

INSERÇÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA COMO BONIFICAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE ETIQUETA PROCEL EDIFICA NO LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E COMPUTAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Hosaías Alves dos Prazeres Silva (UFPA) - hosaias.alves@gmail.com

Ricardo Guedes Accioly Ramos (UFPA) - guedesaccioly@gmail.com

Sérgio Tadeu Ferreira Serra (Instituição - a informar) - sergiotadeusera@hotmail.com

Maria Emilia Tostes (UFPA) - tostes@ufpa.br

Resumo:

Este artigo apresenta a análise de instalações elétricas e de eficiência energética do Laboratório de Engenharia Elétrica e Computação da Universidade Federal do Pará, seguindo a metodologia das diretrizes estabelecidas no Regulamento Técnico da Qualidade em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, para a inserção de um Sistema de Geração Fotovoltaica dimensionado conforme metodologia tradicional de Sistemas Híbridos, como bonificação a fim de se obter a Etiqueta Nível A do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações. As pesquisas e as propostas apresentadas no trabalho que deram origem a esse artigo mostram os benefícios energéticos e ambientais resultantes; e os Resultados deste artigo enfatizam a economia de consumo e o retorno financeiro de implantação e utilização do Sistema de Geração Fotovoltaica.

Palavras-chave: *Energia Fotovoltaica, Eficiência Energética, Programa Brasileiro de Etiquetagem*

Área temática: *Arquitetura e Energia Solar*

Subárea temática: *Aspectos arquitetônicos do uso de instalações fotovoltaicas*

INSERÇÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA COMO BONIFICAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE ETIQUETA PROCEL EDIFICA NO LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E COMPUTAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Hosaías Alves dos Prazeres Silva – hosaias.alves@gmail.com

Ricardo Guedes Accioly Ramos – guedesaccioly@gmail.com

Sérgio Tadeu Ferreira Serra – sergiotadeuserra@hotmail.com

Maria Emília de Lima Tostes – tostes@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Resumo. *Este artigo apresenta a análise de instalações elétricas e de eficiência energética do Laboratório de Engenharia Elétrica e Computação da Universidade Federal do Pará, seguindo a metodologia das diretrizes estabelecidas no Regulamento Técnico da Qualidade em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, para a inserção de um Sistema de Geração Fotovoltaica dimensionado conforme metodologia tradicional de Sistemas Híbridos, como bonificação a fim de se obter a Etiqueta Nível A do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações. As pesquisas e as propostas apresentadas no trabalho que deram origem a esse artigo mostram os benefícios energéticos e ambientais resultantes; e os Resultados deste artigo enfatizam a economia de consumo e o retorno financeiro de implantação e utilização do Sistema de Geração Fotovoltaica.*

Palavras-chave: *Energia Fotovoltaica, Eficiência Energética, Programa Brasileiro de Etiquetagem.*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país privilegiado no contexto da energia fotovoltaica já que, apresenta altos níveis de radiação solar. Recentemente, De Oliveira *et al.* (2019) mostraram que, no Brasil, a irradiação média anual varia entre 1200 e 2400 kWh/m², enquanto que na Alemanha fica entre 900 e 1250 kWh/m². E que, além disso, temos uma das maiores reservas de quartzo de qualidade e somos o quarto maior produtor de silício grau metalúrgico do mundo, que é a primeira etapa para produção de silício grau solar.

De acordo com a *Environment Investigation Agency* – EIA (2012), os impactos energético-financeiro-ambientais mundiais dos edifícios comerciais, de serviços e públicos são responsáveis pelo consumo de cerca de 40% da energia produzida e pela emissão de cerca de 40% de CO₂ (dióxido de carbono) através de seus sistemas de iluminação, refrigeração e aquecimento. No Brasil, (PROCEL, 2017) o consumo de eletricidade pelos setores residenciais, comerciais e públicos equivale a 47,6% do total de energia gerada, dos quais, 71% equivalem à demanda de uso final para sistemas de iluminação e climatização artificiais.

Foi realizado um estudo de instalações elétricas e eficiência energética no Laboratório de Engenharia Elétrica e Computação – LEEC, da Universidade Federal do Pará – UFPA, no primeiro semestre de 2019, com o objetivo de avaliar os sistemas de iluminação e climatização artificial a fim de se realizar um *Retrofit* (melhoria) das instalações que obtenha um nível de maior Eficiência Energética do que o atual, certificado através do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações – PROCEL Edifica.

Pensando em melhorar ainda mais os aspectos energéticos e ambientais e como forma de bonificação para obtenção de uma Etiqueta nível A, foi proposta a inserção de um sistema de geração fotovoltaica para suprir toda a carga instalada no LEEC. Este artigo mostra os resultados das análises dos sistemas antes e após o *Retrofit*, a análise do consumo de energia elétrica e as especificações do sistema de geração fotovoltaica dimensionado para o atendimento desta instalação com o objetivo de obter-se uma edificação eficiente e com reduzido impacto ambiental.

2. METODOLOGIA

Na análise dos sistemas de climatização e iluminação do LEEC foi utilizado o Método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais de Serviços e Públicas – RTQ-C (2013).

Para dimensionamento adequado de sistemas fotovoltaicos, foi utilizada a metodologia proposta por Pinho (2008), que orienta definir uma estratégia de operação que, em linhas gerais, visem um atendimento contínuo e de qualidade, de acordo com os padrões de fornecimento de energia exigidos, assim como a redução do consumo de energia não renovável e dos impactos ambientais. A análise do recurso solar requer os dados medidos de irradiação e, dependendo do método de dimensionamento do sistema de geração empregado, dados de temperatura. Para o sistema fotovoltaico proposto, a

partir da análise de consumo do LEEC pela metodologia do RTQ-C, realizou-se o cálculo da potência mínima do arranjo para suprir a carga requisitada, levando-se em consideração as perdas envolvidas no processo.

2.1 Análise de Eficiência Energética sem o uso de Geração Fotovoltaica

O prédio do LEEC, na Fig. 1, agrupa salas de aula e laboratórios da Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação e está localizado no campus profissional da Universidade Federal do Pará que está situada na Rua Augusto Corrêa, na cidade de Belém-PA. Está subdividido em dois blocos sendo um de 602,40 m² e outro de 482,39 m² totalizando uma área térrea aproximada de 1.106,00 m², sendo composto por salas de aulas, laboratórios e circulação. A altura do pé-direito fica em torno de 2,80 m.

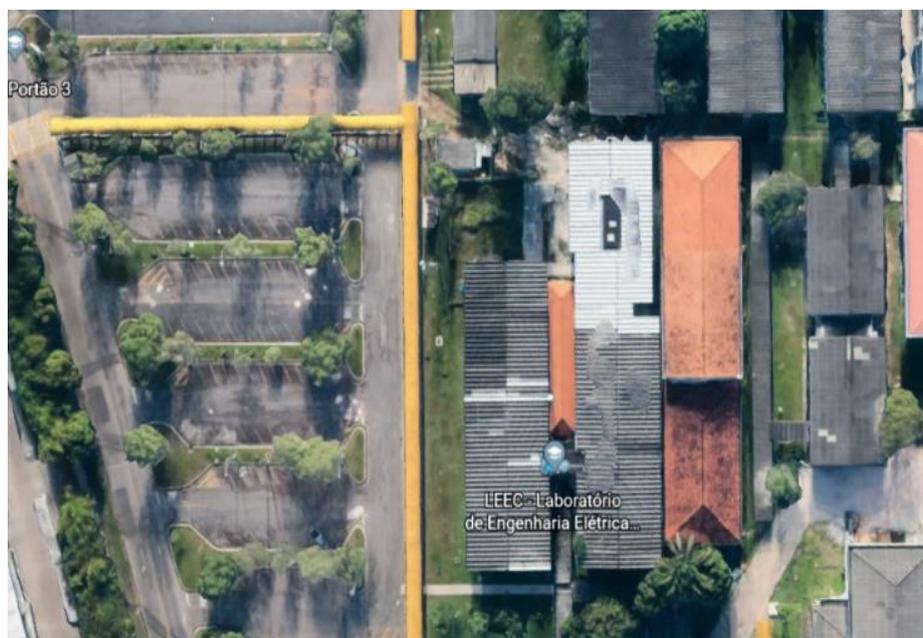


Figura 1: LEEC - UFPA

Análise dos sistemas de iluminação e climatização artificial. Foram constatadas deficiências no sistema de iluminação atual do LEEC. Por exemplo, o emprego ainda existente, mesmo que em menores proporções, de lâmpadas de menor eficiência que as lâmpadas LED (diodo emissor de luz). Algumas dessas lâmpadas (LED) foram incorporadas em parte do prédio após *retrofit* recente, comprovando-se, através dos cálculos definidos pela norma NBR ISO/CIE 8995-1, que grande parte dos ambientes não possui iluminância de trabalho adequada. Também se verificou que, através da potência instalada, grande parte dos ambientes se enquadra no Nível E da tabela do RTQ-C. De forma global, por análise da Densidade de Potência Instalada de Iluminação – DPIL, a classificação do sistema atual de iluminação é Nível B, conforme dados da Tab. 1.

Tabela 1: Classificação do sistema de iluminação existente

	DPIL W/m ² (Nível A)	DPIL W/m ² (Nível B)	DPIL W/m ² (Nível C)	DPIL W/m ² (Nível D)	DPIL W/m ² (Nível E)
	17.753,72	21.298,72	24.794,73	28.168,77	17.753,72
POTÊNCIA INSTALADA ATUAL	20.817,00 W				

A classificação para o sistema de condicionamento de ar visa avaliar o desempenho energético destes equipamentos através do coeficiente de desempenho global para sistemas independentes (janela e *split*). Realizada visita técnica *in loco* para verificação dos dados fornecidos e levantamento de informações necessárias à elaboração da proposta de *Retrofit*, verificou-se o equivalente numérico de 2,354 da tabela do RTQ-C ao se analisar os tipos de equipamentos, potência e eficiência de placa, classificando o atual sistema de climatização em Nível D, conforme a Tab. 2.

Tabela 2: Classificação do sistema de climatização existente

	Potência (Btu/h)	Ponderação: potência / potência total	Potência (W)	Eficiência do Aparelho	Eq. Num	Ponderação x Eq. Num
TOTAL	994.000	INDIVIDUAL	107.208	INDIVIDUAL	INDIVIDUAL	2,354
CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE						D

Proposta de Melhoria – Retrofit. A visita ao local e as análises de eficiência energética do sistema atual serviram como base para as seguintes propostas para o sistema de iluminação em análise: Substituição das lâmpadas fluorescentes existentes por LED tubulares T8 de 20 watts; Padronização e redistribuição de luminárias nas salas de aula que ainda não sofreram melhorias; Redistribuição dos circuitos, para possibilitar o desligamento separadamente das luminárias próximas às janelas. A Metodologia utilizada foi o Método das Atividades do RTQ-C, pois se identificou mais de três atividades principais no LEEC. O dimensionamento realizado, se implantado, terá uma redução do consumo energético de 5.917 W para o sistema de iluminação, e a classificação parcial PROCEL Edifica em Nível A, conforme mostra a Tab. 3.

Tabela 3: Classificação do sistema de iluminação após melhoria

	DPIL W/m ² (Nível A)	DPIL W/m ² (Nível B)	DPIL W/m ² (Nível C)	DPIL W/m ² (Nível D)	DPIL W/m ² (Nível E)
	17.753,72	21.298,72	24.794,73	28.168,77	17.753,72
POTÊNCIA INSTALADA APÓS MELHORIA	14.900,00 W				

Os sistemas de condicionamento de ar devem proporcionar adequada qualidade do ar interno, conforme norma NBR 16401. Como proposta de melhoria, as cargas térmicas de projeto do sistema de resfriamento de ar foram calculadas de acordo com normas e manuais de engenharia de comprovada aceitação nacional e internacional e a Metodologia utilizada foi o Método 2 da norma ABNT NB-158 que consiste em determinar a quantidade de calor que deverá ser retirada de um ambiente, dando-lhe condições climáticas ideais para o conforto humano. Sob o ponto de vista da Eficiência Energética, o novo sistema de refrigeração, além de classificação para selo A (Tab. 4), possuirá potência total (consumo) de 105.188 W, uma redução de 2.020 W em relação às instalações existentes (P = 107.208 W)

Tabela 4: Classificação do sistema de climatização após melhoria

	Potência (Btu/h)	Ponderação: potência / potência total	Potência (W)	Eficiência do Aparelho	Eq. Num	Ponderação x Eq. Num
TOTAL	1.165.000	INDIVIDUAL	105.188	INDIVIDUAL	INDIVIDUAL	4,924
CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA APÓS MELHORIA						A

2.2 Inserção de Geração Fotovoltaica para Bonificação

A motivação para inserção de geração fotovoltaica se deu pelo fato de não ser possível realizar análise de eficiência energética da envoltória da edificação do LEEC, que visa avaliar os elementos do projeto arquitetônico. Sem a avaliação da envoltória a Etiquetagem da Edificação será parcial. Entretanto, há bonificação de até 1 ponto (escala de etiquetagem: 1-5) em economias de: 10% com uso de energias renováveis e 70% de fração solar para coletores (PROCEL Edifica, 2014).

Análise de Consumo do LEEC. Para avaliar a necessidade de produção energética do local em que o projeto será implantado, primeiramente precisa-se do consumo deste local ao longo de um ano. Essa informação foi adquirida por meio do SISGEE (Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica), porém foi considerado o consumo dos últimos seis meses (dez/2018-jan, fev,mar,abr,mai/2019). No caso em estudo, o LEEC, foi constatado um consumo em seis meses de 86.664,40 kWh. Com essas informações pode-se calcular a energia média a ser suprida pelo Sistema Fotovoltaico através da Eq. (1):

$$E_{FV} = \frac{\sum_{m=1}^{12} E}{12} - CD \quad (1)$$

Onde:

E = Consumo em kWh;

CD = Consumo referente à taxa de disponibilidade.

Sabendo que a taxa de disponibilidade é a demanda contratada e que, para o LEEC não se tem essa informação, ou seja, não se sabe o quanto o laboratório contribui para a demanda contratada da UFPA, desconsiderou-se essa taxa e foi considerado um período de seis meses e não de um ano para se obter a Energia média. Então, inserindo na fórmula os dados, obtém-se a quantidade de energia que o sistema deve gerar para suprir a necessidade da energética do local.

$$E_{FV} = \frac{86.664,40}{6} \rightarrow E_{FV} = 14.444,07 \text{ kWh}$$

Dimensionamento do Sistema de Geração Fotovoltaico. A potência do sistema de geração deve ser suficiente para atender a demanda energética do LEEC. O cálculo é efetuado através da Eq. (2):

$$P_{PROJ} = \frac{E_{FV}}{HSP_m \times PR} \quad (2)$$

Onde:

HSP_m = Horas de Sol Pleno;

PR = Rendimento do sistema de geração desconsiderando as perdas nesse sistema, das quais podemos citar: Perdas por temperatura (entre 10 e 15%); Perdas por manutenção (0,01%); Perdas na fiação CC e CA (0,04%); Perdas no inversor (depende da eficiência, geralmente 5%). O valor de PR adotado para o sistema foi de 80%.

Para estimar a capacidade de geração do sistema e dimensioná-lo corretamente, é necessário saber a disponibilidade do recurso solar no plano de captação do local. A forma mais precisa de se obter esses dados é fazendo uso de instrumentos solarimétricos, como o piranômetro ou até uma célula adaptada para realizar medições. Porém, na ausência desses instrumentos, pode ser utilizada uma base de dados meteorológicos para extrair as informações da região em que se deseja fazer a instalação do sistema.

Por meio do software Meteonorm®, que utiliza o método de Perez *et al.* (2002), recomendado para superfícies orientadas para o norte, foi possível identificar uma irradiação incidente no plano inclinado de 1.851 kWh/m² ao longo de um ano. Como 1 kWh/m² de irradiação é igual à 1 hora de sol pleno (HSP), pode-se concluir que a cidade de Belém possui, das 8.640 horas de um ano, 1.851 horas de sol pleno (HSP_A), ou uma média de 154,25 horas de sol pleno ao longo de um mês (HSP_M).

$$P_{PROJ} = \frac{14.444,07}{154,25 \times 0,80} \rightarrow P_{PROJ} = 117,05 \text{ kWp}$$

De posse desse valor, basta escolher a potência do módulo do sistema para determinar o número de módulos necessários para atender a demanda energética do LEEC, através da equação:

$$N_m = \frac{P_{PROJ}(Wp)}{P_{max}} \quad (3)$$

O módulo fotovoltaico escolhido foi o “MAXPOWER CS6X-310” da Canadian Solar com potência de geração de 350 Wp.

$$N_m = \frac{117050}{350} \rightarrow N_m \cong 334 \text{ módulos}$$

Para dois prédios, temos 192 placas para a cobertura 1 e 142 placas para a cobertura 2, projetados de acordo com as Fig. 3 e 4.

Dimensionamento do Sistema de Condicionamento de Potência. O dimensionamento do sistema de condicionamento de potência deve ser cuidadosamente avaliado, de modo a se evitar um sistema com baixo rendimento e até mesmo operando inadequadamente, caso o sistema esteja dimensionado distante das condições reais.

A escolha do número de módulos e a verificação da escolha do inversor são feitas através do cálculo do fator de dimensionamento do inversor (FDI) e verificando se os valores de tensão e corrente do gerador são compatíveis com os do inversor.

$$FDI = \frac{P_{inv}}{P_{INST}} \quad (4)$$

Onde:

P_{inv} = Potência nominal do inversor;

P_{INST} = Potência do gerador fotovoltaico.

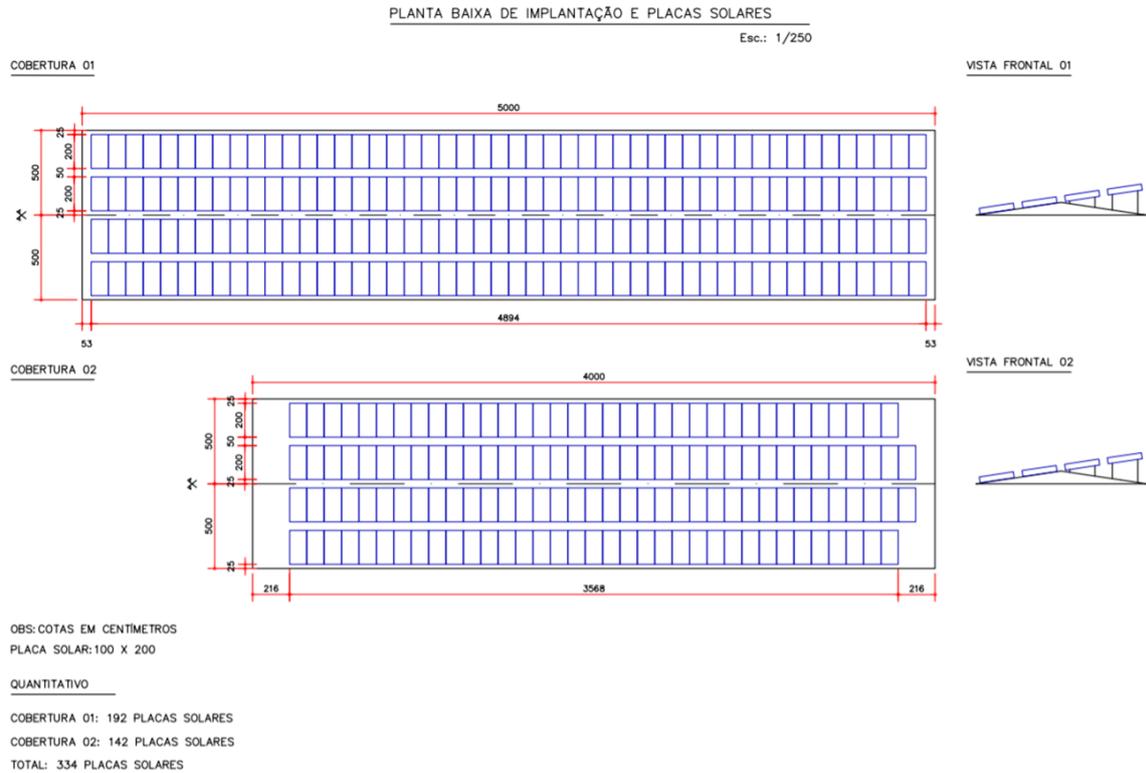


Figura 2: Planta baixa de implantação do arranjo fotovoltaico



Figura 3: Disposição dos arranjos nas coberturas do LEEC

Segundo Blasques (2007) o FDI é a relação entre a potência do inversor e a potência do gerador fotovoltaico. Para regiões onde o gerador dificilmente alcança seu valor nominal, seja por causa da baixa irradiação ou pela alta temperatura, é recomendável um inversor subdimensionado. No Brasil, valores de FDI entre 0,6 e 0,9 são recomendados.

Para o projeto com 334 módulos de 350 Wp, obtém-se uma potência instalada de 117,05 kWp. Logo, o inversor a ser utilizado nesse sistema deve ter uma potência menor que este valor. Foi escolhido o inversor Fronius Symo 20.0-3-M (20.000W) de potência, portanto ao todo são cinco inversores. Com esses dados, pode-se calcular o FDI para verificar se a configuração está dentro do recomendado.

$$FDI = \frac{100}{117,05} \rightarrow FDI = 0,85$$

Ainda segundo Blasques (2007) as condições básicas para o dimensionamento do inversor são: corrente do painel fotovoltaico (I_{SC}) deve ser inferior à corrente de entrada do inversor (I_{CCmax}); a tensão de circuito aberto do arranjo fotovoltaico (V_{OC}) não deve ser superior à máxima tensão de entrada do inversor (V_{CCmax}); e a tensão nominal do arranjo fotovoltaico (V) deve estar situada dentro da faixa de tensão MPPT (rastreamento de ponto de máxima potência) do inversor (V_{MPPT}).

Tabela 5 - Comparação dos limites do inversor com o arranjo fotovoltaico.

Inversor	Arranjo FV
$I_{CCmax} \leq 51A$	$I_{SC} \leq 3 \times 9,08 = 27,24A$
$V_{CCmax} \leq 1.000V$	$V_{OC} = 44,9 \times 14 = 628,6V$
$420V \leq V_{MPPT} \leq 800V$	$V_{OC} = 628,6V$

De acordo com a Tab. 5, podemos concluir que o inversor pode ser utilizado no projeto, já que todos os parâmetros do arranjo fotovoltaico estão dentro do limite do mesmo.

Tabela 6 – Detalhes do produto

Número de MPPT	5,0
Potência fotovoltaica recomendada (kWp)	8,0 - 13,0 kWp
Corrente máx. de entrada	33,0 / 27 A
Corrente total máx. de entrada (x5)	135 A
Tensão nominal de entrada	500,0 V
Faixa operacional de tensão	(420Vcc a 800Vcc)
Tensão máx. de entrada	1.000,0 V
Suportes para fusíveis integrados CC	NA

3. RESULTADOS

Como resultado imediato e proposto neste artigo, a inserção de geração fotovoltaica elevaria em 1 ponto o Nível de Classificação de Eficiência Energética e Ambiental para a Etiquetagem do LEEC através do PROCEL Edifica, através dos seguintes resultados obtidos para o sistema fotovoltaico dimensionado:

Tabela 7 - Resultados obtidos.

Projeto - LEEC	
Consumo médio de energia mensal	14.444,07 kWh
Potência do gerador fotovoltaico	117,05 kWp
Número de módulos	334 unidades
Potência do Inversor	5x20,00 kW
Geração média de energia ao mês	42.138 kWh

O sistema foi dimensionado para atender toda a carga do perfil de consumo do LEEC, em uma estratégia de consumo de sistema híbrido fotovoltaico-convencional baseada no recurso renovável, visando, principalmente, um atendimento contínuo e de qualidade, assim como a redução do consumo de fontes não renováveis (custos).

Na análise de viabilidade financeira e *payback* (retorno financeiro do investimento) desse sistema, considerou-se: Rendimento estimado de 65% após a vida útil de 20 anos; Utilização do sistema por 25 anos; um custo anual de energia de R\$ 81.464,55 (Tab. 8); Taxa de reajuste anual da concessionária de 8%.

Tabela 8: Estimativa do custo anual de energia convencional

Consumo médio de 6 meses (kWh)	Preço da tarifa com impostos (R\$)	Custo mensal da energia (R\$)	Período (meses)	Total (R\$)
14.444,07	0,47	6.788,71	12	81.464,55

Tabela 9: Custo total do sistema fotovoltaico

CUSTOS DIRETOS E INDIRETOS				
Descrição	Vida útil (anos)	Quantidade (unidades)	Preço unitário (R\$)	Custo total (R\$)
MATERIAIS				
1	Acessórios	20	1	12.500,00
2	Inversor	10	10	20.500,00
3	Painéis solares	20	334	1.000,00
4	Suporte e sustentação	20	1	24.000,00
Subtotal – custos diretos				575.500,00
CUSTOS DIRETOS	Projeto			6.500,00
	Mão-de-obra (terceiros)			28.000,00
	BDI			40.000,00
	Subtotal mão-de-obra (terceiros)			68.000,00
	Subtotal mão-de-obra			74.500,00
	Transporte			12.400,00
	Outros custos diretos			6.000,00
	Subtotal custos diretos			235.400,00
CUSTOS INDIRETOS	Auditoria contábil financeira			4.000,00
	Descarte de materiais e equipamentos			500,00
	Medições e verificações			2.000,00
	Outros custos indiretos			3.000,00
	Subtotal custos indiretos			9.500,00
Total – Sistema Fotovoltaico				820.400,00

Os impactos provenientes do aproveitamento solar englobam a modificação das paisagens e arquitetura da edificação, neste caso específico, as coberturas direcionadas para o Norte no prédio do LEEC. Deve-se considerar também o descarte dos módulos e baterias após a vida útil.

Para análise dos impactos ambientais medidos em cálculo de redução de emissões de tCO₂ (toneladas de dióxido de carbono), consideremos a Tab. 10 (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2019):

Tabela 10: Fator Médio de Emissão de CO₂ grid mês/ano

2019	Fator Médio Mensal (tCO ₂ /MWh)												Fator Médio Anual (tCO ₂ /MWh)
	MÊS												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	ANO - 2019
	0,0355	0,0667	0,0530	0,0514	0,0482								

Considerando um Fator Médio para o período analisado em torno de 0,0510 tCO₂/MWh (5 meses), para uma geração média de energia ao mês de 42.138 kWh, teremos uma redução total de emissões de 25,78 tCO₂, em relação à geração convencional, que equivale a 60 barris de óleo bruto não consumidos (Software RETScreen © Internacional, 2019).

De acordo com a Tab. 9, o custo total para implantação do sistema fotovoltaico foi estimado em R\$ 820.400,00. A Tab. 11 calcula o *Payback* correspondente aos investimentos de implantação da geração fotovoltaica, levando-se em consideração o custo anual da energia convencional como amortização. O retorno do investimento é recuperado após 8 anos de sua implantação e, para a vida útil estimada de 20 anos, haverá um saldo positivo final de economia de consumo de energia estimado em R\$ 2.907.577,83.

Tabela 11: *Payback* para vida útil estimada de 20 anos

ANO	INVESTIMENTO	RETORNO	SALDO
0	-R\$ 820.400,00	-R\$ 820.400,00	-R\$ 820.400,00
1	-R\$ 820.400,00	R\$ 81.464,55	-R\$ 738.935,45
2	-R\$ 738.935,45	R\$ 87.981,71	-R\$ 650.953,74
3	-R\$ 650.953,74	R\$ 95.020,25	-R\$ 555.933,48
4	-R\$ 555.933,48	R\$ 102.621,87	-R\$ 453.311,61
5	-R\$ 453.311,61	R\$ 110.831,62	-R\$ 342.479,99
6	-R\$ 342.479,99	R\$ 119.698,15	-R\$ 222.781,84
7	-R\$ 222.781,84	R\$ 129.274,00	-R\$ 93.507,84
8	-R\$ 93.507,84	R\$ 139.615,92	R\$ 46.108,08

9	R\$ 46.108,08	R\$ 150.785,20	R\$ 196.893,28
10	R\$ 196.893,28	R\$ 162.848,01	R\$ 359.741,29
11	R\$ 359.741,29	R\$ 175.875,85	R\$ 535.617,15
12	R\$ 535.617,15	R\$ 189.945,92	R\$ 725.563,07
13	R\$ 725.563,07	R\$ 205.141,60	R\$ 930.704,66
14	R\$ 930.704,66	R\$ 221.552,92	R\$ 1.152.257,59
15	R\$ 1.152.257,59	R\$ 239.277,16	R\$ 1.391.534,74
16	R\$ 1.391.534,74	R\$ 258.419,33	R\$ 1.649.954,07
17	R\$ 1.649.954,07	R\$ 279.092,88	R\$ 1.929.046,95
18	R\$ 1.929.046,95	R\$ 301.420,31	R\$ 2.230.467,25
19	R\$ 2.230.467,25	R\$ 325.533,93	R\$ 2.556.001,18
20	R\$ 2.556.001,18	R\$ 351.576,64	R\$ 2.907.577,83

4. CONCLUSÃO

A inserção do sistema fotovoltaico no LEEC foi apresentada como solução para obtenção de uma etiqueta nível A do Programa Brasileiro de Etiquetagem das Edificações – PROCEL Edifica. Os resultados financeiros de retorno do investimento a partir do oitavo ano, numa vida útil de aproximadamente 20 anos; e ambientais de redução de 25,78 tCO₂ mensais, mostraram as vantagens e a viabilidade para implantação imediata. A proposta apresentada no trabalho estende-se com grande importância e aplicabilidade para casos de edificações existentes cujas peculiaridades ou metodologia de construção obsoleta não atendem às atuais diretrizes estabelecidas para a construção de novas edificações, dificultando a obtenção dos níveis mais altos do PROCEL Edifica.

Além do resultado benéfico para atendimento dos requisitos formais de edificações eficientes, a implantação de um sistema fotovoltaico segue as tendências globais de redução dos impactos ambientais com sistemas de energia híbridos, valoriza a produção nacional solar fotovoltaica e a utilização de energias renováveis com recursos abundantes no Brasil. Por fim, os resultados financeiros e de retorno de investimento obtidos com a implantação do sistema proposto acabam por se tornar os principais atrativos diretos para o consumidor.

Agradecimentos

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da UFPA: Marcos Galhardo e Emília Tostes e à equipe de colaboradores e discentes usuários do LEEC.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NB-158:1977: Cálculo de Carga Térmica. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO/CIE 8995-1:2013: Iluminação de Ambientes de Trabalho. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16401-3:2008: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários. Parte 3: Qualidade do ar interior. Rio de Janeiro.
- Blasques, H. M. S. *et al.* Manual de Elaboração de Projetos para Comunidades Isoladas da Amazônia: Sistemas Híbridos Fotovoltaico-Eólico-Diesel, 2007. Brasília: MME.
- De Oliveira, A. M *et al.* Uma Avaliação das Projeções da ANEEL para Avanço da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil em Área Rural, 2019. Anais do VIII ENPG.
- INMETRO. Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ), 2013. Brasília, MDICE.
- Perez, R. *et al.* A new operational model for satellite-derived irradiances: description and validation. *Solar Energy*, v. 73, p. 307-317, 2002.
- Pinho, J. T., 2008. *Sistemas Híbridos, Soluções Energéticas para a Amazônia*, ed. 1, Brasília, MME.
- Sítio da Empresa de Pesquisa Energética – Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf>. Acesso em: 04 dezembro 2019.
- Sítio da Environment Investigation Agency – EIA 2012 Impact Report. Disponível em <<https://eia-global.org/reports>>. Acesso em: 10 maio 2019.
- Sítio do Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética – PROCELINFO. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={334C4CBF-08EC-4292-BD69-11BF09D67C57}>>. Acesso em 10 maio 2019.

Sítio do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. CLIMA: Fator Médio – Inventários corporativos. Disponível em: <https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html>. Acesso em 10 maio 2019.
Software RETScreen ® International 4.1. Natural Resources. Canada, 2019.

PHOTOVOLTAIC GENERATION INSERTION AS A BONUS FOR PROCEL LABEL ACQUISITION AT THE ELECTRIC ENGINEERING AND COMPUTATION LABORATORY OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF PARÁ

Abstract. *This template presents an electrical and energetic efficiency analysis at the Electrical Engineering and Computation Laboratory of the Federal University of Pará, following the methodology of the rules established by the Quality Technical Regulation in Commercial, Services and Public Buildings, for a Photovoltaic Generation System insertion as a bonus in order to obtain the Level A Label from the Building Brazilian Labeling program. The researches and proposals made by the job from which this paper has been written show the energetic and environmental benefits achieved; and these template's results emphasize the economy at the electricity consumption and the financial feedback resulted from the implementation and use of the Photovoltaic Generation System.*

Key words: *Photovoltaic Energy, Energetic Efficiency, Brazilian Labeling Program.*