

ESTUDO DA TAXA DE RENOVAÇÃO DO AR COM BASE NA CONCENTRAÇÃO DE CO₂ EM LOJAS DE VAREJO

RAFAEL DA ROSA LÜTCHEMEYER^{1,2*}, FABIANO CASSOL^{2,3}

1 Introdução

A qualidade do ar em ambientes fechados está diretamente relacionada à saúde, ao conforto e ao desempenho dos ocupantes, sendo especialmente relevante em locais com grande circulação de pessoas, como estabelecimentos comerciais. Nesses ambientes, o dióxido de carbono (CO₂), produzido principalmente pela respiração humana, é amplamente utilizado como indicador das condições de ventilação, uma vez que seu aumento está relacionado à presença de ocupantes e à insuficiente renovação do ar (Silva et al., 2015). Normas nacionais recomendam que a concentração de CO₂ não ultrapasse 700 ppm acima da concentração externa e estabelecem taxas mínimas de renovação do ar de 27 m³/h.pessoa, ou 17 m³/h.pessoa em ambientes com alta rotatividade de usuários, desde que os níveis do gás permaneçam abaixo de 1.000 ppm (ANVISA, 2003; ABNT, 2023).

Dessa forma, este estudo avalia as variações das concentrações de CO₂ ao longo do dia, buscando verificar se a ventilação natural é suficiente para promover a renovação do ar durante diferentes condições de ocupação. Além do CO₂, outros contaminantes, como material particulado, compostos orgânicos voláteis, formaldeído e agentes biológicos, também podem comprometer a qualidade do ar interior, estando associados a efeitos adversos à saúde e à redução da produtividade dos ocupantes (Allen et al., 2016).

2 Objetivos

2.1 Geral

O objetivo geral deste projeto é investigar a variação temporal de CO₂ em um supermercado local.

1 Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus Cerro Largo*, contato: rafael.lutchemeyer@uffs.edu.br.

2 Grupo de Pesquisa em Recursos Energéticos e Tecnologias Limpas.

3 Doutor em Fenômenos de Transporte (UFRGS), docente UFFS *campus Cerro Largo*, contato: fabiano.cassol@uffs.edu.br, Orientador.

2.2 Específicos

Os objetivos específicos são:

- Estimar as variações temporais no fluxo de pessoas ao longo do dia;
- Determinar as taxas de emissões de CO₂ em cada departamento;
- Estimar o número de ocupantes a partir do balanço de massa do CO₂;
- Determinar a taxa de renovação do ar no edifício.

3 Metodologia

A metodologia do estudo consiste na avaliação da taxa de renovação do ar (ACH) em um supermercado localizado em Cerro Largo (RS), utilizando a concentração de CO₂ como indicador da qualidade do ar interior. Foram realizadas medições contínuas em quatro pontos distintos do estabelecimento durante sete dias consecutivos, permitindo analisar o comportamento das concentrações de CO₂ em ocupação e desocupação do ambiente.

As medições foram realizadas com o equipamento Testo 160 IAQ, programado para registrar dados em intervalos de um minuto e instalado na zona de respiração dos ocupantes (1,5 m de altura). O supermercado opera com ventilação natural, de modo que a renovação do ar ocorre por meio de portas, janelas, frestas e infiltrações. A escolha do ambiente justifica-se pela elevada circulação de pessoas ao longo do dia e pela necessidade de verificar se as condições de ventilação atendem às recomendações das normas vigentes.

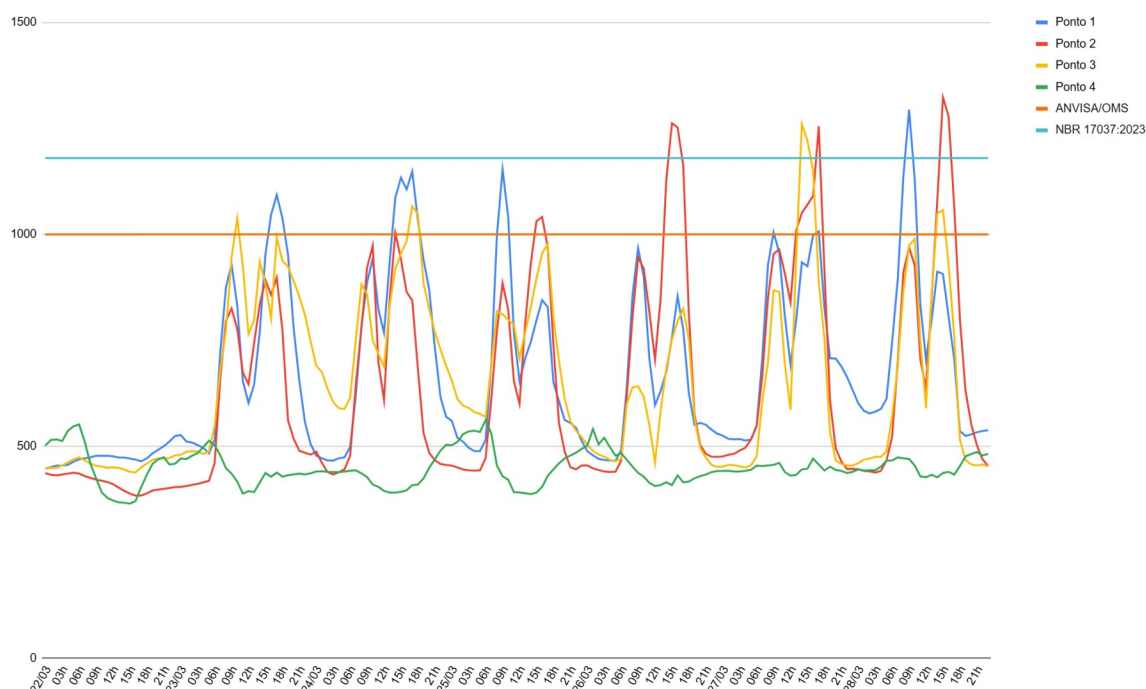
A determinação da taxa de renovação do ar foi baseada no balanço de massa do CO₂, permitindo estimar a ventilação por infiltração durante os períodos sem ocupação, o número de ocupantes a partir da taxa de aumento das concentrações do gás e a eficiência da ventilação natural nos períodos de maior ocupação. Dessa forma, a metodologia possibilita avaliar se a renovação do ar é suficiente para atender às condições adequadas de qualidade do ar interior.

4 Resultados e Discussão

O monitoramento realizado no supermercado local permitiu avaliar a influência da ocupação sobre as concentrações de CO₂ e a eficiência da ventilação natural nos diferentes setores do estabelecimento. Os resultados demonstraram que as concentrações de CO₂ apresentaram variações significativas ao longo do dia, acompanhando os períodos de maior

circulação de pessoas. Em diversos momentos, os valores registrados ultrapassaram os limites recomendados pelas normas, indicando que a elevada ocupação, junto à limitada renovação do ar, favorece o acúmulo de CO₂ no ambiente interno. Na Figura 1 observa-se a variação temporal da concentração de CO₂ ao longo dos dias nos 4 diferentes pontos (ponto 4 externo).

Figura 1 - Variação temporal da concentração de CO₂ ao longo de uma semana em cada ponto do estabelecimento.



Fonte: Autores, 2026.

O Quadro 1 apresenta os principais resultados obtidos durante o monitoramento, contemplando a taxa de renovação do ar (ACH) no período em que o estabelecimento estava desocupado (apenas por infiltração), a estimativa do número de ocupantes durante um intervalo de crescimento contínuo da concentração de CO₂ e a taxa de renovação do ar considerando a presença de ocupantes nesse mesmo período. Dessa forma, os dados permitem comparar as condições de ventilação do ambiente com e sem ocupação, contribuindo para a avaliação da influência da presença de pessoas na qualidade do ar interno.

Quadro 1 - Resultados do monitoramento em cada ponto do estabelecimento

Ponto	ACH sem ocupação	Estimativa de ocupantes	ACH durante ocupação	Pico de CO ₂
1 (Fruteira)	0,24 h ⁻¹	65 pessoas	0,45 h ⁻¹	1.409 ppm
2 (Caixas)	0,60 h ⁻¹	63 pessoas	0,24 h ⁻¹	1.455 ppm
3 (Bebidas)	0,60 h ⁻¹	104 pessoas	0,42 h ⁻¹	1.414 ppm

Fonte: Autores, 2026.

Esses resultados indicam que as taxas de renovação do ar observadas nos diferentes setores, tanto em condições de ocupação quanto de desocupação, foram insuficientes para garantir uma ventilação adequada. Essa condição favoreceu o acúmulo de CO₂ e, consequentemente, de outros contaminantes no ambiente interno, especialmente durante os períodos de maior ocupação.

Por fim, as medições realizadas no ambiente externo apresentaram concentrações médias de CO₂ próximas a 450 ppm, mantendo-se relativamente estáveis durante o período monitorado. Esses valores foram utilizados como referência nos cálculos da taxa de renovação do ar, permitindo verificar que as concentrações mais elevadas registradas no interior do supermercado estão relacionadas principalmente à presença de ocupantes e à limitada capacidade de renovação natural do ar em determinados setores.

De modo geral, os resultados reforçam a importância do monitoramento da qualidade do ar em ambientes de uso coletivo, especialmente em locais com elevada circulação de pessoas. Além disso, evidenciam que a ventilação natural existente no supermercado apresenta limitações para promover uma renovação adequada do ar durante os períodos de maior ocupação, podendo contribuir para o aumento das concentrações de CO₂ e de outros contaminantes no ambiente interno.

5 Conclusão

Conclui-se que a ventilação natural do supermercado estudado apresenta limitações para manter concentrações adequadas de CO₂ durante os períodos de maior ocupação. As taxas de renovação do ar obtidas evidenciaram que a elevada circulação de pessoas influencia

diretamente o acúmulo do contaminante no ambiente interno, resultando em concentrações superiores aos limites recomendados em determinados momentos. Dessa forma, o monitoramento do CO₂ mostrou-se uma ferramenta eficiente para avaliar a qualidade do ar interior e a eficiência da ventilação, permitindo identificar setores mais críticos do ambiente. Os resultados reforçam a necessidade de medidas que promovam uma renovação do ar mais eficiente, especialmente em ambientes comerciais com grande fluxo de pessoas.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 17037: Qualidade do ar interior em ambientes não residenciais climatizados artificialmente – Padrões referenciais. 1. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução-RE n.º 9, de 16 de janeiro de 2003. Dispõe sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Brasília, DF.

ALLEN, J. G.; MACNAUGHTON, P.; SATISH, U.; SANTANAM, S.; VALLARINO, J.; SPENGLER, J. D. *Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study*. *Environmental Health Perspectives*, v. 124, n. 6, p. 805–812, 2016.

SILVA, B. L. da; ODISI, F.; NORILER, D.; REINEHR, E. L. Estudo da distribuição e evolução da concentração de dióxido de carbono em uma sala de aula. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA (COBEQ), 20., 2015. São Paulo: Blucher, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5151/chemeng-cobeq2014-1522-18890-142676>.

Palavras-chave: Qualidade do ar interior; Contaminantes; Ventilação.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2025-0401

Financiamento

