Eficientização Energética do Restaurante Universitário(RU) da UFPR – Centro Politécnico

Fabiano JELSON MACHADO NUNES (UTFPR) - eng.fabianonunes@gmail.com

Paulo Cicero Fritzen (UTFPR) - pcfritzen@gmail.com

Resumo:

Este artigo apresenta uma proposta de implementação de um projeto de Eficiência Energética de um restaurante universitário (RU) na cidade de Curitiba-PR, realizando ações como a substituição de lâmpadas convencionais por LEDs e também propõe a instalação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) na edificação. O intuito é o de melhorar a eficiência energética do RU, diminuir o consumo de energia e, consequentemente, obter vantagens financeiras com a economia obtida. Apresenta um levantamento dos equipamentos e cargas utilizadas na iluminação e demais ambientes da edificação e um pré-dimensionamento do SFCR.

Palavras-chave: *Sistema Fotovoltaico, Eficiência Energética, Lâmpadas LED*

Área temática: *Mercado, economia, política e aspectos sociais*

Subárea temática: *Impactos sociais, econômicos e ambientais de energias renováveis*

Eficientização Energética do Restaurante Universitário(RU) da UFPR – Centro Politécnico

Fabiano Jelson Machado Nunes – eng.fabianonunes@gmail.com
Paulo Cícero Fritzen – pcfritzen@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Sistemas de Energia – PPGSE

Resumo. *Este artigo apresenta uma proposta de implementação de um projeto de Eficiência Energética de um restaurante universitário (RU) na cidade de Curitiba-PR, realizando ações como a substituição de lâmpadas convencionais por LEDs e também propõe a instalação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) na edificação. O intuito é o de melhorar a eficiência energética do RU, diminuir o consumo de energia e, consequentemente, obter vantagens financeiras com a economia obtida. Apresenta um levantamento dos equipamentos e cargas utilizadas na iluminação e demais ambientes da edificação e um pré-dimensionamento do SFCR.*

Palavras-chave: *Sistema Fotovoltaico, Eficiência Energética, Lâmpadas LED*

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica atualmente é um insumo de fundamental importância para os seres humanos, está presente nas atividades cotidianas mais simples, desde a iluminação de um ambiente até as atividades mais complexas da era moderna, como nas indústrias, portos, aeroportos, etc. O crescimento populacional e econômico no mundo resulta no aumento do consumo de energia elétrica. Isso acontece em um ritmo mais acelerado que o aumento da geração de energia, o que pode resultar na demanda de energia maior que a energia disponível em determinados períodos.

Este episódio pode ser evidenciado no Brasil no ano de 2001 durante uma crise energética conhecida como "apagão", em que o governo federal cogitou implementar blecautes gerais nos Estados para forçar um racionamento do consumo de energia elétrica.

Segundo estudo apresentado pelo Grupo BP Brasil, multinacional do ramo de energia, petróleo e gás, o consumo de energia no Brasil deve crescer 2,2% ao ano até 2040, destacando que o consumo de energia elétrica estimado é ainda maior, de 2,8% ao ano. Traçando um comparativo, a projeção de consumo de energia elétrica em 2040 chegaria a 89% maior que o registrado no ano de 2017.

Concomitante ao aumento da geração de energia, a maneira mais eficaz de evitar novos racionamentos é gerenciar o consumo de energia através de práticas de Eficiência Energética que evitam o desperdício de energia.

É nesse contexto, da Gestão Energética que se desenvolveu este trabalho, com o propósito da implementação de um plano de eficiência energética se obter redução no consumo de energia do Restaurante Universitário (RU) do Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR), através da implantação da tecnologia LED nos sistemas de iluminação e com a utilização da fonte alternativa de energia solar (fotovoltaica).

1.1 Gastos com energia universidades e institutos federais

Em meio à crise que o país vem sofrendo nos últimos anos, o gasto com energia elétrica está entre os maiores custos das instituições federais de ensino superior do Brasil, segundo o Ministério do Planejamento, em 2017 o governo gastou com energia elétrica o valor de R$2,4 bilhões, sendo que o Ministério da Educação (MEC) lidera com folga o ranking de maior consumidor do governo federal (Fig. 1).

Despesa Energia Elétrica União	
Órgão	**Valor (Milhões)**
Ministério da Educação	**639,584**
Ministério da Saúde	**224,869**
Ministério da Defesa	**469,279**
Ministério da Integração	**153,232**
Ministério das Cidades	**87,999**
Justiça Federal	**77,291**

Figura 1- Gastos com Energia Órgãos Federais em 2017 (Fonte: Contas Abertas-Min.Plan.)

Segundo dados de 2017 da Secretaria de Ensino Superior (SESu) do Ministério da Educação (MEC), o pagamento de energia elétrica é o terceiro maior gasto das universidades públicas federais no Brasil. A título exemplificativo, a Universidade Federal do Paraná (UFPR) destinou R$ 13,9 milhões do orçamento de 2019 (Fig. 2) para o custeio de energia elétrica, o que representou a terceira maior despesa da instituição entre os custeios não obrigatórios.

TABELA 11 - PARTICIPAÇÃO DOS PRINCIPAIS CONTRATOS E DESPESAS PÚBLICAS CENTRALIZADAS EM RELAÇÃO AO ORÇAMENTO DE O.C.C. DO TESOURO NACIONAL PARA MANUTENÇÃO NÃO VINCULADO A AÇÕES ESPECÍFICAS - 2019

DESPESAS	%	PREVISÃO VALOR ANUAL
SUBISÍDIO RU	19,06%	15.931.806
LIMPEZA	17,73%	14.821.558
ENERGIA ELÉTRICA	16,73%	13.989.557
VIGILÂNCIA ARMADA	14,76%	12.339.729
PORTARIA VIGIA E RECEPÇÃO	9,15%	7.650.422
MOTORISTAS	5,56%	4.644.780
MANUTENÇÃO PREDIAL TERC	5,45%	4.555.903
ÁGUA/ESGOTO	4,75%	3.974.736
COMBUSTIVEL E MANUT FROTA	4,32%	3.610.918
APOIO ADMINISTRATIVO	2,50%	2.087.692
TOTAL	**100,00%**	**83.607.102**

Figura 2- Previsão de Despesas Públicas de Manutenção da UFPR em 2019 (Fonte: LOA 2019-UFPR)

Falando especificamente dos RU´s, que é o enfoque deste trabalho, estão entre as maiores demandas mensais de consumo de energia da universidade, devido a grande quantidade de equipamentos elétricos de alta potência que são utilizados na cozinha para preparação das refeições.

2. METODOLOGIA APLICADA

Para o levantamento dos dados de consumo de energia e demanda do Restaurante Universitário (RU) do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná(UFPR), foi instalado o equipamento de medição Analisador de Qualidade de Energia modelo MULT-K NG do fabricante KRON (Fig. 3), realizado o estudo dos equipamentos instalados e dos projetos elétricos fornecidos pela Superintendência de Infraestrutura (SUINFRA) da UFPR.

Figura 03- Analisador de Qualidade de Energia MULT-K NG (Fonte: Catálogo KRON)

O medidor Mult-K NG foi instalado na entrada de energia principal em baixa tensão (BT) da edificação, próxima a cabine de transformação semi-enterrada (Figura 04). O equipamento foi instalado ao tempo protegido por dois armários com grau de proteção IP-66, com isolação contra humidade e resíduos sólidos (Figura 05).

O Analisador de Qualidade é um instrumento destinado a campanhas de medição. As leituras dos parâmetros elétricos e eventos podem ser obtidas de forma local ou remota. As medições são realizadas conforme normas ABNT

NBR IEC 61000-4-30 Classe S, IEC61000-4-7(harmônicos) e IEC 61000-4-15 (flicker). Medições e eventos são classificados em conformidade ao PRODIST – Módulo 8 – Qualidade da Energia, revisão 10.

Figura 04- Entrada de Energia RU – Local Instalação Medidor (Fonte: autor)

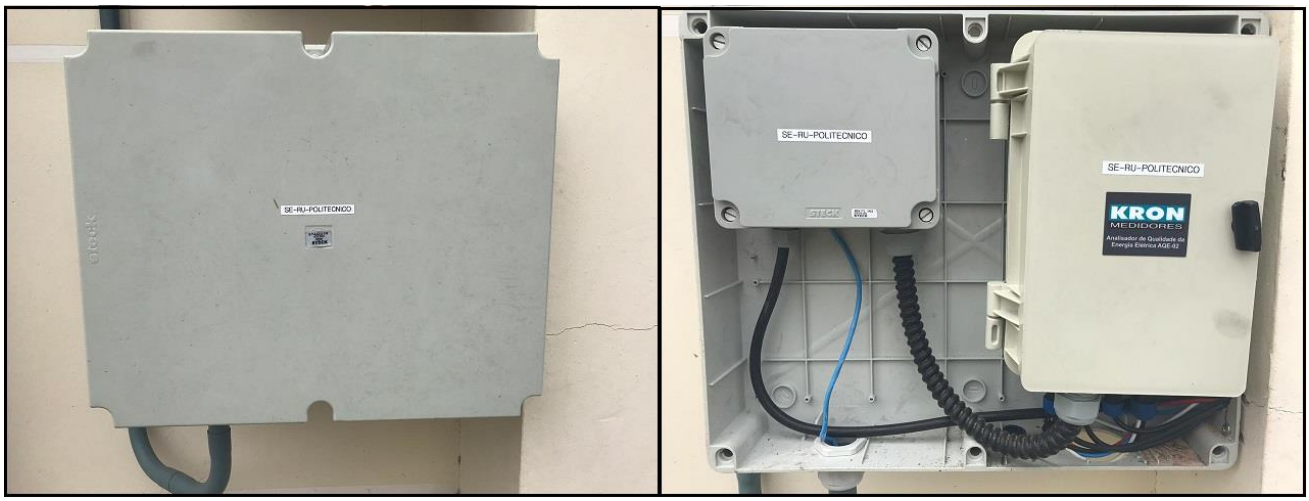

Figura 05-Armário de Proteção 1 Externo(esq) e Proteção 2 Interno (dir) (Fonte: autor)

Para o pré-dimensionamento do sistema fotovoltaico, as coordenadas geográficas do local foram encontradas no site Google Earth, a vista superior do telhado foi fotografada através de um Drone (Fig. 6) e a área do telhado foi verificada na Planta da Cobertura disponibilizada pela SUINFRA-UFPR, os valores típicos de irradiação solar foram retirados do Banco de dados de irradiação solar do Projeto do Atlas Brasileiro de Energia Solar. E para calcular a irradiação solar incidente no plano do painel FV, considerando seu ângulo de inclinação e desvio azimutal, foi utilizado o programa Radiasol.

O presente trabalho apresenta a estimativa de economia no consumo de energia elétrica aplicando as práticas de eficientização na iluminação do RU e adicionando-se um sistema de geração fotovoltaico como fonte alternativa de energia, com ênfase na viabilidade técnica e baixo custo. Também foram especificados alguns equipamentos e materiais necessários para a aplicação na iluminação e para a instalação do sistema fotovoltaico.

A opção do projeto pelo restaurante universitário se deu pela importância deste na comunidade acadêmica e pela histórico de consumo demasiado entre os setores da universidade. O RU possui aproximadamente 1.960 m² de área térrea construída, divididos em 03 principais partes: Cozinha, Refeitório e Administração.

Figura 06- Vista aérea da Cobertura do RU-Politécnico (Fonte: autor)

3. RESULTADOS

3.1 Eficiência energética iluminação

Levantamento instalações. Para a redução do consumo de energia da iluminação do RU e consequentemente de seus custos relativos a conta de energia, foi proposto a substituição das lâmpadas existentes instaladas de modelos convencionais que em alguns modelos aplicados requerem reatores, por modelos de tecnologia LED.

Foi levantado através de inspeção visual aos locais e confirmado através do anexo Relação de Materiais do Memorial Descritivo do projeto de implantação do RU de 2005 fornecido pela SUINFRA-UFPR, que foram instaladas 07 modelos de luminárias.

Nos refeitórios, são utilizados projetores circulares com lâmpada vapor metálico de 400W, direcionados para o teto, de forma indireta. Nos tetos, foram utilizadas luminárias de embutir, com 2 lâmpadas fluorescentes de 32W, para complementar a iluminação dos projetores. Na circulação de serviço, foram utilizadas arandelas nas paredes com lâmpadas incandescentes de 100W, instalados abaixo da eletrocalha. No hall de entrada, foram utilizadas luminárias de sobrepor com 2 lâmpadas fluorescentes compactas de 26W. Nos banheiros e no controle de acesso, foram utilizadas luminárias de embutir, para 2 lâmpadas fluorescentes de 26W, no forro de gesso. Para as lâmpadas fluorescentes de 32W, fluorescentes compactas de 26W e lâmpadas vapor de sódio 400W, foram utilizados reatores eletromagnéticos.

Implantação iluminação de LED. Para a escolha dos modelos de lâmpadas de LED a serem utilizadas para substituição dos modelos convencionais foram identificados e quantificados os equipamentos de iluminação artificial existentes na edificação (Tab. 1) e selecionado modelos de tecnologia LED que proporcionará um fluxo luminoso similar ao atual (Tab. 2), mantendo assim o padrão luminotécnico.

Tabela 1- Iluminação Instalada - Potência (Fonte:autor)

Lâmpadas Existentes			
TIPO	**QTDADE**	**POTÊNCIA (W)**	**TOTAL(W)**
Lâmpada fluorescente de 32W, fluxo luminoso de 2700 lumens, temperatura de cor de 4000K.	322	32	10304
Reator eletromagnético,para 2 lâmpadas fluorescentes de 32W.	161	19,2	3091,2
Lampada fluorescente compacta não integrada de 26W, fluxo luminoso de 1800 lumens, temperatura de cor de 4000K	104	26	2704
Reator eletromagnético,para 1 lâmpada fluorescentes de 26W.	104	7,8	811,2
Lâmpada incandescente de 100W, tensão 127V	12	100	1200
Lâmpada incandescente de 150W, tensão 127V	7	150	1050
Lâmpada vapor metálico de 400W, fluxo luminoso de 35.000 lumens, temperatura de cor de 4300K, tipo tubular, base E40	36	400	14400
Reator eletromagnético,para 1 lâmpada vapor metálico de 400W.	36	120	4320
		TOTAL	**37880,4**

Tabela 2- Iluminação Projetada LED - Potência (Fonte:autor)

Lâmpadas LED Equivalentes			
TIPO	**QTDADE**	**POTÊNCIA (W)**	**TOTAL(W)**
Lâmpada tubular LED de 18W, fluxo luminoso de 2100 lumens, temperatura de cor de 4000K. Marca: Philips	322	18	5796
Lampada Led Bulbo Alta Potencia 16W, 1800 Lumens Marca:Philips	104	16	1664
Lampada Led Bulbo 13,5W, 1521 Lumens Marca:Philips	12	13,5	162
Lampada Led Bulbo 23W, 3000 Lumens Marca:Philips	7	23	161
Refletor LED, 300W, 45000 lumens Marca:Philips	36	300	10800
		TOTAL	**18583**

***Projeção de resultados iluminação*.** Em termos de potência instalada a iluminação atual totaliza 37.880W somando-se os reatores, enquanto que na proposta de utilização de modelos de LED, onde não são mais necessários reatores, obtém-se o total de 18.583W, gerando uma redução de 19.297W, equivalente a 50,94% da potência instalada.

3.2 Sistema solar fotovoltaico conectado a rede(SFCR).

Para iniciarmos o projeto de pré-dimensionamento do sistema solar fotovoltaico conectado à rede foi estimado o consumo diário médio de energia do RU e identificado através da Planta Cobertura do RU fornecido pela SUINFRA-UFPR, a área disponível e as condições do telhado para serem instalados os módulos.

Levantamento do consumo diário do RU. Para o levantamento do consumo diário do RU, foi utilizado a leitura do consumo total da edificação no período de 31 dias, foi selecionado o mês de outubro de 2019, no qual entre os dias 01/10/19 e 01/11/19 foram consumidos 36.645,34kWh (Fig. 7). Para estimarmos o valor médio diário dividimos esse valor pela quantidade de dias (31) e encontramos 1.182,10 kWh.

RU POLITÉCNICO			
DATA	**LEITURA(kWh)**	**CONSUMO(kWh)**	**dias**
26/07/2019	0	0	
01/10/2019	67218,49	67218,49	67
01/11/2019	103863,83	36645,34	31
19/11/2019	122354,03	18490,2	18

Figura 7- Leitura RU (Fonte: SUINFRA-UFPR)

Análise da cobertura do RU. A cobertura da edificação possui 15 águas de áreas e inclinação diferentes. Com a utilização do software AutoCAD foram analisadas as melhores áreas, verificando seu tamanho e sua inclinação em relação ao Norte geográfico, buscando ter o mínimo de sombreamento.

Com esses critérios de seleção, foram escolhidas 06 áreas para a instalação dos módulos fotovoltaicos, que vamos chamar de Cobertura A (Cob-A) sequencialmente até Cobertura F (Cob-F) (Figura 9), que serão utilizados parcialmente para evitar o sombreamento causado pela cobertura central e beirais:

- Cob-A: Área-140m² e Inclinação-7%NE; utilizados com Painéis: 129m²
- Cob-B: Área-420m² e Inclinação-7%NE; utilizados com Painéis: 406,5m²

- Cob-C: Área-290m² e Inclinação-7%NE; utilizados com Painéis: 278,5m²
- Cob-D: Área-115,9m² e Inclinação-7%NE; utilizados com Painéis: Não Utilizado
- Cob-E: Área-127m² e Inclinação-7%NE; utilizados com Painéis: 115m²
- Cob-F: Área-86,5m² e Inclinação-7%NE; utilizados com Painéis: 79m²
- **TOTAL: Área 1.179,4m²; Utilizados com Painéis: 1.008m²**

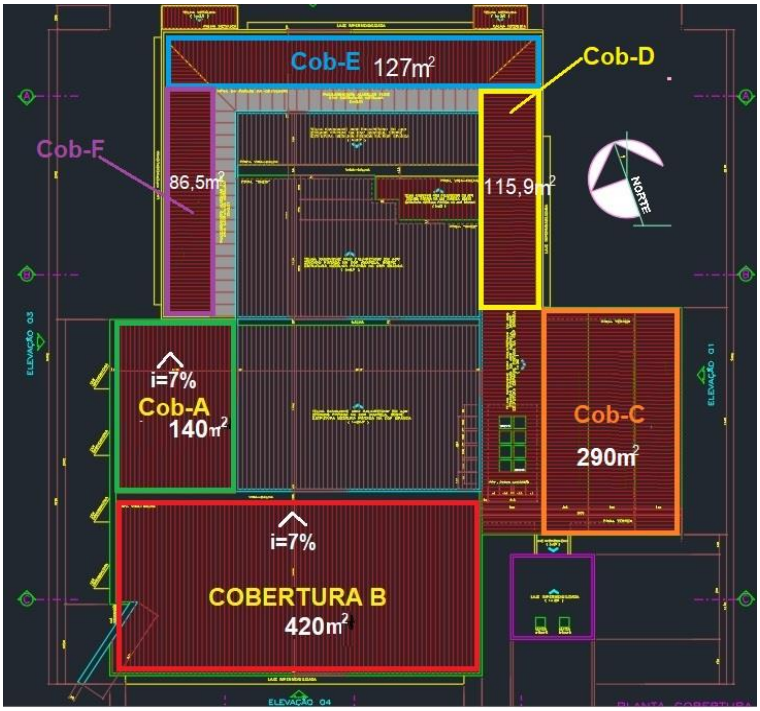

Figura 8- Áreas da Cobertura do RU (Fonte: SUINFRA-UFPR)

Tabela 3- Áreas da Cobertura e Potências Instaladas (painéis)(Fonte:autor)

ÁREAS PAINÉIS FV				
Local	**Área Painel FV(m2)**	**Inclinação(graus)**	**Qtdade Módulos**	**Potência Total (kWp)**
Cob-A	131	25°	58	23,20
Cob-B	409	25°	184	73,60
Cob-C	279	25°	126	50,40
Cob-D	-	-	-	-
Cob-E	115	25°	52	20,80
Cob-F	78	25°	36	14,40
		Total	456	182,40

O valor total de área a ser utilizado será de 1.008m², através do AutoCAD detectou-se que a cobertura possui um desvio azimutal em relação ao Norte de 19,67º Oeste.

Dimensionamento do SFCR

Para o dimensionamento do projeto foi adotado o módulo fotovoltaico da CANADIAN SOLAR modelo CS3W-400P tipo PERC (Figura 9), composto de silício policristalino, com potência de 400 Wp, eficiência de 18,11% e dimensões 2108x1048x40mm. O sistema será projetado com 456 módulos fotovoltaicos, 02 inversores de 100kWp da fabricante ABB modelo PVS-100TL (Figura 10) e será instalado na saída do sistema um transformador para a redução da tensão em 220V para conexão com a rede do RU.

Figura 9- Modelo do Módulo FV (Fonte: Catálogo CANADIAN)

Figura 10- Modelo do Inversor (Fonte: Catálogo ABB)

Configuração do arranjo fotovoltaico. Devemos definir o arranjo fotovoltaico com a finalidade de harmonizar a tensão e a corrente conforme os parâmetros dos inversores e módulos FV adotados.

O inversor em questão possui 06 MPPT's com faixa de tensão de 480 à 850V e corrente máxima de 36A por MPPT. Para o dimensionamento seguro do tamanho da string e o número de strings em paralelo, será considerado um fator de segurança empírico de 10%.

Tamanho da string em série. Utilizando a Eq. (1), onde 90% da tensão máxima na entrada do inversor (V_{MAXinv}= 1000V) e a tensão em circuito aberto do módulo fotovoltaico (V_{OC} = 47,2V), define-se o tamanho máximo da string, correspondente aos módulos em série.

$$N_{T-MAX} = \frac{0{,}9 \cdot V_{MAXinv}}{V_{OC}} \tag{1}$$

Resultando na quantidade máxima de módulos em série por String de 19,06 und. **Portanto, o valor adotado é de 19 módulos em série por string.**

Quantidade de string em paralelo. Utilizando a Eq. (2), onde 90% da corrente máxima na entrada do inversor (I_{MAXinv}= 36A) e a corrente de curto circuito do módulo fotovoltaico (I_{SC} = 10,9A), define-se o número máximo da *string*s em paralelo.

$$N_{L-MAX} = \frac{0{,}9 \cdot I_{MAXinv}}{I_{SC}} \tag{2}$$

Resultando na quantidade máxima de Strings em paralelo de 2,97**. Portanto, o valor adotado foi de 2 linhas de String em paralelo.**

Descobrindo os limites do inversor e módulo, utilizou-se a seguinte configuração em cada MPPT:

- Em 01 entrada MPPT, foi interligado um painel com 2 *strings* conectadas em paralelo e 19 módulos em série em cada, totalizando 38 módulos em cada MPPT e 228 módulos por inversor.

Com esse arranjo chegamos ao total de 456 módulos divididos em 02 inversores e com potência instalada de 182,4kWp.

Instalação do transformador. Como a saída dos inversores são em 400V alternada, faz-se necessário o uso de um transformador para conversão da tensão de 400V para 220V para conexão e rede na tensão utilizada pelo RU. Para o projeto será instalado na saída do Sistema FV, um Autotrafo de 200kVA, e características de acordo com a norma NTC 905200-COPEL (Tab. 4), da concessionária que atende a universidade.

Tabela 4- Especificações elétricas do transformador

AutoTrafo 200kVA	
Equipamento	**Auto-transformador á Seco**
Potência	**200kVA**
Tensões	**400/220V**
Ligação	**(Estrela/Estrela) c/ neutro aterrado**
Grupo de Ligação	**Yn0 (Estrela / Estrela)**
Classe de Isolamento	**1,2kV**
Número de Fases	**Trifásico**

Cabeamento lado CC. Para realizar o dimensionamento da bitola dos cabos elétricos do lado CC, foi utilizado o método de capacidade de corrente, conforme *ABNT NBR 16612 – Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores – Requisitos de desempenho*. Seguindo as especificações do inversor a corrente máxima de cada MPPT corresponde a 36 A, sendo assim o condutor que será empregado deve suportar a corrente máxima com uma tolerância de 10%. Resultando em uma corrente de 40A. Considerando três condutores carregados o cabo sugerido foi de 4 mm² com tensão de isolamento de 1,8kV, classe 5.

Cabeamento lado CA. Para realizar o dimensionamento da bitola dos cabos elétricos do lado CA, foi utilizado o método de capacidade de corrente, conforme a NBR 5410:2004.
No lado CA para cada inversor serão utilizados disjuntores para proteção, além de funcionar como um dispositivo de manobra para manutenções, preventivas e corretivas futuramente. Para o dimensionamento do disjuntor é necessário observar a corrente de saída do inversor de 145A.
O condutor elétrico escolhido foi de 35 mm² pelo método B2 de instalação com três condutores carregados. Sendo assim o disjuntor selecionado para a proteção do cabo e inversor será de 150 A para cada inversor.

Diagrama unifilar. Para melhor visualização técnica do sistema foi elaborado um diagrama unifilar de forma reduzida (Fig.11).

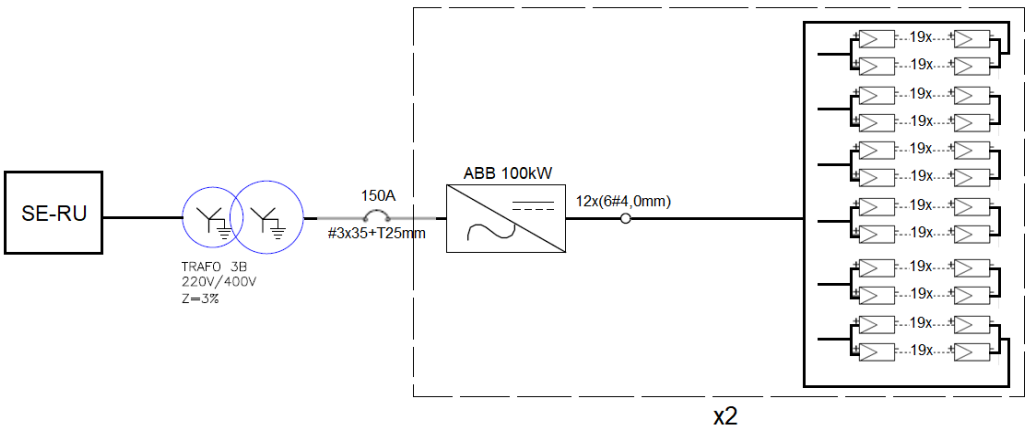

Figura 11- Diagrama unifilar

Posicionamento dos painéis. Com a utilização da ferramenta Google Earth, foi encontrada a coordenada do RU-CENTRO POLITÉCNICO definida em (-25,45º, -49,24º). Com a coordenada, encontrou-se no banco de dados do Atlas Solar do Paraná, a coordenada que mais se aproxima do local, sendo selecionado o ponto (-25,42º, -49,27º). Para maximizar a geração anual em um sistema FV conectado à rede elétrica, a inclinação dos módulos aplicada é correspondente a latitude local.

Para o caso de Curitiba, a latitude é de 25° orientado para o norte, assim sendo, buscou-se a condição ideal através do software RADIASOL 2.1, considerando o desvio azimutal de 19,67º Oeste, onde encontramos a média mensal de irradiância durante o período de 01 ano no valor de 4,8191kWh/m².

Consideramos para o cálculo da energia gerada uma taxa de desempenho (Performance Ratio-PR) do SFCR de 80% e utilizando a Eq. (3) obteve-se os valores médios esperados mensalmente para 01 ano (Fig.12):

	Energia:	$E = \frac{P_{FV} . H_{TOT} . PR}{G}$	(Equação 03)
182,4	P_{FV} - Potencia do painel FV (kW)		
4,819166667	H_{TOT} - irradiação solar incidente no plano dos módulos FV (kWh/m².dia)		
0,8	PR - Performance Ratio (ex: 0,75)		

E =	703,21	kWh/dia	E =	21096,38	kWh/mês	E =	256,67	MWh/ano					

	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
H_{TOT} =	5,24	5,19	5,15	4,72	4,33	4,21	4,42	4,71	4,75	4,89	5,05	5,17	kWh/m².dia

	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
E =	23.703,24	21.205,09	23.296,13	20.662,27	19.586,84	18.429,70	19.993,96	21.305,78	20.793,60	22.120,01	22.106,88	23.386,60	kWh/mês

Figura 12-Cálculo da Projeção de Energia Gerada Pelo Sistema (Fonte:autor)

4. CONCLUSÃO

Com a redução da potência instalada através de eficiência energética na iluminação do RU, espera-se a economia mínima de 40% do consumo de energia do sistema de iluminação.

Para melhor aproveitamento da irradiação solar, considerando a inclinação das coberturas que possuem 7% orientado para o Norte, equivalente a 4°, as instalações dos painéis deverão ter inclinação de 21° para obtenção da condição ideal de 25°.

Com a implantação do Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede, nos moldes da Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 da ANEEL e da Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015 da ANEEL, utilizando-se o sistema de compensação de energia e geração compartilhada. Considerando a inclinação a condição ideal de 25° ao norte espera-se obter conforme demonstrado anteriormente a geração média de Energia Mensal de 21.096,38 kWh, o que representa 256,67 MWh por ano.

Para uma melhor visualização dos painéis instalados no RU, criou-se uma imagem em perspectiva 3D com uma vista da face Norte e o desvio azimutal de 19° Oeste com o auxílio do Google Earth (Fig. 13).

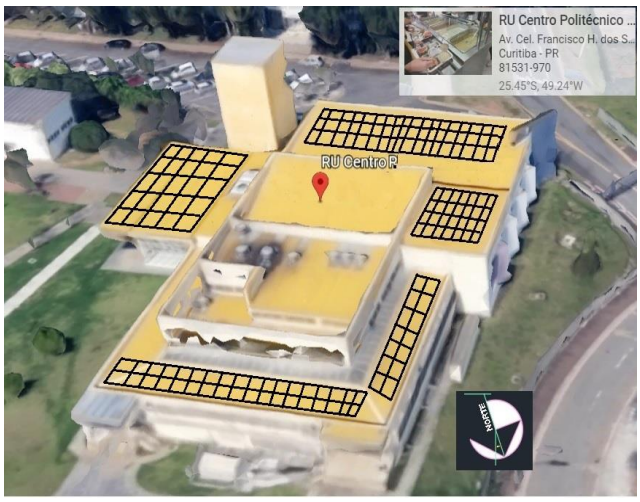

Figura 13- Imagem em Perspectiva 3D. (Fonte: Google Earth adaptado)

Com os dados colhidos de consumo médio diário do RU de 1.182,10kWh e comparando com a geração alcançada pelo projeto de 703,21kWh, concluímos que a redução média do consumo de energia da rede da concessionária pode atingir até 42,21%, o que se traduziria em economia financeira.

Para ser autossuficiente energeticamente calculamos a área necessária e quantidade de módulos de mesmo modelo necessários (Fig.14):

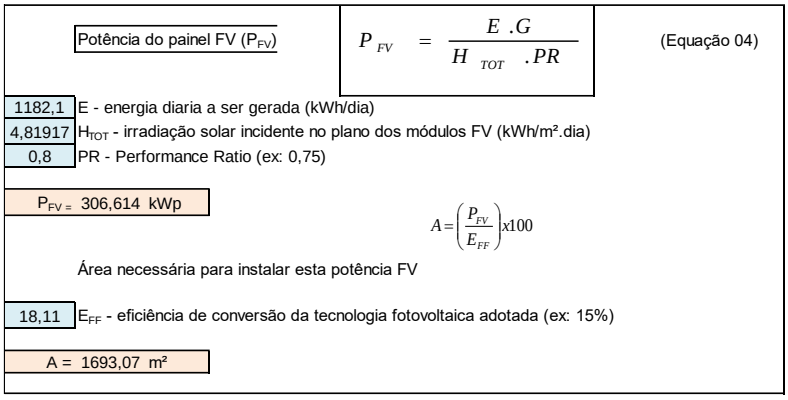

Figura 14- Cálculo da Potência e Área. (Fonte:autor)

Portanto, seriam necessários a potência instalada de 306,614kWp, sendo o total de 767 módulos de 400W, para uma área total de 1.693,07m^2.

Além da redução do consumo de energia obtido e da economia financeira gerada, por tratar-se de um ambiente universitário, o impacto de um projeto de Eficiência Energética torna-se muito mais amplo, apresentando um exemplo de conscientização aos usuários, referente ao uso da energia e disseminando a utilização de materiais sustentáveis, valorizando a energia limpa, demonstra-se assim, a preocupação com a sustentabilidade da instituição.

REFERÊNCIAS

Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão – MPDG, sítio Contas Abertas, disponível na página do governo federal http://www.portaltransparencia.gov.br/, acesso em 23/10/19.

Secretaria de Educação Superior, Ministério da Educação (MEC), disponível em: http://portal.mec.gov.br/sesu/. Acesso em 22/09/19.

Superintendência de Infraestrutura (SUINFRA), Universidade Federal do Paraná, acervo técnico.

UFRGS. Programa RADIASOL 2.1, Laboratório de Energia Solar, 2019, disponível em http://www.solar.ufrgs.br/ Acesso em 22/11/19.

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Lei Orçamentária Anual (LOA) 2019- UFPR, disponível na página da Pró Reitoria de Planejamento http://www.proplan.ufpr.br/portal/orcamento/2019, acesso em 23/11/19.

Energy Efficiency of the University Restaurant (RU) of UFPR - Polytechnic Center

Abstract. *This paper presents an Energy Efficiency project implemented in a university restaurant in the city of Curitiba-PR, proposing actions such as replacing conventional lighting with LED lighting and also the installation of a Photovoltaic System connected to the grid in building, in order to reduce energy consumption and consequently obtain financial advantages. It presents a survey of the equipment and loads used in the lighting and other environments of the building and a pre-dimensioning of Photovoltaic System.*

Keywords: *Photovoltaic System, Energy Efficiency, LED light*