

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NOS CAMPI IFG ITUMBIARA E URUAÇU

Sergio Batista da Silva – sergio.silva@ifg.edu.br

Elias Barbosa Macedo – eliasbmacedo@hotmail.com

Vera Ferreira Souza – vera_ferreirasouza@hotmail.com

Olívio Carlos Nascimento Souto – olivio.souto@ifg.edu.br

Ghunter Paulo Viajante – ghunter.viajante@ifg.edu.br

Wandry Rodrigues Faria – wandryrodrigues@hotmail.com

Instituto Federal de Goiás – Campus Itumbiara, Engenharia Elétrica - NupSOL

Resumo. O presente trabalho apresenta uma análise de viabilidade econômica para a instalação de sistemas fotovoltaicos conectados a rede elétrica nos campi do Instituto Federal de Goiás - IFG municípios de Itumbiara e Uruaçu, tendo por objetivo compensar toda a demanda de energia das referidas instituições. O estudo foi realizado através dos dados de consumo de energia, referentes às tarifas do ano de 2016 e toda a análise no que diz respeito ao sistema de compensação de energia elétrica foi fundamentada seguindo-se as resoluções normativas 482/2012 e 687/2015 da ANEEL. Disposto do consumo mensal de energia elétrica foram realizados os cálculos com auxílio do programa PVsyst 6.6.4 de modo obter o dimensionamento da potência mínima para a compensação de todo o consumo, tendo em vista que as contas de energia constituem uma das maiores despesas em grande parte das instituições públicas de ensino superior. Os resultados das análises apontaram uma economia anual de energia para o campus Itumbiara de R\$ 168.474,41, equivalente a uma redução de 93,51% no valor faturado. Já para o campus Uruaçu a economia anual chegou ao valor de R\$ 202.140,13 alcançando uma redução de 99,94% nos gastos com energia elétrica. A avaliação econômica foi realizada através dos métodos de Payback descontado e do Valor Presente Líquido (VPL), os quais sinalizaram a viabilidade econômica do projeto com um retorno financeiro do empreendimento em cerca de 11 anos para ambos os campi.

Palavras-chave: Viabilidade Econômica, Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, Compensação de Energia.

1. INTRODUÇÃO

Diante da crescente necessidade de minimizar as interferências prejudiciais ao meio ambiente e também de racionalização de custos, a busca por meios alternativos de produção de energia tem sido bastante elevada nos últimos anos. Entre todas as fontes renováveis de energia, a geração solar fotovoltaica (FV) é a que mais tem se destacado, com enfoque na Geração Distribuída (GD). Esta se caracteriza pela produção de energia no mesmo local ou bem próxima aos centros de consumo. Com o aumento do interesse em sistemas de energia renováveis, esse tema tem sido incluído em programas de financiamento, sendo também implementadas políticas energéticas como forma de incentivo ao uso de fontes renováveis de energia. Esta estratégia tem sido utilizada nos países desenvolvidos (IRENA, 2017).

No Brasil, em 17 Abril de 2012, a ANEEL publicou a RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 482 (RN482), a qual estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, criando o sistema de compensação de energia elétrica, e dando outras providências (ANEEL, 2012). Assim passou a ser possível um cliente abastecido por energia elétrica de uma determinada rede, produzir energia de forma descentralizada e injetar na mesma.

Em novembro de 2015, foi publicada a RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 687 a qual fez uma revisão na RN482, e entre outras alterações, normalizou as categorias de micro e minigeração distribuídas, referindo-se a microgeração distribuída a uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW, enquanto que a minigeração distribuída diz respeito às centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW, para a fonte hídrica, ou 5 MW para as demais fontes (ANEEL, 2015).

No primeiro semestre de 2016, foi aberto pelo Instituto Federal Sul de Minas Gerais (IFSuldeMinas), por meio da Comissão Especial de Licitação, designada pela portaria número 796 de 20/04/16 um edital de licitação para aquisição de microgeração solar fotovoltaica, o qual prevê a contratação de empresa para a instalação de 82 unidades, com capacidade instalada de 70,2 kWp espalhadas em diversos campi de diferentes institutos do país, neste mesmo edital, 2 campi do IFG foram incluídos para receberem proposta, sendo eles, o campus de Itumbiara e o campus de Uruaçu, com previsão de instalação e comissionamento do sistema para o início do segundo semestre de 2017 (IFSULDEMINAS, 2016).

Diante deste contexto, a proposta de trabalho é realizar um estudo sobre o potencial para instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica em dois campi do IFG (Itumbiara e Uruaçu), visando dimensionar sua capacidade de modo

a suprir e compensar a demanda. A Fig.1 apresenta a localização dos 14 campi do IFG, destacando os campi de Uruaçu (4) ao norte do estado e de Itumbiara (5) ao sul, divisa com o estado de Minas Gerais.

Neste estudo, serão avaliadas as faturas de energia e seus respectivos contratos, visando criar uma metodologia para classificar qual ou quais as melhores opções para instalação destes sistemas, tais como: potência instalada; inclinação e orientação dos arranjos FV e contratos de energia junto à CELG-D pertencente ao grupo ENEL Distribuição Brasil. Buscando sempre, maximizar os benefícios da redução das faturas de energia, bem como, classificar os projetos com melhores ganhos financeiros quando levado em consideração o tempo de retorno de cada projeto.

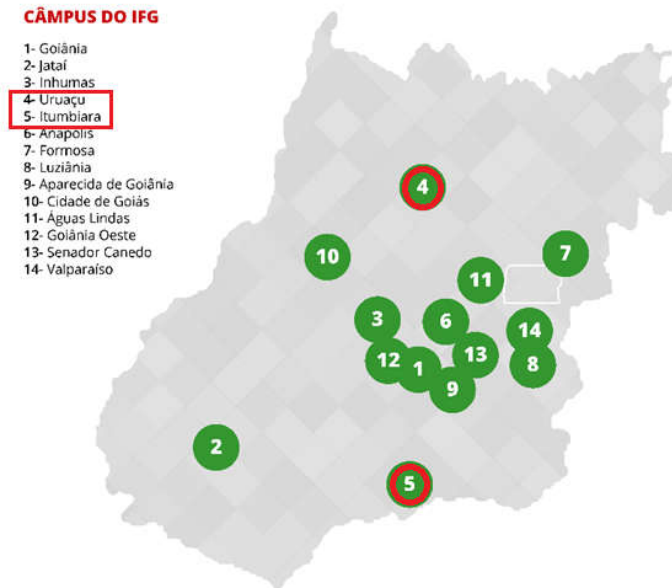


Figura 1- Localização dos Campi do IFG no estado de Goiás – destaque para os campi 4 e 5, Uruaçu e Itumbiara.

2. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

2.1 Irradiação Solar e Potencial de Geração FV no Brasil

O conceito de irradiação solar é definido como a energia incidente por unidade de superfície de um dado plano, obtida pela integração da irradiância durante um intervalo de tempo, normalmente uma hora ou um dia (CEPEL-CRESESB, 2014). A disponibilidade de radiação solar é determinada tanto por condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar, etc.) quanto dependente da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano) (ANEEL).

Devido à sua localização, sendo a maior parte na região intertropical, o Brasil é dotado de grande potencial para o aproveitamento de energia solar durante todo o ano. Essa característica permite traçar um panorama futuro de inúmeros benefícios, dentre eles o desenvolvimento de regiões remotas onde há um elevado custo para a instalação de redes elétricas convencionais, comparando-se ao retorno do investimento, além de proporcionar a oferta regular de energia em períodos de estiagem. A irradiação média brasileira sob o plano horizontal é de 4,96 kWh/m²/dia, com média mínima de 4,53 kWh/m²/dia na região sul do país, e média máxima de irradiação de 5,49 kWh/m²/dia localizado na região nordeste (Pereira et al., 2017).

Conforme pode ser observado na Fig. 2, a região Central do Brasil, onde se localiza o estado de Goiás, recebe maior incidência de radiação solar durante os meses de agosto a fevereiro, sobretudo entre os meses de julho e setembro, quando a precipitação é baixa e o número de dias com céu claro é maior.

O Brasil possui diversas vantagens que podem garantir o pleno investimento na produção de energia fotovoltaica, pois além de apresentar um alto nível de insolação possui grandes reservas de quartzo de boa qualidade, favorecendo a produção de silício com alto grau de pureza, utilizado na fabricação das células e módulos solares (Monteiro Jr. et al, 2016).

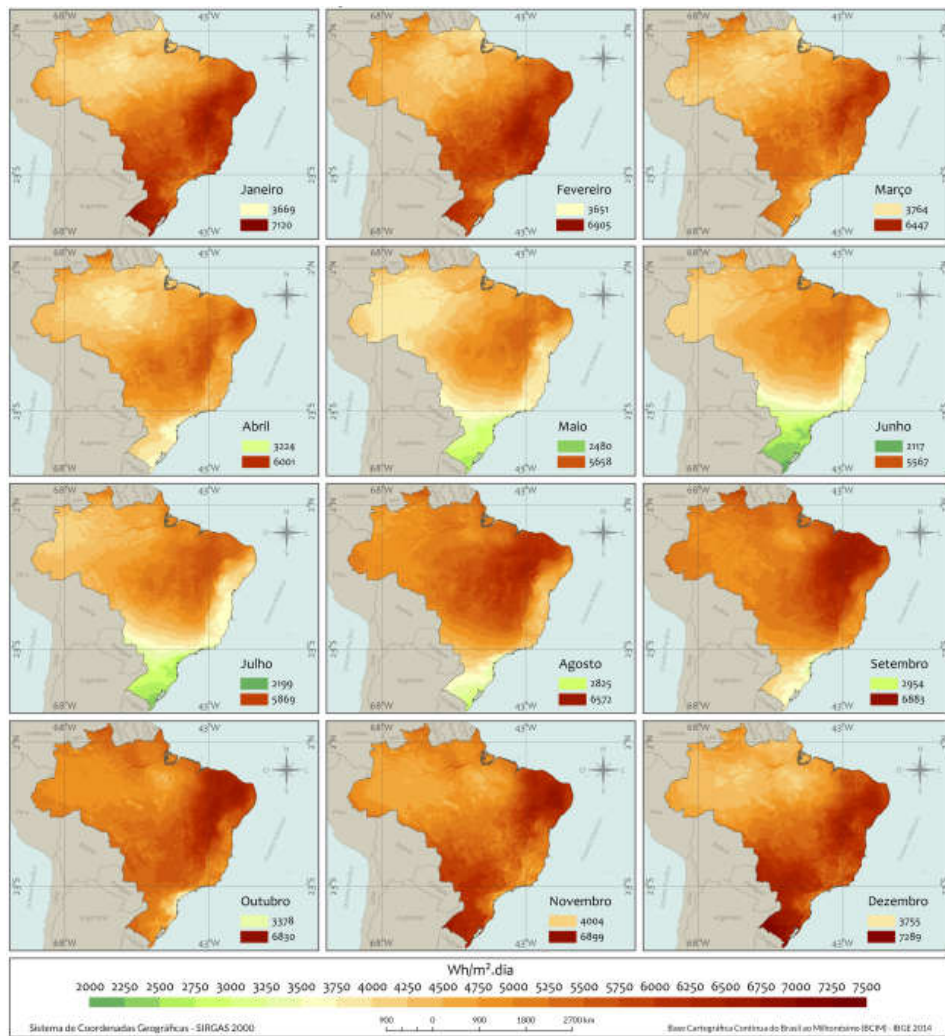


Figura 2- Total da irradiação solar global horizontal – médias mensais (Pereira et. al., 2017)

2.2 Caracterização dos Campi Itumbiara e Uruaçu

O campus Itumbiara é atendido no nível de tensão de 13,8 kV, possui demanda contratada de 250 kW e enquadra-se no subgrupo tarifário A4, que compreende as instalações pertencentes ao poder público. Sua coordenada encontra-se na latitude de 18° 26' ao Sul e longitude de 49° 13' a Oeste. Os telhados disponíveis para a instalação de módulos FV possuem desvio azimutal de 50° (Noroeste). Já o ângulo de inclinação é de aproximadamente 10 graus.

O campus Uruaçu é atendido também no nível de tensão de 13,8 kV e possui demanda contratada de 180 kW, e da mesma forma pertence ao subgrupo tarifário A4. Sua coordenada encontra-se na Latitude: 14° 31' 29" ao Sul e na Longitude: 49° 08' 27" a oeste. Os telhados disponíveis para instalação dos módulos FVs apresentam orientações Leste/Oeste respectivamente, com um pequeno desvio azimutal de 7° (Nordeste).

A modalidade tarifária utilizada é a horossazonal verde em ambos os campi, segundo a qual é cobrada uma única tarifa de demanda (kW) e as tarifas de consumo variam conforme o horário do dia e o período do ano.

Conforme a Resolução Normativa 687/2015 a potência instalada de geração será no máximo aquela disponibilizada pelo sistema para a unidade consumidora, se limitando, portanto, à demanda contratada. A resolução permite também que seja instalado um sistema maior que a potência disponibilizada para a carga, sendo necessário para isso, solicitar o aumento da demanda contratada.

No presente trabalho, a determinação da capacidade do sistema de geração a ser implantado foi realizada com base na análise tarifária do consumo no período que compreende os meses de janeiro a dezembro de 2016.

2.3 Irradiação Solar no Município de Itumbiara-GO e Uruaçu-GO

De acordo com dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira et. al., 2017) a irradiação solar na região onde se localiza o município de Itumbiara, apresenta um valor diário médio anual no plano horizontal de 5,24 kWh/m²/dia. A maior média diária mensal é de 5,77 kWh/m²/dia e ocorre no mês de dezembro. Já a menor média é de 4,39 kWh/m²/dia

e acontece no mês de junho coincidindo com o período do solstício de inverno. Para o município de Uruaçu-GO, o valor diário médio anual no plano inclinado é 5,31 kWh/m²/dia. A maior média diária mensal é de 5,74 kWh/m²/dia e ocorre no mês de agosto. Já a menor média mensal é de 4,67 kWh/m²/dia registrada no mês junho. O gráfico da Fig. 3 apresenta o perfil de irradiação para o plano horizontal para as regiões avaliadas neste trabalho.

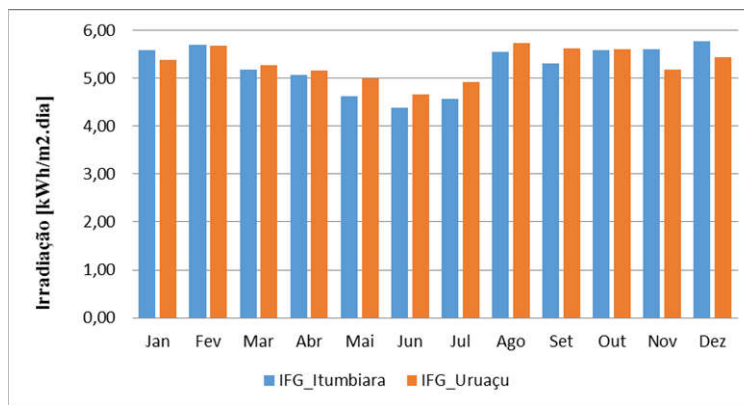


Figura 3 - Irradiação solar diária mensal no plano horizontal para as localidades dos SFCR avaliados.

2.4 Características do Consumo de Energia do Campus Itumbiara

O período de análise do consumo de energia no campus Itumbiara se restringiu, para este trabalho, ao ano de 2016 sendo que foram analisadas as tarifas com os referentes valores de consumo em dois postos horários, tanto na ponta quanto fora de ponta incluindo o horário reservado. O horário de ponta compreende o intervalo onde o sistema elétrico é mais solicitado pelos consumidores entre as 18:00 e as 21:00 hrs. No horário de ponta não há radiação solar suficiente para geração de energia pelo SFCR, portanto a produção fica restrita ao horário fora de ponta onde conforme o consumo de energia pela edificação e a potência instalada do SFCR poderá haver um excedente a ser injetado na rede elétrica. Na Tab. 1 estão registrados os dados de consumo para os meses de janeiro a dezembro de 2016:

Tabela 1 - Consumo de energia no campus Itumbiara ano 2016

Mês	Consumo fora de ponta [kWh]	Consumo Ponta [kWh]	Consumo Total [kWh]
jan/16	31.406,40	4.338,79	35.745,19
fev/16	9.568,80	721,65	10.290,45
mar/16	21.124,80	2.958,55	24.083,35
abr/16	25.963,20	4.448,30	30.411,5
mai/16	22.053,60	3.686,68	25.740,28
jun/16	17.388,00	2.971,29	20.359,29
jul/16	13.543,20	2.405,37	15.948,57
ago/16	10.454,40	1.504,44	11.958,84
set/16	16.977,60	3.051,00	20.028,6
out/16	22.356,00	3.692,52	26.048,52
nov/16	25.228,80	3.938,11	29.166,91
dez/16	22.356,00	3.692,52	26.048,52
Total	238.420,80	37.409,22	275.830,02

2.4.1 Dimensionamento do SFCR para o Campus Itumbiara

O dimensionamento do SFCR foi realizado com base na análise do consumo de energia anual do campus, com o objetivo de obter um sistema de geração capaz de atender minimamente ao perfil de consumo apresentado no tópico anterior. Nos casos de unidades consumidoras que dispõem de tarifa horária, a energia gerada pelo sistema deve ser prioritariamente utilizada para abater o consumo mensal no mesmo período em que foi gerada; no caso analisado, o período fora de ponta. Caso a geração de energia seja maior que o consumo e, portanto, haja um excedente na produção

mensal (crédito), este deve ser utilizado para a redução do consumo em outro posto tarifário, aplicando-se um fator de ajuste (ANEEL, 2016).

De acordo com a resolução normativa 687/2015 da ANEEL o sistema a ser instalado fica limitado à demanda contratada pelo consumidor, regra válida para consumidores do grupo A. O sistema limita-se à demanda de 250 kW para o campus Itumbiara e 180 kW para o campus Uruaçu.

Para o dimensionamento do sistema o objetivo é que a energia gerada seja suficiente para abater todo o consumo da edificação. Como a geração se dá, sobretudo no horário fora de ponta, no qual há a maior intensidade de irradiação solar, a previsão de compensação deve ser feita aplicando-se primeiramente uma correção nos valores de consumo no horário de ponta, através da divisão destes pelo fator de ajuste. O fator de ajuste é o resultado da divisão do valor da tarifa de energia fora de ponta pela tarifa de ponta, conforme a Eq. 1, uma vez que o excedente é obtido no posto fora de ponta (ANEEL, 2016).

$$F_c = TE_{fp} / TE_p \quad (1)$$

Nesta análise foram utilizados os valores de tarifa de energia para a modalidade tarifária verde contidos na Tab. 2:

Tabela 2-Tarifas de energia / Modalidade tarifária verde (CELG)

Modalidade Tarifária Verde			
	kWH Ponta (R\$)	kWH Fora de ponta (R\$)	kWH HR (R\$)
TE	0,363720	0,229290	0,229290

De acordo com a Tab. 2 e aplicando-se os valores à Eq. 1, foi obtido um valor de 0,630403 para o fator de correção aplicado no horário de ponta.

Após a aplicação do fator de ajuste nos valores de consumo na ponta, o consumo total anual corrigido para o campus Itumbiara resultou em 297,76 MWh. Espera-se, portanto, o que o sistema dimensionado produza energia suficiente, tal que o valor total do consumo corrigido seja total ou majoritariamente suprido.

Dispondo da energia total consumida durante o ano de 2016 no campus e também da irradiação média diária a cada mês do ano, torna-se possível determinar a energia mensal produzida pelo sistema fotovoltaico a ser instalado. Para isso é necessário calcular a potência de pico do painel FV (P_{FV}) através da Eq. 2 (ANEEL, 2015):

$$P_{FV} (Wp) = \frac{E / TD}{HSP_{MA}} \quad (2)$$

Onde:

E (Wh/dia) - Consumo diário médio anual da edificação ou fração deste;

HSP_{MA} (h) - Média diária anual das horas de sol pleno (HSP) incidente no plano do painel FV;

TD - Taxa de desempenho (adimensional).

Considerando uma taxa de desempenho de 0,75 e a média diária anual das horas de sol pleno (HSP) incidente no plano do painel FV igual a 5,34 kWh/m².dia (obtida por simulação no programa *PVSystem*) obteve-se a potência de pico do SFCR no valor de 203,5 kWp. Com base nos valores de irradiação solar para a região de Itumbiara-GO, o SFCR foi simulado no *PVSystem*, e os resultados apresentados na seção 3.

2.5 Características do Consumo de Energia do Campus Uruaçu

O período de análise do consumo de energia no campus Uruaçu, assim como avaliado para o campus Itumbiara, foi o ano de 2016, de modo que a análise também foi feita sobre os valores de consumo tanto no horário de ponta quanto fora de ponta incluindo o horário reservado. Como se trata de uma instituição de ensino, o uso da carga se estende durante os três períodos do dia, sendo que a produção fica restrita ao horário fora de ponta. Na Tab. 3, estão registrados os dados de consumo para os meses de janeiro a dezembro de 2016:

Tabela 3 - Consumo de energia no campus Uruaçu ano 2016

Mês	Consumo Fora de ponta [kWh]	Consumo Ponta [kWh]	Total [kWh]
jan/16	11.106,90	1668,77	12.775,67
fev/16	22.158,45	4.335,53	26.493,98
mar/16	17.908,79	2.879,33	20.788,12
abr/16	22.834,94	4.366,19	27.201,13

mai/16	23.975,77	4.984,51	28.960,28
jun/16	21.881,7	4.853,27	26.734,97
jul/16	18.093,29	4.091,84	22.185,13
ago/16	15.633,29	2.923,12	18.556,41
set/16	24.018,82	4.532,27	28.551,09
out/16	26.315,84	5.175,5	31.491,34
nov/16	23.360,77	4.528,64	27.889,41
dez/16	20.384,17	4.076,37	24.460,54
Total	247.672,73	48.415,34	296.088,07

2.5.1 Dimensionamento do SFCR para o Campus Uruaçu

O dimensionamento do sistema FV para o campus Uruaçu foi efetuado seguindo-se os mesmos procedimentos detalhados no item 2.4.1. Para o campus Uruaçu o sistema limita-se à demanda contratada de 180 kW.

A previsão de compensação foi realizada de forma similar, realizada para o campus Itumbiara, inicialmente aplicando o fator de ajuste nos valores de consumo do horário de ponta. O valor do consumo total corrigido para o campus apresentou para o ano de 2016, 324,5 MWh/ano. A partir da energia total consumida durante o ano de 2016, da irradiação média diária a cada mês do ano, calculou-se a potência de pico do painel FV (P_{FV}) através da Eq. 2.

Considerando a mesma taxa de desempenho de 0,75 utilizada para o dimensionamento do sistema no campus Itumbiara-GO e a média diária anual das horas de sol pleno (HSP) incidente no plano do painel FV igual a 5,33 kWh/m².dia (obtidos por simulação do *PVSyst*), obteve-se a potência de pico do painel no período anual com o valor de 222,38 kWp. Conforme determinado pela RN 687/2015, como a potência dimensionada para esse sistema foi superior à demanda contratada do campus que é de 180 kW, seria necessária a solicitação junto a concessionária, do aumento da potência disponibilizada para a instituição, de forma a compensar todo o consumo de energia requerida pela unidade consumidora. O SFCR foi simulado no *PVSyst*, e os resultados são apresentados na seção 3.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Simulação dos SFCR no *PVSyst* para os Campi do IFG, Itumbiara-GO e Uruaçu-GO

Para análise dos resultados foram realizadas simulações com o programa *PVSyst* versão 6.64. Para ambos os SFCR, a inclinação dos telhados foram as mesmas, isto é, 10° (Fig. 4.a). O desvio azimutal para o campus de Itumbiara é único, cerca de 50° a oeste (Fig. 4.b). Já para o campus de Uruaçu, devido as características do telhado, foi necessário orientar os módulos para a posição leste-oeste, conforme apresentados na Fig. 4 (c) e (d).

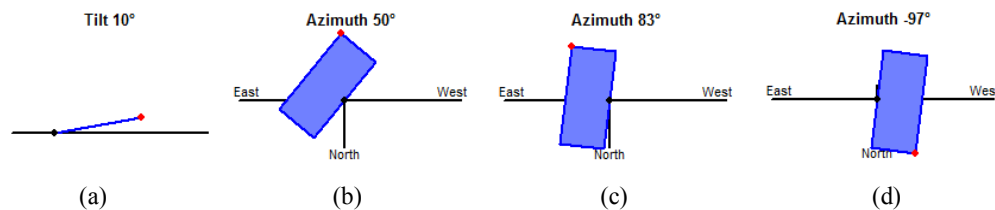


Fig. 4 - (a) Ângulo de Inclinação dos módulos; (b) Azimute para o telhado do campus de Itumbiara; (c) e (d) Azimute múltiplo para o telhado no campus de Uruaçu.

Ambos os sistemas foram simulados utilizando módulos do fabricante *Canadian Solar*, modelo CS6K-270P, de 260 Wp cada. A Tab. 4 apresentam as descrições dos componentes utilizados na simulação, com o *PVSyst*.

Tabela 4 – Características dos componentes utilizados na simulação no *PVSyst*

Descrição	Itumbiara [Quant.]	Uruaçu [Quant]	Unidade
Módulos <i>Canadian Solar</i> - CS6K-270P	720	800	un.
Inversor ABB - PRO-33.0-TL-OUTD-400	6	-	un.
Inversor ABB - TRIO-27.6-TL-OUTD	-	6	un.
Módulos em série	24	20	un.
<i>Strings</i> em paralelo	5	5	un.
Potência nominal FV	194,4	216	kWp

Após a simulação dos SFCR, os resultados foram tabulados e são apresentados, conforme Tab. 5. É possível observar que os valores calculados pela Eq. 2, diferem dos valores resultantes da simulação no PVSyst. Para o campus Itumbiara, o valor passou de 203,5 kWp para 194,4 kWp, e para o campus Uruaçu, o valor passou de 222,38 para 216 kWp. Consequentemente, o resultado da taxa de desempenho simulada pelo programa resultou em um valor superior, resultando em uma taxa de 0,78 e 0,77 para os campi Itumbiara e Uruaçu respectivamente.

Tabela 5 – Resultado da Simulação

Mês	Itumbiara					Uruaçu				
	GlobHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	E_Prod kWh	Prod. Esp. kWh/kWp	GlobHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	E_Prod kWh	Prod. Esp. kWh/kWp
Jan	173,2	25,8	167,8	25548	131,42	166,8	25	165,5	27750	128,47
Fev	159,5	25,9	158,3	23979	123,35	159,1	25,4	157,8	26518	122,77
Mar	160,5	25,4	161,9	24637	126,73	163,6	25,3	162,4	27541	127,5
Abr	151,9	23,8	159,6	24622	126,66	155,1	24,9	154,2	26001	120,38
Mai	143,3	22,4	152,5	23794	122,4	154,6	23,8	153,5	26281	121,67
Jun	131,6	21,5	142,8	22346	114,95	140	23,4	139	23848	110,41
Jul	141,6	22,9	152	23601	121,4	152,8	24,5	152	25877	119,8
Ago	172	24,6	184	28116	144,63	177,8	25,8	177,1	29798	137,95
Set	159,2	25,8	164,1	24846	127,81	168,9	26,1	168	28064	129,93
Out	173	26	172,6	26154	134,54	173,6	25,6	172,7	29033	134,41
Nov	167,9	25,7	163,7	25001	128,61	155,3	25	154,1	26238	121,47
Dez	179	25,19	171,3	26072	134,12	168,9	25,09	167,6	28429	131,62
TOTAL	1912,7	24,58	1950,5	298718	1536,62	1936,5	24,99	1923,9	325378	1506,38

De acordo com dados da tabela, é possível perceber um pequeno ganho de desempenho para o sistema instalado no campus Itumbiara, cerca de 2% apenas.

3.2 Análise da Economia de Energia com o SFCR para o Campus Itumbiara-GO

Realizando a comparação entre a energia faturada sem a compensação, o valor cobrado para o consumo compensado já embutido os impostos e a demanda contratada, foi calculado o gasto em reais a cada mês apresentando a análise separadamente para os dois postos horários. O valor da tarifa por posto horário utilizada de acordo com a fatura da concessionária CELG para o ano de 2016, já inclui a cobrança de impostos (ICMS, PIS e COFINS), e possui valores distintos por posto horário, sendo igual a R\$ 1,7474 para o horário fora de ponta e R\$ 0,48151 para o horário fora de ponta. Para melhor comparação os valores cobrados foram representados na Tab. 6:

Tabela 6 - Energia faturada nos postos fora de ponta e na ponta antes e após a compensação para o campus Itumbiara

Mês	Fatura sem SFCR ponta (R\$)	Fatura sem SFCR fora de ponta (R\$)	Fatura com SFCR ponta (R\$)	Fatura com SFCR fora de ponta (R\$)	Diferença entre as faturas (R\$)
jan/16	7.581,60	15.122,50	7.581,60	3.612,94	11.509,56
fev/16	1.261,01	4.607,47	-	-	5.868,48
mar/16	5.169,77	10.171,80	-	-	15.341,57
abr/16	7.772,96	12.501,54	-	-	20.274,50
mai/16	6.442,10	10.619,03	501,92	-	16.559,21
jun/16	5.192,03	8.372,50	-	-	13.564,53
jul/16	4.203,14	6.521,19	-	-	10.724,33
ago/16	2.628,86	5.033,90	-	-	7.662,76
set/16	5.331,32	8.174,88	-	-	13.506,20
out/16	6.452,31	10.764,64	-	-	17.216,95
nov/16	6.881,45	12.147,92	-	-	19.029,37
dez/16	6.452,31	10.764,64	-	-	17.216,95
Total	65.368,87	114.802,00	8.083,53	3.612,94	168.474,41

A análise das diferenças obtidas entre o valor pago pelo consumo sem o SFCR e o valor obtido com a operação do mesmo, de acordo com a Tab. 6, permitiu deduzir que poderá ser alcançada uma economia anual de **R\$ 168.474,41**, equivalente a uma redução de 93,51% no valor faturado. Considerando condições de geração semelhantes ao longo dos anos esse resultado seria mantido caso o sistema permaneça funcionando normalmente.

3.3 Análise da Economia de Energia com o SFCR para o Campus Uruaçu

De acordo com os mesmos critérios considerados para o campus Itumbiara, foram utilizadas as tarifas por posto horário de acordo com a fatura da concessionária CELG para o ano de 2016, com uma tarifa de R\$ 1,73392 para o horário de ponta e R\$ 0,4777 para o horário fora de ponta, valor ligeiramente menor, comparada aos valores utilizado no campus Itumbiara. Para melhor comparação os valores cobrados foram representados na Tab. 7:

Tabela 7 - Energia faturada nos postos fora de ponta e na ponta antes e após a compensação para o campus Uruaçu

Mês	Fatura sem SFCR ponta (R\$)	Fatura sem SFCR fora de ponta (R\$)	Fatura com SFCR ponta (R\$)	Fatura com SFCR fora de ponta (R\$)	Diferença entre as faturas (R\$)
jan/16	R\$ 2.893,51	R\$ 5.305,77	-	-	8.199,28
fev/16	R\$ 7.517,46	R\$ 10.585,09	-	-	18.102,55
mar/16	R\$ 4.992,53	R\$ 8.555,03	-	-	13.547,56
abr/16	R\$ 7.570,62	R\$ 10.908,25	-	-	18.478,88
mai/16	R\$ 8.642,74	R\$ 11.453,23	-	-	20.095,97
jun/16	R\$ 8.415,18	R\$ 10.452,89	-	-	18.868,07
jul/16	R\$ 7.094,92	R\$ 8.643,16	-	-	15.738,09
ago/16	R\$ 5.068,46	R\$ 7.468,02	-	-	12.536,48
set/16	R\$ 7.858,59	R\$ 11.473,79	-	-	19.332,38
out/16	R\$ 8.973,90	R\$ 12.571,08	-	-	21.544,98
nov/16	R\$ 7.852,30	R\$ 11.159,44	-	-	19.011,74
dez/16	R\$ 7.068,10	R\$ 9.737,52	R\$ 121,46	-	16.684,16
Total	R\$ 83.948,33	R\$ 118.313,26	R\$ 121,46	R\$ 0,00	202.140,13

Como é possível verificar através da Tab. 7, a atuação do SFCR permitiu uma expressiva economia nas faturas. Para o horário de ponta restou apenas o mês de dezembro com valor a pagar; já no horário fora de ponta foi possível abater completamente o valor da fatura a pagar.

A economia anual alcançada foi de **R\$ 202.140,13** o que representa uma redução de 99,94% no valor faturado.

3.4 Análise do Retorno Econômico com a Implantação do SFCR

O orçamento realizado para a montagem do SFCR proposto foi calculado de acordo o valor de custo da planta para o projeto de 70,2 kWp contratado e licitado para os campi do IFG (Itumbiara e Uruaçu) e contemplado pelo edital do IFSuldeMinas, partindo-se do custo de R\$ 6.657,14 por kWp instalado obtido para o respectivo projeto.

Para o campus Itumbiara, o custo total do projeto é de R\$ 1.294.148,02 sendo que a aquisição dos módulos representa a maior porcentagem dos gastos. O tempo de vida útil ou operação do sistema é estimado em 25 anos, sendo que a cada ano são consideradas as despesas com manutenção e por volta de 10 e 20 anos de uso prevê-se a troca dos inversores. Considerando o montante economizado todos os anos pelo sistema. O fluxo de caixa foi calculado partindo-se do investimento inicial e estimando-se uma saída anual correspondente à despesa com a manutenção do sistema estimada em 1% do economizado.

A análise para o projeto no campus Uruaçu também segue as mesmas considerações adotadas para o campus Itumbiara. Neste trabalho, os dados foram calculados de acordo com o projeto para um sistema de 216 kWp, obtidos após simulação no *PVSyst*, obtendo o custo total do projeto de R\$ 1.437.942,24.

Em ambos os casos, foram calculados os valores do *Payback* descontado. A análise mostra que ambos os SFCR apresentam o retorno do investimento em cerca de 11 anos, ou seja, apresenta viabilidade por estar dentro do período de vida útil dos módulos.

4. CONCLUSÕES

A análise desenvolvida neste trabalho teve por objetivo dimensionar a capacidade de geração para possíveis sistemas fotovoltaicos conectados a rede (SFCR) a serem instalados nos campi de Itumbiara e Uruaçu, e apresentar um panorama da viabilidade e do retorno econômico dos referidos sistemas. Para tal, foi realizada a avaliação dos dados relativos ao potencial solar das regiões onde estão localizados os campi, e ao consumo de energia para o ano de 2016, por meio das tarifas de energia das respectivas instituições de ensino.

A partir dos cálculos de dimensionamento da capacidade de geração de energia de ambos os SFCRs foram obtidos os valores de 181,43 kWp para o campus Itumbiara e 222,4 kWp para o campus Uruaçu, sendo que para a instalação deste último seria necessária a solicitação do aumento da potência disponibilizada para a instituição uma vez que o valor calculado é superior ao da demanda contratada.

Ambos os sistemas foram modelados no PVSyst, apresentando valores ligeiramente diferente aos valores calculados, sendo eles, 194,4 kWp para o campus Itumbiara e 216 kWp para o campus Uruaçu. Diferença que está ligada as características mais completas e detalhadas no programa, como as perdas do sistema.

Os resultados das análises apontaram uma economia anual de energia para o campus Itumbiara de R\$ 168.474,41, equivalente a uma redução de 93,51% no valor faturado. Já para o campus Uruaçu a economia anual chegou ao valor de R\$ 202.140,13 alcançando uma redução de 99,94% nos gastos com energia elétrica. A avaliação econômica foi realizada através dos métodos de *Payback* descontado e do Valor presente Líquido (VPL), os quais sinalizaram a viabilidade econômica do projeto com um retorno financeiro do empreendimento em cerca de 11 anos para ambos os campi.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Cadernos Temáticos ANEEL: Micro e Minigeração distribuída, sistemas de compensação de Energia Elétrica. Brasília, Distrito Federal: 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>> Acesso em: 21 de abril de 2017.
- ANEEL. “Energia Solar”. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf)> Acesso em: 12 de abril de 2017.
- ANEEL. “RESOLUÇÃO NORMATIVA N_482”, 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>> Acesso em: 01 julho de 2016.
- ANEEL. “RESOLUÇÃO NORMATIVA N_687”, 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>> Acesso em: 14 maio de 2016.
- CEPEL-CRESESB. “Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos”, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf> Acesso em: 20 de fevereiro de 2017.
- CRESESB. Potencial solar. Sun Data. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>> Acesso em: 14 de maio de 2017.
- FARIA, A.F. Eficiência Energética e Geração Distribuída: Estudo de Caso Aplicado a Sistema de Iluminação, Condicionamento Ambiental e Adição de Fonte Incentivada de Energia Elétrica. 2016.140f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Coordenação do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia.
- IFSULDEMINAS. “RDC 01/2016 - SRP - Placas Fotovoltaicas”, 2016. Disponível em: <<http://www.ifsulde Minas.edu.br/index.php/pt/licitacoes/4876-2016-06-21-19-46-56>> Acesso em: 30 agosto de 2016.
- IRENA- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY. “Rethinking Energy 2017”. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REthinking_Energy_2017.pdf> Acesso em 12 de março de 2017.
- MONTEIRO JR, A; SOUZA, M.S; ALBUQUERQUE, F.L.; SOUTO, O.C.N.; SILVA, S.B. “Análise de viabilidade econômica de sistema fotovoltaico conectado à rede em prédios públicos: um estudo de caso comparativo nos estados de Goiás e Tocantins”. XIV, CEEL, 2016. Universidade Federal de Uberlândia, Minas Geais, Brasil.
- PEREIRA, E.B; MARTINS, F.R; GONÇALVES, A.R; COSTA, R.S.; LIMA, F.J.L; RÜTHER, R.; ABREU, S.L; TIEPOLO, G.M; PEREIRA, S.V; SOUZA, J.G. Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2º edição. São José dos Campos. Brasil, 2017.

ECONOMIC FEASIBILITY STUDY FOR THE INSTALLATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN CAMPI IFG ITUMBIARA AND URUAÇU

Abstract. This paper presents an economic feasibility study for the installation of photovoltaic systems connected to the grid on the campuses of the IFG in the municipalities of Itumbiara and Uruaçu - Goiás, aiming to make up for all the energy demand of these institutions. The study was carried out using data on energy consumption, referring to rates for the year 2016, and all the analysis regarding the electric energy compensation system was based on normative resolutions 482/2012 and 687/2015 of ANEEL. Featuring the electricity monthly consumption were carried out the way of calculations to obtain the scaling of minimum power for compensation of all consumption, given that energy bills are one of the biggest expenses in most public institutions of higher education . The results indicated an annual energy savings for the Itumbiara campus of R \$ 168,474.41, equivalent to a reduction of 93.51% in the amount billed. For the Uruaçu campus, the annual savings reached R\$ 202,140.13, represented a reduction of 99.94% in the energy bill. The economic valuation was performed through discounted Payback and Net Present Value (NPV) methods, which signaled the economic viability of the project with a financial return of the project in about 11 years for both campuses.

Key words: *Economic viability, Photovoltaic systems, Energy Compensation.*