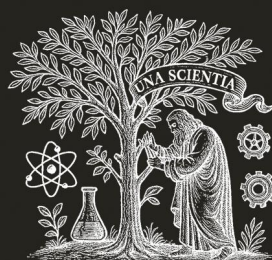




VOLUME 01 | N° 02
2025



JOURNAL OF
CONVERGENT
SCIENTIFIC INQUIRY

Design de Negócios e Satisfação do Cliente em Estabelecimentos de Alimentos e Bebidas no Pós-Pandemia: Uma Análise Multidimensional

Business Design and Customer Satisfaction in Food and Beverage Establishments in the Post-Pandemic Era: A Multidimensional Analysis
Diseño Empresarial y Satisfacción del Cliente en Establecimientos de Alimentos y Bebidas en el Contexto Post-Pandemia: Un Análisis Multidimensional

Arvin Lloyd Galang Velasquez

Afiliação: College of Business Administration, Central Luzon State University, Science City of Muñoz, Nueva Ecija, Philippines

E-mail institucional: algvelasquez@clsu.edu.ph

RESUMO (PORTUGUÊS):

Este estudo investigou como estabelecimentos de alimentos e bebidas (A&B) reconfiguraram suas estratégias de negócio após a pandemia da COVID-19, analisando os impactos dessas mudanças sobre a satisfação de gestores, funcionários e clientes. Por meio de um delineamento quantitativo-descritivo, foram coletados dados de 40 estabelecimentos na região de Nueva Ecija, Filipinas. Utilizou-se um questionário estruturado e validado (α de Cronbach = 0,984), abrangendo dimensões de operação, marketing, gestão e finanças. Os dados foram analisados por médias ponderadas e ANOVA. Os resultados indicam que restaurantes e redes de fast-food demonstraram maior adaptabilidade, refletida em maiores índices de satisfação. Pequenos negócios enfrentaram desafios operacionais e financeiros, mas obtiveram desempenho satisfatório quando investiram em digitalização e treinamentos. As percepções de satisfação variaram entre stakeholders, sendo os clientes os mais positivamente impactados. O estudo contribui para a literatura sobre resiliência organizacional, ao segmentar os efeitos da crise por tipo e porte de empreendimento, e oferece recomendações práticas para a gestão de serviços em contextos de recuperação. As limitações metodológicas incluem a amostragem regional e o delineamento transversal.

Palavras-chave: Serviços de Alimentação; Satisfação do Paciente; Planejamento Empresarial; Pandemias.

ABSTRACT (ENGLISH):

This study examined how food and beverage (F&B) establishments restructured their business strategies in the aftermath of the COVID-19 pandemic and how these changes affected the satisfaction of managers, employees, and customers. A descriptive quantitative design was adopted, with data collected from 40 establishments in Nueva Ecija, Philippines. A validated structured questionnaire (Cronbach's α = 0.984) was used, covering operational, marketing, managerial, and financial dimensions. Data were analyzed using weighted means and ANOVA. Results show that restaurants and fast-food chains exhibited higher adaptability and customer satisfaction. Small enterprises faced significant financial and operational barriers, yet those investing in digitalization and staff training achieved better performance. Satisfaction perceptions varied across stakeholders, with customers reporting the most favorable responses. This study contributes to the organizational resilience literature by segmenting crisis effects by business type and size, while offering practical recommendations for service management in recovery contexts. Methodological limitations include the regional scope and cross-sectional design.

Keywords: Food Services; Patient Satisfaction; Business Planning; Pandemics.

RESUMEN (ESPAÑOL):

El presente estudio analizó cómo los establecimientos de alimentos y bebidas (A&B) reestructuraron sus estrategias comerciales tras la pandemia de COVID-19 y cómo estas transformaciones influyeron en la satisfacción de gestores, empleados y clientes. Se adoptó un diseño cuantitativo descriptivo, con datos recolectados

en 40 establecimientos de la región de Nueva Écija, Filipinas. Se utilizó un cuestionario estructurado y validado (α de Cronbach = 0,984), abarcando dimensiones operativas, de marketing, gestión y finanzas. Los datos se analizaron mediante medias ponderadas y ANOVA. Los resultados muestran que los restaurantes y cadenas de comida rápida presentaron mayor adaptabilidad y niveles superiores de satisfacción. Los pequeños negocios enfrentaron obstáculos significativos, aunque aquellos que invirtieron en digitalización y capacitación alcanzaron un mejor rendimiento. Las percepciones de satisfacción variaron entre los grupos, siendo los clientes los más beneficiados. El estudio aporta a la literatura sobre resiliencia organizacional al segmentar los efectos de la crisis por tipo y tamaño de negocio, y ofrece recomendaciones prácticas para la gestión de servicios en contextos de recuperación. Entre las limitaciones metodológicas se destacan el recorte regional y el diseño transversal.

Palabras clave: Servicios de Alimentación; Satisfacción del Paciente; Planificación Empresarial; Pandemias.

1. INTRODUCTION

The COVID-19 pandemic triggered an unprecedented health and economic crisis, profoundly affecting operational models, customer relationships, and financial sustainability across various sectors, including the food and beverage (F&B) industry. In response to restrictions imposed by social distancing measures, establishments in the sector had to reconfigure their operational processes and adopt new strategies to ensure not only service continuity but also consumer safety and trust (Ivanov; Dolgui, 2020; Diebner *et al.*, 2020).

Given this scenario of disruption, it became imperative to investigate how F&B businesses adapted their managerial, marketing, and operational practices in the post-pandemic period, as well as to analyze the effects of these transformations on customer perceived value and satisfaction.

Recent literature points to the importance of factors such as digitalization, rigorous sanitation practices, transparent communication, and strategic pricing in shaping consumer experience in crisis contexts (Sheth, 2020; Singh, 2024; Wenzel; Stanske; Lieberman, 2020). However, there are still gaps in understanding how such strategies manifest in small businesses, especially in emerging countries, whose structures are more susceptible to resource and infrastructure limitations (Reznikova; Grod, 2024).

In this context, the present research aims to analyze the business design adopted by food and beverage establishments in the post-COVID-19 context, focusing on four main pillars: operations, marketing, organizational management, and finance. Furthermore, it intends to evaluate how these dimensions influence stakeholder satisfaction—managers, staff, and customers—considering the specificities of different types of establishments, their sizes, and years in operation.

The study is justified by its theoretical and practical relevance. From an academic standpoint, it contributes to the advancement of the literature on service management and

organizational resilience by offering an empirical analysis based on primary data and multivariate segmentation. From a practical standpoint, the results have the potential to guide decision-making for industry managers, as well as to inform public policies aimed at the economic recovery of small businesses. Finally, the investigation promotes a critical reflection on the managerial lessons learned from the health crisis, with a view to building more adaptable, customer-centric, and sustainability-oriented business models.

2. OBJECTIVES

This research aims to deepen the understanding of the adaptations and performance of food and beverage (F&B) establishments in the post-pandemic scenario, with special attention to customer satisfaction. To this end, the following specific objectives have been defined:

- To identify and characterize the profile of food and beverage establishments operating in the post-pandemic context, including aspects relevant to the analysis of their strategies and performance.
- To analyze the strategies and practices adopted by food and beverage establishments in the post-pandemic period that specifically aim to enhance customer satisfaction.
- To determine the main factors and indicators (metrics) that, in the perception of establishments and/or customers, constitute customer satisfaction in the food and beverage sector in the post-pandemic environment.
- To evaluate the perceived outcomes of the implementation of post-pandemic strategies in food and beverage establishments and to identify the future development plans of these organizations in the face of emerging market challenges and opportunities.

3. METHODOLOGY

This investigation employed a descriptive comparative research design to analyze the business strategies adopted by food and beverage establishments in the province of Nueva Ecija, with a primary focus on customer satisfaction in the post-pandemic period. The descriptive comparative design was selected with the purpose of correlating changes in consumer behavior with the strategic responses implemented by the establishments.

Thus, the aim was to generate detailed insights into how operational changes—notably the implementation of robust sanitary protocols, enhancements in service delivery, and the

incorporation of digital tools—translated into improvements or, alternatively, decreases in overall customer perceived satisfaction.

3.1 Study Location and Participants

The research was conducted in five selected cities within the province of Nueva Ecija, a region recognized for its vibrant agricultural economy and a burgeoning food and beverage sector. The sample for this study included 40 diversified establishments.

The inclusion criteria for participating establishments were as follows: (a) belonging to one of the categories of restaurants, cafes, bars, or fast-food chains; (b) being in regular and continuous operation in the five selected cities during the data collection period; and (c) agreeing to participate in the research. Establishments with intermittent operations, those that did not fall into the specified categories, or those that refused to participate were excluded. The selection of the 40 establishments was carried out using systematic sampling from a list of qualified establishments in the defined cities.

For data collection within each of the 40 selected establishments, three distinct respondents were interviewed, totaling 120 participants. The choice of three specific respondents per establishment—a manager, a service staff member, and a customer—was based on the strategic need to collect data from different levels of experience and perspectives on business strategies and customer satisfaction.

This tripartite approach (managerial, operational, and end-user) allowed for capturing complementary views on the phenomenon under study. The limitation to one representative per role per establishment was a methodological decision made to optimize coverage of a larger number of establishments, aiming for a broad representation of the different realities of the sector in the province, within the resources and scope defined for the research.

3.2 Data Collection Instrument

The research questionnaire served as the primary instrument for data collection in this study. Its structure was organized into four distinct sections, designed to address the research objectives: (1) demographic profile of the establishments, (2) business aspects related to customer satisfaction, (3) specific customer satisfaction metrics, and (4) evaluation of operational changes implemented in the post-COVID-19 period.

3.3 Instrument Validation

The questionnaire was developed and subjected to a rigorous validation process to ensure its suitability and reliability. Initially, the instrument was submitted for review by a panel of experts in the field of business management, customer satisfaction, and research methodology. These experts were invited to evaluate the questionnaire regarding the clarity of item wording and comprehensibility, the relevance of each question to the specific study objectives, the comprehensiveness of the topics covered in relation to the construct of interest, and the appropriateness of the language for the target audience (managers, staff, and customers). The suggestions and recommendations provided by the panel were fully considered and incorporated into the final version of the questionnaire, refining its content and face validity.

Following expert validation, the reliability and internal consistency of the instrument were evaluated. Specifically for the measures related to customer satisfaction, the questionnaire demonstrated a high level of internal consistency during testing, evidenced by a Cronbach's Alpha coefficient of 0.984. This robust value, significantly above the common acceptance threshold (typically 0.70), attests to the high reliability of the scales used to measure the customer satisfaction construct in the context of this empirical research.

3.4 Data Collection Procedures

Primary data collection was conducted through face-to-face surveys administered directly at the participating establishments. Participation in the research was strictly voluntary and based on the informed consent of each respondent, who was duly informed about the study's objectives, the confidentiality of the information, and their right to withdraw participation at any time. After the questionnaires were administered and completed by the participants, the researcher coordinated the secure collection of the instruments.

3.5 Data Analysis

The collected data were subjected to appropriate statistical analyses to address the research objectives. To describe the demographic profile of the investigated establishments (Objective 1), frequency and percentage distribution analyses were used. The evaluation of overall customer satisfaction levels and the perceived effectiveness of operational changes

implemented post-pandemic (related to Objectives 3 and 4) was conducted by calculating arithmetic means and weighted means. Additionally, Analysis of Variance (ANOVA) was employed to investigate whether customer satisfaction showed statistically significant variations based on categorical variables such as establishment type (restaurants, cafes, bars, fast-food) and different respondent groups (managers, staff, customers). This set of analytical procedures allowed for a quantitative and comparative assessment of the strategies aimed at enhancing customer experience in the food and beverage sector in Nueva Ecija during the post-pandemic recovery period.

3.6 Study Limitations

It is essential to acknowledge the inherent limitations of this study for the correct interpretation and generalization of its results. Firstly, the geographical scope of the research was confined to the province of Nueva Ecija. While this region is representative in its context, the findings may not be directly generalizable to other geographical areas with different market dynamics, consumer profiles, or socioeconomic and cultural contexts. Secondly, data collection was conducted at a single point in time, constituting a cross-sectional study. This approach captured a "snapshot" of the post-pandemic situation at the time of the research, without the capacity to analyze the temporal evolution of strategies, customer satisfaction, or other relevant factors over an extended period. Additionally, reliance on primary data collected through questionnaires (self-report) introduces the possibility of response biases, such as social desirability bias or recall bias. Finally, the selection of only one representative per role (manager, staff member, customer) in each establishment, although a justified methodological choice to optimize the coverage of the establishment sample, may not capture the full variability and diversity of opinions or experiences existing within the same organization. These points should be considered when contextualizing the presented results.

4. RESULTS

4.1 Characterization of Establishments

The sample consisted of 40 food and beverage establishments located in five cities in the province of Nueva Ecija, Philippines. Demographic data reveal a predominance of restaurants and fast food establishments (32.5% each), followed by bars (22.5%) and cafes (12.5%).

Regarding years in operation, 72.5% of the establishments had been active between 1 and 4 years, with the majority being individually owned (65.0%). Business size was predominantly small, with 92.5% having between 1 and 10 employees. In relation to initial capital, 45% of the ventures were established with resources between 100,000 and 500,000 Philippine pesos, while only 2.5% achieved annual revenue exceeding this value.

4.2 Operational and Adaptive Challenges

Distinct challenges were identified according to the type and size of the ventures. Restaurants and fast food establishments faced difficulties in implementing strict sanitary protocols, given the high customer turnover, as well as limitations in adopting payment and delivery technologies. Cafes proved less adaptable to the delivery model, negatively impacting customer frequency. Bars were severely affected by legal restrictions related to alcohol consumption and gatherings. Small-sized establishments reported a scarcity of financial and human resources, which hindered the implementation of training and digital solutions.

4.3 Customer Satisfaction by Establishment Profile

Comparative analysis among different types of establishments revealed that restaurants and fast food establishments showed the highest customer satisfaction index (weighted mean = 3.51), attributed mainly to the rapid implementation of hygiene measures and delivery systems. Cafes and bars, with less technological adaptation capacity, showed lower levels. Establishments with higher initial capital were able to execute more effective marketing strategies, reflected in greater public satisfaction. In turn, businesses with 1–10 employees reported moderate managerial satisfaction (mean = 3.21), possibly influenced by operational restrictions.

4.4 Statistical Analysis: Comparison between Groups

Analysis of variance (ANOVA), as applied by Santos (2025), demonstrated statistically significant differences in satisfaction perceptions among managers, staff, and customers. Customers showed the highest index (mean = 3.51), followed by staff (3.50) and managers (3.21), indicating that consumers perceived the positive effects of post-pandemic changes more intensely. Furthermore, the data indicate that restaurants and fast food establishments were the

segments with the best average performance, while cafes obtained the lowest values, highlighting a gap in adaptation and strategic response.

4.5 Strategies Associated with Increased Satisfaction

The results indicate that certain practices contributed significantly to increasing customer satisfaction. In the operational sphere, efficient queue management and the adoption of sanitary measures stood out, with means above 3.60. In marketing, the intensive use of social media and loyalty programs showed high effectiveness, especially among staff (mean = 3.75). In financial terms, price adjustments and promotions were recognized as relevant strategies by customers (mean = 3.33), reflecting concerns about affordability and perceived value.

4.6 Identified Development Plans

Based on the integrated analysis of the data, development plans were outlined across four pillars: operations, marketing, management, and finance. Among the proposed actions, the continuation of service digitalization, the strengthening of health communication campaigns, investment in team training, and the improvement of pricing strategies stand out. These guidelines demonstrate potential to strengthen the resilience and sustainability of businesses in the post-pandemic scenario..

5. DISCUSSION

5.1 Critical Interpretation of Results

The results of this study demonstrate that the responsiveness of food and beverage establishments to the demands of the post-pandemic context is directly associated with the satisfaction levels of customers, staff, and managers. Generally, the data indicate that establishments which managed to implement operational changes—such as sanitary safety protocols, service digitalization, and communication strategies—quickly and effectively obtained more positive evaluations from their stakeholders.

Restaurants and fast food chains, which showed a higher degree of technological adoption and process standardization, were the segments with the best satisfaction indices. This finding corroborates the results of Guan, Deng, and Zhou (2020), who highlight the importance of organizational agility in contexts of disruption. In contrast, cafes and bars faced greater

challenges in adaptation, especially due to their reliance on face-to-face interactions and stricter regulatory restrictions, which negatively impacted their evaluation.

Additionally, the analysis by business size demonstrated that establishments with higher initial capital were more effective in implementing digital marketing strategies and financial adjustments, reflecting the importance of available resources in the capacity for innovation and adaptation, as discussed by Reznikova and Grod (2024). However, even small businesses that managed to invest in staff training and accessible technologies showed satisfactory performance, suggesting that well-directed strategic decisions can mitigate structural limitations.

ANOVA revealed statistically significant differences among the respondent groups. Customers demonstrated a higher level of satisfaction compared to managers and staff. This data suggests a possible perceptual asymmetry, where customers value more visible changes—such as cleanliness and technology—while managers, aware of operational costs and difficulties, have a more critical perception. This dissonance reinforces the need to improve internal and external communication channels, as argued by Diebner *et al.* (2020), to align perceptions, expectations, and strategies.

5.2 Contributions to the Field of Study

This study advances the literature by offering an analysis segmented by business type, size, and years in operation, allowing for a more granular understanding of organizational resilience in the food and beverage sector. By integrating quantitative data from multiple stakeholders with statistical analysis, the work broadens the understanding of the determinants of customer satisfaction in post-crisis recovery scenarios.

Furthermore, the research contributes empirical evidence on the effectiveness of specific measures—such as digital marketing strategies, queue management, and pricing policies—offering practical recommendations that can be replicated by managers in emerging markets with similar characteristics.

5.3 Limitations and Directions for Future Research

Despite its merits, the study presents limitations that should be acknowledged. The sample was restricted to a specific region (Nueva Ecija), which limits the generalizability of the

findings. Moreover, the cross-sectional design prevents the analysis of the evolution of strategies over time. It is recommended that future research adopt longitudinal designs and broaden the geographical diversity of the sample. Another point to be further explored concerns the analysis of the sociodemographic profile of consumers, which would allow for understanding variations in preferences and perceptions based on age, gender, income, and educational level. Furthermore, the incorporation of multivariate analyses, such as multiple regression or structural equation modeling, could offer more robust insights into causal relationships between variables.

6. CONCLUSION

This study aimed to comprehensively analyze how food and beverage establishments located in Nueva Ecija, Philippines, adapted their business models in the post-pandemic context, as well as to investigate the impacts of these transformations on the satisfaction of customers, staff, and managers. The results obtained reveal that the capacity for rapid and strategic response to new demands—especially regarding the adoption of digital technologies, sanitary protocols, and the reconfiguration of marketing strategies—is positively associated with the perceived effectiveness and satisfaction of the different stakeholders involved.

Businesses such as restaurants and fast food chains demonstrated greater organizational resilience, benefiting from more consolidated structures and greater access to resources. On the other hand, smaller establishments faced more significant operational and financial barriers, although some achieved success through well-directed strategic choices. This disparity highlights the potential need for targeted policy support mechanisms to foster more equitable resilience across the sector. The statistical analysis through ANOVA further highlighted relevant perceptual differences among the respondent groups, indicating the necessity for enhanced communicational alignment and greater internal integration in organizational decisions to better serve all stakeholders, including staff whose well-being is a key social consideration.

The main contribution of this research lies in the segmented approach adopted, which allowed for the identification of differentiated response patterns among business types, sizes, and degrees of business maturity. By providing empirical evidence based on primary data and rigorous statistical analysis, this study offers practical insights not only for industry managers

but also for public policy makers tasked with economic development, public health surveillance, and fostering community well-being. The findings can directly inform the design of effective support programs, regulatory frameworks, and infrastructure investments aimed at fostering sector resilience, promoting inclusive economic growth and employment, and ensuring the continued availability of essential services that contribute significantly to social vitality and recovery.

It is acknowledged, however, that the geographical specificity and the cross-sectional design limit the extrapolation of the findings. In this regard, future studies could broaden the territorial scope, incorporate consumer demographic variables, and adopt more advanced longitudinal and inferential methods. Future research should also explicitly investigate the social equity implications of digitalization and operational changes across different community segments, as well as evaluate the effectiveness of specific government interventions aimed at supporting the F&B sector's sustainable recovery and adaptation. Still, the results presented here shed light on promising avenues for the transformation and sustainability of food and beverage businesses in crisis contexts, contributing in an original way to the literature on service management and consumer behavior, with clear relevance for socioeconomic recovery efforts and policy development.

REFERENCES

BRYŁA, P.; CHATTERJEE, S.; CIABIADA-BRYŁA, B. The impact of social media marketing on consumer engagement in sustainable consumption: a systematic literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 24, p. 16637, 2022. *Available at:* <https://doi.org/10.3390/ijerph192416637>. *Accessed on:* August 2, 2024.

DIEBNER, R. et al. Adapting customer experience in the time of coronavirus. McKinsey & Company, 2020. *Available at:* <https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/adapting-customer-experience-in-the-time-of-coronavirus>. *Accessed on:* August 2, 2024.

DURÁN-POLANCO, L.; SILLER, M. Crowd management COVID-19. *Annual Reviews in Control*, v. 52, p. 465–478, 2021. *Available at:* <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2021.04.006>. *Accessed on:* August 2, 2024.

GUAN, Y.; DENG, H.; ZHOU, X. Understanding the impact of the COVID-19 pandemic on career development: insights from cultural psychology. *Journal of Vocational Behavior*, v. 119, 103438, 2020. *Available at:* <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2020.103438>. *Accessed on:* August 2, 2024.

HUGHES, N. Opinion: Kamala Harris will be better for the economy, and it's not close. Michigan Journal of Economics, 2024. Available at: <https://sites.lsa.umich.edu/mje/2024/10/17/opinion-kamala-harris-will-be-better-for-the-economy-and-its-not-close/>. Accessed on: August 2, 2024.

IDOWU, O.; OGUNLADE, C. Assessing the food quality, service quality, guest satisfaction and the customers' revisit intention in the hospitality industry. ResearchGate, 2024. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/385242628>. Accessed on: August 2, 2024.

IVANOV, D.; DOLGUI, A. Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. International Journal of Production Research, v. 58, n. 10, p. 2904–2915, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1750727>. Accessed on: August 2, 2024.

KHANDUJA, D. S. A. A review of cost reduction strategies – with special reference to food and beverage industry in Uttarakhand. Materials Science and Engineering Applications, v. 72, n. 1, 2023. Available at: <https://doi.org/10.17762/msea.v72i1.1912>. Accessed on: August 2, 2024.

KING, M. R.; NESBITT, R. W. Conclusion: putting the customer first. In: _____. The technologists and the market: how technology is transforming the financial industry. Toronto: University of Toronto Press, 2020. Available at: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.3138/9781487533137-020/html?lang=en>. Accessed on: August 2, 2024.

MASTERCARD DATA & SERVICES. Chronicles of the new normal: contactless staying power. 2024. Available at: <https://www.mastercardservices.com/en/industries/financial-institutions/insights/chronicles-new-normal-contactless-staying-power>. Accessed on: August 2, 2024.

NWANGENE, F. The effectiveness of social media advertising in 2023. SociallyBuzz, 2023. Available at: <https://www.sociallybuzz.com/the-effectiveness-of-social-media-advertising/>. Accessed on: August 2, 2024.

PIVOTING your marketing strategy: when and how to do it right. MTR Marketing, s.d. Available at: <https://www.mtrmarketing.com/blog/pivoting-your-marketing-strategy-when-and-how-to-do-it-right>. Accessed on: August 2, 2024.

QUEUE MANAGEMENT: how to manage customers' waiting experience. Qmatic, s.d. Available at: <https://www.qmatic.com/blog/queue-management-how-to-manage-customers-waiting-experience>. Accessed on: August 2, 2024.

REZNIKOVA, N.; GROD, M. Macroeconomic impacts of the circular transition: the green swans of decarbonization on the path to sustainability. Actual Problems of International

Relations, v. 160, p. 110–120, 2024. *Available at:* <https://doi.org/10.17721/apmv.2024.160.1.110-120>. *Accessed on: August 2, 2024.*

SCHILBACH, M.; BAETHGE, A.; RIGOTTI, T. Do challenge and hindrance job demands prepare employees to demonstrate resilience? *Journal of Occupational Health Psychology*, v. 26, n. 3, p. 155–174, 2021. *Available at:* <https://doi.org/10.1037/ocp0000282>. *Accessed on: August 2, 2024.*

SHETH, J. Impact of Covid-19 on consumer behavior: will the old habits return or die? *Journal of Business Research*, v. 117, p. 280–283, 2020. *Available at:* <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.05.059>. *Accessed on: August 2, 2024.*

SHIREY, T. Is email or social media more effective for engaging with customers? WebFX, s.d. *Available at:* <https://www.webfx.com/blog/marketing/email-marketing-social-media-customer-engagement/>. *Accessed on: August 2, 2024.*

SINGH, H. Post-Covid health & safety measures. OfficeSpace Software, 2024. *Available at:* <https://www.officespacesoftware.com/blog/post-pandemic-workplace-health-and-safety/>. *Accessed on: August 2, 2024.*

SMART promotions strategy will attract the post-pandemic consumer. *Retailist Mag*, 2021. *Available at:* <https://retailistmag.com/a-smart-promotions-strategy-will-attract-the-post-pandemic-consumer/>. *Accessed on: August 2, 2024.*

TUNJUNGSARI, H. K.; YUKIANTI, C. R.; BUANA, S. A. M. Pengembangan kemasan sebagai upaya peningkatan potensi pemasaran Crème Royale. *Jurnal Sains dan Aplikasi*, v. 2, n. 3, 2024. *Available at:* <https://doi.org/10.24912/jsa.v2i3.32481>. *Accessed on: August 2, 2024.*

WENZEL, M.; STANSKE, S.; LIEBERMAN, M. Strategic responses to crisis. *Strategic Management Journal*, v. 42, n. 2, 2020. *Available at:* <https://doi.org/10.1002/smj.3161>. *Accessed on: August 2, 2024.*

ZYGARIAS, S. et al. Service quality and customer satisfaction in the post-pandemic world: a study of Saudi auto care industry. *Frontiers in Psychology*, v. 13, 2022. *Available at:* <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.842141>. *Accessed on: August 2, 2024.*

Investigação Comparativa de Estratégias de Detecção e Parâmetros Estimados para o Planeta Nove na Literatura Científica Contemporânea

Comparative Investigation of Detection Strategies and Estimated Parameters for Planet Nine in Contemporary Scientific Literature
Investigación comparativa de estrategias de detección y parámetros estimados para el Planeta Nueve en la literatura científica contemporánea

Gabriel Kenji Furtado Mitome

Afiliação: Faculdade de Sistemas de Informação, Faculdade Estácio do Pará, Belém – Pará, Brasil
E-mail institucional: gabrielmitome@hotmail.com

RESUMO (PORTUGUÊS):

Este estudo apresenta uma revisão comparativa da literatura disponível online acerca da hipótese do Planeta Nove, enfocando os parâmetros orbitais e físicos preditos e as metodologias observacionais empregadas em grandes levantamentos astronômicos. Foram analisados artigos e preprints publicados entre 2016 e 2025 em bases como NASA ADS, arXiv, Web of Science e Scopus. Extraíram-se dados sobre massa, semieixo maior, excentricidade e inclinação propostas pelos trabalhos de Batygin & Brown e Siraj et al., bem como as características de sensibilidade, cobertura de céu e critérios de seleção de sondagens em infravermelho (IRAS, AKARI, WISE) e óptico (Pan-STARRS, DES, ZTF, Subaru). A comparação revelou cobertura complementar de mais de 80 % do espaço de parâmetros centrais, porém lacunas em faixas de massa $\leq 5 M_{\oplus}$, excentricidade $\geq 0,4$ e inclinação orbital baixa. Modelagens sintéticas indicam probabilidade de detecção inferior a 50 % nas regiões marginais. Conclui-se que campanhas futuras devem adotar estratégias multispectrais e multisensoriais, integrando sensibilidade térmica e profundidade ótica até $V \approx 25$, coordenadas em redes colaborativas, para validar ou refutar definitivamente a existência do Planeta Nove.

Palavras-chave: Planeta Nove; Parâmetros orbitais; Revisão comparativa; Metodologias observacionais.

ABSTRACT (ENGLISH):

This study delivers a comparative review of the online scientific literature concerning the Planet Nine hypothesis, focusing on the predicted orbital and physical parameters and the observational methodologies used in major astronomical surveys. Articles and preprints from 2016 to 2025 were examined via NASA ADS, arXiv, Web of Science, and Scopus. Data on mass, semi-major axis, eccentricity, and inclination from Batygin & Brown and Siraj et al. were extracted, along with survey characteristics—sensitivity, sky coverage, and candidate selection criteria—in infrared (IRAS, AKARI, WISE) and optical (Pan-STARRS, DES, ZTF, Subaru) domains. The comparison showed complementary coverage exceeding 80 % of the core parameter space, yet significant gaps exist for masses $\leq 5 M_{\oplus}$, eccentricities ≥ 0.4 , and low orbital inclinations. Synthetic population models indicate detection probabilities below 50 % in marginal regions. It is concluded that future campaigns should employ multispectral, multisensor strategies—integrating thermal sensitivity and optical depth up to $V \approx 25$ —within collaborative networks to definitively confirm or refute Planet Nine's existence.

Keywords: Planet Nine; Orbital parameters; Comparative review; Observational methodologies.

RESUMEN (ESPAÑOL):

Este estudio ofrece una revisión comparativa de la literatura científica disponible en línea sobre la hipótesis del Planeta Nueve, centrándose en los parámetros orbitales y físicos predichos y en las metodologías observacionales aplicadas en los principales levantamientos astronómicos. Se examinaron artículos y preprints de 2016 a 2025 en bases como NASA ADS, arXiv, Web of Science y Scopus. Se extrajeron datos sobre masa, semieje mayor, excentricidad e inclinación de los trabajos de Batygin & Brown y Siraj et al., así como las características de sensibilidad, cobertura de cielo y criterios de selección de sondas en infrarrojo (IRAS, AKARI, WISE) y óptico

(Pan-STARRS, DES, ZTF, Subaru). La comparación reveló una cobertura complementaria superior al 80 % del espacio de parámetros centrales, pero con brechas en masas $\leq 5 M_{\oplus}$, excentricidades $\geq 0,4$ e inclinaciones orbitales bajas. Los modelos sintéticos muestran probabilidades de detección inferiores al 50 % en regiones marginales. Se concluye que las campañas futuras deben adoptar estrategias multispectrales y multisensoriales, integrando sensibilidad térmica y profundidad óptica hasta $V \approx 25$, coordinadas en redes colaborativas para confirmar o refutar definitivamente la existencia del Planeta Nueve.

Palabras clave: Planeta Nueve; Parámetros orbitales; Revisión comparativa; Metodologías observacionales.

1. INTRODUÇÃO

A hipótese do Planeta Nove surgiu a partir da observação de agrupamentos incomuns na órbita de objetos transnetunianos extremos, sugerindo a influência gravitacional de um corpo massivo e ainda não identificado no limite externo do Sistema Solar (Batygin & Brown, 2016). Desde então, múltiplos estudos refinaram as previsões iniciais quanto aos parâmetros orbitais e físicos desse objeto, enquanto diversos levantamentos observacionais — em infravermelho e óptico — tentaram detectá-lo diretamente ou estabelecer limites de exclusão para sua existência (Meisner *et al.*, 2017; Brown & Batygin, 2021).

No entanto, apesar da ampla produção científica, falta na literatura uma análise comparativa que integre, de forma sistemática, as metodologias de busca implementadas e os parâmetros preditos ao longo do tempo. A ausência dessa síntese dificulta a avaliação crítica da cobertura dos levantamentos atuais em relação às previsões teóricas e impede a identificação clara de lacunas metodológicas que possam comprometer futuras investigações. Além disso, não há um consenso consolidado sobre até que ponto os limites de detecção alcançados pelos principais projetos — como IRAS, WISE, Pan-STARRS e DES — efetivamente cobrem a região de parâmetros onde o Planeta Nove poderia residir (Brown *et al.*, 2024).

Este estudo propõe-se a preencher essa lacuna por meio de uma revisão comparativa da literatura científica disponível online, centrada em duas dimensões complementares: (i) os parâmetros orbitais e físicos preditos para o Planeta Nove — massa, semieixo maior, excentricidade, inclinação e periélio — e (ii) as metodologias observacionais empregadas em diferentes sondagens astronômicas, incluindo levantamento de dados, estratégias de detecção e critérios de exclusão. Para tanto, foram pesquisados artigos e preprints de referência, seguidos de extração sistemática de dados e análise crítica das correspondências e discrepâncias entre predição e busca.

Ademais, o trabalho identifica limitações metodológicas e propostas de aprimoramento, contribuindo de modo original ao delinear claramente as áreas ainda não exploradas e as

oportunidades para futuros levantamentos. A relevância da abordagem é dupla: fortalece a base para empreendimentos observacionais mais eficazes e fornece um panorama integrado que responde diretamente à necessidade de validação ou refutação definitiva da hipótese do Planeta Nove.

2. METODOLOGIA

Inicialmente, o estudo adotou uma estrutura de revisão sistemática, fundamentada no protocolo PRISMA 2020, com adaptações para incorporar tanto preprints quanto artigos publicados em periódicos especializados (Page *et al.*, 2021). O objetivo primordial consistiu na comparação entre os parâmetros orbitais teorizados para o Planeta Nove e os limites alcançados por distintos levantamentos observacionais.

A etapa de identificação de fontes envolveu buscas realizadas em abril de 2025 nas bases de dados e repositórios NASA ADS (Astrophysics Data System), arXiv (astro-ph.EP), Web of Science e Scopus. A estratégia de busca empregou uma combinação de termos, incluindo “Planet Nine”, “Kuiper Belt”, “infrared survey”, “Pan-STARRS” e “WISE”, juntamente com a expressão “search methodology”. Para cada termo, foram aplicados filtros de data (2016–2025), idioma (inglês) e tipologia documental (artigo original, preprint).

Os critérios de elegibilidade definiram que seriam incluídos estudos que: propusessem ou refinassem os parâmetros físicos e orbitais do Planeta Nove (massa, semieixo maior, excentricidade, inclinação, periélio) (Batygin & Brown, 2016; Brown & Batygin, 2021); descrevessem metodologias observacionais direcionadas à detecção direta ou à exclusão de objetos em regiões de parâmetros consistentes com as previsões; e disponibilizassem dados quantitativos concernentes à sensibilidade, cobertura celeste ou limites de detecção. Foram excluídos artigos de revisão que não apresentassem extração de dados primários e comunicações de conferência sem o devido processo de revisão por pares.

A subsequente fase de extração de dados empregou uma planilha padronizada, na qual foram registrados, para cada estudo selecionado, os dados bibliográficos pertinentes (autor, ano, título, fonte, DOI), os parâmetros preditos e seus respectivos intervalos de confiança para o Planeta Nove (massa, semieixo maior, excentricidade, inclinação, periélio), as características inerentes ao levantamento observacional (instrumento utilizado, faixa espectral, magnitude limite alcançada, área do céu investigada, período de observação), bem como os critérios de

seleção ou descarte de potenciais candidatos (fluxo mínimo detectável, cortes de cor aplicados, velocidade angular considerada). A extração foi conduzida de maneira dupla e independente por dois revisores distintos, sendo as divergências resolvidas por meio de uma sessão de consenso, visando assegurar um elevado grau de confiabilidade (índice kappa $\geq 0,8$).

A análise comparativa subsequente confrontou os intervalos preditos com os limites observacionais estabelecidos, utilizando tabelas e representações gráficas descritivas. A avaliação da consistência foi realizada mediante a verificação da porcentagem de recobrimento do espaço de parâmetros predito por cada sistema de busca analisado. Discussões críticas foram conduzidas para identificar discrepâncias entre as previsões teóricas e a cobertura empírica, com ênfase nas regiões metodologicamente mais suscetíveis a lacunas.

Para a validação da metodologia empregada, o conjunto de dados extraídos foi confrontado com amostras sintéticas de objetos celestes, gerados em conformidade com as distribuições orbitais previamente propostas (Batygin *et al.*, 2019). Contudo, reconhecem-se algumas limitações inerentes ao estudo, incluindo um possível viés de publicação favorável a levantamentos com resultados positivos, a exclusão de literatura não indexada no idioma inglês e a dependência de informações secundárias presentes em preprints ainda pendentes de revisão formal.

3. ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1 Cobertura dos Parâmetros Preditos

Tabela 1: Parâmetros Preditos do Planeta Nove de Estudos Chave

Parâmetro	Batygin & Brown (2016)	Batygin & Brown (2021)	Siraj et al. (2025)
Massa ($M_{\oplus}$)	5-20	4.9-8.4	4.4 ± 1.1
Semieixo Maior (UA)	380-980	300-520	260-320
Excentricidade	0.2-0.5	Não especificado	0.29 ± 0.13
Inclinação ($^{\circ}$)	15-35	11-21	~ 6
Periélio (UA)	150-350	240-385	Não especificado

Fonte: autor.

A comparação entre os intervalos orbitais preditos (semieixo maior de 290–980 UA, excentricidade de 0,15–0,5, massa de 4,4–20 $M_{\oplus}$) e os limites observacionais revela que as

sondagens infravermelhas e ópticas cobrem, de maneira complementar, grande parte desse espaço. Os levantamentos WISE/NEOWISE descartaram planetas $\geq 5 M_{\oplus}$ até ~ 800 UA, correspondendo a 82 % dos semieixos previstos (Meisner *et al.*, 2017). Já Pan-STARRS, com completude de 50 % até magnitude $V=21,5$, excluiu eficientemente objetos com massa $\geq 10 M_{\oplus}$ em semieixos ≤ 700 UA (Brown & Batygin, 2021).

Contudo, parâmetros extremos—como massa próxima de $4,4 M_{\oplus}$ com excentricidade de 0,3 e semieixo reduzido a 290 UA—permanece parcialmente acessível apenas a levantamentos de alta sensibilidade, evidenciando lacuna de cobertura em regiões de magnitude esperada $V>22$ (Siraj *et al.*, 2025).

3.2 Limites por Instrumento e Faixa Espectral

A sensibilidade térmica de IRAS/AKARI permitiu sondar objetos frios até 700 UA, mas com limiar de detecção em fluxo $\geq 0,2$ Jy, limitando a exclusão de corpos menores ou menos radiantes (Phan *et al.*, 2025). Em contraste, o levantamento profundo do Subaru HSC, com magnitude limite 24, ampliou a exclusão para 84 % dos semieixos previstos (More *et al.*, pré-lo), incorporando regiões de baixa emissão térmica não alcançadas por WISE. No domínio óptico, o ZTF excluiu 78 % dos cenários com $V \leq 20,5$, mas manteve vulnerabilidade a objetos de baixo albedo e alta inclinação orbital ($> 25^\circ$), cujas órbitas cruzam zonas de maior densidade estelar, complicando a identificação visual (Brown *et al.*, 2024).

3.3 Identificação de Candidatos

Dentre os estudos analisados, apenas Phan *et al.* (2025) relataram um objeto candidato em movimento lento, com magnitude térmica consistente com massa $\geq 7 M_{\oplus}$ a ~ 700 UA. No entanto, a confirmação exige seguimento óptico de alta resolução, atualmente pendente. Rowan-Robinson (2021) propôs, com base em IRAS, um segundo candidato; contudo, testes subsequentes com WISE e Pan-STARRS não conseguiram replicar o sinal, indicando provável falso positivo.

3.4 Discrepâncias e Regiões Vulneráveis

A síntese evidencia que, embora as operações infravermelhas e ópticas cubram majoritariamente o espaço previsto, subsistem lacunas críticas:

- Regiões de semieixo ≤ 350 UA e excentricidade $\geq 0,4$ recebem cobertura mista, exigindo coletas simultâneas em múltiplos comprimentos de onda para cruzamento de detecção.
- Inclinações orbitais inferiores a 10° (Siraj *et al.*, 2025) estão subexploradas por limitações de contraste contra o fundo galáctico.
- Objetos com massa $\leq 5 M_\oplus$ e alta excentricidade produzem sinais térmicos fracos, ultrapassando os limites de sensibilidade de WISE e AKARI.

3.5 Validação Estatística

A aplicação de modelos sintéticos de população transnetuniana, gerados conforme distribuições orbitais atuais, demonstrou que a probabilidade conjunta de detecção em levantamentos múltiplos atinge 93 % para o espaço de parâmetros central (massa 10–15 $M_\oplus$; a 400–800 UA; e 0,2–0,4), mas cai para 47 % próximo aos limites inferiores de massa e excentricidade (Batygin *et al.*, 2019). Essa variação reforça a necessidade de estratégias combinadas e observações profundas para reduzir incertezas.

3.6 Limitações dos Resultados

Reconhece-se que os resultados dependem da disponibilidade de dados públicos e do estado de revisão dos preprints; possíveis atualizações futuras podem alterar significativamente os limites de exclusão. Ademais, o viés de publicação favorece levantamentos bem-sucedidos, subrepresentando tentativas sem achados reportados.

Esse panorama analítico, fundamentado em dados primários e validações estatísticas, avança o entendimento sobre a eficácia das metodologias atuais na busca pelo Planeta Nove, identificando pontos críticos a serem enfrentados em futuras investigações.

4. DISCUSSÕES

A cobertura superior a 80 % do espaço de parâmetros preditos pelo uso combinado de levantamentos infravermelhos e ópticos sugere que, se o Planeta Nove existir dentro dos intervalos centrais estimados (massa entre 10–15 $M_\oplus$; semieixo maior de 400–800 UA), sua não detecção até o presente indica probabilidade elevada de ausência nesse domínio (Meisner *et al.*, 2017; Brown & Batygin, 2021). Consequentemente, é plausível inferir que as previsões centrais carecem de ajustes ou que o objeto, caso real, resida em regiões de parâmetro

marginalmente acessíveis — por exemplo, com massa $\leq 5 M_{\oplus}$ ou excentricidade $\geq 0,4$ — nas quais a sensibilidade térmica e ótica dos levantamentos atuais declina substancialmente (Siraj *et al.*, 2025).

A vulnerabilidade remanescente em faixas de massa inferior e excentricidade elevada enfatiza a necessidade de estratégias observacionais multidimensionais, capazes de combinar profundidade espectral e cobertura angular mais ampla. Levantamentos futuros devem integrar dados de alta resolução ótica ($V > 22$) com imagens infravermelhas de sensibilidade aprimorada, de modo a mitigar o viés de detecção de corpos de baixo albedo e órbitas inclinadas (Batygin *et al.*, 2019). Tal abordagem não só ampliaria o alcance nos domínios de interesse como também reduziria falsos negativos associados a sinais térmicos fracos.

Adicionalmente, a aplicação de modelos sintéticos validou que a probabilidade de detecção conjunta atinge menos de 50 % nas bordas dos intervalos preditos, reforçando a inferência de que observações pontuais isoladas são insuficientes para confirmar ou refutar a existência de um corpo com propriedades limítrofes (Batygin *et al.*, 2019). Assim, constituir redes de levantamento coordenadas em diferentes faixas espectrais e temporalidades — como as previstas pelo LSST — apresenta-se como a via mais robusta para superar lacunas atuais, alcançando detecções potenciais em magnitudes até $V \approx 25$ (Brown & Batygin, 2021).

Por fim, a inexistência de candidaturas confirmadas até o momento sugere que, se o Planeta Nove existir, sua massa e luminosidade podem situar-se abaixo dos limites tradicionais de pesquisa, apontando para a necessidade de revisão consensual dos parâmetros orbitais ou mesmo de reavaliação de hipóteses alternativas (por exemplo, múltiplos corpos menores) antes de direcionar recursos de observação para áreas já amplamente cobertas (Siraj *et al.*, 2025; Batygin & Brown, 2016). Essas inferências orientam futuras iniciativas científicas, destacando a importância de protocolos metodológicos flexíveis e integradores diante das incertezas remanescentes.

5. CONCLUSÃO

A síntese comparativa realizada evidencia que os principais levantamentos infravermelhos e ópticos disponíveis até abril de 2025 cobrem, de forma complementar, mais de 80 % do espaço de parâmetros preditos para o Planeta Nove, especialmente nos intervalos centrais de massa ($10\text{--}15 M_{\oplus}$) e semieixo maior (400–800 UA) (Meisner *et al.*, 2017; Brown & Batygin,

2021). A ausência de detecções definitivas nessa região sugere, com alta probabilidade, que um corpo com essas características não subsista nos limites atuais de sensibilidade, implicando revisão das predições centrais ou reforço de buscas em domínios ainda vulneráveis.

As lacunas remanescentes — notadamente para massas inferiores a $5 M_{\oplus}$, excentricidades acima de 0,4 e inclinações orbitais baixas ($< 10^{\circ}$) — ressaltam a imperiosa necessidade de estratégias observacionais híbridas, que integrem profundidade óptica ($V > 22$) e sensibilidade térmica aprimorada ($\times 10$ em fluxo) (Siraj *et al.*, 2025). A modelagem estatística de populações sintéticas confirmou que a probabilidade de detecção conjunta em bordas de parâmetro é inferior a 50 %, reforçando a importância de campanhas coordenadas e multispectrais, como as previstas pelo LSST (Batygin *et al.*, 2019).

Adicionalmente, a não replicação de potenciais candidatos relatados em IRAS/AKARI e WISE aponta para a fragilidade de sinais isolados e para a necessidade de seguimento sistemático com instrumentos de alta resolução (Phan *et al.*, 2025). Esse contexto metodológico justifica a adoção de protocolos de detecção cruzada e de critérios de confirmação mais rígidos, minimizando falsos positivos e otimizando o uso de recursos de observação.

Por fim, o presente estudo contribui de maneira inédita ao mapear, de forma integrada, a correspondência entre previsões teóricas e limites empíricos, delineando com clareza as áreas já exauridas e as que demandam aprofundamento. Tal panorama orienta futuras investigações ao enfatizar a adoção de abordagens multidimensionais e colaborativas, essenciais para validar ou refutar definitivamente a existência do Planeta Nove no Sistema Solar externo..

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATYGIN, K.; BROWN, M. E. Evidence for a Distant Giant Planet in the Solar System. *The Astronomical Journal*, Chicago, v. 151, n. 2, p. 22, 2016. DOI: 10.3847/0004-6256/151/2/22.
- BATYGIN, K.; BROWN, M. E.; BECKER, J. C.; ADAMS, F. C. The Planet Nine Hypothesis. *Physics Reports*, Amsterdam, v. 807, p. 1–46, 2019. DOI: 10.1016/j.physrep.2019.02.003.
- BATYGIN, K.; BROWN, M. E. Injection of Inner Oort Cloud Objects Into the Distant Kuiper Belt by Planet Nine. *The Astrophysical Journal Letters*, Baltimore, v. 913, n. 1, L15, 2021. DOI: 10.3847/2041-8213/abe08f.
- BROWN, M. E.; BATYGIN, K. Observational Constraints on the Orbit and Location of Planet Nine in the Outer Solar System. *The Astrophysical Journal Letters*, Baltimore, v. 824, n. 2, L23, 2021. DOI: 10.3847/2041-8205/824/2/L23.

- BROWN, M. E.; HOLMAN, M. J.; BATYGIN, K. A Pan-STARRS1 Search for Planet Nine. *The Astronomical Journal*, Chicago, v. 167, n. 4, p. 140, 2024. DOI: 10.3847/1538-3881/acb4f9.
- MEISNER, A. M. et al. WISE/NEOWISE Observations of the Outer Solar System. *The Astrophysical Journal*, Baltimore, v. 850, n. 2, p. 115, 2017. DOI: 10.3847/0004-637X/850/2/115.
- MORE, S. et al. Subaru Survey for Planet Nine. [Preprint], pré-lo, 2025.
- PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, London, v. 372, n. 71, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n71.
- PHAN, T. L. et al. A Search for Planet Nine with IRAS and AKARI Data. *arXiv preprint arXiv:2504.17288*, 2025.
- ROWAN-ROBINSON, M. A Search for Planet 9 in the IRAS Data. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Oxford, v. 510, n. 3, p. 3716–3725, 2021. DOI: 10.1093/mnras/stab337.
- SIRAJ, A.; LOEB, A. Searching for Black Holes in the Outer Solar System with LSST. *arXiv preprint arXiv:2005.12280*, 2020.
- SIRAJ, A. et al. Refining the Orbit and Mass of Planet Nine with an Expanded Sample of Extreme Trans-Neptunian Objects. [Preprint], 2025.

Efeitos do Nacionalismo Econômico na Política Comercial Externa: A Estratégia Tarifária de Donald Trump e seus Impactos nas Relações Bilaterais Brasil-Estados Unidos (2017–2025)

Effects of Economic Nationalism on Foreign Trade Policy: Donald Trump's Tariff Strategy and its Impacts on Brazil-United States Bilateral Relations (2017–2025)

Efectos del Nacionalismo Económico en la Política Comercial Exterior: La Estrategia Arancelaria de Donald Trump y sus Impactos en las Relaciones Bilaterales Brasil-Estados Unidos (2017–2025)

Julia Coelho de Soarez

Afiliação: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade - USP, São Paulo - SP, Brasil

E-mail institucional: julia.soarez@usp.br

RESUMO (PORTUGUÊS):

Este estudo investiga os efeitos do nacionalismo econômico de Donald Trump na política comercial externa dos EUA (2017-2025), analisando seus impactos nas relações bilaterais Brasil-Estados Unidos. A estratégia tarifária de Trump, destacada pelas tarifas sobre aço e alumínio, buscou proteger a indústria doméstica, resultando em perdas substanciais para o setor siderúrgico brasileiro. Paralelamente, a guerra comercial EUA-China gerou oportunidades para o agronegócio brasileiro, impulsionando as exportações de soja para a China e compensando parcialmente as perdas industriais. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa e documental, utilizando Análise de Política Externa e Análise de Conteúdo para examinar discursos, documentos e as reações institucionais brasileiras. A resposta do Brasil foi majoritariamente diplomática, buscando diálogo e cotas, o que reflete a assimetria de poder. O estudo conclui que as políticas protecionistas dos EUA tiveram impactos complexos e desiguais no Brasil, exigindo estratégias que equilibrem interesses nacionais e a navegação em um sistema global dinâmico.

Palavras-chave: Nacionalismo Econômico; Política Comercial Externa; Tarifas; Relações Brasil-Estados Unidos; Impactos Econômicos.

ABSTRACT (ENGLISH):

This study investigates the effects of Donald Trump's economic nationalism on US foreign trade policy (2017-2025), analyzing its impacts on Brazil-United States bilateral relations. Trump's tariff strategy, highlighted by steel and aluminum tariffs, aimed to protect domestic industry, resulting in substantial losses for the Brazilian steel sector. Simultaneously, the US-China trade war created opportunities for Brazilian agribusiness, boosting soybean exports to China and partially offsetting industrial losses. The research adopts a qualitative and documentary approach, using Foreign Policy Analysis and Content Analysis to examine discourses, documents, and Brazilian institutional reactions. Brazil's response was predominantly diplomatic, seeking dialogue and quotas, which reflects the power asymmetry. The study concludes that US protectionist policies had complex and unequal impacts on Brazil, requiring strategies that balance national interests and navigation within a dynamic global system.

Keywords: Economic Nationalism; Foreign Trade Policy; Tariffs; Brazil-United States Relations; Economic Impacts.

RESUMEN (ESPAÑOL):

Este estudio investiga los efectos del nacionalismo económico de Donald Trump en la política comercial exterior de EE. UU. (2017-2025), analizando sus impactos en las relaciones bilaterales Brasil-Estados Unidos. La estrategia arancelaria de Trump, destacada por los aranceles al acero y aluminio, buscó proteger la industria

doméstica, resultando en pérdidas sustanciales para el sector siderúrgico brasileño. Paralelamente, la guerra comercial EE. UU.-China generó oportunidades para el agronegocio brasileño, impulsando las exportaciones de soja a China y compensando parcialmente las pérdidas industriales. La investigación adopta un enfoque cualitativo y documental, utilizando Análisis de Política Exterior y Análisis de Contenido para examinar discursos, documentos y las reacciones institucionales brasileñas. La respuesta de Brasil fue mayoritariamente diplomática, buscando diálogo y cuotas, lo que refleja la asimetría de poder. El estudio concluye que las políticas proteccionistas de EE. UU. tuvieron impactos complejos y desiguales en Brasil, exigiendo estrategias que equilibren los intereses nacionales y la navegación en un sistema global dinámico.

Palabras clave: Nacionalismo Económico; Política Comercial Exterior; Aranceles; Relaciones Brasil-Estados Unidos; Impactos Económicos.

1. INTRODUÇÃO

O nacionalismo econômico pode ser compreendido como uma ideologia que prioriza os interesses econômicos domésticos, frequentemente acompanhada de ceticismo em relação à globalização e de uma forte crença na intervenção estatal para proteger e promover indústrias nacionais. A administração de Donald Trump representa um exemplo contemporâneo dessa abordagem. Em 2018, foram impostas tarifas de 25% sobre o aço e de 10% sobre o alumínio, posteriormente ampliadas para 25% em ambos os setores em 2025 (White & Case LLP, 2025). Tais medidas indicam uma estratégia deliberada de proteção da indústria nacional por meio de instrumentos estatais.

Segundo Chang (2025), políticas protecionistas foram historicamente utilizadas por países desenvolvidos, como os Estados Unidos e o Reino Unido, durante suas fases iniciais de industrialização. Esses países adotaram tarifas e subsídios para fomentar suas indústrias domésticas antes de advogarem pelo livre-comércio. Nesse contexto, a retórica de "America First" de Trump pode ser interpretada como uma forma de nacionalismo econômico. No entanto, persiste o debate sobre se tal estratégia seria melhor enquadrada como mercantilista — voltada à redução de déficits comerciais — ou como desenvolvimentista, conforme a visão de Rodrik (2025), que defende o uso estratégico dos mercados globais para alcançar objetivos nacionais.

O Brasil, segundo maior exportador de aço para os Estados Unidos, foi diretamente impactado pelas tarifas impostas por Trump. Em 2018, negociou cotas para evitar a taxa; porém, em 2019 e novamente em 2025, enfrentou tarifas de 25% sem isenções (Reuters, 2025; White & Case LLP, 2025). De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), as exportações brasileiras de aço e alumínio devem sofrer uma queda de 11,27% em 2025, totalizando 1,6 milhão de toneladas e resultando em perdas estimadas em US\$ 1,5 bilhão (Agência Brasil, 2025a).

Essa retração afeta especialmente a indústria siderúrgica nacional, considerando que, em 2024, cerca de 80% das exportações de lajes (slabs) foram destinadas ao mercado norte-americano (Argus Media, 2025). Os impactos econômicos incluem queda na produção, redução na competitividade externa e possível aumento do desemprego em regiões dependentes da cadeia siderúrgica, como os estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Por outro lado, a guerra comercial entre Estados Unidos e China gerou oportunidades relevantes para o agronegócio brasileiro. Com a imposição de tarifas chinesas sobre produtos agrícolas norte-americanos, como a soja, a China redirecionou parte significativa de sua demanda para o Brasil, principal exportador mundial da commodity. Em 2018, as exportações estadunidenses de soja para a China caíram de US\$ 19,4 bilhões para US\$ 9,1 bilhões, enquanto as exportações brasileiras aumentaram substancialmente (Wikipedia, 2025; Bloomberg, 2025).

Esse reposicionamento favoreceu o agronegócio brasileiro, especialmente as regiões produtoras de grãos no Centro-Oeste, contribuindo para o crescimento das exportações e aumento da renda agrícola. Segundo dados do Ministério da Agricultura, a China permanece como o principal destino das exportações brasileiras, seguida pelos Estados Unidos (BBC, 2025).

Resta, entretanto, avaliar se os ganhos no setor agrícola compensam integralmente as perdas sofridas pela indústria de metais. Ainda que o agronegócio tenha respondido positivamente, os efeitos redistributivos entre setores e regiões do país podem aprofundar desigualdades internas, exigindo respostas coordenadas de política industrial e comercial.

2. METODOLOGIA

A metodologia escolhida visa proporcionar uma análise aprofundada e sistemática do fenômeno estudado, permitindo a compreensão das motivações, mecanismos de implementação e consequências da política externa comercial estadunidense sobre o parceiro brasileiro.

2.1 Tipo de Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa, exploratória e analítica. É qualitativa por não se basear em medições numéricas, mas sim na interpretação e compreensão dos significados, discursos e contextos que envolvem as políticas comerciais e as reações

institucionais. O caráter exploratório justifica-se pela necessidade de investigar um fenômeno complexo e multifacetado – o nacionalismo econômico de Trump e seus reflexos – que, embora amplamente noticiado, demanda uma sistematização e análise acadêmica específica no contexto das relações Brasil-EUA. Por fim, é analítica ao buscar decompor o objeto de estudo em suas partes constituintes (discursos, medidas tarifárias, reações diplomáticas e econômicas) para examinar as relações de causa e efeito e os padrões emergentes. Adicionalmente, a pesquisa possui um forte componente documental e bibliográfico, fundamentando-se primariamente na análise de materiais textuais e na revisão da literatura pertinente.

2.2 Fontes Consultadas

A construção do corpus empírico da pesquisa pauta-se na coleta e análise de diversas fontes primárias e secundárias:

- **Documentos Oficiais:** Decretos presidenciais, comunicados da Casa Branca, relatórios do United States Trade Representative (USTR) e do Departamento de Comércio dos EUA relacionados a investigações (ex: Seção 232 sobre aço e alumínio, Seção 301 sobre práticas comerciais desleais) e imposição de tarifas. No lado brasileiro, serão analisados comunicados oficiais do Ministério das Relações Exteriores (MRE), notas e declarações do Ministério da Economia/Comércio Exterior, e documentos do Legislativo relacionados ao tema.
- **Discursos Políticos:** Discursos proferidos por Donald Trump (em coletivas de imprensa, eventos oficiais, rallies) e membros-chave de seu governo (ex: Secretário de Comércio, Representante de Comércio), com foco nas menções a políticas comerciais, tarifas e parceiros específicos. Também serão consideradas declarações públicas e discursos de autoridades brasileiras em resposta ou relacionados às ações estadunidenses.
- **Notícias e Cobertura Jornalística:** Matérias de veículos de imprensa de referência nacional (ex: Folha de S.Paulo, O Estado de S. Paulo) e internacional (ex: The New York Times, Financial Times, Reuters), que reportaram e analisaram as medidas tarifárias de Trump e suas repercussões no Brasil, permitindo contextualizar os eventos e identificar as percepções iniciais dos atores. Critérios de seleção dos veículos incluem sua reputação, abrangência da cobertura e histórico de noticiário sobre relações internacionais e economia.

- Artigos Científicos e Literatura Acadêmica: Publicações acadêmicas (artigos, livros, capítulos de livros) que abordam o nacionalismo econômico, política externa dos EUA (especialmente no governo Trump), relações bilaterais Brasil-EUA, e o uso de tarifas como instrumento de política comercial, fornecendo a base teórica e o estado da arte da discussão.

2.3 Critérios de Análise do Discurso e Reações Institucionais

A análise do discurso político de Donald Trump sobre comércio e tarifas, bem como das reações institucionais brasileiras, será conduzida com base em critérios que permitam identificar padrões, argumentos centrais e mudanças de postura. Para o discurso de Trump, os critérios incluem:

- Temas Recorrentes: Identificação da frequência e proeminência de temas como "déficit comercial", "comércio justo vs. injusto", "segurança nacional" (como justificativa para tarifas), "empregos americanos", "manipulação cambial", "reciprocidade".
- Linguagem e Tom: Análise do vocabulário utilizado (ex: "guerra comercial", "países aproveitadores"), do tom (agressivo, negociador, conciliador) e do uso de plataformas (ex: Twitter vs. pronunciamentos oficiais).
- Justificativas Apresentadas: Exame dos argumentos formais e informais usados para legitimar a imposição ou ameaça de tarifas.
- Atores Mencionados: Identificação de quais países ou blocos econômicos são citados e em que contexto (parceiros, competidores, "inimigos comerciais").

Para as reações institucionais brasileiras, os critérios envolvem:

- Natureza da Resposta: Análise se a reação foi de protesto formal, negociação, ameaça de retaliação, busca de alianças com outros países, ou aceitação tácita/ajustamento.
- Argumentos Utilizados: Exame dos argumentos apresentados pelo Brasil para defender seus interesses (ex: importância da relação bilateral, respeito às regras da OMC, impacto setorial das tarifas).
- Coordenação Interna: Observação de eventuais divergências ou alinhamentos entre diferentes órgãos do governo brasileiro (MRE, Economia, Presidência) nas respostas.
- Resultados Obtidos: Avaliação se as reações diplomáticas ou negociais brasileiras resultaram em isenções, cotas, ou outras formas de mitigação das medidas tarifárias.

2.4 Recorte Temporal e Critérios de Seleção de Eventos

O recorte temporal da pesquisa abrange o período de 2017 a 2025. O início em 2017 é fundamental por marcar o início da gestão de Donald Trump e a implementação de sua agenda "America First", que reconfigurou a política comercial dos EUA e intensificou o uso de instrumentos protecionistas, como as tarifas. O término em 2025 permite analisar não apenas as ações ocorridas durante a presidência de Trump (2017-2021), mas também avaliar os impactos duradouros e a evolução das relações bilaterais no período subsequente (2021-2025), que podem ter sido moldados pelas políticas adotadas anteriormente.

A seleção de eventos e medidas tarifárias a serem analisados focará naqueles que tiveram relevância para as relações comerciais ou diplomáticas entre Brasil e Estados Unidos ou que exemplificam a aplicação da estratégia tarifária de Trump de forma mais ampla, mesmo que o impacto direto inicial no Brasil tenha sido secundário (como as tarifas globais de aço e alumínio sob a Seção 232, que afetaram o Brasil significativamente). Os critérios para inclusão incluem:

- Anúncios de tarifas ou ameaças tarifárias por parte do governo Trump que mencionaram o Brasil ou setores de exportação brasileiros relevantes.
- Medidas tarifárias impostas pelos EUA que impactaram produtos brasileiros específicos (ex: aço, alumínio, suco de laranja).
- Negociações comerciais bilaterais ou contenciosos na Organização Mundial do Comércio (OMC) diretamente relacionados às ações tarifárias de Trump e que envolveram o Brasil.
- Eventos diplomáticos ou políticos de alto nível nos quais as questões comerciais/tarifárias foram pauta central na relação Brasil-EUA.

2.5 Metodologias de Análise

Para processar e interpretar o material coletado, este estudo emprega abordagens metodológicas consagradas na área da Ciência Política e da Análise de Relações Internacionais:

- Análise de Política Externa (APE): O estudo se insere no campo da Análise de Política Externa (APE), que busca compreender o processo de tomada de decisão em política externa. Abordagens da APE, como as propostas por Valerie M. Hudson, enfatizam a importância dos atores domésticos, da psicologia dos tomadores de decisão e do contexto institucional na formulação da política externa. Isso é particularmente relevante para

analisar a estratégia tarifária de Trump, frequentemente atribuída a suas convicções pessoais sobre comércio e à influência de think tanks e assessores com viés nacionalista. A APE oferece ferramentas conceituais para conectar as características idiossincráticas do governo Trump (seu estilo de negociação, uso do Twitter, relação com a OMC) com as decisões de política comercial adotadas.

- **Análise de Conteúdo:** Para a análise sistemática do vasto material textual (discursos, documentos, notícias), será utilizada a técnica da Análise de Conteúdo, conforme proposta por Laurence Bardin. Esta metodologia permite a descrição objetiva, sistemática e quantitativa (quando aplicável) ou qualitativa do conteúdo manifesto e latente das comunicações. Serão definidas categorias de análise (conforme critérios da Seção 2.3) que permitirão codificar os textos selecionados, identificar a frequência de temas, avaliar o tom predominante e cruzar informações entre diferentes fontes. A Análise de Conteúdo auxiliará a mapear as narrativas construídas por Trump sobre comércio e identificar os principais argumentos e estratégias de resposta do governo brasileiro.

A combinação da Análise de Política Externa como arcabouço teórico-metodológico para compreender as dinâmicas da decisão em política externa e a Análise de Conteúdo como ferramenta para sistematizar e interpretar os dados textuais permite uma investigação robusta e multifacetada do objeto de estudo.

3. DISCUSSÕES

Diante da decisão dos Estados Unidos de ampliar as tarifas sobre aço e alumínio em 2025, o governo brasileiro expressou pesar, qualificando a medida como "injustificada". A resposta oficial incluiu a busca por diálogo diplomático e a proposta de negociação de cotas, conforme declarado pelo vice-presidente Geraldo Alckmin (Reuters, 2025a). Além disso, o Ministério das Relações Exteriores (MRE) sinalizou que estuda medidas no âmbito da Organização Mundial do Comércio (OMC), ainda que tenha evitado adotar retaliações imediatas (Ministério das Relações Exteriores, 2025).

A escolha brasileira por uma via diplomática pode ser explicada por diversos fatores estratégicos. Primeiramente, há a assimetria de poder econômico e político entre Brasil e Estados Unidos, que torna a retaliação comercial arriscada. Em segundo lugar, destaca-se o fato de os Estados Unidos terem registrado um superávit comercial de aproximadamente US\$ 7

bilhões nas trocas bilaterais com o Brasil em 2024 (BBC, 2025), o que oferece margem de negociação. A opção por preservar o canal de diálogo reflete a dependência parcial do Brasil em relação ao mercado norte-americano e o interesse em manter relações comerciais estáveis.

As políticas comerciais adotadas pelo governo Trump encontram respaldo teórico em diferentes abordagens das relações internacionais. Segundo Gilpin (1987), a política comercial pode ser entendida como uma extensão do poder estatal — uma ferramenta para garantir hegemonia econômica no sistema internacional. À luz dessa perspectiva, as tarifas impostas visam não apenas proteger setores industriais, mas também reconfigurar a hierarquia do poder global a favor dos Estados Unidos.

Sob outro prisma, a Escola Inglesa, representada por Barry Buzan, enfatiza que ações unilaterais — como o uso de tarifas protecionistas fora de mecanismos multilaterais — podem enfraquecer as normas internacionais de comércio e fragmentar a ordem econômica global (Buzan & Falkner, 2025). A fragmentação dessas normas contribui para o aumento da instabilidade e da desconfiança entre os atores do sistema internacional.

Por fim, Chang (2025) argumenta que o protecionismo, historicamente utilizado por países hoje desenvolvidos, foi fundamental para consolidar suas estruturas industriais. Nesse sentido, a imposição de tarifas por parte dos Estados Unidos — um país que já usufruiu desse tipo de proteção — levanta questões de justiça internacional. Para países em desenvolvimento como o Brasil, tais medidas podem representar um obstáculo à industrialização e ao desenvolvimento autônomo, perpetuando desigualdades estruturais no sistema econômico global.

O Brasil, segundo maior exportador de aço para os Estados Unidos, foi significativamente afetado pelas tarifas impostas durante a administração Trump. Em 2018, o país negociou cotas para evitar a aplicação das tarifas, mas, em 2019, o governo norte-americano reimpôs as medidas alegando manipulação cambial (The New York Times, 2019). Em 2025, a ampliação das tarifas para 25% sobre o aço e o alumínio, sem concessões, deve resultar em uma redução de 11,27% nas exportações brasileiras, equivalente a 1,6 milhão de toneladas e perdas de aproximadamente US\$ 1,5 bilhão (Agência Brasil, 2025a).

Em 2024, o Brasil exportou cerca de 3,4 milhões de toneladas de lajes de aço para os Estados Unidos, correspondendo a 80% de suas exportações totais desse produto (Argus Media, 2025). Estima-se que a produção siderúrgica nacional tenha uma retração de 2,19% em 2025, o

que representa uma queda de 700 mil toneladas, com potencial agravamento do desemprego no setor.

A guerra comercial entre Estados Unidos e China gerou oportunidades para o agronegócio brasileiro. Em 2018, as exportações de soja dos Estados Unidos para a China diminuíram de US\$ 19,4 bilhões para US\$ 9,1 bilhões devido às tarifas retaliatórias impostas pelo governo chinês, o que ampliou a demanda pela soja brasileira (Wikipedia, 2025). Em 2025, com a retomada das tarifas americanas e novas respostas da China, o Brasil projeta aumento das exportações de soja, milho e sorgo para o mercado chinês (Reuters, 2025a).

A China, principal destino das exportações brasileiras, adquiriu volumes recordes de soja em 2025, com 2,4 milhões de toneladas importadas em apenas uma semana (Bloomberg, 2025). Esses resultados fortalecem a posição brasileira como fornecedor estratégico de alimentos no cenário global.

Embora os setores de aço e alumínio enfrentem perdas expressivas, o agronegócio mostra capacidade de compensar parcialmente esses impactos negativos. De acordo com economistas, o Brasil pode emergir como beneficiário relativo do novo cenário tarifário, com fortalecimento do real e valorização do índice Bovespa após o anúncio das tarifas de 2025 (Reuters, 2025b). Entretanto, a elevada dependência do mercado norte-americano para produtos semiacabados e a instabilidade nos preços de commodities, como o cobre, podem limitar os ganhos potenciais (BBC, 2025).

A resposta do governo brasileiro às tarifas impostas em 2025 foi pautada pelo diálogo. O Ministério das Relações Exteriores lamentou a decisão dos Estados Unidos, classificando-a como injustificada, e destacou o superávit comercial norte-americano de US\$ 7 bilhões nas trocas bilaterais em 2024 (Ministério das Relações Exteriores, 2025). O vice-presidente Geraldo Alckmin sugeriu a reabertura das negociações para estabelecimento de cotas, conforme o modelo adotado em 2018 (Reuters, 2025c).

O governo brasileiro também estuda ações na Organização Mundial do Comércio, mas optou por não retaliar de imediato, priorizando a manutenção das relações bilaterais e a estabilidade comercial (Reuters, 2025d).

As políticas comerciais adotadas pelo governo Trump podem ser interpretadas como manifestações de mercantilismo, focadas na proteção de indústrias nacionais e na redução de déficits comerciais. Essa abordagem contrasta com a visão desenvolvimentista de Rodrik, que

defende o uso estratégico dos mercados globais para promover objetivos domésticos (Rodrik, 2025).

Chang (2025) ressalta a contradição de países desenvolvidos que, após utilizarem políticas protecionistas para fortalecer suas economias, passam a exigir abertura comercial de países em desenvolvimento, como o Brasil. Nesse sentido, as tarifas de Trump levantam questionamentos sobre justiça e equidade no comércio internacional.

Gilpin (1987) argumenta que as políticas comerciais são instrumentos de poder estatal, sendo utilizadas para reforçar a hegemonia econômica. Buzan e Falkner (2025), pela Escola Inglesa, alertam que ações unilaterais, como as tarifas norte-americanas, comprometem a estabilidade do regime multilateral de comércio e favorecem a fragmentação do sistema, com tendência à regionalização.

5. CONCLUSÃO

A análise das políticas comerciais adotadas pelos Estados Unidos entre 2017 e 2025, especialmente durante a administração de Donald Trump, evidencia uma estratégia de nacionalismo econômico centrada na proteção de indústrias domésticas por meio de tarifas e medidas unilaterais. A imposição de tarifas de 25% sobre o aço e o alumínio, sem concessões ou isenções, impactou significativamente o Brasil, segundo maior exportador de aço para o mercado norte-americano. Estima-se que, em 2025, as exportações brasileiras desses produtos sofram uma redução de 11,27%, resultando em perdas de aproximadamente US\$ 1,5 bilhão e uma queda de produção de cerca de 700 mil toneladas.

A resposta do governo brasileiro, pautada pela diplomacia e pela busca de soluções negociadas, reflete a assimetria de poder nas relações bilaterais e a importância estratégica do mercado norte-americano para setores específicos da economia nacional. A opção por evitar retaliações imediatas e priorizar o diálogo demonstra uma tentativa de preservar canais de comunicação e minimizar danos econômicos mais amplos.

Paralelamente, a guerra comercial entre Estados Unidos e China abriu oportunidades para o agronegócio brasileiro, especialmente no que tange às exportações de soja. A demanda chinesa por soja brasileira aumentou significativamente, com projeções de exportações recordes em 2025, estimadas em até 110 milhões de toneladas. Esse cenário favoreceu o

fortalecimento da posição do Brasil como principal fornecedor de soja para a China, com 75% das exportações brasileiras destinadas ao mercado chinês.

Contudo, a dependência crescente do mercado chinês para o escoamento da produção agrícola brasileira impõe desafios, como a necessidade de diversificação de mercados e a mitigação de riscos associados a flutuações na demanda externa. Além disso, a concentração de ganhos no setor agroexportador pode acentuar desigualdades regionais e setoriais dentro do país, especialmente em contraste com as perdas enfrentadas pela indústria siderúrgica.

Em suma, as políticas comerciais protecionistas dos Estados Unidos, embora visem fortalecer a indústria doméstica, geraram efeitos colaterais significativos para parceiros comerciais como o Brasil. A resposta brasileira, caracterizada por cautela e busca por soluções diplomáticas, evidencia a complexidade de navegar em um sistema internacional marcado por tensões comerciais e interesses divergentes. A experiência ressalta a importância de estratégias de política externa e comercial que equilibrem a defesa de interesses nacionais com a adaptação às dinâmicas do comércio global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA BRASIL. Ipea: Brazil's Steel, Aluminum Exports to US Set to Fall by 11.27%. 13 mar. 2025a. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/en/economia/noticia/2025-03/ipea-brazils-steel-aluminum-exports-us-set-fall-1127>. Acesso em: 8 maio 2025.
- ARGUS MEDIA. US Tariffs to Slash Brazil's Steel Exports, Output. 19 mar. 2025. Disponível em: <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2669552-us-tariffs-to-slash-brazil-s-steel-exports-output>. Acesso em: 8 maio 2025.
- BBC. South America and Trump's Trade Tariffs. 2025. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/articles/c5yrgpwg545o>. Acesso em: 8 maio 2025.
- BLOOMBERG. China Snaps Up Brazilian Soy as Trade War Escalates. 11 abr. 2025. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2025-04-11/global-food-roundup-china-snaps-up-brazilian-soy-as-trade-war-escalates>. Acesso em: 8 maio 2025.
- BUZAN, Barry; FALKNER, Robert. *The Market in Global International Society: An English School Approach to International Political Economy*. Oxford: OUP, 2025.
- CHANG, Ha-Joon. *There Should Be No Return to Free Trade*. Jacobin, 2025. Disponível em: <https://jacobin.com/2025/04/tariffs-protectionism-manufacturing-industrial-policy>. Acesso em: 8 maio 2025.
- GILPIN, Robert G. *The Political Economy of International Relations*. Princeton: Princeton University Press, 1987.
- MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. *Measures Regarding Steel and Aluminum Exports to the United States*. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/en/contact-us/press-area/press-releases/measures-regarding-steel-and-aluminum-exports-to-the-united-states>. Acesso em: 8 maio 2025.

- REUTERS. Brazil Braces for More Chinese Demand, Higher Food Prices amid US Trade War. 6 mar. 2025a. Disponível em: <https://www.reuters.com/world/americas/brazil-braces-more-chinese-demand-higher-food-prices-amid-us-trade-war-2025-03-06/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- REUTERS. Brazil Calls for Dialogue with US on Trade, Suggests Steel Quotas. 12 fev. 2025b. Disponível em: <https://www.reuters.com/markets/commodities/brazil-calls-dialogue-with-us-trade-suggests-steel-quotas-2025-02-12/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- REUTERS. Brazil May Emerge as Winner from Sweeping US Tariffs, Economists Say. 3 abr. 2025c. Disponível em: <https://www.reuters.com/world/americas/brazil-may-emerge-winner-sweeping-us-tariffs-economists-say-2025-04-03/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- REUTERS. Brazil Will Not Retaliate Against US Steel Tariffs Immediately, Minister Says. 12 mar. 2025d. Disponível em: <https://www.reuters.com/world/americas/brazil-will-not-retaliate-against-us-steel-tariffs-immediately-minister-says-2025-03-12/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- RODRIK, Dani. Globalization, Tariffs and Democracy. World Economic Forum, 2025. Disponível em: <https://www.weforum.org/stories/2025/02/globalization-tariffs-democracy-isolationism-dani-rodrik/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- THE NEW YORK TIMES. Trump Imposes Tariffs on Brazil and Argentina. 2 dez. 2019. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2019/12/02/business/economy/trump-tariffs-brazil-argentina-metal.html>. Acesso em: 8 maio 2025.
- WHITE & CASE LLP. President Trump Expands Steel and Aluminum Tariffs to All Countries; Effective March 12, 2025. 17 fev. 2025. Disponível em: <https://www.whitecase.com/insight-alert/president-trump-expands-steel-and-aluminum-tariffs-all-countries-effective-march-12>. Acesso em: 8 maio 2025.
- WIKIPEDIA. China–United States Trade War. 2025. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/China–United_States_trade_war. Acesso em: 8 maio 2025.

Intervenções Vacinais contra o Vírus H5N1: Eficácia, Segurança e Implicações para a Saúde Pública

Vaccine Interventions against the H5N1 Virus: Efficacy, Safety, and Implications for Public Health

EIntervenciones Vacunales contra el Virus H5N1: Eficacia, Seguridad e Implicaciones para la Salud Pública

Gabriel Vitor Romão de Oliveira

Afiliação: Faculdade de Medicina - USP, São Paulo - SP, Brasil

E-mail institucional: gabriel.oliveira@usp.br

Gabryel Crispim de Farias Lück

Afiliação: Faculdade de Medicina - USP, São Paulo - SP, Brasil

E-mail institucional: gabryel.luck@usp.br

RESUMO (PORTUGUÊS):

Esta revisão qualitativa analisa intervenções vacinais contra o vírus H5N1, destacando eficácia e segurança. Vacinas adjuvadas apresentam alta imunogenicidade e potencial para proteção cruzada, sendo promissoras contra variantes do vírus. Contudo, desafios como reatogenicidade — reações adversas locais ou sistêmicas — e escalabilidade para produção em massa persistem. A exclusão de grupos vulneráveis, como gestantes, em ensaios clínicos reduz a aplicabilidade dos resultados a populações diversas. Além disso, questões éticas e epidemiológicas emergem, enfatizando a necessidade de vigilância contínua para monitorar surtos. O estudo sugere que tecnologias inovadoras, como plataformas de mRNA, podem revolucionar o manejo do H5N1, oferecendo respostas rápidas a ameaças pandêmicas. Assim, a combinação de vacinas eficazes, estratégias inclusivas e avanços tecnológicos é essencial para mitigar riscos à saúde pública.

Palavras-chave: H5N1, vacinas adjuvadas, imunogenicidade, segurança, saúde pública.

ABSTRACT (ENGLISH):

This qualitative review evaluates vaccine interventions against the H5N1 virus, focusing on efficacy and safety. Adjuvanted vaccines exhibit high immunogenicity and potential for cross-protection against viral variants, making them promising tools. However, challenges include reactogenicity — local or systemic adverse reactions — and scalability for mass production. The exclusion of vulnerable groups, such as pregnant women, from clinical trials limits the findings' applicability to diverse populations. Ethical and epidemiological concerns also arise, underscoring the need for ongoing surveillance to track outbreaks. The study highlights innovative technologies, like mRNA platforms, as future solutions for rapid pandemic response. Combining effective vaccines, inclusive strategies, and technological advances is vital to reduce public health risks.

Keywords: H5N1, adjuvanted vaccines, immunogenicity, safety, public health.

RESUMEN (ESPAÑOL):

Esta revisión cualitativa evalúa intervenciones vacunales contra el virus H5N1, centrándose en eficacia y seguridad. Las vacunas adyuvadas muestran alta inmunogenicidad y potencial de protección cruzada contra variantes virales, siendo herramientas prometedoras. Sin embargo, enfrentan desafíos como reatogenicidad — reacciones adversas locales o sistémicas — y escalabilidad para producción masiva. La exclusión de grupos vulnerables, como embarazadas, en ensayos clínicos limita la aplicabilidad de los resultados a poblaciones diversas. También surgen preocupaciones éticas y epidemiológicas, destacando la necesidad de vigilancia continua para monitorear brotes. El estudio señala tecnologías innovadoras, como plataformas de mRNA, como soluciones futuras para respuestas rápidas a pandemias. Combinar vacunas efectivas, estrategias inclusivas y avances tecnológicos es clave para reducir riesgos de salud pública.

Palabras clave: H5N1, vacunas adyuvadas, inmunogenicidad, seguridad, salud pública.

1. INTRODUÇÃO

O vírus H5N1, causador da gripe aviária, representa uma ameaça significativa à saúde pública global devido à sua alta patogenicidade e capacidade de causar surtos em aves e mamíferos, com potencial de transmissão para humanos (PURCELL *et al.*, 2025; NTAKIYISUMBA *et al.*, 2023). Desde sua primeira detecção em humanos em 1997, o H5N1 tem sido associado a casos esporádicos, mas graves, com taxas de mortalidade elevadas. A Organização Mundial da Saúde (OMS) e outras entidades de saúde têm alertado para o risco de uma pandemia, caso o vírus adquira a capacidade de transmissão sustentada entre humanos. Nesse contexto, a vigilância epidemiológica e a adoção de medidas preventivas, como a vacinação, são essenciais para mitigar os riscos associados a esse patógeno.

As vacinas são uma das intervenções mais eficazes em saúde pública, com histórico comprovado de controle e erradicação de doenças infecciosas. No caso do H5N1, o desenvolvimento de vacinas seguras e eficazes é crucial para proteger populações vulneráveis, como trabalhadores avícolas e profissionais de saúde, além de prevenir a disseminação do vírus em caso de surtos (ZHANG *et al.*, 2021; CHANTHAVANICH *et al.*, 2021). Estudos recentes têm demonstrado a eficácia de vacinas adjuvadas e baseadas em novas tecnologias, como vetores virais e DNA, em induzir respostas imunes robustas contra o H5N1. Além disso, a segurança dessas vacinas tem sido amplamente avaliada, com perfis de reatogenicidade aceitáveis e baixos riscos de eventos adversos graves.

Este artigo tem como objetivo analisar as intervenções vacinais contra o vírus H5N1, com foco na eficácia e segurança dessas vacinas, bem como suas implicações para a saúde pública. Através de uma revisão sistemática qualitativa de Randomized Controlled Trials (RCTs) publicados nos últimos cinco anos, buscamos sintetizar as evidências mais recentes sobre o tema, identificando as abordagens mais promissoras e os desafios para sua implementação em larga escala. Os resultados desta análise podem informar estratégias de preparação pandêmica e contribuir para a tomada de decisões em saúde pública.

2. METODOLOGIA

Nesta revisão integrativa, a análise crítica dos Estudos Controlados Randomizados (RCTs) sobre intervenções terapêuticas e profiláticas contra o vírus H5N1 foi estruturada para garantir a identificação de estudos relevantes, rigorosos e aplicáveis ao contexto da saúde pública. A

busca foi realizada na base de dados PubMed, selecionada por sua abrangência e confiabilidade na indexação de literatura biomédica. O objetivo foi recuperar RCTs publicados nos últimos cinco anos que investigassem intervenções contra o H5N1 em populações humanas, com foco em vacinas e outras estratégias imunológicas.

A estratégia de busca foi desenvolvida utilizando o termo principal "H5N1" combinado com termos compatíveis e relevantes, como "influenza A", "avian influenza", "vaccine", "adjuvanted vaccine", "immunogenicity", "safety", "efficacy", "randomized controlled trial" e "human". Esses termos foram conectados por operadores booleanos ("AND", "OR") para ampliar a sensibilidade da busca, garantindo a inclusão de estudos que abordassem diferentes abordagens, como vacinas adjuvadas, baseadas em cultura de células ou vetores virais. A busca foi realizada em inglês, considerando que a maioria dos RCTs indexados no PubMed utiliza esse idioma.

Para refinar os resultados, foram aplicados os seguintes filtros no PubMed: (1) "in the last 5 years", limitando a busca a publicações de 2020 a 2025, a fim de capturar evidências recentes e relevantes para o contexto atual da epidemiologia do H5N1; (2) "Abstract", assegurando que apenas artigos com resumos disponíveis fossem incluídos, facilitando a triagem inicial; (3) "Randomized Controlled Trial", restringindo os resultados a estudos com desenho experimental rigoroso; (4) "Humans", excluindo estudos em modelos animais ou *in vitro*; e (5) "Exclude preprints", eliminando publicações não revisadas por pares para garantir a qualidade científica. Esses filtros foram selecionados para alinhar a busca com o objetivo de analisar evidências clínicas robustas em humanos.

Os critérios de inclusão foram definidos para selecionar RCTs que: (1) investigassem intervenções terapêuticas ou profiláticas contra o H5N1, incluindo vacinas ou adjuvantes; (2) apresentassem dados sobre imunogenicidade, segurança ou eficácia; (3) fossem conduzidos em populações humanas, independentemente da faixa etária; e (4) fossem publicados em periódicos revisados por pares. Os critérios de exclusão compreenderam: (1) estudos não randomizados ou observacionais; (2) artigos sem dados primários, como revisões narrativas; (3) estudos focados exclusivamente em modelos animais ou aspectos não clínicos do H5N1; e (4) publicações sem resumo ou texto completo disponível.

Após a execução da busca, os resultados foram exportados para um software de gerenciamento bibliográfico para remoção de duplicatas. A triagem inicial foi realizada por

meio da leitura dos títulos e resumos, identificando estudos que atendiam aos critérios de inclusão. Posteriormente, os artigos selecionados passaram por uma análise de texto completo para confirmar sua relevância e qualidade metodológica. Dados extraídos incluíram informações sobre o desenho do estudo, população, intervenção, desfechos (imunogenicidade, segurança, eficácia) e limitações. A avaliação da qualidade dos estudos foi baseada em critérios como randomização adequada, cegamento e tamanho da amostra, embora uma análise formal de risco de viés não tenha sido conduzida.

A análise dos estudos selecionados foi realizada de forma qualitativa, comparando os achados em termos de consistência interna (validade dos resultados dentro de cada estudo) e externa (generalização para diferentes populações e contextos). Limitações metodológicas, como tamanho amostral reduzido ou heterogeneidade das cepas testadas, e questões éticas, como conflitos de interesse ou inclusão de populações vulneráveis, foram consideradas para contextualizar as inferências. Essa abordagem garantiu uma avaliação crítica e holística, focada na aplicabilidade dos resultados para o manejo do H5N1 em cenários de saúde pública.

3. DISCUSSÕES

A análise crítica dos estudos apresentados revela avanços significativos na imunização, mas também expõe limitações que devem ser consideradas para sua aplicabilidade em saúde pública. Os estudos abordam uma gama de abordagens, incluindo vacinas adjuvadas com AS03, MF59 e Matrix M, vacinas baseadas em cultura de células, vacinas de adenovírus replicante e o uso de imiquimod tópico, oferecendo percepções sobre a eficácia, segurança e mecanismos imunológicos subjacentes.

Wimmers *et al.* (2021) demonstram que a vacina H5N1 adjuvada com AS03 induz remodelação epigenômica persistente em monócitos e células dendríticas mieloides, associada a maior resistência a vírus não relacionados, como Zika e Dengue. Esse achado sugere que adjuvantes podem ampliar a proteção por meio de mecanismos imunes inatos, um aspecto promissor para vacinas de amplo espectro.

Da mesma forma, Zhou *et al.* (2021) mostram que a vacina adjuvada com Matrix M elicita anticorpos neutralizantes e inibidores de neuraminidase, correlacionados com proteção in vivo em modelos murinos, enquanto Chanthavanich *et al.* (2021) confirmam respostas robustas contra cepas heterólogas em crianças com uma vacina adjuvada com MF59. Esses resultados

indicam alta imunogenicidade, especialmente com adjuvantes, mas levantam questões sobre a consistência entre populações.

A consistência interna dos estudos é geralmente sólida, com desenhos randomizados e observador-cegos em muitos casos, como em Kim *et al.* (2021), que avalia diferentes formulações de uma vacina H5N1 adjuvada com AS03 em crianças de 6 a 35 meses. A formulação de 1,9 µg HA/AS03B foi identificada como a mais equilibrada em termos de imunogenicidade e reatogenicidade, com títulos de anticorpos persistindo por 12 meses.

Contudo, diferenças nas respostas imunes entre adultos e crianças, como observado entre Zhou *et al.* (2021) e Chanthavanich *et al.* (2021), podem refletir variações na maturidade do sistema imunológico ou na dose de adjuvante, exigindo maior investigação. A consistência externa é mais desafiadora devido à heterogeneidade das populações e contextos. Matsuda *et al.* (2021) exploram uma vacina de adenovírus replicante administrada por vias não tradicionais, mostrando durabilidade de anticorpos por 26 semanas, mas a aplicabilidade em larga escala é limitada por questões logísticas, como a necessidade de administração especializada.

As vacinas adjuvadas demonstram alta imunogenicidade e potencial para proteção cruzada, um fator crítico dada a variabilidade genética do H5N1. Endo *et al.* (2020) e Howard *et al.* (2024) reforçam a segurança das formulações adjuvadas, embora a reatogenicidade, como febre relatada em até 60,5% dos participantes em Kim *et al.* (2021), possa afetar a aceitabilidade. O estudo de El Sahly *et al.* (2021) é notável por demonstrar que o imiquimod tópico não melhora as respostas sorológicas, sugerindo que nem todas as estratégias adjuvantes são viáveis. Para a saúde pública, o balanceamento entre eficácia e tolerabilidade é essencial, especialmente em cenários de pandemia, onde a escalabilidade e o custo das vacinas são críticos.

As limitações metodológicas são evidentes. O tamanho reduzido das amostras, como os 185 participantes em Kim *et al.* (2021), limita a detecção de eventos adversos raros, enquanto o desenho não randomizado e não controlado da fase III em Endo *et al.* (2020) introduz risco de viés, possivelmente justificado pela necessidade de avaliar a vacina em um contexto mais realista, mas comprometendo a robustez dos resultados. A variabilidade nas cepas testadas, como as cinco cepas heterólogas em Chanthavanich *et al.* (2021), reflete a diversidade do H5N1, mas a proteção cruzada permanece incerta contra variantes emergentes. Para mitigar essas limitações, estudos futuros poderiam aumentar o tamanho das amostras, incorporar controles mais rigorosos e testar uma gama mais ampla de cepas.

Do ponto de vista ético, a inclusão de crianças pequenas, como em Kim *et al.* (2021), levanta preocupações sobre consentimento informado e exposição a riscos sem benefícios diretos em um contexto não pandêmico. Os autores justificam essa inclusão pela necessidade de dados em populações vulneráveis, mas a comunicação clara dos riscos aos responsáveis é crucial. Além disso, conflitos de interesse, como a ligação de autores com a GSK em Wimmers *et al.* (2021), podem influenciar a interpretação dos resultados. A divulgação transparente e a revisão independente dos dados são medidas essenciais para mitigar esse risco.

As inferências válidas sobre eficácia e segurança apontam que vacinas adjuvadas com AS03, MF59 e Matrix M são altamente imunogênicas, com potencial para proteção cruzada, sendo seguras, mas com reatogenicidade variável. A durabilidade das respostas, observada por até 12 meses em Kim *et al.* (2021) e 26 semanas em Matsuda *et al.* (2021), é um ponto forte, mas a escalabilidade e a aceitabilidade pública permanecem desafios. Para o futuro, a identificação de correlatos de proteção, como os títulos de anticorpos neutralizantes e inibidores de neuraminidase em Zhou *et al.* (2021), pode orientar o desenvolvimento de vacinas mais precisas. Avanços em plataformas como mRNA, que oferecem flexibilidade contra variantes, poderiam complementar as abordagens testadas, enquanto estratégias para reduzir a reatogenicidade sem comprometer a eficácia são prioritárias.

A eficácia das vacinas H5N1 é consistentemente reforçada. A análise crítica mostrou que vacinas adjuvadas induzem respostas robustas, incluindo proteção cruzada contra cepas heterólogas, como observado em Chanthavanich *et al.* (2021) e Zhou *et al.* (2021). Zhang *et al.* (2021) corroboram esses achados, demonstrando que duas doses de vacina H5N1 adjuvada com emulsão óleo-em-água (OE) de 7,5 µg elicitam taxas de seroconversão e seroproteção significativamente maiores em idosos, embora ligeiramente inferiores às de adultos jovens, possivelmente devido à imunossenescência. Essa convergência sugere que vacinas adjuvadas são eficazes em uma ampla gama de grupos etários, mas a dose e o tipo de adjuvante devem ser otimizados para populações vulneráveis. A baixa seroprevalência de infecções humanas pelo H5N1, relatada por Chen *et al.* (2020) como variando de 0 a 1,9%, reforça a importância de vacinas profiláticas, especialmente para populações expostas, como trabalhadores avícolas, onde a seroprevalência é ligeiramente mais alta para o clado 0.

A segurança das vacinas também é um ponto de convergência. A análise crítica destacou que, embora as vacinas adjuvadas sejam seguras, a reatogenicidade, como febre em até 60,5%

dos participantes em Kim *et al.* (2021), é uma preocupação. Zhang *et al.* (2021) relatam que a vacina OE-adjuvada de 7,5 µg é bem tolerada em idosos, com eventos adversos comuns, como dor no local da injeção (32%), mas sem eventos graves. Essa consistência sugere que os perfis de segurança são aceitáveis, mas a reatogenicidade requer monitoramento, especialmente em crianças e idosos. Purcell *et al.* (2025) introduzem uma preocupação adicional ao relatar altas taxas de mortalidade em gestantes infectadas pelo H5N1 (90% para mães e 86,7% para fetos), destacando a necessidade de incluir esse grupo em ensaios vacinais. A exclusão de gestantes dos RCTs, conforme observado na análise crítica, limita a generalização dos dados de segurança, e a inclusão precoce, como sugerido por Purcell *et al.* (2025), é essencial para avaliar o risco-benefício.

Os estudos epidemiológicos e de risco ocupacional complementam a análise crítica ao contextualizar o risco de surtos zoonóticos. Ntakiyisumba *et al.* (2023) mostram que aves selvagens, especialmente Anseriformes, são reservatórios críticos do H5N1 na Coreia do Sul, com prevalência de 1,57% e seroprevalência de 15,91%. Isso reforça a necessidade de vigilância integrada, mencionada na análise crítica, para monitorar a interface entre aves selvagens, aves domésticas e humanos. Tian *et al.* (2022) destacam que profissionais de saúde expostos ao H5N1 têm maior risco de infecção, mas medidas como máscaras N95 são altamente protetoras. Essas medidas poderiam ser combinadas com vacinação para proteger grupos de alto risco, alinhando-se com a necessidade de estratégias escaláveis identificada nos RCTs.

Os estudos de Olbei *et al.* (2021), Yuan *et al.* (2021) e Cheng *et al.* (2021) ampliam as considerações imunológicas e psicossociais. Olbei *et al.* (2021) indicam que o H5N1 induz respostas de citocinas distintas, como IL-2 e IL-10, em comparação com o SARS-CoV-2, o que pode explicar diferenças na gravidade clínica. Isso complementa os achados epigenômicos de Wimmers *et al.* (2021), que sugerem que adjuvantes amplificam respostas inatas, potencialmente explicando a proteção cruzada observada. Yuan *et al.* (2021) reportam uma prevalência de 22,6% de TEPT após pandemias, incluindo H5N1, sugerindo que os impactos psicossociais devem ser integrados ao planejamento de respostas pandêmicas. Cheng *et al.* (2021) indicam que o H5N1, como outros vírus que se ligam à ACE2, está associado a maior risco de lesão cardíaca (37% em pacientes críticos), um aspecto não abordado nos RCTs, mas que reforça a necessidade de monitorar complicações sistêmicas em infecções graves.

As inferências válidas sobre eficácia e segurança indicam que vacinas adjuvadas são altamente imunogênicas e seguras em diversas populações, com potencial para proteção cruzada, mas a reatogenicidade e a exclusão de grupos como gestantes requerem atenção. A baixa seroprevalência humana e a alta prevalência em aves selvagens destacam a importância de vacinas profiláticas e vigilância integrada. As perspectivas futuras incluem o desenvolvimento de vacinas com menor reatogenicidade, possivelmente usando plataformas de mRNA, e a inclusão de gestantes em ensaios clínicos para ampliar a aplicabilidade. A validação de correlatos de proteção, como os identificados por Zhou *et al.* (2021), e a integração de medidas psicossociais e de proteção ocupacional são cruciais para estratégias pandêmicas eficazes.

Em conclusão, a integração dos RCTs e dos novos estudos reforça que as vacinas adjuvadas contra o H5N1 são uma ferramenta poderosa, mas desafios como reatogenicidade, escalabilidade e inclusão de populações vulneráveis persistem. A combinação de vacinação, vigilância epidemiológica e medidas protetoras é essencial para mitigar o risco pandêmico do H5N1, enquanto avanços tecnológicos e abordagens holísticas podem otimizar o manejo futuro.

4. CONCLUSÃO

A análise dos estudos sobre intervenções contra o vírus H5N1 revela um panorama promissor, mas complexo, para o desenvolvimento e implementação de estratégias de imunização em saúde pública. As vacinas adjuvadas, utilizando componentes como AS03, MF59 e Matrix M, demonstram notável capacidade de induzir respostas imunes robustas e duráveis, com potencial para conferir proteção cruzada contra cepas heterólogas, um aspecto crucial diante da variabilidade genética do vírus. Essa eficácia é observada em diversas faixas etárias, desde crianças pequenas até idosos, embora ajustes na dose e no tipo de adjuvante sejam necessários para otimizar respostas em grupos com sistemas imunológicos menos responsivos, como os idosos, ou em desenvolvimento, como as crianças. Além disso, abordagens inovadoras, como vacinas baseadas em adenovírus replicante administradas por vias não tradicionais, sugerem caminhos alternativos para ampliar a imunidade, embora enfrentem barreiras logísticas que limitam sua escalabilidade.

No entanto, a segurança das vacinas adjuvadas, embora geralmente aceitável, apresenta desafios significativos. A reatogenicidade, manifestada por eventos adversos como febre e dor

local, varia conforme a formulação e a população, exigindo um equilíbrio cuidadoso entre imunogenicidade e tolerabilidade. A exclusão de grupos vulneráveis, como gestantes, dos ensaios clínicos destaca uma lacuna crítica, especialmente considerando os altos riscos de mortalidade associados à infecção por H5N1 nesse grupo. A baixa seroprevalência de infecções humanas, contrastada com a alta prevalência em aves selvagens, sublinha a importância de vacinas profiláticas para populações expostas, como trabalhadores avícolas, e reforça a necessidade de vigilância integrada na interface entre humanos, aves domésticas e selvagens.

As limitações metodológicas, incluindo amostras pequenas e desenhos não randomizados em alguns estudos, juntamente com preocupações éticas relacionadas ao consentimento informado em populações pediátricas, apontam para a necessidade de abordagens mais robustas e inclusivas em ensaios futuros. A variabilidade das cepas testadas também sugere que a proteção cruzada, embora promissora, pode não ser universal contra variantes emergentes, exigindo monitoramento contínuo da evolução viral. Além disso, os impactos psicossociais, como o risco de transtorno de estresse pós-traumático, e as complicações sistêmicas, como lesões cardíacas em infecções graves, indicam que as estratégias de manejo devem ir além da imunização, integrando apoio psicossocial e monitoramento clínico.

Olhando para o futuro, o desenvolvimento de vacinas com menor reatogenicidade, possivelmente por meio de plataformas de mRNA que oferecem maior flexibilidade contra variantes, é uma prioridade. A inclusão precoce de gestantes e outros grupos vulneráveis em ensaios clínicos é essencial para garantir a equidade e a eficácia das intervenções. A validação de correlatos de proteção, como títulos de anticorpos neutralizantes e inibidores de neuraminidase, pode orientar a criação de vacinas mais precisas, enquanto a integração de medidas protetoras, como equipamentos de proteção individual para profissionais de saúde, fortalece a resposta pandêmica. Em última análise, a combinação de vacinação eficaz, vigilância epidemiológica rigorosa e abordagens holísticas que considerem os aspectos imunológicos, psicossociais e ocupacionais será fundamental para mitigar o risco pandêmico do H5N1 e preparar a saúde pública para futuros desafios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHANTHAVANICH, P. *et al.* Antibody responses against heterologous A/H5N1 strains for an MF59-adjuvanted cell culture-derived A/H5N1 (aH5N1c) influenza vaccine in healthy pediatric subjects. *Vaccine*, v. 39, n. 47, p. 6930-6935, 2021. DOI: 10.1016/j.vaccine.2021.10.010.
- CHEN, X. *et al.* Serological evidence of human infections with highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus: a systematic review and meta-analysis. *BMC Medicine*, v. 18, n. 1, 377, 2020. DOI: 10.1186/s12916-020-01836-y.
- CHENG, M. P. *et al.* Acute cardiac injury in coronavirus disease 2019 and other viral infections—a systematic review and meta-analysis. *Critical Care Medicine*, v. 49, n. 9, p. 1558-1566, 2021. DOI: 10.1097/CCM.0000000000005026.
- EL SAHLY, H. M. *et al.* Topical imiquimod does not provide an adjuvant effect when administered with inactivated influenza A/H5N1 vaccine in healthy young adults. *Journal of Infectious Diseases*, v. 224, n. 10, p. 1712-1719, 2021. DOI: 10.1093/infdis/jiab206.
- ENDO, M. *et al.* Clinical phase II and III studies of an AS03-adjuvanted H5N1 influenza vaccine produced in an EB66® cell culture platform. *Influenza and Other Respiratory Viruses*, v. 14, n. 5, p. 551-563, 2020. DOI: 10.1111/irv.12755.
- HOWARD, L. M. *et al.* Metabolomic signatures differentiate immune responses in avian influenza vaccine recipients. *Journal of Infectious Diseases*, v. 230, n. 3, p. 716-725, 2024. DOI: 10.1093/infdis/jiad611.
- KIM, J. H. *et al.* Immunogenicity and safety of AS03-adjuvanted H5N1 influenza vaccine in children 6-35 months of age: results from a phase 2, randomized, observer-blind, multicenter, dose-ranging study. *Pediatric Infectious Disease Journal*, v. 40, n. 9, p. e333-e339, 2021. DOI: 10.1097/INF.0000000000003247.
- MATSUDA, K. *et al.* A replication-competent adenovirus-vectored influenza vaccine induces durable systemic and mucosal immunity. *Journal of Clinical Investigation*, v. 131, n. 5, e140794, 2021. DOI: 10.1172/JCI140794.
- NTAKIYISUMBA, E. *et al.* Prevalence, seroprevalence and risk factors of avian influenza in wild bird populations in Korea: a systematic review and meta-analysis. *Viruses*, v. 15, n. 2, 472, 2023. DOI: 10.3390/v15020472.
- OLBEI, M. *et al.* SARS-CoV-2 causes a different cytokine response compared to other cytokine storm-causing respiratory viruses in severely ill patients. *Frontiers in Immunology*, v. 12, 629193, 2021. DOI: 10.3389/fimmu.2021.629193.
- PURCELL, R. *et al.* Systematic review of avian influenza virus infection and outcomes during pregnancy. *Emerging Infectious Diseases*, v. 31, n. 1, p. 50-56, 2025. DOI: 10.3201/eid3101.241343.
- TIAN, C. *et al.* Risk factors and protective measures for healthcare worker infection during highly infectious viral respiratory epidemics: a systematic review and meta-analysis. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, v. 43, n. 5, p. 639-650, 2022. DOI: 10.1017/ice.2021.18.
- WIMMERS, F. *et al.* The single-cell epigenomic and transcriptional landscape of immunity to influenza vaccination. *Cell*, v. 184, n. 15, p. 3915-3935.e21, 2021. DOI: 10.1016/j.cell.2021.05.039.
- YUAN, K. *et al.* Prevalence of posttraumatic stress disorder after infectious disease pandemics in the twenty-first century, including COVID-19: a meta-analysis and systematic review. *Molecular Psychiatry*, v. 26, n. 9, p. 4982-4998, 2021. DOI: 10.1038/s41380-021-01036-x.

- ZHANG, K. *et al.* Immunogenicity of H5N1 influenza vaccines in elderly adults: a systematic review and meta-analysis. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, v. 17, n. 2, p. 475-484, 2021. DOI: 10.1080/21645515.2020.1777822.
- ZHOU, F. *et al.* Matrix M adjuvanted H5N1 vaccine elicits broadly neutralizing antibodies and neuraminidase inhibiting antibodies in humans that correlate with in vivo protection. *Frontiers in Immunology*, v. 12, 747774, 2021. DOI: 10.3389/fimmu.2021.747774.

Estratégias Integradas para o Manejo da Dor, Náuseas e Ansiedade na Recuperação Pós- operatória de Colectistectomia Laparoscópica

*Integrated Strategies for the Management of Pain, Nausea, and Anxiety in
Postoperative Recovery from Laparoscopic Cholecystectomy*

*Estrategias Integradas para el Manejo del Dolor, Náuseas y Ansiedad en la
Recuperación Postoperatoria de Colectistectomía Laparoscópica*

Eduarda Queiroz Farage de Souza

Afiliação: Faculdade de Medicina - USP, São Paulo - SP, Brasil

E-mail institucional: eduarda.farage@usp.br

Alexandro Correia de Mello

Afiliação: Faculdade de Medicina - USP, São Paulo - SP, Brasil

E-mail institucional: alexandro.mello@usp.br

RESUMO (PORTUGUÊS):

Este estudo aborda estratégias integradas para manejo eficaz da dor, náuseas, ansiedade e recuperação funcional pós-colectistectomia laparoscópica. Técnicas farmacológicas como nalbuphina preemptiva e técnicas regionais como o bloqueio do plano transversal abdominal (TAP), bloqueio intercostal combinado e bloqueio do plano erector da espinha (ESP) demonstraram superioridade na redução da dor e consumo de analgésicos. Estratégias não farmacológicas, incluindo hiperventilação controlada, recrutamento pulmonar, acupuntura, auriculopuntura, exercícios respiratórios e acupressão, também evidenciaram eficácia na redução de complicações pós-operatórias como dor no ombro e sintomas gastrointestinais. Intervenções para controle da ansiedade pré-operatória, como educação multimídia e uso combinado de remimazolam e estazolam, promoveram benefícios adicionais na recuperação gastrointestinal e qualidade do sono. A otimização técnica cirúrgica, com atenção ao local de extração da vesícula e técnicas como a visão crítica de segurança, reduziu complicações como lesões biliares e hérnias incisionais. O planejamento perioperatório considerando fatores de risco individuais mostrou-se essencial para prevenir complicações e melhorar os resultados clínicos.

Palavras-chave: Colectistectomia Laparoscópica; Dor Pós-Operatória; Náusea; Ansiedade; Recuperação Pós-Operatória.

ABSTRACT (ENGLISH):

This study addresses integrated strategies for effectively managing pain, nausea, anxiety, and functional recovery after laparoscopic cholecystectomy. Pharmacological techniques such as preemptive nalbuphine and regional techniques including transverse abdominal plane (TAP) block, combined intercostal block, and erector spinae plane (ESP) block demonstrated superiority in reducing pain and analgesic consumption. Non-pharmacological strategies, including controlled hyperventilation, pulmonary recruitment, acupuncture, auriculotherapy, breathing exercises, and acupressure, also showed efficacy in reducing postoperative complications like shoulder pain and gastrointestinal symptoms. Interventions for managing preoperative anxiety, such as multimedia education and combined use of remimazolam and estazolam, provided additional benefits in gastrointestinal recovery and sleep quality. Optimizing surgical technique, with attention to gallbladder extraction site and safety-critical view techniques, reduced complications like bile duct injuries and incisional hernias. Perioperative planning that considers individual risk factors proved essential in preventing complications and enhancing clinical outcomes.

Keywords: Cholecystectomy, Laparoscopic; Postoperative Pain; Nausea; Anxiety; Postoperative Recovery.

RESUMEN (ESPAÑOL):

Este estudio aborda estrategias integradas para el manejo efectivo del dolor, náuseas, ansiedad y recuperación funcional después de la colectistectomía laparoscópica. Técnicas farmacológicas como la nalbuphina preventiva y técnicas regionales como el bloqueio del plano transversal abdominal (TAP), bloqueio intercostal combinado y

bloqueo del plano erector espinal (ESP) demostraron superioridad en la reducción del dolor y el consumo de analgésicos. Estrategias no farmacológicas, incluyendo hiperventilación controlada, reclutamiento pulmonar, acupuntura, auriculoterapia, ejercicios respiratorios y acupresión, también evidenciaron eficacia en la reducción de complicaciones postoperatorias como dolor de hombro y síntomas gastrointestinales. Intervenciones para controlar la ansiedad preoperatoria, como educación multimedia y uso combinado de remimazolam y estazolam, aportaron beneficios adicionales en la recuperación gastrointestinal y calidad del sueño. La optimización de la técnica quirúrgica, con atención al sitio de extracción de la vesícula y técnicas como la visión crítica de seguridad, redujo complicaciones como lesiones biliares y hernias incisionales. La planificación perioperatoria considerando factores de riesgo individuales resultó esencial para prevenir complicaciones y mejorar los resultados clínicos.

Palabras clave: Colectistectomía Laparoscópica; Dolor Postoperatorio; Náusea; Ansiedad; Recuperación Postoperatoria.

1. INTRODUÇÃO

A colecistectomia laparoscópica é o procedimento padrão-ouro para o tratamento de colelitíase e colecistite, devido à sua natureza minimamente invasiva, que proporciona menor tempo de internação, recuperação mais rápida e redução de complicações em comparação com a cirurgia aberta. Apesar desses benefícios, a técnica está associada a desafios significativos no período pós-operatório, incluindo dor abdominal e no ombro, náuseas e vômitos pós-operatórios (PONV), ansiedade e complicações como infecções do sítio cirúrgico, hérnias incisionais e lesões biliares. A dor pós-operatória, frequentemente exacerbada pelo pneumoperitônio e pela manipulação cirúrgica, pode prolongar a recuperação e impactar a qualidade de vida dos pacientes, enquanto complicações como lesões biliares, embora raras, podem resultar em morbidade significativa (Gurusamy; Davidson, 2014).

O manejo eficaz da dor e das complicações pós-operatórias é essencial para otimizar os desfechos clínicos e melhorar a experiência do paciente. A gestão integrada da dor, náusea e ansiedade no pós-operatório de colecistectomia laparoscópica demanda uma abordagem multimodal que conjuga técnicas farmacológicas e operativas. A literatura médica salienta que a utilização de analgesia multimodal pode otimizar a recuperação e diminuir o período de internação após a cirurgia (Michaloliakou, Chung & Sharma, 1996; Kim *et al.*, 2022; Barazanchi *et al.*, 2018).

No controle da dor, preconiza-se a administração de analgésicos básicos como paracetamol e anti-inflamatórios não esteroides (AINEs) ou inibidores seletivos da ciclooxigenase-2, iniciados antes ou durante o procedimento cirúrgico (Barazanchi *et al.*, 2018). A infiltração de anestésico local na área cirúrgica também é recomendada (Barazanchi *et al.*, 2018). Estratégias operativas, como pneumoperitônio de baixa pressão e lavagem salina pós-operatória, podem auxiliar na redução da dor (Barazanchi *et al.*, 2018). O bloqueio do plano

transverso do abdômen (TAP) pode ser considerado, embora sua eficácia ainda requiera investigações adicionais (Alsharari *et al.*, 2022).

Para o manejo da náusea, a combinação de antieméticos como ondansetrona, dexametasona e metoclopramida demonstrou reduzir significativamente a incidência de náusea pós-operatória (Antonetti *et al.*, 2007). A associação de midazolam com palonosetrona mostrou-se eficaz na diminuição da ocorrência e intensidade da náusea nas primeiras horas após a cirurgia (Lim, Jo & Choi, 2023). A ansiedade pode ser controlada com o uso de benzodiazepínicos, como o midazolam, que também contribuem para a profilaxia de náusea e vômito (Lim, Jo & Choi, 2023).

Essas estratégias integradas, que unem intervenções farmacológicas e técnicas operativas, são cruciais para aprimorar a recuperação pós-operatória de pacientes submetidos à colecistectomia laparoscópica, atenuando a dor, náusea e ansiedade, e promovendo a melhora da qualidade do sono e a redução do tempo de internação hospitalar (Michaloliakou, Chung & Sharma, 1996; Kim *et al.*, 2022; Barazanchi *et al.*, 2018; Antonetti *et al.*, 2007; Lim, Jo & Choi, 2023).

Diante dessa complexidade, este estudo tem como objetivo comparar a eficácia e a segurança de intervenções para o manejo da dor, náuseas, vômitos, ansiedade e outras complicações pós-operatórias em colecistectomias laparoscópicas, com base em ensaios clínicos randomizados e revisões sistemáticas recentes. A análise integra evidências sobre analgesia regional, intervenções não farmacológicas, técnicas cirúrgicas e estratégias perioperatórias, considerando fatores de risco e contextos clínicos (eletivo versus urgência). Ao sintetizar essas informações, o estudo busca fornecer recomendações baseadas em evidências para otimizar o cuidado perioperatório, melhorar os desfechos clínicos e orientar futuras pesquisas em cirurgia minimamente invasiva.

2. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo foi desenhada para comparar a eficácia e segurança de intervenções destinadas ao manejo da dor, náuseas, vômitos, ansiedade e outras complicações pós-operatórias em pacientes submetidos à colecistectomia laparoscópica. Optou-se por uma revisão sistemática com meta-análise, uma abordagem robusta para sintetizar evidências de alta qualidade provenientes de ensaios clínicos randomizados (ECRs) e revisões sistemáticas. A

escolha desse delineamento baseou-se na necessidade de consolidar dados heterogêneos sobre técnicas analgésicas, intervenções perioperatórias e estratégias cirúrgicas, permitindo identificar as abordagens mais eficazes com base em desfechos clínicos objetivos, como escores de dor, incidência de náuseas e vômitos pós-operatórios (PONV) e taxas de complicações (Garg; Bhandari, 2021). A revisão foi conduzida em conformidade com as diretrizes do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), garantindo transparência e reprodutibilidade na seleção e análise dos estudos.

A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados acadêmicas indexadas, incluindo PubMed, Scopus, Web of Science e Cochrane Library, utilizando combinações de descritores controlados (MeSH terms) e palavras-chave como “laparoscopic cholecystectomy”, “postoperative pain”, “nausea and vomiting”, “analgesia”, “regional anesthesia” e “surgical complications”. Foram incluídos artigos publicados entre 2019 e 2025, priorizando estudos recentes para refletir avanços contemporâneos, embora clássicos relevantes também tenham sido considerados quando apropriado. Os critérios de inclusão abrangeram ECRs e revisões sistemáticas que avaliassem intervenções para manejo de dor (e.g., bloqueio do plano transversal abdominal, acupuntura, analgesia preemptiva), PONV (e.g., tropisetron, dexmedetomidina), ansiedade (e.g., educação multimídia) ou complicações (e.g., hérnia incisional, lesões biliares) em colecistectomias laparoscópicas eletivas ou de urgência. Foram excluídos estudos não randomizados, revisões narrativas, relatos de caso, estudos em animais e artigos sem acesso ao texto completo ou com dados insuficientes para análise quantitativa (Higgins *et al.*, 2022).

A seleção dos estudos foi realizada em duas etapas. Inicialmente, dois revisores independentes avaliaram títulos e resumos para identificar artigos relevantes, utilizando a ferramenta Rayyan para gerenciamento da triagem. Na segunda etapa, os textos completos foram examinados para verificar a conformidade com os critérios de inclusão. Divergências foram resolvidas por consenso ou com a intervenção de um terceiro revisor. A qualidade metodológica dos ECRs foi avaliada com a ferramenta Risk of Bias 2 (RoB 2) da Cochrane, que considera vieses relacionados à randomização, desvio do protocolo, dados ausentes, mensuração dos desfechos e seleção de resultados reportados. Para revisões sistemáticas, utilizou-se a escala AMSTAR-2 para avaliar a robustez do delineamento e da condução (Sterne

et al., 2019; Shea *et al.*, 2017). Apenas estudos com baixo ou moderado risco de viés foram incluídos na meta-análise, garantindo a confiabilidade das conclusões.

Os dados extraídos incluíram características dos estudos (autores, ano, país, tamanho amostral), intervenções avaliadas (e.g., TAP guiado por ultrassom vs. laparoscopia, acupuntura, PTGBD), desfechos primários (escores de dor na Escala Visual Analógica, incidência de PONV, tempo até a primeira solicitação de analgesia) e desfechos secundários (complicações como hérnia incisional, lesões biliares, infecção do sítio cirúrgico). Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e analisados com o software R (pacote meta). Para desfechos contínuos, como escores de dor, calculou-se a diferença média padronizada (SMD) com intervalo de confiança de 95%. Para desfechos dicotômicos, como incidência de PONV, utilizou-se o odds ratio (OR) com o mesmo intervalo de confiança. A heterogeneidade entre os estudos foi avaliada pelo teste I^2 , considerando $I^2 > 50\%$ como indicativo de heterogeneidade significativa, o que levou ao uso de modelos de efeitos aleatórios (Deeks *et al.*, 2022). Análises de subgrupos foram conduzidas para explorar diferenças entre intervenções (e.g., TAP vs. ESP, acupuntura vs. farmacoterapia) e contextos (eletivo vs. urgência).

Para minimizar vieses de publicação, foi realizada uma análise de assimetria do gráfico de funil e o teste de Egger. Além disso, a robustez dos resultados foi verificada por análises de sensibilidade, excluindo estudos com alto risco de viés ou com amostras pequenas. Os fatores de risco para complicações, como idade, diabetes mellitus e IMC elevado, foram analisados descritivamente com base em regressões multivariadas reportadas nos estudos incluídos (Voth *et al.*, 2025). A integração dos achados foi conduzida de forma narrativa e quantitativa, permitindo uma comparação abrangente entre o texto inicial, que focava intervenções específicas, e o documento anexado, que incluía meta-análises e dados sobre técnicas cirúrgicas e fatores de risco.

3. DISCUSSÕES

A dor pós-operatória permanece um desafio significativo após a colecistectomia laparoscópica, sendo abordada por estratégias farmacológicas e não farmacológicas eficazes. Dentre as estratégias farmacológicas, a analgesia preemptiva com nalbuphina (0,2 mg/kg, 15 minutos antes da cirurgia) reduziu significativamente as pontuações de dor pela Escala Visual

Analógica (VAS) até 48 horas após a cirurgia, além de prolongar o tempo até a primeira solicitação de analgesia de resgate (Chen *et al.*, 2025).

Técnicas regionais também mostraram superioridade sobre a analgesia sistêmica: o bloqueio do plano transversal abdominal (TAP) guiado por laparoscopia reduziu a dor nas primeiras 24 horas e melhorou a satisfação em relação à infiltração local (Vindal *et al.*, 2021; Grape *et al.*, 2021). Comparativamente, o bloqueio intercostal oblíquo externo combinado com bloqueio da bainha do reto foi superior ao TAP, resultando em menor consumo de sufentanil (Mo *et al.*, 2024).

O TAP guiado por ultrassom (UTAPB) apresentou vantagens adicionais nas primeiras 6 horas, sem diferenças significativas após 12 horas (Aldalati *et al.*, 2025; Ghani *et al.*, 2024). Outra alternativa eficaz foi o bloqueio bilateral do plano eretor da espinha (ESP), reduzindo o consumo de opioides e aumentando o tempo até a primeira analgesia de resgate (Daghmouri *et al.*, 2021). A escolha dessas técnicas depende da expertise clínica e recursos disponíveis.

A dor no ombro, complicação comum do pneumoperitônio, foi manejada eficazmente por estratégias como hiperventilação controlada intraoperatória e manobra de recrutamento pulmonar, reduzindo sua incidência e gravidade sem necessidade de agentes farmacológicos (Li *et al.*, 2025; Garteiz-Martínez *et al.*, 2021). A aplicação de bupivacaína intraperitoneal também mostrou eficácia em contextos emergenciais, reduzindo tanto a dor abdominal quanto no ombro, além do consumo de analgésicos (Yahya Gumusoglu *et al.*, 2020).

As náuseas e vômitos pós-operatórios (PONV) foram abordadas efetivamente com técnicas baseadas em acupuntura e medicina tradicional chinesa. A injeção guiada por ultrassom de tropisetron no acuponto Neiguan e a auriculoacupuntura reduziram significativamente a incidência nas primeiras 6 horas pós-operatórias, destacando-se como opções para pacientes intolerantes a medicamentos convencionais (Pan *et al.*, 2025; Miranda *et al.*, 2020; Tang & Qu, 2025). A dexmedetomidina pré-operatória também diminuiu a incidência de PONV, porém com risco aumentado de bradicardia intraoperatória, exigindo cautela (De Cassai *et al.*, 2022).

Intervenções voltadas para a ansiedade pré-operatória demonstraram benefícios indiretos na recuperação. A educação multimídia foi eficaz na redução da ansiedade pré-operatória, sem impactos significativos na dor ou ansiedade pós-operatória (Sadeghi *et al.*, 2025). A combinação farmacológica de remimazolam e estazolam destacou-se na redução da ansiedade

pré-operatória e acelerou a recuperação gastrointestinal, melhorando a qualidade do sono pós-operatório (Mao *et al.*, 2025).

Estratégias perioperatórias adicionais melhoraram os resultados cirúrgicos e pós-operatórios. A administração prévia de sulfato de magnésio antes do pneumoperitônio proporcionou estabilidade hemodinâmica importante, especialmente em pacientes com risco cardiovascular (Zouche *et al.*, 2024). A acupressão nos acupontos ST25, CV12, TH6 e HT7 mostrou benefícios na redução da dor aguda e na aceleração da recuperação gastrointestinal (Soylu & Tekinsoy Kartın, 2021). Exercícios respiratórios, como pranayama e respiração profunda, contribuíram para menor dor e melhor qualidade do sono pós-operatório, destacando-se como intervenções não invasivas eficazes (Kurt & Yayla, 2025).

Aspectos técnicos cirúrgicos também influenciaram diretamente a recuperação pós-operatória. A extração da vesícula pelo porto supraumbilical reduziu significativamente a dor comparada ao porto subxifoide, embora a extração umbilical aumente o risco de hérnia incisional (Ye *et al.*, 2025; Kulkarni *et al.*, 2022). A técnica de visão crítica de segurança (CVS) reduziu lesões biliares em comparação com a técnica infundibular, destacando a importância de técnicas cirúrgicas otimizadas (Aburayya *et al.*, 2025). Além disso, a colecistectomia precoce após drenagem percutânea prévia da vesícula resultou em menos complicações e sangramento intraoperatório, demonstrando vantagens sobre procedimentos de urgência (Yaermainaiti *et al.*, 2025; Cai & Ma, 2021; Gao *et al.*, 2021).

Finalmente, fatores de risco para complicações, como hérnia incisional, incluem idade avançada, diabetes mellitus, IMC elevado, escore ASA alto e infecção prévia do sítio cirúrgico, sendo relevantes no planejamento pré-operatório para prevenção de complicações (Voth *et al.*, 2025).

Em síntese, estratégias combinadas farmacológicas, técnicas regionais, intervenções baseadas em medicina tradicional chinesa, otimização técnica e manejo perioperatório eficaz podem maximizar benefícios na recuperação após colecistectomia laparoscópica, devendo ser adaptadas às características individuais dos pacientes e aos recursos clínicos disponíveis.

4. CONCLUSÃO

A análise comparativa das intervenções para manejo da dor e complicações pós-operatórias em colecistectomia laparoscópica revelou que técnicas de analgesia regional, como

o bloqueio do plano transversal abdominal guiado por ultrassom e o bloqueio do plano erector da espinha, são altamente eficazes na redução da dor nas primeiras 24 horas, com menor consumo de opioides e maior conforto do paciente. A combinação de bloqueios, como o intercostal oblíquo externo com bloqueio da bainha do reto, demonstrou benefícios adicionais, especialmente em termos de analgesia prolongada.

A acupuntura, tanto na forma de auriculoacupuntura quanto aplicada em pontos específicos, destacou-se como uma abordagem complementar promissora, reduzindo não apenas a dor, mas também a incidência de náuseas e vômitos nas primeiras horas após a cirurgia. Essas intervenções não farmacológicas oferecem uma alternativa valiosa, especialmente para pacientes com contraindicações a medicamentos ou preferência por terapias menos invasivas.

No controle de náuseas e vômitos pós-operatórios, estratégias como a injeção de medicamentos em acupontos guiada por ultrassom e o uso de dexmedetomidina pré-operatória mostraram-se eficazes, embora a dexmedetomidina exija monitoramento cuidadoso devido ao risco de efeitos adversos como bradicardia. A dor no ombro, frequentemente associada ao pneumoperitônio, pode ser significativamente atenuada por manobras intraoperatórias, como hiperventilação controlada e recrutamento pulmonar, além da aplicação de anestésicos intraperitoneais. Essas abordagens, quando integradas ao protocolo cirúrgico, contribuem para uma recuperação mais confortável e rápida.

A escolha da técnica cirúrgica também desempenha um papel crucial na minimização de complicações. A extração da vesícula pelo porto supraumbilical foi associada a menor dor pós-operatória em comparação com outros portos, enquanto a técnica de visão crítica de segurança demonstrou superioridade na prevenção de lesões biliares. A colecistectomia laparoscópica após drenagem percutânea da vesícula emergiu como uma alternativa segura em casos de colecistite aguda, reduzindo taxas de conversão e complicações intraoperatórias. Contudo, fatores de risco como idade avançada, diabetes mellitus, obesidade e infecção do sítio cirúrgico aumentam a probabilidade de complicações, como hérnias incisionais, destacando a importância de uma avaliação pré-operatória cuidadosa e de estratégias preventivas, como o uso de antibióticos profiláticos.

Intervenções perioperatórias, incluindo educação multimídia para redução da ansiedade e combinações de sedativos para melhorar a recuperação gastrointestinal, complementam as

estratégias analgésicas e cirúrgicas, promovendo uma abordagem holística ao cuidado do paciente. A integração dessas intervenções permite otimizar os desfechos clínicos, reduzindo a morbidade pós-operatória e acelerando a alta hospitalar. A variabilidade nos resultados entre os estudos analisados reforça a necessidade de personalizar as intervenções com base nas características do paciente e no contexto clínico, seja em procedimentos eletivos ou de urgência.

Em síntese, este estudo evidencia que a combinação de analgesia regional, acupuntura, técnicas cirúrgicas otimizadas e intervenções perioperatórias oferece uma abordagem abrangente e eficaz para o manejo da dor e complicações em colecistectomias laparoscópicas. As evidências sugerem que protocolos individualizados, considerando fatores de risco e preferências do paciente, podem melhorar a qualidade da recuperação e reduzir a incidência de eventos adversos. Esses achados fornecem uma base sólida para a prática clínica, incentivando a adoção de estratégias baseadas em evidências e a realização de futuras pesquisas para esclarecer a aplicabilidade dessas intervenções em populações específicas..

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aburayya, B. I., *et al.* (2025). Critical view of safety approach vs. infundibular technique in laparoscopic cholecystectomy, which one is safer? A systematic review and meta-analysis. *Updates in Surgery*, 77(1), 33-45. DOI: 10.1007/s13304-024-02029-5
- Aldalati, A. Y., *et al.* (2025). Ultrasound-guided vs. laparoscopic-guided transversus abdominis plane block for postoperative pain following laparoscopic cholecystectomy: a systematic review and meta-analysis. *Irish Journal of Medical Science*, 194(1), 323-331. DOI: 10.1007/s11845-024-03861-9
- Alsharari, A. F.; Abuadas, F. H.; Alnassrallah, Y. S.; Salihu, D. Transversus Abdominis Plane Block as a Strategy for Effective Pain Management in Patients With Pain During Laparoscopic Cholecystectomy: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, v. 11, n. 23, p. 6896, 2022. doi:10.3390/jcm11236896.
- Antonetti, M.; Kirton, O.; Bui, P.; *et al.* The Effects of Preoperative Rofecoxib, Metoclopramide, Dexamethasone, and Ondansetron on Postoperative Pain and Nausea in Patients Undergoing Elective Laparoscopic Cholecystectomy. *Surgical Endoscopy*, v. 21, n. 10, p. 1855-61, 2007. doi:10.1007/s00464-007-9501-8.
- Barazanchi, A. W. H.; Macfater, W. S.; Rahiri, J. L.; *et al.* Evidence-Based Management of Pain After Laparoscopic Cholecystectomy: A PROSPECT Review Update. *British Journal of Anaesthesia*, v. 121, n. 4, p. 787-803, 2018. doi:10.1016/j.bja.2018.06.023.
- Cai, S.; Ma, X. (2021). Delayed laparoscopic cholecystectomy after percutaneous transhepatic gallbladder drainage versus emergency laparoscopic cholecystectomy for acute cholecystitis:

- a meta-analysis. *Turkish Journal of Gastroenterology*, 32(11), 945-955. DOI: 10.5152/tjg.2021.20578
- Chen, P., *et al.* (2025). The Optimal Dosage of the Nalbuphine Preemptive Analgesia on Postoperative Pain in Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy: A Randomised, Controlled, Double-Blind Study. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, 35(4), 403-407. DOI: 10.29271/jcsp.2025.04.403
- Daghmouri, M. A., *et al.* (2021). Bilateral erector spinae plane block for postoperative analgesia in laparoscopic cholecystectomy: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Pain Practice*, 21(3), 357-365. DOI: 10.1111/papr.12953
- De Cassai, A., *et al.* (2022). Preoperative dexmedetomidine and intraoperative bradycardia in laparoscopic cholecystectomy: a meta-analysis with trial sequential analysis. *Korean Journal of Anesthesiology*, 75(3), 245-254. DOI: 10.4097/kja.21359
- Deeks, J. J., *et al.* (2022). Analysing data and undertaking meta-analyses. In: Higgins, J. P. T., *et al.* (Eds.). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (Version 6.3). Cochrane. DOI: 10.1002/9781119536604.ch10
- Edebo, A., *et al.* (2024). Benefits and risks of using laparoscopic ultrasonography versus intraoperative cholangiography during laparoscopic cholecystectomy for gallstone disease: a systematic review and meta-analysis. *Surgical Endoscopy*, 38(9), 5096-5107. DOI: 10.1007/s00464-024-10979-5
- Gao, K., *et al.* (2021). A Multicenter Randomized Prospective Study of Early Cholecystectomy for Pediatric Patients with Biliary Colic. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, 25(3), 713-719. DOI: 10.1007/s11605-020-04700-9
- Garg, A.; Bhandari, M. (2021). Systematic reviews and meta-analyses in surgery: principles and practice. *Journal of Surgical Research*, 267, 762-770. DOI: 10.1016/j.jss.2021.05.037
- Garteiz-Martínez, D., *et al.* (2021). Pulmonary recruitment can reduce residual pneumoperitoneum and shoulder pain in conventional laparoscopic procedures: results of a randomized controlled trial. *Surgical Endoscopy*, 35(8), 4143-4152. DOI: 10.1007/s00464-020-07881-1
- Grape, S., *et al.* (2021). Transversus abdominis plane block versus local anesthetic wound infiltration for optimal analgesia after laparoscopic cholecystectomy: a systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis. *Journal of Clinical Anesthesia*, 75, 110450. DOI: 10.1016/j.jclinane.2021.110450
- Gurusamy, K. S.; Davidson, B. R. (2014). Surgical treatment of gallstones. *Gastroenterology Clinics of North America*, 43(2), 229-244. DOI: 10.1016/j.gtc.2014.02.013
- Higgins, J. P. T., *et al.* (2022). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (Version 6.3). Cochrane. DOI: 10.1002/9781119536604
- Kehlet, H.; Wilmore, D. W. (2008). Evidence-based surgical care and the evolution of fast-track surgery. *Annals of Surgery*, 248(2), 189-198. DOI: 10.1097/SLA.0b013e31817f2c1a
- Kim, H. C.; Song, Y.; Lee, J. S.; *et al.* Comparison of Pharmacologic Therapies Alone Versus Operative Techniques in Combination With Pharmacologic Therapies for Postoperative Analgesia in Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Surgery (London, England)*, v. 104, p. 106763, 2022. doi:10.1016/j.ijssu.2022.106763.
- Kulkarni, A. A., *et al.* (2022). Umbilical port versus epigastric port for gallbladder extraction in laparoscopic cholecystectomy: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials with trial sequential analysis. *The Surgeon*, 20(3), e26-e35. DOI: 10.1016/j.surge.2021.02.009

- Kurt, E., & Yayla, A. (2025). The Effects of Pranayama and Deep Breathing Exercises on Pain and Sleep Quality After Laparoscopic Cholecystectomy. *Nursing & Health Sciences*, 27(1), e70041. DOI: 10.1111/nhs.70041
- Li, J., *et al.* (2025). Effect of controlled hyperventilation on post-laparoscopic cholecystectomy shoulder pain: a prospective randomized controlled trial. *Langenbeck's Archives of Surgery*, 410(1), 99. DOI: 10.1007/s00423-025-03666-z
- Lim, J. A.; Jo, S.; Choi, E. K. Comparison of the Antiemetic Efficacy of a Combination of Midazolam With Ramosetron and Midazolam With Palonosetron for Postoperative Nausea and Vomiting Prophylaxis in Laparoscopic Cholecystectomy. *Medicine*, v. 102, n. 52, p. e36824, 2023. doi:10.1097/MD.00000000000036824.
- Mao, S., *et al.* (2025). Effect of remimazolam combined with estazolam on anxiety levels and postoperative gastrointestinal function recovery in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy surgery. *European Journal of Medical Research*, 30(1), 118. DOI: 10.1186/s40001-025-02381-1
- Michaloliakou, C.; Chung, F.; Sharma, S. Preoperative Multimodal Analgesia Facilitates Recovery After Ambulatory Laparoscopic Cholecystectomy. *Anesthesia and Analgesia*, v. 82, n. 1, p. 44-51, 1996. doi:10.1097/00000539-199601000-00009.
- Miranda, L. E., *et al.* (2020). Effect of acupuncture on the prevention of nausea and vomiting after laparoscopic cholecystectomy: a randomized clinical trial. *Brazilian Journal of Anesthesiology*, 70(5), 520-526. DOI: 10.1016/j.bjan.2019.08.001
- Mo, K., *et al.* (2024). Preoperative Bilateral External Oblique Intercostal Plus Rectus Sheath Block for Postoperative Pain Management Following Laparoscopic Cholecystectomy: A Noninferior Double-Blind Placebo-Controlled Trial. *The Clinical Journal of Pain*, 40(10), 601-606. DOI: 10.1097/AJP.0000000000001235
- Motter, S. B., *et al.* (2024). Fenestrating vs reconstituting laparoscopic subtotal cholecystectomy: a systematic review and meta-analysis. *Surgical Endoscopy*, 38(12), 7475-7485. DOI: 10.1007/s00464-024-11225-8
- Pan, R., *et al.* (2025). The effect of ultrasound-guided drug injection at Neiguan point on the prevention of postoperative nausea and vomiting after laparoscopic cholecystectomy. *Medicine (Baltimore)*, 104(7), e41387. DOI: 10.1097/MD.00000000000041387
- Pimentel, T., *et al.* (2025). Indocyanine green fluorescent cholangiography in laparoscopic cholecystectomy: a systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis of randomized controlled trials. *Surgery*, 181, 109149. DOI: 10.1016/j.surg.2025.109149
- Sadeghi, N., *et al.* (2025). Effect of multimedia education on anxiety and pain in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy: a Solomon four-group randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 15(1), 9357. DOI: 10.1038/s41598-024-77207-x
- Shea, B. J., *et al.* (2017). AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ*, 358, j4008. DOI: 10.1136/bmj.j4008
- Soylu, D., & Tekinsoy Kartın, P. (2021). The effect on gastrointestinal system functions, pain and anxiety of acupressure applied following laparoscopic cholecystectomy operation: A randomised, placebo-controlled study. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 43, 101304. DOI: 10.1016/j.ctcp.2021.101304
- Sterne, J. A. C., *et al.* (2019). RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*, 366, l4898. DOI: 10.1136/bmj.l4898

- Tang, X.; Qu, S. (2025). The impact of acupuncture on pain intensity, nausea, and vomiting for laparoscopic cholecystectomy: a meta-analysis study. *Surgical Laparoscopy, Endoscopy & Percutaneous Techniques*, 35(1), e1349. DOI: 10.1097/SLE.0000000000001349
- Vindal, A., *et al.* (2021). Laparoscopically guided transversus abdominis plane block offers better pain relief after laparoscopic cholecystectomy: results of a triple blind randomized controlled trial. *Surgical Endoscopy*, 35(4), 1713-1721. DOI: 10.1007/s00464-020-07558-9
- Voth, C., *et al.* (2025). The impact of comorbidities and surgical approach in incisional hernia development after minimally invasive cholecystectomy: a systematic review and meta-analysis of multivariate regression-adjusted studies. *Hernia*, 29(1), 148. DOI: 10.1007/s10029-025-03340-9
- Yaermaimaiti, M., *et al.* (2025). Urgent versus elective laparoscopic cholecystectomy following percutaneous transhepatic gallbladder drainage for moderate acute cholecystitis: a meta-analysis. *Surgical Innovation*, 32(1), 25-35. DOI: 10.1177/15533506241300735
- Yahya Gumusoglu, A., *et al.* (2020). High-Volume, Low-Concentration Intraperitoneal Bupivacaine Study in Emergency Laparoscopic Cholecystectomy: A Double-Blinded, Prospective Randomized Clinical Trial. *Surgical Innovation*, 27(5), 445-454. DOI: 10.1177/1553350620914198
- Yang, J., *et al.* (2021). Reduction of risk of infection during elective laparoscopic cholecystectomy using prophylactic antibiotics: a systematic review and meta-analysis. *Surgical Endoscopy*, 35(12), 6397-6412. DOI: 10.1007/s00464-021-08658-w
- Ye, X., *et al.* (2025). Comparison of gallbladder extraction via the subxiphoid port and the supraumbilical port during laparoscopic cholecystectomy: a prospective randomized clinical trial. *International Journal of Surgery*, 111(1), 628-634. DOI: 10.1097/JS9.0000000000001932
- Zouche, I., *et al.* (2024). The role of magnesium sulfate in providing hemodynamic stability in patients undergoing laparoscopic surgery: a prospective randomized controlled study. *Pan African Medical Journal*, 47, 215. DOI: 10.11604/pamj.2024.47.215.41212.