



**Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Educação a Distância da UFSM – EAD
Universidade Aberta do Brasil – UAB**

**Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos
Processos Produtivos**

Polo: Camargo - RS

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ILUMINAÇÃO: ESTUDO DE CASO DO
CAMPUS DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DA SERRA
GAÚCHA**

BORTOLIN, Taison Anderson¹

MARTINS, Geomar Machado²

Resumo

O elevado consumo energético diante de uma oferta de energia deficitária, implica na necessidade de que as edificações apliquem projetos de eficiência energética, a fim de reduzir o consumo e tornar o uso eficiente. Instituições como Campus Universitários, que consomem grande quantidade de energia com seus sistemas de iluminação, tornam-se um campo de atuação de projetos de melhoria da eficiência energética. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a eficiência dos sistemas de iluminação do Campus de uma Instituição de Ensino Superior da Serra Gaúcha, aplicando o procedimento estabelecido em auditorias energéticas, propondo melhorias e avaliando a viabilidade econômica de sua implementação. Através do levantamento do sistema atual foram propostos cenários de

¹ Engenheiro Ambiental. Pós-Graduando em Eficiência Energética. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

² Dr. Engenharia Elétrica. Professor Orientador. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

retrofit dos equipamentos utilizados. Os resultados obtidos demonstram que na maioria das edificações o investimento inicial para substituição dos equipamentos é elevado, tornando a alternativa economicamente inviável. Porém, com as mudanças realizadas é possível ter uma redução no consumo de aproximadamente 30,5% ao ano. Estas mudanças associadas a outras alternativas e treinamento pessoal propiciarão cenários de melhoria do desempenho energético do Campus Universitário.

Palavras-chave: sistemas de iluminação, campus universitário, minimização consumo energético

Abstract

The high energy consumption on an ailing energy supply, implies the need for buildings implement energy efficiency projects in order to reduce consumption and make efficient use. Institutions such as University Campus, which consume large amounts of energy with lighting systems, become a playing field for improving energy efficiency projects. In this context, this study aims to evaluate the efficiency of campus lighting systems in a Higher Education Institution of the Serra Gaúcha, applying the procedure laid down in energy audits, proposing improvements and assessing the economic feasibility of its implementation. Through the survey of the current system have been proposed retrofit scenarios of the equipment used. The results show that most of the buildings the initial investment for replacement of equipment is high, making it economically unviable alternative. However, with the changes made is possible to have a reduction in consumption of approximately 30.5% per year. These changes associated with other alternatives and will provide staff training scenarios to enhance energy performance of the University Campus.

Keywords: lighting systems, university campus, minimizing energy consumption

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca no cenário mundial como um país emergente que vem apresentando crescimento econômico nos últimos anos. Como todo país em desenvolvimento, este necessita de uma demanda elevada de energia, porém ao mesmo tempo apresenta elevados índices de desperdício de eletricidade. Conforme PROCEL, o total desperdiçado chega a 40 milhões de kW, correspondendo a aproximadamente US\$ 2,8 bilhões por ano (MMA, 2013).

Os consumidores, dos quais se destacam o setor industrial, residencial e comercial, desperdiçam cerca de 22 milhões de kW. Já as concessionárias de energia, devido às perdas técnicas e problemas de distribuição, são responsáveis pelo desperdício de 18 milhões de kW restantes (MMA, 2013).

Uma das soluções apontadas pelos especialistas para atender este déficit está associada à contenção da demanda utilizando técnicas de conservação, como a substituição de tecnologia (máquinas, motores, sistemas de refrigeração e iluminação), por equipamentos que possuam maior eficiência energética e ao mesmo tempo possam proporcionar menor custo financeiro e menor impacto ambiental.

A demanda de energia é variável em cada setor, sendo que boa parte do consumo está associado à iluminação. A iluminação doméstica é responsável por uma parcela importante dos gastos com energia em um residência, em torno de 24%. Já no setor comercial e de serviços públicos esse gasto corresponde a 44%, enquanto no setor industrial é em média 1% (ELEKTRO, 2014).

O uso de energia no setor terciário ocorre em edificações como escritórios, restaurantes, hospitais, centros de lazer e de atividades educacionais, sendo estas edificações, locais onde há diversas oportunidades para redução do consumo energético. Existem várias opções para conservação de energia, algumas como otimização do sistema de iluminação conectado, integração do sistema de iluminação artificial com a iluminação natural e a utilização de controles nas diferentes áreas da edificação (ASHRAE, 2011).

Neste contexto, este trabalho visa realizar um estudo energético do sistema de iluminação de um Campus Universitário, responsável por atividades de educação em nível superior e com elevada demanda energética oriundo principalmente do sistema luminotécnico implantado. Busca-se, a partir de um diagnóstico, promover ações que auxiliem alcançar eficiência energética no Campus, visando reduzir o consumo de energia, contribuindo para redução de gastos e melhorando o desempenho energético e ambiental.

2. JUSTIFICATIVA

Atualmente o mundo passa por um momento onde o perigo de um possível esgotamento das fontes naturais para geração de energia exigem que, cada vez mais, saiba-se utilizar esses recursos de forma adequada e econômica, o que abre um vasto campo de aplicação de métodos de eficiência energética em diversos setores, como em indústrias, comércio, serviços, residências, entre outros. A partir da crise energética de meados da década

de 1970, a busca pela redução do consumo energético com consequente investimento em programas de energia renovável foi impulsionada (ROAF; CRICHTON; FERGUS, 2009).

Em 2001 e em alguns anos da década seguinte, o Brasil se deparou com um grave problema de falta de energia que teve origem em três causas: o excesso de demanda; a escassez de chuvas, provocando a falta de funcionamento pleno das hidroelétricas; e a ausência de outras fontes de geração de energias alternativas. Desde a década de 2000 foram adotadas diferentes medidas para novas fontes de geração de energia, assim como soluções que visassem a redução de seu consumo, porém há muito ainda a ser realizado.

O uso eficiente de energia traz benefícios diretos na redução do consumo e de gastos com energia, principalmente diante de cenários que apontam para riscos de falta de energia e aumento das tarifas associadas, sendo este último alterável com a criação de bandeiras tarifárias, as quais estão ligadas diretamente à quantidade de energia disponível mensalmente.

Neste contexto, a redução do consumo em edificações, através da aplicação de programas de efficientização energética torna-se uma ferramenta estratégica que pode ser aplicada nos mais diversos setores, onde também se enquadram as instituições de educação, como as Universidades.

Estas instituições, conforme ELETROBRÁS (2008), possuem um custo com energia elétrica de 15%, sendo a participação dos sistemas de iluminação a maior demanda de energia nas edificações deste tipo, equivalente a 33,7%.

A aplicação de um programa de efficientização energética fundamentado em ações de gestão e gerenciamento, bem como de conscientização dos usuários internos da instituição do Campus Universitário permitiria reduzir os gastos com energia, sendo possível aplicar este orçamento em outras atividades educacionais, de pesquisa e extensão. Ao mesmo tempo, proporcionaria o uso eficiente de energia elétrica entre consumidores do mesmo segmento e redução na demanda, o que possibilita à concessionária de energia atender novos consumidores sem investimentos adicionais. Além disso, essas edificações eficientes poderiam servir como modelo e laboratório para ensinar as novas gerações sobre os princípios básicos do uso racional da energia.

Diante deste contexto, a realização deste trabalho é justificada pelo interesse na busca pelo incentivo à redução do consumo de energia e sustentabilidade em edificações educacionais, em especial, instituições universitárias, através do diagnóstico de problemas e apresentação de soluções adequadas, de modo que possam ser replicadas em outras localidades e tragam um ganho substancial na melhoria do uso energético neste tipo de edificação.

3. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a eficiência dos sistemas de iluminação do Campus de uma Instituição de Ensino Superior da Serra Gaúcha, aplicando o procedimento estabelecido em auditorias energéticas.

Objetivos específicos:

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Realizar diagnóstico do consumo de energia do Campus de uma Instituição de Ensino Superior da Serra Gaúcha;
- Estabelecer um perfil de consumo em sistemas de iluminação na área de estudo, através da determinação de indicadores energéticos;
- Avaliar o sistema de iluminação atual por meio de medições de iluminância comparando com os níveis mínimos requeridos pela NBR 8995/2013;
- Realizar simulação luminotécnica com o Software DIALux para planejamento e proposição de cenários;
- Propor cenários de eficiência energética visando a redução do consumo na edificação;
- Realizar a avaliação técnica e econômica a fim de verificar a viabilidade dos cenários propostos.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos últimos anos, o consumo energético brasileiro tem crescido a taxas superiores a 2 % em todas as regiões, conforme mostra a Tabela 1. Este cenário torna-se preocupante, uma vez que o sistema energético é sustentado em sua maioria por geração hídrica e pode entrar em colapso se a demanda aumentar e não forem incentivadas a criação de novas fontes de geração.

Tabela 1 - Consumo por região geográfica (GWh)

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	Δ% (2013/2012)	Part. % (2013)
Brasil	384.306	415.683	433.034	448.171	463.335	3,4	100,0
Norte	24.083	26.237	27.777	29.115	30.196	3,7	6,5
Nordeste	65.244	71.197	71.914	75.610	79.907	5,7	17,2
Sudeste	204.555	222.005	230.668	235.237	240.084	2,1	51,8
Sul	65.528	69.934	74.470	77.491	80.392	3,7	17,4
Centro-Oeste	24.896	26.310	28.205	30.718	32.756	6,6	7,1

Fonte: EPE, 2014

Neste contexto, uma das maneiras mais modernas e utilizadas no mundo visando à sustentabilidade das atividades é o estímulo do uso eficiente. No Brasil, no que concerne à energia elétrica, esse estímulo tem sido aplicado de maneira sistemática desde 1985 através de diversos programas de incentivo à redução de consumo.

Dentre estes, destacam-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), cuja coordenação executiva está a cargo das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), e o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), cuja coordenação executiva é de responsabilidade da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras). Mais recentemente, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) criou uma linha de financiamento específica para apoio a projetos de eficiência energética, o PROESCO (EPE, 2010).

Conforme Hordeski (2005), o termo “eficiência” descreve a capacidade de equipamentos que operam em ciclos ou processos produzirem os resultados esperados. Em uma visão física, o conceito de “eficiência” estaria limitado aos processos em que há conversão de energia e em que as formas inicial e final são visíveis ou perceptíveis – energia cinética, potencial, elétrica.

Quando aplicado à questão energética, o termo eficiência está associado à análise do consumo de energia elétrica, com o objetivo da redução de custos e maior economia da mesma, aliada a novas tecnologias, materiais e equipamentos e o uso dos recursos naturais com alternativas ecológicas, sem perda de conforto e qualidade do ambiente que se analisa (WANDER et al., 2007).

A aplicação de eficiência energética pode ocorrer em todos os setores da economia, buscando melhoria no desempenho energético de sistemas de condicionamento ambiental, equipamentos elétricos, iluminação, entre outros. Quando se trata do sistema educacional, um dos usos finais que mais consome energia nas edificações deste setor está relacionado ao uso em sistemas de iluminação.

4.1 Iluminação em edificações do setor educacional

No Brasil, as edificações são responsáveis por 45% do consumo de toda energia elétrica produzida no país, sendo 14,6% representado pelo setor comercial. Neste setor, os sistemas de iluminação artificial representam em média 22% do consumo de energia, apresentando grandes possibilidades para ações de eficiência energética. Estudos mostram que

é possível reduzir 61% do custo com energia elétrica com ações de eficiência energética em sistemas de iluminação (MANGIAPELO, 2012).

A iluminação determina o que vemos e como vemos, influenciando no bem estar de cada indivíduo. A execução das mais diversas atividades necessitam uma quantidade ideal de iluminação, valores estabelecidos pelos níveis de iluminância normatizados. A distribuição espacial do sistema de iluminação, o nível de iluminamento, a quantidade de luz natural aproveitada e a tecnologia implantada são alguns agentes causadores de desconforto aos usuários (SALOMÃO, 2010).

Uma boa iluminação é determinada tanto em termos de quantidade como de qualidade. Conforme a NBR 8995/2013, embora seja necessária provisão de uma iluminância suficiente em uma tarefa, em muitos exemplos a visibilidade depende da maneira na qual a luz é fornecida, das características da cor da fonte de luz e da superfície em conjunto com o nível de ofuscamento do sistema (ABNT, 2013).

Para que as atividades acadêmicas de ensino, pesquisa, extensão e administrativas sejam desempenhadas de forma adequada, é indispensável contar com níveis de iluminância que cumpram com as normas vigentes, de modo que seja possível desfrutar um conforto visual que atenda as demandas do usuário do ambiente. A Tabela 2 apresenta os valores de iluminância recomendadas pela norma *NBR 8995/2013 - Iluminância de Interiores* para diferentes atividades e ambientes.

Tabela 2 - Iluminância média recomendada para iluminação artificial em áreas do ambiente acadêmico

Tipo de Ambiente / Tarefa / Atividade	\hat{E}_m (lux) determinado pela Norma 8995/2013
Estacionamento	75
Escadas	150
Estantes	200
Salas de Aula	500
Laboratório de Informática	500
Salas de Reunião	200
Área de leitura	500
Sala de Desenho	750
Sala de Preparação e Oficina	500
Recepção	300
Banheiros	200
Saguão	100
Corredores	100
Sala de Conferência	500
Laboratório	500
Secretarias	300
Sala de professores	300
Reprografia	500

Fonte: ABNT (2013)

Conforme Benavides (2014), além da iluminância média, é importante que sejam avaliados indicadores do sistema de iluminação buscando a otimização do sistema.

Os mais utilizados são a densidade de potência de iluminação (DPI) e a densidade de potência normalizada de iluminação (DPN). O primeiro é definido como a máxima potência de iluminação por unidade de área da classificação, pela função do espaço de uma edificação e medido em W/m^2 (ASHRAE, 2007). Já a densidade de potência normalizada é expressa em $W/m^2.100lux$ e representa a potência necessária por metro quadrado para atingir uma iluminância média de 100 lux no plano horizontal. Dubois et al. (2011), comentam que para uma instalação eficiente com lâmpadas fluorescentes e uma boa manutenção, os valores de densidade de potência normalizada deve estar entre 1,9 e 2,3 $W/m^2.100lux$.

Alguns valores de densidade de potência são determinados pela *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE 90.1* (2007), norma já consolidada no Brasil para o mercado de prédios verdes, sendo estes apresentados na Tabela 3. Já a Tabela 4 apresenta os valores da norma para o método da edificação completa.

Tabela 3 - Densidade de potência de iluminação recomendada nas edificações do setor educacional segundo ASHRAE.

Tipo de interior, tarefa ou atividade	ASHRAE 90.1 (W/m^2)
Auditório	10,0
Banheiros	10,0
Biblioteca	
Área de arquivamento	12,0
Área de leitura	13,0
Área de estantes	18,0
Circulação	5,0
Escadas	6,0
Laboratórios de Pesquisa	11,0
Sala de Aula	15,0
Sala de reuniões	14,0

Fonte: ASHRAE 90.1

Tabela 4 - Densidade de potência de iluminação recomendada nas edificações do setor educacional segundo ASHRAE - Método da Área de Edificação Completa

Método Área Edificação Completa	
Tipo de Edificação	DPI (W/m ²)
Biblioteca	14,1
Escola/Universidade	13,0
Escritórios	10,9

Fonte: ASHRAE 90.1 apud Benavides (2014)

Além de buscar indicadores que mostram um sistema de iluminação eficiente é interessante em ambientes com utilização diurna, a integração da iluminação artificial e natural. Esta possibilita grandes reduções nos custos com energia elétrica, e proporciona ambientes mais agradáveis e saudáveis para seus usuários.

Ainda, muitos estudos ressaltam que nos projetos luminotécnicos em geral, a eficiência energética do conjunto de equipamentos luminária-lâmpada-reator não costuma ser considerada, sendo comum a adoção de lâmpadas eficientes com luminárias ou reatores pouco eficientes.

A modernização de um sistema de iluminação antigo reduz, geralmente, o consumo de energia e os custos de operação em até 30%. O uso de sistemas de gestão de iluminação inteligentes com sistemas de sensores de presença e regulação dependente da luz do dia pode alcançar economias de até 70% (OSRAM, 2014). Em nível global essa ação permitiria economizar €128 bilhões em eletricidade e 670 milhões de toneladas de CO₂ por ano (PHILIPS, 2014).

Os sistemas luminotécnicos em universidades geralmente são compostos por: luminárias, lâmpadas e reatores, conforme mostra a Figura 1. As luminárias são os principais itens para aplicação de efficientização, pois dependendo de suas características fotométricas e rendimento, pode-se conseguir um melhor desempenho luminotécnico.

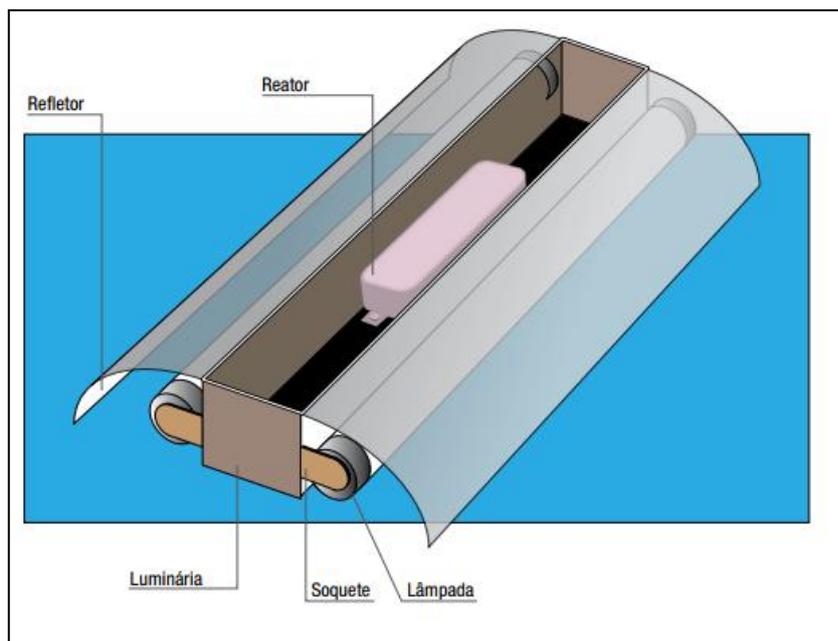


Figura 1 - Componentes do sistema de iluminação

Fonte: ELEKTRO (2014)

Por sua vez, a escolha das lâmpadas está atrelada a luminária, sendo necessário escolher a melhor relação lm/W , temperatura de cor e índice de reprodução de cor (UFSM, 2014). Nas edificações educacionais pode-se encontrar em sua maioria, lâmpadas fluorescentes tubulares, conhecidas como luz fria. Estas lâmpadas estão associados a reatores eletrônicos ou eletromagnéticos, sendo que os reatores eletrônicos apresentam perdas reduzidas, maior eficiência energética, fator de potência elevado – em torno de 0,95 – e operam em frequências entre 20 e 100 kHz, faixas em que as lâmpadas apresentam eficiência luminosa máxima (ELEKTRO, 2014).

4.2 Auditoria Energética

Para adequar sistemas luminotécnicos antigos é necessário que sejam aplicadas atividades que são abordadas em uma auditoria energética. A auditoria energética é um mecanismo utilizado para conhecer e entender o desempenho energético de edifícios e instalações, sendo possível detectar problemas operacionais, aumentar o conforto dos ocupantes e reduzir o consumo da energia (BENAVIDES, 2014; ALAJMI, 2012).

A metodologia geral para as atividades de auditoria energética é apresentada na Figura 2. Entretanto, as tarefas de uma auditoria podem variar conforme o objetivo do trabalho.

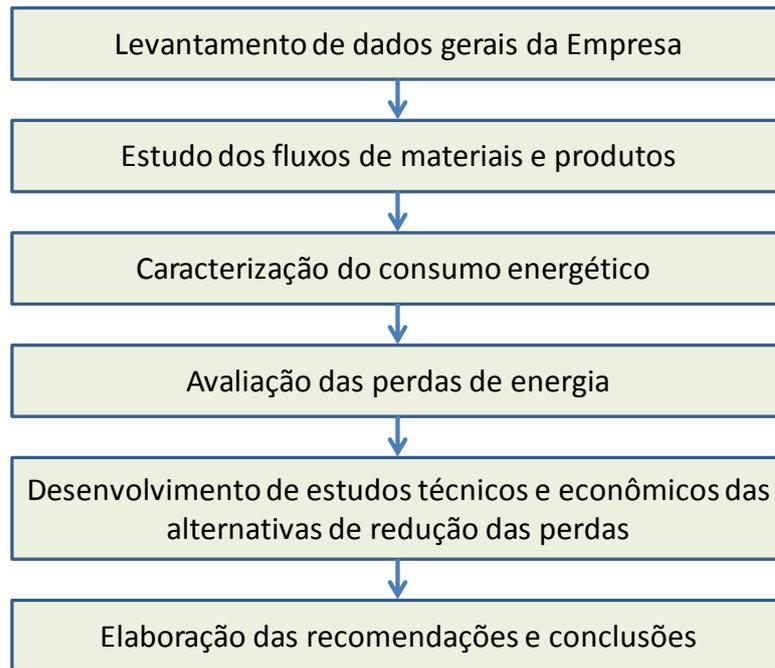


Figura 2 - Fluxograma metodológico de uma auditoria energética

Fonte: Viana et al. (2012)

Ao final das etapas propostas é possível obter informações que possibilitarão elaborar cenários de ações corretivas para então passarem por uma análise econômica auxiliando o tomador de decisão na escolha das mudanças propostas com base nos critérios técnicos e econômicos.

5. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se refere a um Campus Universitário localizado na Serra Gaúcha, na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. O Campus ocupa uma área de 64 hectares, sendo 3,95 ha de área construída, correspondente aos 10 blocos e estacionamento. Atualmente, circulam pelo Campus mais de 5 mil alunos, provenientes de mais de 50 municípios do Estado do Rio Grande do Sul.

6. METODOLOGIA

A metodologia utilizada segue os procedimentos estabelecidos em auditorias de sistemas luminotécnicos, para aplicação em instalações comerciais e residenciais.

Para tanto, foram realizadas as seguintes atividades:

a) Diagnóstico do consumo de Energia do Campus Universitário

Para realização do diagnóstico da demanda e consumo de energia da área de estudo, utilizou-se dados de faturas correspondente ao período de maio de 2013 a maio de 2014. Também, foi realizado o levantamento das atividades executadas nos blocos do Campus Universitário, características da rede elétrica, número de equipamentos que consomem energia e sua potência, sendo estabelecido um valor de consumo médio mensal conforme seu período de utilização, considerando a utilização em 22 dias úteis de atividade mensal.

b) Avaliação do sistema de iluminação

Especificamente para o sistema de iluminação, foi realizado o levantamento do número de lâmpadas e tipos de luminárias existentes em cada bloco da instituição, estabelecendo um consumo médio referente a esse sistema. Para este trabalho foram definidos três blocos para proposição de cenários, sendo definidos com base no maior consumo energético por iluminação (Bloco A e Bloco CD) ou que mantém as lâmpadas ligadas durante o período diurno e noturno (Biblioteca - Bloco H). Além disso, foi realizada a avaliação para a área do estacionamento do Campus.

De acordo com as atividades realizadas em cada bloco foram determinados os objetivos da iluminação e o efeito que se pretende alcançar com base nos níveis de iluminância estabelecidos pela NBR 8995-1/2013. Foram realizadas medições em diferentes salas e ambientes dos prédios estudados neste trabalho, de acordo com o Método do Campo de Trabalho Retangular. As salas e ambientes foram definidas de acordo com as características físicas dos mesmos, buscando realizar as medições nos espaços que possuíam diferentes tamanhos de área, número de luminárias, número de lâmpadas, potência da lâmpada, além das características das paredes, teto e chão.

As medições foram realizadas no período noturno, com exceção dos ambientes que tinham ocupação diurna, os quais poderiam integrar procedimentos de ligamento parcial de lâmpadas. Todas as medições foram realizadas a uma altura de 0,75 metros, utilizando um luxímetro digital modelo LD-200, marca Instrutherm, com calibração do fabricante, como mostra a Figura 3. As medições em período diurno foram realizadas no dia 15 de janeiro de 2015, pela tarde com céu nublado.



Figura 3 - Luxímetro utilizado nas medições dos níveis de iluminância

Fonte: acervo autor

c) Determinação de indicadores energéticos das edificações

A partir dos dados obtidos no levantamento dos usos finais de energia para cada bloco do Campus Universitário, foram calculados alguns indicadores energéticos das edificações. Conforme Benavides (2014), "os indicadores de consumo energético são utilizados para conhecer o consumo de energia de uma edificação e possibilitam a comparação com o consumo de outras edificações de referência ou com valores definidos nas normas".

Os indicadores usados para a avaliação do consumo de energia são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Indicadores de consumo de energia elétrica utilizados neste estudo

Indicador	Definição	Unidade
Indicador por usuário da energia	Razão entre o consumo mensal médio por número de usuários da unidade	W/usuário
Consumo anual de iluminação por área construída	Razão entre o consumo energético anual da edificação e a área construída em m ²	kWh/ano/m ²
Potência média instalada em iluminação por número de interruptores	Média da relação entre a potência do conjunto luminárias e o número de interruptores existentes para acionar o sistema de iluminação	W/interruptores
Densidade de Iluminação (DPI)	Razão entre a Potência dos equipamentos de iluminação da edificação e a área construída em m ²	W/m ²
Densidade Normalizada de Iluminação (DPN)	Razão entre a Potência dos equipamentos de iluminação da edificação para produzir 100 lux, e a área construída em m ²	W/m ² .100lux

Fonte: Saidel et al. (2005); Morales (2007); Benavides (2014)

d) Proposta de cenários de conservação de energia e melhoria da iluminação

Com base nas informações levantadas nas etapas anteriores foram propostos cenários de conservação de energia para a área de estudo buscando promover medidas de intervenção e de conscientização que visassem principalmente a redução do consumo nas edificações.

Utilizando-se de software DIALux 4.12.0.1 (GmbH, 2015) foi calculada a melhor distribuição de luminárias, definindo locais de substituição de lâmpadas atualmente utilizadas, por produtos mais eficientes, buscando atender o nível de iluminação proposto para os diferentes ambientes e atividades de acordo com a NBR 8995/2013.

O software DIALux é um programa de simulação luminotécnica muito utilizado por engenheiros e projetistas de iluminação. Produzido na Alemanha e atualizado periodicamente, com este software é possível reproduzir fisicamente os ambientes internos e externos de edificações e avaliar características e parâmetros luminotécnicos de diferentes distribuições e modelos de lâmpadas e luminárias.

Com o software DIALux também é possível ainda avaliar a influência da iluminação natural e projetar cenários correspondentes a uma determinada hora do dia, prevendo o uso parcial das luminárias no ambiente, permitindo uma otimização energética.

Os cenários foram previstos com troca de lâmpadas e luminárias, levando em consideração a análise de fatores de influência na quantidade e qualidade da iluminação, relacionados principalmente à definição dos níveis de iluminância, fluxo luminoso, eficiência luminosa, das relações de luminância - contrastes, do Índice de Reprodução de Cor, Temperatura de Cor Correlata, dimensões da lâmpada e vida mediana.

e) Avaliação Econômica

Para avaliação econômica das medidas de conservação em energia propostas neste trabalho foram utilizados alguns métodos tradicionalmente empregados pela Engenharia Econômica, os quais são descritos a seguir:

a) Método do Valor Presente Líquido (VPL): este método avalia um projeto transferindo para o momento presente todas as variações de caixa esperadas no período considerado para o projeto, descontadas a uma taxa mínima de atratividade. O VPL é calculado pela seguinte equação:

$$\text{VPL} = - I + A \cdot \text{FVP}(i, n)$$

Equação (1)

Em que:

FVP: Fator de Valor Presente

A: Ganhos periódicos

I: desembolsos

i: taxa de juros

n: tempo

As análises foram realizadas considerando um período de tempo de 10 anos, o qual está relacionado ao tempo de vida útil mínimo das lâmpadas selecionadas, com taxa de desconto de 12%, e preço de energia igual a 0,40 kWh.

b) Método da Taxa de Retorno (TIR): a taxa de juros que anula o Valor Presente Líquido é a TIR. Em um investimento com TIR diferentes, a que apresentar maior taxa proporciona o maior retorno. Para que o investimento seja economicamente viável, a TIR deve ser maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

c) Método do Prazo de Retorno (Payback): consiste no tempo necessário para recuperar o investimento. A análise é realizada dividindo-se o custo de implantação do projeto (I) pela receita ou custo evitado (A), conforme a equação:

$$PBS = I / A$$

Equação (2)

d) Relação Custo-Benefício (RCB): Esta é uma relação entre o custo total atual ou anual pelo benefício total atual ou anual. A RCB é uma análise que embute o conceito da TIR, tendo as mesmas limitações, porém, é muito comum seu emprego em empreendimentos energéticos. Os procedimentos do Programa de Eficiência Energética, da ANEEL, consideram a RCB como critério de viabilidade, sendo que os projetos devem apresentar valores menores ou iguais a 0,8 (UFESM, 2014).

e) Custo da Energia Economizada (CEE): Este método leva em consideração dados como a taxa de desconto e a vida útil do projeto. É calculado dividindo-se o custo inicial extra anualizado pela economia de energia obtida pela alternativa eficiente também anualizado, conforme a equação a seguir:

$$CEE = FRC(i, n) \cdot (CE - CC)/(EC - EE)$$

Equação (3)

onde,

FRC (i, n) - Fator de Recuperação de Capital

EC – Energia consumida com a tecnologia convencional

EE – Energia anual consumida com a tecnologia eficiente

CC – Custo da tecnologia convencional

CE – Custo da tecnologia eficiente

CEE - Custo da Energia Economizada (R\$/kWh)

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Consumo de Energia no Campus Universitário

A distribuição das edificações do Campus é apresentada na Figura 4.



Figura 4 - Localização e distribuição das edificações na área de estudo

Fonte: Google Earth (2014)

A partir do levantamento realizado em faturas de energia elétrica, identificou-se o perfil de consumo por edificação do Campus, o qual é apresentado na Figura 5.

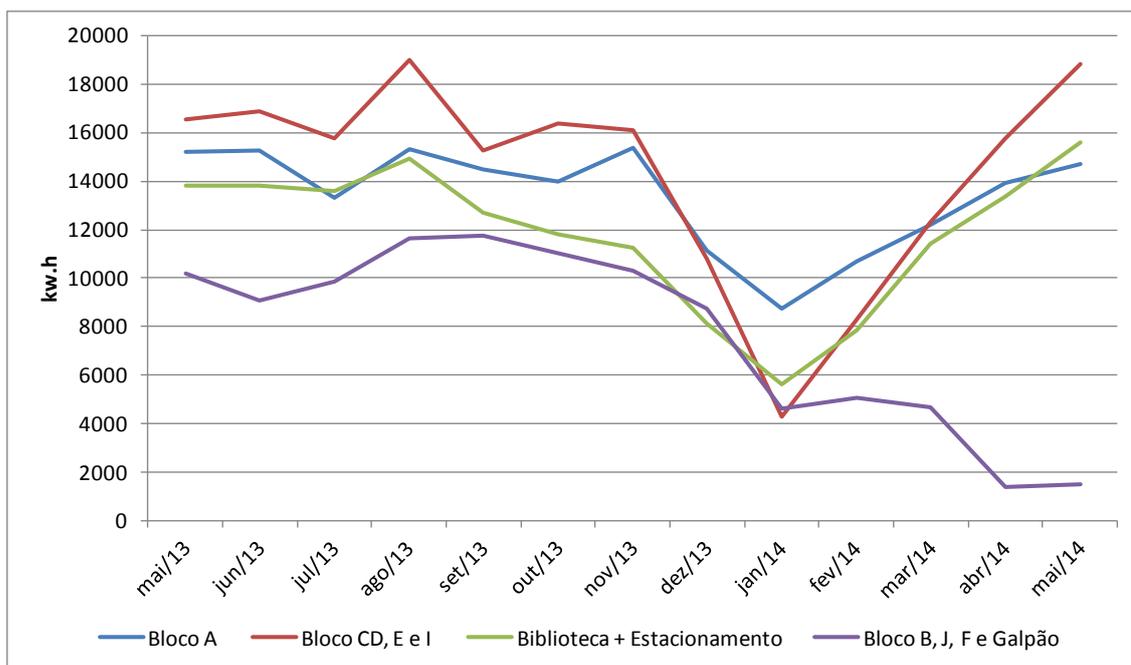


Figura 5 - Variação do consumo energético por edificação do Campus Universitário

Observa-se que durante o ano, o consumo da instituição varia em função do período das atividades realizadas. Durante os meses de janeiro e fevereiro e parte do mês de dezembro, o consumo diminui em função do período de recesso das aulas. Apenas o bloco A mantém o consumo mais elevado quando comparado com os outros blocos durante estes meses, em função das atividades administrativas e aulas do período de férias que são mantidas na edificação.

Anualmente, o Campus consome cerca de 560 MW.h, apresentando uma média mensal de 46.540 kWh. Os picos de demanda de potência ativa são em média próximos a 110 kW nos bloco CD e 90 kW no bloco A, na biblioteca e no estacionamento durante o período de aula. Já no recesso, esta demanda de potência ativa reduz para valores próximos a 35 kW, com exceção do estacionamento e biblioteca, os quais mantém o mesmo padrão de demanda.

Com base no levantamento preliminar de equipamentos e estimativa do período de uso dos mesmos, estimou-se que o percentual de consumo pelo sistema de iluminação corresponde a aproximadamente 60,4%, enquanto outros usos como de escritório, condicionamento ambiental representam a outra parcela. Deve-se realizar um levantamento minucioso para detalhar o consumo dos outros usos finais, colaborando para a realização de uma auditoria completa e oportunizando outras melhorias na questão de eficiência energética do Campus Universitário.

7.2 Sistemas de iluminação

Para elaboração de cenários de eficiência energética em iluminação optou-se pela análise em 3 edificações (bloco A, bloco CD e biblioteca), além de uma área externa correspondente ao estacionamento.

7.2.1 Bloco A

7.2.1.1 Características Arquitetônicas

O Bloco A consiste em um edifício com 2 pavimentos por onde estão distribuídos 92 ambientes, contando com salas de aula, auditório, laboratórios de ensino e pesquisa, laboratórios de informática, salas administrativas, sala de professores, banheiros, entre outras. Sua área total corresponde a 6.360 m² e possui uma modulação com um corredor central de circulação e salas nos setores norte e sul da edificação. A edificação possui um pé direito estrutural de 3,2 metros e apresenta uma arquitetura racional com formas retangulares, possuindo tetos e paredes na cor branca, com exceção de algumas salas de aula, cuja coloração das paredes é esverdeada.

7.2.1.2 Descrição do Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação é composto majoritariamente por luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T12 de 100 W e em menor quantidade luminárias de 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 40W conforme mostra a Figura 6.

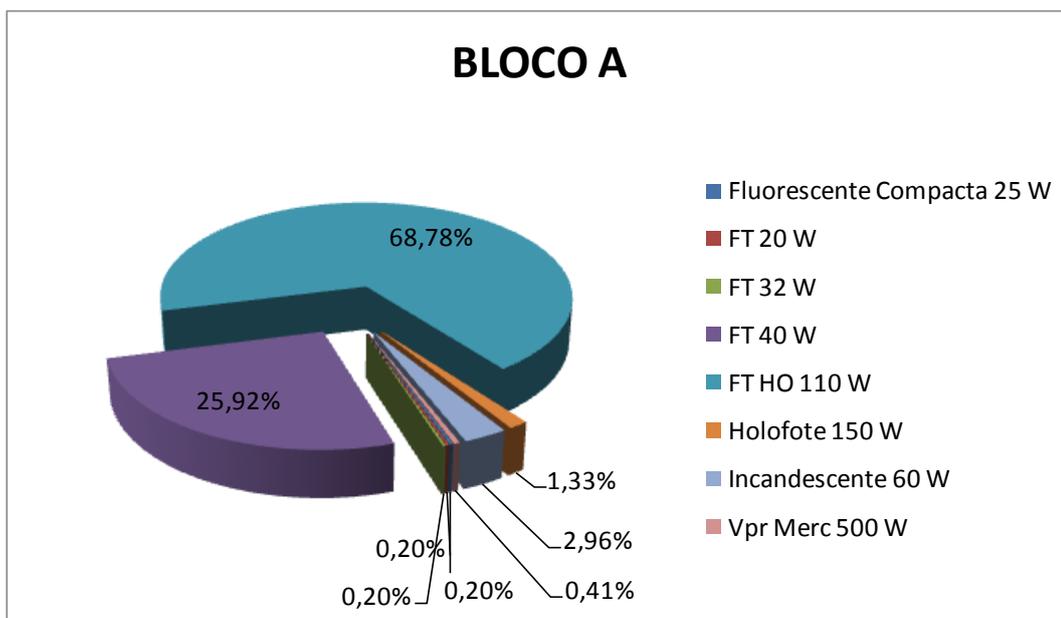


Figura 6 - Percentual referente à quantidade de cada tipo de lâmpada na edificação

Por se tratar da edificação mais antiga do Campus Universitário, a maioria das luminárias não possuem refletores, gerando um desperdício do fluxo luminoso. A iluminação é mantida ligada de forma variável durante o período de atividades na edificação, sendo que em algumas salas como secretarias, corredores e banheiros, o período de uso é de 12 horas, correspondente ao intervalo das 7:30 às 11:30 e das 13:30 às 22:30. Na maioria dos ambientes, ou seja, laboratórios e salas de aula, as lâmpadas são utilizadas das 19:00 às 22:30. Exemplos do sistema de iluminação são apresentados na Figura 7.



Figura 7 - Fotos do sistema de iluminação do prédio correspondente ao Bloco A.

7.2.1.3 Medições de Iluminação

As medições de iluminância foram realizadas em vários ambientes com tamanhos de áreas distintos, buscando uma amostra dos diferentes espaços da edificação. Os valores de iluminância média e a potência de iluminação das diferentes áreas estudadas foi comparada com os valores recomendados nas normas de iluminação e eficiência energética para edificações. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Comparação de iluminância e indicadores com normas de iluminação

Ambiente	Área (m ²)	Iluminância Média (Lux)	Iluminância Norma 8995 (Lux)	Potência Iluminação (W)	DPI (W/m ²)	DPI (W/m ²) ASHRAE	DPN (W/m ² .10 0lux)
Salas de Aula	80	596	500	1320	16,5	15	2,77
Corredores Ala Sul	150	124	100	480	3,2	5	2,58
Corredores Ala Oeste	230	171	100	560	2,4	5	1,42
Banheiros	30	210	200	240	8,0	10	3,81
Saguão Superior	202	221	100	880	4,4	5	1,97
Escada Interna	26	113	150	220	8,5	6	7,49
Laboratório Informática P	40	406	500	1320	33,0	11	8,13
Laboratório Informática G	115	520	500	1760	15,3	11	2,94
Laboratório	80	377	500	1320	16,5	11	4,38

Pesquisa e Ensino G							
Laboratório							
Pesquisa e Ensino P	27	656	500	440	16,3	11	2,48
Sala Professores	25	388	300	440	17,6	14	4,54
Secretaria	30	500	300	1320	44,0	14	8,80
Reprografia	34	735	500	660	19,4	14	2,64
Auditório	112	391	500	1980	17,7	10	4,52

No bloco A do campus Universitário, a maior parte dos ambientes avaliados atinge os valores de iluminância estabelecidos pela norma, com exceção da escadaria interna e laboratório de informática com a menor área. Destaca-se, entretanto, que os ambientes do bloco, com exceção das áreas de circulação (corredores e saguão) e banheiros, possuem um DPI maior que o recomendado por norma, devido principalmente a presença de luminárias com lâmpadas de tecnologia T12 de 100 W. Quando comparado os valores de DPN, este também encontra-se fora da faixa estabelecida para ambientes com iluminação eficiente, demonstrando o potencial para melhoria do sistema.

A Tabela 7 apresenta os indicadores calculados para a área total da edificação referente ao sistema de iluminação.

Tabela 7 - Indicadores energéticos do sistema de iluminação para o Bloco A

Indicador	Valor
Estimativa Consumo Total Anual pelo sistema de iluminação	95.254 kWh
Indicador por usuário de energia	76,31 W/usuário
Consumo anual em iluminação por área construída	14,97 kWh/ano/m ²
Potência média instalada em iluminação por número de interruptores	386 W/interruptores
Densidade de Potência de Iluminação	14,11 W/m ²

O consumo de energia para o sistema de iluminação no prédio do bloco A representa em média 59% do consumo total do prédio, equivalente a 95.254 kWh/ano. Apresenta uma média de 3 interruptores para salas com 6, 12 e 15 luminárias, representando cerca de 286W por interruptor. Na maioria dos ambientes, principalmente salas de aula, os interruptores ligam as lâmpadas de forma paralela, ocorrendo algumas situações que estas são ligadas alternadamente.

O indicador de Densidade de Potência de Iluminação para o prédio completo apresenta um valor de 14,11 W/m², próximo ao limite estabelecido pela norma ASHRAE, que é de 13 W/m² para edificações universitárias. Entretanto, quando a avaliação ocorre por cada ambiente, encontram-se várias áreas da edificação que estão em desacordo com o recomendado em normas, quer seja por apresentar um DPI mais elevado ou áreas com iluminância média insuficiente às atividades requeridas.

7.2.1.4 Cenários de conservação de energia e readequação do sistema de iluminação

Como proposta para redução do consumo de energia elétrica em iluminação na edificação correspondente ao bloco A, foram propostos duas opções de *retrofit*: A) substituição de luminárias e lâmpadas fluorescentes de 110W por lâmpadas de 73W; e B) substituição de lâmpadas dos corredores e banheiros de 40W para 25W.

Para verificar se os cenários propostos mantêm o nível de iluminância descrito em norma, ambientes com maior utilização por alunos e funcionários como salas de aula, laboratórios e corredores, foram avaliados através do software DIALux. A

Figura 8 apresenta dois modelos utilizados.

Para avaliação dos ambientes, considerou-se um fator de manutenção de 0,8 relativo à depreciação do fluxo luminoso e sujeira nas lâmpadas. As refletividades utilizadas foram:

- Salas de Aula, salas em geral e laboratórios: Teto 88%, paredes 61% e chão 52%.
- Corredores: Teto 70%, paredes 85% e chão 26%.



Figura 8 - Modelos dos ambientes utilizados para análise no DIALux.

A Tabela 8 apresenta os parâmetros e características do sistema atual, enquanto a Tabela 9 contém informações do sistema de iluminação proposto.

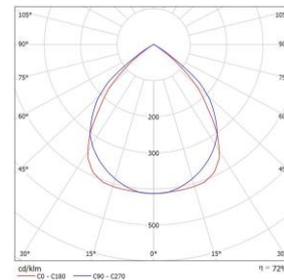
Tabela 8 - Parâmetros do Sistema de iluminação atual

Código Comercial	TLTRS110W-ELD-NG	TLTRS40W-ELD-25
Potência (W)	110	40
Tipo de Luminária	Sobrepor sem refletor e aletas	Sobrepor sem refletor e aletas
Base	R17D	G13
Temperatura de Cor (K)	5.000	5.000
Fluxo luminoso (lm)	7.600	2.600
Eficiência Luminosa (lm/W)	69	65
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	70	70
Vida Mediana (horas)	7.500	7.500
Ø(mm)	33,5	33,5
Comprimento (mm)	2385,2	1214
Quantidade lâmpadas	674	254
Potência do Reator	15	12
Quantidade de reatores	337	127

Fonte: PHILIPS, 2014

Tabela 9 - Parâmetros do Sistema de iluminação utilizados no *retrofit*

	<i>Retrofit A</i>	<i>Retrofit B</i>
Código Comercial	TL5-73W-ECO/840	TL5-25W-ECO/840
Potência (W)	73	25
Tipo de Luminária	Sobrepor sem refletor e aletas	Sobrepor com refletores de alumínio
Base	G5	G5
Temperatura de Cor (K)	4.000	4.000
Fluxo luminoso (lm/W)	6.150	2.450
Eficiência Luminosa (lm/W)	99	114
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	85	85
Vida Mediana (horas)	24.000	24.000
Ø (mm)	17	17
Comprimento (mm)	1463,2	1163,2
Quantidade	674	254
Potência do Reator (W)	12	7
Eletrônico HF-R TD 280 TL5/PLL EII		
Quantidade de Reatores	337	127



Fonte: PHILIPS (2014b); OSRAM (2014b); TASCHIBRA (2015)

Os resultados de simulação no DIALux para os ambientes simulados foram satisfatórios, proporcionando que o sistema novo de iluminação estivesse adequado conforme as normas cujos valores são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Iluminância e indicadores do *retrofit*

Ambientes	Salas de Aula	Corredores
E _m (Lux)	602	210
DPI (W/m ²)	12,88	3,67
DPN (W/m ² /100lux)	2,14	1,74
Potência (W)	1032	330

7.2.1.5 Avaliação econômica

Para a análise econômica foi considerado o *retrofit* de todas as luminárias e lâmpadas do prédio. Os custos associados à substituição, considerando apenas valores de equipamentos, sem contar mão de obra, são apresentados na Tabela 11, enquanto os resultados da avaliação econômica considerando os dois *retrofit* são apresentados na Tabela 12.

Tabela 11 - Custos associados ao *retrofit* do sistema de iluminação

Custo (R\$)	<i>Retrofit</i> A - Lâmpadas 110W para 73W	<i>Retrofit</i> B - Lâmpadas 40W para 32W	Total
Lâmpadas	R\$ 14.679,72	R\$ 1.714,50	R\$ 16.394,22
Reatores	R\$ 8.762,00	R\$ 2.413,00	R\$ 11.175,00
Luminárias	R\$ 13.480,00	R\$ 6.731,00	R\$ 20.211,00
Total	R\$ 36.921,72	R\$ 10.858,50	R\$ 47.780,22

Tabela 12 - Avaliação econômica da substituição de lâmpadas

Método	<i>Retrofit</i> A	<i>Retrofit</i> B	<i>Retrofit</i> A e B
VPL	R\$ 17.229,85	-R\$ 2.535,94	R\$ 14.693,91
TIR	23%	6%	19%
<i>Pay-back</i> (anos)	3,85	7,37	4,32
RCB	0,68	1,30	0,76
CCE (R\$/kWh)	0,39	0,11	0,50

O *retrofit* A apresenta os melhores indicadores de avaliação econômica, com exceção do Custo de Energia Economizada, já que a troca de equipamentos tem um custo maior neste cenário. Quando aplicado somente o cenário de *retrofit* B, tem-se um VPL negativo, com TIR de 6% abaixo da TMA, não sendo viável sua aplicação. Ao realizar os dois processos de substituição, os valores são diluídos, criando um cenário com VPL positivo após os 10 anos e *pay-back* menor que 5 anos, tornando o investimento atrativo, uma vez que possui um relação

custo-benefício inferior a 0,8. Ao final do período de 10 anos, a substituição das lâmpadas permite uma redução de consumo de 27.642 kWh/ano.

7.2.2 Bloco CD

7.2.2.1 Características Arquitetônicas

A edificação do bloco CD consiste em dois edifícios com 4 pavimentos, unidos por um corredor principal. Neste bloco estão distribuídos 116 ambientes, contando com salas de aula, Materioteca, laboratórios de ensino e pesquisa, laboratórios de informática, salas administrativas, sala de professores, banheiros, entre outras. Sua área total corresponde a 11.168 m² e está modulado da mesma maneira que o bloco A, com corredor central de circulação e salas nos setores norte e sul da edificação. A edificação possui um pé direito estrutural de 3,5 metros e apresenta ambientes em formato retangular, possuindo tetos e paredes na cor branca.

7.2.2.2 Descrição do Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação é composto principalmente por luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares TLD Extra Luz do Dia de 32 W, representando cerca de 78% do total de lâmpadas da edificação, e em menor quantidade luminárias de 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 40W conforme mostra a Figura 9.

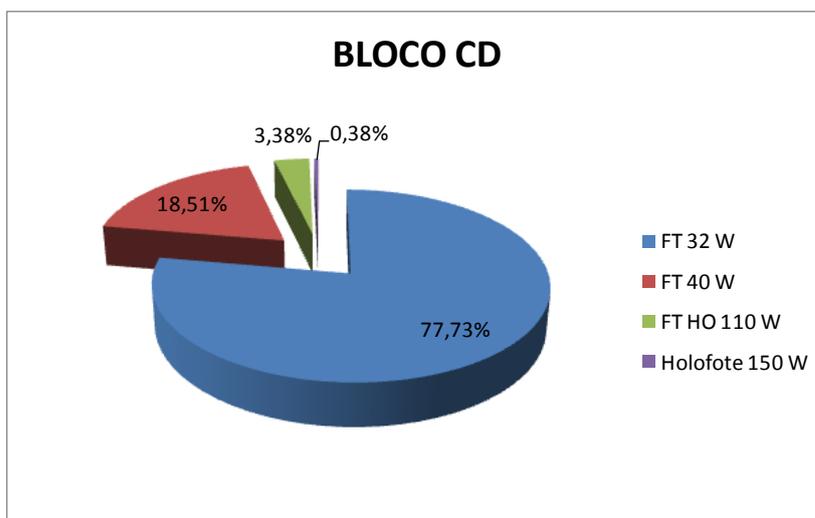


Figura 9 - Percentual referente à quantidade de cada tipo de lâmpada na edificação

A edificação apresenta tipos de luminárias variáveis, com cada ambiente apresentando peculiaridades distintas. Na maioria dos ambientes como salas de aula, corredores, salas administrativas, laboratórios e banheiros possuem as luminárias instaladas com distanciamento de 0,60 metros do teto, sendo boa parte com refletores em alumínio e em salas

mais antigas sem a presença desta peça. A iluminação é mantida ligada apenas no período de aula noturno que corresponde das 19:00 às 22:30. No período diurno apenas as salas administrativas e de secretaria permanecem ligadas na parte da tarde. Exemplos do sistema de iluminação são apresentados na Figura 10.



Figura 10 - Fotos do sistema de iluminação do prédio correspondente ao Bloco CD.

7.2.2.3 Medições de Iluminação

Da mesma forma que o bloco A, as medições de iluminância foram realizadas em vários ambientes com tamanhos de áreas distintos, buscando uma amostra dos diferentes espaços da edificação. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 13. Na Tabela 14 são apresentados os indicadores energéticos do sistema de iluminação do bloco CD.

Tabela 13 - Comparação de iluminância e indicadores com normas de iluminação

Ambiente	Área (m ²)	Iluminância Média (Lux)	Iluminância Norma 8995 (Lux)	Potência Iluminação (W)	DPI (W/m ²)	DPI (W/m ²) ASHRAE	DPN (W/m ² .10 0lux)
Saguão	108	341	100	896	8,3	5,0	2,43
Secretaria	35	384	300	384	11,0	14,0	2,86
Banheiros	22	235	200	128	5,8	10,0	2,48
Escada	45	86	150	64	1,4	6,0	1,65
Sala de Desenho	90	769	750	960	10,7	15,0	1,39
Sala Professores	35	405	300	320	9,1	14,0	2,26
Laboratório de Informática	90	421	500	1200	13,3	15	3,17
Sala de Aula Pequena	60	463	500	720	12,0	15,0	2,59
Sala de Aula Grande	90	355	500	960	10,7	15,0	3,00
Corredores	200	363	100	960	4,8	5,0	1,32
Materioteca	80	523	500	896	11,2	15,0	2,14

Tabela 14 - Indicadores energéticos do sistema de iluminação para o Bloco CD

Indicador	Valor
Estimativa Consumo Total Anual	79.610 kWh
Indicador por usuário de energia	76,31 W
Consumo anual em iluminação por área construída	7,13kWh/ano/m ²
Potência média instalada em iluminação por número de interruptores	274 W
Densidade de Potência de Iluminação	8,5 W/m ²

O consumo de energia para o sistema de iluminação no prédio do bloco CD é estimado aproximadamente a 79.610 kWh/ano. Apresenta uma média de 3 interruptores para salas com 6, 12 e 15 luminárias, representando cerca de 274 W por interruptor. Em algumas salas há 5 interruptores, um para cada trio de luminárias. Entretanto, na maior parte das salas, os interruptores ligam as lâmpadas de forma paralela, ocorrendo algumas situações que estas são ligadas alternadamente.

O indicador de Densidade de Potência de Iluminação para o prédio completo apresenta um valor de 8,5 W/m², muito abaixo ao limite estabelecido pela norma ASHRAE, que é de 13 W/m² para edificações universitárias. Entretanto, assim como ocorre no bloco A, quando a avaliação ocorre por cada ambiente, encontram-se várias áreas da edificação com DPI elevado, ou níveis de iluminância insuficientes, proporcionando possibilidades de readequação do sistema.

7.2.2.4 Cenários de conservação de energia e readequação do sistema de iluminação

Nesta edificação foram sugeridos dois cenários de substituição de lâmpadas, comparando-as entre si a viabilidade econômica para conservação de energia:

a) *Retrofit* das luminárias e lâmpadas tubulares de 40W por lâmpadas tubulares de LED de 24 W;

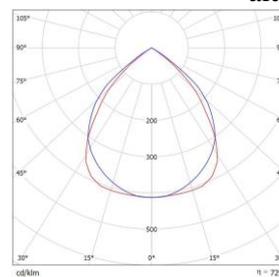
b) *Retrofit* lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W por fluorescentes de 25W.

Outro cenário, com substituição de todas as lâmpadas de 32W por LED e tubulares fluorescentes de 25W foi elaborado. Entretanto, a troca de todas as lâmpadas não trouxe grandes benefícios quando comparados aos custos, sendo que o retorno financeiro calculado superou os 20 anos.

A Tabela 15 apresenta os parâmetros do sistema de iluminação atual e propostos nos cenários de substituição de lâmpadas.

Tabela 15 - Parâmetros do Sistema de iluminação atual e propostos

	Sistema de iluminação atual	Retrofit A	Retrofit B
Código Comercial	TLTRS40W-ELD-25	Tubular T8 LED	TL5-25W-ECO/840
Potência (W)	40	24	25
Tipo de Luminária	Sobrepor com refletores em alumínio	Sobrepor com refletores em alumínio	Sobrepor com refletores de alumínio
Base	G13	G13	G5
Temperatura de Cor (K)	5.000	4000	4.000
Fluxo luminoso (lm)	2.600	2520	2.450
Eficiência Luminosa (lm/W)	65	105	114
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	70	80	85
Vida Médiana (horas)	7.500	40.000	24.000
Ø (mm)	33,5	26	17
Comprimento (mm)	1214	1214	1163,2
Quantidade	486	486	486
Potência do Reator (W)	12	-	7
Eletrônico HF-R TD 280 TL5/PLL EII			
Quantidade de Reatores	243	-	243



Fonte: PHILIPS (2014b); OSRAM (2014b); TASCHIBRA (2015)

Para avaliação dos ambientes, considerou-se um fator de manutenção de 0,8 relativo à depreciação do fluxo luminoso e sujeira nas lâmpadas. As refletividades utilizadas foram:

- Salas de Aula e laboratórios: Teto 88%, paredes 61% e chão 52%;
- Sala de desenho: Teto 70%, paredes 85% e chão 26%;
- Escadas: Teto 70%, paredes 85% e chão 26%;

A Figura 11 apresenta alguns dos modelos utilizados na simulação, o qual foi elaborado mantendo-se o número atual de luminárias em cada sala, enquanto a Tabela 16 contém resultados obtidos com o software DIALux.



Figura 11 - Modelos dos ambientes utilizados para análise no DIALux

Tabela 16 - Iluminância e indicadores do *retrofit*

	Ambientes	Salas de Desenho	Salas de Aula	Escadas	Laboratório de Informática
<i>Retrofit A</i>	E_m (Lux)	373	502	23	462
	DPI (W/m ²)	5,84	4,67	3,54	9,61
	DPN (W/m ² /100lux)	1,57	1,07	15,43	2,08
	Potência (W)	450	440	96	384
<i>Retrofit B</i>	E_m (Lux)	443	517	27	548
	DPI (W/m ²)	10,71	9,17	4,06	11,01
	DPN (W/m ² /100lux)	2,42	1,77	14,90	2,01
	Potência (W)	825	825	110	440

Os resultados de simulação demonstram que alguns dos ambientes não apresentaram os níveis de iluminância exigidos em norma como as salas de desenho e escadas, mantendo o mesmo número de luminárias e substituindo a tecnologia de lâmpadas. Destaca-se, porém que a mudança nos níveis de refletância dos ambientes pode alterar consideravelmente os indicadores, sendo necessário a avaliação específica de cada ambiente.

7.2.1.5 Avaliação econômica

Para a análise econômica foi considerado o *retrofit* de todas as luminárias e lâmpadas do prédio, com exceção das salas de desenho que não atingiram o nível de iluminância requerido em norma. Os custos associados à substituição, considerando apenas valores de equipamentos, sem contar mão de obra, são apresentados na Tabela 17, enquanto os resultados da avaliação econômica considerando os dois *retrofits* são apresentados na Tabela 18.

Tabela 17 - Custos associados ao *retrofit* do sistema de iluminação

Custo	<i>Retrofit A</i>	<i>Retrofit B</i>
Lâmpadas	R\$ 43.740,00	R\$ 3.280,50
Reatores	R\$ -	R\$ 4.617,00
Luminárias	R\$ -	R\$ 12.879,00
Total	R\$ 43.740,00	R\$ 20.776,50

Tabela 18 - Avaliação econômica da substituição de lâmpadas

Método	Cenário A	Cenário B
VPL	-R\$ 29.047,76	-R\$ 7.002,52
TIR	-8%	3%
<i>Pay-back</i> (anos)	16,82	8,52
RCB	2,98	1,51
CCE (R\$/kWh)	2,03	1,96

A vantagem da lâmpada tubular de LED encontra-se no fato da possibilidade de manter a mesma luminária. Porém o custo de uma lâmpada LED no mercado ainda se encontra muito elevado quando comparado às lâmpadas fluorescentes tubulares. Dessa forma, o cenário A apresenta um elevado investimento inicial, sendo necessário mais de 15 anos para recuperar o investimento. O cenário B é menos pessimista, mas de acordo com os indicadores avaliados também apresenta VPL negativo tornando o investimento não atrativo, ainda que possa ser economizado aproximadamente 8.000 kWh/ano. A longo prazo é possível obter retorno, porém torna-se arriscado já que novas tecnologias com melhor eficiência começam a ser implantadas reduzindo os custos das existentes.

7.2.3. Biblioteca

7.2.3.1 Características Arquitetônicas

A edificação da biblioteca possui três pavimentos com uma área de 1540 m² e uma taxa de ocupação de apenas 46%, referente aos pavimentos 2 e 3 que são os mais utilizados, onde estão localizadas as salas de estudo, área de consulta e prateleiras com o acervo bibliográfico. Neste bloco estão distribuídos 22 ambientes, contando com salas de estudo, saguão, recepção, área do acervo e banheiros. Os dois pavimentos superiores são divididos em um salão de estudo e salas menores para grupos. O ambiente possui paredes e tetos na cor branca, com pé direito estrutural de 4,0 metros, sendo que a maior parte das paredes possui janelas de vidro, com exceção da área onde está localizado o acervo.

7.2.3.2 Descrição do Sistema de Iluminação

Como mostra a Figura 12, cerca de 90% do sistema de iluminação é composto por luminárias com aletas refletoras que possuem uma lâmpada fluorescente tubular de 32W.

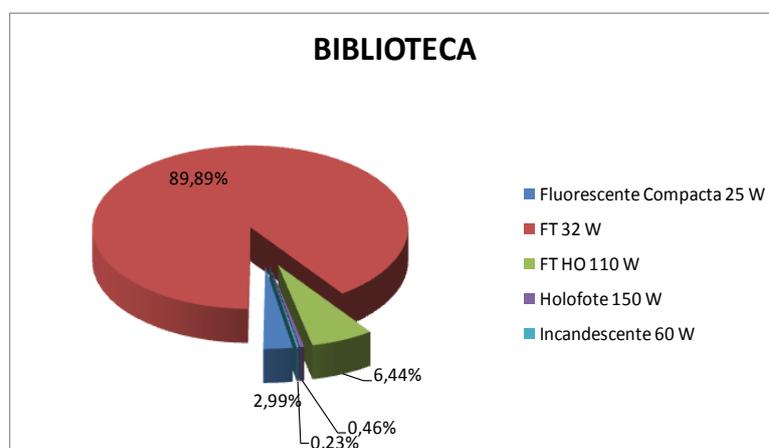


Figura 12 - Percentual referente à quantidade de cada tipo de lâmpada na edificação

Na maioria dos ambientes da biblioteca as luminárias estão instaladas com distanciamento de 1 metro do teto. A iluminação é mantida ligada 12 horas por dia, correspondente ao período entre 7:30 às 22:30, com intervalo no horário do almoço, quando a biblioteca é fechada. Apesar de possuir janelas com vidros na maioria dos ambientes dos pavimentos 2 e 3, a iluminação natural é pouco utilizada. Imagens do sistema de iluminação desta edificação são apresentadas na Figura 13.



Figura 13 - Fotos do sistema de iluminação do prédio correspondente à biblioteca.

7.2.3.3 Medições de Iluminação

Como a biblioteca mantém o sistema de iluminação ligado no período diurno e noturno, foram realizadas duas medições em diferentes ambientes da edificação durante o dia e à noite. Na Tabela 19 encontram-se os valores de iluminância média total das áreas selecionadas e a participação da iluminação natural em relação ao total. Na Tabela 20 , encontram-se os resultados dos indicadores energéticos da edificação.

Tabela 19 - Comparação de iluminância e indicadores com normas de iluminação

Ambiente	Área (m ²)	Iluminância Média Total (Lux)	Iluminância Média (lux) Diurno	% Iluminação Natural	Iluminância Média (Lux)	Iluminância Norma 8995 (Lux)
Saguão	57	1233	936	75,89	297	100
Área de Consulta e leitura	80	1516	1085	71,56	431	500
Estantes do Acervo	281	648	40	6,12	609	200
Banheiros	14	306	20	6,54	286	200
Sala de Estudo	13	2964	2450	82,66	514	500
Escada	20,5	1679	1400	83,40	279	150
Recepção	18	848	629	74,12	220	300

Ambiente	Área (m ²)	Potência Iluminação (W)	DPI (W/m ²)	DPI (W/m ²) ASHRAE	DPN (W/m ² .100lux)
Saguão	57	512	9,0	5,0	3,02
Área de Consulta e leitura	80	1088	13,6	13,0	3,15
Estantes do Acervo	281	4128	14,7	18,0	2,41
Banheiros	14	64	4,6	10,0	1,60
Sala de Estudo	13	128	9,8	13,0	1,92
Escada	20,5	64	3,1	6,0	1,12
Recepção	18	192	10,7	13,0	4,86

Tabela 20 - Indicadores energéticos do sistema de iluminação para o prédio da biblioteca

Indicador	Valor
Estimativa Consumo Total Anual	25.839kWh
Indicador por usuário de energia	76,31 W
Consumo anual em iluminação por área construída	16,78 kWh/ano/m ²
Potência média instalada em iluminação por número de interruptores	274 W
Densidade de Potência de Iluminação	10,6 W/m ²

7.2.3.4 Cenários de conservação de energia e readequação do sistema de iluminação

Para a edificação da biblioteca foi simulado um cenário de *retrofit* semelhante ao bloco CD, com substituição de lâmpadas Tubulares 32W por LED Tubular de 24W nas áreas de acervo as quais são mantidas ligadas por um período de 12 horas diário. A opção por LED se deu em função da possibilidade de manter a mesma luminária, já que estas lâmpadas possuem o mesmo tamanho e base que as atuais lâmpadas fluorescentes. Para simulação no DIALux utilizou-se as seguintes refletâncias: Teto 70%, paredes 85% e chão 32%, aplicando 0,8 como coeficiente de manutenção. A Figura 14 apresenta o modelo simulado para as áreas de acervo, onde se encontra o maior número de lâmpadas.

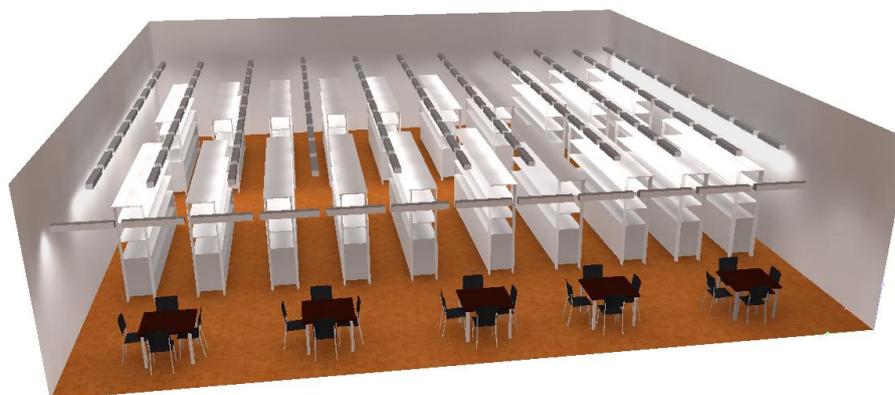


Figura 14 - Modelo de simulação no DIALux da área de acervo da biblioteca

A Tabela 21 apresenta os parâmetros do sistema de iluminação atual e propostos nos cenários de substituição de lâmpadas.

Tabela 21 - Parâmetros do Sistema de iluminação atual e propostos

	Sistema de iluminação atual	Retrofit A
Código Comercial	TLDRS32W-CO-25	Tubular T8 LED
Potência (W)	32	24
Tipo de Luminária	Sobrepor com refletores em alumínio	Sobrepor com aletas refletoras em alumínio
Base	G13	G13
Temperatura de Cor (K)	4100	4000
Fluxo luminoso (lm)	2350	2520
Eficiência Luminosa (lm/W)	73	105
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	66	80
Vida Mediana (horas)	7.500	40.000
Ø (mm)	28	26
Comprimento (mm)	1214	1214
Quantidade	198	198
Potência do Reator (W) Eletrônico HF-R TD 280 TL5/PLL EII	12	-
Quantidade de Reatores	99	-

Fonte: PHILIPS (2014); OSRAM (2014); TASCHIBRA (2015)

A Tabela 22 apresenta os indicadores de iluminação da substituição de lâmpadas, sendo possível observar que o novo sistema produz uma iluminância dentro do estabelecido pela NBR 8995.

Tabela 22 - Iluminância e indicadores do *retrofit*

	Indicador/ Ambiente	Área de Prateleiras
<i>Retrofit A</i>	E_m (Lux)	217
	DPI (W/m ²)	10,43
	DPN (W/m ² /100lux)	4,05
	Potência (W)	2928

Outro cenário vantajoso é a utilização da luz natural nas salas de estudo, saguão e áreas de consulta. Estimou-se que mantendo as lâmpadas desligadas por aproximadamente 6 horas ao dia, é possível obter uma economia anual de 4.900 kWh. Para tanto é necessário a

redistribuição dos comandos de acionamento e capacitação aos funcionários para que participem no controle e economia do uso energético.

7.2.3.5 Avaliação econômica

A Tabela 23 apresenta os custos associados à modificação proposta enquanto a Tabela 24 mostra os resultados da avaliação econômica. Neste cenário o tempo de análise estabelecido foi de 12 anos.

Tabela 23 - Custos associados ao *retrofit* do sistema de iluminação

Custo	<i>Retrofit</i> A
Lâmpadas	R\$ 17.820,00
Reatores	R\$ -
Luminárias	R\$ -
Total	R\$ 17.820,00

Tabela 24 - Avaliação econômica da substituição de lâmpadas

Método	Cenário A
VPL	-R\$ 7.458,65
TIR	2%
<i>Pay-back</i> (anos)	10,65
RCB	1,72
CCE (R\$/kWh)	1,41

Os resultados demonstram um cenário de investimento não atrativo, com a TMA adotada em 12%. Com isso o valor de VPL apresenta-se negativo e o tempo de retorno é superior a 10 anos, momento que deverá ocorrer a troca de lâmpadas. Cabe destacar que a substituição de lâmpadas fluorescentes por tubulares LED pode ocorrer aos poucos, quando do término da vida útil de cada equipamento, possibilitando reduzir gasto com um *retrofit* completo.

7.2.4 Estacionamento

7.2.4.1 Características e sistema de iluminação

O estacionamento do Campus Universitário possui uma área de 6.336 m², com dimensões de 99m x 64m. O sistema de iluminação é composto por 28 postes de 11 metros de altura. Cada poste possui uma luminária de 4 pétalas com lâmpadas de vapor de sódio de 400W cada uma, totalizando 112 lâmpadas. A Figura 15 apresenta o sistema de iluminação em funcionamento, enquanto a Tabela 25 apresenta os valores medidos e comparados com a norma NBR 8995/2013.



Figura 15 - Sistema de iluminação do estacionamento do Campus

Tabela 25 - Comparação de iluminância e indicadores com normas de iluminação

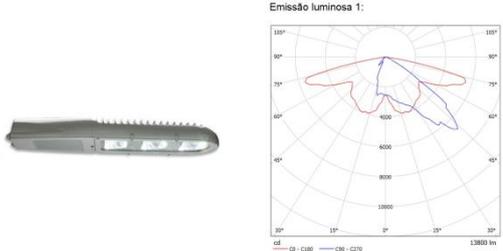
Ambiente	Área (m²)	Iluminância Média (Lux)	Iluminância Norma 8995 (Lux)	Potência Iluminação (W)
Estacionamento	6.336	30	75	44800

O consumo total anual estimado para a área do estacionamento é de 59.136 kWh. Além do consumo elevado, a tecnologia atual de iluminação não atinge os valores estabelecido por norma, sendo a iluminância média de 30 Lux, que corresponde apenas a 40% no nível estabelecido. Dessa forma, a substituição do sistema de iluminação deverá garantir o nível de iluminância.

7.2.4.2 Cenários de conservação de energia e readequação do sistema de iluminação

Para a área do estacionamento, sugeriu-se o *retrofit* das lâmpadas de vapor de sódio por sistema LED, cujas características dos sistemas são apresentados na Tabela 26. O principal benefício da utilização dos LEDs na iluminação pública é a sustentabilidade atrelada ao produto, com alta eficiência energética e baixo consumo, proporcionando uma redução de até 50% em comparação com sistemas convencionais, além da durabilidade proporcionada por uma longa vida útil e baixo nível de manutenção do sistema (PHILIPS, 2014c).

Tabela 26 - Parâmetros do Sistema de iluminação atual e propostos

	Sistema Atual	Sistema Proposto
Código Comercial	SON400W-N	ERS3
Potência (W)	400	118
Luminária	4 pétalas	Cobrahead Modular
		
Temperatura de Cor (K)	1.950	4.000
Fluxo luminoso (lm)	48.000	13.800
Eficiência Luminosa (lm/W)	120	117
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	25	-
Vida Mediana (horas)	24.000	50.000
Ø(mm)	122	-
Comprimento (mm)	290	-
Quantidade lâmpadas	112	88

Fonte: PHILIPS (2014); GE (2014)

A substituição das lâmpadas atuais pelo sistema LED foi simulada no software DIALux, a fim de que o novo sistema permitisse garantir uma iluminância média de 75 Lux, de acordo com a NBR 8995. Para isso, é necessário a readequação da localização dos postes, sendo estes organizados da forma como apresentado na Figura 16.

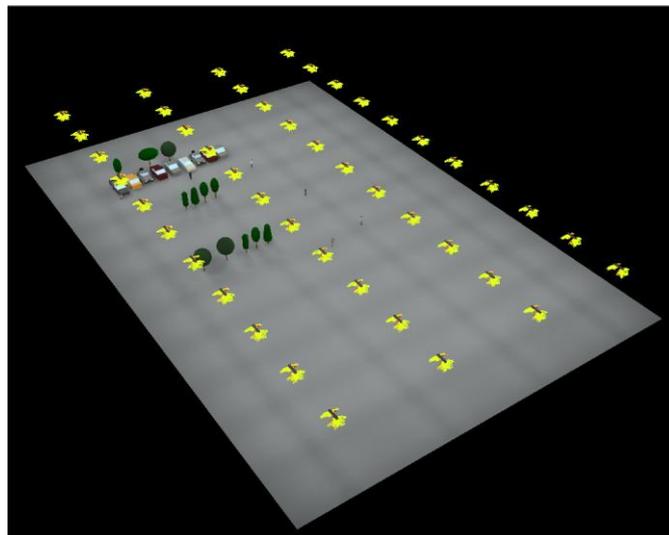


Figura 16 - Simulação do sistema de iluminação em LED no DIALux

7.2.4.3 Avaliação econômica

O custo total do novo sistema de iluminação com 44 postes e 88 luminárias com lâmpadas LED foi estimado em R\$189.200,00, garantindo uma economia em consumo de energia de 40.886 kWh/ano, gerando um benefício de R\$ 16.355,00 anuais. Os dados da avaliação econômica avaliados em um horizonte de 12 anos e taxa de atratividade de 12% são apresentados na Tabela 27.

Tabela 27 - Avaliação econômica da substituição de lâmpadas

Método	Cenário de <i>Retrofit</i>
VPL	-R\$ 87.894,73
TIR	1%
<i>Pay-back</i> (anos)	11,57
RCB	1,87
CCE (R\$/kWh)	5,59

O *retrofit* para lâmpadas de LED proposto não apresenta viabilidade econômica à taxa mínima de atratividade proposta, em função do elevado investimento inicial. São necessários mais de 11 anos para retorno do investimento, o qual apresenta uma TIR inferior a TMA, corroborando com o VPL negativo. Embora não seja um bom cenário de investimento, é importante destacar a grande redução do consumo energético. Dessa forma, pode-se ao longo do tempo substituir as lâmpadas estragadas por luminárias LED, distribuindo o custo de implantação ao longo dos anos.

7.3 Integralização dos resultados obtidos

Os cenários apresentados para cada edificação são resumidos na Tabela 28, demonstrando através da integralização dos dados, os investimentos e ganhos totais com as alternativas propostas. Este resumo dos dados mostra apenas os cenários que apresentaram os melhores indicadores econômicos em cada edificação ou área analisada.

Tabela 28 - Integralização dos resultados obtidos

Área de Estudo	Consumo Anual do Sistema de iluminação (kWh/ano)	Redução no consumo com <i>Retrofit</i> (kWh/ano)	Valor Anual gasto com iluminação	Valor a reduzir na conta de energia anualmente	% desperdício (ou redução do consumo) no sistema de iluminação	Custo do <i>Retrofit</i>
Bloco A	95.254	27.642	R\$ 38.101,60	R\$ 11.056,93	29,02%	R\$ 47.780,22
Bloco CD	79.610	6.501	R\$ 31.844,00	R\$ 2.600,29	8,17%	R\$ 20.776,50
Biblioteca	25.839	4.182	R\$ 10.335,60	R\$ 1.672,70	16,18%	R\$ 17.820,00
Estacionamento	59.136	40.886	R\$ 23.654,40	R\$ 16.354,40	69,14%	R\$ 189.200,00
Total	259.839	79.211	R\$ 103.935,60	R\$ 31.684,33	30,48%	R\$ 275.576,72

Para realizar todos as substituições propostas nos cenários, cerca de 1.724 lâmpadas fluorescentes para um sistema de menor consumo, é necessário um investimento na ordem de R\$ 275.576,72. Porém, estas substituições representam uma redução no consumo de energia elétrica correspondente a 79.211 kWh/ano, ou seja, 30,48% que atualmente é desperdiçado com equipamentos antigos e pouco eficientes. A ausência de projetos de benchmarking do setor educacional, dificulta a comparação de valores relacionados ao desperdício nos sistemas de iluminação destas áreas.

Considerando o *retrofit* total do Campus Universitário, realizou-se uma análise de sensibilidade do investimento a fim de fornecer maiores subsídios para a decisão do investidor no projeto definido. Segundo Hoji (1999), a incerteza e a falta de controle sobre a forma como os eventos irão influenciar o projeto no futuro são fatores que introduzem uma nova dimensão na análise de viabilidade. A Análise de Sensibilidade é uma ferramenta utilizada para tratar risco e incerteza, quando alguns componentes do fluxo de caixa estão sujeitos a certa margem de imprevisibilidade. Assim, ao invés de se ter um único resultado, ter-se-á um resumo dos resultados em função dos valores dos parâmetros dos problemas.

Nesta análise, levou-se em consideração a variação no preço da energia em kWh e mudanças na taxa mínima de atratividade, verificando os valores de TIR e VPL em relação às variações indicadas. Buscou-se, assim, verificar quão sensível é a variação do VPL em relação a variação de um dos componentes do fluxo de caixa, no caso o custo de energia a ser pago por kWh.

A Tabela 29 apresenta a variação da TIR e do payback em relação ao preço da energia para uma TMA de 12%.

Tabela 29 - TIR e Payback comparados ao preço da Energia

Preço Energia (R\$/kWh)	TIR	Payback
0,3	-3%	11,60
0,4	3%	8,70
0,5	7%	6,96
0,6	11%	5,80

Os resultados indicam que a TIR fica abaixo da TMA em todos os cenários, indicando que o investimento relacionado à substituição total não é atrativo, ainda que possa ter um tempo de retorno inferior a 12 anos. A Figura 17 apresenta a análise de sensibilidade dos valores de VPL em função da alteração da TMA e preço de energia.

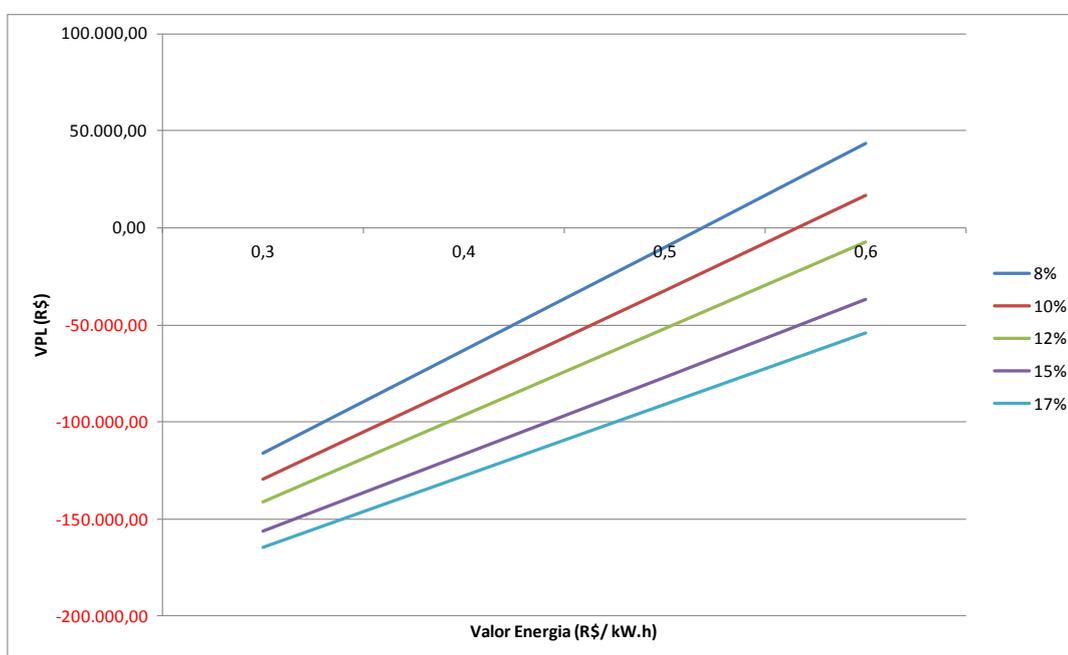


Figura 17 - Variação do VPL em função do preço da energia para diversas TMA

Observa-se que se o valor da energia se elevar e aplicados a taxas menores de TMA, o projeto de *retrofit* total se torna atraente, uma vez que, neste caso, o VPL passa a ser positivo, pois com valores mais elevados de energia, maior será o benefício ganho com a redução do desperdício.

Por não ser economicamente interessante a substituição total, pode-se estabelecer uma escala de prioridades de troca dos equipamentos, que poderia ser gradual, iniciando pelo bloco A, uma vez que com o valor economizado é possível pagar os equipamentos em 4,3 anos e posteriormente auxiliar nos *retrofits* das outras edificações do campus.

8. CONCLUSÕES

A aplicação parcial da metodologia de auditoria energética permitiu conhecer o comportamento energético das edificações do Campus Universitário estudado. Com levantamento do sistema luminotécnico da instituição, pode-se estimar os valores de consumo energético ligado a iluminação predial possibilitando criar oportunidades de eficiência energética no que concerne à conservação de energia.

Cabe destacar algumas dificuldades encontradas na realização do trabalho: como cada bloco não possui um relógio registrador de consumo, torna-se difícil analisar o percentual de consumo específico, sem a realização de uma auditoria detalhada. Dessa forma, faz-se necessária a complementação deste trabalho com levantamento mais criterioso de número e tipo de equipamentos, além do perfil de consumo, o qual é variável. Outra dificuldade associada à precisão das informações, está relacionada com os ambientes de cada bloco, os quais possuem dimensões diferentes. A análise deste trabalho foi realizada considerando uma amostragem de alguns ambientes. Porém, na situação real, cada edificação do Campus possui diversas características peculiares. Cita-se ainda, a variação nos custos dos equipamentos de diversas fontes de pesquisa, contribuindo para variação nos valores de investimento dos projetos e nos indicadores econômicos calculados.

Nas edificações estudadas foram propostos *Retrofits* no sistema de iluminação, o qual consiste na substituição de lâmpadas, luminárias, reatores e na automação do acionamento. Nas edificações como o prédio CD, biblioteca e no estacionamento, esta medida de substituição imediata das luminárias ou dos reatores não apresentou-se como uma alternativa economicamente viável, pois os benefícios gerados não compensam a curto prazo os custos para implantação dessas medidas. Apesar disso, se aplicadas as medidas propostas em conjunto nas edificações e espaços estudados pode-se chegar a uma economia de 79.211 kWh/ano, equivalente aproximadamente a metade do consumo anual do bloco A.

Para melhor aplicação de *retrofit* dos ambientes do Campus Universitário é importante que cada espaço seja avaliado com mais detalhe, estabelecendo outros cenários, como a substituição parcial das luminárias em áreas com maior necessidade de troca, ou mesmo substituição de cores de paredes, tetos e chão que permitam uma maior refletância, aumentando o nível de iluminação.

Além da substituição de lâmpadas, é importante que se utilize a iluminação natural em locais que seja possível, como algumas áreas da biblioteca. Associado a isso é importante que seja realizada a automação do acionamento, pois observou-se que algumas lâmpadas dos

corredores e dos banheiros ficavam acesas sem necessidade. Com a implantação de sensores de presença, essas lâmpadas só funcionarão quando for realmente necessário, promovendo uma redução considerável.

Por fim, estas medidas aplicadas em conjunto com educação e treinamento, proporcionarão a melhoria do sistema de iluminação do Campus Universitário, podendo ser replicadas em outras instituições, buscando a redução no consumo energético e gastos com energia elétrica.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALAJMI A. Energy audit of an educational building in a hot summer climate em **Energy and Buildings**, v47, pp.122-130, 2012.

ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**. ASHRAE Standard 90.1 –1989. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 2007.

ASHRAE. **Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings**, USA, 2011.

ASHRAE. **Standard 90.1-2007 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**, USA, 2007.

BENAVIDES. J. R. R. A auditoria energética como ferramenta para o aproveitamento do potencial de conservação da energia: o caso das edificações do setor educacional. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.136 p.

DUBOIS M.C., BLOMSTERBERG A. Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: A literature review em **Energy and Buildings**, v.43, pp.2572-2582, 2011.

ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.; PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – Classe Comercial – Alta tensão - Relatório Brasil - completo**. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2008.

ELEKTRO. Manuais Elektro de Eficiência Energética. Disponível em: <http://www.elektro.com.br/sustentabilidade/programa-de-eficiencia-energetica>. Acesso em: Dez. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Eficiência energética na indústria e nas residências no horizonte decenal (2010-2019)**. Rio de Janeiro, 2010.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica - 2014**. Rio de Janeiro, 2014.

GMBH. Software DIALux 4.12.0.1. Disponível em: <<http://www.dial.de/DIAL/de/dialux/download.html>>. Acesso em jan. 2015.

HORDESKI, M. Dictionary of Energy Efficiency Technologies. Lilburn, GA (Estados Unidos): The Fairmont Press, 2005.

HOJI, Masakazu Hoji. Administração financeira. Editora Atlas, São Paulo, 1999, 467 p.

INDUSPAR. **Revisão preços luminárias**. Disponível em: <http://www.induspar.com/>. Revisada em jan. 2015.

LEROYMERLIN. **Revisão preços reatores de lâmpadas fluorescentes**. Disponível em: <http://www.leroymerlin.com.br>. Revisada em jan. 2015.

MANGIAPELO, L. B. S. **Avaliação da eficiência energética em sistemas de iluminação predial: Estudo de casos em dois hipermercados na cidade de Campo Grande – MS**. Dissertação de mestrado - área de concentração de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais. Campinas, 2012.

MMA. Eficiência energética e conservação de energia. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/energia/eficiencia-energetica>. Acesso em: set. 2013.

MORALES, C. Indicadores de consumo de energia elétrica como ferramentas de apoio à gestão: classificação por prioridades de atuação na Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo, 2007. 101 p.

OSRAM. Otimização da iluminação com eficiência energética. Disponível em: <http://www.osram.pt/osram_pt/ferramentas-e-servicos/servicos/projectos-e-solucoes-osram/optimizaco-da-iluminaco-com-eficiencia-energetica/index.jsp>. Acesso em: Dez. 2014.

OSRAM (2014b). Catálogo de lâmpadas. Disponível em: <www.osram.com.br>. Acesso em: dez 2014.

PHILIPS (2014a). **Vá com eficiência energética**. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/lightcommunity/trends/green/switch.wpd>>. Acesso em: dez. 2014.

PHILIPS (2014b). Guia Prático Philips Iluminação. Lâmpadas, Reatores, Luminárias e LEDs. Disponível em: <http://www.lighting.philips.com.br/pwc_li/br_pt/connect/Assets/pdf/GuiaBolso_Sistema_09_final.pdf> . Acesso em: dez, 2014.

PHILIPS (2014c). Eficiência Energética do Parque do Ibirapuera. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/projects/parque-do-ibirapuera.wpd>>. Acesso em: dez 2014.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; FERGUS, N. A **Adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas**. Um guia de sobrevivência para o século XXI. Tradução de A. Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2009. 384p.

SALOMÃO, T. M., **Eficiência Energética: Projetos luminotécnicos em plantas industriais**. Dissertação de Mestrado - USP, São Paulo, 2010.

SAIDEL M.A., FAVATO L.B, MORALES C. **Indicadores energéticos e ambientais: Ferramenta importante na gestão da energia elétrica**, PURE USP, São Paulo, 2005.

TASCHIBRA. Catálogo de produtos luminotécnicos 2015. Disponível em: <www.taschibra.com.br/> . Acesso em: jan. 2015.

UFMS. Notas de aula da disciplina de Economias, Gestão e Auditorias de Energia. Curso de Especialização em Eficiência Energética. Universidade Federal de Santa Maria. 2014.

VIANA, A. N. C et. al. Eficiência energética: fundamentos e aplicações. 1ª ed. Elektro Universidade Federal de Itajubá, Excen, Fupai. Campinas - SP. 2012.

WANDER et al. Eficiência energética - um estudo de caso na indústria moveleira. In: Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR. 2007.

YAMAMURA LOJA ONLINE. **Revisão preços lâmpadas tubulares**. Disponível em: www.yamamura.com.br . Revisada em jan. 2015.