

PROJETO INFORMACIONAL DE DRONE DE PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA: UMA ABORDAGEM INTEGRADA DE DCU, ANÁLISE KANO E CASA DA QUALIDADE

AGRICULTURAL SPRAYER DRONE INFORMATION PROJECT: AN INTEGRATED APPROACH OF UCD, KANO ANALYSIS AND HOUSE OF QUALITY

Thais Lima Rodrigues da Cunha¹
Antônio Marcos de Melo Medeiros²
Marcos Lajovic Carneiro³

Resumo – Estudos científicos para drones de pulverização agrícola têm focado em aspectos técnicos isolados, deixando como lacuna a abordagem de projeto de produto para essa aplicação. Este artigo aborda o projeto informacional utilizando o Design Centrado no Usuário (DCU), Análise Kano e Casa da Qualidade (QFD) para esses dispositivos. Foi aplicada de uma metodologia heurística de cálculo de pesos, complementada por gráficos de Pareto, que permitiu uma avaliação quantitativa dos requisitos. A análise indica seis requisitos técnicos centrais: potência dos motores, capacidade dos ESCs, a bateria, os algoritmos, o processador e o número de Sensores. O tempo de voo foi destacado como a variável mais sensível a interferências de outros parâmetros, exigindo atenção especial na fase conceitual do projeto do produto.

Palavras-chave: Drones de Pulverização Agrícola 1. Análise Kano 2. QFD 3.

Abstract - Scientific studies on agricultural spraying drones have focused on isolated technical aspects, leaving a gap in the product design approach for this application. This article addresses the informational design using User-Centered Design (UCD), Kano Analysis, and House of Quality (HoQ) for these devices. A heuristic weighting calculation methodology was applied, complemented by Pareto charts, which allowed for a quantitative evaluation of the requirements. The analysis identifies six key technical requirements: motor power, ESC capacity, battery, algorithms, processor, and the number of sensors. Flight time was highlighted as the variable most sensitive to interference from other parameters, requiring special attention during the conceptual phase of product design.

Keywords: Agricultural Sprayer Drone 1. Kano Analysis 2. HoQ 3.

¹ Bacharel em Engenharia de Controle e Automação. Bolsista Capes Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas - Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Contato: thais.rodriguesdacunha@gmail.com

² Doutorado em Agronomia. Professor Colaborador II - Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Contato: marcosmelo@pucgoias.edu.br

³ Pós-doutorado em Microeletrônica. Doutorado em Engenharia Elétrica. Professor Efetivo - Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Professor Convidado - Université de Bordeaux (França). Contato: mcarneiro@pucgoias.edu.br

I. INTRODUÇÃO

Segundo Rosenfeld (2010), o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é essencial para empresas visando o alinhamento do desenvolvimento e otimização de produtos com as expectativas do mercado. Funciona como um elo entre desenvolvedores e mercado, permitindo a identificação de demandas e a incorporação de inovações tecnológicas para criar produtos competitivos.

Parte do projeto do produto consiste no Projeto Informacional, que foca na coleta e organização de informações e requisitos do cliente e do produto que guiarão as próximas fases. Os drones agrícolas apresentam diversas especificidades que requerem uma abordagem direcionada para atendimento dos clientes e solução de problemas de engenharia.

Existem diversas publicações que abordam aspectos técnicos específicos de drones agrícolas e publicações com estudos aprofundados de projeto de produto voltados para carros elétricos, veículo remotamente operados (VRO) subaquáticos, equipamentos domésticos, VANTs de diversos tipos, quadricópteros militares, conforme será visto na seção 2 de revisão bibliográfica, contudo, até o momento não foi encontrado na literatura publicações que abordem de maneira específica o projeto de produtos para drones de pulverização agrícola.

Este estudo apresenta uma metodologia de projeto informacional para drones de pulverização agrícola, com o objetivo de identificar e integrar de maneira abrangente os requisitos dos clientes e do projeto. A metodologia utiliza uma abordagem de Design Centrado no Usuário (UCD), aliada às ferramentas Análise Kano e Casa da Qualidade – QFD, para garantir que o drone atenda plenamente às expectativas dos usuários. Além disso, foi desenvolvida uma metodologia heurística de cálculo de pesos, complementada por gráficos de Pareto, que permitiu uma avaliação quantitativa de dados qualitativos.

Esse processo resultou em um entendimento aprofundado das necessidades dos clientes, possibilitando a identificação de atributos inovadores, como a capacidade de pulverização noturna, e na determinação dos requisitos técnicos mais centrais e influentes, que serão fundamentais para as entradas do sistema no desenvolvimento do projeto conceitual.

Este artigo é dividido em 5 seções, sendo que a seção 2 apresenta uma revisão bibliográfica de publicações para drones agrícolas e projeto de produto para outros dispositivos. Em seguida, a Seção 3 aborda a metodologia proposta, a seção 4 apresenta e discute os resultados obtidos, analisando seu impacto e relevância para o projeto. Finalmente, a Seção 5 contém as conclusões, sintetizando os principais achados e implicações do estudo.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A eficácia do projeto de produto é comprovada pelo sucesso das manufaturas japonesas e adotada subsequentemente por indústrias norte-americanas e europeias, evidenciando a importância de uma gestão do PDP bem estruturada. A estrutura do PDP é dividida em quatro etapas fundamentais: Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado e Implementação (Rosenfeld et al., 2010).

No artigo de Liu e Lu (2020), os autores enfatizam que, para um *design* funcional, é necessário que se comece com a investigação aprofundada do domínio do cliente. Isso envolve identificar os clientes-alvo e as partes interessadas relevantes, bem como coletar suas vozes em relação ao produto. Os artigos de Rampal, Mehra, et al, (2022), Aristizábal, Rúa, et al. (2017), Chen, Li, et al. (2023), Berx, Friedl e

Hehenberger (2016), Filippova (2019), Nan, Lin, et al. (2021) e Mohabbi, et al. (2018) apresentam o PDP e o projeto informacional para Carros Elétricos, Veículo Remotamente Operado (VRO) subaquático, equipamentos domésticos, VANT de Alta Altitude a Longa Autonomia para missões de vigilância e pesquisa e Quadricópteros Militares, mas não abordam drones de pulverização agrícola.

Os trabalhos de Raptis, et al. (2023), Shahrooz, et al. (2020), Son, et al. (2022), Ma, et al. (2017), Sharma e Hema (2021) e Maddikunta, et al. (2021) abordam problemas específicos de drones para agricultura, como o impacto do peso e consumo de energia, custos financeiros, segurança, aceitação e capacitação de usuários, conectividade do drone, armazenamento de dados, mas não apresentam uma visão de projeto de produto.

Desta forma, foi constatado como lacuna a existência de um estudo aprofundado que aplique as técnicas formais de projeto de produto para drones agrícolas de pulverização. A existência de muitas técnicas de projeto de produto torna de extrema importância um estudo a cerca dos métodos mais eficientes e adequados para este produto em específico.

III. METODOLOGIA

Este artigo emprega uma abordagem metodológica abordando *Design Centrado no Usuário*, aplicando o método Kano e a Casa da Qualidade (QFD) para extração e análise de requisitos.

- *Design Centrado no Usuário*: Esse conceito guiou todo o processo de desenvolvimento, garantindo que as necessidades dos clientes fossem o foco central. O público-alvo foi composto por produtores rurais na região sul de Goiás, Brasil, que trabalham com duas safras anuais de soja e milho, ou safras de cana de açúcar.
- Método Kano: Um questionário online foi aplicado a nove produtores rurais para identificar os atributos que mais influenciam a satisfação do cliente. Esses atributos foram classificados em obrigatórios e desejáveis, com foco na capacidade de pulverização noturna e detecção de deficiências nutricionais.
- Casa da Qualidade (QFD): Os atributos identificados foram integrados na QFD, que permitiu a transformação desses requisitos em características de design específicas.
- Para a análise das duas matrizes de correlação da QFD, foi empregada uma metodologia heurística de cálculo de pesos, complementada pela aplicação do diagrama de Pareto, que facilitou a priorização e a compreensão das interações entre os requisitos técnicos e as necessidades dos clientes.

3.1 Análise Kano

Para identificar oportunidades de inovações desejáveis para os público-alvo (*stakeholders*), foi feito um questionário pelo *Google Forms*, no formato apresentado na Figura 1, onde o entrevistado deveria indicar a importância da presença ou da ausência de 10 atributos propostos para novas características tecnológicas em drones de pulverização agrícola. Os atributos pesquisados foram: 1) Detecção de deficiências nutricionais; 2) Ajuste Automático das Rotas de Voo; 3) Diagnóstico de Saúde Vegetal com IA; 4) Operação Silenciosa; 5) Manutenção Autônoma; 6) Compatibilidade com

Dados de Satélite; 7) Capacidade de pulverização noturna; 8) Integração com sistemas agrícolas inteligentes; 9) Operação autônoma de abastecimento de produto e 10) Operação autônoma de recarga de bateria.

Para cada atributo listado, os participantes deveriam escolher duas opções: uma para indicar se valorizam a inclusão da função ("Oferecido") e outra para a importância de não ter essa função ("Não Oferecido"). Devem selecionar "Altamente desejável" ou "Essencial" para funções críticas às suas operações, "Imparcial" para funções de menor impacto, "Tolerável" para funções aceitáveis independentemente de sua presença, e "Evitar" para funções que consideram desnecessárias ou que preferem que não estejam presentes.

Figura 1 – Questionário de avaliação de atributos inovadores

Capacidade de Pulverização Noturna: Drones com sistemas de iluminação e navegação que permitem a operação eficaz durante a noite, ajudando a evitar o calor do dia e potencialmente aumentando a eficácia de certos tratamentos, como os biológicos. *

	Altamente Desejável	Essencial	Imparcial	Tolerável	Evitar
Oferecido	☐	☐	☐	☐	☐
Não Oferecido	☐	☐	☐	☐	☐

Fonte: Adaptado de (RAMPAL, MEHRA, et al., 2022).

O Quadro 1 apresenta o esquema de avaliação de atributos de acordo com as respostas dos entrevistados, classificando como Atrativo (A), Unidimensionais (U), Obrigatório (O), Indiferente (I), Reverso (R) e Questionável (Q). Para a execução da análise dos requisitos dos clientes e dos requisitos do produto, empregou-se o QFD.

Quadro 1 – Esquema de avaliação

Resposta		Não Oferecido				
		Altamente Desejável	Essencial	Imparcial	Tolerável	Evitar
Oferecido	Altamente Desejável	Questionável	Atrativo	Atrativo	Atrativo	Unidimensional
	Essencial	Reverso	Indiferente	Indiferente	Indiferente	Obrigatório
	Imparcial	Reverso	Indiferente	Indiferente	Indiferente	Obrigatório
	Tolerável	Reverso	Indiferente	Indiferente	Indiferente	Obrigatório
	Evitar	Reverso	Reverso	Reverso	Reverso	Questionável

Fonte: Adaptado de (RAMPAL, MEHRA, et al., 2022).

Após a entrevista e registro dos resultados, foi efetuada o cálculo de grau de satisfação e insatisfação da análise Kano, seguindo as equações (1) e (2) (RAMPAL, MEHRA, et al., 2022):

$$Coeficiente\ de\ Satisfação\ (CS) = \frac{A+U}{A+U+O+I} \tag{1}$$

$$Coeficiente\ de\ Insatisfação\ (CI) = \frac{U+O}{A+U+O+I} \tag{2}$$

3.2 Registro dos requisitos do cliente e do produto

Para essa análise, adotou-se a classificação proposta por (ROSENFELD, FORCELLINI, et al., 2010), a qual é detalhada na Tabela 1. Foi desenvolvido o Quadro

3, onde, na seção inicial da matriz, posicionada à esquerda, estão enumerados os requisitos dos clientes juntamente com os graus de importância previamente determinados. Em seguida, foram selecionados os requisitos do produto e as tecnologias necessárias para a elaboração do equipamento, além de ser realizada uma análise acerca do impacto desses requisitos sobre as necessidades dos clientes, Quadro 4.

As relações entre os requisitos do produto foram categorizadas em cinco tipos distintos, seguindo o padrão usado na QFD. Foi feita uma análise heurística quantitativa dessas relações para classificar os requisitos mais centrais e influentes, positiva ou negativamente. Para isso, as representações foram quantificadas como apresenta a última coluna da Tabela 1.

Os cálculos para determinar essa pontuação foram realizados com o objetivo de identificar o requisito que exerce maior influência nos aspectos considerados importantes pelos clientes. O método empregado para esses cálculos baseia-se na formulação de (ROSENFELD, FORCELLINI, et al., 2010), expressa pela equação (3).

$$(3) \quad \text{Pontuação} = \sum(\text{Importância para o cliente}) * (\text{métrica da relação})$$

Tabela 1 – Representação das relações

Relação entre requisitos do cliente - produto		Relação entre requisitos de produto		
Relação	Métrica	Relação	Representação	Métrica
Forte	5	Positiva Forte		5
Média	3	Positiva		3
Fraca	1	Negativa		-3
Zero	0	Negativa Forte		-5

Fonte: autores, 2024.

VI. RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS

Foram entrevistados 9 produtores agrícola que trabalham com duas safras anuais de soja e milho, e safras de cana de açúcar na região sul do estado de Goiás, Brasil. O resultado da análise das respostas dos entrevistados está anotado na Tabela 2.

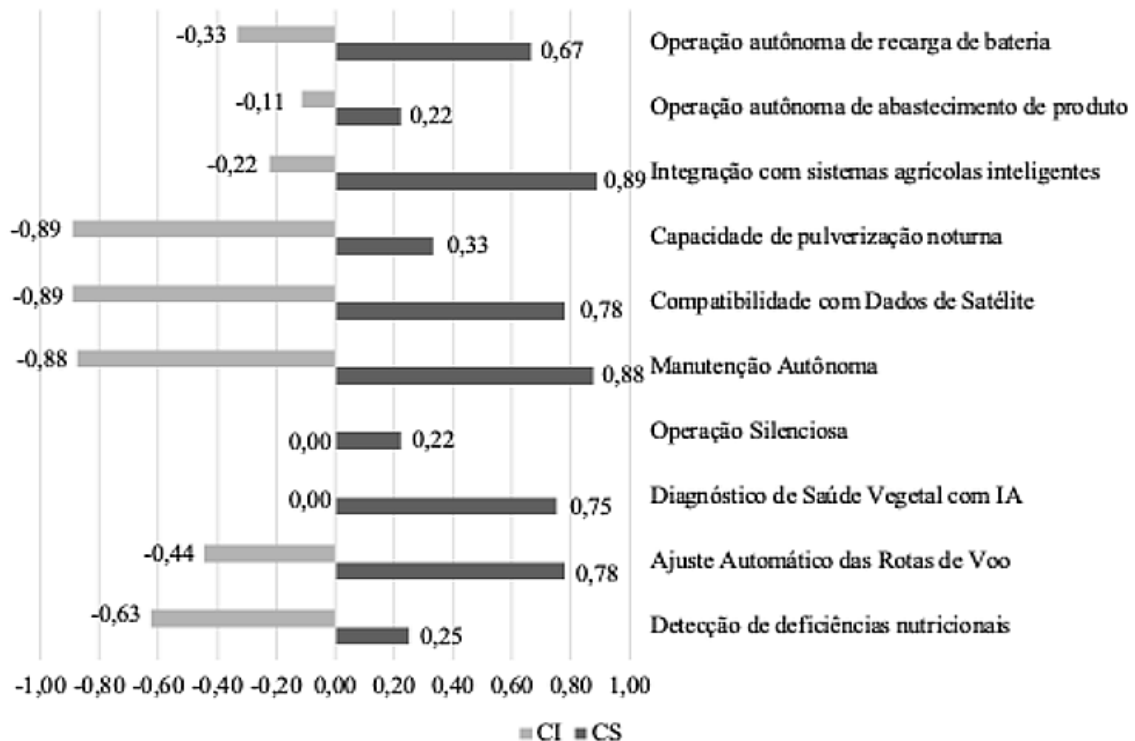
Tabela 2 – Resultado de avaliação Kano por atributo

Atributos	A	U	O	I	R	Q
Detecção de deficiências nutricionais	2	0	5	1	0	1
Ajuste Automático das Rotas de Voo	5	2	2	0	0	0
Diagnóstico de Saúde Vegetal com IA	6	0	0	2	0	1
Operação Silenciosa	2	0	0	7	0	0
Manutenção Autônoma	1	6	1	0	0	1
Compatibilidade com Dados de Satélite	1	6	2	0	0	0
Capacidade de pulverização noturna	1	2	6	0	0	0
Integração com sistemas agrícolas inteligentes	7	1	1	0	0	0
Operação autônoma de abastecimento de produto	1	1	0	7	0	0
Operação autônoma de recarga de bateria	5	1	2	1	0	0

Fonte: autores, 2024.

Aplicando as fórmulas (1) e (2), foram obtidos os valores apresentados no gráfico da Figura 2. Os requisitos com maiores potencial de satisfação do cliente foram “Integração com sistemas agrícolas inteligentes” e “Manutenção Autônoma”. Contudo, há um equilíbrio entre o CS e o CI do requisito “Manutenção Autônoma”. Os requisitos com maior peso para o CS foram “Diagnóstico de Saúde Vegetal com IA”, com 0.75 pontos positivos, e “Integração com sistemas agrícolas inteligentes”, com 0.67 pontos positivos.

Figura 2 – Resultados CS e CI



Fonte: autores, 2024.

Os requisitos dos clientes, obtidos através da pesquisa, foram elencados no Quadro 2, incluindo os atributos inovadores, “Diagnóstico de Saúde Vegetal com IA”, “Integração com sistemas agrícolas inteligentes”, identificados na análise Kano. Adicionalmente, os graus de importância de cada requisito foram registrados, considerando as perspectivas dos *stakeholders*. Como os requisitos inovadores são considerados como atrativos e como não necessários, o grau de importância foi definido como 4.

Quadro 2 – Requisitos do Cliente

Requisito	Importância
Capacidade de carga	5
Autonomia de voo	5
Precisão na aplicação de produtos	5
Custo	4
Facilidade de uso	4
Estabilidade em condições climáticas adversas	4
Alcance operacional	4
Sistemas de segurança	3

Coleta de dados	1
Sistema de navegação autônoma e GPS	4
Facilidade de manutenção	4
Disponibilidade de peças e suporte técnico	4
Diagnóstico de Saúde Vegetal com IA	4
Integração com sistemas agrícolas inteligentes	4

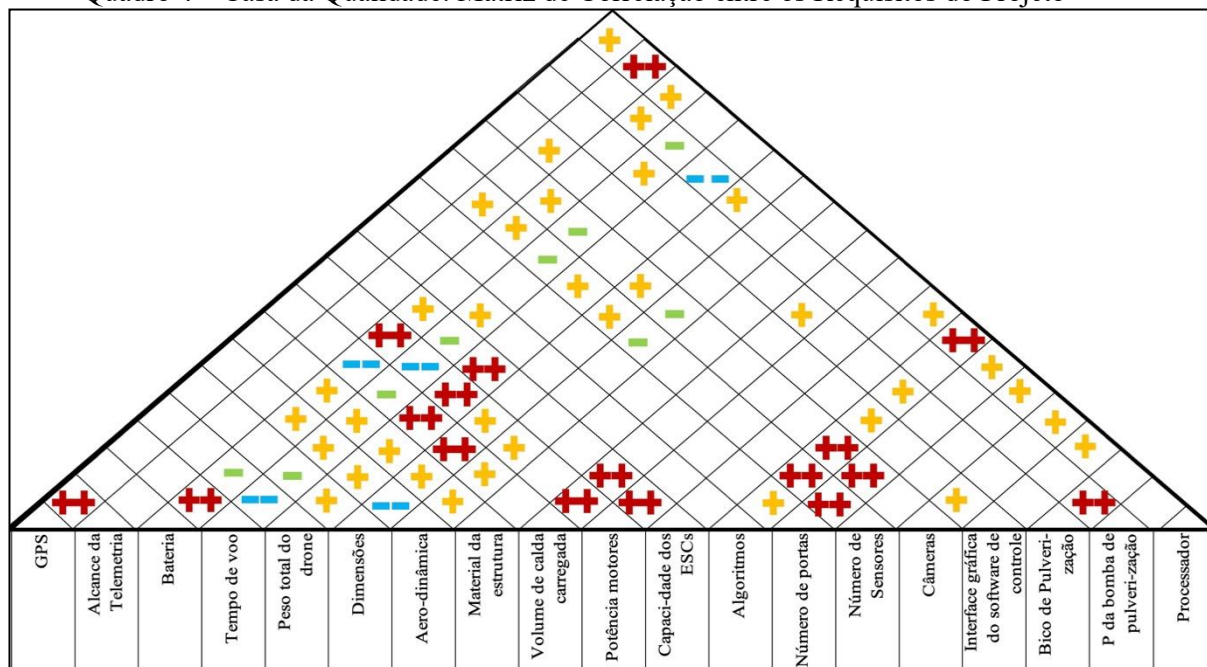
Fonte: autores, 2024.

Quadro 3 – Casa da Qualidade: matriz de correlação Requisitos do Cliente – Requisitos do Projeto

Requisitos do projeto →	Importância para o cliente	GPS	Alcance da Telemetria	Bateria	Tempo de voo	Peso total do drone	Dimensões	Aerodinâmica	Material da estrutura	Volume de calda carregada	Potência motores	Capacidade dos ESCs	Algoritmos	Número de portas	Número de Sensores	Câmeras	Interface gráfica do software de controle	Bico de Pulverização	Potência da bomba de pulverização	Processador
Requisitos do cliente ↓																				
Capacid. carga	5	5			5	3	5	3	3	3	5	5	3	3		1				
Autonomia de voo	5	5			5	5	5	3	5	3	3	5	3	3					1	1
Precisão na aplicação de produtos	5	5	5	3	1	3	3	3	5	1	1	5	5	5	5	5	5	3	5	5
Custo: aquisição e operação	4	4	1	3	5	3	3	3	3	5	1	5	3	3	1	5	5	3	3	3
Facilidade de uso	4	4	3	3	1	5	5	5	3		1	5	3	5	3	5	3	5	1	1
Estabilidade em condições climáticas adversas	2	2	5	3	3	1	3	3	5	3	3	5	5	5		5	1	1	1	1
Alcance operacional	4	4	5	5	5	5	1	1	3	1	1	3	3	5	1	3	1	1		
Sistemas de segurança	3	3	5	5	5	3	1	1	5	5	1	5	5	5	3	5	3	3		
Coleta de dados	1	1	5	5	5	5		1	3	3	3	3	3	5	5	5	5	3		
Sistema de navegação autônoma e GPS	4	4	5	5	3	3	3	3	3	3	1	5	5	5	3	5	5	3		
Facilidade de manutenção	4	4		3	5	1	3	3	1	5		5	5	1	1	3	5	1	5	3
Disponibilidade de peças e suporte técnico	4	4	1	1	5			3	1	5		5	5	3	3	5	5	3	5	3
Diagnóstico de Saúde Vegetal com IA	4	1			1								5	5	5	5	5			5
Integração com sistemas agrícolas inteligentes	4	5	5										5	3	1		3			5
Unidades	Tipo de sinal	m	mA h	min	kg	cm³	N	Pa (N/m²)	L	kW	A	MB	Unidade	Unidade	Pixels	-	ml/s	kW	bits	Total
Pontuação	139	141	177	143	134	127	149	135	73	215	179	213	119	188	157	125	88	72	212	2786
Porcentagem (%)	5,0	5,1	6,4	5,1	4,8	4,6	5,3	4,8	2,6	7,7	6,4	7,6	4,3	6,7	5,6	4,5	3,2	2,6	7,6	100%

Fonte: autores, 2024.

Quadro 4 – Casa da Qualidade: Matriz de Correlação entre os Requisitos do Projeto



Fonte: autores, 2024.

4.1 Análise da matriz de correlação Cliente-Projeto:

O gráfico da Figura 3 ilustra a contribuição relativa dos requisitos técnicos em relação aos Requisitos do Cliente, destacando quais fatores têm maior impacto. A análise segue o princípio de Pareto, onde se espera que aproximadamente 80% dos efeitos sejam causados por 20% das causas (ERDIL, 2019). A análise dividiu os requisitos em Primários, Secundários e Terciários.

4.1.1 Requisitos Primários

Pela regra de Pareto, os requisitos que ocupam os 20% são: Potência dos Motores, Algoritmos e Processador. Contudo observa-se uma tendência linear dos requisitos: Número de Sensores, Capacidade dos ESCs e Bateria. Por isso, foram considerados como principais requisitos técnicos: Potência dos Motores, Algoritmos, Processador, Número de Sensores Capacidade dos ESCs e Bateria.

Esses itens estão situados à esquerda do gráfico, representando as maiores contribuições individuais. A linha de porcentagem acumulada indica que esses requisitos juntos respondem por uma grande parte do desempenho total do drone, aproximadamente 42% do total. A alta prioridade desses requisitos sugere que esforços com recursos devem ser alocados primeiramente para garantir a excelência nessas áreas.

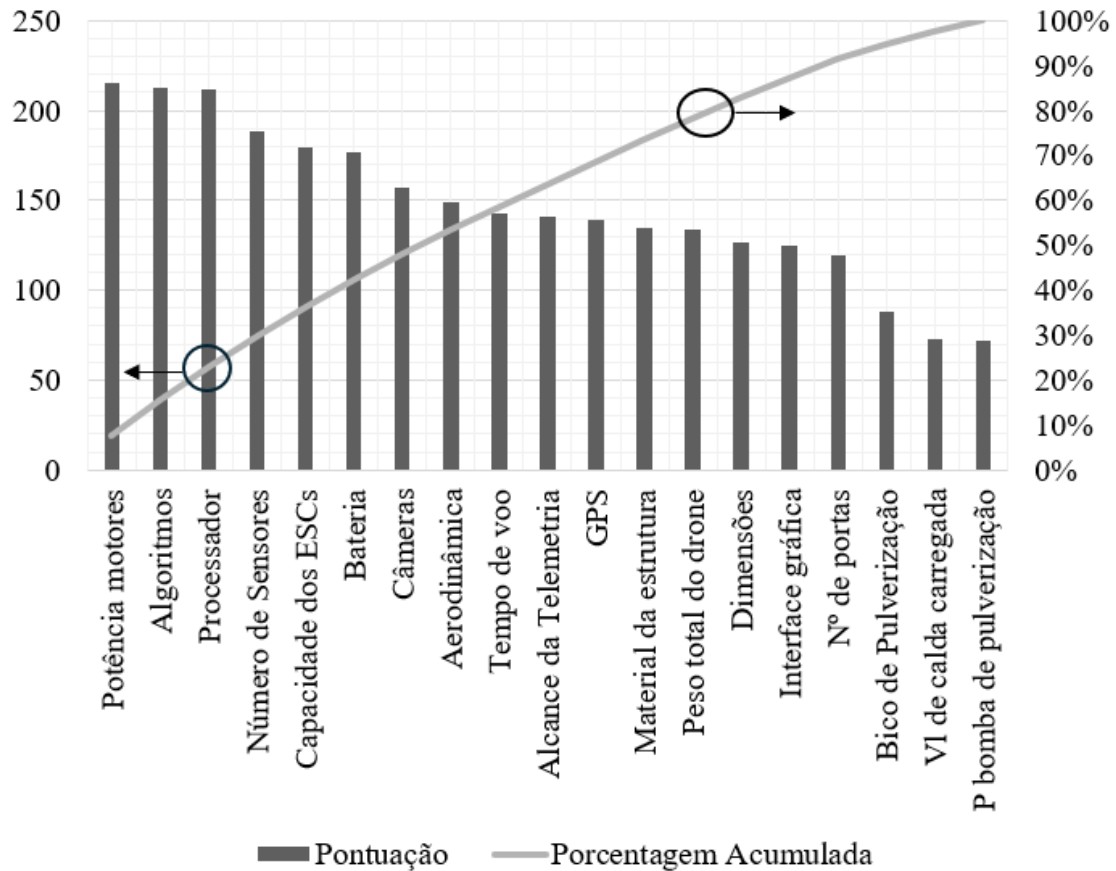
4.1.2 Requisitos Secundários

Observou-se novamente uma aproximação linear nos requisitos a seguir, além que estarem em um intervalo de 30 pontos e correspondem aos outros 40% da frequência acumulada: Câmeras, Aerodinâmica, Tempo de voo, Alcance da Telemetria, GPS, Material da estrutura, Peso total do drone e Dimensões.

4.1.3 Requisitos Terciários

Por fim, os requisitos técnicos que aparecem à extrema direita do gráfico acumulam uma frequência abaixo de 20% do total, são eles: Interface gráfica, N° de

Figura 3 – Gráfico de Pareto na análise dos Requisitos do Projeto em relação aos Requisitos do Cliente



Fonte: autores, 2024.

portas, Bico de Pulverização, Volume de calda carregada e Potência da bomba de pulverização.

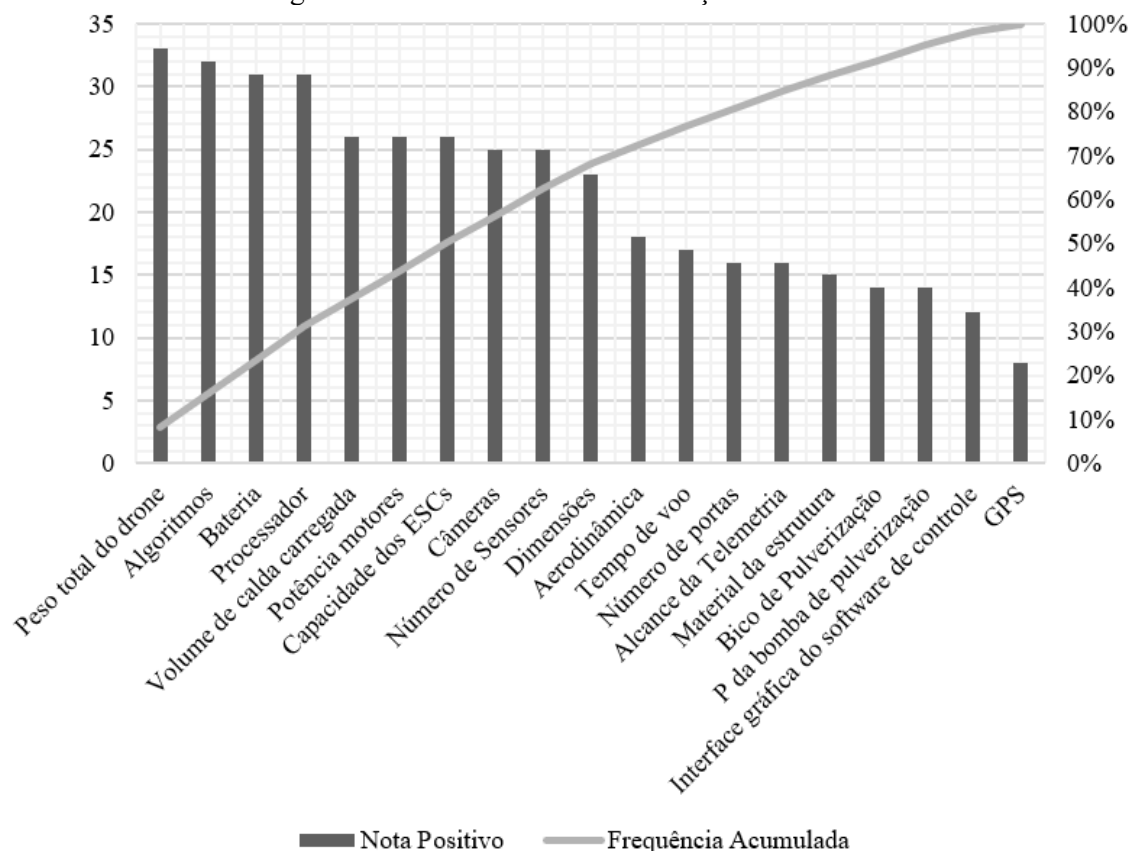
4.2 Análise do telhado da QFD

Visualmente, é possível observar que os requisitos posicionados mais a esquerda do telhado possuem uma concentração de relações. Os requisitos Bateria, Tempo de Voo, Peso Total do Drone, Dimensões, Aerodinâmica, Material da Estrutura, Volume de Calda Carregada, Potência dos Motores e Capacidade dos ESCs aparentam uma maior quantidade de interrelações. Considerando os pesos métricos apresentados na segunda coluna da Tabela 1, foram calculadas as pontuações de cada requisito e montado os gráficos a seguir.

4.2.1 Análise das relações Positivas

O gráfico da Figura 4 apresenta o comportamento da métrica para as relações Positivas. Os requisitos que acumulam uma frequência de 20% são: “Peso Total do Drone”, “Algoritmos” e “Bateria”. Pode ser considerado no primeiro grupo de influência o requisito “Processador” por possuir o mesmo peso da “Bateria”. Portanto, em ordem, esses são os quatro requisitos mais centralizados em relações positivas. Isso significa, que devem ser considerados como prioritários para aumentar os parâmetros gerais do drone no projeto.

Figura 4 – Gráfico de Pareto das relações Positivas



Fonte: autores, 2024.

4.2.2 Análise das relações Negativas

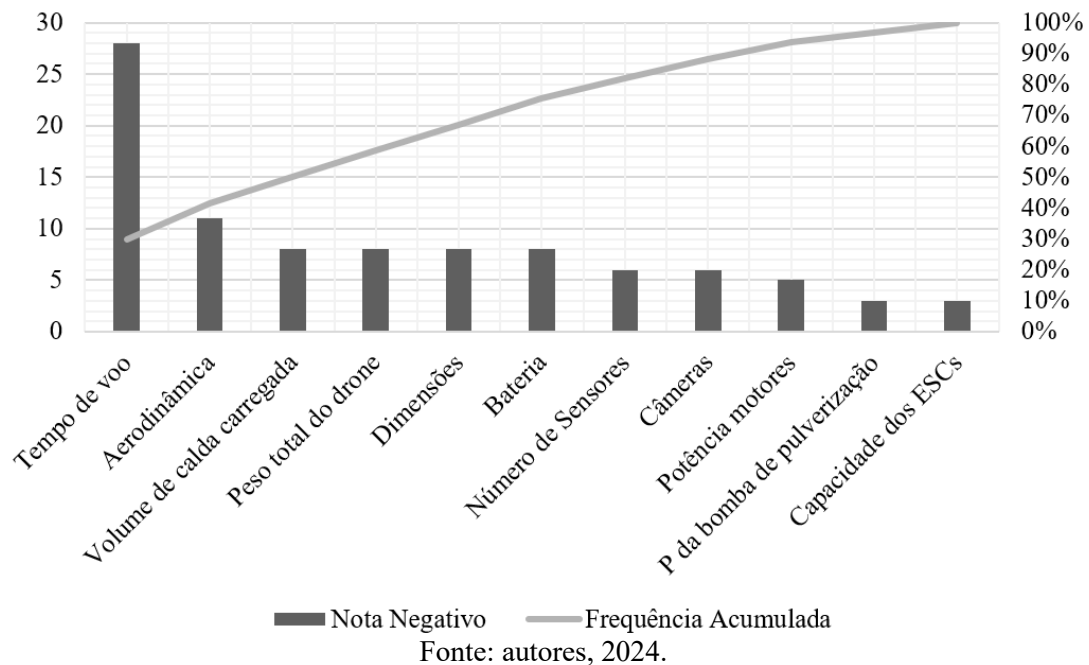
O gráfico da Figura 5 apresenta o comportamento da métrica para as relações Negativas. O requisito de maior destaque é o “Tempo de Voo”, representando diretamente 30% da frequência. Isso indica que qualquer alteração nos outros requisitos que afete o tempo de voo pode ter consequências significativas e prejudiciais para o desempenho do drone. É crucial gerenciar cuidadosamente os fatores que influenciam o tempo de voo, como peso, potência e bateria, para garantir que o drone atinja sua autonomia necessária.

“Aerodinâmica” é o segundo mais influente, seguido do “Volume de Calda Carregada”, “Peso Total do Drone”, “Dimensões” e “Bateria” que estão empatados, apresentam impactos negativos significativos, acumulando 80% da frequência.

V. CONCLUSÃO

A aplicação do Método Kano permitiu identificar os requisitos dos clientes de forma mais precisa, enriquecendo o *Design Centrado no Usuário* com informações importantes que serão utilizadas no projeto conceitual. Além disso, possibilitou a identificação de novas funcionalidades que agregarão valor diferencial ao drone, como o “Diagnóstico de Saúde Vegetal com IA” e “Integração com sistemas agrícolas inteligentes”. A integração das metodologias possibilitou trabalhar multicritérios de forma qualitativa e quantitativa.

Figura 5 - Gráfico de Pareto das relações Negativas



A metodologia integrada da QFD e a integração das métricas de Rosenfeld, et al. (2010) com o gráfico de Pareto, possibilitou identificar, de forma quantitativa, a ordem de prioridade dos requisitos técnicos para melhor atender os requisitos dos clientes. A metodologia heurística de cálculo de pesos, juntamente com os gráficos de Pareto possibilitaram uma avaliação quantitativa de dados qualitativos, possibilitando uma melhor identificação da centralidade dos requisitos técnicos do projeto.

Para pesquisas futuras, é previsto o desenvolvimento do projeto conceitual para drones agrícolas que atendam as especificações do projeto informacional. Deve-se levar em consideração que para assegurar que os requisitos do cliente sejam atendidos, os requisitos técnicos que devem ser priorizados são “Potência dos Motores”, “Capacidade dos ESCs”, “Bateria”, “Algoritmos”, “Processador” e o “Número de Sensores”. Aumentando os parâmetros “Peso Total do Drone”, “Algoritmos”, “Bateria” e “Processador”, é possível elevar uma quantidade significativa de parâmetros no drone, portanto são ponto de investimento para melhor desempenho total do produto. O requisito “Tempo de Voo” deve ser considerado como a variável que mais sofre interferência negativa com alterações dos outros parâmetros, portanto deve estar em evidência como entrada do projeto.

V. REFERÊNCIAS

- ARISTIZÁBAL, L. M. et al. Hardware and software development for the navigation, guidance, and control system of a remotely operated vehicle. IEEE 3rd Colombian Conference on Automatic Control (CCAC), Cartagena, Colombia, 2017. 1-6.
- BERX, K.; FRIEDL, M.; HEHENBERGER, P. A customer requirement driven framework for design synthesis - applied to a washing machine. IFAC-Papers Online, 49, 10 Nov 2016. 431-438.
- CHEN, J. et al. Autonomous battery-changing system for UAV's lifelong flight. Biomimetic Intelligence and Robotics, 3, n. 2, 2023. 100104.

- ERDIL, A. An Evaluation on Lifecycle of Products in Textile Industry of Turkey through Quality Function Deployment and Pareto Analysis. *Procedia Computer Science*, 158, 2019. 735-744.
- FILIPPOVA, T. S. Quality function deployment as a tool of risk management at early stages of an unmanned aircraft design. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 666, 2019. 012046.
- LIU, A.; LU, S. Functional design framework for innovative design thinking in product development. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 30, Aug 2020. 105-117.
- MA, X.-J. M. et al. Transforming Multidisciplinary Customer Requirements to Product Design Specifications. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 30, 2017. 1069–1080.
- MADDIKUNTA, P. K. et al. Unmanned Aerial Vehicles in Smart Agriculture: Applications, Requirements, and Challenges. *IEEE Sensors Journal*, 15 Aug 2021. 17608-17619.
- MOHABBI, A.; ACHICHE, S.; BARON, L. Multi-criteria fuzzy decision support for conceptual evaluation in design of mechatronic systems: a quadrotor design case study. *Research in Engineering Design*, 29, 2018. 329-349.
- NAN, X. et al. Demand analysis of quadcopter based on QFD. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1043 042044, 2021.
- RAMPAL, A. et al. Kano and QFD analyses for autonomous electric car: Design for enhancing customer contentment. *Materials Today: Proceedings*, n. 3, 2022. 1481-1488.
- RAPTIS, E. K. et al. End-to-end Precision Agriculture UAV-Based Functionalities Tailored to Field Characteristics. *Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications*, n. 2, 1 feb 2023.
- ROSENFELD, H. et al. *Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do Processo*. São Paulo: Saraiva, 2010. ISBN CDU 658.512.
- SHAHROOZ, M.; TALAEIZADEH, A.; ALASTY, A. Agricultural Spraying Drones: Advantages and Disadvantages. 2020 Virtual Symposium in Plant Omics Sciences, OMICAS 2020 - Conference Proceedings: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 23 nov 2020.
- SHARMA, M.; HEMA, N. Comparison of Agricultural Drones and Challenges in Implementation: A Review. 7th International Conference on Signal Processing and Communication (ICSC), Noida, India, 2021. 26-30.
- SON, H. S. et al. Real-Time Power Line Detection for Safe Flight of Agricultural Spraying Drones Using Embedded Systems and Deep Learning. *IEEE Access*, 10, 2022. 54947–54956.

VI. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e pelo PDPG - Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação Estratégico de Consolidação dos Programas de Pós-Graduação stricto sensu acadêmico.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.