

CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO EM SALAS DE AULA DA UFCG, CLIMATIZADAS ARTIFICIALMENTE

SILVIA NOELLY RAMOS DE ARAÚJO^{1*}; SOAHD ARRUDA RACHED FARIAS²; DÉBORA SAMARA CRUZ ROCHA FARIAS³

¹Doutoranda em Construções Rurais e Ambiente, UFCG, Campina Grande-PB, noelly_cg@hotmail.com;

²Dra. em Engenharia Agrícola, Prof. Adjunto, UFCG, Campina Grande-PB, soahd@deag.ufcg.edu.br;

³Doutoranda em Irrigação e Drenagem, UFCG, Campina Grande-PB, debisancruz@yahoo.com.br.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Por motivo estético, redução de ruído e pelo controle de temperatura, as salas de aula foram se tornando ambientes cada vez mais fechados. Essa tendência diminuiu a qualidade do ar devido ao efeito cumulativo da concentração de dióxido de carbono que está associada a grande densidade e permanência prolongada de indivíduos junto a insuficiência de renovação de ar no ambiente. As consequências vão desde o excesso de bocejo, mal-estar e diminuição do rendimento até asfixia. Partindo dessa premissa, este estudo teve por objetivo monitorar as concentrações de dióxido de carbono no interior das salas de aula do bloco CAA da UFCG, que fazem uso de climatização artificial. As coletas foram realizadas em maio de 2018 das 7h30min às 18h, com leituras de 5 min em intervalos de 30 min. Utilizou-se como parâmetro de comparação valores recomendados pela Resolução n° 9 da ANVISA. Os resultados permitiram o conhecimento quanto a qualidade do ar nesses ambientes, com valores que variaram entre 699 ppm às 7h30min a 4736 ppm às 18h, estando bem acima da taxa de referência de 1000 ppm. Sugere-se, portanto, a implementação de medidas simples como a abertura de portas e janelas nos intervalos das aulas para renovação do ar de modo a garantir conforto e bem-estar aos ocupantes.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade do ar interior, CO₂, ambiente fechado, ar condicionado

CONCENTRATION OF CARBON DIOXIDE IN UFCG CLASSROOM, ARTIFICIALLY CLIMATIZED

ABSTRACT: For aesthetic reasons, noise reduction and temperature control, classrooms became more and more closed environments. This trend has reduced air quality due to the cumulative effect of carbon dioxide concentration which is associated with high density and prolonged residence of individuals together with insufficient air renewal in the environment. The consequences range from over-yawning, malaise and decreased performance to suffocation. Based on this premise, this study aimed to monitor the concentrations of carbon dioxide inside the classrooms of the CAA block of the UFCG, which use artificial climatization. The collections were carried out in May 2018 from 7:30 a.m. to 6:00 p.m., with readings of 5 min at 30 min intervals. Values recommended by Resolution No. 9 of ANVISA were used as a comparison parameter. The results allowed the knowledge of the air quality in these environments, with values ranging from 699 ppm to 7:30 am to 4736 ppm at 6:00 p.m., well above the reference rate of 1000 ppm. Therefore, it is suggested to implement simple measures such as opening windows and doors in the intervals of classes to renew the air in order to guarantee comfort and well-being to the occupants.

KEYWORDS: indoor air quality, CO₂, enclosed environment, air conditioning

INTRODUÇÃO

Normalmente, as salas de aula são ambientes densamente ocupados por longo período de tempo e com renovação de ar deficitária, o que favorece a concentração de um conjunto diversificado de poluentes, principalmente o dióxido de carbono (CO₂) liberado pela respiração. Em salas com uso de climatização artificial, esse cenário pode ser ainda mais perigoso, pois há aspiração de ar viciado durante

horas, e a má qualidade desse ar pode estar relacionado a diversos fatores, inclusive a redução de desempenho do alunado.

O split-system, são sistemas eficientes de resfriamento de ambiente sendo bastante utilizado na atualidade, no entanto, em seu projeto não há a previsão para renovação de ar necessária na eliminação ou diluição dos poluentes internos (Suzuki e Prado, 2010).

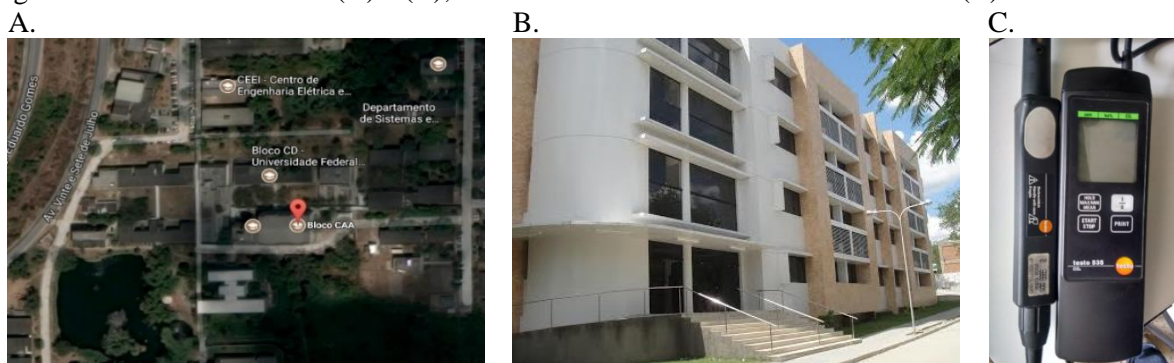
O CO₂ é um gás incolor, inodoro e insípido, constituinte da atmosfera terrestre em concentrações de aproximadamente 408 ppm, segundo medição feita pelo observatório de Mauna Loa, no Havaí (EUA) em fevereiro de 2018. No interior das edificações, as concentrações de CO₂ são superiores que ao ar livre, devido ao processo de respiratório dos indivíduos (Satish et al., 2012) com valores podem variar de 500 a 5000 ppm (Alfano et al., 2010). Quando inalado taxas acima de 1000 ppm, o dióxido de carbono causa desconforto e sintomas como sonolência, dores de cabeça, falta de concentração e redução de desempenho (Silva et al., 2014). Em concentrações próximas a 30.000 ppm pode causar convulsões e até mesmo a morte por asfixia (Odisi, 2013). A Resolução nº 9/2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece que a concentração máxima permitida de CO₂ no ambiente seja de 1000 ppm, isto é, 0,1% da composição do ar.

A identificação e o reconhecimento do ponto de vista técnico destes parâmetros são importantes para auxiliar na implementação de medidas de controle que visam assegurar a saúde e o bem-estar dos ocupantes desses ambientes. Portanto, objetivou-se monitorar ao longo do dia, a concentração de CO₂ no interior das salas de aula do bloco CAA da UFCG, que fazem uso de climatização artificial.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido nas salas de aula do bloco CAA (Figura 1A e 1B) no *Campus I* da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com coordenadas 7°21'42.75"S e 35°90'81.27"W. As coletas foram realizadas em 03 de maio de 2018, das 7h30min às 18h, ao longo expediente de aula, com pausa das 12h05min às 13h25min, correspondendo o intervalo para almoço. Para leituras das concentrações de CO₂ foi utilizado o sensor infravermelho modelo Testo 535 (Figura 1C) que indica no *display* a concentração de CO₂ em partes por milhão (ppm), com faixa de medição de 0 a 9999 ppm e resolução de 1 ppm. Cada leitura teve duração de 5 min em intervalos de 30 min, totalizando 20 leituras.

Figura 1. Bloco CAA/UFCG (A) e (B); Sensor de dióxido de carbono – Testo 535 (C).



Fonte: Google Earth 2018 (A); Autores (B) e (C).

Foram selecionadas as salas do térreo: 101 e 104 (Figura 2A e 2B), com área de 8 x 17,5 m e capacidade máxima de ocupação de 110 alunos. E a sala 303 (Figura 2C), do 2° andar, que possui área de 7 x 7 m e capacidade de ocupação de 60 alunos. Todas as salas possuem uma única porta de acesso, com janelas de vidro que permanecem fechadas durante todo tempo como forma de evitar ruídos da parte externa, bem como, para climatização que é feita por uso de ar condicionado do tipo split teto-piso. Nas salas 101 e 104 são utilizados dois, enquanto na sala 303 faz uso de apenas um ar condicionado, todos com capacidade de 55.000 BTU.

As coletas foram realizadas no ponto central da sala, local com maior concentração de alunos e distante do fluxo de ar. Para facilitar as leituras, foi adaptado um prolongador ao sensor de CO₂ sendo direcionado para o corredor central da sala, e mantido a altura de 1,50 m do piso, conforme especificado pela Resolução nº 9 da ANVISA.

Figura 2. Leitura e coleta de dados nas salas: 101 (A), 104 (B) e 303 (C).



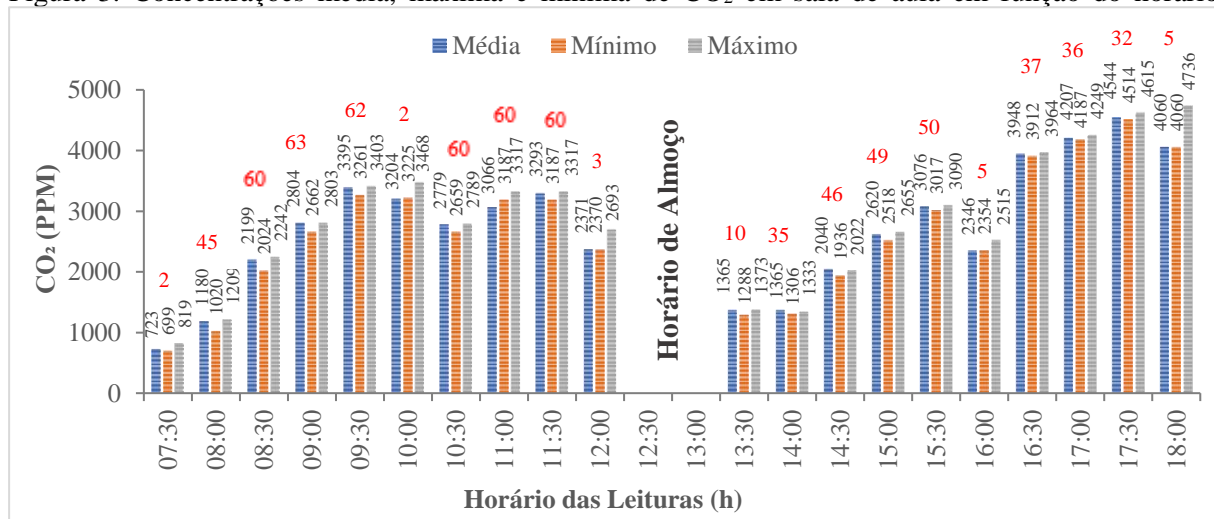
Fonte: Autores

Em ambientes confinados, para garantir o conforto e bem-estar dos ocupantes, a norma brasileira regulamentou o limite de concentração de CO₂ de 1000 ppm, com taxa de renovação de ar em ambientes climatizados de 27 m³/h. pessoa, e em locais com alta rotatividade de indivíduos, ficou estabelecido a taxa mínima de 17 m³/h. pessoa (ANVISA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível observar na Figura 3 as concentrações máximas e mínimas de CO₂ em função do horário e da ocupação de alunos na sala no momento da coleta, percebendo-se a proporcionalidade das variáveis, e seu efeito cumulativo ao longo do dia. É importante salientar que o número de alunos estavam bem abaixo que a capacidade máxima de ocupação das salas, podendo esses valores serem ainda maiores.

Figura 3. Concentrações média, máxima e mínima de CO₂ em sala de aula em função do horário



*Referência: valores em vermelho refere-se à quantidade de alunos presentes na sala de aula no momento da leitura.

Para todas as salas e horários analisados, apenas no momento da primeira leitura às 7h30min, que os valores estiveram dentro do limite de 1000 ppm recomendado pela ANVISA para ambiente confinado. Esse resultado pode estar associado ao número reduzido de alunos, favorecido pelo uso de ar condicionado com a permanência da porta aberta, forçando assim a expulsão do ar. Isto indica que, mesmo não sendo a alternativa mais recomendada devido o aumento no consumo de energia para manter a temperatura estável no interior da sala, configura-se como uma possível forma de rebaixar as concentrações de CO₂.

Ainda que a taxa de CO₂ seja bastante influenciada pela alta densidade e permanência prolongada de ocupantes no ambiente, observando as médias no período estudado, demonstrou que a insuficiência da renovação do ar sobre o efeito cumulativo da concentração de CO₂ foi sobretudo, um fator preponderante na má qualidade do ar. Esse efeito, está claramente evidenciado nos intervalos das aulas às 10, 12, 16, atingindo máxima de 4736 ppm às 18 h, e mesmo com número reduzido de alunos as médias mantiveram-se elevadas, na ordem de 3225, 2370, 2354 e 4060 ppm, respectivamente. Com desocupação total da sala no intervalo para almoço, após passados 1h30min a taxa média obtida foi de

1288 ppm, bem como, às 7h30min após mais de 12 h de desocupação, a média registrada foi de 723 ppm. Esses resultados corroboram com os obtidos por Farias et al. (2018) onde observaram que no turno da manhã com maior número de alunos na sala, as concentrações foram menores que no turno da tarde, atingindo máxima às 17h30min mesmo sem haver ocupação de alunos.

Os valores obtidos estão em desconformidade com a norma vigente, sendo referenciados como grande causa do excesso de bocejo, sonolência, mal-estar e redução de rendimento, muito embora, estão bem abaixo dos patamares com risco de asfixia, perda de consciência e morte (Prochnow, 2003; Odisi, 2013). Satish et al. (2012) ao observarem a influência da qualidade do ar em ambientes de trabalho e salas de aula submetidos a taxa mínima de 600 ppm, concluíram houve uma queda no desempenho dos indivíduos principalmente na tomada de decisão no que envolve iniciativa e estratégia. Considerando que as aulas nas salas analisadas são de disciplinas das ciências exatas, onde a principal característica é o raciocínio lógico e a capacidade de abstração, as taxas obtidas deve ser um componente resposta para tomada de medidas corretivas.

Ao final dia, devido aspiração de grande carga de CO₂ dos ambientes, os pesquisadores sentiram dores de cabeça e falta de ar. Prochnow (2003) referenciou que conforme o nível de concentração aumenta, o indivíduo sente como se não houvesse ar suficiente no ambiente. Fica como sugestão para próxima pesquisa, um breve questionário a ser aplicado entre professores e alunos.

CONCLUSÃO

As concentrações de CO₂ ultrapassaram em 95% do tempo de coleta a taxa 1000 ppm estabelecida pela norma, que visa garantir qualidade do ar aos ocupantes de ambientes público e coletivo, climatizados artificialmente.

Ficou evidente o efeito cumulativo do CO₂ em ambientes com climatização artificial que possui deficiência da renovação de ar natural, resultando em taxas próximas a 5000 ppm ao final do expediente de aula.

É necessário a tomada de atitudes simples como a abertura de portas e janelas nos intervalos das aulas para renovação do ar viciado, de modo a garantir conforto e bem-estar aos ocupantes.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Alfano, F. R. A.; Bellia, L.; Boerstra, A.; Dijken, F. V.; Ianniello, E.; Lopardo, G.; Minichiello, F.; Romagnoni, P.; Silva, M. C. G. da. Ambiente Interior e Eficiência Energética nas Escolas. (1ª Parte – Princípios), Ingenium Edições: Lisboa, 2010.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2003). Resolução nº 9: Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo.
- Farias, S. A. R.; Araújo, S. N. R. de. Lima, T. L. B.; Lima, S. S. de. Bortoluzi, C. R. D. Monitoramento do CO₂ Incrementado em Sala de Aula Fechada e Com Ar Condicionado na Ufmg. Gestão Integrada de Resíduos Universidade & Comunidade. v.2, p.291-294, 2018.
- Odisi, F. Avaliação da evolução e estratégias para controle da concentração do dióxido de carbono em uma sala de aula, 2013. Dissertação Mestrado.
- Parreial, A. R. V. Caracterização da Qualidade do Ambiente Interior num Edifício Escolar Recentemente Requalificado, 2011. Dissertação Mestrado.
- Prochnow, M. A. Monitoramento de gases – estudo comparativo das principais tecnologias de sensores e aspectos relacionados, 2003. Dissertação Mestrado.
- Satish, Y.; Mendell, M. J.; Shekhar, K.; Hotchi, T.; Sullivan, D.; Streufert, S.; Fisk, W. J. Is CO₂ an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision-Making Performance. Environmental Health Perspective. v.120, p.2-35, 2012.
- 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. São Paulo, 2014. Anais...São Paulo, 2014.
- Suzuki, E. H.; Prado, R. T. A. Avaliação do Conforto Térmico e do Nível de CO₂ em Edifícios de Escritório com Climatização Artificial na Cidade de São Paulo. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Canela, 2010. Anais...Canela, 2010.