

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIA**

TÁBATA MIRELA RIBEIRO RAMOS

**ANÁLISE ENERGÉTICA E LUMINOTÉCNICA EM QUADRA POLIESPORTIVA:
PROPOSTA DE MODERNIZAÇÃO COM LED DE ALTA EFICIÊNCIA NA UFGD**

**DOURADOS-MS
2025**

TÁBATA MIRELA RIBEIRO RAMOS

**ANÁLISE ENERGÉTICA E LUMINOTÉCNICA EM QUADRA POLIESPORTIVA:
PROPOSTA DE MODERNIZAÇÃO COM LED DE ALTA EFICIÊNCIA NA UFGD**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados, na área de concentração 3.04.04.06-1, Instalações Elétricas Prediais e Industriais, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Energia.

DOURADOS – MS
2025

TÁBATA MIRELA RIBEIRO RAMOS

**ANÁLISE ENERGÉTICA E LUMINOTÉCNICA EM QUADRA POLIESPORTIVA:
PROPOSTA DE MODERNIZAÇÃO COM LED DE ALTA EFICIÊNCIA NA UFGD**

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados, na área de concentração 3.04.04.06-1, Instalações Elétricas Prediais e Industriais, pela comissão formada por:

Orientador: Prof. Dr. Aureo Cezar Lima
FAEN – UFGD

Profa. Dra. Isabele Oliveira de Paula
FAEN – UFGD

Prof. Dr. Etienne Biasotto
FAEN – UFGD

DOURADOS – MS
12 DE DEZEMBRO DE 2025

ANÁLISE ENERGÉTICA E LUMINOTÉCNICA EM QUADRA POLIESPORTIVA: PROPOSTA DE MODERNIZAÇÃO COM LED DE ALTA EFICIÊNCIA NA UFGD

Tábata Mirela Ribeiro Ramos – tabata-mirelaa@hotmail.com

Aureo Cezar Lima – aureolima@ufgd.edu.br

Isabele Oliveira de Paula – isabelepaula@ufgd.edu.br

Etienne Biasotto – etiennebiasotto@ufgd.edu.br

Universidade Federal da Grande Dourados, Engenharia de Energia

Resumo. A qualidade da iluminação em ambientes esportivos é fundamental para garantir segurança, conforto visual e condições adequadas de uso. A quadra poliesportiva da UFGD – Unidade II passou recentemente por uma modernização com a substituição das luminárias de vapor metálico por luminárias LED, o que motivou a necessidade de avaliar o desempenho luminotécnico do novo sistema. Este trabalho teve como objetivo analisar a iluminância, a uniformidade e a eficiência energética do sistema de iluminação da quadra após a reforma, comparando medições realizadas em campo com simulações no software DIALux e verificando a conformidade com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. O estudo incluiu o levantamento físico do ambiente, a execução de medições com luxímetro, a modelagem digital do sistema de iluminação, a proposta de ajustes no posicionamento e quantidade das luminárias existentes e a avaliação de uma alternativa de modernização com luminárias de maior eficiência luminosa. Os resultados mostraram que, embora a iluminância tenha aumentado em relação ao sistema anterior, ainda não atende à norma. As simulações indicaram que o reposicionamento e a instalação de três luminárias garantem o atendimento da norma, porém, com baixa eficácia luminosa, e que uma alternativa modernizada proporciona melhor desempenho com menor consumo de energia. A análise econômica demonstrou viabilidade da proposta, que apresentou, para retrofit, payback de 6,21 anos, Taxa Interna de Retorno (TIR) de 27,20% e Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 18.719,65. Conclui-se que, intervenções luminotécnicas, devem ser realizadas utilizando a simulação como ferramenta de projeto de forma a proporcionar um sistema eficiente, garantindo desempenho visual e eficiência energética para as áreas esportivas.

Palavras-chave: iluminação esportiva; LED; eficiência energética; DIALux; NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Summary. The quality of lighting in sports environments is essential to ensure safety, visual comfort, and adequate conditions of use. The multi-sports court of UFGD – Unit II recently underwent a modernization with the replacement of metallic vapor luminaires with LED luminaires, which motivated the need to evaluate the lighting performance of the new system. This work aimed to analyze the illuminance, uniformity and energy efficiency of the court's lighting system after the renovation, comparing measurements performed in the field with simulations in the DIALux software and verifying compliance with ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. The study included the physical survey of the environment, the execution of measurements with lux meters, the digital modeling of the lighting system, the proposal of adjustments in the positioning and quantity of the existing luminaires and the evaluation of an alternative modernization with luminaires of greater luminous efficiency. The results showed that, although the illuminance has increased in relation to the previous system, it still does not meet the norm. The simulations indicated that the repositioning and installation of three luminaires guarantee compliance with the standard, but with low luminous efficacy, and that a modernized alternative provides better performance with lower energy consumption. The economic analysis demonstrated the feasibility of the proposal, which presented, for retrofit, a payback of 6.21 years, an Internal Rate of Return (IRR) of 27.20% and a Net Present Value (NPV) of R\$ 18,719.65. It is concluded that lighting interventions should be carried out using simulation as a design tool in order to provide an efficient system, ensuring visual performance and energy efficiency for sports areas.

Keywords: sports lighting; LED; energy efficiency; DIALux; NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

1. INTRODUÇÃO

O aumento contínuo do consumo de energia elétrica no mundo tem impulsionado a busca por soluções mais eficientes e sustentáveis. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), o consumo global de eletricidade deverá crescer aproximadamente 4% ao ano até 2027, impulsionado pelo crescente uso de energia elétrica na produção industrial, aumento de demanda por ar condicionado, eletrificação do transporte e a rápida expansão de *data centers* (IEA, 2024).

Esse cenário reforça a importância da adoção de medidas voltadas à eficiência energética, como forma de evitar sobrecargas no sistema elétrico e reduzir custos desnecessários. No Brasil, de acordo com a Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC), o desperdício de energia elétrica equivale ao consumo de aproximadamente 20 milhões de residências, estimado em 43 TWh por ano (FIESC, 2022). Parte significativa desse desperdício decorre do uso de equipamentos obsoletos, com eficiência energética e tecnológica inferior às soluções atualmente disponíveis no mercado, evidenciando a necessidade de modernização.

Segundo estudo do Banco Mundial, o parque de iluminação pública no Brasil é estimado em mais de 18 milhões de pontos de luz, representando cerca de 4,3% do consumo total de energia elétrica do país, e compromete entre 3% e 5% do orçamento dos municípios (BNDES, 2025). Nesse contexto, o sistema de iluminação surge como um dos pontos de atenção, já que luminárias obsoletas ainda são responsáveis por uma parcela considerável do consumo elétrico em instalações.

A iluminação adequada em ambientes esportivos exerce papel essencial na qualidade visual, no desempenho dos atletas e na segurança de árbitros e espectadores (Garcia, 2023). De acordo com Lucena (2015), a luz influencia diretamente o processamento cognitivo e a interação do indivíduo com o espaço, podendo comprometer ou melhorar significativamente a prática esportiva. No contexto das quadras poliesportivas, a iluminação deve garantir conforto visual, ausência de sombras excessivas e níveis mínimos de iluminância que permitam a execução correta das atividades, tanto recreativas quanto de competições.

Existem diversos tipos de dispositivos utilizados em sistemas de iluminação, que podem ser classificados conforme o princípio de funcionamento de cada tecnologia (Silva, 2011). Neste estudo, voltado à iluminação de quadras desportivas, a análise será restrita a dois tipos principais de lâmpadas: as luminárias de LED (*Light Emitting Diode*) e as lâmpadas de Vapor Metálico (VM). As lâmpadas VM pertencem à classe de descarga de alta intensidade, gerando luz por meio da excitação de iodetos metálicos em um tubo de descarga. Sua utilização foi amplamente difundida em ambientes esportivos e urbanos devido ao elevado fluxo luminoso e ao bom índice de reprodução de cores entre 80 e 95 (Laires, 2013). Além disso, a temperatura de cor variando entre 3.500 K e 7.200 K possibilita aplicações diversas em quadras e estádios.

Apesar de seu uso disseminado, essas lâmpadas apresentam limitações significativas. Entre elas, destacam-se a vida útil relativamente baixa, variando próximo de 24.000 horas, o tempo prolongado para atingir o fluxo luminoso pleno — podendo chegar a até dez minutos — e uma eficiência de aproximadamente 98 lm/W (REVLO, 2024). Além disso, exigem manutenção frequente, fatores que motivam sua substituição progressiva em diversos tipos de instalações esportivas.

As luminárias LED surgiram como alternativa tecnológica altamente eficiente e sustentável em relação às lâmpadas de descarga. Baseadas em semicondutores que convertem energia elétrica diretamente em luz visível, são direcionáveis e fornecem diferentes cores dentro do espectro (Silva, 2011).

Do ponto de vista qualitativo, os LEDs apresentam uma vida útil que pode ultrapassar 100.000 horas, necessitando menor frequência de manutenção, eficiência energética de 190 lm/W, garantindo economia no consumo de energia, não contém substâncias nocivas como mercúrio, além de acender instantaneamente, fator essencial em ambientes esportivos (PROCEL, 2025). Tais vantagens explicam sua ampla adoção em projetos de *retrofit* de iluminação, substituindo as tecnologias existentes nas quadras esportivas e ginásios.

No Brasil, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), destaca-se como uma iniciativa para a promoção da eficiência energética — criado para incentivar o uso racional da eletricidade em todos os setores. Uma das principais ferramentas desse programa é o Selo PROCEL de Economia de Energia, destinado à identificação de equipamentos elétricos e eletrônicos com melhor desempenho energético. Essa certificação atua como um guia para consumidores e projetistas, estimulando a substituição de equipamentos por tecnologias mais eficientes e sustentáveis, como as luminárias LED.

Um exemplo prático de como uma iluminação eficiente pode simultaneamente aprimorar a qualidade do ambiente e gerar benefícios econômicos pode ser observado na Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó). Nessa instituição, foi proposto um projeto de substituição de 13.237 lâmpadas fluorescentes por luminárias com tecnologia LED em todo o campus. A modernização resultou em uma redução estimada de 448,49 MWh/ano no consumo de energia elétrica, proporcionando um retorno do investimento em 6,8 anos, considerando todas as etapas de execução do projeto (Zanin; Barichello; Tibola, 2015).

Outro exemplo relevante é o estudo luminotécnico realizado no Bloco D e no Prédio de Laboratórios do curso de Engenharia de Energia, localizados na Unidade II da UFGD. A proposta consistiu na substituição das lâmpadas fluorescentes por luminárias com tecnologia LED, resultando em uma redução de 13.780 kWh/ano apenas no Bloco D. Além da expressiva economia de energia, o projeto proporcionou a melhora da classificação de eficiência energética (PROCEL) do nível C para A e garantiu a adequação à norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Após a comprovação dos resultados positivos, a iniciativa foi expandida para todo o campus, culminando em uma economia total estimada de R\$ 290.600,00 ao ano, evidenciando o compromisso da Prefeitura Universitária (PU/UFGD) em modernizar o sistema de iluminação da UFGD (Valter, 2018).

A iluminação em ambientes esportivos deve atender aos requisitos definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que estabelece parâmetros mínimos para garantir segurança, conforto visual e desempenho adequado nas atividades realizadas. A norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 define os critérios essenciais para projetos de iluminação interna, abrangendo valores mínimos de iluminância mantida (E_{med}), uniformidade (U), índice de reprodução de cores (IRC) e controle de ofuscamento (UGR – índice de ofuscamento unificado), Tabela 1.

Tabela 1 – Requisitos mínimos de iluminação para quadras desportivas segundo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

	Iluminância mantida E_{MED} (lx)	Uniformidade U ()	Índice de reprodução de cores IRC (%)	Índice de ofuscamento unificado UGR ()
NBR 8995-1:2023	≥ 300	$\geq 0,70$	≥ 80	≤ 22

Fonte: ABNT (2013).

A iluminância mantida (E_{med}) representa a luz incidente sobre a superfície ao final do tempo previsto para a manutenção do sistema, sendo utilizada para determinar a visibilidade adequada para o desenvolvimento das atividades. A uniformidade (U) expressa o grau de homogeneidade da iluminação, evitando áreas excessivamente claras ou sombreadas e garantindo conforto visual aos integrantes. O índice de reprodução de cores (IRC) avalia a capacidade da fonte luminosa de reproduzir fielmente as cores dos objetos, algo essencial para a percepção visual precisa em competições esportivas. Já o ofuscamento, representado pelo UGR, indica o desconforto visual causado por fontes luminosas intensas e deve ser mantido em níveis reduzidos para preservar a concentração e o desempenho dos atletas.

Para a verificação da eficiência energética de um projeto, é possível analisar a eficiência luminosa, dada pela relação entre o fluxo luminoso de uma luminária e sua potência elétrica (lm/W); a eficácia luminosa, que avalia o iluminamento no plano de trabalho pela potência total do sistema (lx/W). O preço médio do sistema de iluminação, dado em R\$/lx, permite, também, comparar eficiência técnica-econômica do projeto considerando o investimento no sistema, a eficiência da luminária e a uniformidade. Dessa forma, as normas e os indicadores apresentados fornecem a base técnica necessária para a análise comparativa entre sistemas de iluminação, permitindo avaliar, não apenas a eficiência energética, mas também o custo e a qualidade do projeto luminotécnico.

Garcia (2023), por sua vez, realizou um estudo na quadra poliesportiva da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD – Unidade II). O autor analisou o sistema de iluminação existente, composto por 18 luminárias VM de 400 W, e propôs sua substituição por luminárias LED de maior eficiência. Os resultados demonstraram que o sistema LED projetado atenderia integralmente aos níveis normativos de iluminância e uniformidade, além de apresentar viabilidade econômica, com Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 53.762,71, Taxa Interna de Retorno (TIR) de 36,9% e um Tempo de Retorno de Investimento de 10 anos, comprovando a viabilidade financeira da modernização e o aumento dos indicadores luminotécnicos.

Entretanto, em 2024 foi realizada a substituição das luminárias VM por LED na quadra poliesportiva da Unidade II da UFGD, sobretudo em uma configuração diferente da proposta por Garcia (2023). Assim, mais do que simplesmente substituir a tecnologia, é fundamental avaliar o desempenho real das novas soluções implementadas, verificando sua conformidade com os parâmetros normativos e a efetiva melhoria em eficiência energética. Assim, neste trabalho, foi adotada a norma brasileira ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que estabelece critérios mínimos de iluminância, uniformidade e índice de reprodução de cores (IRC), assegurando condições adequadas de visibilidade, conforto visual e desempenho nas atividades esportivas (ABNT, 2013).

Por fim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho luminotécnico e energético do sistema de iluminação da quadra poliesportiva da UFGD – Unidade II, após sua modernização com luminárias LED, comparando os valores medidos *in loco* e simulados no software DIALux (DIAL GMBH, 2025), verificando sua conformidade e propondo soluções de melhoria para o atendimento dos requisitos normativos e aumento da eficiência energética.

2. METODOLOGIA

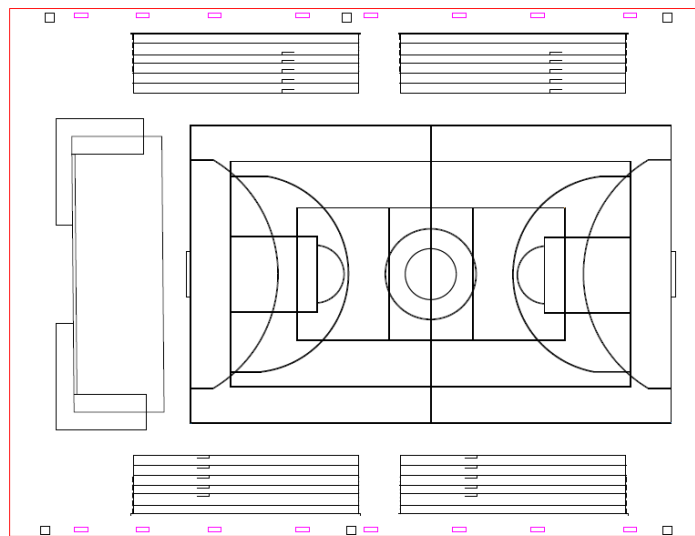
A metodologia empregada neste trabalho consistiu em realizar o levantamento físico da quadra poliesportiva da UFGD – Unidade II, identificando suas dimensões e o posicionamento das luminárias instaladas; executar medições de iluminância em campo, seguindo a malha recomendada pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013; modelar o ambiente e o sistema de iluminação no software DIALux, utilizando as características técnicas das luminárias LED atualmente empregadas; e comparar os resultados obtidos nas medições *in loco* com aqueles gerados pelas simulações.

Além disso, buscou-se verificar a conformidade do sistema de iluminação existente com os requisitos normativos de iluminância mantida e uniformidade, propondo ajustes no posicionamento e na distribuição das luminárias de forma a melhorar a eficiência luminotécnica do ambiente. Neste projeto foi, ainda, avaliada tecnicamente uma proposta de modernização utilizando luminárias de maior eficiência energética; e, por fim, realizar a análise de viabilidade econômica das alternativas, identificando a solução mais eficiente e economicamente vantajosa para o sistema de iluminação da quadra poliesportiva da instituição.

2.1 Levantamento das características da quadra de esporte

Inicialmente, foram coletadas as dimensões da quadra e o posicionamento das luminárias, com o objetivo de elaborar a planta baixa e identificar a malha de pontos de medição. O ambiente possui dimensões de 32,1 m de comprimento, 19,8 m de largura e pé-direito de 7,32 m, características que a tornam adequada para múltiplas modalidades esportivas em nível local e acadêmico. A Figura 1 representa a planta baixa da quadra, sendo as marcações em rosa a localização de cada luminária instalada no ginásio – espaçadas entre 4,8 m e 6,18 m.

Figura 1 – Planta baixa e pontos de iluminação da quadra poliesportiva da Unidade II da UFGD em 2025



Fonte: Elaborado pelos autores.

O cálculo da malha seguiu os critérios estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que determina o número de pontos a partir das dimensões do recinto, assegurando representatividade na amostragem da iluminância. O número de pontos da malha de medição, definidos pelas Equações 1 a 3, está apresentado na Tabela 2.

$$p = 0,2 * 5^{\log D} \quad (1)$$

$$n_D = \frac{D}{p} \quad (2)$$

$$n_d = \frac{d}{p} \quad (3)$$

Onde,

- p dimensão da malha (m);
- D maior dimensão da superfície de referência (m);
- d menor dimensão da superfície de referência (m);
- N_D número de pontos na maior dimensão ();
- N_d número de pontos na menor dimensão ();

Tabela 2 – Dimensionamento da malha de medição para a quadra de esportes da Unidade II da UFGD

Comprimento D (m)	Largura d (m)	Dimensão da Malha (p) (m)	Número de Pontos (N_D) ()	Número de Pontos (N_d) ()	Total de Pontos ()
32,1	19,8	2,26	14	9	126

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2 Levantamento e medições da iluminância

As medições foram realizadas no período noturno, de modo a eliminar interferências da iluminação natural. Foi utilizado um instrumento multifunção HOMIS 425A (Figura 2) no modo luxímetro, posicionando em cada ponto da malha ao nível do piso. O equipamento foi acionado, aguardou-se a estabilização do valor, o operador afastou-se para evitar sombreamento e, então, foi registrada a medição. As leituras permitiram calcular a iluminância mantida (E_{med}), verificar a iluminância mínima (E_{min}) e, a partir delas, determinar a uniformidade do sistema pela razão $U = E_{min} / E_{med}$.

Figura 2 – Instrumento multifunção HOMIS 425A (luxímetro), utilizado para as medições na quadra poliesportiva da Unidade II da UFGD



Fonte: Obtida pelos autores.

2.3 Modelagem, simulação luminotécnica e verificação do atendimento à norma

A simulação computacional do sistema de iluminação foi desenvolvida no software DIALux, amplamente reconhecido e utilizado em projetos luminotécnicos. O ambiente virtual foi modelado com base nas dimensões reais da quadra poliesportiva da UFGD – Unidade II e nas características técnicas das luminárias instaladas (Tabela 3). Inicialmente, a simulação teve como objetivo comparar os resultados obtidos em campo com os valores gerados pelo *software*, permitindo validar a precisão da ferramenta na representação das condições reais de iluminação. Em seguida, foram modeladas novas configurações de projeto com o intuito de otimizar a distribuição luminosa do sistema existente, buscando melhor uniformidade e adequação aos parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

2.4 Posicionamento e quantidade das luminárias existentes

Esta etapa consistiu em avaliar as possibilidades de otimização do arranjo atual das luminárias LED instaladas na quadra poliesportiva, buscando melhorar a distribuição da luz e elevar a uniformidade e a iluminância média do ambiente sem a substituição dos equipamentos. Para isso, foram analisados o ângulo de orientação, a altura de instalação, o espaçamento entre os pontos de luz e a simetria do arranjo atual. Com base nas características fotométricas das luminárias já existentes, foram simuladas no *software* DIALux diferentes configurações de reposicionamento, incluindo deslocamentos laterais, aproximação ao centro da quadra e ajustes de inclinação. Para cada nova configuração foram obtidos e avaliados os indicadores luminotécnicos – iluminância mínima, máxima e média, e uniformidade – verificando o atendimento aos critérios estabelecidos pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

2.5 Proposta de um projeto de modernização e avaliação da viabilidade econômica

Por fim, foi desenvolvida e analisada uma alternativa de modernização do sistema de iluminação utilizando luminárias LED com eficiência luminosa superior às atualmente instaladas. Para isso, foram selecionadas luminárias com maior eficácia luminosa (lx/W) e menor potência nominal, de modo a melhorar o desempenho luminotécnico e reduzir o consumo de energia. A partir das características fotométricas desses novos equipamentos, foram modeladas diferentes configurações de distribuição no *software* DIALux, ajustando a quantidade, espaçamento e posicionamento das luminárias. As simulações resultantes foram comparadas com o sistema atual, avaliando iluminância mínima, máxima e média, uniformidade, ofuscamento e eficiência energética. Essa análise permitiu identificar se a modernização proposta apresenta ganhos significativos em termos de eficiência, conforto visual e atendimento aos parâmetros definidos pela norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

A análise econômica foi estruturada comparando as alternativas de ajuste do sistema atual e da proposta de modernização. Para isso, foram considerados os custos de aquisição e instalação das luminárias, a economia de energia e aplicado os indicadores de decisão econômica: Tempo de Retorno do Investimento (*Payback*), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL), conforme Equações 4 a 6.

$$P_d = \frac{M_1}{FCD} \quad (4)$$

$$\sum_{T=1}^n \frac{FC}{(1 + TIR)^T} - M_1 = 0 \quad (5)$$

$$VPL = \sum_{T=1}^n \frac{FC}{(1 + TMA)^T} \quad (6)$$

Onde,

P_d	<i>Payback</i> descontado (anos);
M_1	Investimento (R\$);
FCD	Fluxo de Caixa Descontado (R\$/ano);
TIR	Taxa Interna de Retorno (%);
FC	Fluxo de Caixa (R\$);
T	Período (anos);
VPL	Valor Presente Líquido (R\$);
TMA	Taxa Mínima de Atratividade (%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A presente seção tem como objetivo analisar e discutir os resultados obtidos a partir das medições realizadas em campo e das simulações desenvolvidas no *software* DIALux, aplicadas ao sistema de iluminação da quadra poliesportiva da UFGD – Unidade II. Busca-se, por meio dessa análise, avaliar o desempenho luminotécnico e energético do novo sistema implementado, verificando sua conformidade com os parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Além disso, os resultados aqui apresentados visam identificar possíveis limitações do projeto atual e propor

ajustes que possam otimizar a distribuição luminosa e a eficiência energética do ambiente, contribuindo para o aperfeiçoamento de futuras instalações esportivas na instituição.

3.1 Dados técnicos das luminárias

O novo sistema de iluminação da quadra poliesportiva da UFGD, Unidade II, é composto por 16 luminárias modulares de tecnologia LED, distribuídas nas duas laterais da quadra, em oito pontos distintos ao longo da cobertura. A Tabela 3 apresenta as características técnicas da luminária, enquanto o modelo físico empregado pode ser visualizado na Figura 3.

Tabela 3 – Características técnicas da luminária utilizada na quadra de esportes da Unidade II da UFGD

Marca	Arco-Íris
Potência (W)	400
Temperatura de cor (K)	6.500
Ângulo de iluminação (°)	120°
Fluxo luminoso (lm)	52.000
Eficiência luminosa (lm/W)	130
Vida útil	50.000
Quantidade	16

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3 – Refletor modular LED instalado na quadra desportiva UFGD, unidade II, em 2024



Fonte: ARCO IRIS (2025).

3.2 Avaliação da iluminação: medições *in loco* e simulação técnica no DIALux

As medições realizadas com o luxímetro na quadra da UFGD, seguindo o procedimento apresentado na metodologia, estão representadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Medições da iluminância na quadra desportiva da UFGD, unidade II, realizada dia 09 de outubro de 2025

Linhas	Iluminância medida (lx)													
	Colunas													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	273	272	272	257	260	250	209	279	279	269	237	204	170	128
2	208	211	217	208	208	201	195	213	219	206	181	155	129	101
3	161	169	174	172	168	165	169	143	168	159	142	122	106	81
4	143	147	149	151	149	143	136	142	141	132	119	102	87	69
5	139	140	141	142	139	134	130	128	127	120	108	92	79	63
6	147	145	145	144	145	134	139	127	128	122	108	94	79	64
7	172	166	159	158	161	157	154	149	143	135	121	106	95	71
8	219	208	194	184	194	197	191	177	174	157	139	133	116	82
9	280	266	250	224	218	231	230	199	199	190	166	178	153	97

Fonte: Elaborado pelos autores.

Notas: A linha 1 localiza-se no lado de acesso da quadra pela rua;

A coluna 1 localiza-se ao lado do palco.

A simulação realizada no *software* DIALux, com base nas características técnicas das luminárias instaladas, permitiu reproduzir a distribuição da iluminação no ambiente esportivo. A Figura 4 representa a iluminação no ginásio obtido através do DIALux.

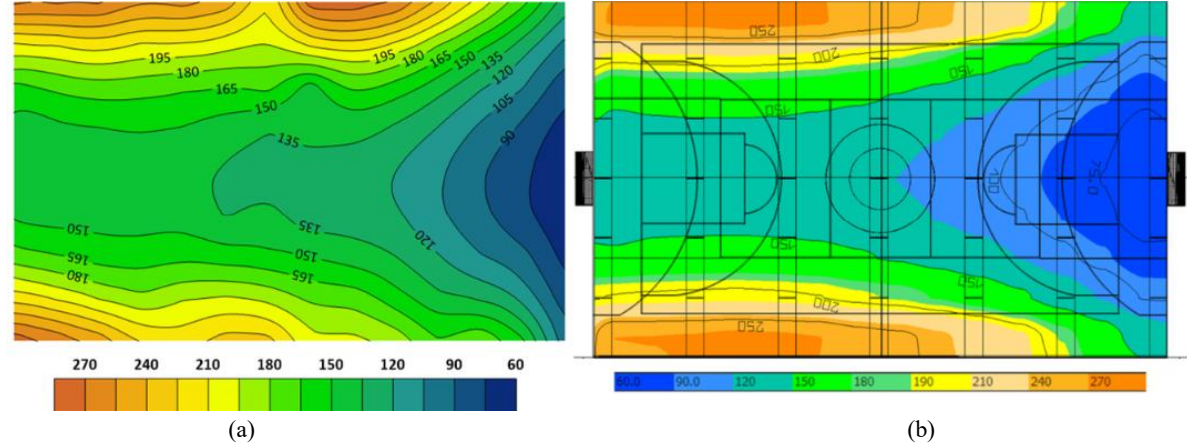
Figura 4 – Simulação no DIALux do sistema de iluminação da quadra de esporte da Unidade II da UFGD com a iluminação atual



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para ilustrar as medições de iluminamento na quadra, na Figura 5 é demonstrada a curva isolux do ambiente, em escala de cores, elaborada com o auxílio do software Surfer (a) (GOLDEN SOFTWARE, 2025) e simulada no software DIALux (b).

Figura 5 – Curvas isolux em escala de cores utilizando os softwares Surfer e DIALux da iluminação atual da quadra de esporte da Unidade II da UFGD



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: (a) curva obtida pelo software Surfer; (b) curva simulada no DIALux.

Na Tabela 5 são apresentados os valores de iluminância máxima (E_{max}), mínima (E_{min}), média (E_{med}) e a uniformidade (U), medidos e simulados no software DIALux, do sistema atual da quadra esportiva.

Tabela 5 – Indicadores luminotécnicos da quadra esportiva da Unidade II da UFGD, em 2025

	E_{MAX} (lx)	E_{MIN} (lx)	E_{MED} (lx)	U
Medição <i>in loco</i>	280	63,0	162,8	0,39
Simulação DIALux	278	64,8	161,0	0,40

Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerando a Tabela 5, a diferença entre a simulação no software DIALux e a medição foi de 1,1%, demonstrando elevada confiabilidade na ferramenta utilizada para a análise luminotécnica. Ainda com base na Tabela 5, observa-se que, mesmo após a recente reforma do sistema de iluminação do ginásio, os indicadores luminotécnicos ainda não atendem à norma NBR 8995-1:2013 – a iluminância média alcançada encontra-se 46% inferior do valor definido (300 lx), enquanto a uniformidade, 44% do estabelecido (0,7).

3.3 Comparação entre o sistema de iluminação anterior (Vapor Metálico) e o atual

A análise comparativa entre o sistema anterior (Garcia, 2023), composto por 18 lâmpadas de vapor metálico de 400 W, e o sistema atual em LED evidencia avanços, mas também limitações. No arranjo anterior, conforme pode ser observado na Tabela 6 e Figura 6, a quadra apresentava nível de iluminância média de 45,9 lx, enquanto, no sistema atual, alcança 162,8 lx, representando um ganho de 255%. Entretanto, a uniformidade anterior, de 0,57, caiu para 0,39, representando uma redução de 32%, afastando-se ainda mais do mínimo exigido pela NBR 8995-1:2013 ($U \geq 0,7$).

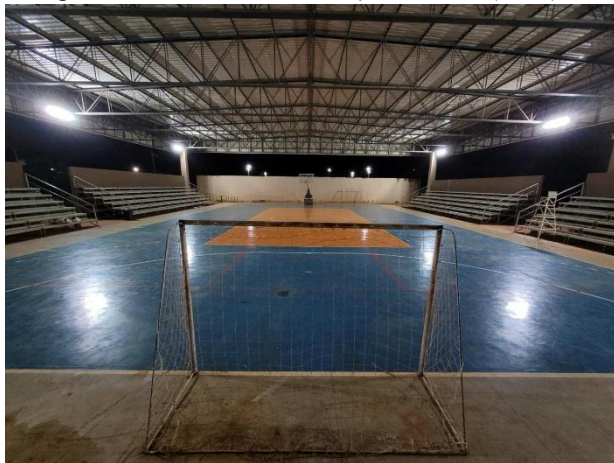
Tabela 6 – Comparação entre os sistemas de iluminação da quadra de esporte da Unidade II da UFGD

Sistemas de iluminação	Qde luminárias	Potência (lx)	Potência Total (kW)	Eficiência (lm/W)	E_{MAX} (lx)	E_{MIN} (lx)	E_{MED} (lx)	U ()
Sistema anterior (VM) (Garcia, 2023)	18	400	7,20	57	72	26	45,9	0,57
Sistema corrigido (VM) (Garcia, 2023)	26	150	3,90	80	415	221	316,0	0,70
Projeto (Garcia, 2023)	13	150	1,95	119	333	260	307,0	0,84
Sistema atual (LED)	16	400	6,40	130	280	63	162,8	0,39
Sistema ajustado (LED)					304	130	215,0	0,60
Norma NBR 8995-1:2013							300,0	0,70

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: E_{MAX} , E_{MIN} , E_{MED} , U representam, respectivamente, Iluminância máxima, mínima e mantida e Uniformidade.

Figura 6 – Sistema de iluminação anterior (2023) e atual (2025), da quadra de esportiva da Unidade II da UFGD



(a)



(b)

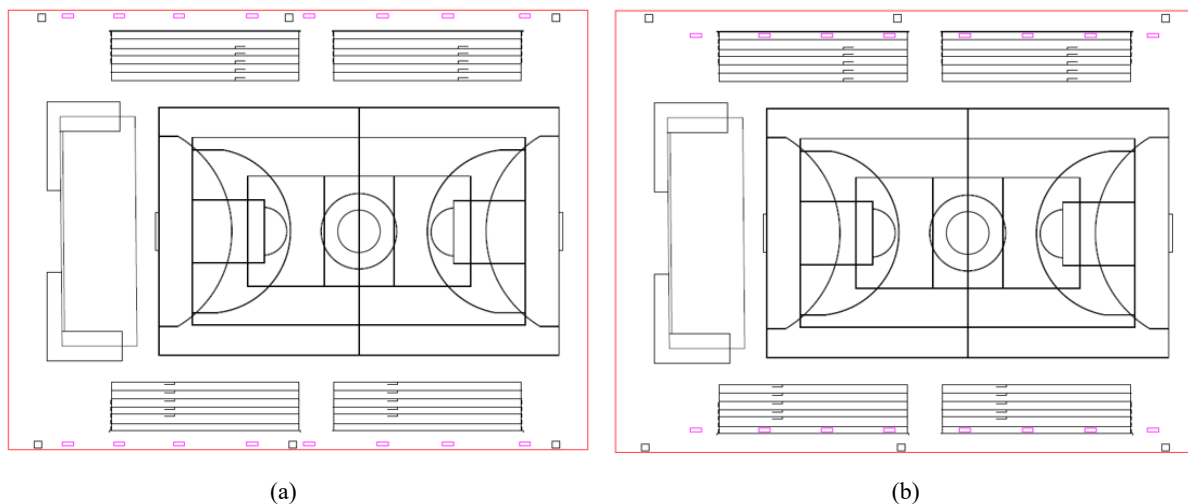
Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: (a) fotografia do sistema anterior (Garcia, 2023); (b) fotografia do sistema atual.

Na Figura 6 pode ser observada a quadra de esportes do sistema anterior e o atual vistas do mesmo ângulo, evidenciando a diferença entre os sistemas em VM e em LED. Sobretudo, a interpretação técnica dos dados das medições e simulações é essencial para confirmar os reais ganhos em eficiência e uniformidade luminosa, uma vez a percepção luminosa nas fotografias pode ser influenciada por fatores como a exposição da câmera ao nível aparente de brilho.

Ressalta-se que, para a comparação da viabilidade econômica, Garcia (2023) projetou uma nova potência e disposição de luminárias para o atendimento da norma NBR 8995-1:2013 (Tabela 6). Da mesma forma, o sistema atual foi corrigido para a obtenção dos valores padronizados, outrossim, considerando uma condição intermediária de projeto (ajuste): deslocamento em 1,5 m para o centro da quadra e ajuste de orientação das luminárias – esta configuração foi simulada no DIALux e encontra-se disposta nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 – Posição atual e projeto ajustado das luminárias na quadra de esportiva da unidade II da UFGD

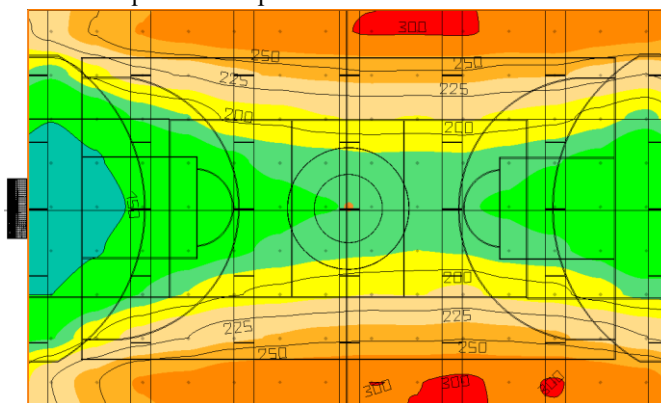


Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: (a) posição atual das luminárias; (b) projeto ajustado.

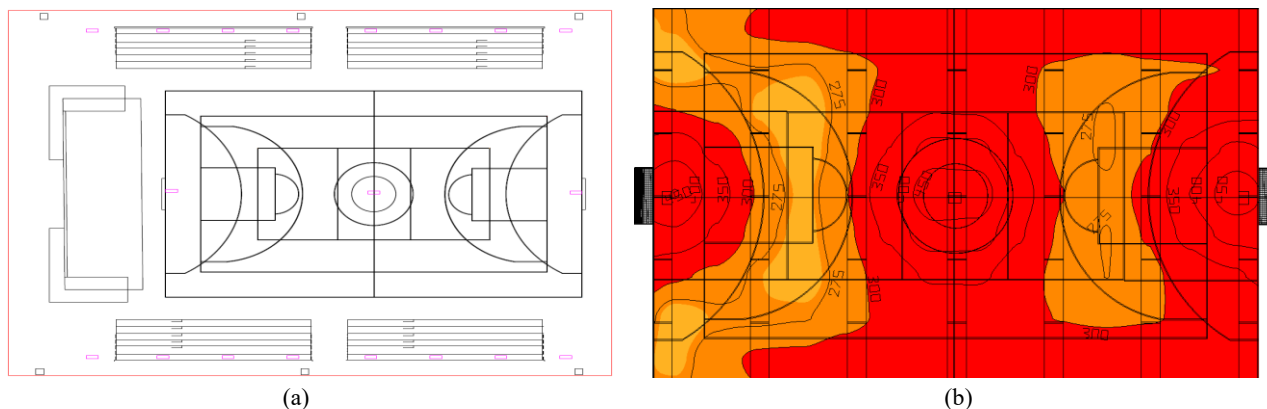
O ajuste no arranjo das luminárias atualmente instaladas elevou a iluminância mantida para a 215,0 lx, representando um ganho de 369%, enquanto a nova uniformidade alcançou 0,60, representando um aumento de 5%. A correção para os valores mínimos de iluminância e uniformidade foi obtida a partir da adição de 3 luminárias, conforme pode ser observado na Figura 9.

Figura 8 – Curva isolux em escala de cores simulada no DIALux do sistema de iluminação LED reposicionado na quadra de esporte da Unidade II da UFGD



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 9 – Posicionamento e curvas isolux do DIALux para a adição três luminárias na quadra de esporte da Unidade II da UFGD



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: (a) adição de 3 luminárias; (b) Simulação no DIALux do projeto adicionado.

Assim, com o reposicionamento e a adição de três luminárias, foi possível atender à norma NBR 8995-1:2013, bem como um aumento de 598% na iluminância mantida (com relação ao sistema VM anteriormente instalado) e um crescimento de 42% na uniformidade. Os resultados evidenciam que a simulação, e ajuste no projeto, podem propiciar o atendimento dos requisitos de norma, considerando, sobretudo, a manutenção do sistema existente e o acréscimo na potência instalada de 12,5%.

3.4 Projeto de Modernização do sistema de iluminação

A proposta de Garcia (2023) sugeria o *retrofit* do sistema de iluminação da quadra para uma luminária com eficiência luminosa de 119 lm/W. Contudo, a tecnologia LED continuou evoluindo e equipamentos mais eficientes entraram no mercado, atingindo, atualmente, a eficiência luminosa de 190 lm/W, trazendo economia de energia nos projetos.

Propôs-se, neste projeto, por fim, a avaliação técnica e econômica para a instalação da luminária LT-UBA280-100W, produto do tipo *high-bay*, contendo *chip* da marca Osram e *driver* da Phillips (LIGHTIDE, 2025). As características técnicas da luminária estão apresentadas na Tabela 7, enquanto o modelo físico pode ser observado na Figura 10.

Tabela 7 – Características técnicas da luminária LT-UBA280-100W utilizada no projeto de modernização da quadra de esporte da Unidade II da UFGD

Marca	Características
Potência (W)	100
Temperatura de cor (K)	6.500
Ângulo de iluminação	120°
IRC	> 80
Fluxo luminoso (lm)	19.000
Eficiência luminosa (lm/W)	190
Vida útil (L70)	> 50.000

Fonte: LIGHTIDE (2025).

Figura 10 – Luminária LT-UBA280-100W doo projeto de modernização da quadra de esporte da Unidade II da UFGD



Fonte: LIGHTIDE (2025).

A partir das simulações no DIALux chegou-se à quantidade de 21 luminárias, organizadas em três fileiras de sete unidades, espaçadas de 5 m, de forma que pudessem ser fixadas nas estruturas metálicas da cobertura (Figura 11a). Os resultados da simulação (curvas isolux em escala de cores), e sua comparação com o sistema atual adicionado, estão dispostos na Tabela 8 e Figura 11b.

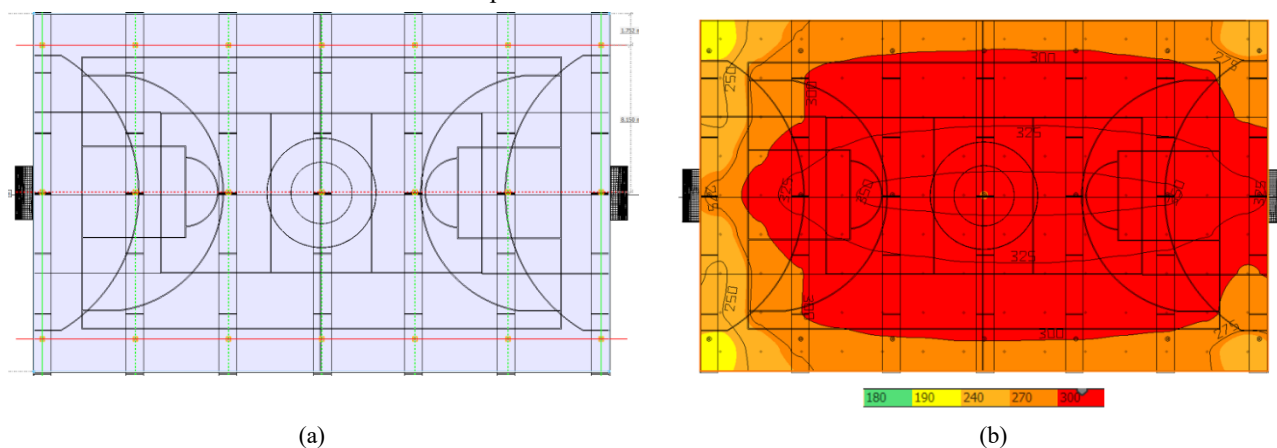
Tabela 8 – Indicadores luminotécnicos do sistema adicionado e do projeto de modernização da quadra de esporte da Unidade II da UFGD

	Qde luminárias	Potência (W)	Potência Total (kW)	Eficiência (lm/W)	E_{MAX} (lx)	E_{MIN} (lx)	E_{MED} (lx)	U ()
Sistema adicionado (LED)	19	400	7,60	130	486	260	320,0	0,81
Projeto modernizado (LED)	21	100	2,10	190	360	230	309,0	0,74
Norma NBR 8995-1:2013							300,0	0,70

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: E_{MAX} , E_{MIN} , E_{MED} , U representam, respectivamente, Iluminância máxima, mínima, mantida e Uniformidade.

Figura 11 – Posicionamento e curvas isolux do DIALux para a modernização do projeto luminotécnico da quadra de esporte da Unidade II da UFGD

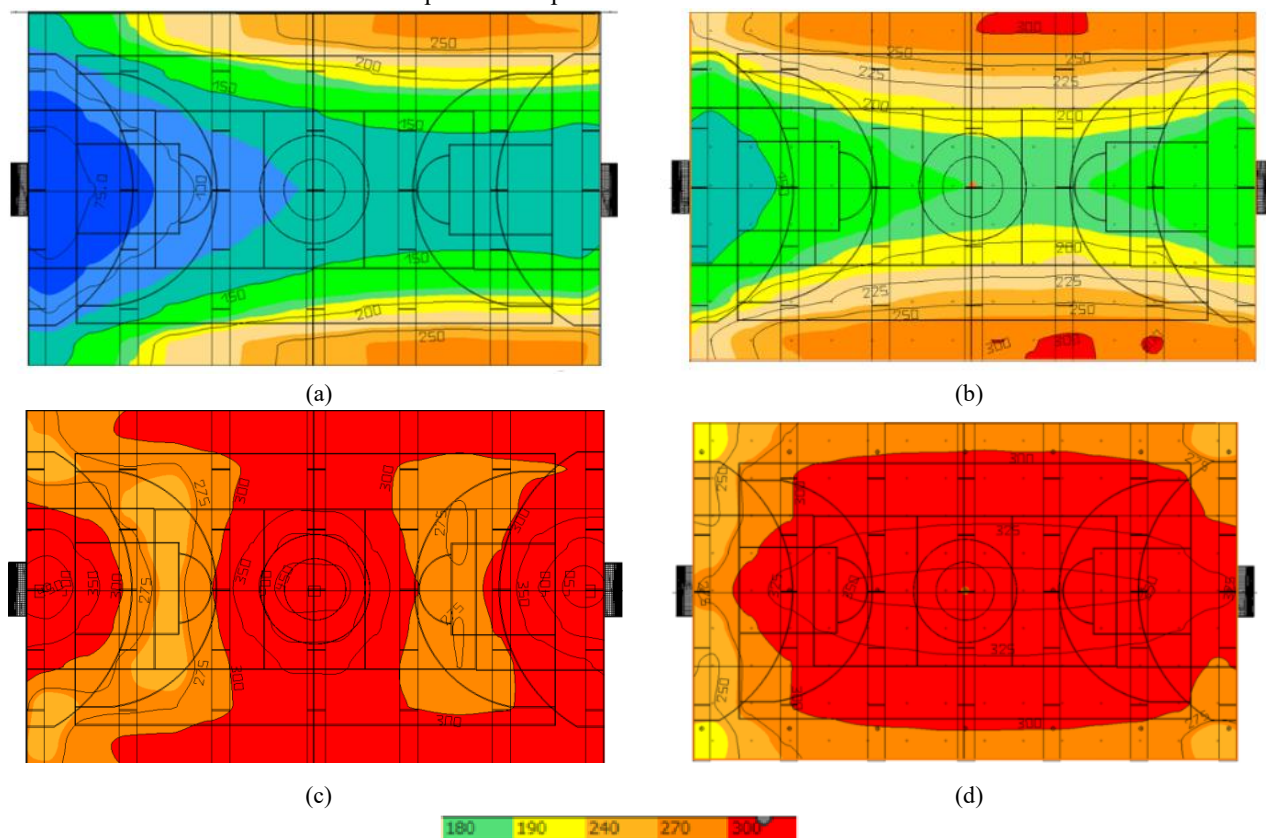


Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: (a) posicionamento das luminárias; (b) curvas isolux simuladas no DIALux.

Considerando a Tabela 8, é possível observar que o projeto de modernização, com 21 luminárias a modelo LT-UBA280-100W, tipo *high-bay*, atende aos requisitos da Norma NBR 8995-1:2013, com 309 lux de iluminância mantida e 0,74 de uniformidade. Destaca-se, sobretudo, que, o projeto promove uma redução da potência total instalada de 7,60 kW para 2,10 kW, o que representa uma redução de 72,4% na potência e, consequentemente, uma redução no consumo e no custo da energia. Na Figura 12 estão ilustradas as curvas isolux em escala de cores do projeto LED nas quatro condições simuladas no DIALux: sistema atual, sistema ajustado, sistema adicionado e projeto modernizado.

Figura 12 – Curvas isolux representada em escala de cores do projeto LED atual, ajustado, adicionado e modernizado da quadra de esporte da Unidade II da UFGD



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: (a) curvas isolux do projeto LED atual; (b) projeto ajustado; (c) projeto adicionado e; (d) projeto modernizado.

3.5 Análise de viabilidade econômica dos projetos

A caracterização dos projetos para a análise de viabilidade pode ser observada na Figura 13, destacando o comportamento da curva da potência total e a iluminância média (13a). O sistema anterior com luminárias VM apresentou um consumo total de 7,6 kW, enquanto a Iluminância média obtida por Garcia (2023) foi de 75 lx – o autor identificou que a baixa iluminância se devia ao ângulo de direcionamento do fecho das luminárias.

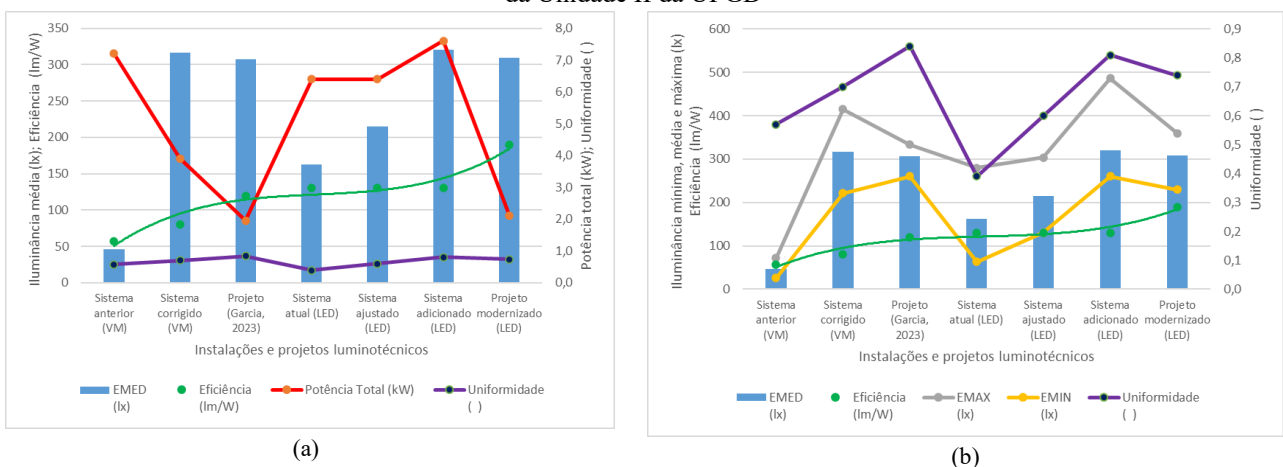
O sistema corrigido, permitiu, por sua vez, a obtenção de 316 lx, com a redução da potência para 5,1 kW, sobretudo, com luminárias VM de 150 W, com eficiência luminosa de 80 lm/W, apresentando maior distanciamento entre as curvas de iluminância máxima e mínima (13b) (415 lx, 221 lx), de forma a exigir maior potência para garantir o iluminamento e uniformidade mínimos (300 lx, 0,7).

Garcia (2023) propôs, então, a redução da potência das luminárias, assim como o aumento da eficiência luminosa proporcionado pela tecnologia LED (150W e 130 lm/W) – isto resultou na obtenção da uniformidade exigida com valores mínimo e máximo próximos (333 lx e 260 lx) caracterizando um projeto mais eficiente, onde a potência total definida era de 3,45 kW.

O sistema atualmente instalado, e ajustado, por sua vez, apresentam elevada potência energética (6,4 kW), passando a obter a iluminância e uniformidade exigidas a partir da adição de três luminárias, elevando a potência para 7,6 kW, resultando na elevação da iluminância máxima (486 lx), que caracteriza baixa eficiência para o sistema, apesar de tratar-se de tecnologia LED, com eficiência luminosa de 130 lm/W.

Por fim, a modernização do projeto foi obtida pela escolha de uma luminária de elevada eficiência (190 lm/W), e de baixa potência (100 W), de forma que, em maior quantidade (21 unidades), proporcionou maior uniformidade e o iluminamento esperados com menor variação entre o mínimo e o máximo (230 e 360 lx), desta forma, a potência necessária é menor (2,1 kW), trazendo elevada eficiência para o projeto. Destaca-se, ainda, o crescimento da eficiência luminosa ao longo dos sistemas de iluminação, uma vez que passou de 57 lm/W, para 80; 119; 130 e 190 lm/W.

Figura 13 – Potência elétrica total, eficiência luminosa e grandezas luminotécnicas simuladas para a quadra de esporte da Unidade II da UFGD



Fonte: Elaborado pelos autores.

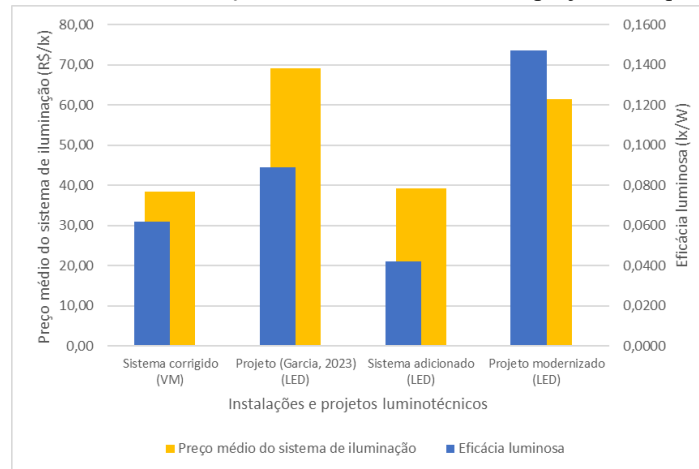
Nota: (a) destaque para eficiência luminosa e a potência total; (b) destaque para as curvas de iluminância mínima e máxima e uniformidade

E_{MAX} , E_{MIN} , E_{MED} , representam respectivamente Iluminância máxima, mínima e mantida.

A análise econômica realizada pode ser sintetizada pela observação dos indicadores Preço médio do sistema de iluminação e Eficácia luminosa conforme apresentado na Figura 13 e no Quadro 1. Verifica-se que, enquanto o primeiro varia de 38,54 R\$/lx no projeto anterior corrigido, até 69,10 R\$/lx na proposta de Garcia (2023), apresenta 61,42 R\$/lx no projeto modernizado. A eficácia luminosa, por sua vez, alcança 0,1471 lx/W no projeto modernizado e 0,0421 lx/W no projeto anterior corrigido.

no sistema adicionado. Esses indicadores representam, em conjunto, a experiência do projetista na obtenção do sistema de maior eficácia luminosa e menor preço médio (Figura 14).

Figura 14 – Preço médio do sistema de iluminação e Eficácia luminosa dos projetos da quadra da Unidade II da UFGD



Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise da viabilidade econômica, por fim, baseou-se na metodologia apresentada por Garcia (2023), Equações 4 a 6, permitindo a comparação entre os projetos. Destaca-se, aqui, a reprodução dos dados apresentados pelo autor para o sistema de iluminação anterior (em VM), anterior corrigido e o projeto desenvolvido em seu trabalho. Foi considerado, ainda, o número de horas de funcionamento anual de 876 (4 horas por dia e 219 dias por ano); o preço médio da energia na Unidade II da UFGD de R\$ 2,51/kWh, uma vez que parte do funcionamento se encontra no horário de ponta; a taxa SELIC de 13,75%; o reajuste da tarifa de energia de 8,35%, considerando o histórico de valores acima da inflação e o período de análise de 15 anos. Os resultados são apresentados no Quadro 1.

Destaca-se que a análise de viabilidade econômica é apresentada a partir de sistemas de iluminação que atendem a norma NBR 8995-1:2013, considerando, ainda, que a comparação entre os diferentes projetos utiliza como base 1 o sistema anterior corrigido para a avaliação de Garcia (2023) e o projeto adicionado. Da mesma forma, o Projeto adicionado é utilizada como base 2 para a avaliação do projeto modernizado.

A análise da viabilidade econômica foi realizada considerando o *Retrofit* e um projeto novo: o primeiro considera o descarte do sistema existente (ou o aproveitamento para o caso do projeto adicionado) com a utilização do investimento total na avaliação; o segundo, por sua vez, considera que a economia de energia deva viabilizar a diferença entre o projeto anterior e o projeto em estudo – consideração também válida para a substituição do sistema de iluminação ao final de sua vida útil.

Conclui-se, então, a partir do Quadro 1, que o projeto adicionado resulta em um custo maior de energia (economia negativa de – R\$ 5.495,31), uma vez que o custo da energia da base 1 (projeto anterior corrigido) é de R\$ 11.218,27 e a do projeto adicionado é de R\$ 16.710,58, sendo, desta forma, inviável.

O projeto modernizado, por sua vez, referindo-se a base 2 (projeto adicionado) apresentou, para o *Retrofit*, o *Payback* de 6,21 anos, Taxa Interna de Retorno de 27,20% e Valor Presente Líquido de R\$ 18.719,65. O projeto novo, da mesma forma, apresentou *Payback* de 1,89 ano, Taxa Interna de Retorno de 69,70% e Valor Presente Líquido de R\$ 31.297,07. Assim, as duas situações analisadas, *Retrofit* e Projeto novo, caracterizam-se como alternativas viáveis para a substituição do sistema de iluminação da quadra de esporte da Unidade II da UFGD, considerando que, o primeiro, possa ser realizado a qualquer tempo e, o segundo, ao fim da vida útil das luminárias existentes.

Quadro 1 – Síntese e análise econômica dos sistemas de iluminação da quadra de esporte da Unidade II da UFGD

Itens	Dados	Abreviação unidade	Sistema Anterior (Garcia) (VM)	Anterior Corrigido (Garcia) (VM)	Projeto Garcia (2023)	Sistema Atual (2024)	Projeto Ajustado	Projeto Adicionado	Projeto Modernizado
1	Iluminância máxima	E _{max} (lx)	72	415	333	280	304	486	360
2	Iluminância mínima	E _{min} (lx)	26	221	260	63	130	260	230
3	Iluminância mantida	E _{med} (lx)	45,8	316,0	307,0	162,8	215,0	320,0	309,0
4	Atendimento à norma (N=300lux)	$\frac{E_{med}}{E_{med}(N)} * 100$ (%)	15,3	105,3	102,3	54,3	71,7	106,7	103,0
5	Uniformidade	U ()	0,57	0,70	0,84	0,39	0,60	0,81	0,74
6	Atendimento à norma (N=0,70)	$\frac{U}{U(N)} * 100$ (%)	0,81	1,00	1,20	0,56	0,86	1,16	1,06
7	Modelo da luminária	-	VM GW85404M 400W	KSW 9.212.1072. 00	LED LHB20- S2M850FAX	LED Refletor Branco Frio 82804			LED LT-UBA280- 100W
8	Vida útil	horas	15.000		70.000	50.000			50.000
9	Fluxo luminoso	(lm)	24.430	13.644	17.780	52.000			19.000
10	Eficiência luminosa	η (lm/W)	57	80	119	130			190
11	Crescimento do rendimento	$\frac{\eta - \eta_1}{\eta_1(N)} * 100$ (%)	η_1	40	109	128			46
12	Potência da luminária	(W)	400	150	150	400			100
13	Quantidade	-	18	34	23	16		19	21
14	Potência total	(W)	7.200	5.100	3.450	6.400		7.600	2.100
15	Consumo anual	(kWh)	6.307	4.468	3.022	5.606		6.658	1.840
16	Preço médio da Energia	(R\$/kWh)	2,51						
17	Custo anual da Energia	(R\$)	15.831,07	11.218,27	7.585,72	14.072,06		16.710,58	4.617,40
18	Eficácia luminosa	(lx/W)		0,0620	0,0890			0,0421	0,1471
19	Preço médio do sistema de iluminação	(R\$/lx)		38,54	69,10			39,30	61,42
Instalação-Retrofit- Manutenção									
20	Referência de análise	(R\$)		(BASE 1)	Referente à Base 1			Referente à Base 1 (BASE 2)	Referente à Base 2
	Investimento			12.178,56	21.213,46	10.591,51	4.351,71	1.985,91	18.978,41
	Economia de energia				3.632,55			-5.492,31	12.093,18
21	Payback descontado	(anos)			10,0				6,21
22	Taxa interna de Retorno	(%)			36,9				27,20
23	Valor Presente Líquido	(R\$)			53.762,71				18.719,65
Projeto Novo									
24	Investimento total	(R\$)		12.178,56	21.213,46			12.577,41	18.978,41
25	Diferencial do Investimento	(R\$)			9.034,90			-5.492,31	6.401,00
26	Payback descontado	(anos)			3,0				1,89
27	Taxa interna de Retorno	(%)			107,5				69,7
28	Valor Presente Líquido	(R\$)			71.923,20				31.297,07

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram avaliados o desempenho luminotécnico e a eficiência energética da quadra poliesportiva da UFGD – Unidade II após a modernização realizada em 2024, comparando medições em campo, simulações no software DIALux e diferentes propostas de ajuste e modernização. Os resultados demonstraram que, embora o sistema atual em LED represente avanço frente ao sistema anterior em vapor metálico, ele ainda não atende aos requisitos de iluminância mantida e uniformidade exigidas pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

O sistema anterior em vapor metálico apresentava iluminância mantida de 45,8 lx, valor inferior ao exigido de 300 lx, e uniformidade $U = 0,57$, também inferior ao mínimo normativo de 0,70, confirmando a inadequação do arranjo. O sistema atual, instalado em 2024, por sua vez, apresentou melhora significativa nos níveis de iluminância, atingindo 162,8 lx, assim como redução na uniformidade para 0,39. Esses resultados indicam o ganho do sistema LED atual, entretanto, foi observado o não atendimento as exigências da norma.

Como primeira análise, foi proposto o ajuste no posicionamento e orientação das luminárias existentes: a iluminância média passou para 215 lx, e a uniformidade aumentou para 0,60, com melhora na configuração, sem, contudo, atender a norma. A alternativa foi adicionar três luminárias iguais ao projeto, elevando a iluminância média para 320 lx e a uniformidade para 0,81, cumprindo, assim, os requisitos normativos, sobretudo, com uma potência instalada de 7,6 kW e um custo anual de energia de R\$ 16.710,58.

Uma solução modernizada, utilizando luminárias LED de alta eficiência luminosa (190 lm/W), por sua vez, obteve 309 lx de iluminância média e uniformidade de 0,74, também atendendo à norma, sobretudo, com desempenho energético superior, caracterizado pela eficácia luminosa de 0,1471 lx/W, custo médio do sistema de iluminação de R\$ 61,42 R\$/lx, e custo anual de energia de R\$ 4.617,40, que precisava ser levado a análise econômica para a conclusão da viabilidade da proposta.

Assim, no aspecto energético, o sistema atual, com a adição das luminárias, consome 6,66 MWh/ano, enquanto a solução modernizada reduz esse valor para apenas 1,84 MWh/ano, representando economia anual de aproximadamente 72%. Do ponto de vista econômico, o *retrofit* para o projeto modernizado apresentou *payback* descontado de 6,21 anos, Taxa Interna de Retorno (TIR) de 27,20% e Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 18.719,65, evidenciando a viabilidade econômica. Da mesma forma, quando considerado um projeto novo, ou a substituição ao final da vida do existente, os resultados apresentam-se melhores, com *payback* de 1,89 anos, TIR de 69,7% e VPL de R\$ 31.297,07.

Assim, conclui-se que a melhor solução para a quadra poliesportiva é o projeto modernizado, que combina atendimento à norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, a elevada eficiência e eficácia luminotécnica, com a redução do consumo de energia, de forma a obter viabilidade econômica. Por fim, recomenda-se que as intervenções luminotécnicas adotem processos de avaliação, medição, modelagem fotométrica e análise econômica dos projetos, de forma a contribuir para a eficiência energética e o conforto visual em ambientes esportivos.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao Prof. Dr. Aureo Cezar de Lima, meu orientador, pelo acompanhamento, dedicação e pelas valiosas contribuições ao longo do desenvolvimento deste trabalho. À minha família, pelo apoio incondicional, incentivo e compreensão em todos os momentos dessa jornada acadêmica. Aos meus colegas e amigos de classe, pela parceria, troca de conhecimentos e pela convivência que tornou esta caminhada mais leve e enriquecedora. A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste estudo, deixo aqui minha sincera gratidão.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 54 p.

ARCO IRIS. **Refletor modular 400W LED – Holofote IP 67 alta potência**. Disponível em: <<https://www.arcoirised.com.br/refletor-modular-400w-led-holofote-ip67-alta-potencia-branco-frio-82804>>. Acesso em: 22 out. 2025.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Iluminação Pública**. Disponível em: <<https://hubdeprojetos.bndes.gov.br/pt/setores/Iluminacao-Publica>>. Acesso em: 22 out. 2025.

DIAL GMBH. **DIALux Evo 12** [programa de computador]. Lüdenscheid: DIAL GMBH, [s.d.]. Disponível em:

<<https://www.dialux.com/pt-BR/download>>. Acesso em: 7 dez. 2025.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Eficiência energética**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/eficiencia-energetica>>. Acesso em: 12 nov. 2025.

FIESC – Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina. **Desperdício elétrico no Brasil equivale ao consumo de 20 milhões de residências**. 2022. Disponível em: <https://fiesc.com.br/pt-br/imprensa/desperdicio-eletrico-no-brasil-equivale-ao-consumo-de-20-milhoes-de-residencias?utm_source>. Acesso em: 12 nov. 2025.

GARCIA, L. **Projeto e estudo da eficiência energética em iluminação de quadras desportivas: estudo de caso na unidade II – UFGD**. 2023. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Elétrica) – Universidade Federal da Grande Dourados, 2023.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2024**. Paris: IEA, 2024, Licence: CC BY 4.0.

LAIRES, R. **Sistema de iluminação eficiente utilizando a tecnologia LED para espaços públicos interiores**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

LEMOS, E. A. C. P. **Sistemas de iluminação artificial e eficiência energética : iniciativas para a redução do consumo de energia elétrica em ambientes laborais**. Revista On-Line IPOG, v. 01, p. 1–23, 2016.

LIGHTIDE. **UFO LED Lights High Bay Lighting – 190 lm/W**. Disponível em: <https://www.lightide-tech.com/product/ufo-led-lights-high-bay-lighting-light-lamps-fixtures-190-lumen-watt/?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 13 nov. 2025.

LUCENA, M. C. M. **Iluminação em Salas de Aula do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba: um estudo de caso**. 2015. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

PROCEL. **Encontro de diálogo técnico sobre os novos critério Selo Procel – Luminárias LED Iluminação Pública**. Disponível em: < file:///C:/Users/aureo/Downloads/Selo-Procel-Novos-Criterios-Lum-LED-IP.pdf >. Acesso em: 13 nov. 2025.

REVLO. **Lâmpada Vapor Metálico vs Sódio - Conheça as Diferenças**. 2024. Disponível em: <https://revlo.com.br/lampada-vapor-metalico-vs-sodio-conheca-as-diferencas/#Comparacao_de_eficiencia_energetica>. Acesso em: 12 nov. 2025.

SILVA, N. G. M. M. **Análise da viabilidade de mudança dos sistemas de iluminação de um estabelecimento de ensino superior para outros mais eficientes**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente). Departamento de Engenharia Mecânica – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Portugal. Disponível em: < https://www.ploran.com/artigos/tese_nuno_silva.pdf>. Acesso em 22 out. 2025.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer** [software]. Disponível em: <<https://www.goldensoftware.com/products/surfer>>. Acesso em: 10 set. 2025.

VALTER, J. C. **Eficiência em Sistema de Iluminação e a Norma NBR ISO 8995-1: Estudo de Caso no Campus 2 da UFGD**. 2018. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.

ZANIN, A.; BARICHELO, R.; TIBOLA, F. M. B. A. **Análise do custo-benefício na troca de lâmpadas convencionais por lâmpadas LED: o caso de uma universidade comunitária do Sul do Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 22., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Custos, 2015.