

PROCEDIMENTOS PARA OBTENÇÃO DE DADOS DE CONFORTO PARA ALIMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS

Ana Dieuzeide Santos Souza (1); Cristina Engel de Alvarez (2)

(1) Arquiteta, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, anadieuzeide@gmail.com

(2) Dra, Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Coordenadora do Laboratório de Planejamento e Projetos, engel@npd.ufes.br

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Laboratório de Planejamento e Projetos, Av. Fernando Ferrari, 514, CEMUNI I, Sala 7, Vitória - ES, 29075-910, Tel.: (27) 4009-2581

RESUMO

A busca por soluções para a construção civil, alicerçadas nos conceitos de sustentabilidade, tornou-se tema em voga no meio. No entanto, a efetiva “medição” dos resultados propostos em projetos e/ou alcançados na fase de operação dos edifícios é ainda uma questão aberta que exige profundos estudos em relação aos métodos de avaliação da sustentabilidade de edifícios atualmente propostos. Além disso, nota-se que o mercado brasileiro não está preparado para ser avaliado segundo métodos sofisticados, que exigem equipes multidisciplinares e conhecimentos específicos aprofundados. É perceptível a necessidade de ferramentas simplificadas que possam facilitar a aproximação dos profissionais ao tema. Este artigo tem como objetivo discutir a possibilidade de simplificação dos procedimentos metodológicos adotados para obtenção de dados de conforto ambiental que alimentam sistemas de avaliação da sustentabilidade de edifícios. Os procedimentos metodológicos adotados foram desenvolvidos a partir das seguintes etapas: I. definição e reconhecimento do objeto de avaliação – o edifício sede do TCU-ES; II. estudo das normas existentes e revisão bibliográfica; III. desenvolvimento de método específico para a avaliação do edifício de estudo; IV. aplicação do método e desenvolvimento das medições; e V. avaliação dos resultados. Os resultados obtidos com a avaliação do edifício sede do TCU-ES demonstraram a viabilidade na adoção de metodologias simplificadas para a avaliação do conforto térmico e lumínico, quando o objetivo principal é a alimentação de dados para a determinação do nível de sustentabilidade da edificação, na fase de uso/operação.

Palavras-chave: metodologia de avaliação, desempenho térmico, desempenho lumínico.

ABSTRACT

The search for civil construction solutions, based on the concepts of sustainability, has become a featured topic in this professional area. Although, the effective “measurement” of the design proposes results and/or achieved at the building operation phase is an open question that demands deep studies about the buildings sustainability assessment methods now proposed. Also, it’s noted that the Brazilian market isn’t prepared to be assessed under sophisticated methods, which demand multidisciplinary teams and specific knowledge. It’s visible the need of simpler tools that can facilitate the professional approach of the subject. This paper aims to discuss the possibility of simplifying methodological procedures used to obtain data on environmental comfort that fuel buildings sustainability assessment systems. The methodological procedures adopted were developed from the following steps: I. definition and recognition of the object of evaluation - the headquarters of the TCU-ES; II. study of existing standards and literature review; III. development of specific method for the building assessment; IV. method application and measurement development, and V. evaluation of results. The evaluation results demonstrated the feasibility in the adoption of simplified methodologies for the assessment of thermal and light comfort when the main objective is to feed data to determine the level of building sustainability in its use/operation phase.

Keywords: assessment method; thermal performance; light performance.

1. INTRODUÇÃO

Sustentabilidade é um termo que hoje permeia praticamente todos os setores da sociedade em escala internacional, porém sua definição ainda é imprecisa, aberta a diferentes interpretações, às vezes até contraditórias (EDWARDS, 2004). No setor da construção civil, vários termos relativos à sustentabilidade foram cunhados, também com a mesma relatividade de significados: edifícios ecológicos, arquitetura bioclimática, edifícios energeticamente eficientes, edifícios ambientalmente corretos, *green buildings*, construção sustentável, entre outros. De diferentes formas, estes termos têm em comum o fato de buscarem definir uma relação mais harmoniosa entre o ambiente construído e o natural, já que ainda não se dispõe de tecnologias que permitam ao homem construir sem causar impactos.

Com a declaração da Comissão de *Brundtland*, em 1987, a ênfase apenas nos recursos meio-ambientais, principalmente na eficiência energética, foi substituída por uma abordagem mais ampla. Foi declarado que os sistemas econômicos e sociais não podem se desligar da capacidade de carga do meio ambiente; em outras palavras, o desejo de crescimento e bem estar social deve estar em equilíbrio com a necessidade de se preservar os recursos ambientais para as gerações futuras (EDWARDS, 2004). Nisso se baseia a sustentabilidade.

A busca por soluções para a construção civil, alicerçadas nos conceitos de sustentabilidade, tornou-se tema em voga no meio. No entanto, a efetiva “medição” dos resultados propostos em projetos e/ou alcançados na fase de operação dos edifícios é ainda uma questão aberta que exige profundos estudos em relação aos métodos de avaliação da sustentabilidade de edifícios atualmente propostos. Observa-se, ainda, que tais métodos, consagrados internacionalmente e originários de países desenvolvidos, normalmente não respondem adequadamente à realidade nacional. Diferenças culturais, ambientais, climáticas, sociais e econômicas influenciam significativamente nas prioridades e objetivos da avaliação, entre diferentes países ou mesmo entre diferentes regiões de um mesmo país (SOUZA; SILVA; SILVA, 2007).

Para que se possa gerenciar o que quer que seja é de fundamental importância a medição e verificação do seu desempenho e assim também acontece quanto ao desempenho sustentável dos edifícios: para se buscar melhorias e o desenvolvimento do tema no país, é necessário conhecer o que se tem construído e as práticas correntes. Dessa forma, optou-se por definir o enfoque da avaliação na etapa de uso/operação dos edifícios, não só por permitir a medição do desempenho dos mesmos na prática, evitando-se depender de simulações, mas, principalmente, por se considerar que a avaliação do estoque construído fornece base para o desenvolvimento de um banco de dados de referência da prática construtiva regional.

Entretanto, nota-se que o mercado brasileiro não está preparado para ser avaliado segundo métodos sofisticados, exigindo equipes multidisciplinares e conhecimentos específicos aprofundados. É perceptível a necessidade de ferramentas simplificadas que possam facilitar a aproximação dos profissionais ao tema, tornando-as acessíveis e de fácil aplicação pelos mesmos. Sob este aspecto, apresentam-se, neste trabalho, os procedimentos metodológicos adotados para a avaliação do conforto térmico e lumínico do edifício sede do Tribunal de Contas da União do Espírito Santo (TCU-ES), como uma proposta simplificada para obtenção de dados dessa natureza requeridos para a alimentação de sistemas de avaliações da sustentabilidade de edifícios. O enfoque aqui é dado somente sobre essas duas vertentes do conforto ambiental, uma vez que, dentro dos métodos existentes de avaliação da sustentabilidade de edifícios, esses temas são considerados com peso significativo e configuram áreas em que os conhecimentos arquitetônicos melhor podem atuar na busca por construções mais sustentáveis através, por exemplo, das denominadas “estratégias bioclimáticas”.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo discutir a possibilidade de simplificação dos procedimentos metodológicos adotados para obtenção de dados de conforto térmico e lumínico, que alimentam sistemas de avaliação da sustentabilidade de edifícios. Dessa maneira, não se pretende que esses dados forneçam o efetivo desempenho do edifício, mas uma aproximação fundamentada que possa embasar a posterior avaliação a ser realizada por profissionais de formação básica na área.

3. MÉTODO

Conforme mencionado, para esse estudo, os dados de conforto são requerimentos para alimentação de uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade de edifícios e, assim, foi desenvolvido um método de avaliação simplificado a partir das seguintes etapas: I. definição e reconhecimento do objeto de avaliação – o edifício sede do TCU-ES; II. estudo das normas existentes e revisão bibliográfica; III. desenvolvimento de método específico para a avaliação do edifício de estudo; IV. aplicação do método e desenvolvimento das medições; e V. avaliação dos resultados.

O edifício do TCU-ES, projeto de João Filgueiras Lima (Lelé), foi escolhido como objeto de estudo por apresentar, como em várias obras do arquiteto, a aplicação de conceitos pertinentes ao discurso de construções mais sustentáveis e com perceptível preocupação com os aspectos relacionados ao conforto térmico e lumínico (Figura 1). O edifício construído em 1998 e localizado à beira-mar da capital do Estado, Vitória, possui sistemas de captação de ventilação e iluminação natural por meio de *sheds*, brises para proteção das áreas envidraçadas, estrutura pré-fabricada em aço, divisórias que possibilitam flexibilidade aos espaços, jardins internos, rampa e elevador para garantir acessibilidade, entre outros aspectos que, teoricamente, proporcionam ao edifício o cumprimento satisfatório de parte das exigências no âmbito ambiental do conceito da sustentabilidade.



Figura 1 - Vista aérea do TCU-ES (LATORRACA, 1999, p. 243).

3.1 Procedimentos metodológicos adotados na avaliação do TCU-ES

Os procedimentos metodológicos adotados na avaliação da sustentabilidade, com ênfase nos aspectos relacionados ao conforto, na fase de uso/operação do edifício sede do TCU-ES, se baseiam, em parte, em procedimentos e técnicas pertinentes a uma Avaliação Pós-Ocupação, já que são considerados aspectos de avaliação técnica – *in situ* – e do ponto de vista da percepção dos usuários.

De acordo com Voordt e Wegen (2005), cada método de avaliação – sejam entrevistas, questionários, observações, experimentos, uso de equipamentos de medida, e outros – tem suas vantagens e desvantagens, sendo, portanto, sensato usar vários métodos em paralelo. Acrescentam, ainda, que a escolha do método depende da abrangência e profundidade que se deseja para a avaliação, além de fatores limitantes como tempo, dinheiro e perícia.

3.2 Procedimentos metodológicos para avaliação da percepção do usuário

A avaliação da percepção do usuário sobre o ambiente que ocupa é uma importante ferramenta de análise do desempenho de edifícios na prática e, dessa forma, mostra-se como um relevante contribuinte na busca por construções mais sustentáveis. A utilização desse tipo de avaliação nesta pesquisa teve como objetivos específicos:

- Constituir base de referência para orientação das medições de conforto ambiental;
- Compor dados de entrada requeridos para um instrumento de avaliação da sustentabilidade de edifícios, principalmente na categoria Qualidade do Ambiente Interno¹;
- Colher informações sobre costumes e forma de utilização do edifício, já que, muitas vezes, estes contrariam as intenções originais de projeto; e
- Obter dados para confirmar e/ou confrontar com a avaliação técnica (medições *in situ*) e, assim, compor uma avaliação final melhor fundamentada para, no caso de disparidades, diagnosticar pontos a serem aprimorados no método utilizado para a avaliação do edifício.

Voordt e Wegen (2005) relacionam alguns métodos de medição para avaliação de edifícios, tais como: questionários, entrevistas individuais, entrevistas em grupo, observações, estudo de documentação, seminários, estudos de caso para referência e realidade virtual. Também frisam a importância de se relacionar os aspectos qualitativos às características físicas, tanto do edifício quanto do lugar, para que os

¹ Uma proposta inicial de criação de uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade na fase de uso/operação de edifícios foi proposta em SOUZA (2008), denominada Ferramenta ASUS, e está atualmente sendo desenvolvida pelo Laboratório de Planejamento e Projetos da UFES com apoio da Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (FAPES).

resultados sejam corretamente interpretados, o que foi considerado nesta pesquisa. Dentre os métodos citados, foram utilizados os estudos de caso para referência (na etapa de revisão bibliográfica), observações e estudo de documentação e, especificamente como estratégia junto aos usuários, as entrevistas individuais baseadas em questionário pré-definido.

Por sua vez, esta etapa incluiu os seguintes aspectos: definição da unidade amostral (usuário) e da amostra (quantidade de respondentes válidos); levantamento dos parâmetros de sustentabilidade relativos à etapa de uso/operação do edifício para elaboração do questionário de avaliação da percepção do usuário; definição da estrutura e escala de valores do questionário; e definição do procedimento de aplicação do método.

3.2.1 Definição da amostra

Por serem apenas trinta funcionários e quatro estagiários, a amostra foi definida pelo número da população total, e foi determinado que os questionários fossem aplicados diretamente pelo entrevistador, visando garantir a integridade das respostas como também é proposto por Leite (1997). Não foram incluídos na amostra os funcionários de manutenção limpeza e segurança, que são de empresa terceirizada e não houve permissão para a entrevista.

3.2.2 Elaboração do questionário de avaliação da percepção do usuário

O método de avaliação do CBE (*Center for the Built Environment*)², serviu de base para a elaboração do questionário para a avaliação da percepção do usuário, principalmente quanto à qualidade do ambiente interno do edifício do TCU-ES. A sua estrutura foi mantida, porém, como o original se trata de uma avaliação *online*, teve que ser adaptada para o formato em papel para conformar o roteiro da entrevista.

Os aspectos que não se aplicavam ao edifício foram retirados e outros, com base nos aspectos levantados na revisão bibliográfica e nos destacados por Voordt e Wegen (2005), foram acrescentados. Assim, foram definidos os parâmetros a serem abordados na avaliação, que foram divididos em 12 partes: 1. localização e descrição do ambiente de trabalho; 2. dados de referência do usuário; 3. layout da sala; 4. mobiliário de trabalho; 5. conforto térmico; 6. qualidade do ar; 7. conforto visual; 8. qualidade acústica; 9. limpeza e manutenção; 10. acessibilidade; 11. características do edifício; e 12. comentários gerais.

A escala de sete pontos do método do CBE, geralmente utilizada para medir o nível de satisfação do usuário, foi simplificada para quatro pontos com valores determinados conforme Figura 2. Isso foi feito para facilitar a resposta do usuário e gerar menos dúvida do que costuma ocorrer quando se amplia o leque de alternativas para o respondente. Além disso, o tipo de pergunta formulado não exige precisão para avaliar o nível de sua satisfação. Destaca-se, ainda, que se optou por um número par de pontos, para se evitar a postura de neutralidade e, assim, ser possível a obtenção de respostas de tendência positiva ou negativa, como propõe Ornstein, Bruna e Cruz (1995).



Figura 2 - Escala de satisfação do usuário.

3.2.3 Procedimento de aplicação do questionário

O questionário foi formulado e testado com o chefe da administração no final do mês de julho de 2007, não sendo percebida a necessidade de ajustes. Dessa maneira, procedeu-se a aplicação das entrevistas com os demais usuários durante 7 dias úteis do mês de agosto de 2007, sempre no período da tarde, por ser o horário de maior disponibilidade dos funcionários, com exceção apenas de um funcionário e um estagiário que trabalham apenas pela manhã e foram entrevistados nesse período.

Em cada entrevista foram anotados a data, o horário de início e fim, além das condições de céu do dia (claro, parcialmente nublado, ou nublado). Os usuários não precisavam se identificar, porém seus locais de trabalho eram marcados sobre a planta do edifício visando estabelecer possíveis correlações entre as respostas e os dados medidos.

Ao final, as respostas foram tabuladas em planilhas do Excel (*Microsoft Excel 2007*) e tratadas estatisticamente para posterior confronto com os resultados gerados pela avaliação técnica.

² Sobre esse método de avaliação ver ZAGREUS et al., 2004; HUIZENGA et al., 2006; ABBASZADEH et al., 2006.

3.3 Procedimentos metodológicos para as medições *in situ*

As medições *in situ* foram realizadas com o objetivo de se determinar alguns dos dados de entrada requeridos pela ferramenta proposta para a avaliação da sustentabilidade do edifício, como, por exemplo, gerar parâmetros mensuráveis de conforto térmico, lumínico e acústico do edifício em uso, que são considerados juntamente com os resultados da avaliação da satisfação do usuário. Não se pretendeu com as avaliações realizadas, fazer uma caracterização detalhada do conforto ambiental do edifício, o que exigiria minuciosidade, tempo, equipamentos, equipe técnica de profissionais especializados, entre outros. Ressalta-se, ainda, que a pesquisa foi orientada para avaliar a possibilidade de obtenção dos dados de entrada de uma ferramenta de avaliação de sustentabilidade, não sendo, portanto, o objetivo principal da pesquisa elaborar um diagnóstico das condições de conforto

Para a medição de conforto, foram consideradas as seguintes variáveis:

- Conforto térmico: variáveis de temperatura, umidade relativa do ar e ventilação;
- Conforto lumínico: aspectos relacionados à iluminação natural e artificial;
- Conforto acústico: nível de ruído (pressão sonora) no ambiente em relação ao tipo de uso.

Para a definição dos procedimentos de medição e valores de referência, foram consultadas as normas brasileiras vigentes sobre o assunto, entretanto, deparou-se com as seguintes questões:

- Não há norma específica que estabeleça método de medição do desempenho térmico do ambiente;
- As normas de iluminação (ABNT, 1985; ABNT, 2005) tratam separadamente a medição de iluminação artificial e iluminação natural. Com o edifício em uso e a impossibilidade de se realizar as medições em outras condições, não foi possível tratá-las separadamente; e
- As normas de iluminação (ABNT, 1985; ABNT, 2005) recomendam que sejam feitas medidas simultâneas e em determinado número de pontos, estratégia que, embora incontestável, se mostraram inviáveis em função da disponibilidade de apenas um aparelho para a medição de cada variável e somente duas pessoas para a realização das medições.

Destaca-se que as divergências em relação às normas foram ponderadas, servindo como um indicativo para a necessidade de simplificação dos procedimentos quando o objetivo final não é a avaliação efetiva de conforto. Dessa maneira, foi necessária a adaptação das normas para a definição de uma metodologia de acordo com as condições peculiares do TCU-ES, levando-se em conta os objetivos da avaliação bem como a logística disponível, ou seja, o número de aparelhos e pessoas disponíveis para a realização das medições.

A análise dos questionários aplicados junto aos usuários orientou a escolha dos locais de medição e dos parâmetros para avaliação do conforto lumínico, térmico e acústico (este último não tratado neste artigo). No edifício predominam dois tipos de ambientes de trabalho: salas menores, com área de 5,0 x 2,5 m, de uso individual, destinadas aos diretores ou chefes da divisão, onde o próprio usuário controla os dispositivos disponíveis (janelas, luminárias, ar-condicionado); e salas maiores, com área de 5,0 x 10,0 m, de uso coletivo, ou seja, sem divisórias entre as várias estações de trabalho, destinadas aos auditores e técnicos, onde é mais difícil o controle dos dispositivos de forma a agradar a todos os usuários. Dessa forma, optou-se por realizar as medições nessas salas maiores, que possuem maior número de usuários e maior probabilidade de desconforto, como foi confirmado pelas entrevistas. Foram escolhidas, então, duas salas centrais, simétricas em relação ao eixo do corredor, sendo uma com incidência de sol pela manhã e outra pela tarde (Figura 3).

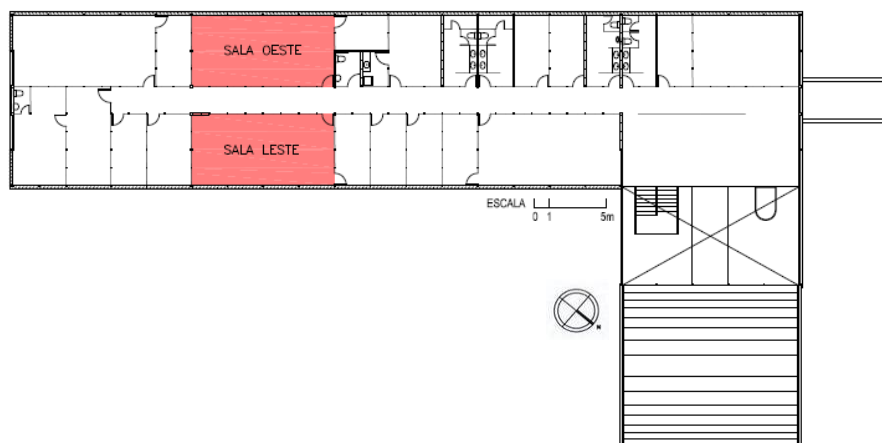


Figura 3 - Planta esquemática do segundo pavimento com a localização das salas para a realização das medições.

A definição do número e localização dos pontos de medição, os procedimentos e os equipamentos utilizados seguem descritos nos próximos itens.

3.3.1 Conforto lumínico

Algumas questões dificultaram a definição da malha de pontos para as medições, destacando-se os seguintes aspectos: o número de funcionários por sala muda com certa frequência; o *layout* e as estações de trabalho estão sendo modificados; com a instalação dos aparelhos de ar-condicionado do tipo *split*, as luminárias foram deslocadas aleatoriamente, não condizendo com o que está no projeto e nem com os casos citados na NBR 5413 (ABNT, 1985); e algumas luminárias não estavam funcionando. Dessa forma, foi necessário estabelecer alguns critérios e com base neles foram definidos o número de pontos de medição e suas posições:

- Estabeleceu-se uma média de oito funcionários por sala, com suas estações de trabalho dispostas em duas linhas paralelas ao lado maior do ambiente com uma faixa de circulação entre elas, de acordo com o projeto existente para o *layout* a ser implementado.
- A sala foi dividida em quatro faixas perpendiculares às janelas e três paralelas, obtendo-se uma malha de doze áreas iguais, em cujos centros foram localizados os pontos de medição (Figura 4). Dessa forma, buscou-se abranger as oito estações de trabalho e, ainda, verificar as variações existentes à medida que se afasta da janela. Deve-se salientar que, apesar de a construção da malha de pontos estar de acordo com o recomendado pela NBR 15215-4 (ABNT, 2005), o número de pontos não atende à mesma norma, que propõe 16 pontos. Entretanto, dentro das condições existentes, foi o que se considerou viável e satisfatório, não comprometendo os resultados para os objetivos propostos.

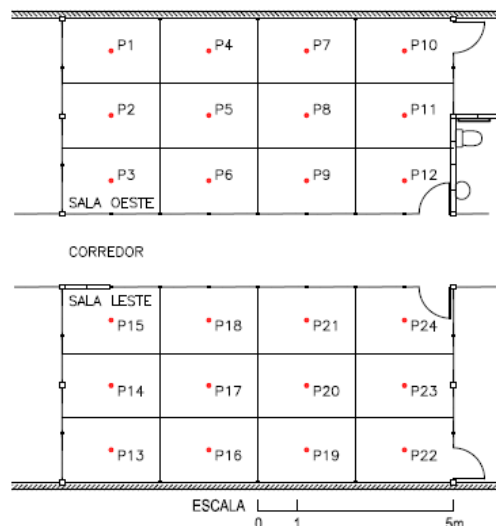


Figura 4 - Planta esquemática de localização dos pontos de medição para avaliação do conforto lumínico.

O equipamento utilizado para a medição dos níveis de iluminação natural e artificial das salas foi um luxímetro digital, marca ICEL Manaus, modelo LD-590. Na sua utilização foram seguidas as seguintes recomendações, estabelecidas pela NBR 15215-4 (ABNT, 2005):

- Considerou-se a quantidade de luz no ponto, na altura e no plano onde a tarefa é executada, o que foi determinado de acordo com as estações de trabalho;
- O sensor foi mantido paralelo à superfície a ser avaliada ou sobre a mesma, observando o correto nivelamento da fotocélula, para evitar diferenças na medição; e
- No momento de medição, foram adotadas as providências necessárias para evitar sombras de pessoas sobre a fotocélula, assim como incidência direta de raios solares.

As medições de iluminação foram realizadas em duas condições distintas, a fim de se perceber a influência da luz natural:

- Com as luminárias acesas e *brises* regulados na posição mais favorável (maior captação de luz natural, sem incidência de luz direta); e
- Com as luminárias apagadas e *brises* regulados na mesma posição da condição anterior.

Ainda de acordo com a mesma norma, quando não é possível fazer um monitoramento da iluminação natural ao longo do ano, é recomendado que a iluminância seja verificada nas condições de céu mais representativas do local nos seguintes períodos:

- Um dia próximo ao solstício de inverno (22 de junho);
- Um dia próximo ao solstício de verão (22 de dezembro); e
- De duas em duas horas a partir do início do expediente.

Compatibilizando o cronograma da pesquisa com o dos funcionários do TCU-ES, só foi possível iniciar as medidas no final do inverno (13 de setembro). Dessa forma, decidiu-se por repetir as medidas em outubro, novembro e dezembro, sempre próximo ao dia 15 de cada mês, para se ter um acompanhamento mais representativo, conseguindo abordar diferentes condições de céu. Nesses dias, foram realizadas quatro medições nos 12 pontos de cada sala, duas pela manhã, com intervalo de duas horas entre cada conjunto de medição, e, da mesma forma, duas à tarde. Assim, as medições foram realizadas a partir das 9h, 11h, 15h e 17h, de forma a abranger o horário de expediente da maioria dos funcionários.

Para referência, antes da primeira medida de cada conjunto, mediu-se o nível de iluminação no exterior do edifício, num ponto sem obstrução e em plano horizontal, tomando-se o cuidado de proteger o sensor da incidência direta dos raios solares, como recomenda a NBR 15215-4 (ABNT, 2005). Em seguida, procedeu-se a medição ponto a ponto nas salas, anotando-se o horário exato de medida em cada ponto e seguindo a mesma ordem nas medições seguintes (de duas em duas horas).

3.3.2 Conforto térmico

Os equipamentos utilizados para a medição de temperatura, umidade relativa do ar e ventilação foram: um termo-higrômetro digital, marca Minipa (modelo MTH-1361), para as medidas das duas primeiras variáveis; e um anemômetro digital, marca Minipa (modelo MDA-11), para a última variável.

Como as normas brasileiras não definem os pontos de medição para desempenho térmico, foram adotados os mesmos pontos de medição de iluminação, de forma a cobrir a sala de maneira uniforme, considerando, principalmente, os postos de trabalho. Entretanto, além da medição nas salas, optou-se por medir também o corredor, já que, de acordo com as entrevistas, esta é a área mais quente do edifício, principalmente no verão. O corredor, de aproximadamente 35 metros de comprimento, foi dividido em cinco áreas iguais ao longo de seu comprimento e, no centro de cada uma, foram localizados os pontos de medição (Figura 5).

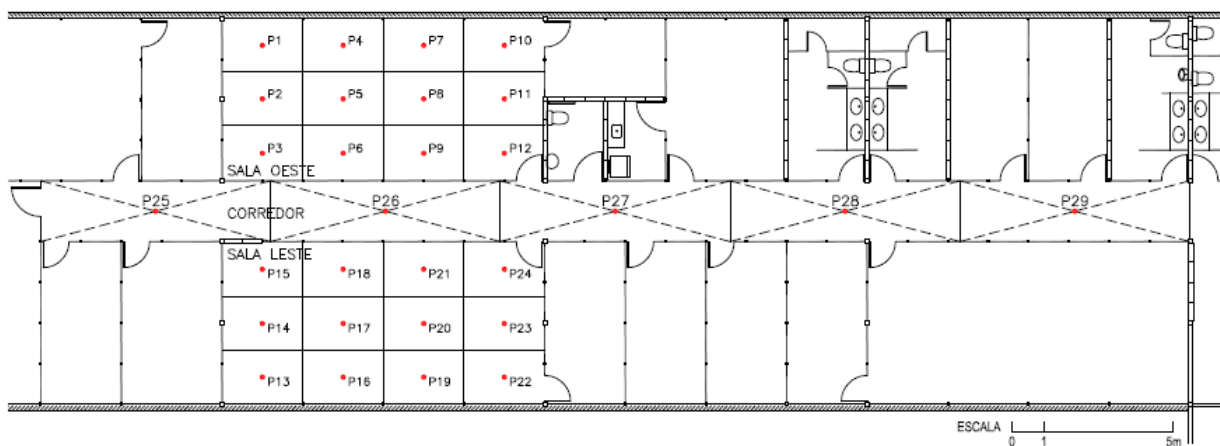


Figura 5 - Planta esquemática com a localização dos pontos de medição para avaliação do conforto térmico.

As primeiras medidas também foram realizadas no dia 13 de setembro, seguindo os mesmos horários das de iluminação (a partir das 9h, 11h, 15h e 17h). Também foram realizadas medidas externas, antes do início de cada conjunto de medições, para a adoção de valores de referência. Na medição dos pontos de cada sala, o termo-higrômetro e o anemômetro foram posicionados a um nível de 1,5m, já que os limites estabelecidos pela NBR 6401 (ABNT, 1980) são referentes a essa altura. Como a variação da temperatura em diferentes dias é mais significativa, as medidas foram repetidas em outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro de 15 em 15 dias, aproximadamente (sempre próximo aos dias 1º e 15 de cada mês). Os equipamentos foram mantidos na posição previamente definida até a estabilização dos indicadores no visor digital, quando, então, eram anotados manualmente numa tabela previamente elaborada.

Cada medida de temperatura e umidade foi analisada sobre a carta psicrométrica para a localização das mesmas em relação à zona de conforto definida pela carta.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados obtidos com a pesquisa podem ser subdivididos em dois aspectos: o resultado da avaliação do edifício sede do TCU-ES e a avaliação da metodologia adotada em relação aos objetivos da pesquisa.

Dentre os vários aspectos analisados no edifício sede do TCU-ES em relação à sustentabilidade na etapa de uso e operação, os resultados obtidos na avaliação do conforto térmico e lumínico foram os que apresentaram as maiores discrepâncias em relação às expectativas de desempenho. Apesar de as obras de Lelé terem, em geral, como uma das principais diretrizes o conforto ambiental, a avaliação demonstra que na prática muitas intenções de projeto não puderam ser concretizadas.

Os critérios considerados na avaliação visaram responder aos dados de conforto térmico e lumínico requeridos pela *Ferramenta ASUS – Versão Zero/SBTool*, uma proposta preliminar de um instrumento de avaliação da sustentabilidade de edifícios, desenvolvida na dissertação de mestrado da primeira autora, com orientação da segunda (SOUZA, 2008). Esses critérios e os resultados da avaliação junto aos usuários e das medições *in loco* são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1- Critérios avaliados e principais resultados obtidos.

Critérios avaliados	Resultados
Conforto térmico	
Nível de satisfação dos usuários quanto à qualidade do ar e ventilação no ambiente – considerando 90% de satisfação o mínimo aceitável.	Não satisfatório - De acordo com o resultado dos questionários, 85% dos usuários estão satisfeitos com a qualidade do ar e 76% com a ventilação.
Velocidade do ar no nível de trabalho durante as condições típicas de operação – considerando o Valor Máximo Recomendável, no nível de 1,5m do piso, de menos de 0,25 m/s, de acordo com a RE9 da ANVISA, o mínimo aceitável.	Não satisfatório - O vento é forte na direção do A.C. (maior que 0,25 m/s) e nulo nos outros pontos.
Nível de satisfação do usuário, durante horas e estações críticas, quanto às condições de temperatura do ar e umidade relativa – considerando 90% de satisfação o mínimo aceitável.	Não satisfatório - De acordo com o resultado dos questionários, 27% dos usuários estão insatisfeitos com a temperatura de seu ambiente de trabalho.
Verificação, por meio de medições durante horas e estações críticas, se a temperatura e umidade estão dentro da zona de conforto – considerando aceitável o mínimo de 90% dos casos dentro da zona de conforto (considerando os limites estabelecidos pela NBR 6401 (ABNT, 1980) - temperatura entre 20° e 26,5° e umidade entre 40% e 65%).	Não satisfatório - Sala Oeste: apenas em 65% dos casos esteve dentro dos limites.
Conforto lumínico	
Coefficiente de Luz Diurna (CLD) dos ambientes onde são desenvolvidas as atividades principais do edifício – considerando $CLD \geq 2,0\%$ em pelo menos 50% dos ambientes de ocupação principal o mínimo aceitável.	Não satisfatório - $CLD = 1,65\%$ nas salas.
Nível de satisfação dos usuários em relação ao nível e qualidade da iluminação – considerando 90% de satisfação o mínimo aceitável.	Não satisfatório - De acordo com o resultado dos questionários, 88% dos usuários estão satisfeitos com a qualidade da luz.
Verificação, por meio de medições, da iluminância média no plano de trabalho – considerando 500 lux, de acordo com as recomendações da NBR 5413 (ABNT, 1985), pelo menos em 90% dos casos, o mínimo aceitável.	Não satisfatório - Em 72% dos casos a iluminância esteve abaixo de 500 lux.

Em relação aos itens de ventilação os níveis de desempenho não foram considerados satisfatórios, tanto pela avaliação do usuário quanto pelas medições. O sistema de ar-condicionado instalado, tipo *multi-split*, não possibilita a renovação do ar e não proporciona uma movimentação de ar uniforme, ultrapassando os valores máximos de velocidade recomendados nos pontos que estão na direção das saídas de ar do equipamento, e sendo praticamente nulo nas demais áreas. Esse problema acaba acarretando, também, desconforto térmico de grande parte dos usuários, comprovado pelas medições de temperatura do ar e umidade relativa das salas.

Entretanto, o edifício foi projetado contemplando um sistema de ventilação natural que não é utilizado, mantendo-se as aberturas permanentemente fechadas e lançando-se mão do condicionamento artificial. É possível que o uso constante do ar condicionado esteja mais relacionado a questões de hábitos e cultura dos usuários do que, efetivamente, ineficiência térmica da edificação. Nota-se, por exemplo, que os brises das fachadas, que possuem a finalidade de sombrear as aberturas diminuindo a carga térmica do edifício, não são adequadamente operados e que, provavelmente, se estivessem cumprindo a sua função, a sensação de desconforto seria minimizada.

Considerando que a edificação avaliada é um órgão público em que os custos operacionais – principalmente despesas com o consumo de energia – não são controlados, o uso intensivo de ar condicionado pode estar atrelado à não conscientização dos usuários em relação aos custos do serviço público e às consequências ambientais oriundas do desperdício energético.

Quanto à iluminação, apesar de o edifício possuir muitas aberturas para captação de luz natural, os níveis de iluminância não atendem aos requeridos em norma. Mais uma vez, isso pode estar correlacionado a intervenções sofridas pelo edifício em sua fase de operação. Provavelmente também pela não utilização correta dos brises, foram instaladas películas sombreadoras nos vidros (do tipo *insulfilm*), que diminuem o nível de iluminação das áreas de trabalho. Os usuários argumentam, ainda, que se fecharem os brises, terão a vista para o exterior prejudicada. A título de teste, foi feita uma medição do nível de iluminação em um ponto próximo à janela, com as luminárias apagadas, primeiro com a janela fechada e posteriormente com a janela aberta. De fato a diferença foi significativa, apresentando 66 lux e 450 lux respectivamente.

Em relação à avaliação dos procedimentos adotados para as medições do conforto térmico para a formação da base de dados requerida para alimentação da ferramenta de avaliação de sustentabilidade, os resultados mostraram-se satisfatórios. Ressalta-se que especialmente nos aspectos relacionados à avaliação de conforto térmico, que o método de avaliação considera as condições climáticas de Vitória, cuja variação de temperatura ao longo do ano ou mesmo durante o dia, não é tão significativa como em outras regiões do país. Para regiões em que essa variação é relevante, ou, pelo contrário, quase nula, o número de repetições durante o ano deveria ser respectivamente aumentado ou diminuído, conforme o caso.

Quanto à avaliação do conforto lumínico foram encontradas disparidades entre a avaliação segundo os usuários, que se mostraram satisfeitos com a quantidade e qualidade da iluminação, e as medições realizadas no local, que apontaram o não cumprimento dos níveis mínimos requeridos em norma. Esse fato aponta para necessidade de aprimoramento dos procedimentos adotados na avaliação desse item, tanto para a determinação do efetivo conforto alcançado como para a alimentação dos dados da ferramenta de avaliação de sustentabilidade.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com a avaliação do edifício sede do TCU-ES demonstraram a viabilidade na adoção de metodologias simplificadas para a avaliação do conforto térmico e lumínico, quando o objetivo principal é a alimentação de dados para a determinação do nível de sustentabilidade da edificação, na fase de uso/operação. Observa-se que as normas vigentes sobre o tema exigem procedimentos complexos para a medição de desempenho, uma vez que visam à caracterização efetiva do mesmo. As normas de medição de iluminação (ABNT, 1985; ABNT, 2005), por exemplo, demandam maior minuciosidade, número de equipamentos e equipe, que às vezes inviabilizam o processo. Por outro lado, não há norma específica que estabeleça os procedimentos para a medição de desempenho térmico do ambiente. Parte-se do pressuposto, então, de que para a formação de parâmetros de referência e alimentação de dados de avaliações mais abrangentes, torna-se necessário iniciar um processo – e cultura – de medições sistematizadas cujo grau de precisão e confiabilidade devem ser otimizados à medida que a metodologia seja aprimorada e incorporada ao cotidiano dos profissionais projetistas da área de construção civil.

Destaca-se a importância observada de se aliar, nesse tipo de avaliação, a percepção do usuário às medições *in situ*, o que permite maior consistência aos resultados alcançados. Além disso, confirma-se a necessidade de desenvolvimento de métodos simplificados para a construção de base de dados de referências do estoque construído, visando o estabelecimento de parâmetros de referência (*benchmarks*) nacionais e regionais.

6. REFERÊNCIAS

- ABBASZADEH, S.; ZAGREUS, L.; LEHRER, D.; HUIZENGA, C. Occupant Satisfaction with Indoor Environmental Quality in Green Buildings. **Proceedings of Healthy Buildings**, Lisboa, v. 3, p. 365-370, 2006.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-4**: Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5382**: Verificação de iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1985.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6401**: Instalações centrais de ar-condicionado para conforto – Parâmetros básicos de projeto. Rio de Janeiro, 1980.
- EDWARDS, Brian; HYETT, Paul (Co.). **Guia básica de la sostenibilidad**. Barcelona: Gustavo Gili, 2004.
- HUIZENGA, C.; ABBASZADEH, S.; ZAGREUS, L.; ARENS, E. Air Quality and Thermal Comfort in Office Buildings: Results of a Large Indoor Environmental Quality Survey. **Proceedings of Healthy Buildings**, Lisboa, v. 3, p. 393-397, 2006.
- LATORRACA, Giancarlo (Org./Ed.). **João Filgueiras Lima, Lelé**. São Paulo: Editorial Blau/ Instituto Lina Bo e P. M. Bardi, 1999.

- LEITE, Brenda Chaves Coelho. **Análise do Desempenho de Edifícios de Escritórios Automatizados Através da Avaliação Pós-Ocupação**. 1997. 385 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas Ambientais Urbanas). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- ORNSTEIN, Sheila Walbe; BRUNA, Gilda Collet; CRUZ, Antero de Oliveira. Nível de Satisfação dos usuários de um edifício de escritórios convencional em São Paulo: Um exercício didático. **Textos do Laboratório de Psicologia Ambiental**. Brasília: Instituto de Psicologia - Universidade de Brasília, v. 4, n. 17, p. 1-8, 1995.
- SOUZA, Ana Dieuzeide Santos. **Ferramenta ASUS**: Proposta Preliminar para Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios Brasileiros a partir da Base Conceitual da SBTool. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.
- SOUZA, Ana Dieuzeide Santos; SILVA, Maristela Gomes da; SILVA, Vanessa Gomes da. Avaliação da Sustentabilidade do Edifício Sede do Tribunal de Contas da União no Espírito Santo: Discussão Preliminar sobre Metodologia para Avaliação na Etapa de Uso e Operação. In: IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Campo Grande, 2007. **Anais..** Campo Grande: ANTAC, 2007. p.471 – 480.
- VOORDT, Theo JM van der; WEGWN, Herman BR van. **Architecture In Use**: An introduction to the programming, design and evaluation of buildings. Oxford: Elsevier, 2005.
- ZAGREUS, Leah; HUIZENGA, Charlie; ARENS, Edward; LEHRER, David. Listening to the Occupants: a Web-based Indoor Environmental Quality Survey. **Indoor Air**, Denmark, n. 14, p. 65-74, 2004.

7. AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida para o desenvolvimento da pesquisa no mestrado da primeira autora; ao Prof. Dr. Marco Antônio Romanelli, responsável pelas disciplinas de Conforto Ambiental da UFES, pelas orientações e auxílio nas medições; ao Prof. Dr. Rogério Ramos, do Departamento de Engenharia Mecânica da UFES, tanto pelos equipamentos emprestados como também pelas orientações; e à FAPES pelo apoio à continuidade da pesquisa.