

Análise luminotécnica como estratégia para gestão de investimentos em uma indústria moveleira

Filipe Marangoni (UTFPR) filipemarangoni@utfpr.edu.br
Dhenifer Moura (UTFPR) dhenifer@hotmail.com
Samir de Oliveira Ferreira (UTFPR) sferreira@utfpr.edu.br
Evandro André Konopatzki (UTFPR) eakonopatzki@utfpr.edu.br
Cristiane Lionço Zeferino (UTFPR) cristianel@utfpr.edu.br

Resumo:

O sistema de iluminação faz parte das instalações elétricas de uma indústria e, como tal, apresenta um custo de instalação e compõe parte dos gastos com energia elétrica. Devido a inovação tecnológica as lâmpadas tornaram-se mais eficientes proporcionando economia na energia consumida, principalmente após o surgimento do LED. Neste sentido é de fundamental importância que os gestores monitorem o sistema de iluminação de suas empresas para assegurar a eficiência dos mesmos e confrontem suas instalações com projetos que contemplem as inovações do mercado. Este estudo teve como objetivo promover a gestão energética de uma indústria moveleira instalada em Medianeira-PR através da análise das perdas de energia ocasionadas pela baixa eficiência das lâmpadas instaladas e da consequente contratação de maior demanda de energia elétrica para o atendimento das atividades realizadas. O estudo mostrou que a iluminação é deficiente em todos os ambientes da indústria e que o projeto elaborado é viável tanto técnica quanto economicamente, apresentando maior eficiência luminosa e proporcionando menos gastos com a fatura mensal de energia elétrica, resultados almejados para uma gestão econômica voltada à sustentabilidade.

Palavras chave: Fatura de energia, Redução de gastos, Sistema de iluminação, Sustentabilidade.

Reducing losses and electricity demands in the lighting system of a furniture industry

Abstract:

The lighting system is part of electrical installations on an industry, and as such, makes part of the electricity expenses. The literature indicates that the technological innovation of lamps made them more efficient especially after the emergence of the LED. In this sense managers should monitor the lighting system of its companies to verify the efficiency of them and confront their facilities with projects that include the market innovations. This study promoted the energy management of a furniture industry installed in Medianeira-PR through the analysis of reduction of energy losses given the low efficiency of the installed lamps and the consequent demand for hires of electricity to meet the activities. The study showed that the lighting is poor in all industrial environments, so the project developed became feasible both technically and economically presenting higher luminous efficiency and also a smaller amount paid in monthly electricity bill, expected results for sustainability.

Key-words: Cost reduction, Energy Consumption, Lighting system, Sustainability.

1. Introdução

A iluminação é um dos principais fatores na criação de um ambiente laboral ou de lazer, influenciando a produtividade, a saúde e o bem-estar das pessoas. A fim de garantir o desenvolvimento sustentável, a implementação de sistemas de iluminação energeticamente eficientes é de extrema importância.

Nos grandes edifícios de serviços a iluminação chega a ser responsável por mais de 30% dos gastos energéticos (EPE, 2007). Aproximadamente 17% da eletricidade utilizada no país está associada à produção de luz, sendo que a iluminação pública é responsável por cerca de 3,5% de toda energia elétrica consumida, que em 2012 foi de 498,4 TWh (EPE, 2013). Já no setor industrial a iluminação corresponde a um consumo de energia de aproximadamente 2% da produção nacional (MAMEDE FILHO, 2012).

Os ambientes industriais devem apresentar iluminação adequada para a execução das mais variadas atividades desenvolvidas na empresa a fim de promover o melhor rendimento possível nos processos. O nível de iluminamento é determinado de acordo com o local e a operação realizada, e o detalhamento minucioso da atividade exercida em um posto de trabalho específico indicará a iluminação ideal. Portanto, a iluminação num dado local deve ser baseada em análises criteriosas, em normas técnicas e em métodos próprios de estudo de iluminação (ABNT/NBR ISO 8995-1/2013).

O dimensionamento luminotécnico deve ser desenvolvido em conformidade com as normativas vigentes sobre o assunto. Os critérios de qualidade da iluminação são apresentados na norma ABNT/NBR ISO 8995-1/2013 enquanto a metodologia para o dimensionamento do sistema de iluminação é apresentada na ABNT/NBR 5410/2005.

Neste trabalho foi utilizado o método dos lúmens para a elaboração de projeto luminotécnico e teve como objetivo promover a sustentabilidade através da redução das perdas e das demandas de energia elétrica para o atendimento das atividades realizadas em uma indústria moveleira no município de Medianeira/PR. Por meio de análise financeira comparando valores de aquisição do material e consumo de energia elétrica dos sistemas de iluminação existente e proposto é demonstrada a economia com curto tempo de retorno de investimento proporcionada pelo sistema de iluminação proposto.

2. Metodologia

Para a execução do dimensionamento luminotécnico foram considerados os critérios de qualidade da iluminação apresentados na norma ABNT/NBR ISO 8995-1/2013 e a metodologia para dimensionamento do sistema de iluminação apresentada na norma ABNT/NBR 5410/2005, sendo que o método de Lumens (adotado pela norma citada) foi utilizado neste trabalho.

A análise financeira do projeto consistiu no levantamento dos valores de aquisição do material, análise do consumo de energia elétrica dos sistemas de iluminação existente e proposto, bem como a construção dos indicadores econômicos que representem o custo unitário da energia elétrica e também o custo da energia luminosa dos dois sistemas luminosos analisados.

Foram analisados três ambientes da indústria, cozinha, escritório e sala de montagem industrial. O regime de trabalho é de tempo integral, ou seja, 8 horas por dia de segunda à sexta-feira e meio período aos sábados (4 horas). Sendo utilizado para os cálculos um total de 44 horas semanais e 4 semanas por mês, que perfazem 176 horas mensais de trabalho.

A Figura 1 apresenta o layout da parte executiva na qual são observadas as dimensões (em metros) de cada ambiente e também a disposição da mobília ali instalada.

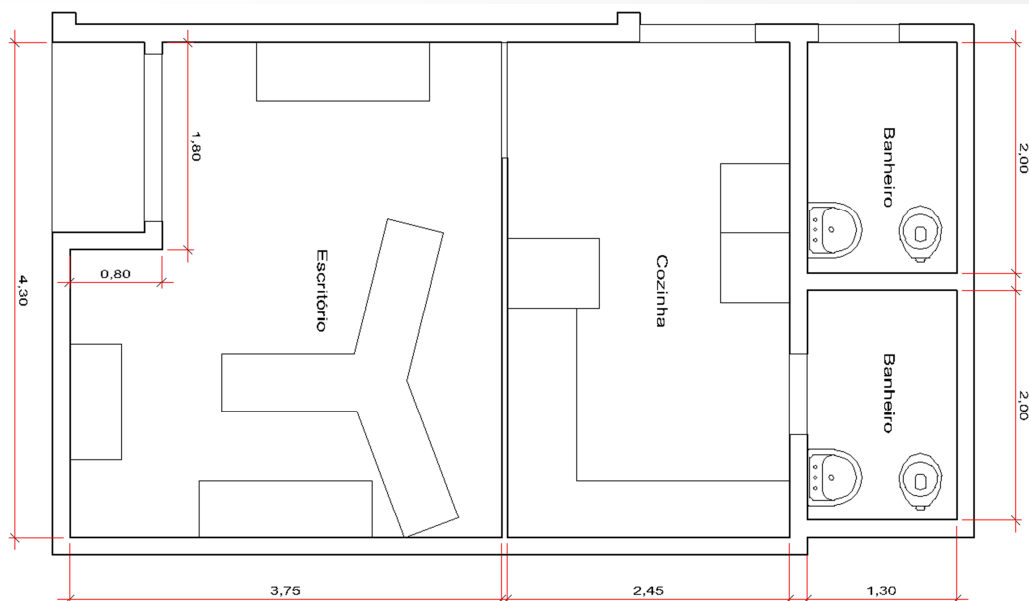


Figura 1 – Esboço da área executiva da indústria moveleira

Na Figura 2, o layout do espaço industrial é apresentado, que consiste em um barracão aberto com separação virtual das três áreas produtivas apresentadas nesta indústria, depósito de matérias primas e também de produtos acabados, marcenaria e acabamentos.

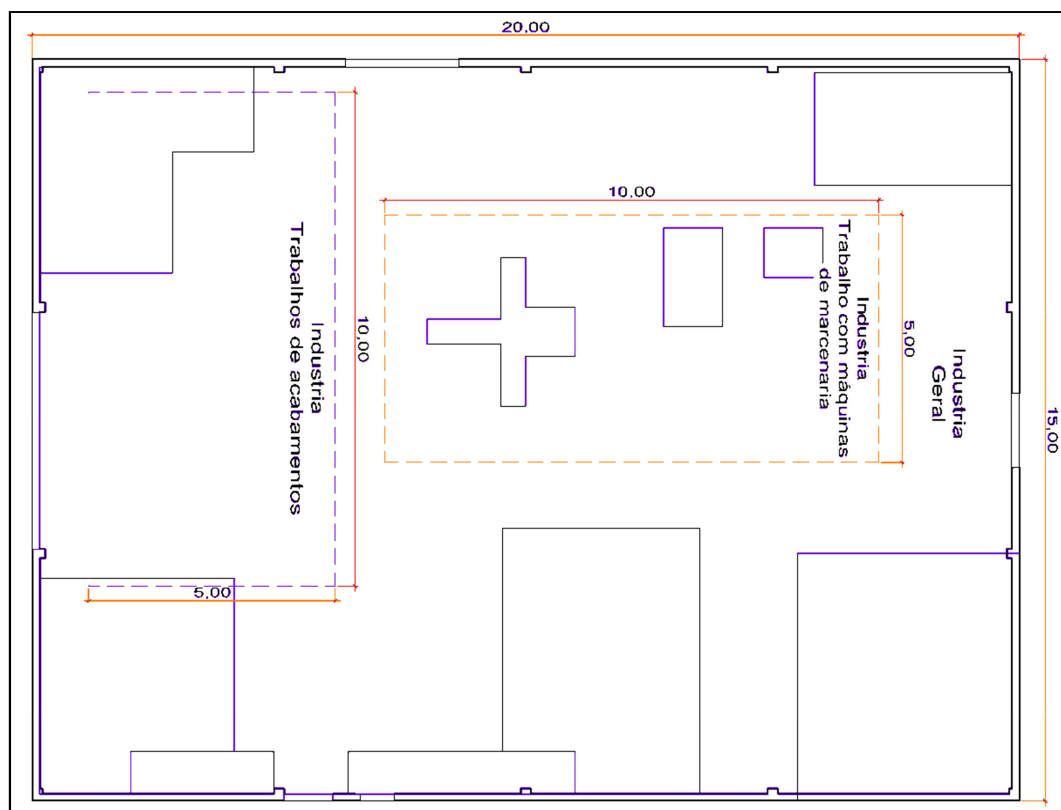


Figura 2 – Esboço da área industrial da indústria moveleira

Na Tabela 1 são mostradas as características das lâmpadas existentes na indústria moveleira. As características das lâmpadas foram coletadas nos próprios equipamentos instalados e foram complementados com dados obtidos nos catálogos dos fabricantes.

Marca	Modelo	Potência	Fluxo luminoso	Eficiência	Temp. de cor	IRC	Vida
Osram	HWL160W	160 W	3.100 lm	17,7 lm/W	3600 K	62	10.000 horas
Osram	CLASSIC A75W	75 W	935 lm	12,46 lm/W	2.700 K	100	1.000 horas
Philips	TLDRS16W-CO-25	16 W	1070 lm	67 lm/W	4.100 K	66	7.500 horas

Fonte: Adaptado de catálogo de produtos Philips® e OSRAM®.

Tabela 1 – Dados das lâmpadas existentes em cada ambiente

2.1. Projeto do sistema de iluminação dos ambientes

Para a cozinha e o escritório foi escolhida a luminária TBS 263 EcoFIX Slim, da marca PHILIPS, com 2 lâmpadas TL5 de dimensões 1250x200mm. Pois apresenta características estéticas agradáveis e *louvers* que têm a função de reduzir os efeitos do ofuscamento direto.

Na área industrial, tanto no barracão (iluminação geral) como na área específica de trabalho com máquinas de marcenaria, as luminárias escolhidas são da marca PHILIPS, modelo TCW 016 pendente, que comportam duas lâmpadas de 58 W. Esta luminária apresenta grau de proteção IP 65 (hermético com proteção contra jatos d'água, conforme ABNT NBR IEC-60529/2005) tendo sido verificada a necessidade de proteção contra poeira própria do trabalho de marcenaria, e possui difusor prismático que atua como redutor do nível de ofuscamento.

Já na área específica de trabalho de acabamentos optou-se por instalar as luminárias do tipo Tecnowatt, modelo FCS2/E27, fixada em calha pela sua parte superior com suporte para duas lâmpadas TL5 (20 a 45 W). Esta luminária também apresenta o grau de proteção IP 65, com o objetivo de proteger as lâmpadas contra poeira e umidade, além de também contar com o difusor prismático.

As lâmpadas foram escolhidas levando-se em conta e sua eficiência luminosa, o Índice de Reprodução de Cores (IRC), a tensão de trabalho, o fluxo luminoso emitido e a compatibilidade com a altura da instalação.

A Tabela 2 apresenta as características técnicas das lâmpadas escolhidas para cada ambiente, sendo estas, compatíveis com as luminárias adotadas.

Ambiente	Marca	Modelo	Potência (W)	Tensão (V)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência Luminosa (lm/W)	Temp. de cor (K)	IRC	Vida média (horas)
Cozinha	PHILIPS	TL5-54W-HO/850	54	220	4.250	93	4.000	85	24.000
Escritório	PHILIPS	TL5-54W-HO/850	54	220	4.250	93	4.000	85	24.000
Indústria Geral	PHILIPS	TL5-58W-840ECO	58	220	5.200	90	4.000	85	15.000
Indústria Marcenaria	PHILIPS	TL5-58W-840ECO	58	220	5.200	90	4.000	85	15.000
Indústria Acabamento	PHILIPS	TWIST	45	220	2.850	63	6.500	80	10.000

Fonte: Adaptado de Catálogo de produtos Philips®.

Tabela 2 – Dados das lâmpadas escolhidas para cada ambiente

A justificativa para a instalação de lâmpadas diferentes somente na área de acabamento da indústria é devido à necessidade de luminárias que possuam dimensões menores, logo, optou-se pelo uso de lâmpadas fluorescentes compactas.

Como na área de acabamento as tarefas exigem maior fidedignidade à cor real do objeto

trabalhado, foi escolhida uma lâmpada que, dentro das limitações de dimensão, atendesse ao Índice de Reprodução de Cores (IRC) mínimo estabelecido pela normativa vigente, mesmo que esta lâmpada possua um menor valor de eficiência luminosa, sendo de apenas 63 lm/W.

O Quadro 1 apresenta o resumo dos dados técnicos utilizados para o projeto luminotécnico dos ambientes. Para cada um dos cinco ambientes considerados, foram medidos os valores de comprimento, largura e altura útil. A partir da sequência necessária para a aplicação do método de Lumens, foram considerados os índices de reflexão das superfícies (teto, paredes e piso) e encontrados todos os fatores necessários.

Dados técnicos	Área executiva		Área industrial			Un.
	Cozinha	Escritório	Iluminação Geral	Marcenaria	Acabamentos	
Comprimento (C)	4,3	4,3	20	10	5	m
Largura (L_a)	2,45	3,75	15	5	10	m
Altura útil (h)	1,25	1,25	3,25	2,75	3,25	m
Área (S)	10,54	16,125	300	50	50	m ²
Teto escuro (RT)	10%	10%	30%	30%	30%	* ¹
Paredes escuras (RP_a)	30%	50%	30%	30%	30%	* ¹
Piso escuro (RP_i)	20%	20%	20%	20%	20%	* ¹
Fator do local calculado (k)	0,78	1,001	2,63	1,21	1,025	* ²
Fator do local escolhido (k')	1,00	1,00	3,00	1,25	1,00	* ²
Coefficiente de Utilização (u)	0,53	0,55	0,5	0,34	0,3	* ²
Fator de depreciação (E_{dl})	0,91	0,91	0,8	0,8	0,8	* ²

Notas: *¹ = de refletância; *² = Adimensional.

Quadro 1 – Dados técnicos do projeto luminotécnico dos ambientes existentes

Os dados utilizados nos cálculos, como dimensões dos ambientes, cores das superfícies e níveis de iluminação do sistema de iluminação instalado foram coletados na empresa. Os valores utilizados para a realização dos cálculos pelo método de Lumens, como o fator local e o fator de depreciação foram determinados pelo uso de tabelas pertinentes à situação.

2.2. Análise financeira da proposta

A análise financeira deste trabalho consistiu no levantamento dos valores para a aquisição dos materiais necessários, a análise do consumo de energia elétrica dos sistemas de iluminação existente e proposto, bem como a construção dos indicadores econômicos que representem o custo unitário da energia elétrica e também da energia luminosa para os dois sistemas luminosos analisados.

Foi considerado que a empresa trabalha em tempo integral, ou seja, 8 horas por dia de segunda-feira à sexta-feira e por meio período aos sábados, 4 horas. Desta forma, foram utilizados para os cálculos um total de 44 horas semanais e 4 semanas por mês, resultando em um total de 176 horas mensais de trabalho.

A empresa está enquadrada no grupo B3 de tarifação de energia elétrica. Este grupo é caracterizado por abranger unidades consumidoras atendidas em baixa tensão, e que possuem potência demandada não superior a 300 kW.

Durante o período da realização deste estudo o valor da tarifa de energia elétrica cobrado pela

COPEL (concessionária responsável pela distribuição e energia elétrica no estado do Paraná) era de R\$ 0,39631 para cada kWh consumido.

Foi realizada a comparação entre os sistemas de iluminação atual e o proposto. Como o sistema proposto foi projetado para atender a exigência luminotécnica, a potência elétrica projetada atende o requisito citado.

3. Resultados e discussões

Ao final de todas as análises, é possível indicar para a indústria qual seria a melhor opção a ser adotada, ou seja, se a melhor opção é adequar o sistema atual de iluminação ou adotar o novo sistema projetado.

3.1. O sistema de iluminação projetado

O Quadro 2 apresenta o dimensionamento luminotécnico dos ambientes com ênfase no número escolhido de luminárias necessárias.

Dados técnicos	Área executiva		Área industrial			Un.
	Cozinha	Escritório	Iluminação Geral	Marcenaria	Acabamentos	
Iluminância média mínima (E_m)	300	500	300	200	450	lux
Fluxo da luminária	8.500	8.500	10.400	10.400	5.700	lm
Fluxo no ambiente	6.553	16.109	225.000	36.765	93.750	lm
Número mínimo de luminárias	1	2	22	4	17	*
Número de Luminárias escolhido	1	2	24	4	18	*
Iluminância Média projetado	389,1	527,7	332,8	226,3	492,5	lux

Notas: * = luminárias.

Quadro 2 – Dimensionamento luminotécnico dos ambientes existentes

Os níveis de iluminamento das áreas de tarefa com máquinas de marcenaria e de acabamento foram calculados subtraindo-se do valor total necessário o nível de iluminamento (de 300 lux) que será gerado através da iluminação geral da indústria.

A iluminação geral da indústria deve alcançar 300 lux de nível mínimo de iluminamento, então a área de tarefa de trabalho com máquina de marcenaria que segundo a normativa necessita de 500 lux, terá seu cálculo efetuado de maneira a apenas incrementar os 300 lux já gerados pela iluminação geral, o mesmo vale para a área de tarefas de acabamentos, que precisa de um total de 450 lux segundo a ABNT/NBR ISO 8995-1/2013.

O número de luminárias escolhido diferiu, em alguns ambientes, do número mínimo necessário em virtude da formação da matriz de distribuição das luminárias que, conforme a norma vigente deve caracterizar a difusão da luz e o baixo índice de ofuscamento visual.

No Quadro 2 foi possível observar que a cozinha necessita de apenas uma luminária com duas lâmpadas fluorescente tubulares de 54 W, enquanto o escritório necessita duas luminárias.

Na área industrial são necessárias 24 luminárias com duas lâmpadas fluorescentes cada, cuja potência elétrica é de 58 W para fazer a iluminação geral do barracão, que será de 332,8 lux, nesta configuração. Na área de trabalho denominada como marcenaria serão adicionadas 4 luminárias iguais com incremento de 226,3 lux. Desta forma a marcenaria apresentará

iluminância projetada de 559,1 lux. Estes valores de iluminância são, aproximadamente, 12% superiores ao valor indicado na norma ABNT/NBR ISO 8995-1/2013 sendo, portanto, aceitáveis, conforme a norma vigente.

Na área de tarefa considerada para a atividade de acabamentos serão acrescentadas 18 luminárias, 36 lâmpadas fluorescentes econômicas. Com este sistema complementar a iluminância projetada para este ambiente será de 825,3 lux, representando uma iluminância 10% superior à normatizada.

3.2. Comparação entre a iluminância medida e a projetada

Na Tabela 3 é apresentada a comparação entre o nível de iluminância existente no ambiente com o projetado, relacionando-os à norma vigente. Verifica-se que a iluminância medida mostrou que todos os ambientes apresentam valores abaixo da norma, enquanto a proposta adéqua esta irregularidade.

Havendo a intenção de padronizar os conjuntos de lâmpadas e luminárias, com o intuito de facilitar a manutenção e a compra de materiais de reposição, alguns dos ambientes acabaram por apresentar os níveis de iluminação acima dos níveis mínimos estabelecidos pela norma.

Ambiente	Iluminância necessária ⁽¹⁾	Iluminância média medida (atual)	Iluminância média da proposta (inicial)
Cozinha	200 lux	63 lux	389,1 lux
Escritório	500 lux	71 lux	527,7 lux
Indústria – Geral	300 lux		332,8 lux
Indústria – Trabalho com máquinas de marceneiro	500 lux	31 lux	559,1 lux
Indústria – Trabalhos de acabamentos	750 lux		825,3 lux

⁽¹⁾: Segundo a ABNT/NBR ISO 8995-1/2013

Tabela 3 – Comparação entre os níveis medido, necessário normatizado e proposto

Verifica-se, também na Tabela 3, que o barracão industrial apresenta iluminância uniforme enquanto a norma prevê diferentes valores, de acordo com a atividade executada em cada espaço do barracão.

3.3. Análise financeira da proposta

A partir da utilização do método de Lúmens, com os dados de fluxo luminoso a complementar e considerando serem instaladas lâmpadas de vapor misto (160 W) similares às já instaladas nos ambientes, observou-se a necessidade da instalação de uma lâmpada na cozinha, 5 lâmpadas no escritório e 66 lâmpadas na área industrial.

As lâmpadas são iguais em todos os ambientes, da marca OSRAM modelo HWL com potência de 160 W, instaladas em luminárias do tipo refletor, da marca Philips modelo HDK472. Considerando-se que o valor de mão de obra para a instalação de cada conjunto lâmpada e luminária é de R\$ 50,00 e, ainda, que cada conjunto apresenta um custo unitário de aquisição de R\$ 55,00 (R\$ 23,00 das lâmpadas, R\$ 12,00 dos reatores e R\$ 20,00 dos refletores) estima-se que o custo de adequação do sistema seja de R\$ 7.560,00. O valor pago na fatura de energia elétrica mensal é de R\$ 61,40 para esse sistema.

O Quadro 3 apresenta as características técnicas das luminárias projetadas e seus valores de aquisição. O projeto do sistema de iluminação contemplou 51 luminárias de três marcas diferentes totalizando um investimento de R\$ 4.688,00.

Área	Marca	Modelo luminária	Quantidade	Preço unitário R\$	Preço total R\$
Banheiros	Decorlux	MT 2223	2	2,50	5,00
Cozinha	Philips	TBS263	1	105,00	105,00
Escritório	Philips	TBS263	2	105,00	210,00
Indústria Geral	Philips	TCW016	24	111,00	2.664,00
Indústria Marcenaria	Philips	TCW016	4	111,00	444,00
Indústria Acabamentos	Tecnowatt	FCS 2 E27	18	70,00	1.260,00

Quadro 3 – Especificação das luminárias propostas

O Quadro 4 apresenta algumas características das lâmpadas escolhidas bem como seus valores para aquisição. Como pode ser observado, são duas marcas diferentes de lâmpadas, com três tipos de lâmpadas e respectivas potências elétricas. O sistema de iluminação projetado possui 100 lâmpadas e um investimento na aquisição de R\$ 2.749,74.

Área	Marca	Modelo	Qtd.	Potência	Preço unitário R\$	Preço total R\$
Banheiros	Philips	PLWTWIST 15W220B	2	27 W	11,20	22,40
Cozinha	Philips	TL5 HO/850	2	54 W	11,35	22,70
Escritório	Philips	TL5 HO/850	4	54 W	11,35	45,40
Indústria Geral	Osram	L58W/840	48	58 W	14,90	715,20
Indústria Marcenaria	Osram	L58W/840	8	58 W	14,90	119,20
Indústria Acabamentos	Philips	TWIST54W 220V865	36	54 W	50,69	1.824,84
					Total	2.749,74

Quadro 4 – Especificação das lâmpadas

As lâmpadas tubulares necessitam reatores para seu funcionamento, neste projeto são necessários reatores nas lâmpadas da cozinha, do escritório, da área geral da indústria e, também da área de máquinas para marcenaria. Para a cozinha e o escritório foram escolhidos reatores da marca PHILIPS, modelo EL 1/254A 26, que possuem fator de potência (FP) igual a 0,98, preço unitário de R\$ 86,48 e consomem uma potência elétrica de 5,1 W.

Os ambientes industriais (geral e marcenaria) foram projetados com reatores da marca Osram modelo QT_i DALI DIM, com potência elétrica de 8,12 W e valor comercial de R\$74,50 cada. Desta forma, o investimento necessário para trocar o sistema de iluminação atual pelo projetado é de R\$ 16.606,80.

3.4. Indicadores econômicos, consumo e fatura de energia elétrica

A indústria apresenta baixo nível de iluminação devido ao reduzido número de luminárias instaladas. O banheiro possui uma lâmpada incandescente de 75 W; a cozinha e o escritório possuem uma lâmpada de vapor misto de 160 W; e a área industrial possui 12 lâmpadas fluorescentes de 16 W cada, e três lâmpadas de vapor misto com potência de 160 W cada.

Os ambientes projetados apresentam maior número de lâmpadas e luminárias para que a iluminância média permaneça de acordo com a norma. Desta forma, é necessária uma lâmpada fluorescente compacta de 15 W em cada banheiro, duas lâmpadas fluorescentes tubulares T5 (de 54 W) na cozinha e quatro no escritório. Na área industrial são 48 lâmpadas fluorescentes tubulares. O Quadro 5 apresenta as lâmpadas para cada ambiente.

Ambiente	Reatores Existentes	Lâmpadas Existentes		Reatores Propostos	Lâmpadas da Proposta	
Banheiro (2 unidades)	-	1 x 75 W	Incandescente	-	1 x 15 W	Fluorescente compacta
Cozinha	-	1 x 160 W	Vapor misto	1 x 5,1	2 x 54 W	Fluorescente tubular
Escritório	-	1 x 160 W	Vapor misto	2 x 5,1	4 x 54 W	Fluorescente tubular
Indústria Geral	6 x 3,7 W	12 x 16 W + 3 x 160 W	Fluo. compacta + Vapor misto	24 x 8,12	48 x 58 W	Fluorescente tubular
Indústria marcenaria	-	-	-	4 x 8,12	8 x 58 W	Fluorescente tubular
Indústria acabamentos	-			-	36 x 45 W	Fluorescente compacta
Totais		19 Lâmpadas	1.164,2 W		100 Lâmpadas	5.464,66 W

Quadro 5 – Comparação entre os reatores e lâmpadas existentes e propostas

Observa-se, no Quadro 5, que a potência elétrica do sistema de iluminação instalado é de 1.164,2 W enquanto a nova potência (projetada) é de 5.464,66 W. Isto produz uma relação onde a potência elétrica projetada é 4,7 vezes maior que a potência instalada.

O fluxo luminoso total projetado foi de 421.300 lm, enquanto o sistema instalado atualmente possui apenas 30.210 lm. Desta forma, o aumento do nível de iluminamento seria de aproximadamente 14 vezes.

Exclusivamente com o consumo de energia elétrica da iluminação na empresa estima-se que sejam gastos atualmente R\$ 81,20 por mês. O consumo total com o sistema de iluminação projetado, para um mês seria de 961,78 kWh, o que corresponde ao valor de R\$ 381,16 na fatura de energia elétrica.

O sistema projetado trará um aumento expressivo do gasto mensal da indústria a um fator aproximado de 4,7. No entanto, esta adequação é necessária para que a iluminância média dos ambientes permaneça dentro dos limites normatizados.

Com a realização da projeção do faturamento (expandindo o sistema de iluminação atual conforme apresentado na metodologia) por meio de regra de três simples, constata-se que seria necessária a ampliação da potência instalada para 16.235,6 W a fim de que os ambientes alcançassem o fluxo luminoso total de 421.300 lm.

O aumento na potência instalada implicaria em uma fatura mensal de R\$ 1.132,45, valor este, muito maior que o projetado. Logo, o sistema de iluminação projetado é mais econômico do que a simples expansão do sistema atual.

3.5. Análise financeira

Com base nos preços dos produtos utilizados nos sistemas de iluminação estudados, foi verificado que o custo de adequação do sistema atual, composto por lâmpadas de vapor misto, foi de R\$ 7.560,00 com um consumo mensal de energia elétrica de R\$ 1.132,45.

O sistema proposto com a utilização de lâmpadas fluorescentes tem custo de aquisição e instalação de R\$ 16.606,80, com fatura mensal estimada em R\$ 212,14.

Foi considerada a vida útil de 24.000 horas (fornecida pelo fabricante), o tempo de uso durante o período de 146 meses de funcionamento e a taxa comparativa de juros de 1%am (considerado composto no tempo).

O Valor Presente Líquido (VPL) foi de R\$ 33.862,22 mostrando que o investimento no novo

sistema de iluminação traria uma economia na fatura de energia elétrica ao longo da vida do sistema tal que, trazida no tempo atual, equivaleria ao ganho de R\$ 33.862,22.

O payback foi dado no 19º mês, mostrando que neste tempo o investimento seria pago e a partir dele a empresa teria economia na fatura de energia elétrica.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é de 2,28%, superior ao 1% adotado como referência neste estudo. Isso mostra que investir na troca do sistema de iluminação apresenta um retorno 2,28 vezes maior que investir em outra aplicação que retorne juros de 1% ao mês.

4. Conclusões e Recomendações

Foi verificado, após a conclusão do estudo, que o sistema de iluminação atual é deficiente em todos os ambientes da indústria, apresentando níveis de iluminância média menores que os valores indicados pela norma vigente, podendo gerar desconforto aos funcionários e consequentes acidentes de trabalho devido à fadiga por esforço visual excessivo.

Os níveis de iluminância obtidos a partir do desenvolvimento do novo sistema de iluminação são próximos (e não inferiores) aos normatizados, além disso, o novo sistema propõe a utilização de luminárias com design moderno nos ambientes da cozinha e do escritório, construídas com aletas de alumínio para maior aproveitamento da luz da lâmpada e minimização dos efeitos do ofuscamento.

O projeto elaborado é viável tanto técnica quanto economicamente, apresentando maior eficiência luminosa do que o sistema atual e também economia com os gastos da fatura de energia elétrica, resultados almejados quando se trabalha com gestão energética e sustentabilidade industrial, a qual visa minimizar o desperdício de matéria-prima e o desenvolvimento de produtos com baixo consumo de energia.

A análise luminotécnica dos ambientes industriais é uma ferramenta necessária para a verificação da adequação dos ambientes às normas vigentes e uma opção de análise de investimento que proporciona ao gestor escolher o sistema mais economicamente viável e tecnicamente adequado ao ambiente de trabalho.

Esta análise é útil para novas edificações e também deve ser usada nas adequações dos sistemas de iluminação existentes.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 60529: grau de proteção de invólucros de equipamentos elétricos.* Brasil, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão.* Brasil, 2008. 209 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR ISO 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho.* Brasil, 2013. 54 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. *Plano Nacional de Energia 2030.* Brasília: MME, v. 2, 11, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. *Balanço Energético Nacional 2013 – Ano base 2012: Relatório Síntese.* Rio de Janeiro: EPE, 2013.

MAMEDE FILHO, J. *Instalações elétricas industriais.* 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.