

MONITORAMENTO DO CO₂ INCREMENTADO EM SALA DE AULA FECHADA E COM AR CONDICIONADO NA UFCG

Soahd Arruda Rached Farias¹
Silvia Noelly Ramos de Araújo²
Thalis Leandro Bezerra Lima³
Samandra Silva de Lima⁴
Clodoaldo Roque Dallajustina Bortoluzi⁵

¹Prof. Adj. em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-Paraíba, Brasil, soahd.rached@ufcg.edu.br

²Doutoranda em Construções Rurais e Ambiente, UFCG, Campina Grande-Paraíba, Brasil, noelly_cg@hotmail.com

³Graduando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-Paraíba, Brasil, tthallisma@gmail.com

⁴Graduanda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-Paraíba, Brasil, limasamandra@gmail.com

⁵Doutor Economista, professor aposentado, UFCG, Campina Grande-Paraíba, Brasil, clodoaldobortoluzi@uol.com.br

Introdução

Atualmente, um aluno passa cerca de 37% do seu dia no interior de um edifício e, muitas vezes, sujeito a um ar composto por um conjunto diversificado de poluentes, que poderão comprometer a sua saúde a curto e a longo prazo (PARREIRAL, 2011). Esses poluentes estão ligados a falta de renovação de ar no interior da sala, e quando somados a grande densidade de indivíduos por períodos prolongados resulta em concentração de dióxido de carbono acima dos limites toleráveis para o bom funcionamento do metabolismo.

O dióxido de carbono (CO₂) é um gás incolor, inodoro e insípido, constituinte da atmosfera terrestre com concentrações de aproximadamente 412ppm, em regiões não poluídas (PARREIRAL, 2011). No interior de edifícios as concentrações de CO₂ podem variar entre 500 e 5000 ppm (ALFANO et al., 2010). Quando inalado em concentrações acima de 1000 ppm, o dióxido de carbono causa desconforto e sintomas como sonolência, dores de cabeça, falta de concentração e redução de seu desempenho (SILVA et al., 2014). Em concentrações próximas a 30.000 ppm pode causar convulsões e até mesmo a morte por asfixia (ODISI, 2013).

O monitoramento quanto as concentrações de CO₂ em ambientes fechados é de extrema importância, já que se trata de um inimigo silencioso e imperceptível. Com essa premissa, objetivou-se verificar a qualidade do ar ao longo do dia em sala de aula da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), onde foram mensurados ao longo do dia os níveis de dióxido de carbono em ambiente climatizado por ar condicionado modelo split piso-teto.

Material e Métodos

Esse trabalho foi desenvolvido no Campus I da UFCG, com coordenadas 7°21'42.75"S e 35°90'81.27"W, no dia 16 de março de 2017 (Figura 1A).

As leituras das concentrações de CO₂ foram realizadas utilizando-se o sensor infravermelho modelo Testo 535, Figura 1B, com faixa de medição de 0 a 9999 ppm e resolução de 1 ppm. A coleta de dados ocorreu no período das 8 às 18h30min, compreendendo ao horário de aula, com pausa das 12h30min às 13h30min, correspondendo o horário do almoço. Cada leitura teve duração de 5 min em intervalos de 30 min, totalizando 19 leituras.



Figura 1. Bloco CAA (A); Sensor de medição de dióxido de carbono (B).

Foi escolhido o bloco CAA, sala 101, que está localizada no térreo do prédio. A sala possui capacidade máxima de ocupação para 110 pessoas com área de 8 m x 17,5m e uma única porta de acesso pela frente da sala, as janelas de vidro que permanecem fechadas ao longo do dia devido a climatização ser feita por ar condicionado (Figuras 2A e 2B) bem como, devido aos ruídos externos. As coletas foram feitas no ponto central da sala, tendo o grupo de pesquisadores do trabalho, revezado e sentado na mesma cadeira da quinta fileira (Figura 2B), usando um prolongador do sensor de CO₂ direcionado para o corredor central da sala e local distante do fluxo do ar condicionado e próximo a maior concentração de alunos.



Figura 2. Sala de aula do bloco CAA – UFPA: Panorama da sala visto frente e próximo a porta de entrada (A); uso de ar condicionado (split) e ponto de coleta de dados de CO₂ (B).

Os resultados foram comparados aos valores recomendados por norma brasileira para concentração de CO₂. Em ambientes confinados é regulamentado pela Resolução nº09 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que fixa o limite de 1000 ppm para garantir o conforto e bem-estar dos ocupantes (ANVISA, 2003). A taxa de renovação de ar adequada em ambientes climatizados foi estabelecida como 27 m³/h. pessoa, exceto em casos de alta rotatividade de pessoas, onde é recomendada uma 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 do número de ocupantes na sala, percebendo-se a proporcionalidade das variáveis, e seu efeito cumulativo ao longo do dia.

Valores em vermelho sublinhado refere-se à quantidade de alunos presentes na sala de aula em cada horário de coleta.

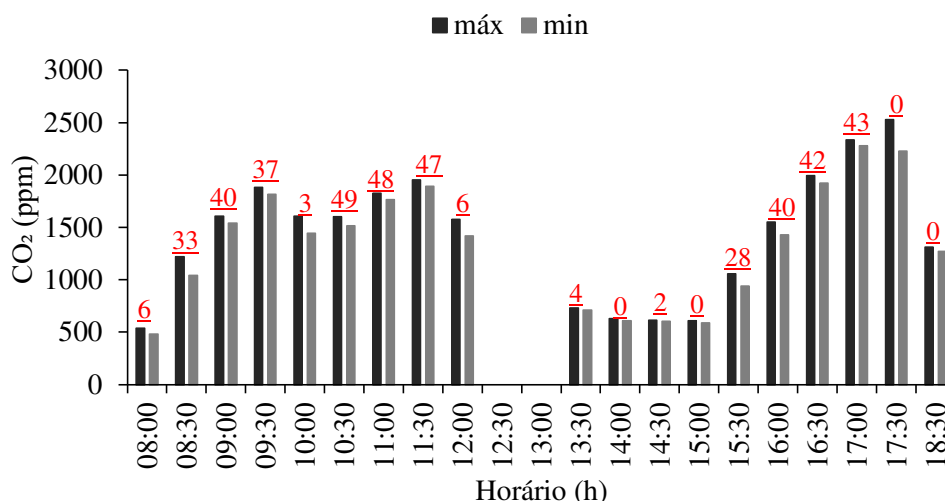


Figura 3. Concentração de CO₂ em sala de aula em função do horário.

As máximas variaram entre 538 ppm às 8 h e 2526 ppm às 17h30min, ultrapassando o valor de 1000 ppm em todos os momentos que os alunos estavam em sala de aula, ou tinha aula em seguida, ultrapassando o recomendado pela ANVISA para ambiente fechado, mesmo quando reduzia o nível, existia a porta aberta para entrada ou descuido dos alunos, permitindo que jatos de ar dos dois Split piso-teto com capacidade de 55.000 BTU cada, o mais próximo da frente, forçasse a expulsão do ar pela porta aberta, isto indica que, a forma possível de rebaixar o nível de CO₂ não é a mais recomendada, pois a sala ao ficar aberta, demanda mais energia de equilíbrio para a temperatura estabelecida pelo equipamento. Apenas no horário das 13h30min às 15 h as taxas ficaram dentro do limite recomendado, sendo possível perceber o número reduzido de pessoas por não haver aula neste horário.

Nunes (2013) ao analisar as concentrações de CO₂ em 3 salas de aulas de universidade, constatou valores que também extrapolaram a norma, variando de 837,5 a 2191ppm. É possível perceber a aproximação desses valores com os obtidos nesta pesquisa, reforçando a má qualidade do ar em ambientes confinados com uso de ar condicionado e sem renovação do ar.

Analisando as taxas de CO₂ em função do número de ocupantes na sala, percebe-se altos valores nos horários primeiros e últimos horários de coleta, mesmo não havendo ocupação de alunos na sala. No período da manhã, entre 10h30min e 11h30min, horário com maior número de alunos em sala, as taxas variaram entre 1599 e 1952 ppm, respectivamente, mantendo-se abaixo do valor no período da tarde com a ocupação de alunos, mesmo que em menor número. Esse resultado mostra claramente o efeito cumulativo de CO₂ ao longo do dia associado à falta de renovação de ar neste ambiente. Tem-se ainda que, passados quase 1h30min da desocupação total da sala, a taxa máxima registrada foi de 1313 ppm às 18h30min.

É importante salientar que, esses valores podem ser ainda maiores por dois fatores que devem ser levados em consideração. A sala não atingiu sua capacidade máxima de ocupação, que normalmente são de 110 alunos, já que essa era a semana das finais do trimestre de 2016.2. Outro fator se deve à falta de aula no horário das 14 às 16 h, que como pode ser observado reduziu significativamente as concentrações de CO₂ devido o menor número de alunos na sala.

De acordo com um estudo realizado por Satish et al. (2012), da State University of New York, em parceria com a University of California, contou com a participação de 24 voluntários envolvendo a concentração de dióxido de carbono no ar em ambientes de trabalho e salas de aula, concluíram que a qualidade do ar altera o desempenho dos alunos quando comparados com o nível mínimo de 600 ppm, e a maior queda de desempenho aconteceu em dois tipos de decisões - as que envolvem iniciativa e as que envolvem estratégia.

Considerando que esta sala de aula atende disciplinas de logica para as ciências exatas, como cálculo diferencial I, Algebra Vetoriale físicas, é importante ser colocado este tipo de estudo como componente de resposta, já que em ambientes bem arejados, com circulação de ar natural, a concentração de dióxido de carbono diminui e, com isso, a sensação de sonolência tende a diminuir. O ato excessivo de bocejar também está relacionado a qualidade do ar nesses ambientes, pois quando bocejamos, nosso corpo está tentando reequilibrar a relação entre oxigênio e CO₂ no sangue. Portanto,

a quantidade e a qualidade de ventilação natural mantendo-se janelas e portas diariamente abertas antes do início das aulas ou no meio dia, poderia ser uma solução.

Conclusão

O uso de ar condicionado do tipo Split piso-teto na avaliação, não apresentou eficiência na troca do ar, implicando no aumento crescente da concentração de CO₂ ao longo de cada expediente com aula, com resultados piores ao fim da última aula da tarde.

Apesar do número reduzido de aluno no dia da coleta, os valores obtidos ultrapassaram a taxa de referência de 1000 ppm para ambientes confinados, apontando níveis ainda mais elevados quando a densidade de ocupação dos alunos chega próximo a capacidade máxima da sala.

Existe necessidade de arejar a sala com abertura de algumas janelas e porta, preferencialmente após a última aula da manhã.

Referências

- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 9: Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo. 2003.
- 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.
- NUNES, L. G. Avaliação da qualidade do ar interno de salas de aula. Monografia. 46p. 2013.
- ODISI, F. Avaliação da evolução e estratégias para controle da concentração do dióxido de carbono em uma sala de aula. Dissertação Mestrado. 2013.
- PARREIAL, A. R. V. Caracterização da Qualidade do Ambiente Interior num Edifício Escolar Recentemente Requalificado. Dissertação Mestrado. 2011.
- SATISH, U, 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 Perspectives". (2012). Disponível em: <https://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/2012/09/ehp.1104789.pdf>. Acesso em: março de 2017.
- 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. XX COBEQ. 2014.