XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

CONSIDERAÇÕES SOBRE O RACIONAMENTO DO USO DO AR CONDICIONADO EM SALAS DE AULA NO PERÍODO DA MANHÃ NO CLIMA QUENTE E ÚMIDO.

Rafael Ponce de Leon Amorim (1); Laís Serafim da Rocha (2); Sheila Elisabeth da Silva(3); Marina Reis de Moraes (4)

(1) Professor do CST em Design de Interiores, rafael.ponce@ifpb.edu.br, IFPB, Av. Primeiro de Maio, 720 - Jaguaribe, João Pessoa - PB, 58015-435, (83) 36121304.
(2) Discente do CST em Design de Interiores, isi.rocha13@gmail.com.
(3) Discente do CST em Design de Interiores, sheila.elisabeth@outlook.com.
(4) Discente do CST em Design de Interiores, marinamorae@hotmail.com.

RESUMO

O condicionamento artificial do ar tem se tornado cada vez mais comum em ambientes escolares. Como principal justificativa destaca-se a necessidade de se obter um ambiente mais uniforme, com menor variação de temperatura, menor interferência dos ruídos externos e maior controle do ofuscamento proporcionado pelos elementos internos de proteção solar. Por outro lado, destacam-se como pontos negativos o aumento do consumo de energia elétrica e a redução da qualidade do ar interno. Neste cenário, o Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB, campus João Pessoa, assim como os demais campi, tem substituído os ventiladores por aparelhos condicionadores de ar em todos os ambientes acadêmicos e administrativos, aumentando assim a demanda por energia elétrica. Porém, com a redução orçamentária destinado ao campus em cerca de 13% para o exercício 2019, diversas medidas de contenção de despesas foram implementadas, dentre elas, o desligamento dos aparelhos condicionadores de ar nos horários das 7:00 às 9:00h e das 15:00 às 17:00. Neste sentido, o presente artigo teve como objetivo avaliar a viabilidade de implantação dessa recomendação, além de apontar alternativas para a adequação dos ambientes térmicos e para a redução da demanda por energia elétrica. Com este intuito, foi realizado o monitoramento térmico da sala de conforto ambiental do Curso Superior de Tecnologia em Design de Interiores - CSTDI do IFPB no período de verão, ficando a análise restrita ao horário de funcionamento do curso, turno da manhã. A avaliação dos dados foi realizada de acordo com a metodologia proposta pela norma ASHRAE-55/2017 para ambientes condicionados naturalmente. Constatou-se que o ambiente térmico analisado pode ser considerado aceitável por até 80% dos usuários em apenas 49% dos horários avaliados quando considerado velocidades do vento com até 0,3m/s, contudo a aceitabilidade térmica pode alcançar 97% dos horários quando possibilitado o ajuste da velocidade do ar entre 0,3m/s e 1,2m/s. Estes resultados comprovam a possibilidade de se obter conforto térmico sem utilização de condicionamento artificial do ar durante o verão no período da manhã, desde que seja permitido o controle da movimentação do ar de acordo com as preferências dos usuários.

Palavras-chave: conforto térmico, ventilação, modelo adaptativo.

ABSTRACT

The use of artificial air conditioning is increasing in schools. The main justification is the need for a more uniform environment with lower temperature variation, lower external noise interference and greater glare control by sun shading devices. On the other hand, the negative aspects are the increase in electric energy consumption and the poor indoor air quality. Thus, the *Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba* - IFPB, campus João Pessoa, as well as the other campuses, has replaced the fans for air conditioners appliances in all academic and administrative environments, increasing the consumption of electricity. However, due to the reduction of 13% of the campus budget for the year 2019, several cost containment measures were implemented, for example the shutdown of the air conditioners from 7:00 am to 9:00 am and from 3:00 p.m. to 5:00 p.m. The purpose of this article is to evaluate the viability of this

recommendation, as well as propose alternatives for the thermal suitability of the environments and for the reduction of the electric energy consumption. Thermal monitoring was performed in the comfort classroom of the CSTDI/IFPB in the summer, with analysis restricted to the morning period, course opening hours. The data evaluation was performed according to methodology proposed by the ASHRAE-55/2017 standard for naturally conditioned spaces. It was found that the thermal conditions can be considered acceptable by up to 80% of users in only 49% of the morning hours when considering wind speeds of up to 0.3 m/s, however when it is possible to adjust the air velocity between 0,3 m/s and 1.2 m/s, thermal acceptability can reach 97% of the time. These results confirm that it is possible to obtain thermal comfort without artificial air conditioning during summer mornings, if air movement control is allowed according to user preferences.
Keywords: thermal comfort, ventilation, adaptive method.

1 INTRODUÇÃO

A substituição dos ventiladores por aparelhos condicionadores de ar tem se tornado cada vez mais comum em ambientes escolares devido à necessidade de se obter um ambiente térmico mais ameno e estável, redução de ruídos externos e possibilidade de controle da iluminação natural por cortinas e persianas. Por outro lado, quando mal utilizados, estes aparelhos podem gerar ambientes termicamente desconfortáveis, seja pela baixa temperatura do ar ou pela incidência direta de correntes de ar, além da redução da qualidade do ar devido à insuficiência na renovação do ar interno, assim como, aumento do consumo de energia elétrica.

A busca por edifícios mais sustentáveis e energeticamente mais eficientes tem contribuído com o desenvolvimento de pesquisas voltadas para os ambientes naturalmente ventilados. Neste sentido, destacam-se os estudos de conforto térmico adaptativo, que consideram o homem como sujeito ativo que interage com o ambiente de acordo com as suas sensações e preferências, podendo estes ajustes ser tanto no edifício com a abertura de uma janela para ventilação, quanto em sua vestimenta com a retirada ou sobreposição de peças de roupa.

O princípio da adaptação foi sintetizado por Nicol e Humphreys (2002) ao afirmar que se uma mudança ocorre de tal forma a produzir desconforto, as pessoas reagem de forma a restaurar seu conforto. Outro ponto fundamental considerado pelo modelo adaptativo é a inclusão da expectativa térmica e da adaptação fisiológica relacionada ao processo de aclimatação dos indivíduos, que envolve tanto ajustes fisiológicos quanto psicológicos que reduzem a sensação de desconforto. Como consequência obtém-se a ampliação dos limites da zona de conforto térmico.

Neste sentido, a norma americana ASHRAE-55/2017, que determina as condições para aceitabilidade do ambiente térmico interno, inclui a avaliação de ambientes naturalmente ventilados e controlados pelos ocupantes através de um modelo adaptativo. A avaliação é realizada a partir da determinação da temperatura operativa neutra obtida por uma equação baseada na temperatura média mensal, sendo a zona de aceitabilidade térmica estabelecida em uma faixa de ±3,5°C, considerando 80% de aceitabilidade. O limite superior de temperatura pode ainda ser ampliado em até 2,2°C quando permitido ao usuário ajustes na velocidade do ar em até 1,2m/s.

No Brasil ainda não há uma norma específica para conforto térmico, por isso observa-se frequentemente a recomendação da adoção dos parâmetros da Norma Regulamentadora NR17 – Ergonomia (BRASIL, 1990) que estabelece valores bastante restritivos: faixa de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C, velocidade do ar máxima de 0,75m/s e umidade relativa do ar mínima de 40%. Alguns esforços individuais tentam preencher esta lacuna como a proposta de norma brasileira de conforto térmico elaborada por Lamberts (2013) e as diretrizes propostas por Cândido et al (2011) para edifícios naturalmente ventilados.

Outros dois estudos realizados nas regiões Nordeste e Sul do Brasil contribuem com esta discussão ao avaliar a relação entre temperatura e umidade do ar. O primeiro realizado na cidade de Maceió/AL por Cândido, de Dear e Lamberts (2010) demonstrou a possibilidade da adoção de temperaturas e velocidades do ar menos restritivas, os pesquisadores observaram que a velocidade mínima do ar requerida foi 0,4m/s em temperaturas entre 24 e 27°C, 0,41-0,8m/s entre 27 e 29°C, e velocidades superiores à 0,8m/s foram desejáveis entre 29 e 31°C.

O segundo estudo, realizado em Florianópolis/SC por Vechio, Cândido e Lamberts (2013) avaliou a estratégia da utilização simultânea de ventiladores de teto e aparelhos condicionadores de ar controlados pelos usuários para possibilitar a adoção de temperaturas mais elevadas de *setpoint*, entre 25°C e 28°C, resultando na redução do consumo energético para condicionamento do ar. Neste estudo, foi verificado que os usuários podem aceitar e até mesmo preferir velocidades do ar superiores à 0,9 m/s.

Diante dos estudos aqui apresentados, percebe-se a importância da movimentação do ar para o conforto térmico e para a redução da demanda por energia elétrica em clima quente e úmido, pois, enquanto

nos ambientes naturalmente ventilados os ventiladores mecânicos têm a função de ampliar os limites superiores aceitáveis de temperatura do ar, nos ambientes condicionados artificialmente estes equipamentos permitem a adoção de *setpoints* de temperatura do ar mais elevados, contribuindo assim para a redução do consumo de energia elétrica.

2 OBJETIVO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a viabilidade do desligamento dos aparelhos condicionadores de ar nas salas de aula no período das 7:00h às 9:00h no Campus João Pessoa do IFPB, visando à redução do consumo de energia elétrica.

3 MÉTODO

Esta pesquisa foi realizada em três etapas. Inicialmente foi realizado a caracterização física da sala de aula, em seguida, o monitoramento térmico e, por fim, a tabulação e análise dos dados.

O monitoramento térmico foi realizado com auxílio de dois registradores de temperatura e umidade do ar, marca ONSET, modelo HOBO U10 e um medidor de stress térmico, marca Instrutherm, modelo TGD-400. Estes equipamentos foram programados para registrar dados em intervalos de trinta minutos. Também foram utilizados os dados obtidos pela estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET localizada na cidade de João Pessoa/ PB disponibilizados pela plataforma *online* http://www.inmet.gov.br/portal/.

Os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar do ambiente externo foram registrados por um HOBO U10, localizado no corredor de acesso à sala de aula e protegido por um abrigo meteorológico, marca ONSET, modelo RS1. Internamente foram utilizados um HOBO U10 e um medidor de stress térmico TGD-400, localizados no centro da sala.

Foram realizadas duas análises. A primeira considerou o período de 01 de fevereiro à 26 de março de 2019 (54 dias), nos horários das 7:00 às 12:30, onde foi identificado o percentual de horas em que as condições térmicas se enquadravam dentro da faixa de 80% de aceitabilidade. Nesta análise, para a caracterização térmica do objeto em estudo foram considerados os dados registrados pelo equipamento localizado no corredor de acesso à sala de aula, enquanto, para o cálculo da temperatura neutra, empregou-se os dados registrados pela estação meteorológica do INMET. Na segunda análise, para caracterização do ambiente térmico interno, utilizou-se um medidor de temperatura HOBO U10 e o medidor de stress térmico TGD-400, localizados no centro da sala. Sendo esta última coleta de dados realizada apenas no período da manhã do dia 26 de março de 2019.

Para análise e tabulação dos dados foram utilizados um *software* de planilha eletrônica e o software *online The CBE Thermal Comfort Tool* que utiliza os parâmetros estabelecidos pela norma ASHRAE Standard 55-2017, disponível em: http://comfort.cbe.berkeley.edu/.

3.1 Objeto de Estudo

O ambiente monitorado foi a sala de conforto ambiental do IFPB, Campus João Pessoa, localizado no bloco do CSTDI. A cidade de João Pessoa, inserida no litoral nordestino brasileiro, latitude 7° 08'S e longitude 34°53'W, é caracterizada pelo clima quente e úmido, registrando médias anuais de temperatura do ar de 25°C e de umidade relativa do ar de 80%.

O edifício do CSTDI tem dois pavimentos, estrutura em concreto armado, vedações externas em tijolo cerâmico furado rebocadas e pintadas na cor branca, vedações internas de gesso e esquadrias de alumínio e vidro, como pode ser observado na Figura 1. O telhado é composto por telhas de fibrocimento sob estrutura metálica sem laje. Todas as salas de aula possuem forro de gesso.



Figura 1: (a) Vista superior do Campus João Pessoa do IFPB com destaque para o bloco de sala de aulas do CST em Design de Interiores. (b) Vista frontal da fachada leste do bloco CSTDI.

O ambiente em estudo tem planta retangular com aproximadamente 52m^2 de área. As aberturas estão localizadas nas paredes leste e oeste, permitindo o aproveitamento da ventilação cruzada. As janelas não têm distribuição uniforme, como pode ser verificado na Figura 2. A fachada leste possui duas janelas baixas com folhas de correr e a fachada oeste possui três janelas altas do tipo projetante. O corredor de acesso à sala de aula na fachada leste funciona como elemento de proteção solar, enquanto a fachada oeste não dispõe de nenhum elemento externo de proteção. Internamente, todas as esquadrias possuem persianas verticais na cor cinza claro. A sala conta com dois aparelhos condicionadores de ar de 24000 BTUs e não há ventiladores.

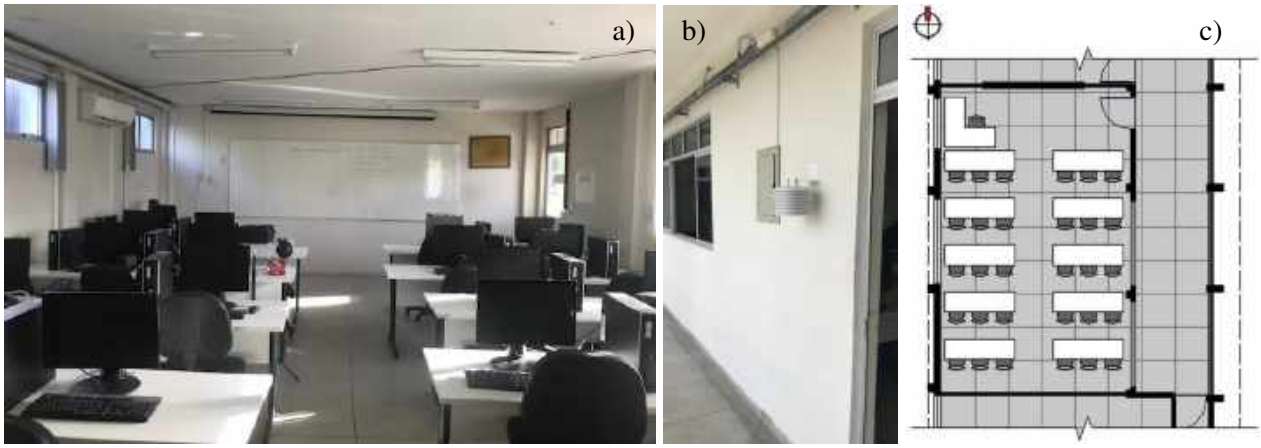

Figura 2: (a) Vista interna da sala de conforto ambiental, (b) Corredor de acesso com destaque para o equipamento registrador de dados e (c) Planta baixa do ambiente em estudo.

4 RESULTADOS

4.1 Análise dos meses de fevereiro e março de 2019

Os dados coletados nos meses de fevereiro e março são representativos do período de verão e correspondem à estação mais quente do ano. Nesse período, a temperatura média do ar registrada foi de aproximadamente 28°C, com amplitude térmica diária por volta de 7°C. Para esta análise, foram considerados os dados obtidos pelo registrador de temperatura e umidade localizado no corredor de acesso à sala de aula.

Para cada dia analisado foi calculada a média aritmética das médias diárias dos últimos quinze dias, seguindo o procedimento descrito pela ASHRAE 55 (2017). Neste cálculo utilizou-se os dados coletados pela estação meteorológica do INMET localizada na cidade de João Pessoa. Em seguida, foram estipulados os valores limites de temperatura operativa para a zona de aceitabilidade térmica de 80%.

Como as aulas do curso de Design de Interiores ocorrem apenas no período da manhã, a avaliação foi realizada nos seguintes horários: 7:00h às 9:30h (início das aulas até o intervalo), 10:00h às 12:30 (intervalo até o final das aulas da manhã) e 7:00 às 12:30 (turno completo). Por fim, avaliou-se a ampliação do limite superior da zona de aceitabilidade térmica em 1,2°C, 1,8°C e 2,2°C proporcionado pelo aumento da velocidade do ar em até 0,6m/s, 0,9m/s e 1,2m/s, respectivamente, conforme ASHRAE 55 (2017).

No gráfico da Figura 3 é demonstrado o percentual de horas dentro da zona de 80% de aceitabilidade térmica para cada período analisado por faixa de velocidade do ar permitida. É possível observar que no período total da manhã, 7:00h às 12:30, o percentual de horas na zona de aceitabilidade térmica foi de apenas 49% quando considerado o estado de calmaria com velocidade do ar de até 0,3m/s. Decompondo o turno da manhã no período anterior e posterior ao intervalo tem-se respectivamente 69% e 29%, demonstrando a consequência direta no conforto térmico do aquecimento do ar resultante do aumento da incidência da radiação solar e do acúmulo da energia térmica no ambiente construído.

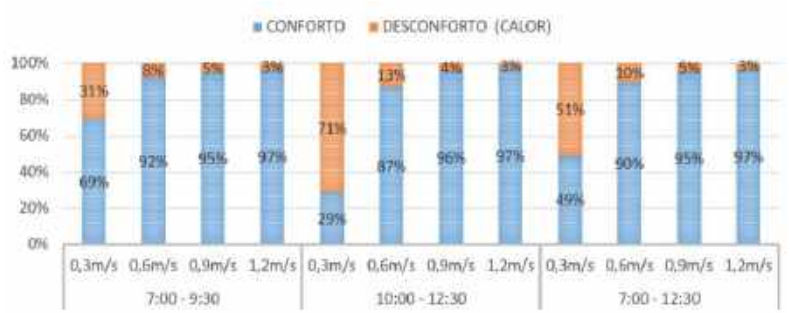

Figura 3: Percentual de horários dentro da faixa de 80% de aceitabilidade térmica nos horários das 7:00h às 9:30h, 10:00h às 12:30h e 7:00h às 12:30h, com velocidades do vento de até 0,3m/s, 0,6 m/s, 0,9 m/s, e 1,2 m/s.

Observa-se também, que quando permitido ao usuário o ajuste da velocidade do ar para até 0,6m/s, o percentual de horas em que até 80% das pessoas consideram o ambiente térmico aceitável aumenta de 29% para 90%, demonstrando que a ventilação é uma estratégia eficiente na busca pelo conforto térmico. Quando possibilitado o ajuste da movimentação do ar para velocidades ainda mais altas, até 0,9m/s ou até 1,2 m/s, esse percentual é ainda mais expressivo, respectivamente 95% e 97% dos horários analisados. Destaca-se que estas observações corroboram com os resultados obtidos por pesquisas realizadas em clima quente e úmido no Brasil, como demonstrado por Cândido, de Dear e Lamberts (2010) e Vechio, Cândido e Lamberts (2013).

É importante relembrar que a metodologia de análise aqui empregada considera um comportamento ativo dos usuários na adaptação do ambiente. Sendo assim, os usuários devem ter a liberdade para ajustar a qualquer momento a sua vestimenta, operar portas, janelas e os elementos de proteção solar, além de ter autonomia para controlar a intensidade da movimentação do ar.

4.2 Análise da sala de aula no período da manhã do dia 26/03/2019

A coleta de dados realizada no dia 26 de março de 2019 teve como objetivo inicial a verificação da representatividade dos valores de temperatura do ar registrados no ambiente externo (corredor de acesso à sala de aula) em relação aos dados medidos no ambiente interno.

Na Figura 4 observa-se a variação de temperatura do ar no ambiente externo (linha contínua cinza claro) e na estação de referência do INMET (linha pontilhada), além da variação da temperatura operativa calculada a partir dos valores de temperatura do ar e temperatura de globo do ambiente interno (linha contínua cinza escuro). O primeiro registro de dados ocorreu às 6:30h ainda com a sala de aula fechada visando compreender a influência da inércia térmica do edifício na diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo, sendo registrada uma diferença de 2,5°C. Às 6:55h as portas e janelas foram abertas, simulando uma situação cotidiana com a entrada de professor e alunos.

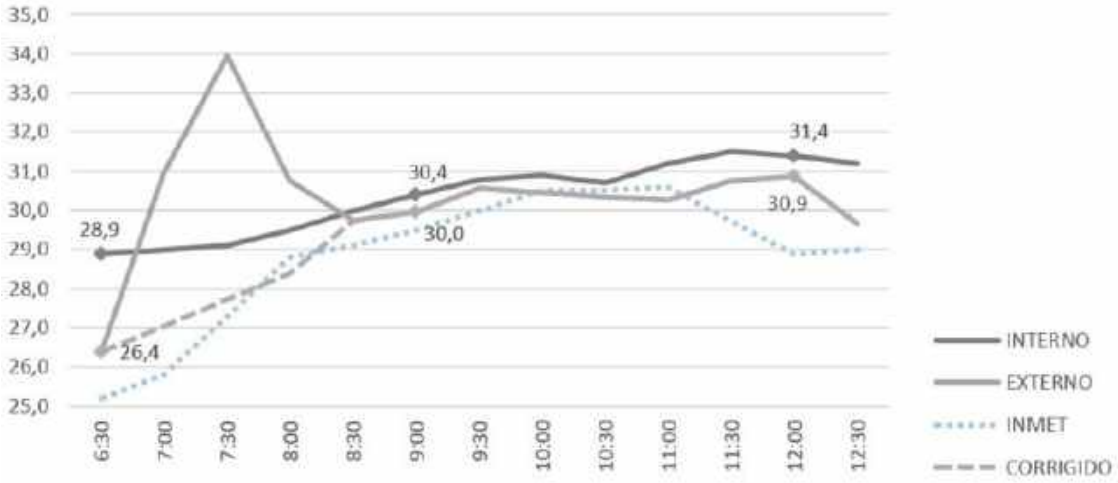

Figura 4: Comparativo entre os valores de temperatura do ar do ambiente interno e externo, com indicação da temperatura do ar registrada na estação meteorológica do INMET referente ao dia 26.03.2019 no período das 6:30 às 12:30.

Às 7:00h, foi realizada a segunda medição, representativa do primeiro horário de aula do turno da manhã. Com os dados plotados, observou-se a incoerência dos dados de temperatura do ar registrados no

ambiente externo durante o período das 6:30h às 8:30h. O comportamento observado foi atribuído à incidência direta da radiação sobre o abrigo meteorológico e as superfícies circunvizinhas, assim como a insuficiência da ventilação para dissipação do calor absorvido. Sendo assim, optou-se pela correção dos dados através da interpolação dos valores medidos. No gráfico da Figura 4 observa-se os valores corrigidos plotados em linha tracejada cinza claro. Diante dessa constatação, procedeu-se também a correção de todo o conjunto de dados de temperatura registrados nos meses de fevereiro e março utilizados na análise anterior.

Após a abertura das esquadrias, foi observada a aproximação dos valores de temperatura do ar no período entre 7:00h e 8:30h, ocasionado pelo aumento da circulação do ar proporcionado pela ventilação cruzada. A diferença de temperatura foi reduzida para cerca de 0,5°C e manteve-se constante até aproximadamente 12:00h. Em seguida, com o acúmulo de nuvens e a ocorrência de precipitação, os valores de temperatura do ar registrados no ambiente externo e interno voltaram a divergir, comportamento que deve ser atribuído ao resfriamento mais lento característico do ambiente interno quando comparado ao ambiente externo.

Após a verificação do comportamento térmico buscou-se avaliar a aceitabilidade térmica dos ocupantes em três horários distintos: 7:00h, referente ao primeiro horário de aula do turno da manhã, 9:00h, referente ao início do horário permitido para acionamento dos aparelhos condicionadores de ar e 12:00h, referente ao último horário de aula do turno da manhã. Para esta análise utilizou-se o *software online The CBE Thermal Comfort Tool* que permitiu a plotagem dos dados sobre a carta do modelo adaptativo.

Os gráficos da Figura 5, 6 e 7 a seguir apresentam a zona de aceitabilidade térmica definida pela norma ASHRAE (2017), no eixo X pode-se ler os valores de temperatura do ar externo referente à média dos dias anteriores ao dia analisado, enquanto no eixo Y pode-se ler o valor de temperatura operativa interna do horário analisado. A zona central em azul escuro representa as combinações em que as condições térmicas são aceitáveis para 90% das pessoas, enquanto a área expandida em azul claro corresponde a 80% de aceitabilidade térmica.

Para o dia 26 de março de 2019 o valor de referência da temperatura média do ar externo calculada a partir da média dos quinze dias anteriores foi de 27,8°C. O gráfico da **Figura** refere-se ao primeiro horário de aula do turno da manhã, 7:00h. O ponto vermelho representa as condições térmicas do ambiente em estudo no momento da análise. Sendo assim, pode-se observar que com temperatura operativa de 29,3°C, o ambiente em estudo oferece condições térmicas dentro da zona delimitada para 80% de aceitabilidade térmica.

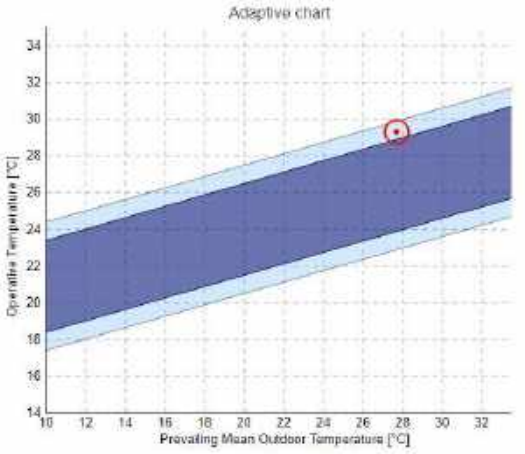

Figura 5: Condição térmica às 7:00h da manhã do dia 26 de 03 de 2019 plotada (ponto em vermelho) sobre a carta do modelo adaptativo.

Os gráficos da Figura 1 referem-se ao primeiro horário em que é permitido o acionamento dos aparelhos condicionadores de ar, às 9:00h. Neste horário, a temperatura operativa registrada foi 0,7°C, permanecendo fora da zona de 80% de aceitabilidade térmica em situações em que a velocidade do ar não ultrapassa 0,3m/s (a). Porém, observa-se que é possível reestabelecer a aceitabilidade térmica do ambiente quando permitido o aumento da velocidade do ar, alcançado 80% de aceitabilidade térmica para velocidade do ar de até 0,6m/s (b) e 90% com velocidade do ar com até 1,2m/s (c).

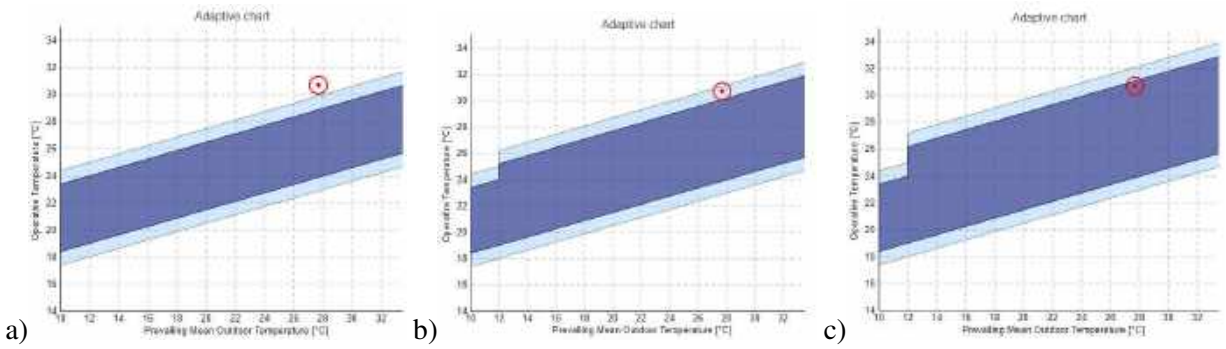

Figura 6: Avaliações térmicas às 9:00h da manhã do dia 26 de 03 de 2019 plotadas (ponto em vermelho) sobre a carta do modelo adaptativo com velocidades do vento de até 0,6m/s (a), 0,9m/s (b) e 1,2m/s (c).

Destaca-se, que os gráficos da Figura 6 foram gerados a partir de uma mesma situação térmica, porém permitindo-se diferentes valores de velocidade máxima do ar. Como discutido no item anterior, a ASHRAE 55 (2017) permite o aumento do limite superior de temperatura operativa em 1,2°C, 1,8°C e 2,2°C para faixas de velocidades do ar de até 0,6 m/s, 0,9 m/s e 1,2 m/s, respectivamente, desde que seja permitido aos usuários a possibilidade de realizar os ajustes requeridos.

Por fim, como pode ser observado no gráfico da Figura 7, com cerca de 32,5°C de temperatura operativa às 12:00, o percentual de usuários que avaliam o ambiente térmico como aceitável é inferior à 80%, mesmo quando permitido a adoção de velocidade do ar com até 1,2 m/s. Dessa forma, o acionamento dos aparelhos condicionadores de ar torna-se indispensável para possibilitar um ambiente térmico aceitável.

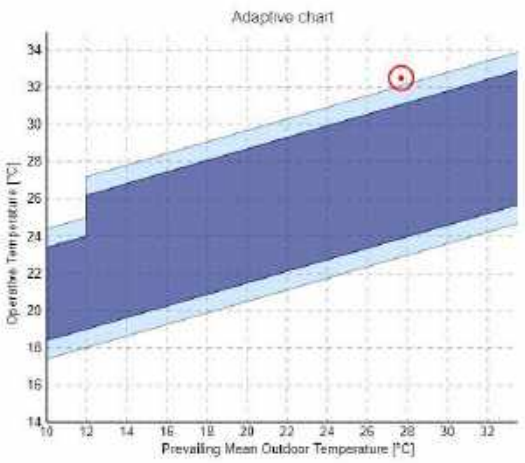

Figura 7: Avaliação térmica às 12:00h da manhã do dia 26 de 03 de 2019 plotada (ponto em vermelho) sobre a carta do modelo adaptativo.

5 CONCLUSÕES

Este artigo teve como objetivo avaliar a viabilidade de implantação de uma recomendação que visa à redução de consumo de energia elétrica no IFPB Campus João Pessoa a partir do racionamento do uso dos aparelhos condicionadores de ar. A pesquisa foi realizada apenas durante o período da manhã restringindo-se aos horários de aula do CST em Design de Interiores. A pesquisa foi realizada nos meses de fevereiro e março de 2019, representativos do período mais quente do ano. Foi observado que a aceitabilidade térmica de 80%, como recomendada pela ASHRAE 55 (2017), só foi alcançada em 49% dos horários avaliados, representando 69% dos horários de 7:00h às 9:30h e 29% das 10:00h às 12:30h. Porém, quando a movimentação do ar é de até 0,6m/s a aceitabilidade térmica alcança 90% dos horários e 97% quando a velocidade do vento permitida é de até 1,2 m/s.

Estes resultados comprovam a possibilidade de se obter conforto térmico sem a utilização do condicionamento artificial do ar no período da manhã mesmo no período mais quente do ano, desde que seja garantida a movimentação do ar com velocidades superiores a 0,3m/s ajustáveis de acordo com as preferências dos usuários. Dessa forma, entende-se que aproveitamento da ventilação natural complementada pela utilização de ventiladores é uma estratégia viável e de baixo custo, podendo contribuir não apenas para a redução do consumo de energia elétrica, mas também, para a manutenção da qualidade do ar interno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE Standard 55 (2017). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA, 2017.

BRASIL; BRASIL. Portaria MTPS/GM nº 3751, de 23 de novembro de 1990. Ltr. 54-12/1474-NR17-Ergonomia. 1990.

CÂNDIDO, C. et al. Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone. Building and Environment, v. 45, n. 1, p. 222-229, 2010.

CÂNDIDO, C. et al. Towards a Brazilian standard for naturally ventilated buildings: guidelines for thermal and air movement acceptability. Building Research & Information, v. 39, n. 2, p. 145-153, 2011.

DE VECCHI, R.; CÂNDIDO, C.; LAMBERTS, R. O efeito da utilização de ventiladores de teto no conforto térmico em salas de aulas com condicionamento híbrido em um local de clima quente e úmido. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 189-202, 2013.

NICOL, J. Fergus; HUMPHREYS, Michael A. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. Energy and buildings, v. 34, n. 6, p. 563-572, 2002.

LAMBERTS, Roberto et al. Conforto e stress térmico. LabEEE, UFSC, 2013.