XXII SITRAER 2025
Simpósio de Transporte Aéreo

DESEMPENHO OPERACIONAL DE PISTAS EM AEROPORTOS DE CAPITAIS BRASILEIRAS: PCN, ACN E DIAGNÓSTICO DA INFRAESTRUTURA DE SUPORTE

Paulo Marcelo Cavalcanti de Oliveira Souza[1], José Wémenson Rabelo Chaves [2], Viviane Adriano Falcão[1,] Francisco Heber Lacerda de Oliveira[2]
1. Universidade Federal de Pernambuco
2. Universidade Federal do Ceará

*** Corresponding author e-mail address**: **paulo.marcelocavalcanti@ufpe.br**

PAPER ID: SIT1232400.

ABSTRACT

A aviação regional desempenha papel estratégico para conectividade nas capitais brasileiras. A pista de pouso e decolagem é um dos elementos críticos para essa integração entre destinos, a fim de garantir a segurança e a continuidade das operações. Em cenários de infraestrutura restrita os operadores de aeródromos precisam examinar a compatibilidade entre a capacidade estrutural das pistas e os tipos de aeronaves que nelas operam. Este estudo tem o objetivo de propor uma abordagem técnico-operacional aplicada, com base em dados de 25 aeroportos em capitais brasileiras, a partir do PCN (*Pavement Classification Number*) e ACN (*Aircraft Classification Number*) adotados para avaliação da resistência dos pavimentos aeroportuários em função das cargas e movimentação das aeronaves. Foram apresentados indicadores para aplicação na gestão aeroportuária como: o IIU (Índice de Intensidade de Uso), o ISR (Índice de Suporte Relativo) e o ICSE (Índice Composto de Suporte e Exploração). Esses índices funcionam como ferramentas para diagnóstico e qualificação do desempenho estrutural e operacional das pistas. Os resultados indicam três contextos operacionais distintos: Guarulhos/SP, Curitiba/MT e Brasília/DF apresentam elevada pressão estrutural e operacional, com alta frequência de voos e exigência próxima ao limite da capacidade dos pavimentos, sugerindo necessidade de reforço e manutenção frequente. Por sua vez, Rio Branco/AC, Macapá/AP e Boa Vista/RR operam com baixa intensidade, apontando oportunidade de estímulo à conectividade regional. No grupo intermediário, aeroportos como Manaus/AM, Florianópolis/SC e Belém/PA mostram equilíbrio entre uso e capacidade, sendo adequados à manutenção preventiva. O IUU variou entre 0,027 e 1,624, com picos em *hubs* sob maior pressão. Os resultados reforçam a utilidade dos indicadores como base técnica para políticas de manutenção, investimentos e definição de níveis de serviço conforme risco operacional.

Keywords: Infraestrutura aeroportuária, Método ACN/PCN, Compatibilidade aeronave-pavimento

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e ao INCT-Infra (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Infraestrutura Científica e Tecnológica) pelo apoio e pela concessão da bolsa, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

GENERATIVE AI USAGE STATEMENT

The authors declare that the use of generative AI tools was limited to technical support activities, without compromising the originality, analysis, and conclusions presented in the work. All information obtained through these tools was carefully evaluated and integrated into the study, ensuring methodological rigor and academic integrity. ChatGPT was

used for orthographic and grammatical review of the text, while Google Colab was employed to generate some of the graphs presented.

PAPER ID: SIT1232400.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por transporte aéreo no Brasil, especialmente por meio dos aeroportos regionais, tem evidenciado a importância dessas infraestruturas para o desenvolvimento do setor. Apesar de sua relevância e do crescente número de passageiros e aeronaves, essas estruturas ainda enfrentam limitações técnicas e de manutenção, particularmente em regiões remotas ou com baixa padronização na gestão dos ativos (ANAC, 2023; Celestino, 2023).

Por isso, tem-se discutido como melhorar a segurança, a eficiência operacional e a capacidade estrutural das pistas de pouso e decolagem (PPD), a fim de atender aos padrões exigidos pelos órgãos reguladores. Estudos ao investigar modelos de negócios em aeroportos regionais pernambucanos evidenciam que a operação eficiente dessas infraestruturas é indispensável para sua viabilidade econômica e integração territorial (Celestino, 2023).

Entre os principais procedimentos de avaliação estrutural da infraestrutura aeroportuária, destaca-se o Método ACN/PCN (*Aircraft Classification Number* / *Pavement Classification Number*), padronizado pela Organização da Aviação Civil Internacional (*International Civil Aviation Organization* – ICAO) desde 1983 e adotado mundialmente. Esse sistema foi concebido para facilitar a verificação da compatibilidade entre a carga imposta por uma aeronave e a capacidade estrutural do pavimento da pista onde ela pretende operar (ICAO, 1983).

O cálculo e a aplicação prática desses parâmetros no Brasil estão regulamentados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), por meio do Manual de Cálculo de PCN *e do* Manual de Cálculo de PCR, que estabelecem as diretrizes oficiais para avaliação da resistência dos pavimentos aeroportuários em território nacional (ANAC, 2012; ANAC, 2023).

O ACN representa o esforço relativo gerado por uma aeronave padrão sobre um tipo específico de pavimento e solo, considerando o peso máximo de decolagem, a configuração do trem de pouso e a categoria do solo de fundação. Por sua vez, o PCN expressa a resistência do pavimento real para um número ilimitado de operações, desde que realizadas dentro de condições admissíveis. Ambos são valores adimensionais, geralmente situados entre 0 e 130 (García & Quevedo, 2008).

A condição ideal de operação é quando ACN ≤ PCN, o que garante que o pavimento suporte adequadamente a aeronave. Quando ACN = PCN, a operação é considerada compatível e segura. No entanto, o nível de esforço estrutural sobre o pavimento pode variar conforme o tipo de aeronave e frequência de operações, sendo recomendável o monitoramento contínuo para garantir a durabilidade da estrutura (García & Quevedo, 2008).

O Método ACN/PCN considera parâmetros como o tipo de pavimento (flexível ou rígido), a categoria do subleito (A, B, C ou D) e a pressão dos pneus. Seu cálculo pode ser realizado com o auxílio do software COMFAA 3.0, recomendado pela própria ICAO, com base nos dados da aeronave crítica (ICAO, 1983).

Este trabalho tem o objetivo de propor uma abordagem técnico-operacional aplicada, fundamentada em dados de 25 aeroportos internacionais e regionais brasileiros. A partir de variáveis como área da pista de pouso e decolagem (PPD), número de movimentos e os parâmetros ACN e PCN, foram desenvolvidos três indicadores específicos para análise de compatibilidade e desempenho da infraestrutura: o Índice de Intensidade de Uso (IIU), o Índice de Suporte Relativo (ISR) e o Índice Composto de Suporte e Exploração (ICSE) (García & Quevedo, 2008; Alves et al., 2022).

Esses indicadores foram inspirados em abordagens utilizadas em estudos que tratam da relação entre sobrecarga estrutural e desempenho funcional de pavimentos. O IIU expressa a pressão operacional em função do volume de aeronaves e área disponível de pista; o ISR quantifica a relação entre a carga imposta pelas aeronaves e a resistência estrutural do pavimento (ACN/PCN); e o ICSE integra ambos os aspectos em um índice composto. A proposta busca preencher uma lacuna metodológica ao fornecer esses indicadores como ferramentas diagnósticas complementares para qualificar a relação entre capacidade estrutural e intensidade de uso, contribuindo com critérios objetivos para a tomada de decisão em manutenção, reforço ou requalificação da infraestrutura aeroportuária regional (Celestino, 2023; García & Quevedo, 2008; Alves et al., 2022).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O método ACN/PCN, adotado pela ICAO desde 1983, foi desenvolvido com o objetivo de padronizar a verificação da compatibilidade entre aeronaves e pavimentos aeroportuários. Apesar de sua ampla aplicação, esse sistema apresenta limitações decorrentes de sua natureza empírica e da simplificação de modelos estruturais, o que compromete sua precisão em cenários de tráfego aéreo diversificado e crescente (García & Quevedo, 2008; ICAO, 1983).

Nos últimos anos, estudos têm ressaltado a necessidade de métodos mais avançados que considerem o efeito acumulado das solicitações estruturais geradas por diferentes tipos de aeronaves. Nesse contexto, o ACR/PCR vem sendo adotado como substituto oficial do ACN/PCN, incorporando modelos mecanicistas-empíricos e ferramentas como o FAARFIELD, com o objetivo de oferecer maior precisão na estimativa da vida útil dos pavimentos e na previsão de falhas estruturais (Oliveira, 2016; Alves et al., 2022) No Brasil, a ANAC disponibiliza o *Manual de Cálculo de PCN* e o *Manual de Cálculo de PCR*, que detalham a metodologia e orientam a aplicação prática desses sistemas no contexto nacional, em consonância com as recomendações da ICAO.

Pesquisas recentes demonstram que a substituição do método ACN/PCN pelo ACR/PCR tem proporcionado ganhos significativos para aeroportos. De Castro e De Oliveira (2024) demonstraram, em estudo realizado com duas pistas brasileiras, que o ACR/PCR fornece estimativas mais realistas da durabilidade de pavimentos flexíveis, aproximando a vida útil do subleito à vida de projeto e garantindo maior confiabilidade operacional. Os autores destacam, entretanto, a necessidade de ajustes nos critérios de sobrecarga para aeronaves com diferentes configurações de trem de pouso.

Resultados semelhantes foram encontrados por Armeni e Loizos (2022), que analisaram a aplicabilidade do sistema ACR/PCR em pistas europeias. O estudo identificou forte correlação entre os índices ACN e ACR, mas também mostrou variações significativas no impacto relativo de determinadas aeronaves sobre os pavimentos. Os autores concluíram que, embora o ACR/PCR seja mais consistente com os princípios mecanicistas, sua implementação tem evidenciado diferenças relevantes na capacidade declarada de pistas já avaliadas pelo ACN/PCN.

A transição entre os dois sistemas de classificação não será apenas uma mudança de nomenclatura, mas representará alterações substanciais no diagnóstico da capacidade estrutural de pavimentos aeroportuários. Isso reforça a importância de indicadores complementares que permitam integrar dados operacionais e estruturais, oferecendo suporte mais robusto à gestão da infraestrutura aeroportuária (Fabre & Vaurs, 2019; De Castro & De Oliveira, 2024; Armeni & Loizos, 2022).

3 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa adotado neste estudo foi estruturado em quatro etapas; definição das amostras, coleta de dados, organização dos dados e cálculo dos indicadores e análise. Cada fase

baseou-se na disponibilidade de dados públicos e indicadores operacionais que influenciam a infraestrutura aeroportuária e a operação de aeronaves nos aeroportos.

A coleta de dados foi realizada junto à Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e à plataforma HORUS. As informações referem-se aos aeroportos das capitais brasileiras que operam voos regulares, sendo considerados, neste trabalho, os dados referentes ao ano de 2024. As variáveis consideradas para coleta são referentes à infraestrutura do lado ar, incluindo o volume anual de movimento de aeronaves (pousos e decolagens), a área total das pistas principais, o PCN, a aeronave crítica em operação em cada aeroporto e o respectivo ACN. A escolha dessas variáveis é relevante para a análise da infraestrutura aeroportuária. A resistência do pavimento, medida por esses indicadores, são fatores de segurança para operação das aeronaves, sendo avaliada por meio da comparação entre os valores de ACN e PCN (Sunarjono *et al*., 2023).

A infraestrutura aeroportuária e sua capacidade operacional são diretamente relacionadas a movimentação de passageiros e à tipologia das operações realizadas. A evolução das configurações físicas dos aeroportos reflete fatores operacionais e tecnológicos, respondendo ao aumento da performance das aeronaves e da demanda de passageiros (Cavion, 2024). A Tabela 1 apresenta os aeroportos selecionados por unidade da federação, com base no critério de localização em capitais estaduais e na existência de operações regulares.

Na última coluna da tabela refere-se ao tipo predominante de operação atualmente observada (regional/nacional ou internacional), com base nas rotas efetivamente em operação no ano analisado. Cabe destacar que, embora alguns aeroportos possuam a designação "Internacional" em seu nome oficial ou tenham esse status formal reconhecido por portaria da ANAC (como o Aeroporto de Rio Branco - SBRB e o Aeroporto de Goiânia - SBGO), foram classificados como "Regional/Nacional" neste estudo quando não apresentaram operações internacionais regulares em 2024. Essa distinção visa refletir a funcionalidade prática da infraestrutura no contexto atual e não sua classificação jurídica ou administrativa.

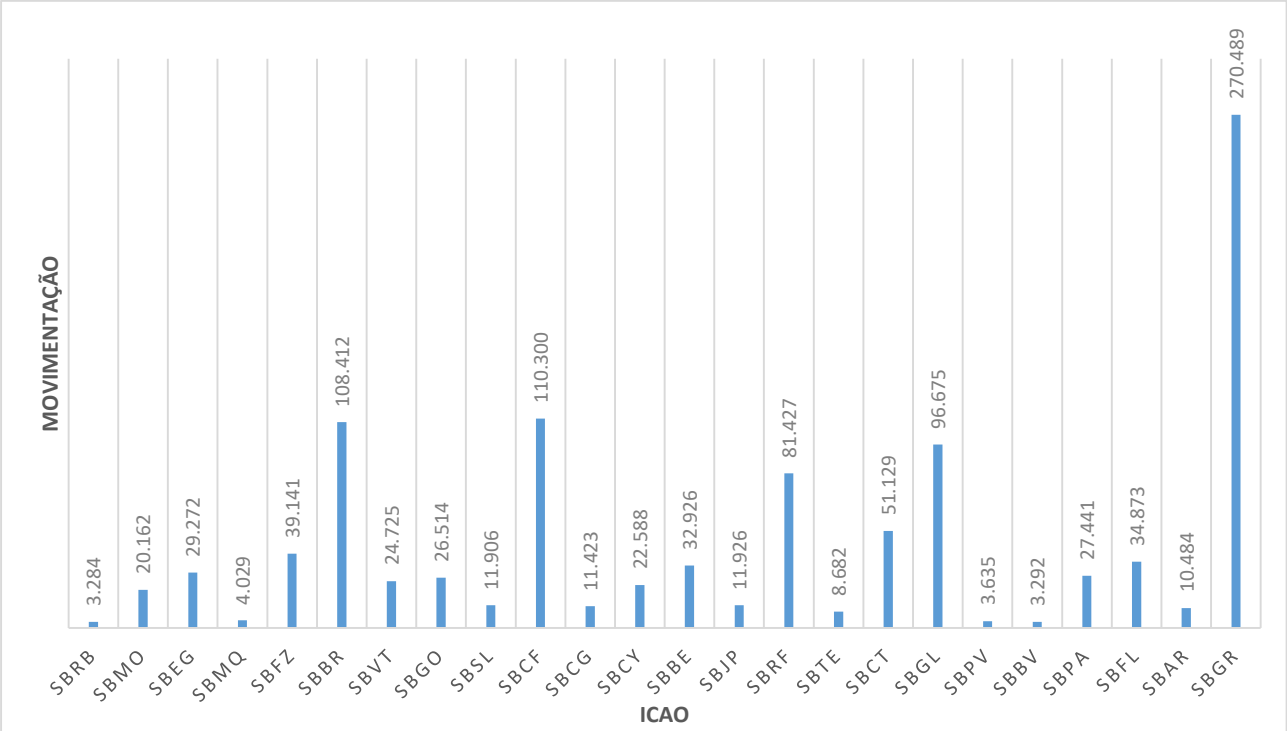
Tabela 1: Classificação dos Aeroportos das Capitais Brasileiras por tipo de operação e código ICAO

Estado	Sigla ICAO	Nome do Aeroporto	Tipo
AC	SBRB	Aeroporto Internacional Plácido de Castro – Rio Branco	Regional/Nacional
AL	SBMO	Aeroporto Zumbi dos Palmares – Maceió	Regional/Nacional
AM	SBEG	Aeroporto Internacional Eduardo Gomes – Manaus	Internacional
AP	SBMQ	Aeroporto Internacional Alberto Alcolumbre – Macapá	Regional/Nacional
CE	SBFZ	Aeroporto Internacional Pinto Martins – Fortaleza	Internacional
DF	SBBR	Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek – Brasí-lia	Internacional
ES	SBVT	Aeroporto Eurico de Aguiar Salles -Vitória/ES	Internacional
GO	SBGO	Aeroporto Santa Genoveva – Goiânia	Regional/Nacional
MA	SBSL	Aeroporto Marechal Cunha Machado – São Luís	Regional/Nacional
MG	SBCF	Aeroporto Internacional Tancredo Neves – Confins	Internacional
MS	SBCG	Aeroporto Internacional de Campo Grande	Regional/Nacional
MT	SBCY	Aeroporto Internacional Marechal Rondon – Cuiabá	Internacional
PA	SBBE	Aeroporto Internacional de Belém – Val-de-Cans	Regional/Nacional
PB	SBJP	Aeroporto Presidente Castro Pinto – João Pessoa	Regional/Nacional
PE	SBRF	Aeroporto Internacional Gilberto Freire – Recife	Internacional
PI	SBTE	Aeroporto Senador Petrônio Portella – Teresina	Regional/Nacional
PR	SBCT	Aeroporto Internacional Afonso Pena – Curitiba	Internacional

RJ	SBGL	Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim/Galeão – Rio de Janeiro	Internacional
RO	SBPV	Aeroporto Internacional Governador Jorge Teixeira de Oliveira – Porto Velho	Regional/Nacional
RR	SBBV	Aeroporto Internacional Atlas Brasil Cantanhede – Boa Vista	Regional/Nacional
RS	SBPA	Aeroporto Internacional Salgado Filho – Porto Alegre	Internacional
SC	SBFL	Aeroporto Internacional Hercílio Luz – Florianópolis	Regional/Nacional
SE	SBAR	Aeroporto de Aracaju – Santa Maria	Regional/Nacional
SP	SBGR	Aeroporto Internacional Gov. André Franco Montoro – Guarulhos	Internacional
TO	SBPJ	Aeroporto de Palmas	Regional/Nacional

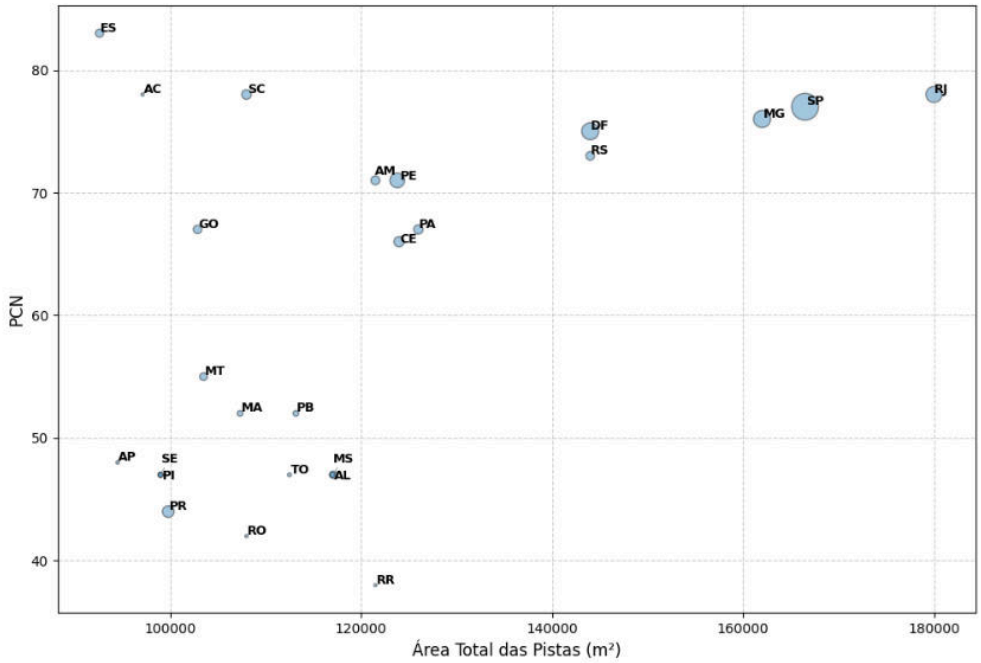
A Figura 1 ilustra a distribuição do volume de operações por estado da federação. Essa análise permite observar os níveis de atividade nos aeroportos e sua relação com a infraestrutura disponível.

Figura 1: Movimento Anual de Aeronaves em Aeroportos Regionais Brasileiros por Estado



Em seguida, na Figura 2, apresenta-se o gráfico de dispersão, que representa a relação entre área da pista de pouso e decolagem e PCN de cada aeroporto. O tamanho das bolhas reflete o volume de movimentações por estado.

Figura 2: Dispersão entre Área de Pista (m²) e PCN, por Estado



Essa análise é fundamental para assegurar a conformidade entre o porte físico das pistas e a resistência estimada do pavimento, impactando diretamente a seleção e a operação segura das aeronaves. Estudos como o de Cavion (2024) destacam a relevância de variáveis como a área da pista e o parâmetro PCN na caracterização espacial e funcional dos aeroportos latino-americanos, evidenciando sua influência na resiliência e na sustentabilidade da rede aeroportuária nacional. Para aprofundar a análise de compatibilidade entre a infraestrutura disponível e o desempenho operacional dos aeroportos regionais, foram desenvolvidos três indicadores técnico-operacionais baseados em literatura técnica e normas internacionais: o Índice de Intensidade de Uso (IIU), o Índice de Suporte Relativo (ISR) e o Índice de Compatibilidade de Suporte Estrutural (ICSE).

O IIU foi obtido pela razão entre o número anual de movimentos (pousos + decolagens) e a área total da pista, conforme a Equação (1). Esse índice expressa a densidade operacional da pista, representando o grau de saturação da infraestrutura disponível.

$$IUU = Movimento/Área(m^2) \quad (1)$$

O ISR foi calculado, conforme Equação (2), a partir da relação entre o ACN (*Aircraft Classification Number)* da aeronave crítica operante e o PCN (*Pavement Classification Number*) da pista, segundo a metodologia estabelecida pela ICAO (2004):

$$ISR = ACN/PCN \quad (2)$$

Valores próximos ou superiores a 1 indicam situações em que a aeronave impõe uma demanda estrutural igual ou superior à capacidade da pista, podendo comprometer sua integridade estrutural (ICAO, 2004). Por fim, foi proposto o ICSE, um índice composto calculado como o produto entre IIU e ISR, conforme Equação (3).

$$ICSE = IIU\ X\ ISR \quad (3)$$

Esse indicador integrado busca refletir, de forma sintética, tanto o nível de uso operacional quanto a compatibilidade estrutural da pista com a aeronave crítica. A proposta metodológica segue

a abordagem exploratória adotada por Cavion (2024), no mapeamento da infraestrutura aeroportuária da América Latina, ampliando a análise para fins de suporte técnico ao planejamento aeroportuário brasileiro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

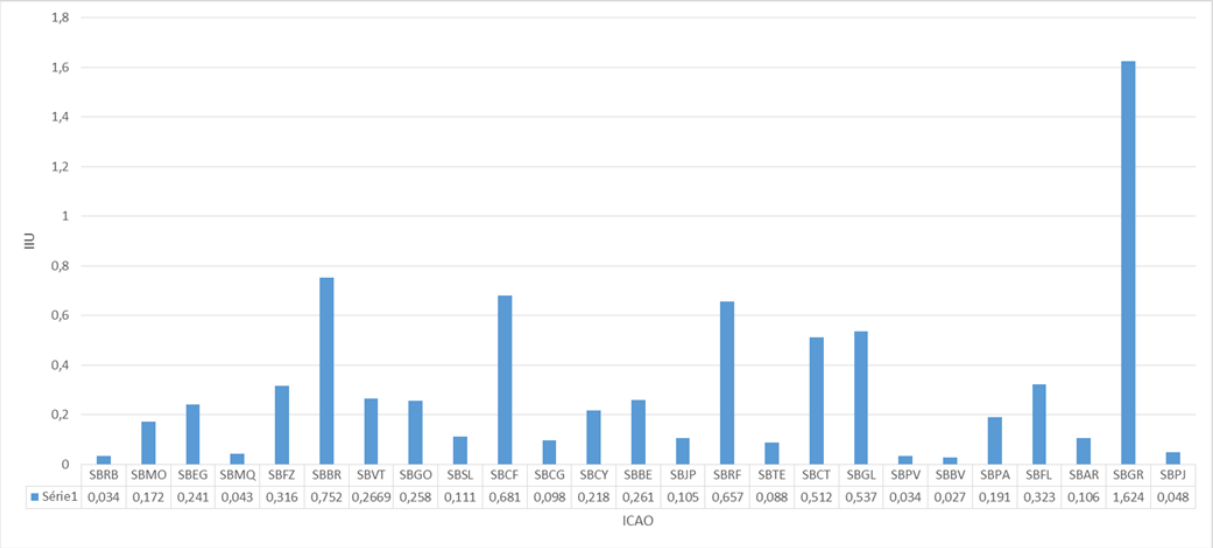
A Tabela 2 apresenta os dados consolidados de movimentação, área de pista, capacidade estrutural (PCN), aeronave mais exigente, ACN, do ano de 2024, conforme plataforma HORUS, e os três indicadores desenvolvidos: IIU, ISR e ICSE, para 25 aeroportos no Brasil.

Tabela 2: Indicadores Operacionais e Estruturais de Pavimentos em Aeroportos Regionais Brasileiros.

ICAO	Movimentação	Área (m^2)	PCN	Aeronave mais exigente	ACN (F)	IIU (Mov/m^2)	ISR (ACN/PCN)	ICSE
SBRB	3.284	97.110	78	A319	43	0,034	0,551	**0,02**
SBMO	20.162	117.090	46	A320	46	0,172	1	**0,17**
SBEG	29.272	121.500	71	A332	67	0,241	0,944	**0,23**
SBMQ	4.029	94.500	48	A320	46	0,043	0,958	**0,04**
SBFZ	39.141	123.975	66	A321	51	0,316	0,773	**0,24**
SBBR	108.412	144.000	76	A332	67	0,752	0,882	**0,66**
SBVT	24.725	92.610	86	A320	46	0,2669	0,5348	**0,14**
SBGO	26.514	102.870	67	A321	51	0,258	0,761	**0,2**
SBSL	11.906	107.325	52	A321	51	0,111	0,981	**0,11**
SBCF	110.300	162.000	75	A321	51	0,681	0,68	**0,46**
SBCG	11.423	117.000	48	A321	51	0,098	1,063	**0,1**
SBCY	22.588	103.500	56	A320	46	0,218	0,821	**0,18**
SBBE	32.926	126.000	67	A321	51	0,261	0,761	**0,2**
SBJP	11.926	113.175	52	A321	51	0,105	0,981	**0,1**
SBRF	81.427	123.795	72	A321	51	0,657	0,708	**0,47**
SBTE	8.682	99.000	46	A320	46	0,088	1	**0,09**
SBCT	51.129	99.810	42	A332	67	0,512	1,595	**0,82**
SBGL	96.675	180.000	78	A388	62	0,537	0,795	**0,43**
SBPV	3.635	108.000	41	A320	46	0,034	1,122	**0,04**
SBBV	3.292	121.500	38	A320	46	0,027	1,211	**0,03**
SBPA	27.441	144.000	72	A332	67	0,191	0,931	**0,18**
SBFL	34.873	108.000	78	A332	67	0,323	0,859	**0,28**
SBAR	10.484	99.000	48	A321	51	0,106	1,063	**0,11**
SBGR	270.489	166.500	77	A388	62	1,624	0,805	**1,31**
SBPJ	5.366	112.500	48	A321	51	0,048	1,063	**0,05**

A análise da Tabela 2 mostra que o Índice de Intensidade de Uso (IIU) apresenta variações entre os aeroportos, tendência melhor visualizada no gráfico da Figura 3, que evidencia a concentração da demanda operacional em determinados terminais. A mesma tabela evidencia ainda que as aeronaves mais exigentes diferem entre os aeroportos: modelos como Airbus A320 e A321 predominam em terminais de médio porte, enquanto aeronaves *widebody*, a exemplo do A332 e do A388, impõem maiores demandas estruturais em aeroportos de grande porte, como SBGR, SBGL e SBBR.

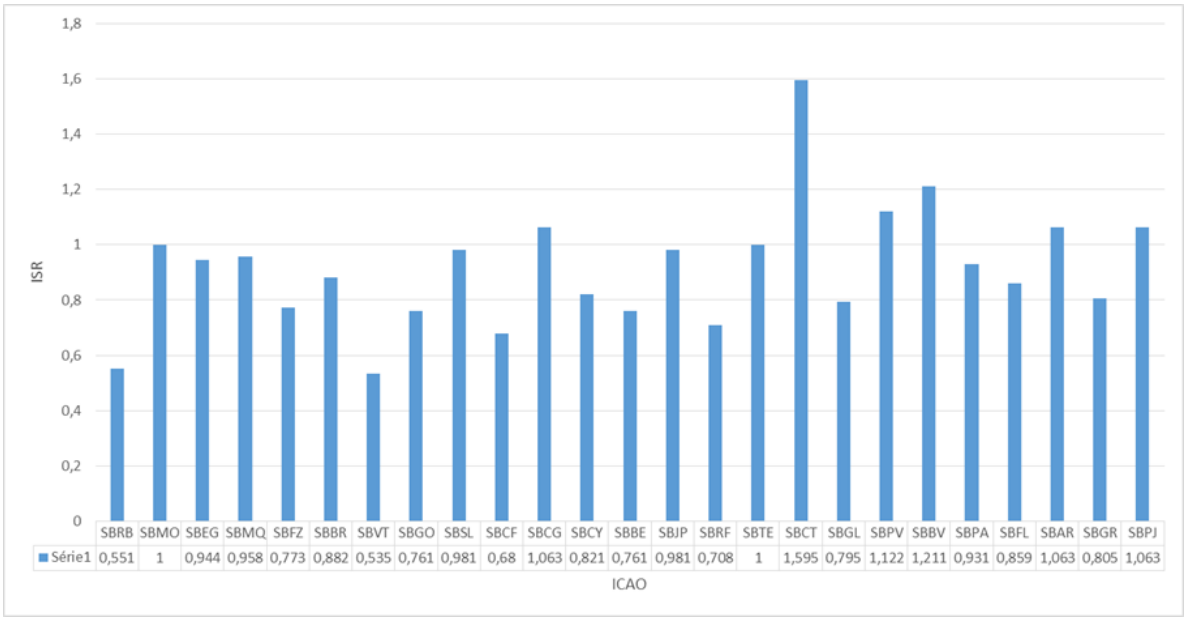
Figura 3. IUU por aeroporto



Ainda de acordo com a Figura 3 os aeroportos de SBGR, SBBR e SBCF apresentam os maiores valores de IIU, refletindo uma intensa utilização da área de pista disponível. Em contraste, aeroportos como SBBV e SBRB apresentam IIU reduzidos, o que evidencia subutilização da infraestrutura instalada. Esse cenário pode estar associado tanto à baixa demanda de voos quanto à limitação na integração desses aeroportos às rotas principais.

O Índice de Suporte Relativo (ISR), que compara a capacidade estrutural da pista (PCN) com a exigência da aeronave crítica (ACN), está representado na Figura 4.

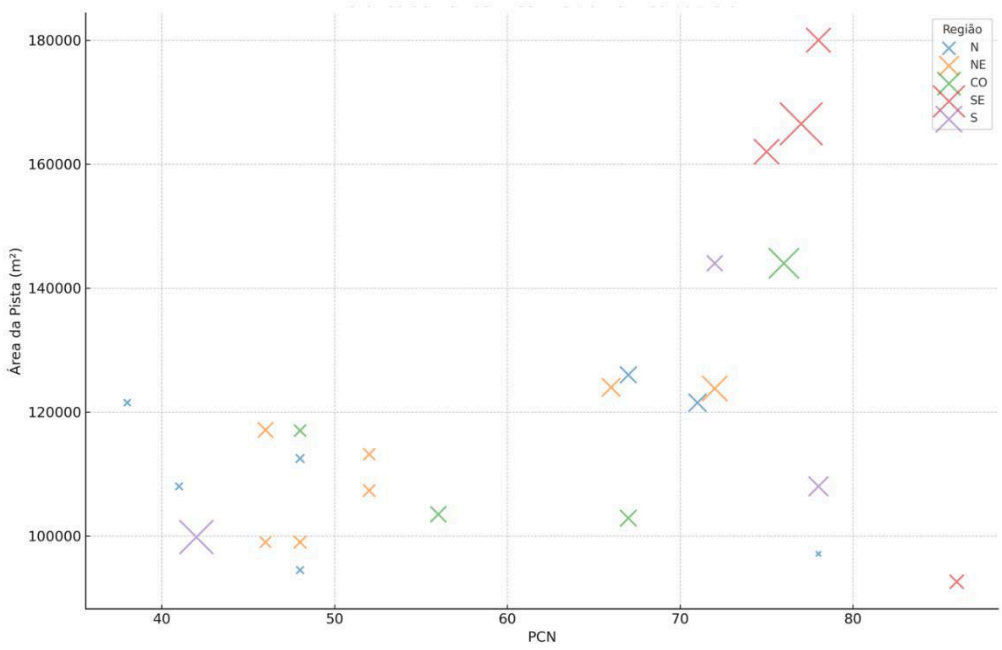
Figura 4. ISR por aeroporto



A Figura 4 mostra que 13 aeroportos operam com ISR próximos ou superiores a 1, indicando que a carga imposta pela aeronave crítica está no limite ou supera a capacidade do pavimento. Em especial, SBCT (A332) e SBCG (A321) apresentam valores acima de 1, o que sugere risco estrutural elevado em função da exigência dessas aeronaves, demandando atenção das autoridades gestoras para ações preventivas de reabilitação. Por outro lado, aeroportos como SBVT e SBRB operam com larga margem estrutural, com ISR abaixo de 0,6.

A interação entre esses dois indicadores é sintetizada no Índice Composto de Suporte e Exploração (ICSE), que permite identificar situações de uso elevado aliado à elevada exigência estrutural. O comportamento deste índice em relação ao PCN e à área das pistas está ilustrado na Figura 5.

Figura 5. ICSE vs PCN e área/PCN, por região

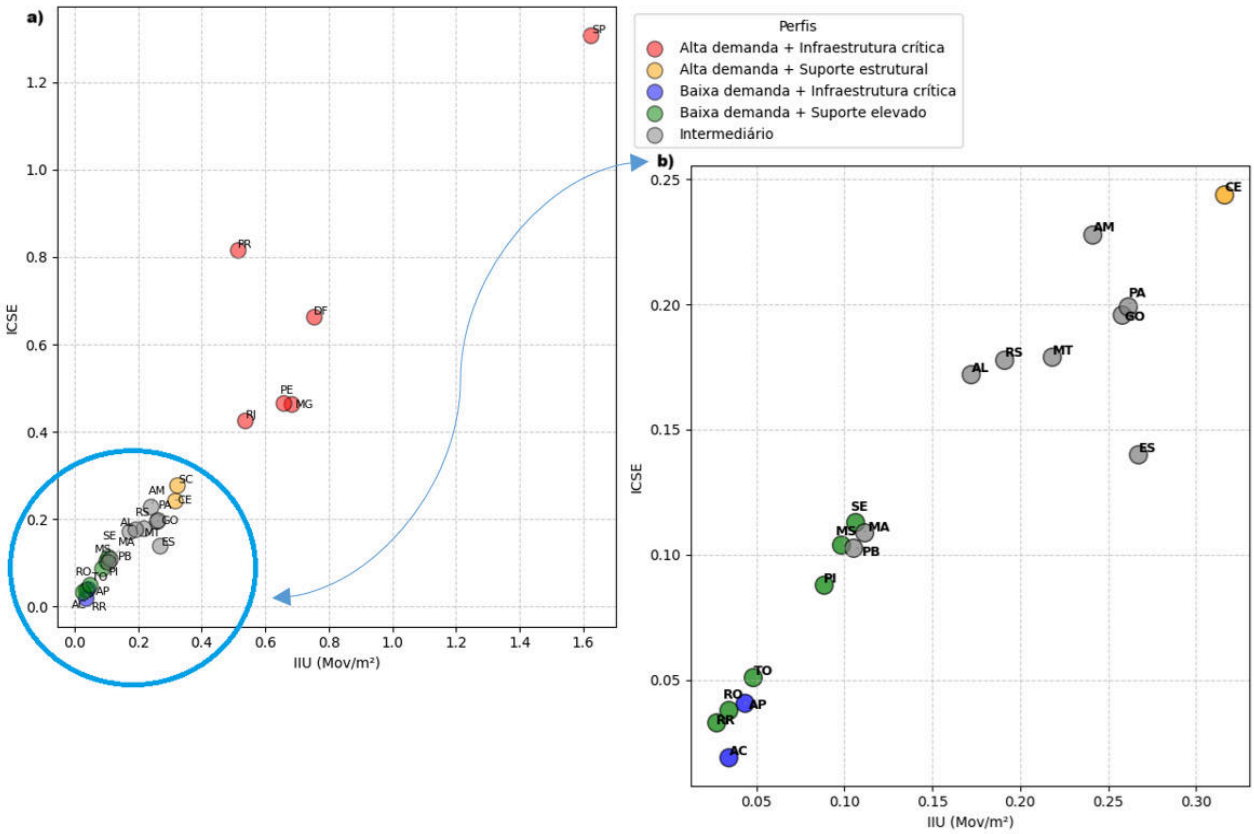


Conforme a Figura 5, SBGR (A388) e SBCT (A332) apresentam os maiores valores de ICSE, indicando operação próxima ao limite tanto pela intensidade de uso quanto pela exigência estrutural imposta pelas aeronaves críticas. Esse resultado é crucial para o planejamento, pois revela pressão simultânea sobre a resistência do pavimento e sua capacidade operacional. Em contraste, SBMQ, SBPJ e SBRB exibem ICSE reduzidos, sugerindo margem operacional ociosa.

Essa análise quantitativa corrobora com Cavion (2024), ao indicar que a distribuição desigual de movimentação e suporte técnico nos aeroportos brasileiros reflete disparidades regionais. A presença de aeroportos subutilizados com alta capacidade instalada reforça a necessidade de políticas de incentivo à interiorização da malha aérea. Por sua vez, os aeroportos com ICSE elevado exigem investimentos em reforço estrutural, ampliação ou redistribuição da demanda.

Os indicadores IIU, ISR e ICSE revelam-se úteis para classificar os aeroportos em quatro grandes perfis operacionais: alta demanda e infraestrutura crítica (ICSE alto), que requerem priorização na alocação de recursos e monitoramento contínuo; alta demanda com suporte estrutural, que exigem manutenção preventiva rigorosa; baixa demanda com suporte elevado, que indicam subutilização e possibilidade de otimização ou reestruturação da malha; e baixa demanda e infraestrutura crítica, que sinalizam urgência de revisão de rotas e reforço, quando mantidos ativos. Essa categorização poderá orientar decisões estratégicas de manutenção, concessão ou requalificação das infraestruturas aeroportuárias no Brasil. A Figura 6 ilustra essa classificação, em que o painel (a) apresenta a visão geral da distribuição dos aeroportos segundo os indicadores IIU e ICSE, destacando estados como SP, DF,

Figura 6. a) Visão geral da distribuição dos aeroportos segundo os indicadores IIU e ICSE, b) Detalhe da região maior concentração de pontos.



PR, MG, PE e RJ, enquadrados no perfil de alta demanda e infraestrutura crítica, portanto demandando maior atenção e alocação de recursos. Já o painel (b) detalha a região onde ocorre maior concentração de pontos, permitindo observar com clareza estados como PI, SE, MA, PB, MS, RO e RR, que se enquadram nos perfis de baixa demanda, com distinção entre aqueles com infraestrutura crítica e aqueles com suporte estrutural elevado. Essa representação gráfica em dois níveis reforça a utilidade dos indicadores para a compreensão das diferenças regionais e subsidia a definição de prioridades de manutenção e estratégias de otimização da malha aeroportuária nacional.

5 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo propor uma abordagem técnico-operacional aplicada à análise da infraestrutura aeroportuária, por meio da integração de indicadores estruturais e operacionais, especialmente ACN, PCN e os índices propostos: IIU (Índice de Intensidade de Uso), ISR (Índice de Suporte Relativo) e ICSE (Índice Composto de Suporte e Exploração). A partir da aplicação desses indicadores em 25 aeroportos nacionais e regionais, foi possível diagnosticar a compatibilidade entre a infraestrutura de suporte e as exigências operacionais impostas pelas aeronaves críticas.

A principal contribuição da pesquisa reside na proposição de uma abordagem técnica simplificada, porém eficaz, que combina parâmetros reconhecidos internacionalmente com variáveis operacionais acessíveis. Os índices IIU, ISR e ICSE mostraram-se capazes de diferenciar contextos aeroportuários distintos, oferecendo aos gestores públicos e privados uma ferramenta adicional para o planejamento da manutenção, requalificação e expansão da infraestrutura aeroportuária.

Os resultados evidenciaram aeroportos operando sob alta pressão estrutural, exigindo ações urgentes de reforço e revisão de estratégias de manutenção. Por outro lado, alguns aeroportos

revelaram baixa intensidade de uso frente à sua capacidade instalada, apontando para potenciais oportunidades de redimensionamento da malha e estímulo à aviação regional.

Dessa forma, constata-se a possibilidade de incorporar critérios técnicos e práticos para a tomada de decisão sobre a gestão de pavimentos. Ao evidenciar desequilíbrio entre capacidade estrutural e demanda operacional, os indicadores propostos permitem priorizar investimentos com base em evidências, promovendo uma alocação mais racional de recursos públicos e privados. Assim, o método apresentado contribui para a eficiência da política de transporte aéreo regional.

6 REFERÊNCIAS

Armeni, A.; Loizos, A. (2022). Preliminary evaluation of the ACR-PCR system for reporting the bearing capacity of flexible airfield pavements. In: Transportation Engineering, 1. ed. [S. l.]: Elsevier, 2022. v. 8, Article 100117. DOI: 10.1016/j.treng.2022.100117. ISSN 2666-691X.

Almeida, A. F. M., & Oliveira, F. H. L. (2022). Análise das ocorrências de risco em pavimentos aeroportuários brasileiros. *Anais do SITRAER 2022*.

Alves, R. M., Pereira, C. A., & Schiavon, J. A. (2022). Comparação entre ACN–PCN e ACR–PCR na avaliação de pavimentos aeroportuários. *Anais do SITRAER 2022*.

Alves, T., Fontul, S., & Do Ó, I. (2024). Avaliação da capacidade de carga de pavimentos aeroportuários: aplicação do método ACR–PCR em pavimentos existentes. *11º Congresso Rodoferroviário Português*.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. Manual de Cálculo de PCN – Pavement Classification Number. Brasília: ANAC, 2012.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. Manual de Cálculo de PCR – Pavement Classification Rating. Brasília: ANAC, 2023.

ANAC. (2023). *Lista de aeródromos públicos com informações operacionais*. Agência Nacional de Aviação Civil.

Castro, C. C. O. de; Oliveira, F. H. L. de (2024). Effect of Replacing Resistance Classification Methods for Flexible Airport Pavements. In: Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements, 1. ed. [S. l.]: ASCE, 2024. v. 150, n. 3. DOI: 10.1061/JPEODX.PVENG-1314.

Cavion, R. Spatial Imprint: an overview of Latin American airports. In: IST - UL - UBI - ISEC Lisbon Consortium (Org.). RIDITA - IX Congress of the Iberoamerican Air Transport Research Network. 1. ed. Lisbon: ISEC, 2024. v. 1, p. 285–295.

Celestino, M. A. S. (2023*).* Análise de modelos de negócios aplicáveis a aeroportos regionais de Pernambuco. Universidade Federal de Pernambuco.

Fabre, C., and G. Vaurs. 2019. *Paradox: Why the heaviest commercial airplane remains the most pavement friendly aircraft at large hub airports*. In Proc., Int. Airfield and Highway Pavements Conf. Chicago. Reston, VA: ASCE.

García, L., & Quevedo, G. (2008). *Interpretación geotécnica del método ACN–PCN*. *Revista de la Construcción, 7*(1), 84–93.

ICAO – *International Civil Aviation Organization.* (1983). *Aerodrome Design Manual – Part 3: Pavements*. Doc 9157–AN/901. Montreal.

ICAO – *International Civil Aviation Organization*. (2004). *Aerodrome Design Manual – Part 3: Pavements* (3rd ed.). Doc 9157–AN/901. Montreal.

Irvayana, I. P. D., Astor, Y., Sihombing, A. V. R., & Sundara, A. (2024). *Analysis of the increase in runway PCN value due to aircraft movement growth: Case study: I Gusti Ngurah Rai International Airport. AIP Conference Proceedings*.

Mello, L. G. R., & Farias, M. M. (2006). Avaliação da estrutura de um pavimento aeroportuário: Aeroporto de Brasília. *CNNM e Engenharia Geotécnica*.

Oliveira, F. H. L. de. (2016). Desenvolvimento de um modelo de gerenciamento de pavimentos aeroportuários como apoio à tomada de decisão sobre estratégias de manutenção e reabilitação. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza.

Sunarjono, S., Azis, I. A., Kurniawati, S., & Listyawan, A. B. (2023). *Comparison of runway pavement analysis based on the Aircraft Classification Number (ACN) and Pavement Classification Number (PCN) method: Case study: Ahmad Yani International Airport, Semarang*. *AIP Conference Proceedings*.