



ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO GATE ASSIGNMENT PROBLEM EM AEROPORTOS: CARACTERÍSTICAS E TENDÊNCIAS

Cayllane Nathalia Silva Simão¹, Marta Ferreira de Freitas², Paloma dos Santos Alves Nunes³, Yuri Laio Teixeira Veras Silva⁴

¹Acadêmica do Curso de Engenharia de Produção, Campus Sumé-PB, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Bolsista CNPq/PIBIC. ncayllane@gmail.com

²Acadêmica do Curso de Engenharia de Produção, Campus Sumé-PB, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. martamff12@gmail.com

³Mestranda do Curso de Engenharia de Produção, Campus João Pessoa-PB, Universidade Federal da Paraíba - UFPB. pnunes.pn123@gmail.com

⁴Orientador, Doutor, Unidade acadêmica de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. yurilaio@gmail.com

RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão sistemática da literatura, acompanhada de uma análise bibliométrica, sobre o *Gate Assignment Problem* (GAP) em ambientes aeroportuários, com foco exclusivo em abordagens heurísticas. O objetivo principal foi identificar características, tendências e contribuições acadêmicas em trabalhos publicados entre 2017 e 2024. Observou-se uma concentração significativa de estudos na China, com predominância de heurísticas baseadas no método Algoritmo Genético, enquanto métodos como Busca Local, Colônia de Abelhas e Colônia de Formigas são pouco usados no desenvolvimento de abordagens de otimização do GAP. A maioria das pesquisas adotam formulações multiobjetivo, destacando a minimização do deslocamento de passageiros, das operações de pátio e dos custos operacionais como aspectos centrais de otimização. Os resultados obtidos oferecem uma visão ampla da produção científica na área evidenciando padrões metodológicos, lacunas de pesquisa e potenciais direcionamentos para o desenvolvimento de abordagens futuras.

PALAVRAS-CHAVE: Aeroportos; *Gate Assignment Problem*; Heurísticas; Pesquisa Operacional.

1 INTRODUÇÃO

O transporte aéreo desempenha um papel fundamental no cenário global, estimulando o desenvolvimento econômico e promovendo a integração entre pessoas de diferentes regiões do mundo. Esse modal viabiliza o deslocamento rápido e seguro, sendo um elemento importante na dinâmica de um mundo cada vez mais globalizado. No entanto, durante a pandemia do COVID-19, o setor de aviação teve que lidar com mudanças radicais. De acordo com dados da *International Air Transport Association* (IATA), a demanda por viagens aéreas entrou em colapso em 2020, registrando uma redução de 61% no número de passageiros e 47% no número de voos em comparação com o ano de 2019, em virtude das restrições de mobilidade enfrentadas nessa época.

Na era pós-pandêmica houve uma recuperação gradual do tráfego aéreo, com projeções indicando um crescimento do número de passageiros para 2025 de aproximadamente 5,22 bilhões. Além disso, previsões indicam que 40 milhões de voos serão realizados em 2025, evidenciando um aumento no tráfego aéreo que supera os níveis pré-pandêmicos, quando foram registrados 37,5 milhões de voos em 2019.

Desse modo, a alocação adequada de portões pode contribuir na otimização dos processos, melhorando não apenas a experiência dos passageiros ao reduzir as distâncias percorridas, mas também auxiliando na diminuição dos custos operacionais e evitando complicações logísticas (Poyraz e Dazizoglu 2024).

Na literatura, o problema de designação de portões é conhecido como *Gate Assignment Problem* (GAP), e em ambientes aeroportuários está relacionado ao no processo de atribuição das aeronaves aos portões de embarque/desembarque. Diante



disso, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre o GAP, juntamente com o desenvolvimento de uma análise bibliométrica, a fim de identificar o interesse da temática pelos pesquisadores ao longo dos anos, quais países trazem contribuições na área e quais são as abordagens e objetivos considerados pelos autores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 GATE ASSIGNMENT PROBLEM (GAP)

O *Gate Assignment Problem* (GAP), consiste na alocação adequada de aeronaves/voos aos portões, considerando um conjunto de recursos interdependentes com restrições operacionais. Em essência, tratar um GAP visa aprimorar a eficiência na atribuição de portões, dado um determinado objetivo, de modo a assegurar o cumprimento das restrições operacionais e de segurança, como os intervalos de tempo de chegada e partida dos voos. Em paralelo, busca-se melhorar a experiência dos passageiros, minimizando a necessidade de utilizar portões remotos e reduzindo as distâncias percorridas, especialmente para aqueles em conexão (Li et al. 2024).

Os aeroportos possuem variadas dimensões que refletem diretamente no número de e na capacidade dos terminais, e conseqüentemente na quantidade de portões disponíveis. Para ilustrar essa relação, a Figura 1 apresenta a alocação de aeronaves em um aeroporto de grande porte, que opera tanto voos domésticos quanto internacionais, distribuídos em sete terminais com seus respectivos portões.

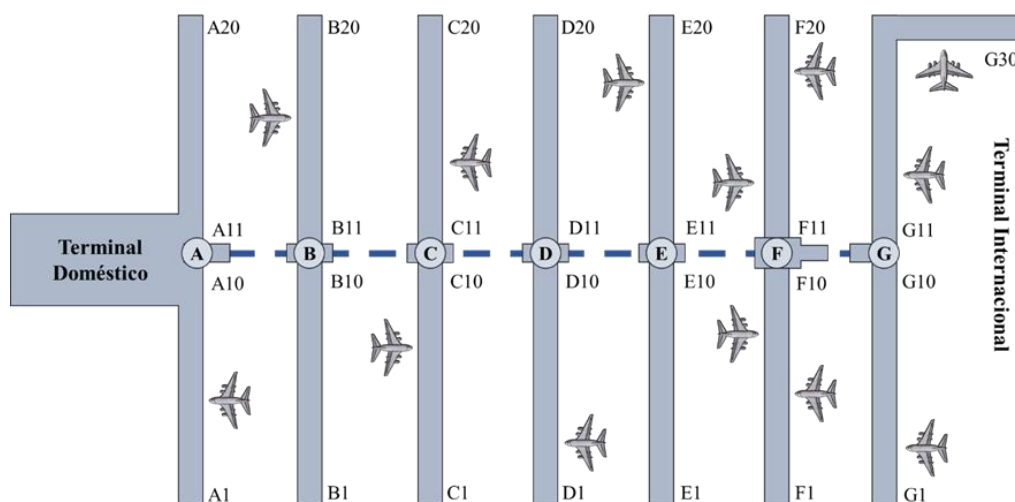


Figura 1: Representação dos terminais em aeroportos
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Ao aplica o GAP, as aeronaves são designadas sequencialmente aos portões disponíveis, respeitando critérios operacionais e os objetivos definidos. Essa alocação não acontece de forma aleatória, mas sim por meio da orientação de um modelo de otimização, que busca garantir condições específicas, como por exemplo minimizar o tempo de espera das aeronaves, reduzir o deslocamento dos passageiros do terminal ou evitar conflitos entre chegadas e partidas simultâneas.



2.2 TRABALHOS RELACIONADOS

2.2.1 Abordagens Heurísticas Baseadas em Busca Local

Yu, Zhang e Lau (2017) utilizaram o modelo *Adaptive Large Neighborhood Search* (ALNS) para tratar GAP nos aeroportos, de modo que os custos de conflito esperado, com reboque, e o de transferência fossem minimizados. No mesmo ano, Benlic, Burke e Woodward (2017) propuseram o *Breakout Local Search* (BLS), além de uma heurística construtiva gulosa baseada em memória para gerar um ponto de partida para o BLS, a fim de lidar com o problema, maximizando os tempos ociosos entre aeronaves que possam estar em conflito no mesmo portão e minimizando a necessidade de reboques e a distância que os passageiros precisam caminhar dentro do aeroporto.

Cai et al. (2021) desenvolveram o *Two-Phase Large Neighborhood Search* (2PLNS), minimizando a caminhada dos passageiros, o custo total associado à atribuição de portões e foi considerado a robustez da operação. Para comprovar sua eficácia, testes foram realizados utilizando dados do Aeroporto de Baiyun, com 68 portões.

2.2.2 Abordagens Heurísticas Baseadas em Algoritmos Evolutivos

Deng et al. (2017) utilizaram o algoritmo *Particle Swarm Optimization* (PSO) adaptativo, aprimorado com métodos estatísticos (DOADAPO), visando minimizar as distâncias de caminhada dos passageiros, o tempo ocioso de cada portão e o número de voos no pátio de estacionamento. Os pesquisadores Dell'Orco, Marinelli e Altieri (2017) implementaram o *Fuzzy Bee Colony Optimization* (FBCO) que foi testado pelo Aeroporto Internacional de Milão-Malpensa. Kaliszewski, Miroforidis e Stanczak (2017) analisaram o GAP considerando a incerteza nos horários de chegada e partida dos voos e desenvolveram uma abordagem baseada em *Genetic Algorithm* (GA). Os autores Behrends e Usher (2017) aplicaram o *Genetic Algorithm* (GA) para tratar o problema do GAP, visando minimizar os atrasos causados pelo deslocamento dos passageiros e os atrasos incorridos durante o táxi do portão até a pista.

Mokhtarimousavi, Talebi e Asgari (2018) elaboraram o *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II) minimizando a distância de caminhada dos passageiros, os conflitos nas pistas de taxiamento, custos de reboque e as atribuições a portões desfavoráveis. No mesmo ano, Wu et al. (2018) abordaram o problema de atribuição de portões considerando a demanda operacional real e desenvolveram o *Improved Collaborative Quantum Ant Colony* (ICQACO). Liang et al. (2020) consideraram o GAP em grandes escalas e propuseram o *Adaptive Parallel Genetic Algorithm* (APGA), que foi testado no Aeroporto Internacional de Kunming Changshui. Na mesma perspectiva, Lin et al. (2020) propuseram o *Adaptive Genetic Algorithm* (AGA) para lidar com o GAP de forma multiobjetiva, minimizando a variância geral do tempo de folga entre duas aeronaves consecutivas no mesmo portão.

Cecen (2021) propôs um método baseado em *Simulated Annealing* (SA) para minimizar a distância total de caminhada dos passageiros e o consumo total de combustível das aeronaves durante as operações. No mesmo ano, Tan e He (2021) utilizaram o *Genetic Algorithm* (GA) para minimizar a distância de caminhada dos passageiros e maximizar a robustez do plano de alocação. Larizadeh e Ramezani (2022) abordaram não apenas a atribuição de portão para as aeronaves, mas também o agendamento da pista desenvolvendo os métodos *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II) e o *Multi-*



Objective Grey Wolf Optimizer (MOGWO) para minimizar qualquer desvio do cronograma, bem como a distância percorrida pelos passageiros em trânsito.

Chow, NG e Keung (2022), propuseram uma abordagem *Evolutionary Approach with Smart and Generative Algorithm* (EASGA). Os pesquisadores Nikolic, Rakas e Teodorovic (2024) contribuíram para a problemática da alocação colaborativa de portões ao desenvolverem um algoritmo baseado no *Bee Colony Optimization* (BCO). No estudo realizado por Hu et al. (2024), os autores abordaram a atribuição conjunta de portões e pistas, propondo o *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II* (NSGA-II) para minimizar o número de voos alocados em pátios remotos e reduzir as emissões de carbono.

2.2.3 Abordagens Heurísticas Híbridas

Das (2017) utilizou a combinação dos algoritmos *Two Phase Local Search* (TPLS) e *Pareto Local Search* (PLS) para lidar com o problema do GAP e assim, maximizar o número de passageiros atribuídos aos portões selecionados, bem como a alocação de passageiros a todos os portões, além de minimizar a distância total de caminhada dos passageiros e a variância do tempo ocioso (slack time) dos portões próximos às áreas de compras. Seguindo a mesma abordagem, Zhang, Wang e Tong (2019) hibridizaram as heurísticas *Artificial Fish Swarm Algorithm* (AFSA) e *Simulated Annealing* (SA) para maximizar a utilização dos portões e minimizar o tempo de transferência de passageiros.

Asadi, Schultz e Fricke (2021) propuseram a combinação híbrida dos algoritmos *Shuffled Frog Leaping Algorithm* (SFLA) e *Grasshopper Optimization Algorithm* (GOA), resultando no SFLA-GOA. No ano seguinte, She et al. (2022) desenvolveram um algoritmo *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II) baseado no método de Monte Carlo em duas fases, resultando no TPMC-NSGA. O objetivo desse estudo foi abordar GAP buscando maximizar as pontuações de preferência de diversos agentes envolvidos no processo de tomada de decisão e minimizar o custo associado à robustez da alocação de portões.

Li, Hao e Wu (2022) desenvolveram o algoritmo PLFITS, uma combinação do *Tabu Search* (TS) e *Reinforcement Learning* (RL), com o intuito de minimizar a distância total percorrida pelos passageiros. Os autores Ding, Bi e Wang (2023) implementaram um algoritmo híbrido de dois estágios, o IL-GA, baseado em *Imitation Learning* (IL) e *Genetic Algorithm* (GA), com o objetivo de maximizar o número de pares de voos atribuídos aos portões de contato, bem como as preferências totais de portões.

Jiang et al. (2023) combinaram os algoritmos *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II) e *Large Neighborhood Search* (LNS), resultando no NSGA-II-LNS, para minimizar os custos operacionais das companhias aéreas, a distância percorrida pelos passageiros e a derivação da função de aptidão da companhia aérea. No ano seguinte, Zhu et al. (2024) desenvolveram o algoritmo RPIP-GA, que resulta da hibridização do *Genetic Algorithm* (GA), *Reverse Learning* (RL), *Interval Probability Mutation* (IPM) e *Phagocytosis Mechanism* (PM). Esses elementos foram escolhidos para melhorar a capacidade de busca local e global na otimização, com o objetivo de minimizar a variância total do tempo ocioso nos portões, a distância percorrida pelos passageiros, além de maximizar a utilização dos portões e o uso dos recursos dos portões.

Yao et al. (2024) utilizaram os algoritmos *Local Search* (LS) e *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II) para desenvolver o LS-NSGA-II e lidar com a otimização em dois estágios. O primeiro estágio é multiobjetivo, buscando minimizar o consumo de combustível durante o táxi para voos de chegada e partida, o tempo de condução dos veículos de transporte para posições remotas e a soma dos quadrados dos tempos ociosos.



Já o segundo estágio tem como objetivo minimizar a distância percorrida pelos veículos de apoio em solo, o número de veículos de apoio em solo utilizados e o tempo de espera dos veículos de apoio em solo.

2.2.4 Outras Heurísticas

Aktek et al. (2017) apresentaram os métodos de *Tabu Search* (TS) e *Simulated Annealing* (SA), para a minimização do número de voos em portões, bem como as distâncias totais de caminhada. No mesmo ano, Zhang e Klabjan (2017) propuseram as heurísticas *Diving Heuristic* e *Rolling Horizon Algorithm* para o problema de realocação de portões, com o objetivo de minimizar a soma ponderada dos atrasos totais dos voos, o número de operações de realocação de portões e a quantidade de conexões perdidas por passageiros.

Bi et al. (2020) objetivaram maximizar o número de passageiros em voos estacionados no portão e, para isso, desenvolveram um algoritmo utilizando o *Tabu Search* (TS). Posteriormente, Karsu, Azizoglu e Alanli (2021) desenvolveram modelos para resolver o GAP em aeroportos utilizando *Beam Search* (BS) e *Filtered Beam Search* (FBS). O objetivo foi minimizar a distância total percorrida pelos passageiros, assegurando que um número mínimo de aeronaves fosse alocado ao pátio.

Zhang et al. (2022) propuseram o *Cosine Mutation and Adaptive Grouping-based Tunicate Swarm Algorithm* (CG-TSA), minimizando os conflitos de voo em tempo real, além do consumo de combustível de táxi e maximizando a taxa de embarque na ponte. Posteriormente, Hsu, Yang e Vo (2024) desenvolveram o *Huffled Frog-Leaping Algorithm* (ISFLA), com o objetivo de minimizar a distância que os passageiros precisam caminhar, a alocação de portões não preferidos para as aeronaves e reduzir os tempos de ociosidade dos portões.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão sistemática da literatura foi conduzida com base na metodologia PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), que orienta as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos trabalhos relacionados com o estudo em questão. Os artigos analisados foram selecionados a partir das bases de dados *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*, utilizando as respectivas *strings* de pesquisa: “*Gate Assignment Problem*”, “*Airport Gate Assignment*”, “*Aircraft Gate Assignment*”, “*Gate Allocation Problem*” e “*Heuristic Gate Assignment*”. Além disso, a pesquisa foi restringida a artigos científicos escritos na língua inglesa e publicados no período de 2017 a 2024.

Todas as informações foram tabuladas utilizando o *Microsoft Excel*, e o software *Mendeley* foi empregado no gerenciamento das referências e na exclusão de trabalhos duplicados. Durante a fase de triagem, foram excluídos os trabalhos cujos títulos não estavam alinhados à temática da pesquisa. Em seguida, na leitura dos resumos e, quando necessário, do texto completo, foram eliminados estudos que não atendiam aos critérios estabelecidos ou não apresentava o contexto esperado.

O processo de identificação resultou em 430 artigos no geral, sendo: 123 da base *Scopus*, 111 da *Web of Science* e 195 da *Science Direct*. Em seguida, 236 trabalhos foram excluídos por duplicidade, restando em 194 estudos para a triagem. Destes, 164 artigos foram removidos com base em critérios de exclusão: 84 apresentavam títulos desalinhados,



4 eram artigos de revisão e 76 apresentavam contextos diferentes. Ao final, 30 artigos foram considerados relevantes, incluídos na revisão sistemática e na análise bibliométrica.

Para identificar tendências de pesquisa sobre o GAP, foi realizada uma análise bibliométrica com o auxílio do *software Microsoft Excel*. Essa análise permitiu quantificar publicações ao longo do tempo, destacar o número de contribuições por país e compreender as principais abordagens e objetivos considerados nos estudos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento realizado, foram considerados apenas trabalhos que empregaram métodos heurísticos ou heurísticos híbridos para a resolução do GAP em aeroportos. A Figura 2 apresenta o percentual dentre os 30 artigos selecionados, onde 70% utilizaram exclusivamente técnicas heurísticas, enquanto os demais 30% aplicaram abordagens híbridas, combinando heurísticas com outros métodos heurísticos e/ou metaheurísticas.

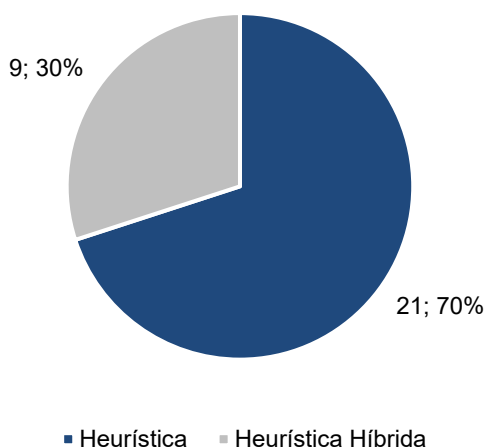


Figura 2: Abordagem predominante nos estudos
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A distribuição temporal das publicações está representada no gráfico da Figura 3, com estudos selecionados entre os anos de 2017 a 2024.

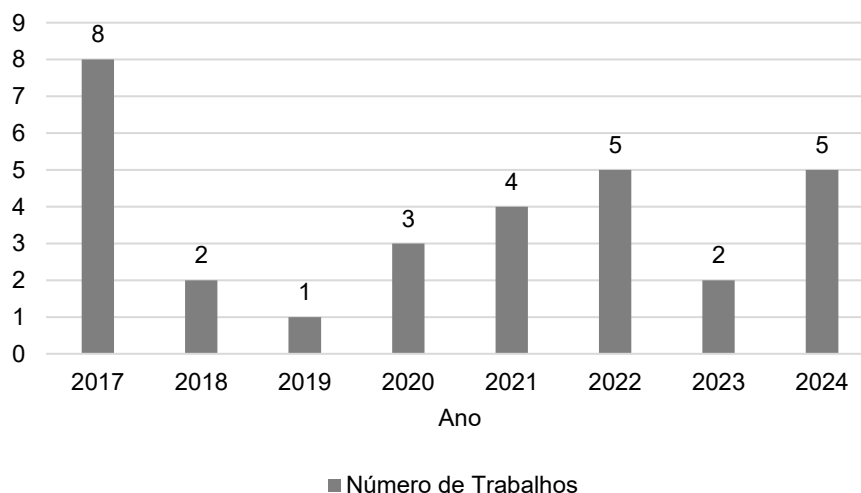


Figura 3: Evolução temporal das publicações



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O ano de 2017 apresentou o maior número de trabalhos publicados, em contrapartida, os anos de 2018 e 2019 registraram uma queda acentuada, com apenas 2 e 1 publicações, respectivamente. No entanto, a partir de 2020, observa-se uma retomada gradual no volume de produções, embora em 2023 apresente apenas 2 publicações desta temática. Em 2024, até o momento da análise, houve novamente um crescimento, com 5 trabalhos publicados. Esses dados evidenciam uma oscilação no interesse da comunidade científica pelo tema ao longo do período analisado, com indícios de retomada recente e possivelmente crescente para os últimos anos.

Para compreender a distribuição global das publicações sobre o GAP, foi construído o gráfico apresentado na Figura 4, o qual contempla uma análise que abrange contribuições acadêmicas de 10 países.

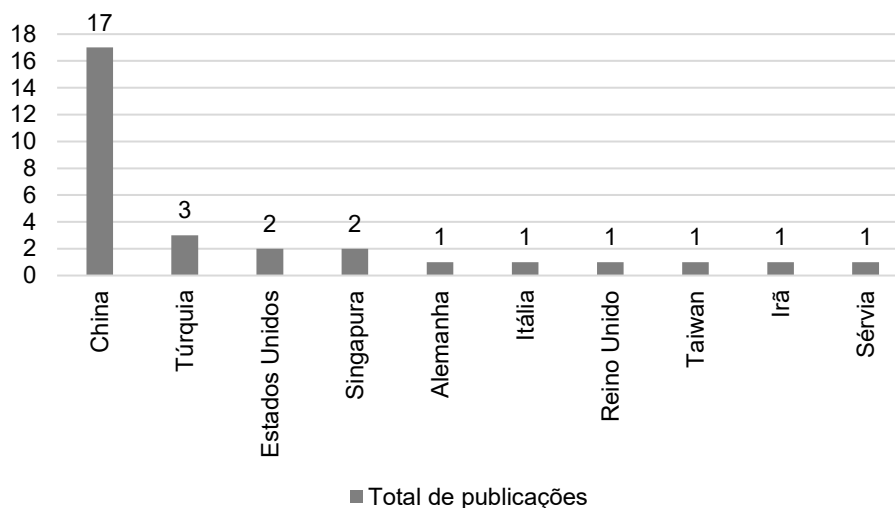


Figura 4: Contribuições acadêmicas por país

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Em relação aos países de origem das publicações, tem-se a China como destaque, totalizando 17 publicações acerca do GAP, o que evidencia o forte interesse dos pesquisadores deste país na temática. Em seguida, a Turquia aparece com 3 trabalhos, enquanto Estados Unidos e Singapura contribuem com 2 publicações cada. Outros países como Alemanha, Itália, Reino Unido, Taiwan, Irã e Sérvia apresentaram participação pontual, com apenas um estudo cada. Esses dados revelam uma concentração das pesquisas em determinados países, especialmente asiáticos, sugerindo polos de desenvolvimento científico mais ativos nessa área específica.

No que se refere aos métodos heurísticos empregados nos estudos analisados, a Figura 5 apresenta a ampla variedade de técnicas aplicadas à resolução do GAP. O grupo mais representativo foi o de outras heurísticas, com 13 publicações, tendo em vista que este contempla os métodos utilizados não se enquadram nas categorias que foram consideradas, tanto nas heurísticas puras, como hibridizadas, seja por serem menos difundidas ou por combinarem estratégias distintas, mas que ainda assim se caracterizam como abordagens heurísticas.

O *Genetic Algorithm* é o mais utilizado, aparecendo em 12 estudos, seguido por estratégias baseadas em *Local Search*, *Simulated Annealing* e *Tabu Search*, que são técnicas conhecidas pela capacidade de explorar eficientemente o espaço de busca. Além disso, métodos inspirados na natureza também foram identificados, como *Optimization Bee*



Colony com 2 publicações e *Ant Colony Optimization*. Por fim, uma publicação fez uso da *Greedy Heuristic*, conhecida como heurística gulosa. Esses resultados evidenciam uma preferência por métodos bioinspirados e meta-heurísticos clássicos, refletindo a complexidade inerente ao GAP e a necessidade de estratégias robustas para sua resolução.

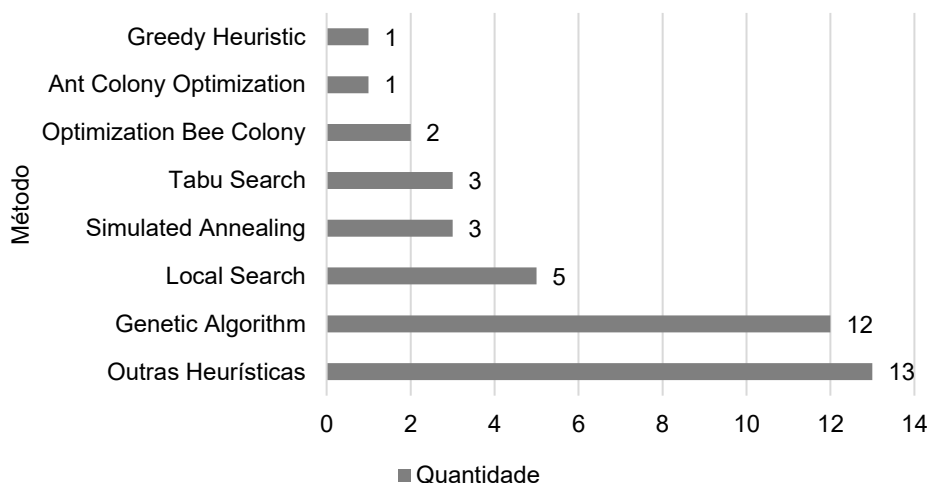


Figura 5: Métodos utilizados
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

No que tange às características dos objetivos considerados, 73% dos modelos desenvolvidos adotam uma abordagem multiobjetivo, enquanto 27% se baseiam em objetivos únicos, conforme apresenta a Figura 6. Tal distribuição evidencia uma tendência para a otimização de múltiplos critérios.

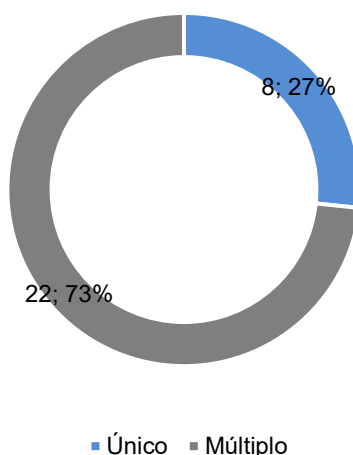


Figura 6: Distribuição percentual de trabalhos sobre o GAP com objetivo único e múltiplo
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Na análise dos objetivos que são utilizados na construção de modelos de otimização para o GAP, nota-se uma predominância de enfoques voltados à minimização, tal qual explana a Figura 7. O objetivo mais recorrente foi a minimização do deslocamento dos passageiros, seguido da minimização das operações de pátio, dos custos operacionais e



dos tempos operacionais. Tais considerações refletem o interesse em tornar as operações aeroportuárias mais ágeis e econômicas.

Outros objetivos, ainda que menos frequentes, abordam aspectos como a maximização das preferências de cronograma, da robustez das soluções e do número de passageiros atendidos. Há também objetivos mais específicos, como a minimização de conflitos entre voos, da correspondência inadequada entre aeronaves e portões, dos impactos ambientais e da necessidade de transferências de voos, bem como a maximização da eficiência, da capacidade e utilização dos portões, e do tempo ocioso entre voos.

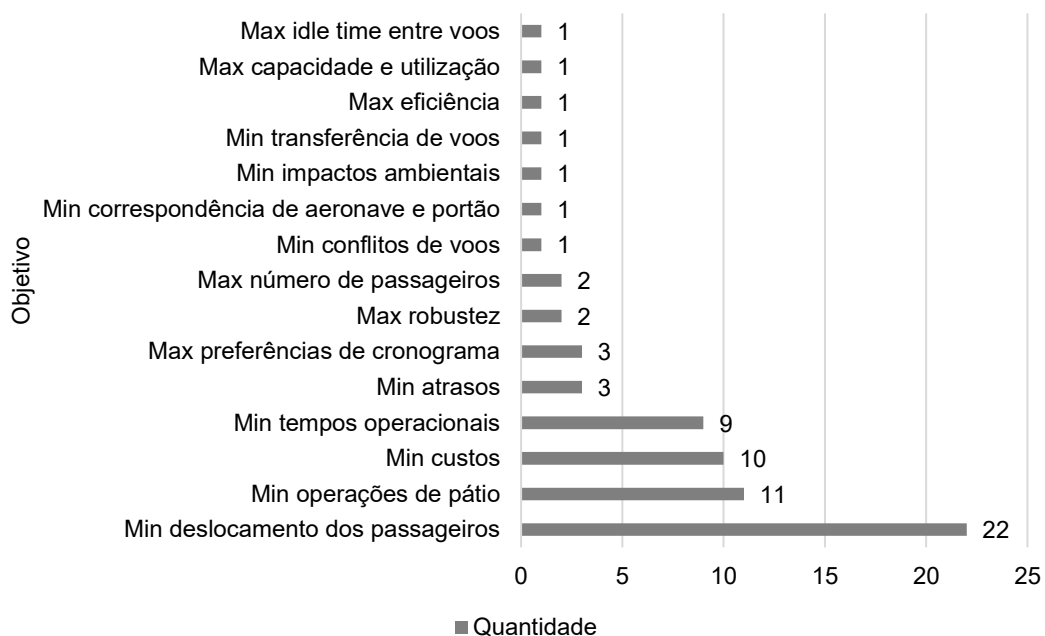


Figura 7: Classificação dos objetivos de otimização

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Essa diversidade de objetivos evidencia a multiplicidade de critérios que podem ser incorporados na formulação do GAP, conforme as particularidades de cada contexto aeroportuário. Além disso, a análise permite identificar lacunas relevantes na literatura, com certos objetivos sendo pouco considerados ou até mesmo completamente negligenciados, tais quais podem ser uma oportunidade de aprofundamento em pesquisas futuras.

5 CONCLUSÃO

Diante do atual cenário de retomada do crescimento do transporte aéreo, evidenciado pelo aumento expressivo no número de passageiros e voos nos últimos anos, torna-se cada vez mais relevante a busca por soluções que aprimorem tanto a experiência e o conforto dos passageiros, quanto a eficiência das operações aeroportuárias. Com isso, uma revisão sistemática bem conduzida e da aplicação de uma análise bibliométrica bem estruturada são fundamentais para o avanço do conhecimento científico em qualquer área de estudo. No contexto do *Gate Assignment Problem*, tais instrumentos permitem mapear de forma estruturada as principais contribuições acadêmicas de forma geral, além de proporcionar uma visão clara das tendências emergentes e lacunas existentes.



A partir dos resultados obtidos, torna-se possível não apenas compreender a evolução da pesquisa sobre o GAP, mas também nortear futuros trabalhos por meio da identificação de abordagens e objetivos pouco explorados. Entre 2017 e 2024, houve oscilações no volume de publicações com métodos heurísticos, com destaque para 2017 como o ano mais produtivo e indícios de retomada do interesse nos últimos anos.

Geograficamente, a produção acadêmica desta temática é concentrada na China, tal qual as pesquisas se destacam pela qualidade e relevância, influenciando diretamente os rumos da investigação científica na área. Do ponto de vista metodológico, as heurísticas puras ainda são predominantes (70%), mas há um crescimento relevante no uso de abordagens híbridas (30%), refletindo uma tendência de combinação de técnicas para aprimorar a eficiência e robustez das soluções.

O Algoritmo Genético é considerado a abordagem mais utilizada, enquanto técnicas como Busca Local, Colônia de Abelhas e Colônia de Formigas aparecem com menor frequência. Além disso, a maioria dos estudos adotam abordagens multiobjetivo, com foco na minimização de deslocamentos de passageiros, operações de pátio e custos operacionais, o que revela uma ênfase nos impactos operacionais do problema, mas também aponta para a necessidade de aprofundamento em aspectos como robustez, sustentabilidade e preferências operacionais.

A partir dos resultados obtidos, é possível compreender a evolução da pesquisa sobre o GAP, e também nortear futuros trabalhos por meio da identificação de aspectos ainda pouco explorados. Como sugestão para pesquisas futuras, propõe-se a ampliação da análise para incluir outros tipos de métodos de resolução do problema, como os métodos exatos, híbridos e demais abordagens complementares. Isso possibilitaria uma visão mais abrangente e comparativa da literatura, permitindo avaliar a aplicabilidade e evolução das diferentes técnicas empregadas na modelagem e resolução do GAP. Tal aprofundamento contribuiria de forma significativa para o avanço da área e para o desenvolvimento de soluções mais robustas e eficientes para a alocação de portões em aeroportos.

REFERÊNCIAS

AKTEL, Abdullah et al. The comparison of the metaheuristic algorithms performances on airport gate assignment problem. **Transportation research procedia**, v. 22, p. 469-478, 2017.

ASADI, Ehsan; SCHULTZ, Michael; FRICKE, Hartmut. Optimal schedule recovery for the aircraft gate assignment with constrained resources. **Computers & Industrial Engineering**, v. 162, p. 107682, 2021.

BEHRENDTS, John; USHER, John M. An integrated solution for the aircraft taxi and gate assignment problems. **Cogent Engineering**, v. 4, n. 1, p. 1413722, 2017.

BENLIC, Una; BURKE, Edmund K.; WOODWARD, John R. Breakout local search for the multi-objective gate allocation problem. **Computers & Operations Research**, v. 78, p. 80-93, 2017.

BI, Jun et al. A Tabu Search-Based Algorithm for Airport Gate Assignment: A Case Study in Kunming, China. **Journal of Advanced Transportation**, v. 2020, n. 1, p. 8835201, 2020.



CAI, Xinye et al. A bi-objective constrained robust gate assignment problem: Formulation, instances and algorithm. **IEEE transactions on cybernetics**, v. 51, n. 9, p. 4488-4500, 2021.

CECEN, Ramazan Kursat. Multi-objective optimization model for airport gate assignment problem. **Aircraft Engineering and Aerospace Technology**, v. 93, n. 2, p. 311-318, 2021.

CHOW, Y. T. et al. An evolutionary algorithm in static airport gate assignment problem. **The open transportation journal**, v. 16, 2022.

DAŞ, G. Sena. New multi objective models for the gate assignment problem. **Computers & Industrial Engineering**, v. 109, p. 347-356, 2017.

DELL'ORCO, Mauro; MARINELLI, Mario; ALTIERI, Maria Giovanna. Solving the gate assignment problem through the fuzzy bee colony optimization. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 80, p. 424-438, 2017.

DENG, Wu et al. Study on an improved adaptive PSO algorithm for solving multi-objective gate assignment. **Applied Soft Computing**, v. 59, p. 288-302, 2017.

DING, Cong; BI, Jun; WANG, Yongxing. A Hybrid Genetic Algorithm Based on Imitation Learning for the Airport Gate Assignment Problem. **Entropy**, v. 25, n. 4, p. 565, 2023.

HSU, Hsien-Pin; YANG, Wan-Fang; VO, Tran Thi Bich Chau. Dynamic airport gate assignment with improved Shuffled Frog-Leaping Algorithm and triangle membership function. **Advanced Engineering Informatics**, v. 62, p. 102888, 2024.

HU, Rong et al. Joint gate-runway scheduling considering carbon emissions, airport noise and ground-air coordination. **Journal of Air Transport Management**, v. 116, p. 102555, 2024.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. **Global outlook for air transport: a world with lower oil prices?** – December 2024. Montreal: IATA, 2024. Disponível em: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/global-outlook-for-air-transport-december-2024/>.

JIANG, Yu et al. Optimization of multi-objective airport gate assignment problem: considering fairness between airlines. **Transportmetrica B: Transport Dynamics**, v. 11, n. 1, p. 196-210, 2023.

LARIZADEH, Razieh; RAMEZANIAN, Reza. An integrated bi-objective mathematical model for minimizing take-off delay and passenger dissatisfaction. **Journal of Optimization in Industrial Engineering**, v. 15, n. 1, p. 31-45, 2022.

LI, Jie et al. A column generation-based algorithm for gate assignment problem with combinational gates. **Expert Systems with Applications**, v. 238, p. 121792, 2024.



LI, Mingjie; HAO, Jin-Kao; WU, Qinghua. Learning-driven feasible and infeasible tabu search for airport gate assignment. **European Journal of Operational Research**, v. 302, n. 1, p. 172-186, 2022.

LIANG, Bingjie et al. An improved adaptive parallel genetic algorithm for the airport gate assignment problem. **Journal of Advanced Transportation**, v. 2020, n. 1, p. 8880390, 2020.

LIN, J. et al. Bilevel programming model and algorithms for flight gate assignment problem. **The Aeronautical Journal**, v. 124, n. 1281, p. 1667-1682, 2020.

MOKHTARIMOUSAVI, Seyedmirsajad; TALEBI, Danial; ASGARI, Hamidreza. A non-dominated sorting genetic algorithm approach for optimization of multi-objective airport gate assignment problem. **Transportation research record**, v. 2672, n. 23, p. 59-70, 2018.

NIKOLIĆ, Miloš; RAKAS, Jasenka; TEODOROVIĆ, Dušan. Formulation of the airport collaborative gate allocation problem and the bee colony optimization solution approach. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 128, p. 107433, 2024.

POYRAZ, Dursen Deniz; AZIZOĞLU, Meral. An airport gate reassignment problem with gate closures. **Journal of Air Transport Management**, v. 115, p. 102529, 2024.

SHE, Yaqian et al. A robust strategy to address the airport gate assignment problem considering operators' preferences. **Computers & Industrial Engineering**, v. 168, p. 108100, 2022.

TAN, Caimao; HE, Junliang. Robust airport gate assignment based on the analysis of flight arrival time. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2021, n. 1, p. 6693127, 2021.

WU, Deng et al. Study on an airport gate assignment method based on improved ACO algorithm [J]. **Kybernetes**, v. 47, n. 1, p. 20-43, 2018.

YAO, Mengyun et al. A Two-Stage Optimization Model for Airport Stand Allocation and Ground Support Vehicle Scheduling. **Applied Sciences**, v. 14, n. 23, p. 11407, 2024.

YU, Chuhang; ZHANG, Dong; LAU, Henry YK. An adaptive large neighborhood search heuristic for solving a robust gate assignment problem. **Expert Systems with Applications**, v. 84, p. 143-154, 2017.

ZHANG, Dong; KLABJAN, Diego. Optimization for gate re-assignment. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 95, p. 260-284, 2017.

ZHANG, Jiarui; WANG, Gang; TONG, Siyuan. Research on flight first service model and algorithms for the gate assignment problem. **Computers, Materials & Continua**, v. 61, n. 3, p. 1091-1104, 2019.

ZHANG, Yu et al. An improved tunicate swarm algorithm for solving the multiobjective optimisation problem of airport gate assignments. **Applied Sciences**, v. 12, n. 16, p. 8203, 2022.



ZHU, Zhuoning et al. An effective and robust genetic algorithm with hybrid multi-strategy and mechanism for airport gate allocation. **Information Sciences**, v. 654, p. 119892, 2024.