz - d2023005487@unifei.edu.br
João Vitor Feitosa dos Santos Marques - d2019007982@unifei.edu.br
Katrycia Viana Araujo - d2023002420@unifei.edu.br
Lucas Gabriel Freitas Pereira - d2023009987@unifei.edu.br
Vinícius Queiroz de Abreu - d2023010594@unifei.edu.br

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

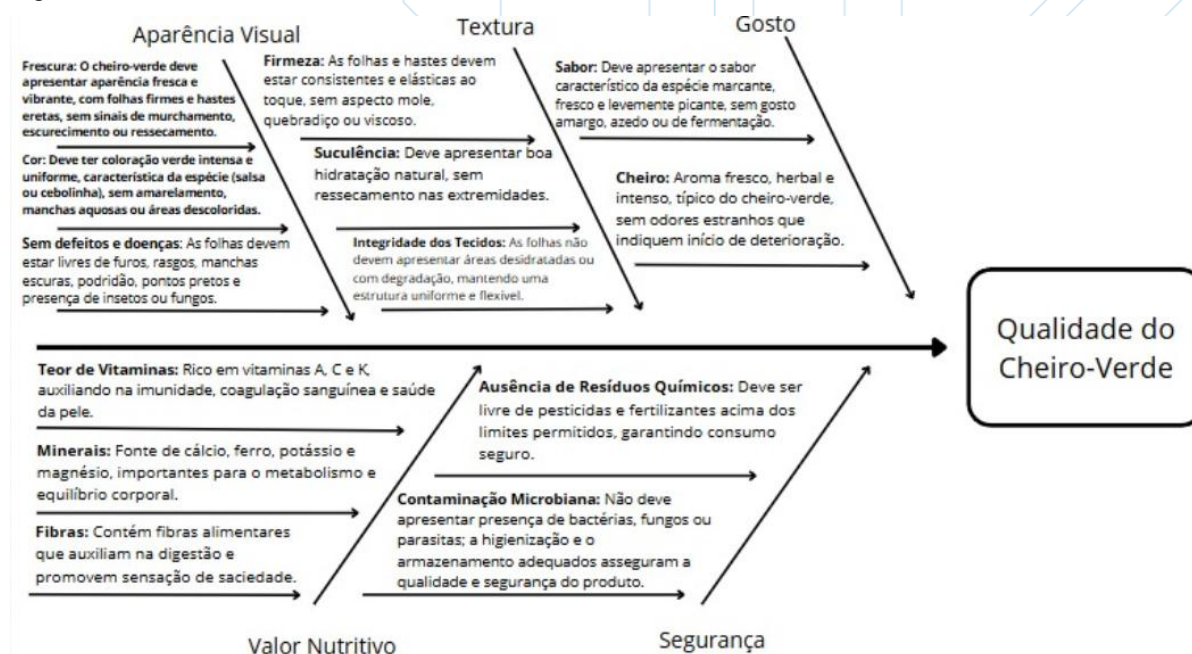
1. INTRODUÇÃO

Historicamente, o Brasil dependia da importação de hortaliças frescas, como o cheiro-verde (cebolinha e salsa). Contudo, com o fortalecimento da agricultura familiar e melhorias nas técnicas de cultivo, a produção nacional de cheiro-verde se tornou autossuficiente, com polos em São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Goiás, onde as condições climáticas são favoráveis e a demanda é alta. Segundo a CONAB (2024), o Brasil produziu mais de 350 mil toneladas de cheiro-verde na última safra, envolvendo milhares de pequenos produtores e gerando empregos ao longo da cadeia produtiva.

De acordo com Kader, Ben-Arie e Philosoph-Hadas (2001), a qualidade de frutos e vegetais é definida por atributos como aparência, textura, gosto, valor nutritivo e segurança (Figura 1).

Os percentuais de perda do cheiro-verde variam de 20% a 40% na cadeia produtiva, devido à sua alta perecibilidade. Na colheita e manuseio, as perdas podem chegar a 25%, principalmente por murchamento e danos mecânicos. Durante o transporte e armazenagem, as perdas são de 10% a 15% devido à falta de refrigeração e embalagens inadequadas. Na comercialização, estima-se que 5% a 10% do cheiro-verde é descartado por perda de qualidade visual e frescor (Embrapa Hortaliças, 2023).

Figura 1 – Qualidade do Cheiro Verde.



Fonte: Autores.

Um aspecto que pode reduzir o desperdício de frutas e hortaliças é o desenvolvimento de embalagens sob medida que evitem danos e considerem a sustentabilidade (Soares et al., 2010). Uma embalagem específica para o cheiro-verde pode aumentar sua durabilidade, melhorar a conservação pós-colheita e agregar valor ao produto no ponto de venda e na percepção do consumidor.

2. DESENVOLVIMENTO

A integração entre Inteligência Artificial (IA), QFD (Quality Function Deployment) e TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch) foi aplicada para o desenvolvimento de uma embalagem inovadora para cheiro-verde fresco (salsinha e cebolinha), com foco na extensão da vida útil, sustentabilidade e praticidade no uso doméstico.

Atualmente, existem várias embalagens usadas no cheiro-verde nos mercados que foram identificadas por meio de pesquisas na internet.

Figura 2 – Embalagens atuais de cheiro-verde e suas características.

- **Embalagem A (Elastico):** Baixo custo, péssima durabilidade, volume baixo



- **Embalagem B (Saco plástico):** Durabilidade baixa, baixo custo, volume baixo.



- **Embalagem C (Bandeja c/ filme):** Durabilidade baixa, média praticidade, médio baixo



- **Embalagem D (Bandeja plástica):** Durabilidade baixa, média praticidade, médio baixo



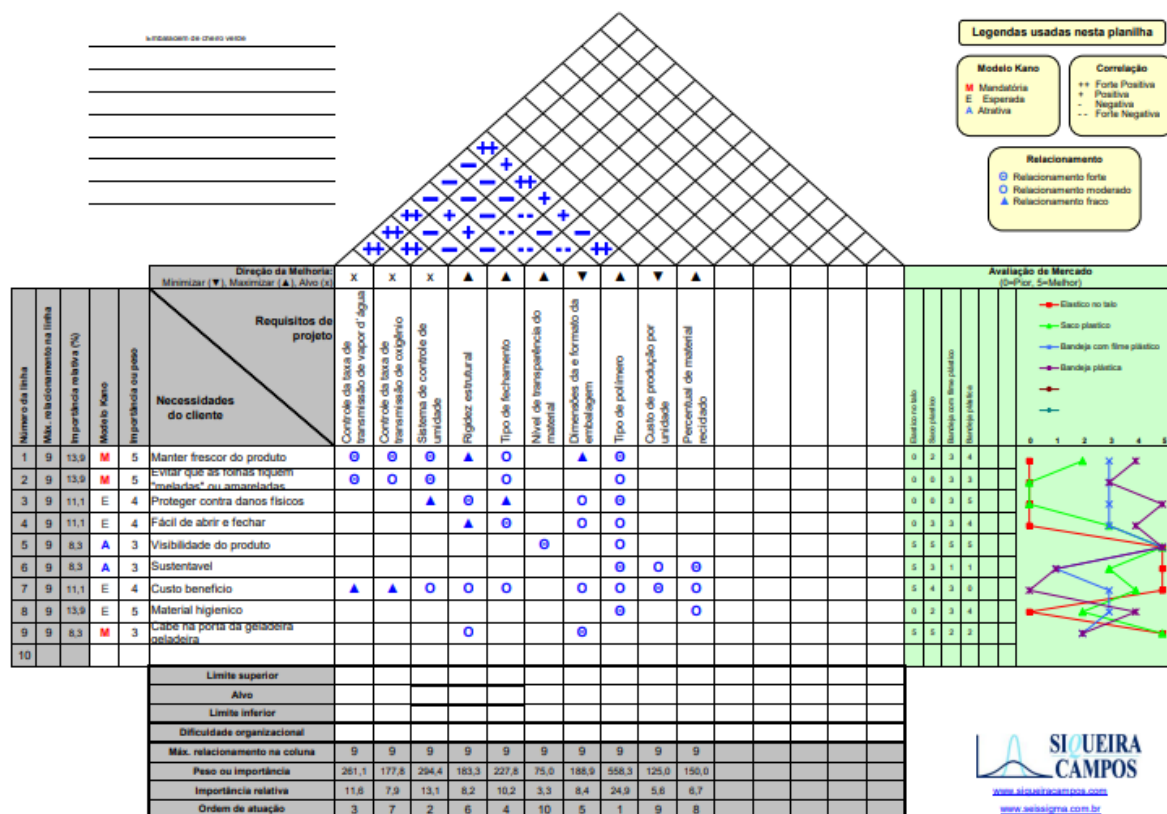
Fonte: Autores.

O método QFD (Desdobramento da Função Qualidade), especialmente por meio da Matriz da Casa da Qualidade, tem como objetivo converter as necessidades dos consumidores em requisitos técnicos de projeto. Além disso, essa matriz permite identificar conflitos e inter-relações entre os diferentes requisitos, possibilitando uma análise mais estruturada com o auxílio da metodologia TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch). A aplicação conjunta do QFD e da TRIZ favorece o desenvolvimento de soluções inovadoras, capazes de atender de forma eficiente às prioridades do projeto e de resolver suas contradições internas (Meryeme e Brahim, 2023).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, foi realizado o levantamento das necessidades do cliente, considerando fatores como durabilidade do produto, transparência da embalagem, facilidade de armazenamento e custo acessível. Com base nessas informações, foi elaborada a Matriz I do QFD (Casa da Qualidade), que traduziu a voz do consumidor em requisitos técnicos de projeto. As principais necessidades priorizadas foram: “aumentar a vida útil do produto”, “garantir frescor e aparência visual”, “utilizar material reciclável e reciclado” e “manter baixo custo de produção” (Figura 2).

Figura 2 – Matriz QFD (Casa da Qualidade) para embalagem de cheiro-verde.



Fonte: Autores.

A Casa da Qualidade permitiu identificar liga entre requisitos técnicos e atributos desejados pelos consumidores, resultando na priorização de parâmetros críticos como baixa permeabilidade ao vapor d'água (WVTR) e oxigênio (OTR), alta transparência ($\geq 80\%$), resistência mecânica e uso de material reciclado pós-consumo (PCR).

A partir da análise do "telhado" da Casa da Qualidade, observou-se uma contradição principal entre desempenho de barreira e custo/sustentabilidade, pois plásticos filme de alta performance geralmente elevam o custo e dificultam o uso de material reciclado. A metodologia TRIZ foi empregada para resolver essas contradições, indicando os princípios 40 (Materiais Compósitos) e 2 (Extração) como estratégias prioritárias. Assim, propôs-se o uso de plásticos filmes multicamadas, combinando PET/PEAD reciclado como estrutura e uma camada interna de barreira

(EVOH) de espessura reduzida, assegurando proteção sem elevar significativamente o custo.

Uma contradição secundária identificada foi transparência versus desempenho de barreira, solucionada por meio dos Princípios 3 (Qualidade Local) e 35 (Mudança de Propriedades), aplicando revestimentos nanométricos de SiOx (óxido de silício) para melhorar o desempenho de barreira sem comprometer a transparência óptica do filme.

Essas diretrizes embasaram a formulação de um prompt detalhado para geração de conceito via IA, utilizando o modelo GPT-5®. O prompt incluiu os seguintes requisitos: “Crie uma imagem fotorrealista e publicitária de uma embalagem stand-up pouch para cheiro-verde fresco (salsinha e cebolinha). A embalagem deve ser feita de plástico transparente reciclado, com zíper duplo reutilizável e base reforçada que permita que ela fique em pé. O design deve transmitir sustentabilidade, praticidade e modernidade, com uma aparência premium e translúcida.” (Figura 3).

Figura 3 –Concepções geradas pelo GPT-5® para a embalagem de cheiro-verde.

Modelo da concepção



Descrição

- Esta embalagem reduz a visibilidade do cheiro-verde, que é justamente um dos principais apelos do produto (transparência e percepção de frescor).



- Nesta embalagem não há indicação clara de que o pouch possui um zíper reutilizável, o que é uma das principais vantagens do produto em termos de praticidade e conservação.
- Essa ausência de elemento visual (como um ícone de “abre/fecha”) pode diminuir a percepção de valor agregado da embalagem

Fonte: Autores.

Os resultados obtidos a partir da análise QFD-TRIZ e da geração de conceitos por IA demonstraram forte convergência entre as necessidades dos consumidores e os requisitos de projeto. O GPT-5® foi utilizado para gerar diferentes concepções de embalagens, que posteriormente foram avaliadas pelos autores e validadas por

especialistas do setor hortifrutigranjeiro. Cada modelo foi analisado segundo critérios de ergonomia, estabilidade, proteção mecânica, estética e comunicação visual da sustentabilidade.

Com base nas análises, a concepção final (Figura 4) foi selecionada como a mais equilibrada em termos de funcionalidade, sustentabilidade e custo-benefício.

Figura 4 - Concepção final gerada pelo GPT-5.0 ®.



Fonte: Autores.

Trata-se de uma embalagem tipo stand-up pouch, composta por filme multicamada PET/PEAD reciclado + EVOH, com transparência superior a 80%, zíper duplo reutilizável e base reforçada que permite que o produto permaneça em pé tanto no ponto de venda quanto na geladeira.

A camada interna de barreira garante controle eficiente de permeabilidade (WVTR/OTR), prolongando o frescor e o aroma do cheiro-verde por até 7 dias em condições domésticas. O zíper hermético mantém a vedação mesmo após 50 ciclos de abertura e fechamento, enquanto o uso de 30% de conteúdo reciclado pós-consumo (PCR) assegura a sustentabilidade do produto sem comprometer seu desempenho técnico.

O custo estimado de produção, entre R\$ 0,40 e R\$ 0,60 por unidade, torna o produto economicamente viável e competitivo no mercado, oferecendo uma alternativa sustentável e de alta qualidade às embalagens convencionais.

Os índices de capacidade do processo (C_p e C_{pk}) são métricas cruciais que quantificam a habilidade de um processo em gerar produtos dentro dos limites de especificação. O índice C_p avalia a capacidade potencial do processo ao comparar a faixa de tolerância especificada ($USL - LSL$) com a variabilidade inerente do processo (tipicamente 6σ). O valor obtido de $C_p = 0,48$ é um indicador crítico. Montgomery, em sua 7ª edição de "Introduction to Statistical Quality Control", afirma que um valor de C_p inferior a 1,00 indica que a variabilidade do processo é maior do que a faixa de especificação. O valor de 0,47 releva que a dispersão natural dos pesos do produto atualmente mercado é aproximadamente o dobro da faixa das especificações, ou seja, sob condições atuais o produto não tem um peso conforme em todas as unidades. O índice C_{pk} é uma medida mais abrangente, pois leva em consideração não apenas a variabilidade, mas também a centralização da média do processo em relação aos limites de especificação.

O fato de $C_{pk} = 0,48$ ser igual ao C_p (e também aos índices unilaterais C_{pl} e C_{pu}) indica que a média do processo está precisamente centrada no ponto médio dos limites de especificação, que neste caso coincide com o valor alvo de 148,6 g. Embora a centralização seja ideal, o valor extremamente baixo do C_{pk} confirma a conclusão do C_p . Segundo Montgomery (4ª ed., "Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade"), um processo é geralmente considerado capaz quando possui um C_{pk} de no mínimo 1,33. Um valor de $C_{pk} = 0,48$ posiciona o processo em um estado de incapacidade severa. Isso significa que uma proporção substancial dos produtos condicionados pela embalagem terá peso inferior a 135,6 g e outra proporção significativa terá peso superior a 161,6 g, gerando um alto índice de não conformidade, caso a dispersão dos pesos na hora do envase não seja corrigida visando a diminuição de variabilidade no peso e a centralização dos mesmos dentro dos limites de tolerância, assim controlando a variabilidade.

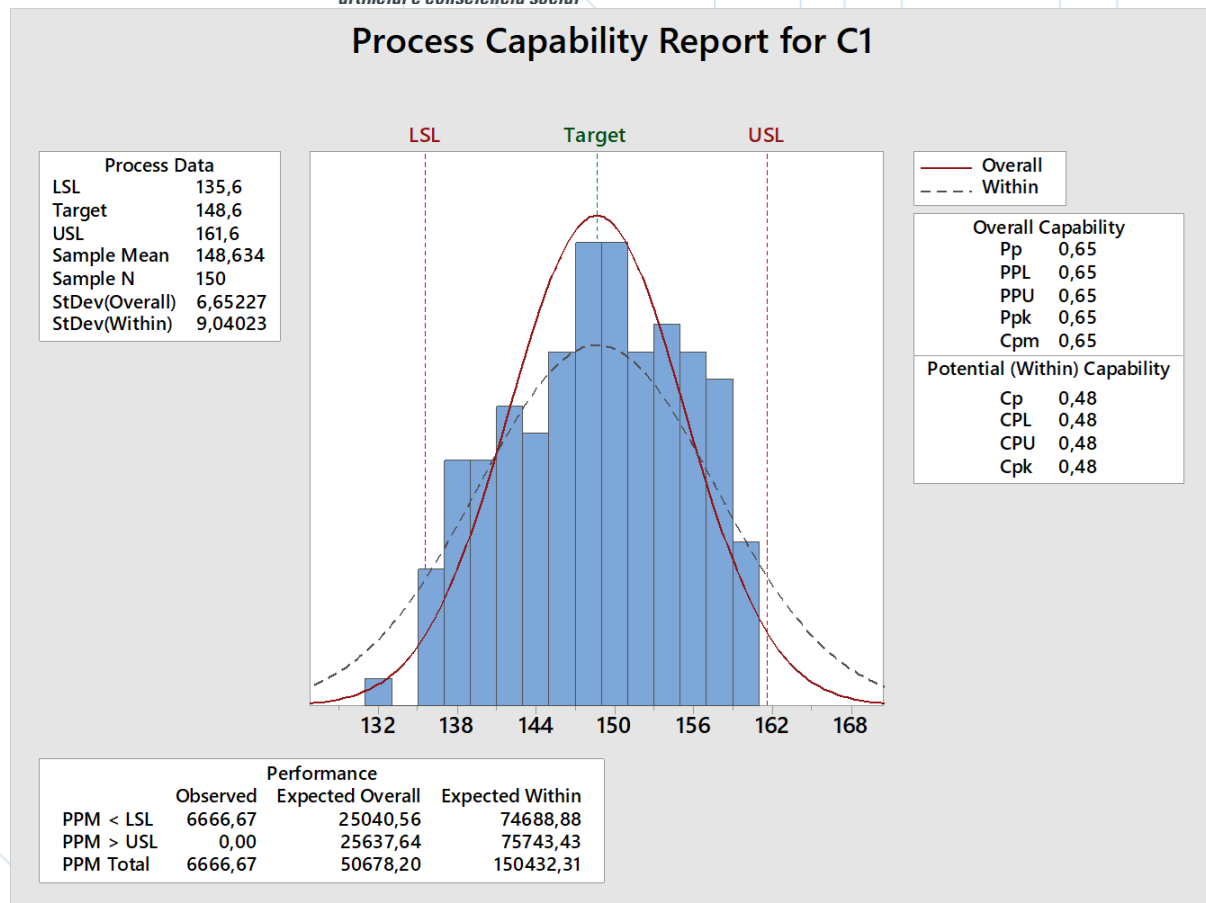


Figura 6 – Capacidade do processo do parâmetro peso considerando as medidas existentes do hortifruti cheiro verde

Fonte: Autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho consiste na integração dos fundamentos teóricos ministrados nas disciplinas de Seleção do produto. Foi possível propor uma solução inovadora para a embalagem de maçãs no ponto de venda, considerando aspectos de qualidade, sustentabilidade e redução de perdas. As principais conclusões são:

- Redução de Perdas: Embalagens sob medida, como a bandeja de papelão reciclado, podem diminuir as perdas na cadeia de maçãs (5-25% no campo/classificação, 3-4% na armazenagem, 3-8% na embalagem).



IEPG SUMMIT'25

Pensando o futuro com inteligência
artificial e consciência social

- Uso de IA e Métodos: O GPT-5.0®, aliado ao QFD e TRIZ, priorizou necessidades dos clientes e resolveu contradições, gerando soluções inovadoras.
- Embalagem Sustentável: A proposta final, com papelão reciclado, perfurações, divisórias e filme biodegradável, garante frescura, proteção e custo acessível (R\$ 0,30-0,50 por unidade).
- Validação e Futuro: Conceitos validados por especialistas mostram eficácia, mas testes reais e aceitação no mercado são passos futuros.

Portanto, este trabalho contribui para o avanço no design de embalagens de maçãs, oferecendo uma solução que equilibra qualidade, funcionalidade e sustentabilidade, com potencial para impactar positivamente a cadeia produtiva e reduzir perdas no setor.

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

EPAGRI. 50 anos de pesquisa da Epagri transformam o Brasil de importador a exportador de maçã. **Observatório Agro Catarinense, Florianópolis, 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.

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.

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

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.



MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 7. ed.
Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

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 do II Simpósio sobre Inovação e Criatividade Científica na
Embrapa**, Brasília, 28 a 30 abr. 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.