

MONITORAMENTO DO AMBIENTE LUMINOSO E SATISFAÇÃO DO USUÁRIO: ESTUDO DE CASO DO MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA)

**Cláudia N. David Amorim (1); Júlia T. Fernandes (2); Márcia B. Birck (3);
Marina L. P.de Oliveira (4) e Marina Rebelo (5)**

(1) Doutora, Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, clamorim@unb.br

(2) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, julia@quali-a.com

(3) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, marcia_boc_birck@hotmail.com

(4) Aluna de Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, PIBIC, marina.lpaixao@gmail.com

(5) Aluna de Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, PIBIC, marinrebelo@hotmail.com

Universidade de Brasília (UnB), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), Laboratório de Controle Ambiental (LACAM), Instituto Central de Ciências - ICC Norte - Gleba A
Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte - Caixa Postal 04431
CEP: 70904-970 - Brasília / DF, Tel.: (48) 3721 5184

RESUMO

A complexidade dos estudos de iluminação está justamente na necessidade de avaliar várias dimensões simultaneamente, uma vez que os espaços são iluminados para atender às diversas expectativas humanas. A qualidade da iluminação depende de condições que causem impactos desejáveis às pessoas que usarão o ambiente, relacionados à visibilidade, desempenho de tarefas, conforto visual, interação e comunicações sociais, saúde e segurança, humor, bem-estar e satisfação. Esta pesquisa investiga a qualidade da iluminação no Ministério do Meio Ambiente (MMA), através de medições do Ambiente Luminoso e levantamento da Satisfação do Usuário. O método utilizado baseia-se no Protocolo de Monitoramento IEA SHC Technical Report T50-D3 (*Monitoring protocol for lighting and daylighting retrofits*), versão março de 2015, que visa avaliar a relação da arquitetura e iluminação em casos de *retrofit*, com foco no estudo do conforto visual. O protocolo propõe a aplicação simultânea de diversos métodos para medições em ambiente reais, com o objetivo principal de comparar o desempenho antes e depois do *retrofit*. Os resultados apontam que os métodos de medição e aplicação dos questionários propostos pelo protocolo apresentaram coerência. Apesar dos procedimentos de monitoramento terem sido simplificados de versão anterior do documento, ainda são complexos e necessitam de equipe técnica especializada e grande disponibilidade de tempo para aplicação, o que nem sempre é bem-vindo pelo usuário.

Palavras-chave: qualidade de iluminação, Satisfação do Usuário, ambientes reais, monitoramento, retrofit.

ABSTRACT

The complexity of lighting studies is in the need of evaluating various dimensions simultaneously, since the spaces are illuminated to meet various human expectations. The quality of lighting depends on conditions that cause desirable impacts to people who will use the environment, related to visibility, performance tasks, visual comfort, interaction and social communication, health and safety, humor, well-being and satisfaction. This research investigates the quality of lighting in the Ministry of Environment (MMA), through measurements of the Lighting Environment and User Satisfaction. The method used is based on the IEA SHC Technical Report T50-D3 (*Monitoring protocol for lighting and daylighting retrofits*), march 2015 version, which aims to evaluate the relationship between architecture and lighting in cases of *retrofit*, focusing on the study of visual comfort. The protocol proposes the simultaneous application of several methods for measurements in real environment, with the main objective to compare the performance before and after the *retrofit*. The results show that the measurement methods and the application of the questionnaires proposed by the protocol were consistent. Despite the monitoring procedures have been simplified from previous version of the document, these still are complex and require specialized technical team and a very long available time for application, which is not always welcome by the user.

Keywords: natural lighting, lighting quality, user satisfaction, real environments, monitoring.

1. INTRODUÇÃO

Hoje, mesmo com a luz natural disponível, é comum que os espaços típicos de escritórios funcionem com dependência da iluminação artificial, ao invés de utiliza-la como complementação. Uma das razões para que isso aconteça é a maior facilidade de dimensionamento, controle e uniformidade do comportamento da iluminação artificial, além da comodidade e da rotina estabelecida pelo usuário. Ao mesmo tempo, a iluminação natural proveniente da janela é difícil de ser controlada, principalmente quanto à sua uniformidade, contrastes e probabilidade de ofuscamento (BOYCE et al., 2003). Veitch (2006) destaca duas particularidades em relação aos ambientes de escritório. Primeiro, a avaliação de iluminâncias horizontais é muito importante na performance visual apenas quando os níveis estão muito baixos. Segundo, o tipo de tarefa atualmente desenvolvida em escritórios acontece na maior parte do tempo no plano vertical, com a visualização das telas de computador. Isto aponta para um direcionamento relevante das pesquisas: a avaliação das luminâncias no campo visual.

A IESNA, *Illuminating Engineering Society of North America*, em 2000, aponta que a qualidade da iluminação está, primeiramente, relacionada com a visibilidade, que é definida a partir das necessidades humanas que dependem da iluminação: humor e atmosfera; desempenho de tarefa; conforto visual; julgamento estético; saúde, segurança e bem-estar e por fim, comunicação social. (IESNA, 2000) Este conceito definido pela IESNA, amplamente referenciado atualmente no meio acadêmico, baseia-se na interação de três aspectos gerais: Arquitetura, Aspectos Econômicos e Necessidades Humanas. (VEITCH, 2006)

Além desses dessa discussão teórica sobre a qualidade da iluminação, existe a necessidade de monitoramento dos edifícios após sua ocupação, fundamental para comprovações e validações teóricas, assim como base para futuros estudos, novas recomendações e normas.

Nesse sentido e com o objetivo de se estabelecer um método padronizado e replicável para a investigação do desempenho geral do *retrofit* de iluminação artificial e natural de diferentes tipos de edifícios, desenvolveu-se o protocolo de monitoramento IEA SHC Task 50 (DUBOIS et al., 2015). Este protocolo é importante por ser uma compilação de ferramentas e métodos internacionalmente validados, além de investigar simultaneamente aspectos da iluminação como Eficiência Energética, Custo, Ambiente Luminoso e Satisfação do Usuário. Está atualmente em fase de desenvolvimento e a versão avaliada nesse documento é de março de 2015. Considera-se o protocolo em questão como um documento de orientação geral, podendo inclusive ser utilizado por avaliadores não-especialistas. Descreve-se o procedimento, dividindo-o em cinco fases: Visita exploratória inicial ao edifício; Fase de decisão; Fase preparatória; Programa de monitoramento e Fase de Análise. Identificam-se quatro aspectos fundamentais no protocolo: Ambiente luminoso (avaliação objetiva, embasada pelas medições); Satisfação do Usuário (avaliação subjetiva, realizada através de questionários aos usuários e especialistas sobre a qualidade da iluminação) Eficiência energética (consumo energético) e Custos (custo total do *retrofit* de iluminação ou iluminação artificial). Para o trabalho em questão, foram considerados os dois primeiros aspectos. O protocolo abrange medições detalhadas de grandezas fotométricas, apresentando um calendário adequado de medições para um monitoramento mínimo e outro completo. As condições específicas para cada parâmetro variam de acordo com o tipo de monitoramento.

As medições de luz no ambiente têm a vantagem de fornecer informação objetiva e comparáveis sobre o espaço investigado. No entanto, um Ambiente Luminoso apresenta uma complexidade que é difícil de descrever completamente com as medições de luz ambiente apresentados na seção anterior. A investigação de experiências e opiniões dos usuários é uma ferramenta complementar importante para um melhor entendimento dessa complexidade. A opinião dos ocupantes também ajuda a descobrir as ocorrências desagradáveis locais ou transitórios (por exemplo, o brilho da luz do dia, a resposta irregular do sistema de controle automático, etc.), que são difíceis de identificar quando visitar e monitorar o espaço durante alguns dias em um ano. Se a ideia é fazer um levantamento de dados, é preciso construir um questionário (VIEIRA, 2009). Nesta pesquisa, em especial, foram aplicados os questionários desenvolvidos pelo Protocolo de Monitoramento IEA SHC Task 50, versão março de 2015 (DUBOIS et al., 2015).

O LACAM/FAU/UnB já aplicou o protocolo em três edifícios e para este artigo escolheu-se apresentar parte dos resultados do monitoramento do edifício MMA, uma vez que ele apresenta duas condições ideais: andares onde já foi realizado o *retrofit* e andares ainda não reformados. Dessa forma é possível realizar os procedimentos no mesmo dia nas duas situações (pré e pós-*retrofit*), avaliando a qualidade do Ambiente Luminoso e Satisfação do Usuário.

2. OBJETIVO

Este artigo busca avaliar a qualidade do Ambiente Luminoso e a Satisfação do Usuário no MMA, através da aplicação do Protocolo de Monitoramento IEA SHC Task 50 (DUBOIS et al., 2015) para avaliação de ambientes reais, especialmente em aspectos relativos à análise objetiva de medições do ambiente luminoso e da avaliação da Satisfação do Usuário. Tendo em vista a aplicação dos questionários no edifício monitorado, procura-se confrontar os dados das medições referentes à iluminância, luminância e outras informações com os dados fornecidos pelos próprios respondentes.

3. MÉTODO

A equipe do LACAM (Laboratório de Controle Ambiental/FAU/UnB) seguiu parte do Protocolo de Monitoramento IEA SHC Task 50 (DUBOIS et al., 2015) para o estudo de MMA, sendo o método deste dividido em três etapas principais:

1. Escolha do edifício a ser analisado, contendo ambientes com condições distintas, que permitam avaliar a adaptabilidade dos procedimentos e critérios propostos.
2. Monitoramento do edifício, em três horários do dia (9, 12 e 15h) realizando medições de iluminância, luminância, direcionalidade e ofuscamento, com aplicação de questionários com os usuários.
3. Análise e comparação dos resultados obtidos com referências estabelecidas no Protocolo em relação ao Ambiente Luminoso e Satisfação do Usuário.

3.1. Objeto de Estudo: edifício e ambientes representativos

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), projeto do arquiteto Oscar Niemeyer, é um edifício emblemático da Arquitetura Moderna de Brasília, localizado na Esplanada dos Ministérios, que é formada por um conjunto de 17 edifícios semelhantes distribuídos de maneira harmônica e regular, em lados opostos do Eixo Monumental. Os Ministérios são paralelepípedos, de forma regular, com as maiores faces nas orientações Leste e Oeste. Essas fachadas são semelhantes, por possuírem grandes panos de vidro, sendo que na fachada Oeste existem brises verticais e a presença de volumes de concreto para as escadas.

Além de sua importância arquitetônica, escolheu-se o MMA por este possuir diferentes condições (pré e pós-*retrofit*), o que permitiria analisar a interferência das alterações realizadas na qualidade do Ambiente Luminoso e Satisfação do Usuário. O *retrofit* realizado alterou de forma significativa os espaços, pois alteraram os sistemas de iluminação, condicionamento de ar, materiais superficiais (paredes, forro e piso) e as películas dos vidros das fachadas. Nas medições foram avaliados dois ambientes (nas fachadas leste-628 e oeste-609) no 6º andar, com uma situação de pós-*retrofit* e mais dois ambientes, nas mesmas orientações, no 7º andar (749 e 724), numa condição de pré-*retrofit*.

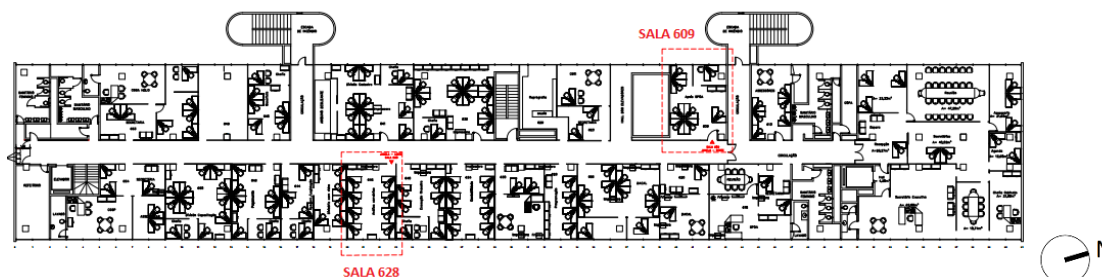


Figura 1 - Planta do 6º pavimento com ambientes monitorados em destaque. (Pós-*retrofit*)

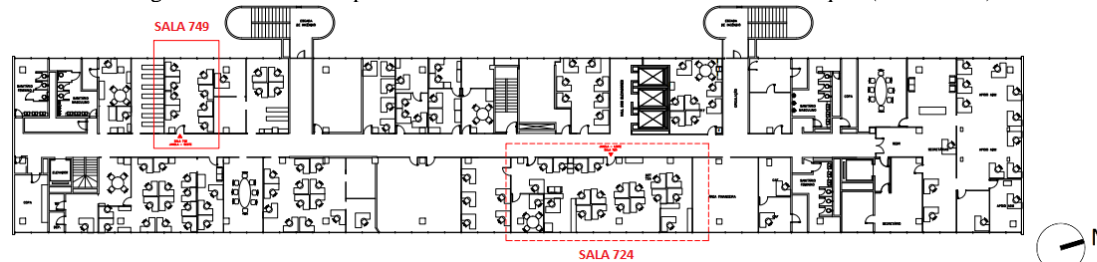


Figura 2 - Planta do 7º pavimento com ambientes monitorados em destaque. (Pré-*Retrofit*)

O Quadro 01 resume as principais características do edifícios e dos ambientes monitorados:

Quadro 01- Ambientes monitorados e suas características

Nome do Edifício:	Ministério do Meio Ambiente - MMA	
Localização e Contexto Urbano:	<ul style="list-style-type: none"> - Brasília-DF - As próprias edificações que compõe os Ministérios fazem obstruções para incidência de radiação solar - Maiores fachadas orientadas no sentido leste/oeste 	

Caracterização do Edifício:	<ul style="list-style-type: none"> - Bloco linear, com iluminação bilateral - Materiais superficiais externos com refletâncias baixas (brises verticais verdes) - Percentual de abertura das fachadas em torno de 75 a 100%, mas com aberturas protegidas por grandes brises verticais fixos na fachada oeste. A fachada leste não possui proteção. 	Fachada Leste 	Fachada Oeste 
Ambientes 6º Pav. Pós-retrofit /	<ul style="list-style-type: none"> - Uso predominante: leitura, escrita e digitalização de processos - Ambientes localizados no meio do pavimento, layout em open space, com iluminação nas fachadas Leste e Oeste - Tipo de Aberturas: pele de vidro, com esquadrias divididas em 3 módulos na vertical, vidro com Fator Solar de 0.40. - Materiais Superficiais: refletâncias altas no teto e piso e média nas paredes 	Sala 628 (Leste) 	Sala 609 (Oeste) 
Ambientes 7º Pav. Pré-retrofit	<ul style="list-style-type: none"> - Uso predominante: leitura, escrita e digitalização de processos - Open space, localizado no meio, com iluminação na fachada leste - Tipo de Aberturas: pele de vidro, com esquadrias divididas em 3 módulos na vertical, vidro com Fator Solar de 0,8. - Materiais Superficiais: refletâncias altas nas paredes, teto e piso 	Sala 724 (Leste) 	Sala 749 (Oeste) 


1.2. Monitoramento do edifício

De acordo com o estabelecido pelo protocolo, foram realizadas visitas técnicas para observações, medições, fotografias e aplicação de questionários, visando-se compreender os parâmetros que promovem a qualidade luminosa e satisfação com o ambiente de trabalho, como foco na avaliação das luminâncias, iluminâncias, ofuscamento e direcionalidade.

Foram feitos levantamentos nos quatro ambientes representativos (pré e pós-*retrofit*), seguindo o monitoramento mínimo, com medições em três horários diferentes (9h, 12h e 15h), no dia 27/02/15¹, mais próximo ao solstício de verão, com condição de céu encoberto². As medições foram realizadas em duas condições: com as persianas abertas e luz artificial desligada; e na condição real de uso da iluminação do ambiente, com a iluminação artificial ligada e, em alguns casos, com as persianas fechadas. Foram feitas também medições noturnas, somente com luz artificial.

Apresenta-se, no Quadro 2, um resumo dos parâmetros e métodos de monitoramento do Ambiente Luminoso (Luminâncias, Iluminâncias e Direcionalidade) e Satisfação do Usuário, segundo o protocolo:

Quadro 2– Resumo dos parâmetros e métodos de monitoramento

AMBIENTE LUMINOSO	
<p>Luminância e Ofuscamento*</p> <p>As medições das luminâncias no campo visual vertical foram realizadas com o luminômetro, marca Konica Minolta, modelo LS-100 (calibrado), em 2 posições típicas³ do usuário e 2 posições extremas⁴ para cada ambiente. Sentou-se na posição determinada e fotografou-se a cena com um celular contendo um aplicativo de lente de olho de peixe. Desenhou-se a cena, mediram-se dados de luminância no computador, em um pedaço de céu (quando disponível), e em superfícies que pudessem evidenciar algum ofuscamento. Posteriormente, inseriram-se os valores registrados e anotados no desenho na fotografia. Para calcular o ofuscamento, utilizaram-se os dados da luminância no campo visual vertical.</p>	

1 Não foi possível realizar as medições exatamente no mês do solstício de verão, devido ao período de férias no Ministério. No entanto protocolo permite uma certa flexibilidade quanto a estas datas.

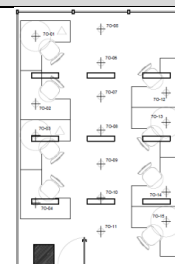
2 Índices de nebulosidade no dia: 9 décimos e 8 décimos e respectivamente às 9 e 15 hs (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>)

³ Posição no meio do ambiente.

⁴ Posição em situação extrema, ou próxima às aberturas ou muito afastada em relação a estas.

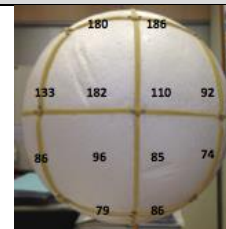
Iluminância*

Realizaram-se medições de iluminância horizontal interna e externa, utilizando-se o luxímetro marca Konica Minolta, modelo T10 (calibrado). A iluminância difusa horizontal externa foi medida com o auxílio de uma estrutura que proporcionou sombra ao sensor do luxímetro. A iluminância direta horizontal externa foi calculada através da subtração do valor da iluminância global e difusa. Os pontos de medição da iluminância interna foram determinados por uma malha de pontos na área de trabalho, pontos médios em situações extremas, perto e longe das aberturas. A malha auxiliará no cálculo da Uniformidade (E_{min}/E_{média}).



Direcionalidade**

A direcionalidade foi medida em 2 posições típicas no cômodo: próximo à abertura e no meio do ambiente. Utilizou-se uma esfera branca dividida uniformemente em 24 partes, cujo valor de luminância foi aferido, com o auxílio de um luminômetro, marca Konica Minolta, modelo LS-100 (calibrado), no centro de cada uma dessas 24 áreas. Fotografou-se e desenhou-se a esfera. Posteriormente, inseriram-se os valores registrados e anotados no desenho na fotografia.



SATISFAÇÃO DO USUÁRIO

Questionários*

Os questionários são autoaplicativos, ou seja, foram entregues aos respondentes para que eles mesmos preenchessem sozinhos. A estrutura do questionário divide-se em 3 partes principais (Satisfação geral com os aspectos do ambiente; Informações adicionais sobre a situação atual; Dados pessoais) e subtópicos. Algumas perguntas e opções de respostas foram adaptadas para facilitar a escolha do usuário, que não está familiarizado com termos técnicos de iluminação. Assim, buscou-se por uma linguagem mais simples e que as perguntas fossem agrupadas por assunto (Vieira, 2009). Sendo assim, houve uma adaptação do questionário inicial do IEA para o que foi aplicado no local de medição (MMA). Para atingir o número mínimo de respondentes, foram entregues questionários em 20 ambientes do 6º e 7º pavimento. A expectativa inicial era de 120 respondentes, requerida no protocolo, porém obteve-se 90 respondentes no total.

* Procedimento adaptado a partir do método proposto pelo Protocolo de Monitoramento IEA SHC Task 50 (DUBOIS et al., 2015)

** Procedimento executado exatamente segundo o Protocolo de Monitoramento IEA SHC Task 50 (DUBOIS et al., 2015)

1.3. Análise e comparação dos resultados obtidos

Nessa etapa, o objetivo é confrontar as observações, medições e conclusões técnicas com as opiniões dos usuários levantadas nos questionários. Busca-se também comparar a situação *pré-retrofit* e a *pós-retrofit*.

As análises basearam-se em referências normativas ou teóricas validadas, bem como no próprio Protocolo de Monitoramento IEA SHC Task 50 (DUBOIS et al., 2015). Também levou-se em consideração estudos de teóricas referências na área, como Baker (1998), Nabil & Mardaljevic (2006) e Vieira (2009).

Apresenta-se, no Quadro 3, um resumo dos critérios de análise do Ambiente Luminoso e da Satisfação do Usuário.

Quadro 3– Resumo dos critérios de análise do Ambiente Luminoso e da Satisfação do Usuário

Luminância e Ofuscamento

Segundo Baker (1998), os valores máximos de luminância devem ser menores a medida que o ângulo de visão se aproxima de 0º (ângulo do próprio olho humano). No caso mais extremo 45º, o valor máximo para não causar ofuscamento é 2500 cd/m², mas o ângulo de quem trabalha com computador normalmente varia de 0º a 25º, sendo assim o valor máximo de luminância no campo visual seria 1250 cd/m². Outro fator importante no conforto visual, de acordo com Baker (1998), é o contraste entre as superfícies, contrastes muito fortes podem também ser causa de ofuscamento. Seria ideal, a superfície de trabalho ser a mais brilhante do que o restante do campo visual. A relação entre fontes de luz e áreas ao redor do campo visual seria a mais adequada à esta análise, o limite dessa relação é 20:1. Levando-se esses fatores em consideração, identificaram-se os pontos e os horários onde existe ofuscamento.

Iluminância

Nabil & Mardaljevic (2006) identificaram pontos com iluminância adequada para a tarefa (escritórios 500 lux), iluminância excessiva (considerou-se maior que 2000 lux) e com iluminância muito baixa (menor que 100 lux).

A uniformidade da luz também foi analisada de acordo com o protocolo (valor no plano de trabalho $\geq 0,7$ e ao redor deste $\geq 0,5$).

Direcionalidade

Calculou-se a direcionalidade de acordo com o Protocolo de Monitoramento IEA SHC Task 50 (DUBOIS et al., 2015). Identificaram-se, para cada esfera, as maiores e as menores luminâncias, bem como a luminância média. Transformou-se o valor de luminância para iluminância, através da fórmula apresentada pelo protocolo: $E = \pi * L(p) / \rho$ (1), onde ρ é a refletância do material da esfera (no caso em questão 0,90). Determinou-se o valor da iluminância vetor (diferença entre a máxima e a mínima) e da iluminância escalar (média). Por fim, calculou-se a proporção da iluminância vetor/iluminância escalar através da fórmula: $E(v)/E(s)$ e comparou-se com a avaliação da tabela específica apresentada no protocolo.

Questionários

O método utilizado para análise baseou-se no Protocolo de Monitoramento IEA SHC Task 50 (DUBOIS et al., 2015). O tratamento de dados consistiu na digitalização das questões em um arquivo Excel simples para elaborações básicas, tais como o cálculo da média simples.

4. RESULTADOS E ANÁLISES


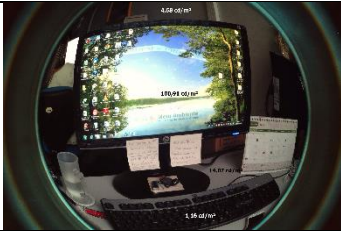

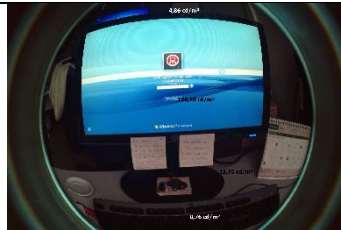


A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa resumidos em Tabelas de acordo com o parâmetro de avaliação.

4.1. Ambiente Luminoso

4.1.1. LUMINÂNCIA e OFUSCAMENTO:

Apresenta-se, na Tabela 1, um exemplo de resultado de valores de luminâncias e análise de ofuscamento para as salas oeste, no ponto 01.

Tabela 1– Exemplo dos resultados de luminância e ofuscamento para as salas oeste, no ponto 01

	Pré-retrofit	Pós-retrofit
9 HORAS		
Fotos olho-de-peixe com valores de luminância		
Oeste 1 (7001/6001)		
Observações	Luminância excessiva nas janelas	-
Reflecções veladas	7L21 e 7O15	Não
12 HORAS		
Fotos olho-de-peixe com valores de luminância		
Oeste 1 (7001/6001)		
Observações	Luminância excessiva nas janelas	-
Reflecções veladas	7L21	Não
15 HORAS		
Fotos olho-de-peixe com valores de luminância		
Oeste 1 (7001/6001)		
Observações	Luminância excessiva nas janelas	-
Reflecções veladas	7L04 e 7O01	Não

Resultados das Avaliações de Luminâncias e Ofuscamento: os resultados apontam para uma melhoria das condições de distribuição e contraste das luminâncias no campo visual, tanto para as medições com integração da iluminação artificial e natural tanto para as medições somente com a iluminação natural. Assim, o *retrofit* teve impacto positivo nas condições de luminância e na ocorrência de ofuscamento por luz natural. Nos ambientes *pré-retrofit*, em ambas orientações, foram detectadas luminâncias excessivas das janelas (> 1250 cd/m² chegando às vezes até 9000 cd/m² -ver ponto Oeste 1, as 15 horas), causando ofuscamento. Além disso, foram percebidas reflexões veladas, assim o ofuscamento por contraste. Já no ambientes *pós-retrofit* essas condições (luminâncias excessivas na janela, reflexões e ofuscamento por contraste) não foram percebidas, provavelmente em função da aplicação de película nos vidros.

4.1.2. ILUMINÂNCIA:

Apresenta-se, na Tabela 2, um exemplo de resultado de iluminâncias interna e uniformidade para as salas oeste.

Tabela 2– Exemplo dos resultados de iluminância interna e uniformidade para as salas oeste

9 HORAS	Pré-retrofit		Pós-retrofit	
Iluminância Interior (lux), condições reais de uso somente luz natural				
Média	589	1152	418	36
Minima	203	180	272	5
Maxima	1075	5430	600	121
Uniformidade da iluminância	0,3	0,15	0,65	0,13
Iluminância plano de trabalho/tarefa (lux), luz artificial + luz natural somente luz natural				
Tarefa típica	455	235	570	19
Ao redor da tarefa típica	500	903	600	25
Tarefa com condição extrema	1075	3070	272	6
Ao redor da tarefa extrema	1540	5430	300	120
12 HORAS	Pré-retrofit		Pós-retrofit	
Iluminância Interior (lux), condições reais de uso somente luz natural				
Média	389	842	400	32
Minima	150	32	133	3
Maxima	1037	3710	567	134
Uniformidade da iluminância	0,38	0,03	0,3	0,09
Iluminância plano de trabalho/tarefa (lux), condições reais de uso somente luz natural				
Tarefa típica	272	189	540	11
Ao redor da tarefa típica	397	628	567	15
Tarefa com condição extrema	257	2351	133	62
Ao redor da tarefa extrema	1037	3710	249	80
15 HORAS	Pré-retrofit		Pós-retrofit	
Iluminância Interior (lux), condições reais de uso somente luz natural				
Média	754	7625	354	65
Minima	201	226	172	3
Maxima	2150	49900	460	380
Uniformidade da iluminância	0,2	0,02	0,48	0,04
Iluminância plano de trabalho/tarefa (lux), condições reais de uso somente luz natural				
Tarefa típica	363	1024	423	9
Ao redor da tarefa típica	730	1773	351	17
Tarefa com condição extrema	690	2121	235	100
Ao redor da tarefa extrema	2610	49900	172	180
19 HORAS	Pré-retrofit		Pós-retrofit	
Iluminância Interior (lux), somente luz artificial				
Média	259		362	
Minima	116		164	
Maxima	335		530	
Uniformidade da iluminância	0,44		0,45	
Iluminância plano de trabalho/tarefa (lux), luz artificial				
Tarefa típica	286		530	
Ao redor da tarefa típica	330		480	
Tarefa com condição extrema	167		249	
Ao redor da tarefa extrema	116		174	

Resultados das Avaliações das Iluminâncias: Na orientação leste, a uniformidade, em geral, aumentou após o *retrofit*, porém, todas as uniformidades da medição apenas com a luz natural continuaram abaixo do valor especificado como padrão. Não se percebem mudanças significativas nas iluminâncias após o *retrofit*, apenas em alguns casos e horários isolados. Por exemplo, às 9:00h, nota-se que a iluminância máxima diminui bastante, nas condições reais de uso; às 12:00h, percebe-se que a iluminância máxima medida apenas com a iluminação natural diminui drasticamente e às 15:00, a iluminância máxima medida apenas com a iluminação natural aumenta bastante. Registram-se valores altos de iluminância (> 2000 lux) pela manhã, quando se é medida apenas a iluminação natural. Os valores máximos do pós-*retrofit* verificados na situação real são muito menores dos que os do monitoramento apenas com a iluminação natural. Isso se deve, provavelmente, à utilização de persianas fechadas. Já os valores médios e mínimos tornam-se maiores.

Na orientação oeste, a uniformidade das salas em geral era baixa e aumentou após o *retrofit*. Percebe-se, porém, que mesmo assim a maior parte das uniformidades está abaixo do valor especificado como padrão tanto nas condições reais de uso quanto na medição apenas com iluminação natural. A uniformidade das salas à oeste é menor que as da sala à leste, e a uniformidade avaliada nas condições reais de uso é significativamente maior que a avaliada apenas com a iluminação natural. Em relação a medição apenas com a iluminação natural,

nas salas à oeste, destaca-se que *todos* os valores de iluminância diminuem drasticamente após o *retrofit*. Em relação às condições reais de uso monitoradas, identifica-se que, após o *retrofit* e em todos os horários, a iluminância máxima diminuiu bastante. Os valores médios, máximos e mínimos do pós *retrofit* verificados na situação real são muito maiores dos que os do monitoramento apenas com a luz natural. Isso se deve, provavelmente, à utilização de iluminação artificial.

4.1.3. DIRECIONALIDADE:

Apresenta-se, na Tabela 3, um exemplo de resultado de direcionalidade para as salas leste, com a esfera no meio do ambiente.

Tabela 3– Exemplo dos resultados de luminância e ofuscamento para as salas leste, com a esfera no meio do ambiente

9 HORAS	Pré-retrofit		Pós-retrofit	
Direcionalidade, condições reais de uso somente luz natural				
Iluminância vetor/Iluminância escalar	2.1	2.23	1.65	2.42
Interpretação	Forte	Forte	Moderadamente forte	Forte
9 HORAS	Pré-retrofit		Pós-retrofit	
Direcionalidade, condições reais de uso somente luz natural				
Iluminância vetor/Iluminância escalar	1.2	2.59	1.6	2.49
Interpretação	Moderadamente fraco	Muito forte	Moderadamente forte	Forte
15 HORAS	Pré-retrofit		Pós-retrofit	
Direcionalidade, condições reais de uso somente luz natural				
Iluminância vetor/Iluminância escalar	1.4	2.11	1.9	2.23
Interpretação	Moderadamente fraco	Forte	Moderadamente forte	Forte

Resultados das Avaliações de Direcionalidade: A direcionalidade aumentou (de acordo com a a tabela de Ev/Es do Protocolo) após o *retrofit*, em ambas as condições de iluminação (somente natural e natural+artificial) e ambas as orientações (leste e oeste). Isto indica uma luz com mais sombras e modelagem dos objetos.

4.2. Satisfação do Usuário

QUESTIONÁRIO:

Os questionários forma aplicados nas salas onde forma realizadas as medições e em outras no mesmo andar, nas mesmas condições de orientação. De acordo com as análises feitas após cálculo das medias simples no programa Excel, obteve-se as seguintes respostas (referentes ao edifício MMA):

6° PAVIMENTO: PÓS-RETROFIT

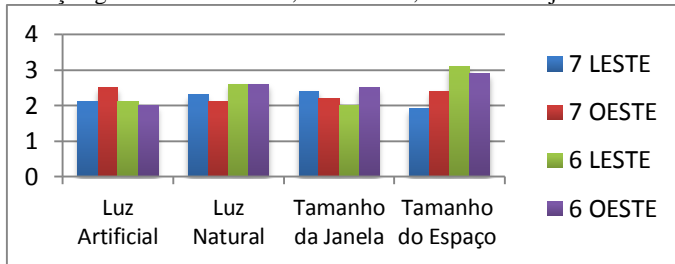
- Iluminação elétrica – Satisfeitos;
- Iluminação natural – Variação entre satisfeitos e neutros;
- Vezes que a iluminação elétrica é ligada: Geralmente está sempre ligada. Apenas em dois ambientes o sistema de iluminação elétrica não estava ligado;
- Sistema de iluminação – Manual em todas as salas e considerado fácil de operar e corresponde em grande maioria às necessidades visuais dos usuários.

7° PAVIMENTO: PRÉ-RETROFIT

- Iluminação elétrica – Satisfeitos;
- Iluminação natural – Satisfeitos;
- Vezes que a iluminação elétrica é ligada: Frequentemente, grande maioria das vezes;
- Sistema de iluminação OESTE – Manual em todas as salas e considerado fácil de operar. Também corresponde, em grande maioria, às necessidades visuais dos usuários (na fachada);
- Sistema de iluminação LESTE – Manual em todas as salas e considerado fácil de operar. Um número significativo de usuários marcou que o sistema de iluminação não corresponde completamente às necessidades visuais.

A seguir são apresentados gráficos representativos da avaliação dos usuários, onde no eixo vertical estão os níveis de satisfação. O Gráfico 1 apresenta os resultados da Avaliação Geral, onde verificou-se a satisfação quanto à luz natural, luz artificial, tamanho da janela e tamanho da sala. Os níveis variam de 1 (Muito Satisfeito) a 5 (Muito Insatisfeito). Cada sala avaliada é representada por uma cor (andar e orientação):

Gráfico 1 - Parte 1; Avaliação geral – Luz artificial, Luz natural, Tamanho da janela e Tamanho do espaço

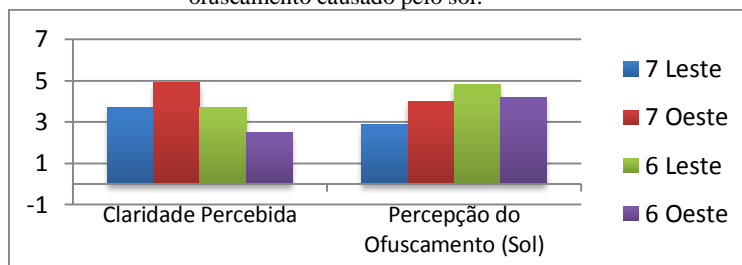


Questões da Parte 1 – Avaliação Geral, onde os escores variam de 1 (Muito Satisfeito) e 5 (Muito Insatisfeito).

Percebe-se que os usuários dos ambientes pré-retrofit (7º andar) estão mais satisfeitos com o tamanho do espaço e com a luz natural, e menos satisfeitos com a luz artificial. Já os usuários das salas para oeste são mais insatisfeitos com o tamanho da janela. De forma geral os resultados não apontam resultados significativos de insatisfação, uma vez que as médias giram em torno de 3, considerado o valor para a neutralidade do espaço.

Já o Gráfico 2 apresenta os resultados referentes à Claridade e Percepção de Ofuscamento pela luz natural. A escala de avaliação da Claridade varia de 1 (Nunca) a 7 (Sempre) e de Ofuscamento de 1 (Muito frequente) e 7 (Nunca).

Gráfico 2 - Partes 2 e 3; Apreciação geral da sala - Claridade percebida quando a iluminação artificial é desligada e Percepção de ofuscamento causado pelo sol:

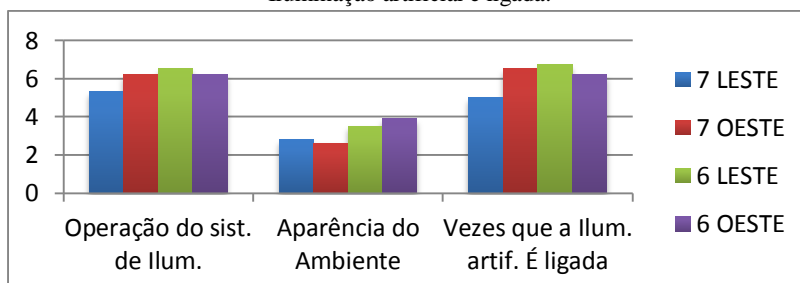


Questões das Partes 2 e 3 – Os escores variam de 1 a 7 Claridade Percebida quando a iluminação artificial é desligada durante o dia 1 = Nunca claro suficiente e 7 = Sempre claro o suficiente e Percepção do Ofuscamento causado pelo sol e Percepção do ofuscamento causado pelo sol 1 = Muito frequente e 7 = Nunca.

Percebe-se que em relação à Claridade, os usuários dos ambientes pré-retrofit (7º andar) com orientação oeste estão mais satisfeitos dos que na mesma orientação, no pós-retrofit. São os valores mais extremos dos resultados. Já os usuários com orientação leste possuem mesma avaliação quanto à claridade, independente do retrofit. Quanto ao Ofuscamento, os usuários dos ambiente pre-retrofit voltados para leste percebem menos o ofuscamento e já os com mesma orientação, pós-retrofit percebem mais. Os usuários dos ambientes oeste percebem na mesma intensidade.

No Gráfico 3 são apresentados os valores referentes à Operação do Sistema de Iluminação, Aparência do Ambiente e quanto a luz artificial é ligada.

Gráfico 3 - Parte 4; Avaliação da luz artificial – Operação do sistema de iluminação, Aparência do ambiente e Vezes que a Iluminação artificial é ligada:



Questões da Parte 4 – Os escores variam de 1 a 7 Operação do Sistema de Iluminação 1 = Muito difícil de operar, 7 = Muito fácil de operar, Aparência do ambiente 1 = Muito fria e 7 = Muito quente, Vezes que iluminação artificial é ligada 1 = Nunca e 7 = Sempre.

Considerando todos os respondentes (90 usuários), mais de 90% dele estão localizados a no máximo 3 metros de distância da janela mais próxima (1 a 1,5 pontos). Mais de 90% dos ambientes obtiveram médias próximas a 1 ponto, que significa luz artificial ligada no exato momento. Exceção para a sala 749 (7º pavimento lado oeste, onde em todos os horários em que estivemos presente, a iluminação artificial esteve desligada).

5. CONCLUSÕES

O Monitoramento do MMA continuará sendo feito, em dia específico, de acordo com o Protocolo, em junho, próximo ao solstício de inverno, com céu claro. Nestas medições já realizadas com céu encoberto, as análises das iluminâncias, ofuscamento luminâncias e direcionalidade demonstraram que, após o *retrofit*, houve uma melhora no Ambiente Luminoso. As avaliações de luminâncias e ofuscamento evidenciaram que, após o *retrofit* não se percebem mais luminâncias excessivas das janelas, ofuscamento por contraste e presença de reflexões veladas. As análises das iluminâncias revelaram que, em geral, nas condições reais de uso, a iluminância mínima aumentou e a iluminância máxima diminuiu. No monitoramento considerando apenas a iluminação natural, percebeu-se que, também de maneira geral, a iluminância diminuiu. Pondera-se que a modificação da película do vidro foi o fator que teve maior influência no efeito positivo do *retrofit*.

Os resultados das medições do ambiente luminoso estão de acordo com os resultados obtidos pelos questionários, ou seja, os ambientes *retrofitados* obtiveram melhor desempenho e os usuários estão mais satisfeitos. Quanto ao questionário aplicado, percebe-se que existe uma quantidade grande de perguntas (ao todo 36), o que desestimula a participação do usuário, principalmente porque este está em seu local e hora de trabalho. Por mais que se tenha tentado adaptar o questionário para uma linguagem menos técnica, o usuário ainda sentiu dificuldade com alguns termos e em alguns momentos acreditou que determinadas perguntas eram as mesmas. Segundo VIEIRA (2009), não existe recomendação para o tamanho exato de um questionário, mas a autora aconselha que se faça questionários curtos, com 15 a 30 questões.

Numa avaliação específica do protocolo, algumas observações importantes devem ser feitas. Primeiramente a aplicação simultânea de procedimentos, comparando avaliações técnicas e a satisfação dos usuários, é um grande mérito do protocolo, principalmente por integrar o estudo da luz artificial e natural. Grande foi o esforço da equipe do IEA na seleção de métodos validados (na área de iluminação e psicologia) e na compilação de pesquisas e normas importantes na área. Isso permitiu uma maior segurança nos resultados, com diminuição de incertezas e erros. Além disso, com a utilização de um mesmo padrão será possível comparar os resultados de diversas realidades no mundo. O monitoramento realizado pelo LACAM/FAU/UnB atualmente é o único no Brasil a gerar resultados para este estudo específico do IEA.

Em reuniões específicas do IEA, o LACAM/FAU/UnB já apresentou resultados de três edifícios monitorados e sugestões para melhoria do protocolo, em especial quanto a simplificação de certos procedimentos e inclusão de avaliações de radiação direta em função da orientação das fachadas. Apesar da versão de março de 2015 já apresentar uma evolução importante, o monitoramento ainda é complexo e exige grande disponibilização de recursos (equipamentos, equipe de especialistas, tempo, etc). A pesquisa realizada foi possível pela integração do grupo de pesquisa, com doutoranda, mestranda e alunas de PIBIC.

A próxima etapa da pesquisa será compilar os dados de outros parâmetros propostos também pelo protocolo na avaliação pré e pós-*retrofit*: consumo energético, qualidade da vista externa e aprofundamento da avaliação do Ofuscamento por meio de imagens HDR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, K. **Daylighting in Architecture: A European Reference Book**. Europe: Commission of the European Communities Directorate-General XII, Research and Development. Published for the Commission by: James and James (Science Publishers) LTD., 1998.
- BOYCE, P. **Human factors in lighting**. Londres: Taylor & Francis, 2003
- DUBOIS et al. IEA SHC Task 50. **Monitoring protocol for lighting and daylighting retrofits**. 2014.
- FERNANDES, J. T. AMORIM, C.N.D. **Qualidade da Iluminação Natural e a Satisfação do Usuário**. Simpósio Temático do ENANPARQ 2014, novembro 2014.
- IESNA, ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA - **The IESNA Lighting handbook Reference & Application**. 9. ed. New York, 2000.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. **Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors**. Energy and Buildings, v. 38, p. 905-913, 2006.
- OSTERHAUS, W.K.E., BAILEY, I.L. **Large area glare sources and their effect on visual discomfort and visual performance at computer workstations**. University of California, Berkeley, 1992.
- VEITCH, J.A. **What's new in lighting research? The broad view**. Internationa Syposium on Workplace Lighting, Dublin, 2006.
- VIEIRA, S. **Como Elaborar Questionários**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2009.

AGRADECIMENTOS

A equipe do LACAM/FAU/UnB agradece o apoio da Eletrobrás pelas bolsas de pesquisa (Projeto “Estruturação e Desenvolvimento de Pesquisas da área de Luz Natural para colaboração com a Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações”), o apoio do IEA (*International Energy Agency*) pela oportunidade de representar o Brasil nesta pesquisa de monitoramento de edifícios reais em vários locais do mundo e ao CIE Brasil (CIE - *Internacional Comission on Illumination*) pela contribuição teórica e científica.