

A RELAÇÃO ENTRE A VISIBILIDADE E AS CONCENTRAÇÕES DE MATERIAL PARTICULADO NA RMRJLucas Lemos da Cunha Palma¹ (IC), Vanessa Silveira Barreto Cravalho (PQ)¹¹Universidade Federal de Itajubá**Palavras-chave:** Aeroportos. Estação. Qualidade.**Introdução**

A meteorologia desempenha um papel fundamental no cotidiano das pessoas e entender a dinâmica dos fenômenos meteorológicos e prever possíveis impactos para a mitigação de danos, são fundamentais para o desenvolvimento das atividades humanas. Uma das áreas mais afetadas pelas constantes mudanças desses fenômenos é a aviação e todo setor aéreo. O conhecimento de variáveis meteorológicas como vento, chuva e visibilidade são muito importantes para garantir a segurança e o melhor funcionamento desse setor. Dentre essas variáveis, a visibilidade se destaca por seu impacto direto nas operações aéreas, especialmente durante pousos e decolagens.

Segundo Wallace e Hobbs (2006), a visibilidade é definida como a maior distância em que um observador consegue identificar claramente um objeto escuro, de tamanho adequado, localizado próximo ao solo, quando esse objeto é observado contra o fundo do céu no horizonte. De acordo com Sonnemaker (2012), a visibilidade é influenciada pelo nível de transparência da atmosfera, sendo a visibilidade horizontal o alcance visual ao longo de todo o horizonte (360°), tendo como ponto central o local de observação.

De acordo com o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA, 2022), os fenômenos de tempo presente que podem afetar a visibilidade são classificados como obscurecedores, sendo representados pelos seguintes códigos: BR (névoa úmida), FG (nevoeiro), FU (fumaça), VA (cinzas vulcânicas), DU (poeira extensa), SA (areia) e HZ (névoa seca). A precipitação, que também impacta diretamente a visibilidade e as operações aéreas, são identificadas pelos códigos: DZ (chuveiro), RA (chuva), SN (neve), SG (grãos de neve), PL (pelotas de gelo), GR (granizo) e GS (granizo pequeno e/ou grãos de neve). Além desses, existem outros fenômenos meteorológicos que podem interferir nas condições de voo, cujos códigos incluem: PO (poeira ou areia em redemoinhos), SQ (tempestade), FC

(nuvem(ns) funil, como tornados ou trombas d'água), SS (tempestade de areia), DS (tempestade de poeira) e TS (trovoada, acompanhada de raios e relâmpagos).

Vale destacar que, além de impactar a visibilidade e a aviação, alguns desses fenômenos, como fumaça, poeira e névoa seca, também estão diretamente relacionados à qualidade do ar. A qualidade do ar se tornou um problema sério nas áreas metropolitanas. Devido ao aumento rápido da população, ao trânsito cada vez mais intenso e ao avanço da indústria, as cidades têm notado um aumento grande na liberação de substâncias nocivas, como o material particulado (MP) e outros poluentes. (WHO, 2021; CETESB, 2022).

A cidade do Rio de Janeiro, grande centro urbano do Brasil, enfrenta desafios significativos relacionados à poluição atmosférica, principalmente em regiões onde o tráfego de veículos e a densidade populacional são altas. Segundo o Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2025), em diversas estações de monitoramento da cidade, foram registradas ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar recomendados pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2021). Além disso, estudos indicam que a poluição atmosférica no Rio de Janeiro está relacionada à redução da visibilidade urbana, o que pode afetar tanto a estética da paisagem quanto a segurança viária e aérea (Martins et al., 2010).

A poluição atmosférica, em níveis elevados, pode afetar, em ambiente urbano, as operações aeroportuárias. A operação contínua de aeronaves, combinada com a circulação intensa de veículos terrestres contribui significativamente para a emissão de poluentes atmosféricos (Zhang et al., 2012; Yim et al., 2015).

Diante deste quadro, deve-se ressaltar que, além dos danos à saúde humana e ao meio ambiente, poluentes atmosféricos afetam a visibilidade da atmosfera de forma direta. Martins et al. (2010) observou que, em dias com elevada concentração de poluentes da cidade do Rio de Janeiro, a visibilidade horizontal pode ser reduzida por vários quilômetros, o que afeta a segurança operacional das ações de voo e o planejamento a ser

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

realizado.

Assim, os objetivos do presente estudo são: 1) analisar a correlação entre poluição atmosférica e redução da visibilidade nos aeroportos do Rio de Janeiro; 2) identificar os poluentes que mais prejudicam para a deterioração da visibilidade; 3) comparar os dados das estações de monitoramento de qualidade do ar e os de visibilidade para entender a relação entre a concentração de poluentes a perda de visibilidade.

Metodologia

A área de estudo compreende a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), situada entre aproximadamente 22°30' S (sul) a 23°00' S (sul) de latitude e aproximadamente 42°30' O (oeste) a 44°00' O (oeste) de longitude. Os dados de visibilidade horizontal utilizados neste estudo foram coletados a partir das mensagens METAR (Mensagem de Observação Meteorológica Rotineira) para o período de 2005 a 2023. Essas mensagens são relatórios padronizados de condições meteorológicas observadas em aeroportos e fornecem informações cruciais, incluindo a visibilidade, para a aviação. As informações foram extraídas especificamente para os aeroportos de interesse, garantindo a relevância dos dados para a análise proposta. Os dias foram contabilizados a partir de condições em que não houve registro de precipitação, nem de neblina. Complementarmente, os dados de poluição do ar foram obtidos no portal do Sistema Integrado de Gestão da Qualidade do Ar (SIGQA), do INEA-RJ. Para a poluição, foram analisadas as variáveis de material particulado PM10, com dados provenientes de estações de monitoramento automáticas, como Ilha do Governador (2011-2023), Largo do Bodegão (2009-2023) e Centro (2000-2010).

Resultados e discussão

As figuras 1, 2, 3 e 4 mostram o número de dias por ano com visibilidade igual ou inferior a 1 km em três aeroportos, Galeão (SBGL), Santos Dumont (SBRJ), e Jacarepaguá (SBJR), além da Base Aérea de Santa Cruz (SBSC). Todos os gráficos mostram uma clara tendência de redução no número de dias com baixa visibilidade ao longo do tempo, como indicado pelas

linhas de tendência descendente. No Galeão, observou-se um pico em 2007, com 11 dias, um aumento notável em 2013 e 2021 com 8 e 5 dias, respectivamente. Portanto, o número de dias com baixa visibilidade é muito menor do que no início e atinge 1 e 2 dias em 2022 e 2023, respectivamente. No Santos Dumont, o maior número de dias com visibilidade inferior a um quilômetro foi registrado em 2008 com 8 dias. Assim como na SBGL, também aqui não ocorreu um aumento drástico, embora tenha havido picos. Em Jacarepaguá também ocorreu uma tendência de diminuição. Anlogamente ao SBGL, a SBJR não exibiu um pronunciado aumento no número de dias de tempestades. Finalmente, a SBSC exibe uma tendência decrescente. Embora não seja a mensuração exata, uma conclusão sobre a diminuição sistemática do número de dias com visibilidade reduzida pode ser feita.

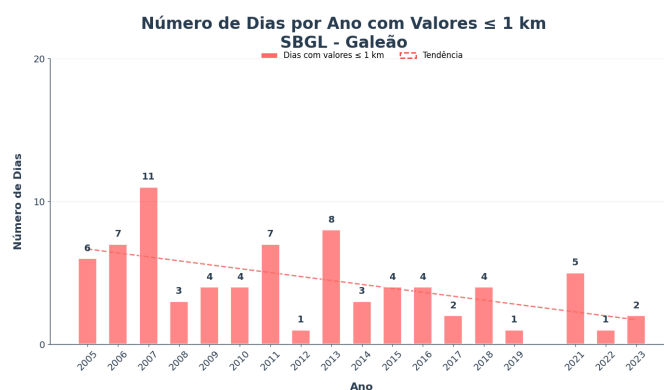


Figura 1 – Número de dias por ano com valores menores ou igual a 1 km de visibilidade para o aeroporto do Galeão

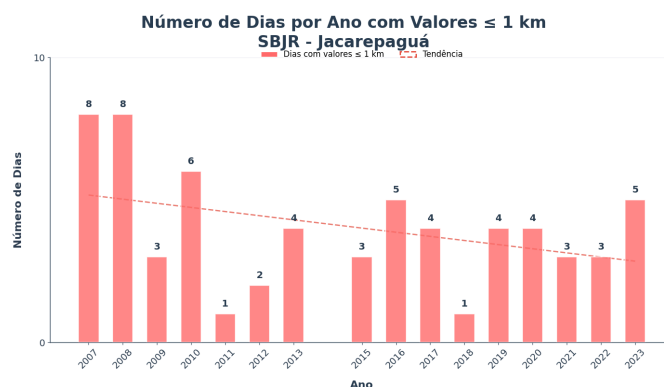


Figura 2 – Número de dias por ano com valores menores ou igual a 1 km de visibilidade para o aeroporto de Jacarepaguá

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

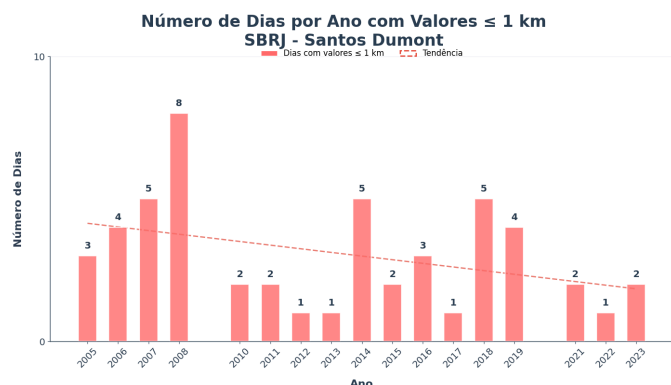


Figura 3 – Número de dias por ano com valores menores ou igual a 1 km de visibilidade para o aeroporto de Santos Dumont

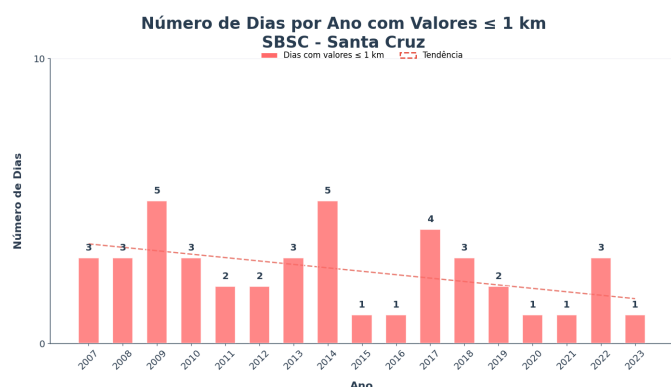


Figura 4 – Número de dias por ano com valores menores ou igual a 1 km de visibilidade para a base aérea de Santa Cruz.

A qualidade do ar das figuras é a média da concentração anual do PM10 para três estações de monitoramento, isto é, E17 (RJ – Centro), E21(RJ Ilha do Governador) e E23(RJ Largo do Bodegão). Uma vez que a E17 se relaciona com a área do aeroporto de Santos Dumont, observa-se uma tendência à estagnação da concentração do PM10 ao longo dos anos, embora com oscilações: assim, a mesma tende a cair como um todo. A E21, que se liga à Ilha do Governador e ao aeroporto Santos Dumont, também mostra uma clara tendência de decréscimo de concentração: após superar crescimentos em 2012 e 2013, houve uma queda substancial, o que indica uma melhoria na qualidade do ar. O E23, dobrada ou relacionada a Santa Cruz, também mostra essa tendência: após grandes crescimentos em 2013 e 2014, houve uma queda em anos subsequentes. Quanto à correlação entre o decréscimo do concentrado da neblina

seca e da névoa e a concentração anual do PM10, esta é muito forte, uma vez que o PM10 é um dos principais componentes da neblina seca com aumento da redução de visibilidade: os gráficos confirmam essa correlação, uma vez que o concentrado de PM10 em Santa Cruz cai ao longo dos anos, e o número de dias com visibilidade inferior a 1 km é menor para o Santos Dumont, a Ilha do Governador e Santa Cruz

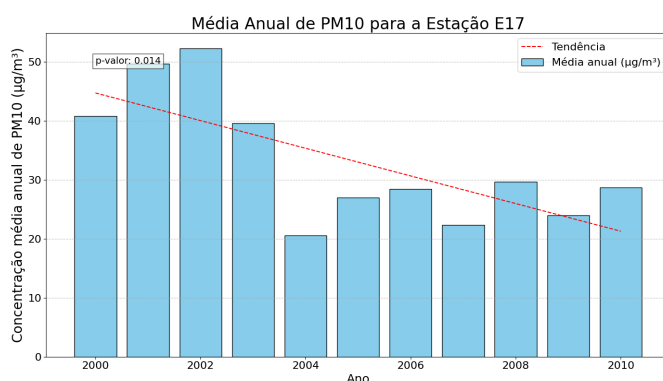


Figura 5 – Média anual de PM10 para a estação E17 – RJ Centro.

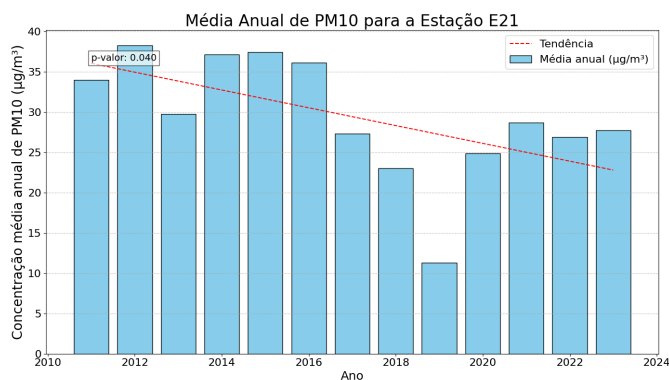


Figura 6 – Média anual de PM10 para a estação E21 – RJ Ilha do Governador

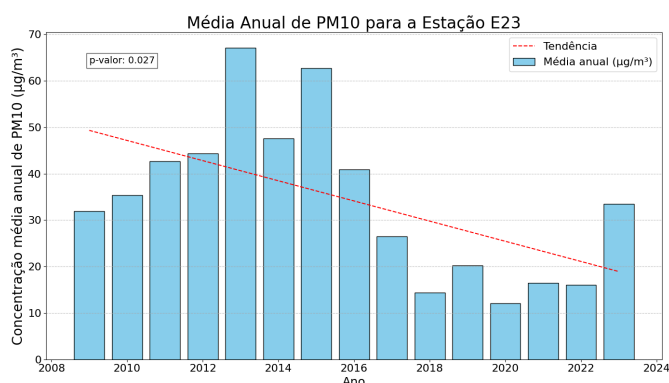


Figura 7 – Média anual de PM10 para a estação E23 –

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

RJ Largo do Bodegão.

Embora a tendência geral seja de melhora, é importante observar que eventos climáticos extremos, como longos períodos de seca, podem afetar temporariamente essa dinâmica. A escassez de chuvas e o crescimento das temperaturas podem agravar a presença de poluentes e partículas de poeira no ar, ocasionando dias com visibilidade comprometida, apesar de uma perspectiva de melhoria a longo prazo. Pesquisas recentes acerca das mudanças climáticas indicam um crescimento na ocorrência e gravidade das secas em várias áreas, o que pode afetar a qualidade do ar e a visibilidade. Isso pode ser observado nos picos de visibilidade em 2007 (um ano marcado por uma severa seca no Rio de Janeiro) ou em 2014 (outro período de seca). Entretanto, a tendência geral de melhoria na qualidade do ar, evidenciada

Conclusões

Os resultados deste estudo sugerem uma forte correlação entre a diminuição dos níveis de PM10 e a melhoria da visibilidade nos aeroportos e em toda a região metropolitana do Rio de Janeiro. A análise dos dados indica que, à medida que o nível de PM10 cai nos pontos de monitoramento, como E17, E21 e E23, respectivamente, a quantidade de dias com visibilidade inferior a 1 km nos aeroportos relevantes cai no mesmo ritmo. Portanto, a análise dos dados acima sugere que, dentre outros, a qualidade do ar está melhorando, e as políticas de controle de poluição parecem tê-lo feito com forte eficácia ao longo do tempo. Entretanto, fatores climáticos e extremos como secas prolongadas malignas podem temporariamente aumentar os níveis de poluição e poeira no ar, levando aos períodos de baixa visibilidade explicados anteriormente, apesar da tendência de longo prazo dos indicadores. Para resumir, a análise dos dados utilizados acima sugere que a qualidade do ar e, portanto, a visibilidade do ar melhorou de maneira confiável na região metropolitana do Rio de Janeiro. Esse conhecimento é crucial para garantir a segurança das atividades de voo, bem como para o planejamento de longo prazo.

Agradecimentos

Agradeço a Universidade Federal de Itajubá pelo financiamento e apoio da pesquisa.

Referências

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2022*. São Paulo: CETESB, 2022.

DECEA – DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. *Como decodificar o METAR e o SPECI*. Disponível em:

<https://ajuda.decea.mil.br/base-de-conhecimento/como-decodificar-o-metar-e-o-speci/>. Acesso em:

MARTINS, L. D. et al. Air quality and visibility in the megacity of Rio de Janeiro, Brazil. *Atmospheric Environment*, v. 44, p. 586–592, 2010.

SONNEMAKER, João Baptista. *Meteorologia: PP - PC - IFR - PLA*. São Paulo: ASA, 2012. 248 p.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2006. Cap. 6.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Global Air Quality Guidelines*. Geneva: WHO, 2021.

YIM, S. H. L. et al. Air quality and public health impacts of UK airports. Part I: Emissions. *Atmospheric Environment*, v. 116, p. 62–72, 2015.

ZHANG, Y. et al. Impacts of aviation emissions on local air quality: Results from the Aviation Emissions Impact Framework. *Environmental Science & Technology*, v. 46, n. 1, p. 465–471, 2012.