

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS LED: ESTUDO DE CASO CAMPUS DOS PALMARES-CE

Hiliane da Costa de Carvalho¹, Lyvia Wana Duarte de Sousa Nascimento

¹ Universidade Federal de Itajubá. hiliane19@gmail.com; liviawana@gmail.com

Resumo

O crescimento populacional e econômico tem aumentado a demanda por energia elétrica. Diante disso a necessidade da redução no consumo energético surge como uma das prioridades para o desenvolvimento sustentável. Dentre as diferentes estratégias para a redução no consumo da energia, encontram-se as lâmpadas LED's, que possuem uma maior eficiência energética e um descarte menos prejudicial ao meio ambiente. Este estudo traz a análise da viabilidade técnica da substituição das lâmpadas fluorescentes por LED's das salas de aula do campus dos Palmares da UNILAB. Propôs-se fazer primeiramente um estudo luminotécnico através de um *software* de simulação luminotécnico, medições in loco através do aparelho luxímetro, uma análise de viabilidade econômica e energética, a partir da primeira lei da termodinâmica, com o objetivo de verificar a viabilidade da troca. Tanto as simulações, as medições e a análise energética mostraram que o sistema de iluminação atual encontra-se de acordo com o estabelecido pela norma e a viabilidade técnica de substituição das lâmpadas. A análise da viabilidade econômica mostrou que o retrofit das lâmpadas será viável

Palavras-chaves: Eficiência Energética, Lâmpadas LED's, Software Dialux, Retrofit.

ANALYSIS OF TECHNICAL FEASIBILITY IN REPLACING LED LAMPS: CASE STUDY CAMPUS DOS PALMARES

Abstract

Population and economic growth has increased the demand for electrical energy. Therefore, the need to reduce energy consumption is one of the priorities for sustainable development. Among the different strategies for reducing energy consumption is the use of LED's lamps, which have a higher energy efficiency and are less harmful to the environment. This study analyzes the technical feasibility of replacing fluorescent lamps for LED's in classrooms at the Palmares Campus of UNILAB. First we proposed to study the lighting system with a software for lighting simulation and in loco measurements by lux meter, analysis of the economic feasibility and an energy, from the first law of thermodynamics, in order to verify the feasibility of the exchange. Both the simulations, the measurements and the energy analysis showed that the current lighting system is in accordance with the established by the standard and the technical feasibility of replacing the lamps. The economic viability analysis showed that the lamp retrofit will be viable

Keywords: Energy Efficiency, Lamp LEDs, Dialux Software, Retrofit.

INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade o ser humano vem buscando formas de melhorar a sua qualidade de vida, de forma a torná-la mais cômoda, prática e eficiente. Com isso começaram a surgir problemas como o elevado nível de consumo de energia, tornando-se necessário um gerenciamento mais eficiente das fontes de energia desde a sua produção até o seu consumo final.

O crescimento econômico e populacional são os fatores que mais impulsionam o aumento da demanda de energia. Com a crise do petróleo na década de 70 e o racionamento da energia elétrica no Brasil no início da década de 2000 resultou em uma grande preocupação com o uso racional de energia (PRADO, 2016).

Daí surge a necessidade da criação de estratégias que viabilizem o consumo eficaz de energia elétrica, buscando redução no consumo e, conseqüentemente, no custo da energia elétrica. Diante dessa necessidade surgiu o termo eficiência energética e sustentabilidade, que é toda atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia de forma racional reduzindo as perdas e os desperdícios de forma a garantir o suprimento de energia para as gerações futuras.

De acordo com ABESCO (2018), a eficiência energética pode ser definida como a relação entre a quantidade de energia utilizada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

Atualmente vem sendo feito investimentos em vários projetos de eficiência energética e em estudos e análises nas áreas de economia e conservação de energia, onde ações como mudanças nos contratos e conscientização do consumo por parte dos usuários, podem gerar economia de energia e diminuição de gastos.

A iluminação é uma carga comum a praticamente todas as classes de consumidores, como residenciais, comerciais e setor público. Dessa forma, considera-se um uso final de energia significativo para o qual se deve buscar a diminuição do consumo.

Diante disso, o desenvolvimento de luminárias com tecnologia LED (*Light Emitting Diode*) pode contribuir significativamente para diminuição do uso das lâmpadas convencionais de baixo rendimento energético, pois, possuem uma elevada eficiência energética e não apresentam na sua composição elementos tóxicos, não requerendo de um tratamento diferencial para o seu descarte.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo de caso para avaliar tecnicamente a substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas LED - “*Light Emitting Diode*” (díodo emissor de luz) das salas de aula da Unidade Acadêmica dos Palmares, da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) no interior do Ceará.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Campus está localizado no município de Acarape, a 61,8 km de capital, Fortaleza a uma Latitude de 4°12'47.63"S e longitude de 38°42'1.17"W. O mapa de localização do campus é apresentado na Figura I.

A primeira etapa corresponde ao estudo luminotécnico realizado através de simulações no *software* Dialux, que é um software gratuito de cálculo e simulação computacional para projetos de iluminação.

Em um primeiro momento foram solicitadas à universidade o projeto de instalações elétricas contendo a planta do Campus com as informações referentes a quantidades de salas de aula e quantidade de luminárias e lâmpadas por sala.

Em seguida foram feitas medições *in loco* utilizando uma trena das dimensões (comprimento, largura, altura da suspensão das luminárias, altura do plano de trabalho e o pé direito) das salas de aula. Os índices de refletâncias do teto, piso e parede foram atribuídos pelo *software* a partir das cores dos mesmos. As dimensões são apresentadas no Tabela I.

Esses dados foram exportados para o *software* Dialux, onde se deu as simulações para dois cenários. O primeiro cenário foi o cenário atual, onde a iluminação se dá através das lâmpadas fluorescentes tubulares, e o segundo cenário foi a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas do tipo LED de 18 W, que é o objetivo deste estudo.

A iluminância média para a sala de aula foi utilizada de acordo com ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Foi definido de acordo com o tipo de tarefa destinado ao ambiente em estudo. A área da tarefa deve ser iluminada o mais uniforme possível e a uniformidade da iluminância é definida como a razão entre o valor mínimo e o valor médio.

De acordo com a ISO/CIE 8995-1: 2013,

A uniformidade da iluminância na tarefa não pode ser menor que 0,7. Para sala de aula com um arranjo flexível de mesas deve ser considerada a sala inteira menos uma faixa marginal de 0,5m de largura, a uniformidade planejada pode ser $U1 \geq 0,6$. A experiência mostra que isto é suficiente para

garantir que uma uniformidade mínima de 0,7 seja observada nas mesas individuais.

As simulações da sala de aula dos Palmares II foram feitas com as persianas fechadas, de forma a representar o cenário real do recinto durante o tempo de utilização.

Para a verificação do nível de iluminação, foi utilizado o sensor de intensidade luminosa da marca Cidepe, modelo CL014A com uma faixa de medição de 0-5000 Lux, disponibilizado pelo laboratório de Física da UNILAB. O sensor utilizado é apresentado na Figura II.

Os dados foram coletados a partir do *software* CidepeLab, instalado em um computador. Esse software possui diversas ferramentas que recebem os sinais da interface e os mostra na tela instantaneamente. O CidepeLab permite ainda realizar gráficos e tabelas dos sinais coletados, gravar ou exportar os dados para outros *softwares*.

Os dados foram adquiridos na grade de aquisição por meio da interface LAB200, mostrado na Figura III, que coleta sinais de sensores e os envia ao computador através da entrada Universal Serial Bus – USB.

As medições foram feitas de acordo com a NBR 5382 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985), que trata da verificação de iluminância de interiores.

Segundo a norma, para verificação da iluminância média do ambiente retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras, são 18 pontos a serem considerados, porém, quando o número de linhas de luminárias for menor ou igual a três, são considerados 14 pontos de medições, que é o caso desse estudo. Os pontos de medição P1 e P2 correspondem aos dois cantos do ambiente diametralmente opostos, os pontos T1, T2, T3 e T4 situam-se entre as paredes longitudinais e a linha de luminárias mais próximas, os pontos C1, C2, C3 e C4 situam-se no centro do ambiente e os pontos L1, L2, L3 e L4 correspondem aos pontos entre as paredes transversais e a coluna de luminárias mais próximas.

As primeiras medições foram feitas na sala de aula número 6, do Palmares I, em pontos de medições como mostra a Figura IV.

Com as medições feitas calculou-se a iluminância média conforme Equação 1 dada pela NBR 5382:

$$I = \frac{MP+MT(n-1)+MC(n-1)(m-1)+ML(m-1)}{mn} \quad (1)$$

Em que: MC - média dos pontos C; ML - média dos pontos L; MT - média dos pontos T; MP - média dos pontos P; n - número de luminárias em cada linha; m - número de linhas.

Fez-se uma análise da viabilidade econômica da troca das lâmpadas utilizando os índices econômicos que permitem traduzir a atratividade de um investimento. Calculou-se o *payback* descontado que é o tempo de retorno do investimento, a Taxa Interna de Retorno e o Valor Presente Líquido a partir do fluxo de caixa.

Considerando a sala de aula como um sistema, foi apresentada uma análise energética baseado na primeira lei da termodinâmica. Considerando que não existe variação da energia cinética e potencial, calculou-se a iluminância para cada lâmpada a partir da Equação 2 apresentada a seguir.

$$\Delta U = Q - W \quad (2)$$

Onde: ΔU é a variação da energia interna do sistema; Q é o calor dissipado no sistema e o W é o trabalho.

O calor dissipado no sistema é dado pela resistência das lâmpadas vezes a corrente menos a iluminância de cada lâmpada da sala de acordo com a Equação 3 e o trabalho é a potência consumida pela lâmpadas.

$$Q = R.I - Iluminância \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como apresentado na secção anterior, o Dialux é um software de simulação gratuito de cálculo para projetos de iluminação. Foram feitas simulações em ambiente virtual das salas de aula número 6 e 311 dos Palmares I e II consecutivamente como pode ser observado na Figura V (a) e (b).

A primeira simulação foi feita com o cenário atual de distribuição das luminárias com lâmpadas fluorescentes. Na Tabela II é apresentado o resultado da iluminância média, máxima, mínima e uniformidade dos Palmares I e II.

As Figuras VI (a) e VI (b) mostram o mapa das isolinhas da iluminância vertical no plano de uso a 0,70 metros do chão para o cenário atual nos Palmares I e II, respetivamente.

Com os resultados obtidos, pode-se observar que tanto o sistema de iluminação atual dos Palmares I e II, atendem os requisitos da norma de iluminância média das salas de aula, que deve ser maior ou igual a 300 lux. A iluminância média obtida foi de 352 lux para Palmares I e 436 para Palmares II que, devido ao posicionamento das janelas para o exterior, sem nenhum sombreamento, apresentou uma iluminância média um pouco maior do que os Palmares I onde as janelas são menores e se encontram posicionadas em direção aos corredores que apresentam

pouca iluminação. O valor da uniformidade dos Palmares I também se encontra dentro do especificado na norma que é de 0,60, ou seja em qualquer ponto do plano de trabalho a iluminância é superior a 60% da iluminância média. Porém, a uniformidade nos Palmares II ficou um pouco abaixo do especificado pela norma. Isso se explica devido à grande variação da iluminância no recinto, pois quanto mais próximo das janelas mais alta é a iluminância, fazendo com que exista uma grande diferença nos valores na área do recinto.

A segunda simulação foi feita com o cenário do sistema proposto de distribuição das luminárias com lâmpadas LED's. Esse cenário foi elaborado de forma equivalente em lumens e em pontos. Para isso foi selecionada uma luminária de LED que apresentasse o fluxo luminoso igual ao existente atualmente.

A Tabela III mostra o resultado da iluminância média, máxima, mínima e uniformidade para o cenário proposto.

As Figuras VII (a) e VII (b) mostram o mapa das isolinhas da iluminância vertical no plano de uso a 0,70 metros do chão para o cenário proposto nos Palmares I e II respectivamente.

Como pode ser observado na tabela III a troca das lâmpadas fluorescentes por LED proporciona um aumento na iluminância média de 352 lux para 379 lux nos Palmares I e de 436 lux para 530 lux nos Palmares II. Porém as uniformidades não sofreram muitas alterações.

Realizaram-se as medições nos pontos P1 e P2 e fez-se a média da iluminância nesses pontos para as salas número 6 e 311 dos Palmares I e II respectivamente. Os resultados são apresentados nas Tabelas IV (a) e IV (b) respectivamente.

O resultado das medições e da iluminância média dos quatro pontos T1, T2, T3 e T4, entre as paredes longitudinais e a linha de luminárias mais próximas, para as salas número 6 e 311 dos Palmares I e II, é apresentado nas Tabelas V (a) e V (b) respectivamente.

Realizaram-se as leituras das iluminâncias dos quatro pontos C1, C2, C3 e C4 e fez-se a média das iluminâncias nesses pontos. Fez-se esse procedimento para as duas salas dos Palmares I e II. Os resultados são apresentados nas Tabelas VI (a) e VI (b) respectivamente.

O resultado das leituras nos pontos L1, L2, L3 e L4 e da iluminância média nesses pontos é apresentado nas Tabelas VII (a) e VII (b) para as salas dos Palmares I e II respectivamente.

Com as médias das iluminâncias MP, MT, MC, e ML calculou-se a iluminância média do recinto a partir da Equação 4 apresentada na secção anterior. A iluminância média do recinto encontrada a partir das medições foram de 312,74 lux para a sala número 6 dos Palmares I e de 404,11 lux para a sala 311 dos Palmares II. As salas de aula dos Palmares II encontram-se mais

bem projetados, no que diz respeito à iluminação, com janelas direcionadas para o exterior aproveitando melhor a iluminação natural, o que não acontece com as salas de aula dos palmares I, pois nessas salas as janelas encontram direcionadas para o corredor pouco iluminado. Outro fator que influenciou nos valores das iluminâncias é o fato de que durante as medições na sala número 6 uma lâmpada não funcionava, esse problema acontece com a maioria das sala dos Palmares I. A partir dos resultados obtidos foi possível constatar que as iluminâncias médias de ambas as salas se encontram de acordo com o especificado na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

O fator de uniformidade do recinto, de acordo com as medições, para os Palmares I encontra-se dentro do especificado pela norma, apresentando um valor de 0,6, ou seja, a relação entre a iluminância mínima e média do recinto é de 0,6. Porém, nos Palmares II o fator de uniformidade do recinto medido ficou um pouco abaixo do especificado na norma apresentando um valor de 0,58, pois existe uma grande faixa de variação da iluminância dentro do recinto devido a influência da iluminação natural através das janelas.

A Tabela VIII apresenta a síntese dos valores obtidos através das simulações e dos valores medidos.

Como pode ser observado na tabela VII, os valores medidos e simulados encontram-se muito próximos o que permite concluir veracidade dos valores.

Com os valores do custo do investimento e a economia mensal obtido elaborou-se o fluxo de caixa mensal para a determinação do payback descontado, da TIR e do VPL. O fluxo de caixa é apresentado no Gráfico I em anexo.

Assim por meio do cálculo do payback descontado obtido a partir do custo total gasto com o investimento, que somam 18260,64 reais e a diferença do consumo de energia mensal do sistema com LED para o de lâmpadas fluorescentes que chega a 1895,7 reais mensais, verificou-se um retorno de investimento de 18 (dezoito) meses equivalentes a 1 ano e 6 meses. Sabendo que vida útil estimada das lâmpadas Led utilizadas neste estudo é de 40.000 horas que dura em média 7 anos e obtendo como resultado um VPL positivo de 2511 e TIR de 11%, maior do que a TMA, o projeto de substituição de lâmpadas Fluorescentes por Led para as condições adotadas no estudo apresenta-se, economicamente viável.

CONCLUSÕES

Da análise energética feita a partir da Equação 2 verificou-se que a iluminância para o sistema de iluminação atual é de 179 lux e para o proposto é de 202 lux o que reforça mais ainda o resultado da simulação e das medições. Os resultados das simulações mostraram que o sistema de iluminação atual encontra em conformidade com a NBR ISO/CIE 8995-1:2013, tanto nos Palmares I como nos Palmares II, apresentando uma iluminância média de 352 lux e 436 lux respectivamente, acima da média estabelecida. As janelas direcionadas para o exterior das salas dos Palmares II mostraram grande influência nos resultados, pois, nessas salas é possível aproveitar a iluminação natural aumentando a iluminância média do recinto.

As simulações utilizando o sistema de iluminação proposto mostraram que com a substituição das lâmpadas fluorescentes por LED's, levaria a um aumento da iluminância média 352 lux para 379 lux nos Palmares I e de 436 lux para 530 lux nos Palmares II.

No que diz respeito as medições da iluminância média feitas no local, pode-se concluir que a iluminância média se encontra de acordo com o estabelecido na norma, apresentando valores acima da média. Um ponto importante a mencionar é a falta de lâmpadas em praticamente todas as salas de aula dos Palmares I. A falta de lâmpadas diminui a iluminância e a uniformidade do recinto, principalmente nos espaços mais pertos de onde faltam as lâmpadas, podendo trazer um desconforto visual para os usuários.

A troca das lâmpadas fluorescentes por LED's além de trazer redução do consumo da energia na universidade, pois, ela é mais eficiente, apresentam uma vida útil mais longa, não necessitam de reatores e não possuem materiais tóxicos, podendo ser recicláveis não apresentando grandes danos ao meio ambiente.

Referências

ABESCO. **O que é eficiência energética.** 2018. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Comércio). Ministério de Desenvolvimento de Indústria e Comércio Exterior. **Lâmpada LED.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

PIRES, Mônica Fernanda Tavares. A Tecnologia LED na Iluminação Pública do Recife. Revista **Especialize On-line**, Goiânia, v. 13, p.1-14, jul. 2017.

PRADO, Mariana Galvão de Almeida. **Eficiência energética no sistema de iluminação artificial em torrefadora de café.** 2016. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

SCOPACASA, Vicente Artur. Introdução à Tecnologia de LED. **Lumearquitectura**, São Paulo, v. 1, n. 8, p.5-11, jun. 2016. Disponível em: <http://www.lumearquitectura.com.br/pdf/LA_Pro1/02%20%20pro_leds_Vis%C3%A3o_Geral.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2019.

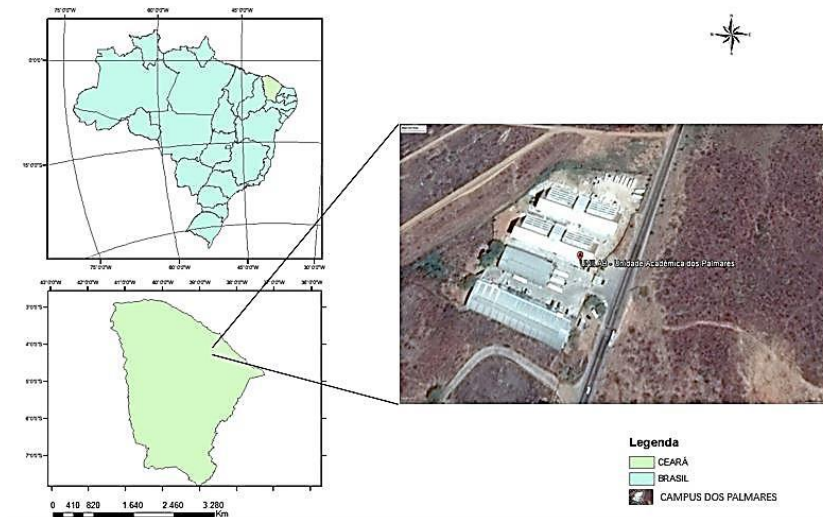


Figura I - Mapa de localização do campus dos Palmares

Figure I - Location map of the Palmares campus

Fonte: Própria (2018)



Figura II - Sensor de intensidade luminosa

Figure II - Light intensity sensor

Fonte: CIDEPE, 2018



Figura III - Interface LAB200

Figure III - LAB200 Interface

Fonte: CIDEPE, 2018

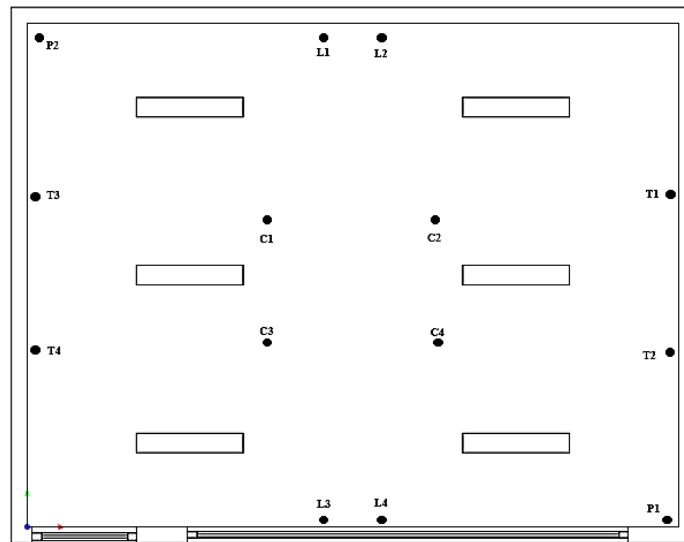


Figura IV (b) - Distribuição dos pontos de medições na sala número 6 dos Palmares I

Figure IV (b) - Distribution of measurement points in room number 6 of Palmares I

Fonte: Própria (2018)

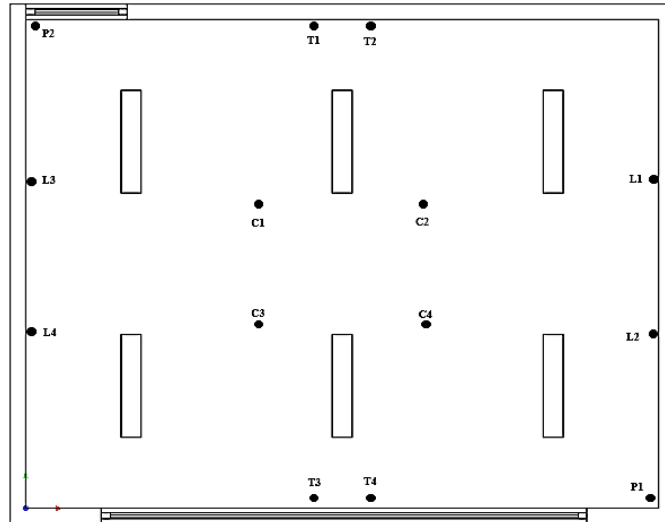


Figura IV (b) - Pontos de medições sala de aula número 311 dos Palmares II

Figure IV (b) - Measurement points classroom number 311 of Palmares II

Fonte: Própria (2018)

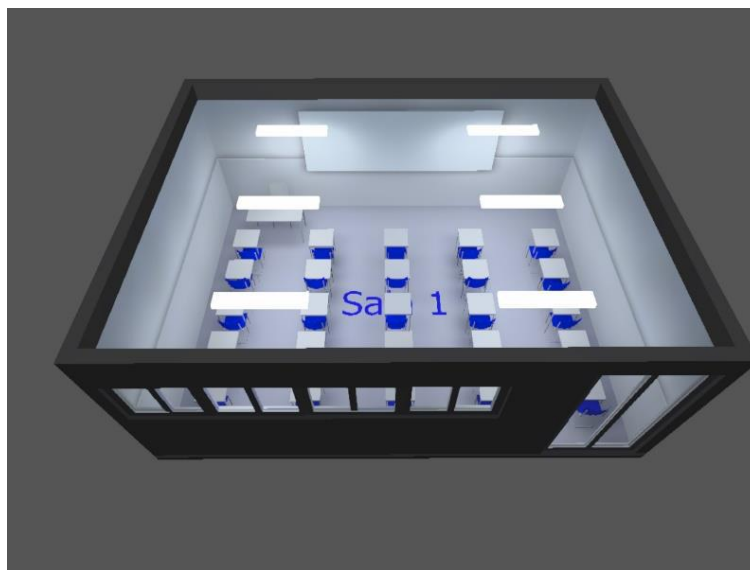


Figura V (a) - Modelo 3D da sala de aula número 6 Palmares I

Figure V (a) - 3D model of classroom number 6 Palmares I

Fonte: Própria (2018)

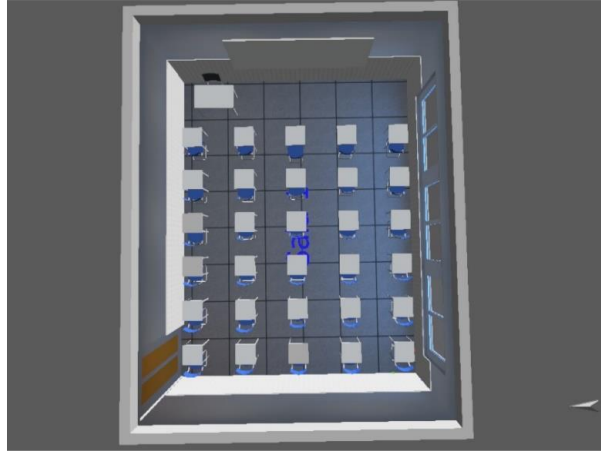


Figura V (b): Modelo 3D da sala de aula número 311 Palmares II

Figure V (b): 3D model of classroom number 311 Palmares II

Fonte: Própria (2018)

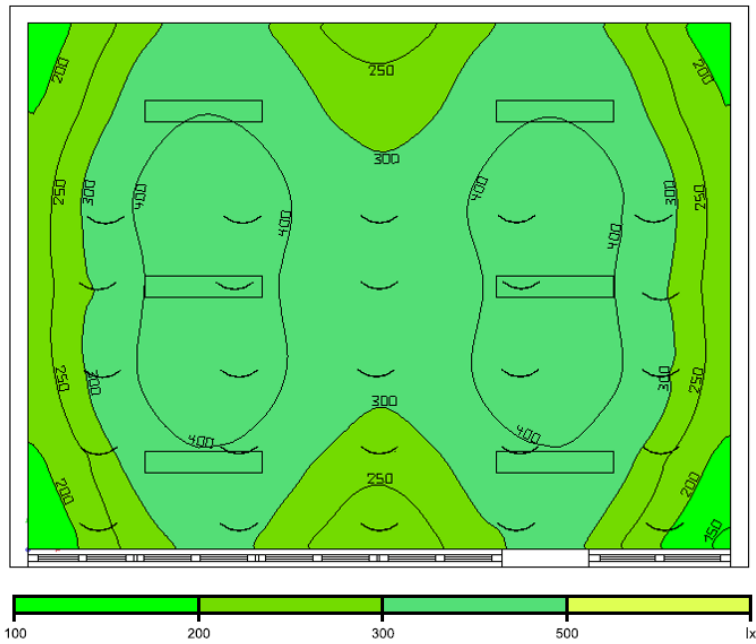


Figura VI (a) - Isolinhas da iluminância com o cenário atual nos Palmares I

Figure VI (a) - Isolines of the illuminance with the current scenario in Palmares I

Fonte: Própria (2018)

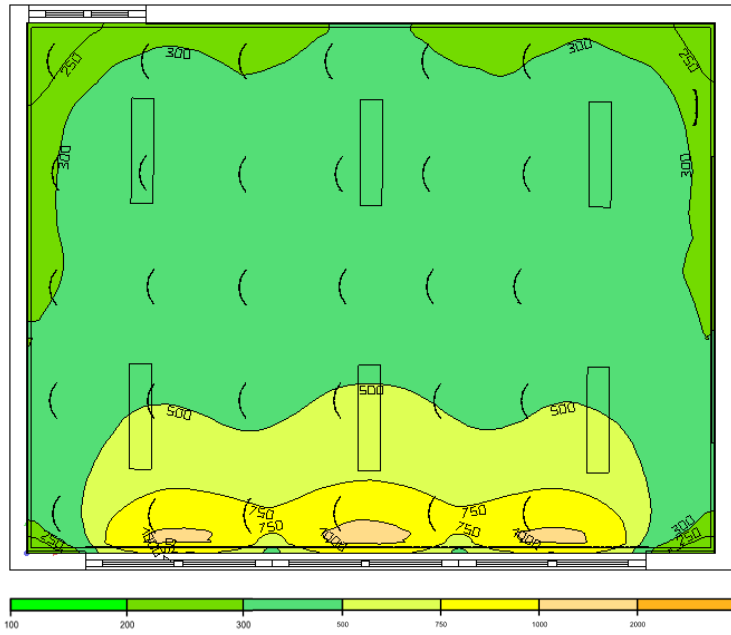


Figura VI (b): Isolinhas da iluminância com o cenário atual nos Palmares II
 Figure VI (b): Isolines of the illuminance with the current scenario in Palmares II

Fonte: Própria (2018)

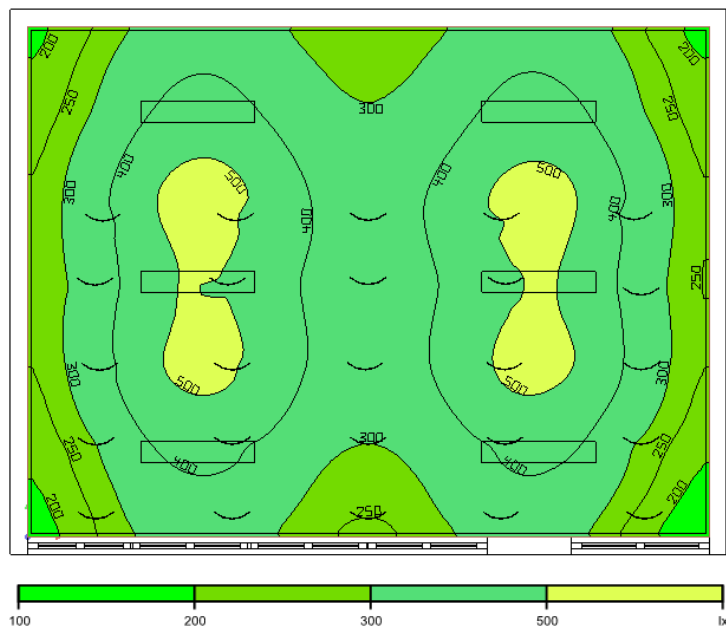


Figura VII (a) - Isolinhas da iluminância com o cenário proposto nos Palmares I
 Figure VII (a) - Isolines of the illuminance with the proposed scenario in Palmares I

Fonte: Própria (2018)

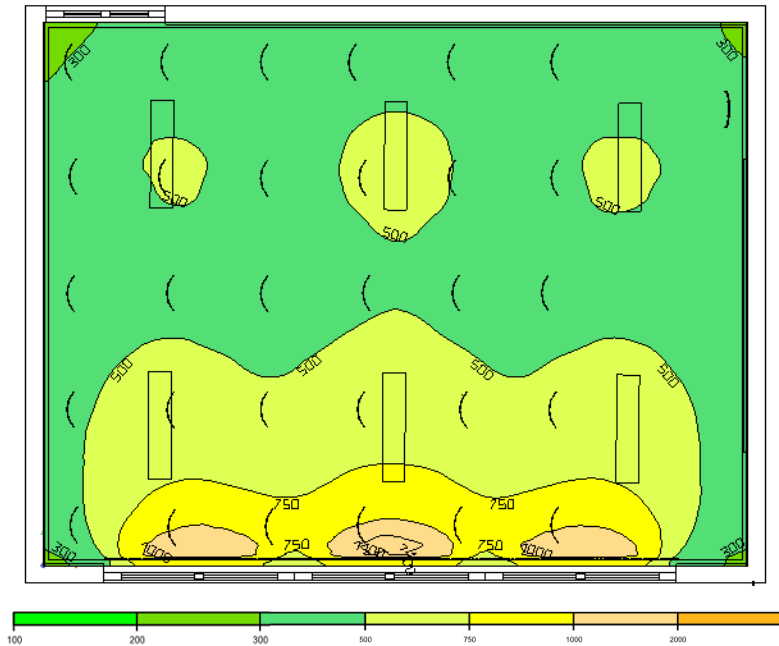


Figura VII (b): Isolinhas da iluminância com o cenário proposto nos Palmares II

Figure VII (b): Isolines of the illuminance with the proposed scenario in Palmares II

Fonte: Própria (2018)

Tabela I: Especificações das medições das salas de aula

Especificações	Palmares I	Palmares II	Palmares II
Quantidade de salas	12,0	12,0	12,0
Comprimento (m)	7,90	8,09	8,09
Largura (m)	5,92	6,24	6,24
Área (m)	46,8	50,48	50,48
Pé direito (m)	2,82	2,28	2,28
Altura do Plano de trabalho (m)	0,70	0,70	0,70
Refletância do teto (%)	86,0	86,0	86,0
Refletância da parede (%)	63,0	82,0	82,0
Refletância do chão (%)	35,0	40,0	40,0
Quantidade de luminárias por sala	6	6	6
Quantidade de lâmpadas por luminárias	2	2	2
Potência	40	40	40

Fonte: Própria (2018).

Tabela II – Fluxo luminoso simulado a partir do software Dialux para o cenário atual

Sala	E_m (lux)	E_{max}	E_{min}	$E_{mín} / E_m$
Palmares I	352	468	213	0,61
Palmares II	436	923	252	0,58

Fonte: Própria (2018).

Tabela III – Fluxo luminoso simulado a partir do software Dialux, para o cenário proposto

Sala	E_m (lux)	E_{max}	E_{min}	$E_{mín} / E_m$
Palmares I	379	504	229	0,60
Palmares II	530	1005	324	0,61

Fonte: Própria (2018).

Tabela IV (a) - Leituras realizadas nos pontos P1 e P2, sala número 6 Palmares I

Pontos	P1	P2	MP* (lux)
Iluminância (lux)	174,5	191,5	183

*MP: Média das iluminâncias nos pontos P.

Tabela IV (b): Leituras realizadas nos pontos P1 e P2, sala número 311 Palmares II

Pontos	P1	P2	MP (lux)
Iluminância (lux)	263,2	364,7	314

Fonte: Própria (2018).

Tabela V (a) - Leituras realizadas nos pontos T1, T2, T3 e T4, sala número 6 Palmares I

Pontos	T1	T2	T3	T4	MT* (lux)
Iluminância (lux)	418,9	236,6	402,2	190,7	319,4

*MT: Média das iluminâncias nos pontos T.

Tabela V (b): Leituras realizadas nos pontos T1, T2, T3 e T4, sala número 311 Palmares II

Pontos	T1	T2	T3	T4	MT (lux)
Iluminância (lux)	232,4	273,4	373,7	516,6	323,5

Fonte: Própria (2018).

Tabela VI (a) - Leituras realizadas nos pontos C1, C2, C3 e C4, sala número 6 Palmares I

Pontos	C1	C2	C3	C4	MC* (lux)
Iluminância (lux)	472,9	402,7	388,0	316,9	319,4

*MC: Média das iluminâncias nos pontos C.

Tabela VI (b): Leituras realizadas nos pontos C1, C2, C3 e C4, sala número 311 Palmares II

Pontos	C1	C2	C3	C4	MC (lux)
Iluminância (lux)	481,5	412,6	289,2	521,4	323,5

Fonte: Própria (2018).

Tabela VII (a) - Leituras realizadas nos pontos L1, L2, L3 e L4, sala número 6 Palmares I

Pontos	L1	L2	L3	L4	ML* (lux)
Iluminância (lux)	267,5	214,5	333,8	315,8	291,7

*ML: Média das iluminâncias nos pontos L.

Tabela VII (b): Leituras realizadas nos pontos L1, L2, L3 e L4, sala número 311 Palmares II

Pontos	L1	L2	L3	L4	ML (lux)
Iluminância (lux)	449,4	443,7	428,9	443,7	446,5

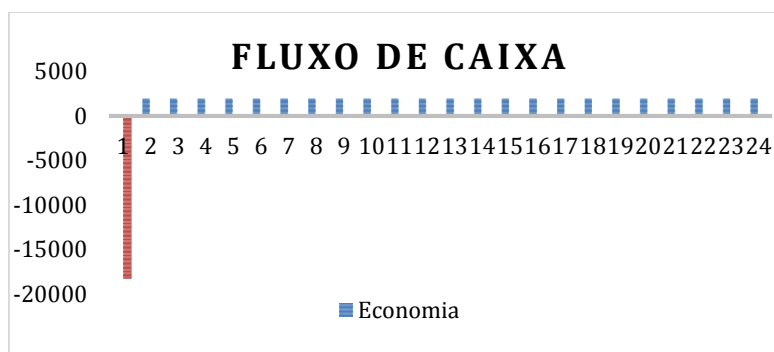
Fonte: Própria (2018).

Tabela VIII - Síntese dos valores medidos e simulados

	Valores medidos		Valores simulados	
	Palmares I	Palmares II	Palmares I	Palmares II
E_m (lux)	312,74	404,11	352	436
Uniformidade	0,6	0,58	0,61	0,58

Fonte: Própria (2018).

Gráfico I: Fluxo de caixa



Fonte: Própria (2018).