

Diagnóstico da qualidade do ar interno das edificações do campus da Unifor

Mayra Soares de Mesquita

Universidade de Fortaleza,
Av. Washington Soares, Nº
1321, Bairro Edson Queiroz
mayra@edu.unifor.br

Flora Mendes Araújo

LimaUniversidade de
Fortaleza, Av. Washington
Soares, Nº 1321, Bairro Edson
Queiroz flora@unifor.br

Resumo

Este trabalho apresenta uma investigação sobre a qualidade do ar interior no campus da Unifor. Nele são apresentados os resultados de medições e análises da quantidade de CO₂, temperatura, velocidade e umidade do ar realizados em diversos ambientes climatizados, bem como em ambientes ventilados naturalmente. Estes dados indicam o índice de renovação do ar interno ao qual os alunos e funcionários são expostos diariamente. As medições foram conferidas em ambientes destinados ao ensino-aprendizagem e realizadas com equipamentos existentes na universidade, no laboratório de conforto ambiental.

Palavras-chave: *Qualidade do ar. Edifício doente. Salubridade do ar. Saúde ocupacional.*

Abstract

This paper is an investigation about indoor air quality. The work was developed in Unifor campus taking measurements of temperature, humidity, CO₂ level and velocity of the air inside naturally artificially ventilated rooms. The data was analyzed and evaluated against recommended conditions of indoor air quality.

Keywords: *Air quality. Sick building. Working conditions.*

1 Introdução

Os ambientes fechados climatizados artificialmente causam a redução drástica da captação do ar externo, ocasionando o aumento da concentração de poluentes químicos, como o monóxido e o dióxido de carbono (CO e CO₂), amônia, dióxido de enxofre e formaldeído, provenientes de materiais de construção, materiais de limpeza, fumaça de cigarros, fotocopiadoras e pelo próprio metabolismo humano. Tais locais, por serem “hermeticamente” fechados, apresentam outro problema quanto à regulagem da umidade e temperatura do ar, o que é prejudicial à saúde, uma vez que diferentes espécies de microorganismos se desenvolvem em diferentes combinações de umidade e temperatura.

Estes ambientes podem se tornar nocivos para a saúde dos seus ocupantes, podendo surgir sintomas, como dor de cabeça, fadiga, sonolência, fraqueza, tontura e enjôo e sintomas relacionados à irritação da membrana mucosa como irritação ocular, nasal e de garganta, resfriado, dificuldade para focalizar e dificuldade respiratória, causados, principalmente, pela má ventilação, má distribuição do ar e controle deficiente da temperatura.

Estes fatores foram a causa do que se convencionou chamar de “Síndrome do Edifício Doente”, quando, em 1982, a Organização Mundial de Saúde – OMS reconheceu a existência da baixa qualidade do ar de interiores e classificou como um problema de saúde ocupacional (World Health Organization. Sick Building Syndrome. Genebra: OMS. Disponível em: <http://www.who.int/csr/don_2003_04_26/en/> Acesso: 20/03/05).

No Brasil, em agosto de 1998, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, órgão regulamentador do sistema de saúde, publica a Portaria nº 3.523, com regulamentações a respeito da qualidade das instalações dos sistemas climatizados e, em outubro de 2000, a Resolução nº 176, contendo parâmetros biológicos, químicos e físicos através dos quais é possível avaliar a qualidade do ar interior. (Instituto Nacional de Metrologia. Qualidade do Ar em Estabelecimentos de Uso Público e Coletivo. Brasil. Inmetro. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/QualidadedoAr_b.asp> Acesso em 20/03/05).

Para a ANVISA, a Síndrome dos Edifícios Doentes consiste no surgimento de sintomas que são comuns à população em geral, mas que, numa situação temporal, pode ser relacionado a um edifício em particular. Um incremento substancial

na prevalência dos níveis dos sintomas, antes relacionados, proporciona a relação entre o edifício e seus ocupantes. De acordo com a ANVISA, os valores máximos recomendáveis para contaminação química são de 1000 ppm de dióxido de carbono (CO₂), como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar.

A faixa recomendada de temperatura em ambientes climatizados deve variar de 23°C a 26°C no verão, e a faixa máxima é de 26,5°C a 27°C, com exceção de áreas de acesso que poderão operar até 28°. No inverno, a faixa recomendável deve variar de 20°C a 22°C. A faixa recomendável de operação da Umidade Relativa, nas condições internas para verão, deverá variar de 40% a 65% e, no inverno de 35% a 65%, e a faixa recomendável de operação da Velocidade do Ar, no nível de 1,5m do piso, deverá variar de 0,025 m/s a 0,25 m/s (Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 176, 2000).

Com a pouca renovação do ar, diminui-se também a cubagem de oxigênio. Sendo o oxigênio uma das substâncias requeridas pelas reações químicas das células, seu déficit pode causar danos aos ocupantes de ambientes com taxas abaixo do normal.

O oxigênio é uma das principais substâncias necessária à produção de energia nas células. Mesmo em repouso, são necessárias altas taxas de oxigênio para ocorrerem as reações químicas mínimas ao funcionamento do organismo, chamado metabolismo basal. Ao aumentarem as atividades, aumenta-se o consumo de oxigênio para se produzir energia nas células. No metabolismo cerebral são exigidas quantidades significativas de oxigênio em razão da alta intensidade metabólica dos neurônios.

“Durante atividade cerebral excessiva, o metabolismo neuronal pode aumentar por até 100% a 150%. O cérebro não é capaz de manter um metabolismo anaeróbico significativo. Uma das razões para tal é a alta intensidade metabólica dos neurônios, uma vez que é necessária muita energia para cada célula cerebral.” (Guyton, e Hall, 2002)

A pouca renovação do ar no interior de ambientes climatizados provoca o aumento na taxa de dióxido de carbono (CO₂) e a diminuição do oxigênio, podendo afetar a concentração de alunos e professores em momentos em que são mais requisitados.

Tendo em vista estes fatores e diante da grande quantidade de ambientes fechados e climatizados artificialmente no campus da UNIFOR, torna-se necessário diagnosticar e avaliar, de acordo com os parâmetros fornecidos pela ANVISA, a qualidade do ar interior em que estão expostos diariamente alunos e funcionários da instituição, no que diz respeito à temperatura, umidade, velocidade do ar, e concentração de CO₂.

Também foram investigadas as condições do ar interno em ambientes que não possuem sistema de condicionadores de ar, possibilitando uma análise comparativa do conforto térmico, através das diferenças de temperatura, e a variação da quantidade de CO₂.

A referida pesquisa leva em consideração a relevância do assunto para o meio ambiente e para a saúde dos ocupantes de ambientes artificialmente climatizados, por revelar uma preocupação de caráter mundial. Caracteriza as condições atuais da qualidade do ar interior, às quais os funcionários e alunos estão sendo submetidos, nos horários em que se encontram na universidade, e fornecer subsídios que sirvam como base para a definição de estratégias de atuação para o futuro.

2 Metodologia

Para a realização dos ensaios, foram utilizados os seguintes documentos de referência:

Resolução – RE nº 176, de 24 de outubro de 2000, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, do Ministério da Saúde, que estabelece critérios e metodologias de análise para avaliar a qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente, de uso público, coletivo e relaciona as principais fontes poluentes químicas e biológicas;

Portaria nº 3.523/GM, de 28 de outubro de 1998, da Agência Nacional de Vigilância sanitária – ANVISA, do Ministério da Saúde, que estabelece procedimentos de verificação visual do estado de limpeza e manutenção da integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização para garantir a qualidade do ar e prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados;

Método de Amostragem e Análise da Concentração de Dióxido de Carbono em Ambientes Interiores. Aplicado em ambientes interiores climatizados, de uso coletivo, tendo como marcador epidemiológico o dióxido de carbono (CO₂), utilizando equipamento de leitura direta por meio de sensor infravermelho - Instrumento medição de CO₂ – Testo 353;

Método de Amostragem para determinação da Temperatura, Umidade e Velocidade do Ar em ambientes interiores. Aplicado em ambientes interiores climatizados, de uso coletivo, tendo como marcadores a Temperatura do ar (°C) / Umidade do ar (%) / Velocidade do ar (m/s), utilizando equipamentos de leitura direta - Instrumento de medição de

ar condicionado e calefação – Testo 645 - Sensor de temperatura do tipo termo-resistência. Sensor de umidade do tipo capacitivo ou por condutividade elétrica e Instrumento de medição de velocidade do ar – Testo 415 - Sensor de velocidade do ar tipo fio aquecido ou fio térmico.

Os ambientes em que foram realizadas as medições são salas de aulas em blocos distintos, laboratórios de informática, sala de multimídia, biblioteca, auditórios, sala de professores, entre outros.

Todas as medições foram realizadas no período do verão, em horários em que os ambientes não estavam sendo utilizados e posteriormente repetiram-se as medições nos mesmos ambientes em horários de pico de ocupação. Os amostradores foram localizados na altura de 1,50m do solo, no centro do ambiente ou da zona ocupada. Selecionou-se uma amostra de cada medida no centro de cada ambiente e na biblioteca foram tomadas 5 medidas distribuídas nos dois pavimentos e realizada a média.

3 Resultados e discussões

O campus da Unifor situa-se no Bairro Edson Queiroz em Fortaleza. Os ambientes externos da universidade são compostos por áreas de convívio com uma grande quantidade de vegetação e espécies arbóreas, o que nos faz concluir que a qualidade do ar externo apresenta condições satisfatórias, não interferindo negativamente na qualidade do ar interior.

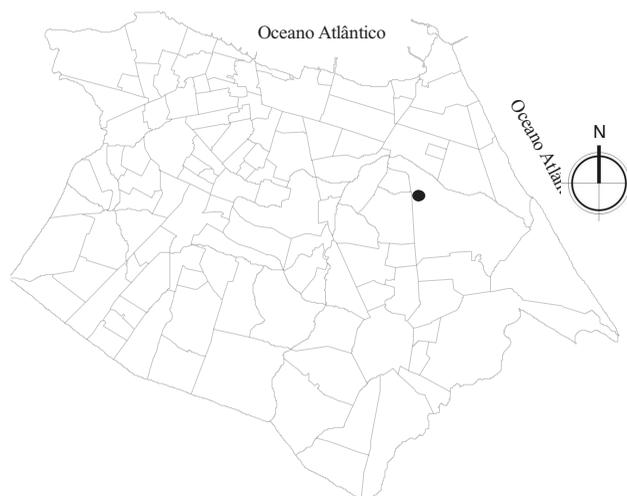


Figura 1: Mapa de Fortaleza e localização do campus da Unifor.

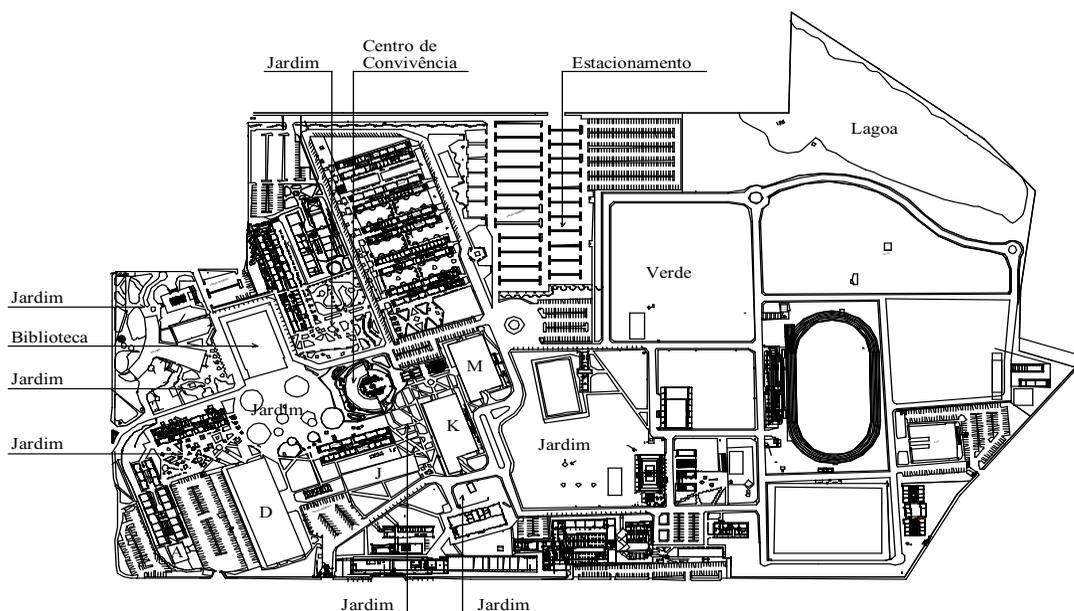


Figura 2: Planta geral do campus da Unifor e indicação dos blocos analisados.

O ar seco é composto por 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outros gases, incluindo o CO₂. A concentração de CO₂ encontrada na composição do ar é em torno de 360ppm (0,036%) e consideram-se normais quantidades de dióxido de carbono na faixa de 360 a 1000ppm. Acima destes níveis a exposição prolongada pode afetar a concentração e gerar diversos riscos à saúde, conforme esclarece a tabela abaixo:

Tabela 1: O que acontece quando o nível de CO₂ aumenta.

Quantidade de CO ₂	Nível toxicológico
360ppm	Nível normal de CO ₂
1000ppm	Exposição prolongada pode afetar a concentração
5000ppm	Limite internacional normal / seguro
10.000ppm	Seu ritmo de respiração aumenta, mas provavelmente você não percebe
15.000ppm	Limite de exposição normal a curto prazo
20.000ppm	Você começa a respirar 50% acima da taxa normal. Se você ficar exposto a esses níveis muitas horas, você poderá ficar cansado e terá dor-de-cabeça
30.000ppm	Você respirará 2 vezes acima do normal, poderá se sentir um pouco vertiginoso e suas batidas do coração e a pressão aumentarão e as dores de cabeça serão mais freqüentes. Até mesmo sua audição poderá ser prejudicada
40.000ppm a 50.000ppm	Agora o efeito do CO ₂ poderá ser realmente prejudicial. Sua respiração estará muito mais rápida, em torno de 4 vezes mais do que o normal e, depois de apenas 30 minutos a este nível, você apresentará sinais de envenenamento e sufocamento
50.000ppm a 10.000ppm	Você se cansará depressa, terá respiração intensa, dores-de-cabeça, bem como a visão prejudicada. Provavelmente em poucos minutos você estará confuso e seguido de inconsciência
100.000ppm a 1.000.000ppm	A inconsciência ocorrerá mais depressa, quanto mais alta for a concentração. Quanto mais alto o tempo de exposição e o nível de gás carbônico, mais depressa ocorrerá a asfixia

Fonte: Organização Mundial de Saúde (OMS).

Foi constatada a veracidade da hipótese de que ambientes fechados possuem quantidades de CO₂ bem superiores que as quantidades obtidas em ambientes com ventilação natural.

Tabela 2: Medidas em ambientes com ventilação natural

Ambiente em uso	Quantidade CO ₂ (ppm)	Temperatura do ar (°C)	Umidade do ar (%)	Velocidade do ar (m/s)
Sala de aula M08	505	27,8	72,4	0,25
Secretaria CCT	601	31,6	-	0,58
Biblioteca	térreo: 513	29,7	63,0	0,14
	superior: 481	29,5	61,0	0,21

Tabela 3: Medidas em ambientes com climatização artificial

Ambiente em uso	Quantidade CO ₂ (ppm)	Temperatura do ar (°C)	Umidade do ar (%)	Velocidade do ar (m/s)
Secretaria CCJ	1337	25,7	64,1	0,12
Sala de aula K07	1698	23,5	43,4	0,13
Sala de multimídia	1560	24,8	42,2	0,09
Recepção J03	1442	24,7	55,5	0,28
Coord. Arquitetura	1513	25,3	49,2	0,06
Sala de vídeo D	1583	22,9	48,8	0,09
Loja do Campus	853	23,3	52,7	0,11
Cyber	1125	23,1	51,1	0,08
Sala de prof. CCJ	1059	24,3	68,4	0,17
DAE	1048	21,7	58,4	0,18
Auditório Biblioteca	3643	22,3	39,0	0,20

Parâmetros de referência: CO₂: £ 1000 ppm

/ Temperatura: 23°C a 26°C **/ Umidade do ar:** 40% a

65% **/ Velocidade do ar:** 0,025 m/s a 0,25 m/s

Em ambientes constantemente fechados, como os laboratórios e auditórios, as quantidades de CO₂ são, geralmente, superiores que as requeridas nos parâmetros referenciais, mesmo em momentos sem utilização, verificando-se, em alguns casos, um aumento três vezes superior em momentos de intensa utilização.

Tabela 4: Medidas em ambientes com climatização artificial em relação ao número de ocupantes

Ambiente	Laboratório D22		Ambiente:	Escritório Modelo J23	
	Sem Ocupantes	Com Ocupantes		Sem Ocupantes	Com Ocupantes
Quant. de CO ₂ :	1316ppm	3298ppm	Quant. de CO ₂ :	1027ppm	2899ppm
Temperatura:	23,0°C	26,4°C	Temperatura:	26,1°C	26,3°C
Umidade do ar:	36,0%	41,0%	Umidade do ar:	50,4%	45,2%
Velocidade do ar:	0,12m/s	0,10m/s	Velocidade do ar:	0,10m/s	0,06m/s

Ambiente:	Laboratório K11		Ambiente:	Sala de vídeo E	
	Sem Ocupantes	Com Ocupantes		Sem Ocupantes	Com Ocupantes
Quant. de CO ₂ :	1818ppm	3750ppm	Quant. de CO ₂ :	1753ppm	4094ppm
Temperatura:	27,7°C	23,5°C	Temperatura:	22,2°C	21,6°
Umidade do ar:	46,8%	35,6%	Umidade do ar:	48,5%	43,8%
Velocidade do ar:	0,25m/s	0,15m/s	Velocidade do ar:	0,08m/s	0,14m/s

Ambiente:	Sala de aula K10		Ambiente:	Auditório A4	
	Sem Ocupantes	Com Ocupantes		Sem Ocupantes	Com Ocupantes
Quant. de CO ₂ :	526ppm	1698ppm	Quant. de CO ₂ :	784ppm	2448ppm
Temperatura:	27,0°C	23,5°C	Temperatura:	22,6°C	25,9°C
Umidade do ar:	60,0%	43,4%	Umidade do ar:	56,1%	48,7%
Velocidade do ar:	0,14m/s	0,13m/s	Velocidade do ar:	0,12m/s	0,11m/s

Uma análise dos quadros esclarece perfeitamente a afirmação de que a não renovação do ar prejudica a sua qualidade. Os laboratórios de informática D22 e K11 possuem janelas ao longo de duas paredes e porta de acesso abrindo para um hall interno. Todas as janelas permanecem fechadas não havendo trocas efetivas de ar, isso só acontece através das “frestas” entre as esquadrias e parede e ainda quando da entrada e saída de pessoas pela porta. Como essa porta não se liga diretamente ao espaço externo, o ar que penetra através dela não é “puro”.

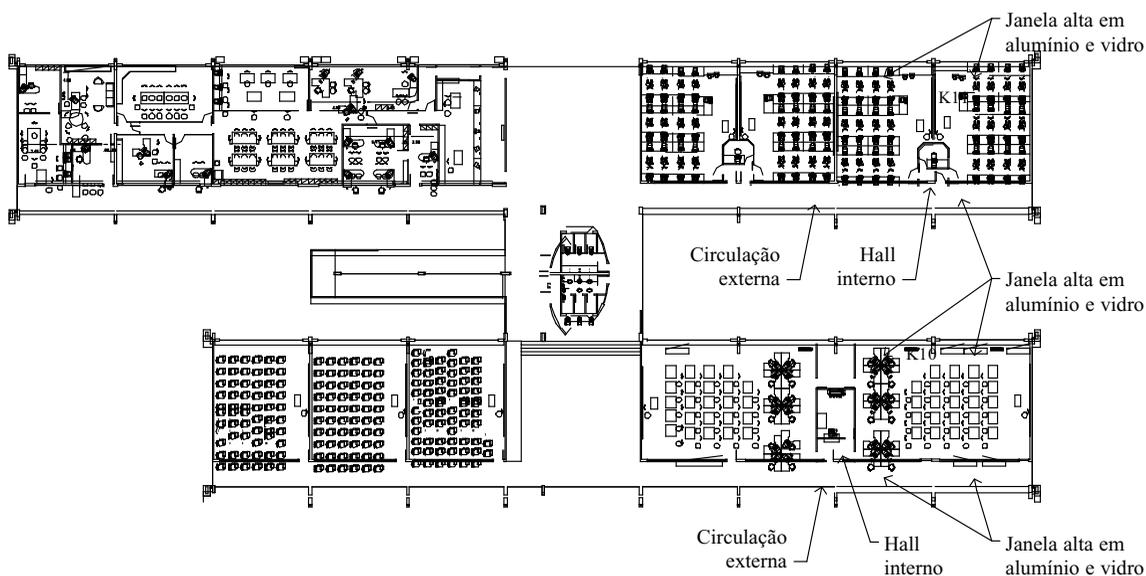


Figura 3: Planta baixa do bloco K.

Os índices elevados de CO₂ (1319ppm – sala D22, 1818ppm – sala K11) encontrados com as salas vazias revelam bem essa situação e aproximadamente em 1 hora de ocupação esse nível se eleva para 3290ppm na sala D22 e 3750ppm na sala K11, o que é inadequado para as atividades de ensino e aprendizagem realizadas.

Com relação à temperatura, observa-se uma relação de conforto satisfatória. Cabe ressaltar que em algumas salas o termostato para controle de temperatura ambiente pode ser controlado pelos próprios usuários; de igual modo acontece com o direcionamento e velocidade do ar, ou seja, o usuário pode manipular os botões de controle para os níveis de temperatura que lhe sejam mais agradáveis.

A sala K11 é exatamente igual à D22, possuindo apenas uma menor área de 80,00 m² e 25 computadores. É esperado, portanto, que a concentração de CO₂ com a sala ocupada seja maior - 3750ppm, comparada com a sala D22, que possui área de 93,95 m² e 31 computadores, e a concentração de CO₂ chegou a 3298ppm com a sala ocupada.

Já a sala K10, apesar de ter o mesmo desenho das salas K11 e D22, tem um *layout* diferenciado com 12 computadores e 29 pranchetas e área de 148,25m², portanto com a taxa de ocupação de aproximadamente 0,2 pessoas/m² e concentração de CO₂ mais razoável, porém acima de 1000ppm – 1698ppm com a sala ocupada.

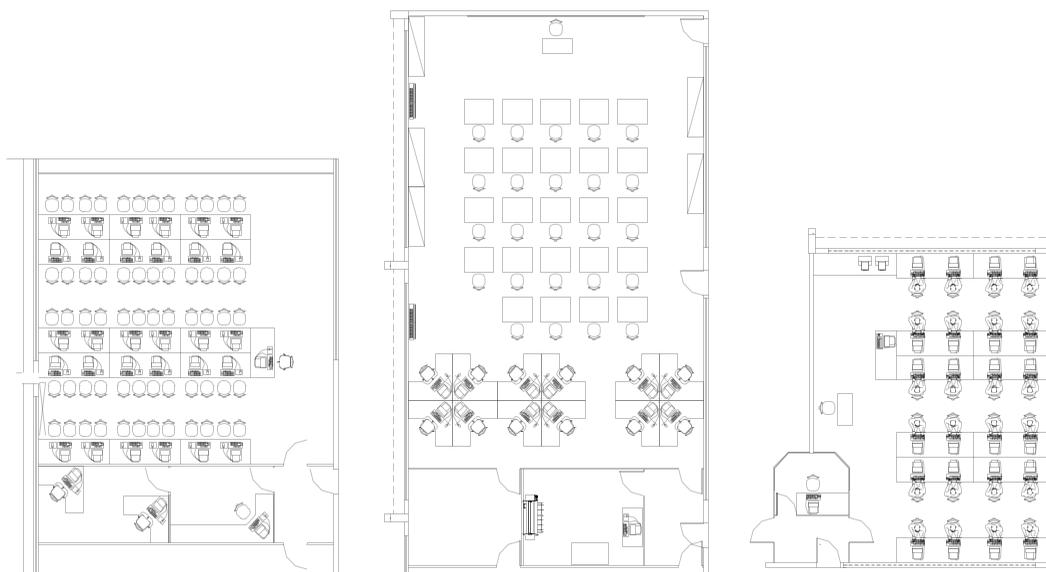


Figura 4: Plantas das salas D22, K10 e K11, respectivamente.

A sala de vídeo E apresentou nível de CO_2 – 4094ppm, muito elevados se comparados com ao auditório A4, que apresentou taxa de CO_2 de 2448ppm, com as devidas salas em uso, explicado pelo fato de a sala de vídeo E ter área de 32,48m² bem inferior ao do auditório A4, com área de 104,65m², com isso o n° de ocupantes é bem maior, provocando um aumento destas taxas.

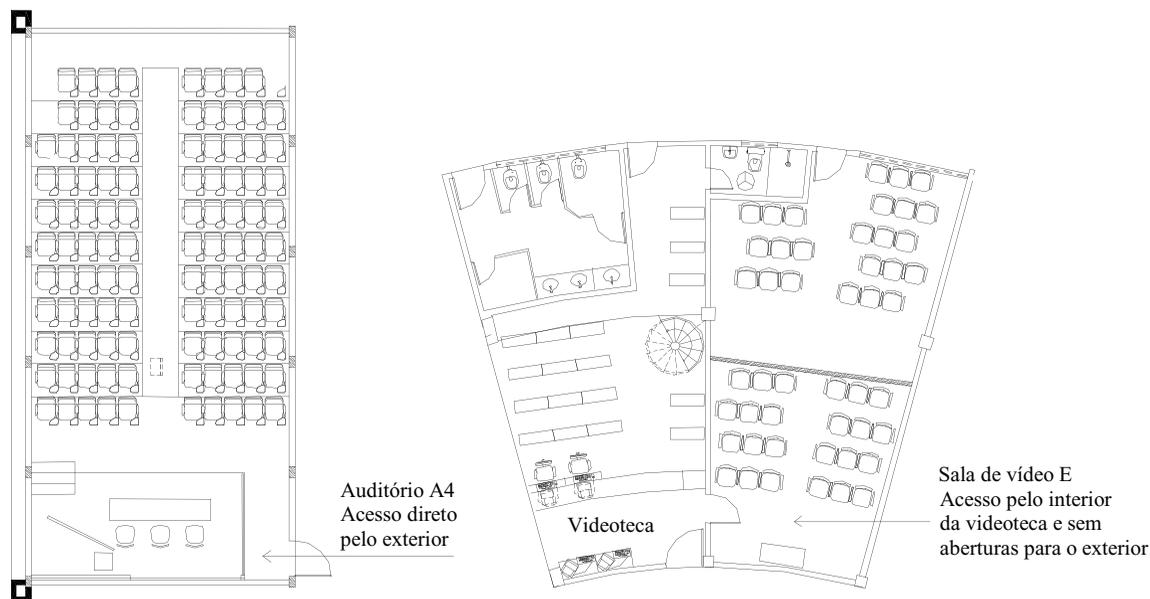


Figura 5: Plantas do auditório A4 e da sala de vídeo E.

Era de se esperar que as taxas de umidade do ar fossem menores, quando as salas tivessem em uso e com o ar-condicionado ligado, o que de fato foi verificado nas salas K10 e K11. Isso se deve ao uso do ar-condicionado, que, para resfriar, retira umidade do ambiente. Estando as referidas salas vazias, e com o ar-condicionado desligado, as temperaturas estão em torno de 27°C, sem o ar-condicionado ligado, apresentaram umidades de 46,11% na sala K11 e 60% na sala K10, e, quando ocupadas e com o ar-condicionado ligado, apresentaram umidades inferiores, 35,5% na sala K11 e 43,4% na sala K10.

Mesmo nas demais salas, quando o ar-condicionado já estava ligado antes de estar com ocupantes e posteriormente com ocupantes apresentou variação decrescente de umidade, com exceção da sala D22.

Todas as salas em que foram realizadas as análises são equipadas com ar-condicionado tipo Split, com exceção da sala J43, que possui ar-condicionado tipo janelheiro.

4 Conclusão

A pesquisa revelou que praticamente a totalidade dos ambientes com climatização artificial apresentou níveis de CO_2 acima dos recomendados pelo ministério da saúde, o que representa um desconforto ao bem estar dos alunos e professores que se expõem por tempo prolongado nestes espaços, podendo ocasionar desvios de concentração e riscos à saúde.

É importante observar que esse desconforto é “invisível”, já que o conforto térmico, que é o mais perceptível encontra-se agradável, os demais passam muitas vezes despercebidos, mas contribuem consideravelmente para afetar a saúde dos ocupantes que passam tempo prolongado executando tarefas que requerem concentração.

A renovação do ar é imprescindível para a melhoria destes índices, por isso é necessário a implementação de estratégias que diminuam estes níveis, inserindo práticas de controle permanente, como lavagem noturna através da abertura das esquadrias no final do expediente ou no início da manhã, quando a temperatura está amena.

Durante o intervalo entre as atividades, a abertura das esquadrias possibilitaria a entrada de ar puro, evitando que os próximos ocupantes iniciem suas atividades com o ar já viciado.

Nos ambientes em que a climatização permanente é necessária, a busca de equipamentos e sistemas de ar-condicionados que possibilitem a renovação do ar interno, através de exaustão e insuflamento, deverá ser prioridade.

Acima de tudo, a busca de soluções arquitetônicas para a resolução do problema deve ser observada, através de mudanças das esquadrias que permitam a passagem de ar e de iluminação favoráveis ao desempenho das atividades, proporcionando conforto climático e ar puro aos ocupantes.

Referências

- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria n° 3.523/GM de 28 de agosto de 1998*. Estabelece procedimentos de verificação visual do estado de limpeza e manutenção da integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização para garantir a qualidade do ar e prevenção dos riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados. Brasília, DF, 1998.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Resolução n° 176 de 24 de outubro de 2000*. Determina a publicação de orientação técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Brasília, DF, 2000.
- BROWN, G. Z.; DEKAY, M. *Sun, wind e light: architectural design strategies*. New York: Jonh Wiley and Sons, 2001. 382 p.
- DIAS, G. F. *Pegada ecológica e sustentabilidade humana: as dimensões humanas das alterações ambientais globais*. São Paulo: Gaia, 2002. 257 p.
- EDWARDS, B. *Green architecture*. London: Jonh Wiley and Sons, 2001. 112 p.
- FROTA, A. B.; RAMOS, S. S. *Manual de conforto térmico*. São Paulo: Nobel, 1988. 243 p.
- GRANDJEAN, W. *Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem*. Porto Alegre: Bookman, 1998. 327 p.
- GUYTON, A.C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 1115 p.
- HOLLO, S. S. V. *Conforto térmico em edifícios comerciais e industriais em regiões de clima quente*. São Paulo: Pini, 2001. 279 p.
- INMETRO. *Qualidade do ar em estabelecimentos de uso público e coletivo*. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/QualidadedoAr_b.asp>. Acesso em: 20 mar. 2005.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Sick building syndrome*. Genebra: OMS. Disponível em: <http://www.who.int/csr/don/2003_04_26/en/>. Acesso em: 20 mar. 2005.

SOBRE AS AUTORAS

Mayra Soares de Mesquita

Técnica em Edificações pela Escola Técnica Federal do Ceará em 2000. Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Fortaleza.

Flora Mendes Araújo Lima

Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal do Ceará em 1981, Phd em Arquitetura pela University of Queensland na Austrália em 1997. Atualmente professor titular do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Fortaleza.