

# APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DO PROGRAMA DE ETIQUETAGEM PBE EDIFICA À FACULDADE DO GAMA – UNB

CAMILA C. MELO, LOANA N. VELASCO

*Faculdade do Gama, Universidade de Brasília*  
*St. Leste Projeção A - Gama Leste, Brasília - DF, 72444-240*  
E-mails: camila\_caetano@live.com; loana@unb.br

**Abstract**— The increasing energy demand and concerns over the depletion of natural resources has generated a number of governmental actions to contain the use of electrical energy and greater efficiency in production processes and services. Through these actions, the stamps and environmental certifications appear as alternatives to achieve the qualification of sustainable buildings in the domestic market. In this way, the aim of this study is to evaluate the level of energy efficiency in your current situation and after changes made in Faculdade do Gama-UnB. To reach the maximum level in the labeling program PBE Edifica was held to replace lighting simulation the light fixtures by more efficient and with the standard NBR ISO/CIE 8995 and, for those who do not own, it was proposed the replacement of air conditioning equipment to seal the Procel. Although investment has been high, the system is profitable. In the lighting system the return occurs from a year and a half while the air conditioning, in two years.

**Keywords**— Energy efficiency, Lighting, PBE Edifies, prescriptive method and air-conditioning.

**Resumo**— O crescente aumento da demanda energética e a preocupação com o esgotamento dos recursos naturais tem gerado diversas ações governamentais para contenção do uso de energia elétrica e uma maior eficiência nos processos produtivos e de serviços. Por meio dessas ações, os selos e as certificações ambientais surgem como alternativas para viabilizar a qualificação de prédios sustentáveis no mercado nacional. Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar o nível de eficiência energética em sua situação atual e comparar após mudanças propostas na Faculdade do Gama – UnB. Para alcançar o nível máximo no programa de etiquetagem PBE Edifica foi realizada simulação luminotécnica a fim de substituir as luminárias por mais eficientes e com atendimento à norma NBR ISO/CIE 8995 e, para aqueles que não possuem, foi proposta a substituição dos equipamentos de ar-condicionado para selo Procel A. Ainda que o investimento tenha sido elevado, o sistema é rentável. No sistema de iluminação o retorno ocorre a partir de um ano e meio enquanto que o de ar-condicionado, em dois anos.

**Palavras-chave**— Eficiência Energética, Luminotécnico, PBE Edifica, método prescritivo e ar-condicionado.

## 1 Introdução

As edificações são empreendimentos importantes por abrigar grandes empresas, centros comerciais, universidades e outros empreendimentos, de forma a gerar empregos, impostos e renda. Porém, há uma elevada geração de resíduos e emissão de gás carbônico na atmosfera, além de ser responsável por 45% do consumo total de energia elétrica do país (PROCEL INFO, 2016).

No Brasil, o Poder Público está entre os maiores consumidores de energia elétrica, representando 8,33% do consumo total pelas edificações. A iluminação e o sistema de ar condicionado são responsáveis por cerca de 70% do grande consumo nesses prédios (LAMBERTS, 2014).

Com a intenção de diminuir os consumos energéticos e tornar os edifícios mais sustentáveis, os segmentos da construção civil e arquitetura têm adotado o conceito de *Green Building* (Edifício Verde). O conceito de Edifício Verde é utilizado para denominar edifícios construídos ou modificados dentro dos padrões sustentáveis (PINHEIRO, 2006). Esses edifícios apresentam uma redução de até 30% de energia e liberam 35% a menos de gás carbônico que os edifícios convencionais e o custo de construção dos edi-

fícios sustentáveis é em torno de 1% a 7% maior (EY, 2013)

Tendo em vista o elevado consumo de energia elétrica dos prédios públicos e a importância de tornar as edificações mais sustentáveis e eficientes, este trabalho visa avaliar a eficiência energética de um dos campi da Universidade de Brasília, considerando os requisitos da certificação PBE Edifica, propondo melhorias e avaliando a viabilidade econômica de sua implementação. O campus Faculdade do Gama (FGA) foi escolhido por ser um campus tecnológico, abrigar cursos de engenharia como oportunidade de estudo, incentivo às boas práticas e servir de exemplo para outros edifícios públicos.

## 2 Eficiência Energética

As iniciativas para a adoção de medidas de eficiência energética em prédios públicos, recebem a atenção especial de diversos países pela sua importância em contribuir na redução das emissões que impactam o clima do planeta e pelo papel tecnológico estratégico que desempenham nas empresas num mercado cada vez mais competitivo e globalizado.

No Brasil, o Poder Público está entre os maiores consumidores de energia elétrica. De acordo com os dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2017), o consumo de energia elétrica no País em 2016 foi

próximo de 520 TWh. A parcela correspondente aos prédios públicos responde por aproximadamente 43,3 TWh, apresentando um consumo de energia de 8,33% do consumo total.

A iluminação e o sistema de ar condicionado são os responsáveis por cerca de 70% do grande consumo nesses prédios (LAMBERTS, 2014). Visto isso, o Procel criou o subprograma PBE Edifica, que contribuiu com uma significativa redução do consumo de energia nas edificações.

Conforme o Procel Edifica, estima-se um potencial de redução de consumo de aproximadamente 30% com a implementação de ações de eficiência energética nos sistemas de iluminação, ar condicionado e modificações na envoltória em edificações existentes. Este percentual se eleva para 50% em edificações novas (PROCEL INFO, 2016).

### 3 Certificações

O mercado tem exigido cada vez mais que os empreendimentos sejam mais sustentáveis, inclusive de forma condicional para as exigências de financiamentos e contratos públicos e privados. Com isso, têm surgido diversas ferramentas e formas de avaliar o nível de eficiência energética de edificações e recompensar os que obtiveram um bom desempenho por meio de certificações.

O Brasil gerou ferramentas de incentivo para o uso racional da energia elétrica, onde são classificadas as edificações em relação ao desempenho energético. O Procel Edifica e o PBE Edifica são um desses programas que, por meio de etiquetas, comprovam a eficiência energética da edificação.

A etiqueta é um selo de conformidade e atendimento aos requisitos de desempenho estabelecidos em normas e regulamentos técnicos. Para eficiência energética de uma edificação ou de um produto, são especificadas as classificações de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente), além de informar o consumo e eficiência do que está sendo analisado, denominada de Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (PBE EDIFICA, 2016).

Para avaliação dos quesitos necessários para classificação do nível de eficiência energética das edificações de edifícios comerciais, foi desenvolvido o documento Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Para avaliação dos edifícios comerciais, de prestação de serviço e públicos, são levados em conta três subsistemas: envoltória, condicionamento de ar e iluminação (PBE EDIFICA, 2017).

### 4 Iluminação

O uso eficiente de energia elétrica está relacionado a reduzir o consumo de energia nas instalações,

contribuir para uma economia sustentável e de baixo carbono, proporcionar bem-estar e conforto para os usuários aumentando a produtividade e ser um exemplo na busca pela sustentabilidade e contribuir para o desenvolvimento da sociedade à qual está inserida (LAMBERTS, 2014).

O estudo da utilização da iluminação artificial, seja em ambientes externos ou internos, é chamado de luminotécnica. Os projetos luminotécnicos devem ter como principal objetivo reduzir a potência instalada por meio da substituição de equipamentos com eficiência luminosa e vida útil maiores. No entanto, deve-se assegurar a qualidade da iluminação para cada atividade a ser desenvolvida nos locais, nível de iluminação adequada ao trabalho, luz uniforme em todos os planos de trabalho e implementação de sistemas de controle da iluminação.

A NBR ISO/CIE 8995-1 estipula a iluminância necessária para cada tipo de atividade desenvolvida no ambiente tendo como parâmetros a idade do observador, a velocidade e precisão exigida pela tarefa e as condições de refletância de fundo (ABNT, 2013).

As lâmpadas fornecem a energia luminosa que lhes é inerente com auxílio das luminárias, sustentáculos das lâmpadas, através das quais se obtém melhor distribuição luminosa, melhor proteção contra as intempéries, permitem ligação à rede, além de proporcionarem aspecto visual agradável e estético (COPEL, 2016). As lâmpadas de LED se destacam por possuir elevada eficiência luminosa e vida útil. Com isso, têm se utilizado a substituição das lâmpadas fluorescentes para lâmpadas de LED como medidas de sustentabilidade e economia de energia (EMPALUX, 2017).

### 5 Metodologia

Para alcançar o melhor desempenho energético no campus Faculdade do Gama – UnB, a metodologia utilizada para atingir maiores níveis de eficiência foram simulações luminotécnicas, trocas de luminárias, substituição de equipamento de ar-condicionado e aplicação do método prescritivo no estudo de caso em questão.

#### 5.1 Avaliação do nível de eficiência energética

Para avaliação do nível de eficiência energética dos edifícios, será aplicado o método prescritivo no software WebPrescritivo encontrado no site [www.labeee.ufsc.br/sites/default/webprescritivo/index.html](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/webprescritivo/index.html), do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina – LABEEE. Nele, é possível inserir os dados de envoltória, iluminação e ar-condicionado nas situações atuais e após mudanças realizadas.

## 5.2 Luminotécnico

Para adequação do sistema luminotécnico da FGA foi empregada uma sequência composta de três etapas:

1. Avaliação do sistema atual com luminárias que utilizam lâmpadas fluorescentes: após um levantamento por inspeção, fez-se uma avaliação dos ambientes sobre suas características físicas, os tipos de luminárias e lâmpadas utilizadas e suas quantidades.

2. Proposta de cenários de conservação de energia e melhoria da iluminação: com base nas dimensões do ambiente, nas condições de uso bem como as características da iluminância da norma NBR ISO-CIE 8995/2013, foram propostas trocas de luminárias considerando qualidade da iluminação, níveis de iluminação e fluxo luminoso, eficiência luminosa, dimensões da luminária e vida útil.

3. Simulação computacional com o software DIALux dos ambientes com as luminárias propostas: utilizando o software DIALux, programa de simulação luminotécnica, foi calculada a melhor distribuição de luminárias, definido locais de substituições de luminárias atualmente utilizadas por outras mais eficientes e atendido o nível de iluminação proposto para os diferentes ambientes e atividades de acordo com a NBR ISO-CIE 8995/2013.

## 5.3 Sistema de condicionamento de ar

Com o levantamento por inspeção nas instalações da FGA, foram identificados os locais que contenham equipamentos de condicionamento de ar e sua classificação segundo o selo Procel. Será proposto, após o levantamento, a substituição dos equipamentos de ar-condicionado que possuam selo Procel inferior ao nível A.

## 5.4 Análise Financeira

Feitas as avaliações e proposto as melhorias nos sistemas de iluminação e ar-condicionado, é identificado os custos de investimento para as substituições por equipamentos mais eficientes. A partir da simulação do consumo dos dois sistemas, o atual e o proposto, será possível realizar a análise econômica avaliando o tempo de retorno do investimento.

## 6 Resultados

O local escolhido como estudo de caso desse trabalho como dito anteriormente é a Faculdade do Gama da Universidade de Brasília – FGA/UnB. Foi escolhida por ser edificações de poder público que necessitam de um bom desempenho energético e por ser um campus de engenharia, servindo de oportunidade de estudo e incentivo às boas práticas além do alto consumo de energia devido ao sistema de iluminação e ar-condicionado.

A Faculdade UnB Gama é a extensão da Universidade de Brasília, está localizada às margens da DF-

480 da região administrativa do Gama, no Distrito Federal. O campus abriga cinco cursos da área de engenharia: aeroespacial, automotiva, eletrônica, energia e software.

É composta por dois prédios: Unidade Acadêmica (UAC) e Unidade de Ensino e Docência (UED). O prédio UAC possui dois andares, onde se situam as salas de aulas, laboratórios, biblioteca, auditório, banheiros, secretaria, CPD (Centro de Processamento de Dados), área de circulação e diversos ambientes para proporcionar conforto aos frequentadores. No UED encontram-se as salas dos professores, direção, sala de reuniões, diversos laboratórios e banheiros.

Para garantia do conforto térmico de alguns ambientes, foram instalados aparelhos de ar-condicionado sendo que 52% destes possuem selo Procel C, com alto consumo de energia elétrica. Já o sistema de iluminação é predominantemente utilizado lâmpadas fluorescentes tubulares, com baixa eficiência energética.

### 6.1 Avaliação do nível atual de eficiência energética da FGA

Para a análise das edificações considerando as instalações atuais de iluminação, ar-condicionado e envoltória, foi aplicado o método prescritivo apresentado no RTQ-C.

A análise do desempenho da envoltória descrita na tabela 1, foi realizada pela equipe do LACAM, da Faculdade de Arquitetura da UnB, com responsabilidade técnica da Professora Cláudia Amorim. Devido a análise ter sido realizada apenas para o prédio UAC, a simulação de envoltória abrange somente esse edifício.

Tabela 1 - Caracterização da Envoltória da UAC

Parâmetros	Valor
Área total do piso ( $A_{tot}$ )	6.416,95 m <sup>2</sup>
Área de projeção da cobertura ( $A_{pcob}$ )	3.369,15 m <sup>2</sup>
Área de projeção do edifício ( $A_{pe}$ )	3.220,20 m <sup>2</sup>
Área da envoltória ( $A_{env}$ )	9.631,27 m <sup>2</sup>
Volume Total ( $V_{tot}$ )	27.377,47 m <sup>3</sup>
Percentual de abertura nas fachadas ( $PAF_T$ )	0,18
Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS)	5,2303°
Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS)	1,3745°
Fator Solar (FS)	0,87
Transmitância Térmica das Paredes	2,21
Transmitância Térmica da Cobertura	0,39
Absortância das Paredes	0,41
Absortância da Cobertura	0,314

Fonte: Gonçalves (2013)

A consolidação dos dados levantadas de iluminação dos edifícios UAC e UED encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Consolidação dos dados levantados de Iluminação do UAC e UED

UAC			
Quantidade de Ambientes (unid.)	Área Iluminada Total (m <sup>2</sup> )	Quantidade das Luminárias (unid.)	Potência Total Instalada (W)
64	4.118,80	758	49.266
UED			
Quantidade de Ambientes (unid.)	Área Iluminada Total (m <sup>2</sup> )	Quantidade das Luminárias (unid.)	Potência Total Instalada (W)
129	3.287,56	557	40.100

Na tabela 3 são expostos a relação da potência total instalada na FGA e suas quantidades atuais do sistema de condicionamento de ar.

Tabela 3 - Relação da potência total instalada na FGA considerando situação atual

Capacidade (BTU/h)	Selo Procel	Quantidade (unid.)	Potência Atual por unidade (kW)	Potência Total Atual (kW)
7.000	A	1	2,059	2,059
9.000	A	6	2,647	15,882
9.000	C	2	2,991	5,982
12.000	A	14	3,529	49,412
12.000	B	1	3,759	3,759
12.000	C	2	3,988	7,976
18.000	B	1	5,638	5,638
24.000	C	12	7,976	95,718
30.000	A	3	8,824	26,471
30.000	C	2	9,971	19,941
30.000	D	3	10,544	31,632
30.000	E	1	11,118	11,118
60.000	D	1	21,088	21,088
60.000	E	1	22,235	22,235
<b>Total</b>				<b>318,912</b>

Após a simulação da envoltória e os sistemas individuais no software Webprescritivo, é possível determinar a classificação geral das edificações. A Tabela 4 apresenta a pontuação alcançada pelo UED e a UAC.

Tabela 4 - Classificação final dos edifícios UAC e UED – UnB.

Sistemas	UAC	UED
Envoltória	A	
Iluminação	B	B
Ar-condicionado	C	C
Geral	B	

Para que se alcance o nível máximo da etiqueta do PBE Edifica, deve-se melhorar os sistemas de iluminação e ar condicionado.

## 6.2 Luminotécnico

Atualmente, o sistema de iluminação da FGA possui cinco luminárias diferentes e para usos específicos, porém são lâmpadas fluorescentes e, no caso do pé-direito alto, vapor de metal. A Tabela 5 apre-

senta um resumo das luminárias instaladas nas edificações.

Tabela 5 - Relação da potência total instalada na FGA considerando situação atual

	Marca	Modelo	Tamanho (mm)	Potência (W)
Áreas Comuns	Itaim	2006	120x30	2x32
Salas de Aula	Itaim	2750	600x600	4x16
Banheiros	Itaim	Âmbar	Ø225	2x20
Auditório e MOCAP	Itaim	Hipnos	Ø245	2x20
Pé-Direito Alto	Itaim	4811	Ø430	250

Fonte: Adaptado de Itaim (2017)

Portanto, foi realizada simulação luminotécnica para substituir por luminárias LED, que possuem maior eficiência luminosa, e identificar a quantidade de luminárias necessárias em cada ambiente para que se atenda à norma de iluminação, a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

O DIALux, software utilizado para o estudo luminotécnico, produzido pela dinamarquesa DIAL GmbH, realiza cálculo e simulação computacional para projetos de iluminação. O software permite verificar a iluminância que determinada luminária terá no ambiente projetado em tabelas e gráficos.

O algoritmo da simulação utilizada para obtenção das iluminâncias de cada ambiente possui os 8 passos abaixo:

1. Importar a planta baixa em .dwg;
2. Definir área do ambiente a ser simulado;
3. Definir a altura total da edificação;
4. Selecionar e conferir as características da luminária a ser utilizada;
5. Distribuir luminárias no ambiente;
6. Simular o ambiente com as luminárias;
7. Verificar se atende à iluminância definida na norma e, caso não atenda, deve-se aumentar o número de luminárias no ambiente;
8. Verificar a uniformidade da iluminância no ambiente e, caso não fique uniforme, deve-se redistribuir as luminárias no ambiente.

As luminárias propostas para substituição às atuais e utilizadas na simulação são da empresa *BrightLux®* pois suas luminárias apresentam alta eficiência luminosa, cerca de 125 lm/W, atendem aos critérios da Qualidade da Energia: Distorção Harmônica Total de corrente (THD<sub>i</sub>) menor que 20% e fator de potência maior que 0,92 e apresentam melhor custo-benefício com essas características. A Tabela 6 apresenta as características dessas luminárias.

Tabela 6 - Características das luminárias propostas para substituição às atuais

Área utilizada	Áreas Comuns	Salas de Aula	Banheiros	Auditório e MOCAP	Pé-direito alto
<b>Modelo</b>	FLT8-EM-404-12030	FLP-EM-404-6060	DOWN-S-18X-B	DOWN-M-30X-B	IND-CP-1005
<b>Tam. (mm)</b>	1243x310	620x620	Ø225	Ø245	410x410
<b>Potência</b>	40	40	18	30	100
<b>Eficiência (lm/W)</b>	125	125	125	125	125
<b>THD</b>	<20%	<20%	<20%	<20%	<12%
<b>FP</b>	>0,92	>0,92	>0,92	>0,92	>0,97

.Fonte: Adaptado de BrightLux (2017)

Com as simulações luminotécnicas, houve uma redução de 256 luminárias e 43,23 kW instalado nas edificações.

### 6.3 Sistema de condicionamento de ar

Foi proposta a substituição dos 26 equipamentos de ar-condicionado que não possuem Selo Procel A, representados na tabela 3. A tabela 7 apresenta o quantitativo final dos aparelhos de ar condicionado após mudanças propostas.

Tabela 7 - Relação da potência total instalada na FGA considerando todos os equipamentos Selo Procel A

Capacidade	Selo Procel	Quantidade	Potência por unidade (kW)	Potência Total (kW)
7.000	A	1	2,059	2,059
9.000	A	8	2,647	21,176
12.000	A	17	3,529	60,000
18.000	A	1	5,294	5,294
24.000	A	12	7,059	84,706
30.000	A	9	8,824	79,412
60.000	A	2	17,647	35,294
Total				287,941

A partir das substituições, haverá uma redução de aproximadamente 31kW

### 6.4 Redução do consumo de energia elétrica após mudanças realizadas

A partir das simulações e com a utilização de luminárias mais eficientes, foram reduzidas as potências instaladas nos ambientes e, em alguns casos, a quantidade de luminárias. Outro motivo para a redução no consumo de energia, deve-se pela substituição dos equipamentos de ar-condicionado por aparelhos mais eficientes.

A FGA, por apresentar consumo acima de 500 kWh, se enquadra na modalidade tarifária de média tensão – nesse caso, Horossazonal Verde – e pertence ao subgrupo A4 – Poder Público. De acordo com a CEB (2017), o valor do consumo no horário de ponta

é R\$1,50, tarifa considerada na simulação de consumo.

Para a análise do sistema de iluminação, foi considerado que todos os ambientes da FGA, nos meses de período letivo, março a junho e agosto a dezembro, funcionem oito horas por dia de segunda à sábado e nos meses considerados de férias, janeiro, fevereiro e julho, o funcionamento seja de apenas quatro horas de segunda à sexta. Após as mudanças, foi possível constatar que houve uma redução de 85,069MWh/ano e R\$127.425,56 por ano.

Enquanto que, para a análise no sistema de condicionamento de ar, foi considerado o funcionamento de todo o sistema durante seis horas por dia de segunda à sábado e nos meses de férias, o funcionamento de apenas duas horas de segunda à sexta. Por conta da substituição por equipamentos mais eficientes, houve uma redução de 43,8 MWh/ano e R\$65.689,98 por ano.

Como boa parte dos equipamentos de ar condicionado já possuem o selo Procel A e o período de utilização do sistema é menor em comparação com o sistema de iluminação, a redução do consumo foi menor que comparado ao do sistema de iluminação.

### 6.5 Análise Financeira

As tabelas 8 e 9 apresentam os custos associados às mudanças propostas do sistema de iluminação e ar-condicionado, respectivamente.

Tabela 8 - Custo associado à troca de luminárias na FGA

Quantidade	Luminária	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
80	Downlight 18W	32,09	2.567,20
73	Downlight 30W	128,37	9.371,01
230	Office 60x60 40W	249,55	57.396,50
618	Office 120x30 40W	192,56	119.002,08
20	Highbay 100W	334,32	6.686,40
Total			R\$ 195.023,19

Tabela 9 - Custo associado à troca de equipamentos de ar-condicionado na FGA

Quantidade	Capacidade térmica (Btu/h)	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
2	9.000	1.990,00	3.980,00
3	12.000	2.250,00	6.750,00
1	18.000	3.240,00	3.240,00
12	24.000	4.130,00	49.560,00
6	30.000	8.110,00	48.660,00
2	60.000	11.180,00	22.360,00
Total			R\$134.550,00

O custo total do novo sistema de iluminação com lâmpadas de LED foi estimado em R\$195.023,19 com uma economia R\$127.425,56 por ano. Para a análise financeira, adotou-se a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) do BNDES com o acréscimo de

3,8%, totalizando 10,8% a.a. (BNDES, 2017). A Tabela 10 expõe os parâmetros e os resultados da análise financeira.

Tabela 10 - Parâmetros e resultados da análise financeira do sistema de iluminação

Redução do Consumo Anual (KWh/ano)	85.068,77
Vida útil luminárias (anos)	25
Decréscimo eficiência da luminária (%/ano)	0,25%
Custo do KWh evitado	R\$ 1,498
TJLP (%)	10,80%
VPL	R\$ 1.002.163,97
Payback Simples (anos)	1,53

O fluxo de caixa é apresentado na Tabela 11 abaixo.

Tabela 11 - Fluxo de caixa do sistema de iluminação

Ano	Saída (R\$)	Entrada (R\$)	Total (R\$)	Valor Presente (R\$)
0	195.023,19	127.425,56	- 67.597,63	- 67.597,63
1		127.425,56	127.425,56	115.005,02
2		127.107,00	127.107,00	103.535,66

A partir da avaliação econômica, é possível perceber que a substituição das luminárias é bastante viável ainda que o investimento tenha sido elevado. O investimento se paga em um ano e cinco meses, conforme dados apresentados na Tabela 10.

Enquanto que, para o sistema de ar-condicionado, os parâmetros financeiros são similares ao sistema de iluminação, porém a redução do consumo e a vida útil se diferem, de acordo com a Tabela 12.

Tabela 12 - Parâmetros e resultados da análise financeira do sistema de ar-condicionado

Redução do Consumo Anual (KWh/ano)	43.854,35
Vida útil ar-condicionado (anos)	20
Decréscimo eficiência do ar-condicionado (%/ano)	0,25%
Custo do KWh evitado	R\$ 1,498
TJLP (%)	10,80%
VPL	R\$ 1.250.140,06
Payback Simples (anos)	2,05
Payback Descontado (anos)	2,06

A Tabela 13 apresenta o fluxo de caixa do sistema de ar-condicionado. Como pode ser observado, o sistema demora cerca de dois anos para se pagar.

Tabela 13 - Fluxo de caixa do sistema de ar-condicionado

Ano	Saída (R\$)	Entrada (R\$)	Total (R\$)	Valor Presente (R\$)
0	134.550,00	65.689,98	- 68.860,02	-68.860,02
1		65.689,98	-3.170,04	-2.861,05
2		65.525,75	62.355,71	50.792,17
3		65.361,94	127.717,65	93.892,66
4		65.198,54	192.916,19	127.999,90
5		65.035,54	257.951,73	154.468,40

Apesar do investimento também ser elevado, o sistema se paga em um curto prazo, sendo bastante rentável a sua substituição.

### 6.5 Avaliação do nível de eficiência energética da FGA após mudanças sugeridas

Conforme visto no item 6.1, os sistemas de iluminação e condicionamento de ar dos edifícios UAC e UED precisavam ser mais eficientes para alcançar a etiqueta do PBE Edifica em nível máximo. Foi realizado todo o procedimento descrito de avaliação de eficiência energética novamente, de acordo com as mudanças sugeridas, a fim de avaliar o novo nível de eficiência energética.

Com os novos dados de iluminação e ar-condicionado, foi realizada a simulação no software Webprescritivo e comprovado a efetividade na substituição dos equipamentos, como visto na tabela 14, para alcançar o nível máximo da classificação geral do PBE Edifica.

Tabela 14 - Comparação dos sistemas considerando os critérios do PBE Edifica para a situação atual e após as mudanças sugeridas

Sistemas	UAC		UED	
	Atual	Após mudanças	Atual	Após mudanças
Envoltória	A	A		
Iluminação	B	A	B	A
Ar-condicionado	C	A	C	A
Geral	B	A		

Para o edifício UED, não é possível comprovar com a classificação geral da edificação visto que não possui análise de envoltória.

## 7 Conclusão

No primeiro momento, foi avaliada os subsistemas de envoltória, iluminação e ar-condicionado em sua situação atual. A avaliação da envoltória da UAC alcançou uma excelente classificação, nível A, por possuir características benéficas para a edificação, como a quantidade de aberturas nas fachadas e cores claras nas paredes.

Para avaliação do sistema de iluminação da FGA, devido ao sistema possuir prevalência de lâm-

padas fluorescentes, atingiu o nível B para os dois edifícios. Com as mudanças propostas, posterior às simulações luminotécnicas, a classificação alcançada por eles foram A.

Já o sistema de condicionamento de ar, recebeu nível C, em ambos edifícios, devido a elevada utilização de aparelhos de ar-condicionado não eficientes. Com a sugestão de somente utilizar equipamentos com selo Procel A, o nível melhorou para A. Sendo assim, o edifício UAC, na situação atual em que se encontra, obteve a classificação final com o nível C e, após as mudanças, nível A. Porém, por não possuir análise de envoltória, não foi possível obter a classificação geral do edifício UED.

Para melhorar o nível de eficiência energéticas nos edifícios foram realizadas modificações no sistema de iluminação e ar-condicionado.

Com as simulações luminotécnicas, houve uma redução de 256 luminárias e 43,23 kW instalado nas edificações. Os ambientes foram simulados, utilizando o software DIALux, para determinar a quantidade e disposição das luminárias de LED. As luminárias propostas para substituição atendem aos critérios de qualidade da rede elétrica, apresentam alta eficiência luminosa, maior vida-útil e melhor custo-benefício.

O investimento inicial embora tenha sido elevado retornou rapidamente, em um ano e cinco meses, sendo muito rentável e bastante viável a sua implementação.

Já o sistema de condicionamento de ar, apresentou 52% dos equipamentos com selo Procel abaixo de A, o que torna o nível de eficiência energética baixo. Certo disso, foi proposta a substituição desses equipamentos apresentando um custo inicial de R\$ 134.550,00 e, a partir do segundo ano, o sistema começaria a gerar lucro, apresentando bastante viabilidade econômica.

### Referências Bibliográficas

- Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação de Ambientes de Trabalho. 2013.
- Copel. Tipos de lâmpadas. 2016. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F423c114f77e78e81032573f7004b2e92>>. Acesso em: 23 set. 2017.
- Empalux. Informações luminotécnicas. 2016. Disponível em: <<http://www.empalux.com.br/?a1=I>>. Acesso em: 17 ago. 2017.
- EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Fin\\_al\\_BEN\\_2017.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Fin_al_BEN_2017.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2017.
- EY; GBC BRASIL. Sustainable Buildings in Brazil. 2013. Disponível em: <<http://gbcbrasil.org.br/sistema/docsMembros/1>

31114121106000005990.pdf>. Acesso em: 29 set 2016.

Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. O. R.. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2014.

PBE Edifica. Como obter. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/comoobter>>. Acesso em: 27 out. 2016.

PBE Edifica. Conhecendo PBE Edifica. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>>. Acesso em: 26 out. 2016.

Pinheiro, M. D. Ambiente e Construção Sustentável. 1 ed. Portugal: Instituto do Ambiente, 2006, p. 243

PROCEL Info. Eficiência Energética no Poder Público. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={0C24456E-2980-4704-2CB-9B5518636BBE}>>. Acesso em: 24 out. 2016.

PROCEL Info. Resultados PROCEL 2017 – Ano Base 2016. 2017. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2017/#mark4>>. Acesso em: 07 nov. 2017.