



## **O DESEMPENHO DA ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL DE MINISTÉRIO EM BRASÍLIA: DIRETRIZES E RECOMENDAÇÕES PARA O CONFORTO VISUAL DO USUÁRIO E OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA.**

**Lívia S. Leite (1); Júlia T. Fernandes (2)**

(1) Pós-Graduada Lato Sensu em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística,  
arq.livialeite@gmail.com

(2) Doutoranda e Pesquisadora do Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética (LACAM) da  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU/UnB),  
julia@fernandescapanema.com.br

### **RESUMO**

O presente artigo tem por objetivo avaliar o desempenho da iluminação artificial e natural no Ministério da Previdência Social/Trabalho e Emprego – MPS/MTE, de modo a sugerir diretrizes e recomendações para o conforto visual do usuário e otimização energética da iluminação através da integração da luz artificial e natural. A pesquisa foi desenvolvida tendo por estudo de caso a análise comparativa de dois pavimentos situados no Bloco F da Esplanada dos Ministérios que abriga o MPS/MTE. Para isso, foram utilizadas as seguintes metodologias: o Diagrama Morfológico, a fim de uma caracterização rápida e completa do edifício objeto de estudo; o Regulamento Técnico de Qualidade para Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C (INMETRO, 2009) por meio da classificação e etiquetagem de iluminação pelo método prescritivo, para apontar o potencial de melhoria da eficiência energética a partir dos critérios de classificação propostas pela regulamentação; avaliar o desempenho do conforto visual do recinto de trabalho por meio da Avaliação Pós Ocupação – APO analisando o julgamento dos usuários, através da avaliação comportamental e questionários; e avaliação de ambientes através da simulação computacional da luz natural pelo software Ecotect V5. O resultado apresenta o alto potencial e a necessidade de aproveitamento e integração de iluminação natural e artificial, que não é utilizado de forma correta, resultando em desconforto para ambos os ambientes dos Ministérios.

Palavras-chave: iluminação, conforto visual, eficiência energética.

### **ABSTRACT**

This article aims to evaluate the performance of daylight and artificial lighting in the Ministério da Previdência Social/Trabalho e Emprego – MPS/MTE, to suggest guidelines and recommendations for the users visual comfort and energy optimization of lighting through the integration of daylight and artificial light. The research was conducted by taking case study the comparative analysis of two floors situated in Block F of the Esplanada dos Ministérios which houses the MPS / MTE. For that, it was adopted the following methodologies: Morphological Chart in order to a fast and complete characterization of the building object of study; The Technical Regulation for the Quality of the Energy Efficiency Level of Commercial, Service and Public Buildings – RTQ-C (INMETRO, 2009) by classifying and labeling lighting prescriptive method, pointing to the potential for energy efficiency improvement from the classification criteria proposed by the regulations, evaluate the performance of the visual comfort of the workplaces through Post Occupancy Evaluation - APO analyzing the judgment of users through behavioral assessment and questionnaires; and evaluate the environment through computer simulation of daylight utilizing software Ecotect V5. The result presents a high potential and the necessity of use and integration of natural and artificial light, that isn't used in the correct way, resulting in discomfort for both environments of the Ministérios.

Keywords: illumination, visual comfort, energy efficiency.

## **1. INTRODUÇÃO**

A sustentabilidade tem como prioridade, nos ambientes construídos, o uso racional de energia e a qualidade ambiental. Por um lado, devemos atender ao desafio de construir e fazer funcionar os edifícios com cada vez menos energia e por outro, é essencial que seja sempre mantido um nível adequado de qualidade e conforto ambiental para os usuários (Fernandes, 2012).

A qualidade ambiental é alcançada através dos padrões de conforto ambiental (térmico, luminoso e sonoro) contidos nas normas e legislações, assim como nas análises dos aspectos detalhados da edificação, nas variáveis que influenciam as condições de conforto e nas variáveis relacionadas à edificação: sua forma, a maneira com a qual foi implantada no terreno, os materiais que a constituem, as aberturas, as proteções solar, etc (ROMERO, 1988).

Com relação ao ambiente de trabalho, o conforto luminoso/visual é fundamental, pois está diretamente ligado ao desempenho visual, relativo à capacidade dos indivíduos em executar tarefas visuais mesmo diante de dificuldades e durante longos períodos, influi no bem estar dos usuários e que indiretamente pode contribuir para maior produtividade; e promove a segurança.

Já a preocupação com a eficiência energética nos edifícios, tema que surgiu a partir da primeira crise energética na década de 1970, vem permanecendo em razão do aumento do consumo crescente das reservas de energia, pela aplicação das ferramentas legais utilizadas e da evolução das tecnologias aplicadas. Por isso as edificações estão sendo cada vez mais solicitadas a serem projetadas para consumir menos energia (ROMÉRO, 2012).

Por outro lado algumas tipologias provenientes da arquitetura moderna estão sendo executadas mundialmente em larga escala sem levar em consideração os fatores ambientais, atendendo apenas o apelo estético e que acaba gerando desconforto para o usuário e, conseqüentemente, elevado gasto energético para proporcionar conforto que nem sempre é alcançado.

Em Brasília há vários exemplos desse tipo de edifício e para o estudo de caso foram analisados dois pavimentos do Bloco F da Esplanada dos Ministérios, onde houve reclamações quanto ao conforto visual.

O bloco F não é o primeiro do Ministério a ser avaliado quanto ao desempenho energético e, indiretamente, ao conforto. Em 2009, o Ministério de Minas e Energia – MME, foi estudado por Ana Maria Nicoletti em sua dissertação de mestrado, que teve por foco a envoltória do edifício, e posteriormente o MME obteve também sua classificação pelo RTQ-C.

Com relação a Brasília há poucos edifícios analisados quanto a eficiência energética e iluminação natural, o que reforça a necessidade de estudos com este foco. Pode-se ter como exemplo o Instituto de Química da UnB que foi avaliado por meio desses aspectos para propostas de retrofit da envoltória.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é avaliar a iluminação natural e artificial, assim como a eficiência energética no edifício do MPS/MTE, comparando-os, de modo a sugerir diretrizes e recomendações para o conforto visual do usuário e otimização energética da iluminação através da integração da luz artificial e natural.

## **3. MÉTODO**

A avaliação do MPS/MTE está dividida em quatro etapas principais: diagnóstico da situação atual da iluminação do edifício do MPS/MTE através do Diagrama Morfológico; aplicação da metodologia prescritiva de etiquetagem de iluminação artificial indicada no Regulamento Técnico de Qualidade para Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C (INMETRO, 2009); investigação das condições de conforto visual pela Avaliação Pós Ocupação por meio de observações do comportamento e questionários com os usuários; e avaliação de ambientes através da simulação computacional da luz natural pelo software Ecotect V5.

### **3.1. Diagrama Morfológico**

O diagrama morfológico é uma ferramenta de síntese de parâmetros fundamentais relacionados à luz natural, que pode ser utilizado no processo de projeto ou para descrição e avaliação de edificações existentes com ênfase na luz natural (Amorim, 2007).

Apresenta-se subdividido em três escalas (espaço urbano, edifício e espaço interno), sendo considerado suficiente para a caracterização do edifício (do macro para o micro), onde cada um dos níveis é analisado conforme os parâmetros (espaços externos e internos) representados pelas variáveis (possibilidades de configurações de aberturas, piso, parede etc.) da edificação.

### 3.1.1 Dados Gerais e Avaliação

O bloco F localizado na Esplanada dos Ministérios em Brasília – DF abriga o Ministério da Previdência Social e o Ministério do Trabalho e Emprego (Figura 1). Ele constitui um dos dezessete edifícios dispostos na mesma conformação que fazem parte do complexo da Esplanada que levam o título de “Patrimônio Nacional” e “Patrimônio Cultural da Humanidade”. Por esse motivo as fachadas dos ministérios não podem sofrer alteração que modifique a composição estética de sua envoltória. Na tabela 1 podem ser conferidos os dados gerais, contendo a ficha técnica e os dados sobre o clima, para melhor percepção da edificação.



Figura 1 – Imagem aérea do MPS/MTE.  
Fonte: Google Earth.

Tabela 1 – Dados Gerais.

Ficha Técnica	Clima
<b>Edificação:</b> MPS/MTE. <b>Tipologia:</b> Público/Escritório <b>Localização:</b> Esplanada dos Ministérios, Bloco “F”, Brasília - DF. <b>Latitude:</b> -15,78. <b>Longitude:</b> -47,93. <b>Altitude:</b> 1.171 m. <b>Arquiteto:</b> Oscar Niemeyer. <b>Ano da construção:</b> 1959.	<b>Tipo:</b> Tropical de altitude - verões quentes e úmidos e invernos secos. <b>Temperatura média anual:</b> 21,2 <b>Média mensal (máxima):</b> 26,6. <b>Média mensal (mínima):</b> 16,1. <b>Temperatura média anual:</b> 21,2 <b>Horas de insolação anual:</b> 2.364,8. <b>Média mensal (mínima):</b> 16,1. <b>Zona Bioclimática:</b> 4.

O edifício possui duas fachadas principais, voltadas para as orientações leste e oeste, revestidas em esquadria de ferro e vidro com película prata espelhada (Figura 2). Na fachada oeste há brises metálicos verticais para controle solar, na cor verde Nilo (Figura 3). As empenas laterais são cegas, revestidas de cerâmica na cor branco gelo. A edificação possui um prédio anexo que é ligado ao edifício, que devido as grandes dimensões do complexo (edifício sede e anexo) não será avaliado.




Figura 2 – Vista da fachada leste do MPS/MTE.



Figura 3 – Vista da fachada oeste e empena norte.

Tabela 2 – Avaliação a partir do Diagrama Morfológico do Edifício do MPS/MTE.

Nível	Parâmetros	Variáveis dos Parâmetros				Avaliação	
		Fachada					
		Norte	Sul	Leste	Oeste		
I Espaço Urbano	A. Desenho urbano	 A10 Fachadas principais orientadas para Leste/Oeste					A partir da análise do diagrama verificou-se que há implicações na quantidade e qualidade de luz natural direta que atinge a edificação, sendo considerada excessiva, devido à orientação dos quarteirões e das fachadas principais (sentido leste/oeste). Como a fachada leste é composta por esquadrias de ferro com vidro mais película prata espelhada e em função da repetição das edificações, a fachada oeste sofre interferência do ministério ao lado de forma negativa com a reflexão da luz da fachada. A fachada leste não sofre tanto essa influência em função dos brises localizados na fachada oeste do ministério ao lado e as demais fachadas (norte e sul) também não sofrem essa influência, pois não há aberturas. A insolação incide na edificação sem obstruções do contexto urbano, o que garante boas condições de iluminação natural aos ambientes internos, porém sem a visibilidade do céu em alguns andares.
	B. Refletância das fachadas	 B4 Não há edificação no entorno	 B1 Alta (0,5 a 1,0 de refletância)	 B2 Média (0,3 a 0,5 de refletância)	 B1 Alta (0,5 a 1,0 de refletância)		
	C. Especularidade das fachadas	 C3 Baixa (de 0 a 0,3 de especularidade)	 C3 Baixa (de 0 a 0,3 de especularidade)	 C1 Alta (de 0,5 a 1 de especularidade)	 C3 Baixa (de 0 a 0,3 de especularidade)		
	D. Ângulo máximo de incidência do sol na base do ed.	 D4 Ângulo de 90°	 D1 Ângulo de 60° a 90°	 D3 Ângulo de 60° a 90°	 D3 Ângulo de 60° a 90°		

Nível	Parâmetros	Variáveis dos Parâmetros				Avaliação	
		Fachada					
		Norte	Sul	Leste	Oeste		
II Edifício	E. Planta baixa	 E3 Blocos unilaterais/bilaterais					<p>O edifício possui forma alongada e duas fontes de luz laterais: nas fachadas leste e oeste, que são totalmente envidraçadas, o que garante um bom uso da iluminação natural. Porém, estas fachadas possuem mais de 75% de taxa de abertura, o que prejudica na qualidade da iluminação natural. A fachada leste possui película prata espelhada nos vidros como proteção solar, porém não é o suficiente, o que resulta em iluminação natural excessiva no período da manhã. Já a fachada oeste dispõe também de brises verticais, mas que não foram elaborados de forma correta, causando luz direta em determinados horários da tarde por não possuir altura suficiente para cobrir a janela (figura 4).</p>  <p>Figura 4 – Luz direta que passa por cima do brise.</p> <p>Apesar de o Edifício ter aberturas nas fachadas leste e oeste, as salas possuem abertura única para o exterior devido às divisórias internas que acabam formando uma barreira, o que prejudica no desempenho da iluminação natural e aumenta o consumo energético de iluminação artificial.</p>
	F. Refletância das fachadas do edifício	 F1 Alta (0,5 a 1,0 de refletância)	 F1 Alta (0,5 a 1,0 de refletância)	 F2 Média (0,3 a 0,5 de refletância)	 F2 Média (0,3 a 0,5 de refletância)		
	G. Especificidade das fachadas do edifício	 G3 Baixa (de 0 a 0,3 de especificidade)	 G2 Média (de 0,3 a 0,5 de especificidade)	 G1 Alta (de 0,5 a 1 de especificidade)	 G2 Média (de 0,3 a 0,5 de especificidade)		
	H. Taxa de aberturas para o exterior	 H1 Até 25% de aberturas	 H1 Até 25% de aberturas	 H4 Mais de 75% de aberturas	 H4 Mais de 75% de aberturas		
	I. Distribuição das aberturas nas fachadas	 I2 Fachadas não uniformes – com relação a orientação solar					
	J. Proteções solares nas fachadas		 J8 Outros	 J8 Outros	 J8 Outros	 J2 Brise	
III Ambientes	L. Planta Baixa	 L3 Ambiente profundo				<p>Os ambientes do MPS/MTE são salas profundas, onde as aberturas para iluminação natural encontram-se sempre unilateralmente. Essa modulação prejudica a iluminação natural que não consegue alcançar a outra extremidade da sala onde não há aberturas. O coletor de luz é do tipo cortina de vidro que possibilita boa visibilidade para o exterior, porém há excesso de iluminação natural gerando ofuscamento. Na fachada oeste do pavimento do MPS e do MTE a proteção das aberturas é feita por meio dos brises que são ineficientes em determinados horários da tarde, por películas espelhadas instaladas nos vidros, mas que não resolvem o ofuscamento, necessitando de persianas que se mantêm fechadas durante a maior parte do dia, aumentando o consumo da iluminação artificial. Nos ambientes da fachada leste do MPS/MTE a proteção das aberturas é realizada também por películas e persianas. O que diferencia o pavimento do MPS para o MTE são os materiais empregados nos ambientes. No MPS as salas possuem divisória de madeira em tom escuro, assim como o piso em granito na cor cinza andorinha, o que implica na sensação de que o ambiente não está iluminado uniformemente. No MTE as divisórias e o piso são de tons claros, que contribui para uniformidade da iluminação.</p>	
	M. Posição do coletor de luz			 M5 Parede Aberta	 M5 Parede Aberta		
	N. Dimensão do coletor de luz			 N3 Abertura lateral de acima de 30%	 N3 Abertura lateral de acima de 30%		
	O. Forma do coletor de luz			 O4 Cortina de vidro	 O4 Cortina de vidro		
	P. Controle da entrada de luz			 P4 Vidro ou película com controle solar	 P1 Brise		
	Q. Tipo de envidraçado			 Q1 Transparente	 Q1 Transparente		

### 3.2. Etiquetagem de Eficiência Energética de Iluminação

Para a classificação da etiqueta de eficiência energética da iluminação foi utilizado o método prescritivo da área do edifício encontrado no Regulamento Técnico de Qualidade para Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C, que analisa de forma conjunta todos os ambientes de um mesmo pavimento e atribui um único valor limite para a avaliação do sistema de iluminação.

Apesar de ser obrigatória, no RTQ-C, a etiquetagem de eficiência da envoltória em conjunto com a de iluminação, no presente artigo foi adotado a classificação já apresentada em outros trabalhos para o Ministério de Minas e Energia, pois possui características de envoltória idênticas ao MPS/MTE, não sendo necessário ser avaliado. Desse modo a classificação que será usada para eficiência da envoltória é “D”.

A avaliação da iluminação foi realizada através do levantamento do tipo e quantidade de luminárias e reatores existentes, para saber a potência total instalada, assim como a área iluminada no pavimento e a densidade de potência de iluminação limite (DPIL-Wm<sup>2</sup>) para cada nível de eficiência localizado na tabela constante no RTQ-C. Após determinar o nível de eficiência alcançado pelo pavimento estudado no edifício através da computação dos dados anteriores, foi verificado o atendimento dos pré-requisitos em todos os ambientes para a classificação da etiqueta.

#### 3.2.1 Desempenho de Eficiência Energética da Iluminação

O 8º pavimento do MPS possui 149 conjuntos de luminárias do tipo 2x32w e 85 do tipo 4x16w, ambos com reator eletrônico, que iluminam a área de pouco mais de 1.703,81m<sup>2</sup> (Figura 5).



Figura 5 - Planta de paginação de luminárias do MPS.

Com isso a potência total instalada é de 16.473,6w, que comparado com a densidade de potência de iluminação limite, foi determinado o nível “A” de eficiência do sistema de iluminação, como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação entre a potência total instalada do MPS e a densidade de potência limite.

Densidade de Potência de Iluminação Limite	Densidade de Potência de Iluminação limite - Escritório (w/m <sup>2</sup> )	Área M.P.S. (m <sup>2</sup> )	Total
Nível A	9,7	1703,81	<b>16526,957</b>
Nível B	11,2	1703,81	19082,672
Nível C	12,6	1703,81	21468,006
Nível D	14,1	1703,81	24023,721

Tabela 4 – Verificação de pré-requisitos e etiqueta final.

Etiqueta Pretendida	Pré-requisitos	
ABC	Divisão dos Circuitos	SIM
AB	Contribuição da luz natural	NÃO
A	Desligamento automático do sistema de iluminação	SIM
<b>Etiqueta Final MPS</b>		<b>C</b>

Porém, o pré-requisito de contribuição da luz natural da Tabela 4 não foi atendido, por não haver acendimento separado da última fileira de luminárias paralelas a janela, diminuindo a classificação de “A” para “C”.

Já o 3º pavimento do MTE constitui de 249 conjuntos de luminárias do tipo 2x32w com reator eletrônico, que iluminam a mesma área do MPS (Figura 6).

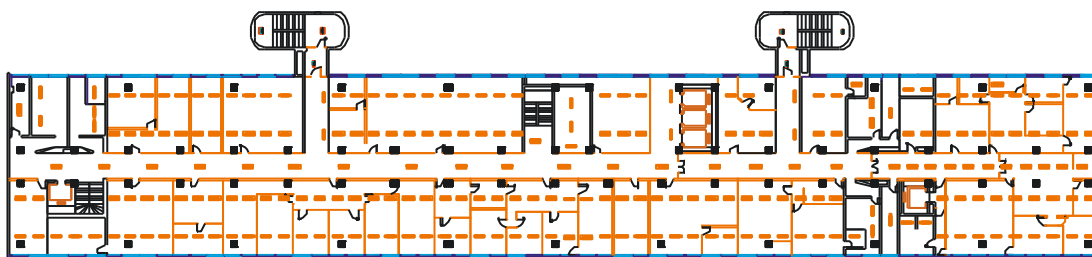


Figura 6 - Planta de paginação de luminárias do MTE.

Abaixo, na Tabela 5, segue a comparação da potência total instalada com a potência de iluminação limite, onde foi determinado o nível “B” de eficiência do sistema de iluminação.

Tabela 5 – Comparação entre a potência total instalada do MTE e a densidade de potência limite.

Densidade de Potência de Iluminação Limite	Densidade de Potência de Iluminação limite - Escritório (w/m <sup>2</sup> )	Área M.TE. (m <sup>2</sup> )	Total
Nível A	9,7	1703,81	16526,957
<b>Nível B</b>	<b>11,2</b>	1703,81	<b>19082,672</b>
Nível C	12,6	1703,81	21468,006
Nível D	14,1	1703,81	24023,721

Tabela 6 – Verificação de pré-requisitos e etiqueta final.

Etiqueta Pretendida	Pré-requisitos	
ABC	Divisão dos Circuitos	SIM
AB	Contribuição da luz natural	NÃO
A	Desligamento automático do sistema de iluminação	SIM
<b>Etiqueta Final MTE</b>		<b>C</b>

Mas, também foi rebaixado pelo mesmo pré-requisito, tornando a etiqueta de iluminação do pavimento para “C”, como pode ser visto na Tabela 6 acima.

### 3.3. Avaliação Pós Ocupação

A Avaliação Pós Ocupação ou APO é um método de avaliação de desempenho de ambientes construídos, após um determinado período de ocupação. Prioriza o aspecto do uso, operação e manutenção, tendo por foco os ocupantes do edifício e suas necessidades, a partir das quais elabora prospecção sobre as consequências das decisões de projeto no desempenho da edificação. (ROMÉRO, 2003)

Desta forma, a metodologia da APO conta com dois grandes grupos de agentes alimentadores de informação: os usuários e os técnicos. E para este trabalho o enfoque foram os usuários dos dois pavimentos estudados e que foram avaliados por meio de observações do comportamento dos servidores, entrevistas e o desenvolvimento de um questionário, no qual foram abordadas questões sobre os hábitos de trabalho, conforto visual e iluminação.

#### 3.3.1. Observações do comportamento

As observações do comportamento são aspectos muito relevantes na APO, pois pequenos sinais de comportamento denotam as reações dos usuários a aspectos do edifício/estudo de caso (ROMÉRO, 2003).

No período de junho a outubro de 2012 os servidores dos pavimentos analisados foram observados e foi possível notar algumas características referentes ao conforto visual dos usuários.

No MPS a primeira constatação foi o grande número de solicitações de mudança de layout da sala em função da iluminação, como por exemplo, para colocar a mesa de trabalho logo abaixo da luminária ou em razão da reflexão da luz natural no computador. Outra grande solicitação é a de inserção ou mudança na posição das luminárias, que na maioria dos casos não podia ser atendida pelos funcionários da manutenção.

Foram percebidas, também, situações de desconforto nas salas onde não havia persianas e os funcionários colocavam papel fixado no vidro da janela para proteção contra a luz direta (Figuras 7 e 9). Outra situação presenciada, mesmo onde havia persiana, algumas pessoas se escondiam atrás dos pilares para se proteger da iluminação direta (Figura 8). Estas situações sucederam no MPS, em salas tanto da fachada leste quanto da fachada oeste.

Já no MTE o único desconforto percebido foi o da falta de persianas, onde também era resolvido pelos próprios servidores com fixação de papel ou cartazes. Notou-se, também, que as persianas nunca eram abertas e as luminárias ficavam ligadas durante todo o dia.



Figura 7 – Fixação de papel no vidro para proteção da iluminação.

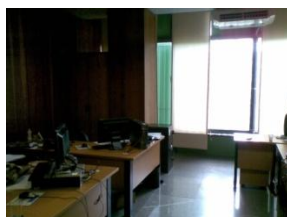


Figura 8 – Mesas escondidas atrás do pilar.



Figura 9 – Fixação de papel para proteção da iluminação em outra sala.

### 3.3.2. Questionários

Para a avaliação do nível de satisfação dos servidores do MPS/ MTE em relação aos vários aspectos dos pavimentos analisados, foi desenvolvido um questionário, no qual foram abordadas questões sobre hábitos de trabalho, conforto visual, e iluminação.

O universo de usuários para a aplicação do método foi totalizado em 103 funcionários do MPS e 134 do MTE, no qual foram preenchidos 28 questionários do MPS e 20 do MTE entre os dias 10 de setembro e 8 de outubro.

#### 3.3.2.1 Caracterização do usuário

Os servidores que trabalham na área onde foi aplicado a APO no MPS são constituídos de pessoas com a faixa etária que varia de 16 a 59 anos de idade. Cerca de 80% delas possuem algum problema de visão, prevalecendo a miopia com 37%. A atividade mais exercida pelas pessoas que trabalham nesse pavimento é a leitura seguida de digitação e 29% usam programas com fundo claro. Dos funcionários do MPS, 31% afirmaram que ficam de 1 a 3 horas ininterruptas em frente ao computador, assim como 31% ficam de 5 a 7 horas.

Já os servidores que trabalham no MTE, onde foi realizado a APO, são pessoas com a faixa etária que varia de 20 a 47 anos de idade. A miopia e o astigmatismo encontram-se divididos entre os problemas de visão desses funcionários, assim como 33% afirmaram não ter deficiência visual. A atividade mais exercida pelas pessoas que trabalham nesse pavimento é a digitação e a leitura com 37% cada e trabalham em sua maioria de 1 a 3 horas ininterrupta na frente do computador.

#### 3.3.2.2 Avaliação do questionário quanto ao conforto visual e iluminação

Através da análise do questionário, percebeu-se claramente a insatisfação do usuário do MPS, onde 44% dos servidores classificaram sua estação de trabalho pouco iluminada e 12% classificaram como mal iluminada ou excessivamente iluminada. Já no MTE ocorre o inverso, 80% dos servidores consideram a sua estação de trabalho confortável visualmente.

Tanto para os funcionários MPS quanto para os do MTE, o período do dia em que a iluminação mais afeta negativamente é bem dividido devido à orientação das fachadas, onde quem trabalha na fachada leste se incomoda com a iluminação na parte da manhã e quem fica na fachada oeste com a iluminação na parte da tarde.

Nesses períodos, o tipo de iluminação que mais incomoda é a natural, vinda da janela, constituindo 39% do desconforto do MPS e 80% do MTE. O MPS também sofre bastante em função da iluminação artificial e natural quando refletida na tela do computador. A segunda maior reclamação do MTE é quanto à iluminação artificial quando refletida na tela.

Quando perguntados sobre o tipo de iluminação que escolheriam na sala de trabalho, tanto o MPS quanto o MTE, a maioria prefere somente a iluminação natural e somente o MPS, constituindo 19% da pesquisa, escolheriam a integração da iluminação natural com a artificial.

Com relação à iluminação artificial 81% dos usuários do MPS disseram que possuem o controle da iluminação artificial da estação contra 100% do MTE. O controle mais utilizado é a persiana e o segundo é o brise. Todos os usuários dos dois pavimentos afirmaram que a iluminação fica ligada o dia todo, sendo que o

MPS alegou que é por habito, ou seja, liga pela manhã e não se preocupam em desligar durante o dia; já o MTE informou que quando chegam à sala as luzes já estão ligadas.

### 3.4. Simulação Computacional da Luz Natural

Para avaliar a iluminação natural nos ambientes de trabalho foi utilizado o software ECOTECT V5 pelo método Daylight Autonomy (DA), que pode ser definido como uma porcentagem das horas ocupadas por ano, nas quais um nível mínimo de iluminância pode ser mantido apenas pela iluminação natural. (REINHART, 2010)

As simulações foram realizadas em 4 ambientes, sendo 2 localizados no pavimento do MPS situados nas fachadas leste e oeste e 2 no pavimento do MTE nas mesmas orientações.

#### 3.4.1. Simulação nos ambientes oeste e leste do MPS

As simulações do ambiente situado a oeste (Figuras 11 e 12) demonstraram um baixo aproveitamento da luz natural na sala, uma vez que a sala se caracteriza por uma grande abertura translúcida, que cria condições favoráveis para um melhor aproveitamento da luz natural. A sala apresenta uma iluminação disforme, com grande luminosidade concentrada na região das janelas, podendo causar ofuscamento, problemas de contraste e má distribuição da luz. Próximo as janelas, onde há maior concentração de luz, a iluminação natural foi considerada positiva, podendo ser aproveitada entre 68% e 58% do ano com 500 Lux, que é o solicitado pela NBR 5413/1992 em ambientes de escritórios, sem necessidade de ligar a iluminação artificial. As regiões centrais e o lado oposto a janela mostraram-se com pouca quantidade de luz, podendo ser aproveitada em 48% durante o ano. As simulações da sala leste do MPS (Figuras 13 e 14) demonstraram haver um alto índice de aproveitamento da luz natural na sala. A sala apresenta uma iluminação uniforme, o que resulta em boa distribuição da luz. A iluminação natural pode ser aproveitada em 91% do ano para 500lux sem necessidade de ligar a iluminação artificial.

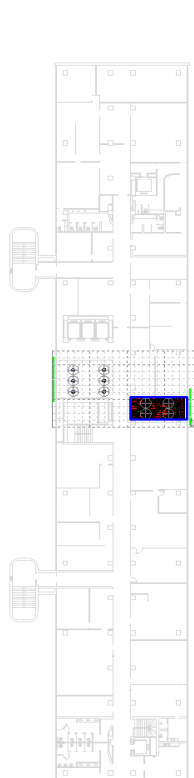


Figura 10 – Sala do MTE simulada. Fonte: Gustavo Sales.

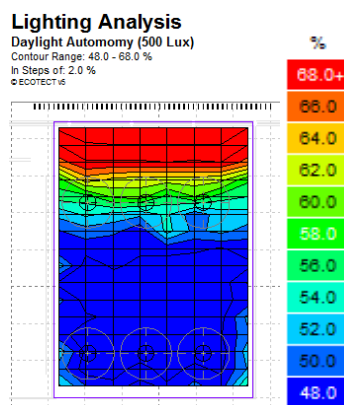


Figura 11 - DA para 500lux na sala do MPS situada a oeste. Fonte: Gustavo Sales.

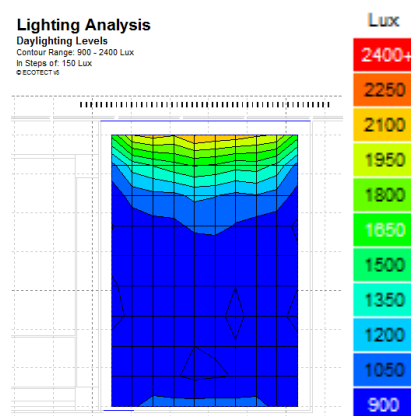


Figura 12 - Níveis de iluminação natural (lux) na sala do MPS situada a oeste. Fonte: Gustavo Sales.

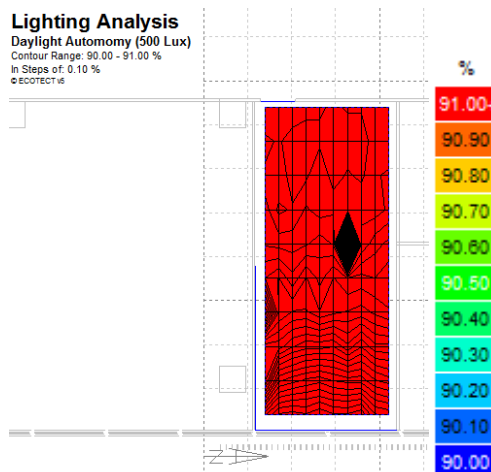


Figura 13 - DA para 500lux na sala do MPS situada a leste. Fonte: Gustavo Sales.

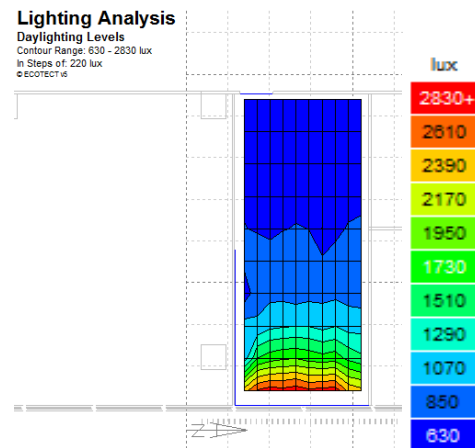


Figura 14 - Níveis de iluminação natural (lux) na sala do MPS situada a leste. Fonte: Gustavo Sales.



### 3.4.2. Simulação nos ambientes oeste e leste do MTE

As simulações da sala oeste do MTE (Figuras 16 e 17) apresentaram os mesmos problemas da sala oeste do MPS, onde há iluminação disforme, com grande luminosidade concentrada na região das janelas, podendo causar ofuscamento, problemas de contraste e má distribuição da luz. Os índices DA diminuíram de 64% a 52% próximo as janelas, onde há maior concentração de luz e nas regiões centrais e do lado oposto a janela mostrou-se com uma quantidade de luz insuficiente, podendo ser aproveitada em 48% do ano. Já as simulações da sala leste do MTE (Figuras 18 e 19) são muito semelhantes com as da sala leste do MPS, com um alto índice de aproveitamento da luz natural na sala. A sala apresenta uma iluminação uniforme, o que resulta em boa distribuição da luz. A iluminação natural pode ser aproveitada em 91% do ano para 500lux sem necessidade de ligar a iluminação artificial.

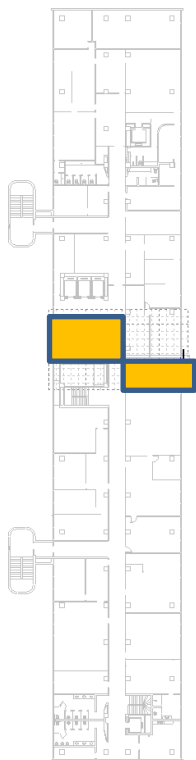


Figura 15 – Sala do MTE simulada.  
Fonte: Gustavo Sales.

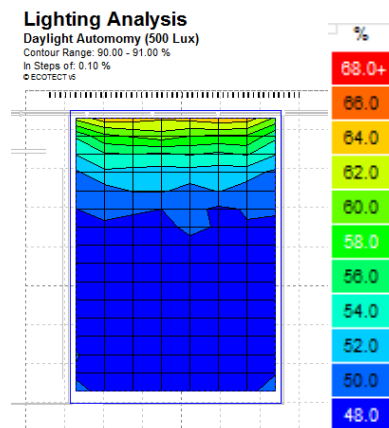


Figura 16 - DA para 500lux na sala do MTE situada a oeste. Fonte: Gustavo Sales.

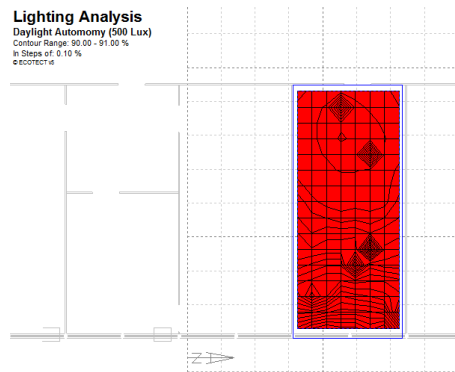


Figura 18 - DA para 500lux na sala do MTE situada a leste. Fonte: Gustavo Sales.

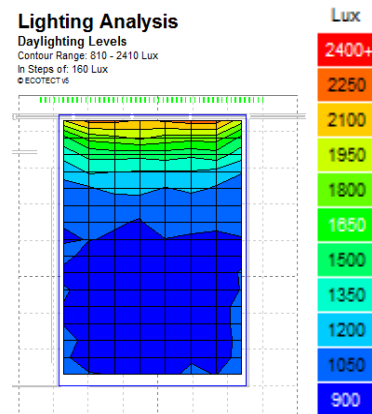


Figura 17 - Níveis de iluminação natural (lux) na sala do MTE situada a oeste. Fonte: Gustavo Sales.

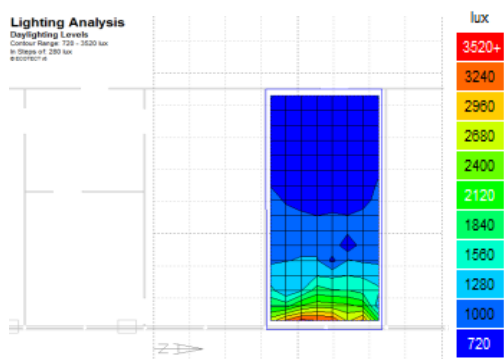


Figura 19 - Níveis de iluminação natural (lux) na sala do MTE situada a leste. Fonte: Gustavo Sales.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A partir do diagrama morfológico foi verificou-se o grande potencial da edificação para a integração da iluminação natural com a artificial, mas que não é utilizado de forma adequada em função do tipo de abertura que provoca ofuscamento.

Detectou-se, também, que o sistema de brise é ineficiente porque em determinadas horas da tarde há iluminação direta do sol que passa por cima do brise formando um feixe de luz direta nas salas da fachada oeste. As películas fixadas nos vidros são insuficientes, necessitando de persianas, que acabam ficando fechadas durante todo o dia, não havendo integração da iluminação.

Foi constatado, também, que o grande diferencial, do MTE para o MPS é a cor dos materiais empregados, que por serem de tom claro passam a sensação de que a iluminação está mais uniforme, transmitindo conforto visual aos usuários, inverso do que ocorre no MPS por ter divisórias em tom de madeira escura e piso em granito escuro.

A partir da etiquetagem dos pavimentos foi constatado que a falta de integração da iluminação natural com a artificial diminuiu a classificação da etiqueta, sendo que para o MPS seria classificado no nível “A” e o MTE em “B”, demonstrando assim a necessidade da contribuição das duas iluminações. Para a integração com a iluminação natural o RTQ-C exige que tenha o acendimento da ultima fileira de luminárias paralelas à janela separado. No caso do MTE para alcançar a etiqueta “A”, a potência total instalada deve ser

reduzida. Isso pode ser feito, por exemplo, redimensionando o sistema de iluminação de acordo com a iluminação necessária para cada ambiente ou substituindo as lâmpadas atuais por modelos mais eficientes.

Já com a APO ficou muito claro os problemas relacionados ao conforto visual e pôde ser constatado nas duas metodologias empregadas: na observação do comportamento e nos questionários. Tanto o MPS quanto o MTE sofre de desconforto com a iluminação, pela falta ou excesso, pelo ofuscamento ou reflexão. Porém o desconforto maior foi constatado no MPS. Foi percebido que os materiais podem influenciar para o desconforto do MPS, por serem de cor escura e passar a sensação de ambiente mais fechado ou menos iluminado, o inverso do MTE.

Através da simulação foi possível demonstrar a capacidade das salas com relação ao aproveitamento da iluminação natural, que foi satisfatório nas salas de posição leste. Porém há a necessidade de melhorar a distribuição da luz natural em todas as salas, criando estratégias para que esta atinja, em profundidade, os ambientes. Foram comprovados também os problemas de ofuscamento que são causados pelos altos níveis de iluminância nas regiões próximas às janelas.

## 5. CONCLUSÕES

Após a aplicação das metodologias foi possível compreender a insatisfação com relação conforto visual dos servidores do 8º pavimento do MPS. Foram detectados problemas como: ofuscamento, reflexão, excesso e falta de iluminação. Porém foi percebido que esses problemas também afetam a qualidade dos ambientes do 3º pavimento do MTE. O que, provavelmente, ameniza esse quadro é o fato dos revestimentos internos serem de cor clara, passando a sensação de iluminação mais uniforme. Foi constatado o alto potencial de integração da iluminação natural com a artificial, pela quantidade de salas que tem acesso direto as aberturas, pelo tipo de abertura e pela simulação. Sabe-se que a iluminação natural deve ser aproveitada por ser uma energia renovável, por contribuir com a eficiência energética durante o dia, além dos benefícios comprovados como aumento da produtividade, satisfação, bem-estar, redução do cansaço e da fadiga visual. Entretanto esse potencial não está sendo utilizado de forma correta, necessitando de controles de luz natural mais eficiente, já que os brises não funcionam, e melhor distribuição da iluminação nas salas. Com relação à eficiência energética, através do RTQ-C foi detectado a necessidade de integração com a iluminação natural para que os pavimentos alcancem o nível A de etiqueta e no caso do MTE, também a redução da potência instalada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) -NBR 5413: **Illuminâncias de interiores**. Rio de Janeiro, 1992.
- AMORIM, C.N.D. **Diagrama Morfológico parte I: instrumento de análise e projeto ambiental com uso de luz natural**. Paranoá – Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, n° 3. Programa de Pesquisa e Pós Graduação, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- \_\_\_\_\_. **Diagrama Morfológico Parte II - Projetos exemplares para a luz natural: treinando o olhar e criando repertório**. Paranoá (UnB), v. 3, p. 77-97, 2007.
- FERNANDES, J. T. **Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações**. Texto adaptado do capítulo “Conforto e Eficiência Energética” (Claudia Amorim e Júlia Fernandes) do livro *Tecnologia e Sustentabilidade para a Humanização dos Edifícios de Saúde*, 2010.
- FERNANDES, J. T. ; Claudia N.D. Amorim; Vilela, T ; Capanema, B. **Avaliação da iluminação natural e desempenho energético do instituto de química da unb para propostas de retrofit da envoltória**. Artigo ENTAC, 2010.
- INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, 2009**.
- NICOLETTI, Ana Maria Abrahão. **Eficiência Energética em um Ministério da Esplanada em Brasília: propostas para retrofit de envoltória**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2009.
- ROMERO, Marta. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo: Projeto, 1988.
- ROMÉRO, M.A; ORNSTEIN, S.W. **Avaliação Pós Ocupação: Métodos e técnicas Aplicados à Habitação Social**. Rio Grande do Sul, 2003.
- ROMÉRO, M.A; REIS, L.B. **Eficiência Energética em Edifícios**. São Paulo, 2012.
- REINHART, C. F. **Tutorial on the Use of Daysim Simulations for Sustainable Design**. Tutorial on the Use of Daysim/Radiance Simulations for Building Design – version: Apr-10. USA, 2010.