AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO E RETROFIT EM ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DE ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS: O CASO DE UMA INDÚSTRIA DE BOMBAS HIDRÁULICAS

DÉBORA OTTO

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo aplicar a avaliação pós-ocupação e o retrofit na iluminação artificial no setor industrial, tendo como estudo de caso uma indústria de bombas hidráulicas, em funcionamento na cidade de São Paulo. Para a avaliação pós-ocupação, foi aplicado questionário aos funcionários, entrevista específica, medições técnicas no local, tabulação e avaliação dos dados técnicos juntamente com os resultados do questionário e entrevista, seguidos da proposta de retrofit, visando atender às necessidades apresentadas.

Palavras-chave: Pesquisa Comportamental. Retrofit. Avaliação Pós-Ocupação. Setor Industrial. Iluminação Artificial.

ABSTRACT

This paper aims to make a post-occupancy evaluation and retrofit of artificial lighting in an industrial case study of hydraulic pumps, in the city of Sao Paulo. For the post-occupancy evaluation, questionnaire was applied to employees, also specific interview, professional measurement in place, tabulation and evaluation of technical data along with the results of the questionnaire and interview, followed by the proposed retrofit, to meet the needs presented.

Keywords: Behavioral Research. Retrofit. Post-Occupancy Evaluation. Industrial Sector. Artificial Lighting.

São Paulo

SUMÁRIO

RESUMO ABSTRACT	
INTRODUÇÃO	
 1 AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO 1.1 O que é Avaliação Pós-Ocupação? 1.2 Questionário e entrevista específica 1.3 Avaliação técnica 	4 5 8
 2 RETROFIT 2.1 O estudo de caso 2.2 Resultados da Avaliação Pós-Ocupação 2.3 Aspectos quantitativos e qualitativos do retrofit 	14 15 16
CONSIDERAÇÕES FINAIS	22

REFERÊNCIAS

INTRODUÇÃO

A visão é o primeiro contato de um recém-nascido com o mundo exterior, ela é responsável por grande parte do processo de aprendizagem dos seres humanos e dos cinco sentidos, é por muitos, o mais utilizado no trabalho. Desde o começo de sua origem, o homem sentiu a necessidade da luz para executar atividades depois do sol se pôr e, até os dias de hoje, observa-se a constante busca por tecnologias avançadas que proporcionem boas condições visuais nos ambientes de trabalho tanto durante o dia, com o auxilio da luz natural, quanto durante a noite fazendo uso somente dos sistemas artificiais de iluminação, pensando no bemestar dos funcionários e na a questão do ciclo circadiano, o relógio biológico responsável por regular diversos mecanismos fisiológicos e metabólicos do organismo.

A constante descoberta de novas tecnologias e a crescente preocupação com os aspectos psicológicos da relação homem versus luz, exige que os profissionais se empenhem e aprofundem muito mais o conhecimento a cerca de cada caso, garantindo que os projetos envolvam o ser humano e suas necessidades, não é mais somente um projeto de iluminação para um espaço físico. A luz revela a forma, sem ela não é possível distinguir, por exemplo, o tamanho e características de um espaço interior, mas em se tratando de ambientes laborativos, é de extrema importância que essa luz seja adequada. A grande massa da população passa a maior parte de suas vidas dentro de ambientes de trabalho fechados, por isso, o ambiente deve garantir aspectos básicos de conforto ambiental para cada um executar suas atividades sem desconforto, ou seja, sem que fatores externos interfiram no que esteja fazendo no momento, com isso, não prejudicando a si mesmas e nem o rendimento da produção.

1 AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO - APO

1.1 O que é avaliação pós-ocupação?

Pode-se dizer que APO é um método de avaliação em que o usuário tem papel fundamental para diagnosticar os aspectos que funcionam e os que precisam ser repensados, em um determinado edifício. Esta avaliação visa relacionar os dados técnicos colhidos pelos profissionais no local e a opinião dos usuários para definir as diretrizes de recomendações que melhorem o caso em questão e para casos futuros, evitar novos erros de mesma natureza.

"Os espaços construídos que abrigam suas práticas...como é estar neles? São adequados, parcialmente adequados ou inadequados? Em que aspectos? Em que medida? A sua opinião com relação a isso é igual à opinião de alguém que compartilha estes mesmos espaços com você?" (ROMÉRO, 2011, P. 16)

Cada ser humano tem uma resposta em relação ao meio em que vive, por isso, cada um fará uma avaliação diferente sobre determinados aspectos de um edifício. A APO tem justamente a função de incluir as opiniões dos usuários com os dados obtidos pelos técnicos, visando garantir um acerto maior nas recomendações das mudanças necessárias.

O estudo de caso deste trabalho é uma indústria de bombas hidráulicas, a APO em questão é para avaliar a iluminação natural e artificial deste edifício, através de questionário com os nove funcionários, entrevista específica com um dos sócios proprietários, medições no local, tabulação dos dados recolhidos e simulações para definir as modificações que devam ser aplicadas no edifício, o que se pode chamar de APO seguida de retrofit.

"...Retrofit-expressão de origem inglesa que vem sendo utilizado cada vez com mais frequência por profissionais da área de conservação de energia, e que significa quaisquer medidas de melhoria e elevação de desempenho de equipamentos e sistemas de edifícios existentes." (ROMÉRO, 2011, P. 16)

1.2 Questionário e entrevista específica

A aplicação de questionário é fundamental para obtenção de resultados mais realistas por não ser identificado com nome, o que de certa forma, faz com que os usuários sejam mais honestos em suas respostas.

Para desenvolver um questionário de APO, algumas perguntas básicas como data, hora e local do usuário no edifício, são necessárias para posteriormente ser possível tabular os dados, quanto mais informação adquirida, mais precisos serão os resultados. As perguntas nunca devem influenciar a resposta, precisam ser sempre imparciais ou então, os resultados não poderão ser confiáveis. Nesta avaliação pós-ocupação os resultados do questionário foram:

- Data: 13/09/2013, hora: 8:40h 9h, condição do céu: limpo; Dos cinco funcionários que trabalham no pavimento térreo:
- Dois estão entre 25-35 anos, dois entre 36-50 anos e um tem mais de 60 anos;
- Dois tem o ensino fundamental incompleto, dois o ensino médio completo e um tem o ensino superior completo;
- Somente um deles, o que tem o ensino superior completo, acha o local muito quente, os outros quatro estão satisfeitos;
- O mesmo funcionário que acha muito quente, também acha muito abafado, outro funcionário também acha muito abafado e os três restantes estão satisfeitos;
- Os dois funcionários que acham o local muito abafado, também acham muito escuro, os outros três estão satisfeitos;
- O funcionário que tem o ensino superior completo e acha o local muito quente, muito abafado e muito escuro, avaliou o nível de conforto como pouco satisfeito, sendo a temperatura o item que mais incomoda seguida pela iluminação e em terceiro ruídos. Os outros quatro funcionários estão satisfeitos;
- O mesmo funcionário do item acima disse que o conforto ambiental tira pouco sua motivação e os outros quatro disseram que nunca tira a motivação deles;
- Os cinco funcionários disseram achar boa a manutenção das lâmpadas e luminárias;
- Somente um dos funcionários, o que tem mais de 60 anos, disse já ter feito sugestão sobre a iluminação. A iluminação foi feita por ele quando o edifício foi construído em 1971;

- Três dos cinco funcionários já sofreram acidente na empresa. Um quebrou um dedo e
 machucou a mão no torno, outro cortou a mão e também a machucou no torno e um
 deles perdeu uma unha;
- Sobre o nível de atenção que suas tarefas exigem (de 1 a 5 sendo 1 pouca e 5 o máximo de atenção): um disse ser nível 3, três disseram ser nível 4 e um disse ser nível 5;
- Para dois funcionários a luz do sol que chega na bancada de trabalho atrapalha, os outros três disseram que não bate sol;
- Para os cinco funcionários a janela está localizada na frente, não tem nenhuma luz chegando diretamente aos olhos e não percebem muitos contrastes.
 - Dos quatro funcionários que trabalham no pavimento inferior:
- Um dos funcionários tem entre 25-35 anos, os outros três estão entre 36-50 anos;
- Dois funcionários disseram ser muito quente, muito abafado e também avaliaram a temperatura como fator de maior desconforto, seguida pela iluminação e em terceiro ruídos;
- Os quatro funcionários acham o local muito escuro e disseram que o conforto ambiental (temperatura, iluminação e ruídos) nunca tira a motivação deles;
- Um funcionário disse achar ótima a manutenção das lâmpadas e luminárias, um disse achar precária e dois acham boa;
- Nenhum deles já fez alguma sugestão sobre a iluminação;
- Somente um funcionário já sofreu acidente, quebrou um dedo da mão;
- Sobre o nível de atenção que suas tarefas exigem (de 1 a 5 sendo 1 pouca e 5 o máximo de atenção): um disse ser nível 3, dois disseram ser nível 4 e um disse ser nível 5;
- Três funcionários disseram que não bate sol na bancada de trabalho e um disse que a luz do sol que chega em sua bancada ajuda;
- O funcionário que disse que a luz do sol ajuda tem a janela localizada atrás dele e acha
 que no período da tarde a iluminação é melhor. A janela para os outros três
 funcionários está na frente, um deles disse que de tarde a iluminação é melhor e dois
 disseram que é melhor no período da manhã;
- Não chega luz diretamente aos olhos de nenhum deles;
- Dois funcionários disseram que percebem muitos contrastes, mas que não interfere no que estão fazendo.

- A indústria não tem manutenção preventiva, somente corretiva e é feita pelos próprios funcionários;
- A parte elétrica da empresa é nova;
- Existe preocupação com economia de energia sim, na época em que São Paulo passou por períodos do chamado "apagão", foram instalados interruptores individuais nas luminárias, para reduzir o consumo. Recentemente foi instalado um banco de capacitores para correção da energia reativa;
- O funcionário mais antigo, o que tem mais de 60 anos, é responsável pela compra das lâmpadas e reatores, se preocupam com a eficiência e rendimento dos equipamentos e normalmente compram marca Intral e Margirius. Todos os reatores já são eletrônicos;
- A empresa não tem funcionário para limpeza, os próprios funcionários limpam duas vezes por semana;
- A parte interna da indústria foi pintada há aproximadamente cinco anos atrás;
- As janelas foram limpas nove meses atrás;
- As luminárias pendentes são as mesmas há aproximadamente dez anos, são substituídas quando não tem mais condição de uso;
- Quando as lâmpadas começam a piscar, são trocadas imediatamente;
- Retiram o pó de ferro das lâmpadas para evitar curto circuito e para não prejudicar a luminosidade;
- Acham que a quantidade de luz é suficiente em alguns pontos e que em outros há necessidade de melhoria.

1.3 Avaliação técnica

A opinião dos usuários ou avaliação comportamental é de grande importância na APO, mas a avaliação técnica continua sendo uma peça chave que compara os dados comportamentais com os dados técnicos. O estudo de caso desta pesquisa está em funcionamento neste edifício desde 1971, que foi construído para esta finalidade. O edifício possui três andares, dois pertencem a indústria e um, o superior ao térreo, tem dois apartamentos. Está localizado no bairro do Ipiranga, em São Paulo, o terreno tem 10 metros de largura por 43 metros de comprimento, mas a área construída é menor, na frente existe recuo para estacionamento de três carros, a lateral direita possui um corredor de 1,90 metros em toda sua extensão e na parte de trás há um recuo de 6 metros. A fachada principal de entrada está a 354° em relação ao norte verdadeiro, a fachada oeste está a 264°, já a leste não possui janelas por dividir parede com o prédio vizinho e a fachada sul está a 172º (ver figura 1). A fachada oeste contém a maior parte das janelas, mas a uma pequena distância está o muro de fundo das outras casas, com oito metros de altura. Na parte de trás da indústria, o muro de divisa com o outro terreno tem três metros de altura.



Figura 1 - Localização geográfica do estudo de caso.

Fonte: Google Maps.

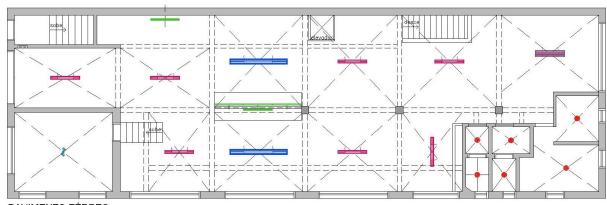
Com as informações sobre as fachadas, pode-se avaliar a carta solar da cidade de São Paulo, 24° Sul, para saber as horas de sol em cada uma, em determinado dia do ano como mostra a tabela a seguir.

AVALIAÇÃO DA CARTA SOLAR 24° SUL			
FACHADAS	DATAS		
	SOLSTÍCIO DE VERÃO	SOLSTÍCIO DE	EQUINÓCIOS (OUTONO 21/03
	(22/12)	INVERNO (22/06)	E PRIMAVERA 24/09)
FACHADA 354°	das 12h às 14h	das 6:45h às 17:15h	das 7h às 18h
FACHADA 264°	das 12h às 18:45h	das 12:20h às 17:15h	das 12:10h às 18h
FACHADA 172°	das 5:15h às 12h / das 14:45h às 18:45h		das 6h às 7:20h

Tabela 1 – Estudo da carta solar 24° Sul.

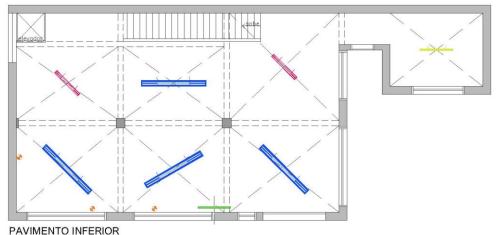
Fonte: Débora Otto.

O próximo item a ser avaliado nesta APO é a iluminação artificial do interior do edifício. A distribuição das luminárias pelo ambiente permanece a mesa desde 1971, quando a indústria começou a funcionar neste endereço, conforme as plantas e legendas a seguir.



PAVIMENTO TÉRREO Distribuição das luminárias - situação atual sem escala

LEGENDA - Iluminaçã	ão Atual Pavimento Térreo	
SÍMBOLO	LÂMPADA	QUANT.
0	1x incandescente 60W	06
800	2x fluorescente compacta de 23W	01
	1x fluorescente tubular T10 de 40W	05
	2x fluorescente tubular T10 de 40W	07
\(\frac{\}{\}\)	4x fluorescente tubular T10 de 40W	01
	2x fluorescente tubular T12 de 110W	02



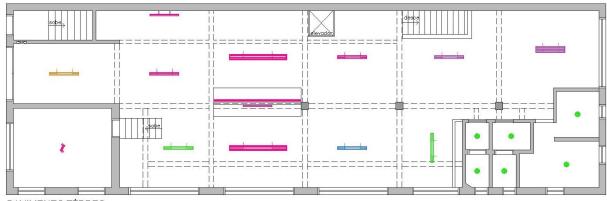
Distribuição das luminárias - situação atual sem escala

LEGENDA - Iluminação	Atual Pavimento Inferior	
SÍMBOLO LÂMPADA		QUANT.
•	1x incandescente 60W	03
	1x fluorescente tubular T10 de 40W	01
	1x fluorescente tubular T10 de 40W	01
	2x fluorescente tubular T10 de 40W	02
	2x fluorescente tubular T12 de 110W	04

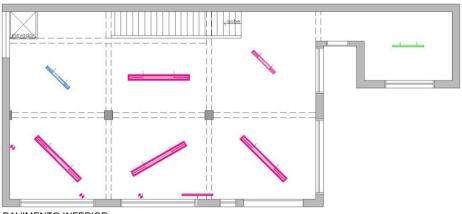
Existem sete tipos diferentes de luminárias dentro da indústria mais uma adaptação feita com um pedaço de madeira para fixar uma lâmpada fluorescente tubular T10 de 40Watt (W) no pavimento inferior. As luminárias foram sendo substituídas por novas na medida em que as antigas não tinham mais condição de uso e todos os reatores já são eletrônicos. Nos banheiros, vestiário e refeitório a luminária é de sobrepor com uma lâmpada incandescente comum de 60W, 110Volts (V), mas todas estão sem o difusor de vidro que existia originalmente. A luminária do escritório é de sobrepor tipo spot com duas lâmpadas fluorescentes compactas de 23W, 110V cada. No pavimento térreo e no inferior, existem seis tipos diferentes distribuídos e todas as luminárias pendentes estão a 2,80 metros de altura em relação ao piso.

Sabendo o tipo e quantidade das luminárias, é necessário saber o tempo de uso por mês para avaliar qual é o percentual de consumo que a iluminação representa na conta de luz, que apresenta o consumo total da indústria. Foram analisadas as contas do período entre setembro de 2012 a agosto de 2013, e as médias obtidas foram 1.247Kwh de consumo e R\$ 0,1180 de tarifa.

O período de uso de cada luminária foi identificado em conversa com o funcionário mais antigo da empresa, que fez o sistema de iluminação. Todas as luminárias tem acionamento individual e seu uso está relacionado a regiões, ou seja, o escritório fica com a luz acesa por aproximadamente 44 horas semanais, já uma luminária na entrada nunca é utilizada. Duas luminárias estavam com as lâmpadas queimadas e uma, no pavimento inferior, estava com as lâmpadas piscando.



PAVIMENTO TÉRREO Horas de consumo - situação atual sem escala



PAVIMENTO INFERIOR Horas de consumo - situação atual

LEGENDA - Horas de consumo			
44h de uso por semana	8,8h por dia		
15h de uso por semana	3h por dia		
10h de uso por semana	2h por dia		
nunca utilizam			
queimadas			

A tabela abaixo apresenta o consumo em iluminação atual da indústria, de acordo com as potências instaladas e o tempo de uso dos sistemas.

AVALIAÇÃO DO TEMPO E CONSUMO DAS LUMINÁRIAS POR MÊS					
LUMINÁRIAS	POTÊNCIA	HORAS DE	CONSUMO	HORAS DE USO	CONSUMO POR
(ver cor ref.	TOTAL	USO POR	POR DIA	POR MÊS	MÊS (Wh)
planta CAD)	(Watt)	DIA (h)	(Wh)	(22 dias úteis)	(22 dias úteis)
pink	1894	8,8	16667,2	193,6	366678,4
roxo	222	3,0	666,0	66,0	14652,0
verde	549	2,0	1098,0	44,0	24156,0
laranja	74				
azul	148				
TOTAL	2887		18431,2		405486,4
					405,4 Kwh / mês

Tabela 2 – Cálculo de consumo em iluminação da situação atual.

Fonte: Débora Otto.

O consumo desagregado da iluminação artificial deste estudo de caso é de 32%. A densidade de potência (Dp) atual é a potência (W) total instalada dividida pela área (m²), que resulta em 2.887W dividido por 281m², que é igual a 10,27 W/m².

Com as especificações das luminárias, lâmpadas e reatores, sabe-se qual o fluxo luminoso e a quantidade de lux (lúmen/m²) nas bancadas de trabalho, porém, neste estudo de caso em que funciona uma indústria metalúrgica no edifício, deve-se levar em conta que o pó de ferro depositado diariamente nas lâmpadas reduz o fluxo luminoso consideravelmente. Outro fator que influencia na quantidade de lux que chega nas bancadas de trabalho são as superfícies. As bancadas são todas escuras e opacas; o piso está no contra piso cor cinza escuro; as paredes tem pintura azul até a metade e pintura branca na parte superior, mas estão com bastante acúmulo de pó de ferro, o mesmo acontece com o teto, que deveria estar branco. As janelas estão em condições extremas, pois muitas não abrem devido à ferrugem e praticamente todas estão com os vidros bastante sujos, prejudicando muito a entrada de luz do sol e a troca de calor com o meio externo (ver figuras 2 e 3).



Figura 2 – janela pavimento inferior. Foto: Débora Otto



Figura 3 – pavimento inferior.

Foto: Débora Otto

Para avaliar as iluminâncias, foram feitas três medições no dia nove de setembro de 2013, a primeira às 9h, a segunda às 15h e a terceira às 19h. A fim de comparar os níveis de acordo com a mudança da luz do sol durante o dia, sendo a última medição com objetivo de avaliar apenas o sistema artificial existente.

Na medição das 9h, a iluminância média no escritório era de 400 lux. A média na bancada central do pavimento térreo era de 450 lux, nas bancadas da fachada oeste 280 lux, na orientação leste 230 lux. No fundo do pavimento térreo onde existe uma luminária com quatro lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W, a média era de 480 lux. Nos banheiros 200 lux e no vestiário e refeitório 300 lux. No pavimento inferior às 9h, a média era de 200 lux na orientação da fachada norte, 380 lux na orientação oeste, 250 lux nas bancadas da orientação sul e 120 lux a leste.

As iluminâncias médias no pavimento térreo às 15h apontaram 1.100 lux no escritório, 510 lux na bancada central principal, 850 lux nas bancadas da fachada oeste, 300 lux na orientação leste, na orientação sul a média ficou em 450 lux, nos banheiros 250 lux, no vestiário 2.000 lux e no refeitório 280 lux. No piso inferior as médias marcaram 250 lux na orientação norte, 400 lux a oeste, 280 lux ao sul e 130 lux na orientação leste.

Às 19h os resultados no piso térreo foram 115 lux no escritório, 345 lux na bancada central, 220 lux a oeste, 250 a leste, 190 lux na área do fundo a sul, 90 lux nos banheiros e 50 lux no refeitório e vestiário. Já no piso inferior as médias foram 180 lux na fachada norte, 360 lux a oeste, 70 lux ao sul e 80 lux a leste.

2 RETROFIT

2.1 O estudo de caso

O edifício foi construído em 1971 pelo proprietário da empresa, para aumentar o espaço físico da indústria que funcionava em outro edifício da região. Na fase de projeto, incluíram dois apartamentos na cobertura. Como já dito no questionário, foi um dos funcionários quem fez a instalação e definiu a disposição das luminárias dentro do ambiente.

Desde sua construção, os dois andares da indústria passaram por poucas modificações. Entre as mais importantes estão a colocação do portão que antes não existia, troca de revestimento dos banheiros, refeitório e vestiário, troca das janelas do escritório, banheiros, vestiário e refeitório que estavam muito enferrujadas e não conseguiam abrir para ventilação (ver figuras 4 e 5).



Figura 4 – modelo atual de janela vestiário. Foto: Débora Otto



Figura 5 – modelo atual de janela escritório.

Foto: Débora Otto

Pode-se dizer que a parte estrutural permanece a mesma desde a década de 70. As grandes janelas do pavimento térreo e do inferior tem estrutura de metal, são divididas em dez faixas horizontais e cinco colunas verticais, sendo que apenas duas colunas tem basculantes para ventilação (ver figura 2).

A indústria conta com nove funcionários de período integral e três sócios proprietários. O horário de funcionamento é de segunda à sexta-feira, das 7h às 17h, com dois intervalos de 15 minutos cada e 1 hora de almoço. Hora extra é uma situação muito rara, quase inexistente. Os três sócios trabalham no escritório, cinco funcionários trabalham no

pavimento térreo e quatro funcionários no pavimento inferior. No pavimento térreo são feitas as montagens, testes e acabamento das bombas. No pavimento inferior é feita a usinagem das peças e pintura das bombas.

2.2 Resultados da Avaliação Pós-Ocupação

Analisando as respostas do questionário juntamente com os dados técnicos colhidos, pode-se observar um possível receio por parte dos funcionários em dizer a verdade, por mais que o questionário não tenha identificação de quem o respondeu. Talvez se estes mesmos funcionários trabalhassem em uma empresa de grande porte e tivessem que responder às mesmas perguntas, não teriam qualquer medo de seus superiores saberem qual foi sua resposta. Neste caso, como a empresa é pequena e os funcionários e patrões passam muito tempo juntos, pode ser que tenha interferido na veracidade das respostas. Em visita técnica ao local, conversando informalmente com um dos funcionários, após a aplicação do questionário, foi relatado que eles tiveram receio de responder honestamente as questões e sofrer qualquer tipo de consequência por isso, mesmo tendo sido avisados que o questionário buscava respostas para ajudar a melhorar a condição de trabalho deles. Muitos não tiveram oportunidade de terminar os estudos e precisam do emprego.

Cerca de 67% dos funcionários estão satisfeitos com a temperatura e ventilação, em relação à iluminação 67% estão pouco satisfeitos. Porém, quando perguntados sobre o nível de conforto (temperatura, iluminação e ruídos), 67% estão satisfeitos e 89% dos funcionários disseram que o conforto ambiental (temperatura, iluminação e ruídos) nunca tira a motivação no trabalho.

Mesmo a maioria tendo avaliado o local como muito escuro, 11% disseram que a manutenção das lâmpadas e luminárias é ótima e 78% avaliou como sendo boa. Mais um indício de falta de veracidade nas respostas, pela entrevista específica foi informado que a manutenção das lâmpadas e luminárias é feita pelos próprios funcionários e que quando uma lâmpada começa a piscar, é substituída imediatamente, por isso talvez, a chance de terem avaliado como boa. Desde a primeira visita técnica, em junho de 2013, foi notado que duas luminárias estavam com as lâmpadas queimadas e uma luminária estava com as lâmpadas piscando, até a última visita feita no local, em setembro de 2013, os problemas não haviam sido solucionados.

Os dois únicos funcionários que avaliaram a luz da manhã como sendo melhor trabalham no pavimento inferior, que tem janela na orientação sul, este tipo de fachada não recebe sol no inverno e no verão recebe sol nas primeiras horas do dia e em parte da tarde. As outras janelas estão na orientação oeste, que recebe sol na parte da tarde tanto no inverno quanto no verão, porém, por estar em um nível abaixo do térreo e ter um muro de divisão muito próximo, não recebe luz direta do sol, apenas indireta e em quantidade reduzida, pois as superfícies de reflexão são escuras e a sujeira nas janelas impede a entrada em maior quantidade dessa luz. Todos os funcionários que trabalham no pavimento térreo preferem a luz no período da tarde, isso se justifica porque a maior fachada de janelas tem orientação oeste, aonde o sol chega sempre no período da tarde tanto no inverno quanto no verão como dito acima.

A empresa não possui nenhum tipo de ventilação e a maioria das janelas do pavimento térreo e inferior não abrem os basculantes. A troca de calor nos dois andares ocorre por meio das portas e de poucas janelas que ainda abrem. Mesmo assim, 67% dos funcionários estão satisfeitos com a temperatura e 55% estão satisfeitos com a ventilação do ambiente.

Na entrevista específica, foi informado que as janelas haviam sido limpas há aproximadamente nove meses, e a pintura feita há aproximadamente cinco anos. Pelas fotos é possível ver que principalmente as janelas do piso inferior estão extremamente impregnadas com pó de ferro. O mesmo ocorre nas paredes e teto, que estão bem escuros, por isso, tanto a manutenção das janelas quanto a pintura da indústria deveriam ocorrer em menor intervalo de tempo.

2.3 Aspectos quantitativos e qualitativos do retrofit

Mais de uma solução foi estudada para melhorar as condições de trabalho na indústria do Ipiranga, alguns aspectos tiveram que ser levados em conta como o pensamento radical de um dos sócios já que a indústria sempre funcionou desse modo então não consegue ver a necessidade de qualquer modificação. Outro ponto é saber que qualquer intervenção deverá ser rápida uma vez que a empresa não pode ficar fechada, sem produzir. O maior desafio deste retrofit é mostrar os benefícios subjetivos que uma iluminação adequada gera. A conta de luz atual não é alta e todas as luminárias possuem acionamento individual, o que contribui na economia de energia e diminui o uso desnecessário, porém existe a necessidade de se aumentar a quantidade de luz que chega nas bancadas de trabalho e de luz mais uniforme em

todo ambiente e isso implicará no aumento do consumo de energia, o que para pessoas leigas, não faz muito sentido uma vez que quando se fala em retrofit o que primeiro vem a mente é economia de energia, com a redução do consumo.

A primeira proposta de modificação foi trocar as lâmpadas queimadas por lâmpadas novas, que já existiam em estoque na empresa, e trocar as lâmpadas incandescentes comuns de 60W por lâmpadas fluorescentes compactas de 15W que além de consumir menos energia tem 900 lúmens enquanto a incandescente tem 864 lúmens. O tempo de uso permanece o mesmo então o consumo no retrofit 1 passa a ser de 382Kwh/mês enquanto na situação atual o consumo era de 405Kwh/mês. O investimento nessa intervenção é de R\$ 71,10, portanto, o payback será de 2,1 anos e a densidade de potência abaixou para 8,83W/m². Este retrofit 1 não gera aumento significativo de iluminância mas, com pouco investimento conseguiu diminuir o consumo em KWh/mês e a densidade de potência. Não é a situação mais indicada por não ter aumentado a quantidade de luz dos locais que necessitam.

Na segunda proposta de retrofit além de trocar as lâmpadas queimadas por lâmpadas novas e trocar as lâmpadas incandescentes comuns de 60W por lâmpadas fluorescentes compactas de 15W, as lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W foram trocadas por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 36W e também os reatores, as luminárias não foram trocadas. As lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 36W tem índice de reprodução de cor (IRC) de 80-89 e 3.350 lúmens enquanto as lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W tem IRC de 70-79 e 2.700 lúmens.

O investimento ficou em R\$ 935,86, o tempo de uso das luminárias permaneceu o mesmo, o consumo passou para 360KWh/mês, o payback será de 14,7 anos e a densidade de potência passou para 8,20W/m². Esta situação de retrofit conseguiu aumentar um pouco a quantidade de luz nas bancadas de trabalho, teve um investimento baixo e reduziu ainda mais o consumo e a densidade de potência em relação ao retrofit 1 mas, ainda existem áreas muitos escuras, a luz não está uniforme no ambiente e o tipo de luminária existente não é o mais adequado ao tipo de atividade exercida no local, o pó de ferro depositado nas lâmpadas pode causar curto circuito, portanto, ainda não é a interferência mais indicada.

Para o retrofit 3 o objetivo foi repensar a disposição, quantidade e tipo das luminárias e lâmpadas, trocar as janelas do pavimento térreo e do inferior, pintar toda a parte interna para aumentar a refletância das superfícies e assim alcançar os parâmetros exigidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR ISO/CIE 8995-1 (ver figuras 6, 7 e 8).

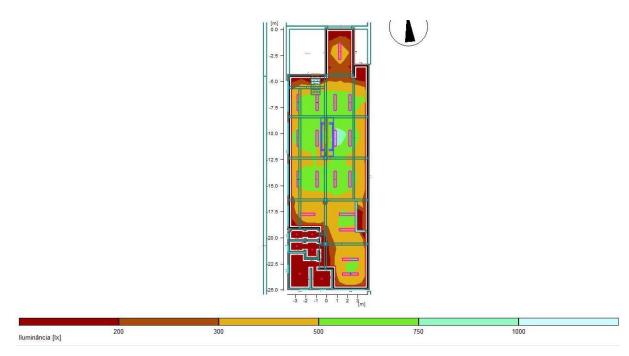


Figura 6 – planta de iluminância média do piso térreo / somente a componente artificial no retrofit 3. Fonte: Débora Otto

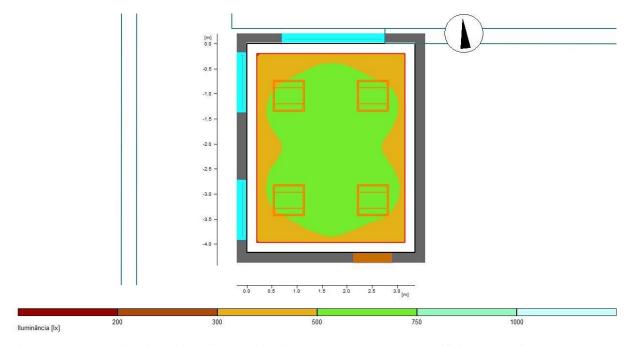


Figura 7 – planta de iluminância média do escritório / somente a componente artificial no retrofit 3. Fonte: Débora Otto

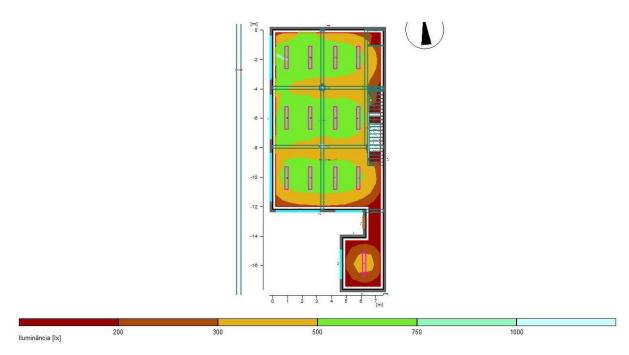


Figura 8 – planta de iluminância média do piso inferior / somente a componente artificial no retrofit 3. Fonte: Débora Otto

As luminárias utilizadas no escritório são modelo de embutir, corpo em chapa de aço fostatizada, refletor e aletas parabólicos em alumínio anodizado 99,85% de pureza, acabamento em pintura eletrostática branca, curva fotométrica tipo "bat wing", rendimento 82%, com quatro lâmpadas fluorescentes tubulares T5 de 14W, 110V, IRC 80-89, 4.000Kelvin (K), base G5, 1.350 lúmens cada e reator quicktronic professional QTP5 2xT5 14W, potência total 30W, 220V, alto fator de potência (AFP), partida rápida, frequência 50-60Hertz (Hz).

Nos banheiros, vestiário e refeitório foram utilizados plafons de sobrepor, corpo em alumínio com pintura epóxi na cor branca e difusor de vidro fosco, com uma lâmpada fluorescente compacta 15W, 110V, IRC 80-89, 6.500K, base E-27, 900 lúmens cada.

Nos dois pavimentos, foram utilizadas luminárias herméticas fixas em eletrocalhas a 2,80 metros de altura em relação ao piso, com corpo em policarbonato, difusor em acrílico transparente texturizado, IP66, rendimento 80%, com duas lâmpadas fluorescentes tubulares T5 de 54W, 220V, IRC 80-89, 4.000K, base G5, 5.000 lúmens cada e reator quicktronic professional QTP5 2xT5 54W, potência total 115W, 220V, AFP, partida rápida, frequência 50-60Hz.

Para complementar a iluminação, foi previsto quatro luminárias herméticas na bancada central do pavimento térreo, a 2 metros de altura em relação ao piso, fixas na estrutura que divide a bancada, que também tem 2 metros. No pavimento inferior duas luminárias foram colocadas na parede da fachada oeste, a 2 metros do piso e uma na fachada norte, também a 2

metros do piso. Esta luminária hermética tem corpo em policarbonato auto-extinguível injetado, refletor em chapa de aço tratada e pintada, difusor em policarbonato injetado, estabilizado para raios UV, prismático internamente e com superfície interna lisa, com uma lâmpada fluorescente tubular T5 de 28W, 220V, IRC 80-89, 4.000K, base G5, 2.900 lúmens e reator quicktronic professional QTP5 1xT5 28W, potência total 31W, 220V, AFP, partida rápida, frequência 50-60Hz.

O investimento total da terceira proposta de retrofit será de R\$ 38.311,97. O mesmo esquema de regiões de uso atual das luminárias foi adotado para calcular o consumo no retrofit 3, porém, analisando os resultados das iluminâncias médias somente da componente luz natural, obtidos no programa Relux, observa-se que no escritório é possível reduzir em pelo menos 50% o tempo de uso das luminárias, e como já existe persiana no local, é possível controlar a luz do sol. Como as janelas foram substituídas, também seria possível reduzir o tempo de uso das luminárias localizadas na região das bancadas a oeste e a sul do pavimento térreo, mas pelo tempo de consumo dessas regiões já ser muito baixo optou-se por manter a mesma quantidade de horas, pensando nos dias em que o céu não está limpo. A mesma situação acontece no pavimento inferior, nas bancadas localizadas a oeste e a sul, seria possível diminuir o consumo uma vez que a quantidade de luz natural que entrará, com as janelas de vidro transparente, será em maior do que na situação atual.

O consumo aumentou de 405Kwh/mês da situação atual para 669Kwh/mês no retrofit 3, uma vez que houve o aumento de potência instalada para atender aos parâmetros da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 e a densidade de potência resultou em 4.687W dividido por 281m², que é igual a 16,6W/m².

As soluções propostas neste retrofit a princípio parecem não valer a pena por não ter payback, mas, mesmo com o investimento consideravelmente elevado e o aumento de consumo de energia, o ambiente passa a garantir boas condições de trabalho para os funcionários e, portanto, em termos de qualidade ambiental o retrofit é válido. Esta proposta garante a média de 500 lux nas bancadas de trabalho, a luz está uniforme, o tipo de luminária está de acordo com a atividade da indústria e assim não existe mais o risco de curto circuito, a ventilação e consequentemente temperatura melhoram com a troca das janelas que poderão ficar abertas para a troca de calor com o meio externo, todas as luminárias continuam com o sistema on/off individual, evitando o desperdício de energia elétrica pois os funcionários já estão habituados a esse tipo de controle.

A luz inadequada da situação atual pode diminuir a acuidade visual, alterar o metabolismo e também o humor das pessoas. Nos seres humanos a melatonina é responsável

pelo aumento da sonolência e pela diminuição da temperatura corporal (SOUSA NETO e CASTRO, 2008). Do mesmo modo que se a luz atingir a retina de uma pessoa à noite irá aumentar seu estado de alerta, com a suspensão da produção de melatonina, se na parte da manhã uma pessoa trabalhar em local escuro, sem estar exposta a luz da manhã que ajuda a despertar, poderá perder rendimento de produção.

Segundo ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, todo sistema de iluminação tende a depreciar com o passar do tempo, com o envelhecimento das lâmpadas e luminárias e o acúmulo de pó. O que difere cada caso são as condições do ambiente e forma de utilização, os tipos de luminárias e lâmpadas escolhidos. A manutenção preventiva é importante para evitar que essa queda do fluxo luminoso entregue pelo sistema seja muito rápida. Neste estudo de caso, por ser um ambiente de grande concentração de pó de ferro, seria interessante adotar medidas como:

- Limpar as janelas uma vez por mês, evitando que o pó fique impregnado por muito tempo no vidro dificultando a limpeza, como é o caso da situação atual. Por estar com pó há muito tempo, os vidros já não ficam mais transparentes quando são limpos;
- Limpar as luminárias a uma vez por semana para retirar o pó depositado, minimizando a diminuição do fluxo luminoso;
- Pintar a parte interna a cada três anos, evitando que a perda de iluminação indireta pela inter-reflexão seja muito elevada;
- Trocar a lâmpada imediatamente se começar a piscar, pois podem causar dores de cabeça. O efeito estroboscópico pode levar a sérios acidentes principalmente em locais que fazem uso de maquinário, com o piscar da lâmpada pode-se ter a impressão do objeto estar parado enquanto na verdade está em movimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A iluminação laborativa pode influenciar no conforto dos funcionários e consequentemente no rendimento de sua produção, deve possibilitar conforto visual e estar adequada ao tipo de trabalho executado no local. As superfícies do ambiente devem somar ao sistema de iluminação pelas inter-reflexões, preferivelmente devem ser opacas para um melhor controle do ofuscamento indireto. Os equipamentos necessitam de manutenção regular, mantendo assim os níveis adequados de iluminância. A luz natural tem importante influencia no organismo, por meio dos inúmeros benefícios que proporcionam ao corpo, das diferentes tonalidades e intensidades ao longo do dia, e deve sempre que possível, ser agregada no dia-a-dia do ambiente de trabalho também pelo fato de se conseguir diminuir o consumo dos sistemas artificiais. Este trabalho pode, por meio da opinião dos usuários e avaliações técnicas, apontar quais são os aspectos negativos da iluminação do edifício e que, por mais que a conta de luz seja baixa, não significa que o sistema de iluminação existente seja eficiente, pelo contrário, neste caso o que se viu foi a falta de iluminação para o tipo de atividade da indústria, falta de uniformidade de luz e uma grande necessidade de manutenção regular devido ao tipo de matéria-prima utilizada. A melhoria na iluminação irá proporcionar benefícios que vão muito além do investimento, são aspectos subjetivos e de difícil mensuração, mas com a certeza de resultados positivos, visto que muito já foi estudado e comprovado a respeito deste assunto. De acordo com o Artigo Industrial Lighting and Productivity, publicado pela Philips Holanda em 2002, uma iluminação adequada contribui positivamente no desempenho da tarefa, no aumento da segurança e diminuição de acidentes, na diminuição de faltas dos funcionários, saúde e bem-estar.

REFERÊNCIAS

ROMÉRO, M. de Andrade. Retrofit e APO – Conforto Ambiental e Conservação de Energia / Eficiência Energética. In: BUSTOS ROMERO, Marta Adriana (Org). **Tecnologia e Sustentabilidade para a humanização dos edifícios de saúde**: Registro do curso de capacitação em arquitetura e engenharia, aplicado à área de saúde, hemoterapia / hematologia. 1 ed. Brasília: FAU/UNB, 2011. Cap. 1, p. 12-57.

VIANNA, N. S.; ROMÉRO, M. de Andrade. Procedimentos metodológicos para aplicação de avaliação pós-ocupação em conjuntos habitacionais para a população de baixa renda: do desenho urbano à unidade habitacional. In: Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social, Coletânea HABITARE / FINEP. São Paulo: FAUUSP, 2002. Cap. 8, p. 210-241.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR ISO/CIE 8995-1: 2013. **Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior.** Rio de Janeiro, 2013.

SOUSA NETO, Júlio Anselmo; CASTRO, Bruno Freire de. **Melatonina, Ritmos Biológicos e Sono – Uma Revisão da Literatura**. Revista Brasileira de Neurologia, Vol. 44/nº 1, 2008.

VAN BOMMEL, W. J. M.; VAN DEN BELD, G. J.; VAN OOIJEN, M. H. F. **Industrial Lighting and Productivity.** Holanda: Philips Lighting, 2002. Disponível em: http://www.lighting.philips.com.br/pwc_li/main/shared/assets/downloads/pdf/industrial_lighting_and_productivity_1_.pdf. Acesso em: 26 out. 2013.

OSRAM. Catálogo Geral 2012 / 2013. Disponível em: http://www.osram.com.br/osram_br/ferramentas-eservicos/servicos/downloads/index.jsp. Acesso em: 10 set. 2013.