

# ANÁLISE DO IMPACTO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO FEDERAL NO SERTÃO BAIANO

Adriano Moraes da Silva – amoraes.eng@gmail.com

Danielle Bandeira de Mello Delgado – mi.danielledelgado@gmail.com

Saulo Farias Alves – sauloifbapa@gmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Departamento de Engenharia Elétrica

**Resumo.** *A Geração Distribuída ou autogeração é um conceito sustentável que tem sido amplamente discutido nos últimos anos e é uma tendência evidente em diversos países, inclusive no Brasil. Entretanto, a possibilidade de gerar energia para o próprio consumo, bem como injetar excedentes na rede, requer estudos mais aprofundados de viabilidade técnica e eficiência energética, pois a aplicabilidade de um sistema de cogeração fotovoltaica é mais interessante do ponto de vista econômico quando o consumo está alinhado com a capacidade de geração. Diante disso, este trabalho estuda o consumo de energia elétrica do IFBA Campus de Paulo Afonso a fim de analisar o impacto que a geração de um sistema solar fotovoltaico causa no consumo da instituição durante o período fora de ponta. Para tanto, são analisadas as faturas de energia elétrica desde abril 2017, início da geração, até outubro de 2017. Utilizam-se como procedimentos técnicos a pesquisa bibliográfica, exploratória, capaz de verificar se o sistema de geração solar fotovoltaica impacta positivamente na redução do consumo de eletricidade da instituição. Quanto aos resultados, observou-se que a geração atualmente sofre a influência de sombreamento, porém mesmo com sua relocação verificou que um sistema de 10 KWp não atende a realidade do consumo no período fora de ponta. Com isso, a partir da observação dos dados e considerando as características climáticas entre os meses analisados, sugere-se que o sistema fotovoltaico ideal para IFBA Campus Paulo Afonso deveria ter capacidade de geração de 60 KWp. Afora, este trabalho contribui com estudos sobre o tema abordado, além de subsidiar a análise crítica sobre o programa do Ministério de Educação “Desafio da Sustentabilidade” e ampliar o debate a cerca da geração distribuída no Brasil.*

**Palavras-chave:** *Energia Solar, Eficiência Energética, Impacto Econômico*

## 1. INTRODUÇÃO

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015, o Brasil assumiu o compromisso de aumentar a parcela de energia renovável além da energia hídrica para ao menos 28% até 2030, principalmente pelo o aumento da participação das fontes solar, eólica e biomassa (EPE, 2016). Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) a utilização da fonte solar para gerar energia elétrica contribui tanto do ponto de vista elétrico na diversificação da matriz, aumento da segurança no fornecimento, redução de perdas e alívio de transformadores e alimentadores, bem como do ponto de vista socioeconômico ambiental com a redução da emissão de gases do efeito estufa, geração de empregos locais, aumento da arrecadação e aumento de investimentos (ABSOLAR, 2016).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME), o Brasil possuía, ao final de 2016, 81 MWp de energia solar fotovoltaica instalados, o que representa cerca de 0,05% da capacidade instalada total no país. Do total de 81 MWp existentes em 2016, 24 MWp correspondiam à geração centralizada e 57 MWp à Geração Distribuída (GD) (MME, 2017). A GD é compreendida como autogeração, geração *in situ*, cogeração e geração exclusiva, ou seja, defini-se como o uso integrado ou isolado de recursos modulares de pequeno porte por concessionárias, consumidores e terceiros em aplicações que beneficiam o sistema elétrico e/ou consumidores específicos (BARBOSA & AZEVEDO, 2013).

O conceito de GD traz em seu escopo possibilidades inovadoras onde pessoas físicas e jurídicas, consumidoras de energia elétrica, podem não apenas gerar energia para seu próprio consumo, como também injetar eletricidade na rede. Esse conceito tem sido amplamente discutido nos últimos anos e tem se tornado tendência evidente em diversos países. No Brasil, foi aberta essa possibilidade em 17 de abril de 2012, com a publicação da Resolução Normativa (RN) N° 482/2012, um elemento didático, concentrado e abordando os requisitos administrativos, econômicos e técnicos. A RN N° 482 é considerada o marco regulatório em GD no país (ANEEL, 2012).

A inserção de novas tecnologias de mini e microgeração no setor elétrico brasileiro ainda enfrenta vários desafios, tais como o custo benefício, as exigências técnicas da distribuidora e o cumprimento dos prazos pré-estabelecidos. Entretanto, o Brasil tem apresentado uma evolução considerável, pois tem buscado, a partir de uma norma específica e clara, detalhar os requisitos necessários para a implantação da microgeração ou minigeração distribuída, tanto para o consumidor quanto para a empresa distribuidora de energia, além de oferecer meios econômicos facilitadores para este processo (MORAES & DELGADO, 2016).

A GD traz vantagens consideráveis para o consumidor, tais como, a economia nos custos de consumo, e como consequência a redução do preço da eletricidade, a partir da possibilidade de diferenciar o preço da energia ao longo do

dia e informar ao cliente em tempo real as mudanças de preço e o seu consumo, e, ainda, controlar a carga dos clientes em caso de aumento excessivo da demanda (CÂMARA & CASTRO, 2016; LOPES *et. al.*, 2015; MATOS & CATALÃO, 2013).

À luz disso, a fim de otimizar os custos com as contas de energia, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Campus de Paulo Afonso, foi contemplado com um sistema *on-grid* com a capacidade de geração de 10.000 Watts-pico, através da Comissão Interna de Sustentabilidade Ambiental do IFBA do Campus Salvador (CISA), e por meio do Programa de inovação do Ministério da Educação em prol da eficiência do gasto público: "Desafio da Sustentabilidade".

O estudo técnico-econômico realizado por Maia (2017) nas instalações do IFBA-Campus de Paulo Afonso evidenciou que o período fora de ponta nos últimos anos teve o maior impacto nas faturas de energia, condicionando a instituição a limitar o consumo, tendo em vista que o planejamento orçamentário não supriria o gasto com energia. Estudos demonstraram que a mudança da modalidade tarifária na qual o IFBA em Paulo Afonso se enquadrava atualmente não é viável, bem como o aumento do valor da demanda contratada (MAIA, 2017).

Diante da evidente necessidade de se avaliar como a geração de energia proveniente do sistema solar fotovoltaico, instalado no campus pode contribuir com a redução do consumo no período fora de ponta, este trabalho busca analisar o impacto que o Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) provoca na redução da demanda fora de ponta da instituição, bem como na diminuição dos custos com as contas de energia. Para tanto, é analisado o consumo de energia elétrica, bem como o potencial de geração do SFCR instalado.

Em relação à estrutura desse trabalho, além desta seção introdutória, a próxima seção aborda os métodos utilizados para a avaliação do impacto econômico que o SFCR tem sobre o consumo de eletricidade no IFBA Campus de Paulo Afonso. Na sequência, tem-se o referencial teórico, que discute os aspectos relacionados com a compensação de energia e seu sistema de faturamento, além da reflexão acerca da importância e da necessidade de implantação de um sistema fotovoltaico eficiente. Em seguida, apresentam-se os resultados e, por fim, as considerações finais.

## 2. MÉTODOS

A pesquisa desenvolve-se na análise dos meios normativos que se referem ao gerenciamento da energia, tarifação e Geração Distribuída (GD). Neste sentido, foram estudadas as RN N° 414/2010 que estabelece as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica e informações sobre o faturamento para consumidores do grupo A.; RN N° 687/2015 que é a norma mais atual pautada na geração distribuída e compensação de energia, além de alterar a RN N° 482/2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST). Salienta-se que nesta etapa são buscadas, a luz da bibliografia, os principais meios para encontrar soluções para os problemas levantados.

Após esta etapa, é realizado o levantamento detalhado das faturas de energia elétrica da instituição, a fim de obter as informações sobre demandas, tarifas e consumo de energia elétrica e com isso compreender o perfil de consumo no instituto. Além disso, são analisados os dados de geração fornecidos pelo sistema de supervisão de geração da unidade solar fotovoltaica, através da plataforma *server.growatt* (2017), disponibilizada pelo a *Growatt@*.

Esses dados avaliam se o SFCR tem potencial para contribuir com a redução do consumo no período fora de ponta, bem como, com a diminuição dos custos da instituição com as contas de energia. Neste processo, aplica-se o estudo considerando que o sistema de compensação de energia está interligado entre os meses estudados, a fim de compor uma base de dados norteadores que trazem em seu escopo informações importantes capazes de subsidiar decisões na composição de um plano de gestão energética para o campus.

Nesses termos, este trabalho caracteriza-se como um estudo de caso. Yin (2001) afirma que este é um tipo de investigação empírica que aborda um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. O estudo de caso é utilizado para situações contextuais pertinentes aos fenômenos de estudo. Nesses termos, o trabalho desenvolve-se a partir da necessidade que o IFBA Campus Paulo Afonso tem apresentado, em alinhar geração de eletricidade com o consumo.

## 3. SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE - SFCR

O desenvolvimento de atividades voltadas à gestão energética requer o conhecimento prévio sobre conceitos fundamentais no processo de tarifação de energia, expostas nesta seção por meio da Resolução Normativa vigente da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) N° 414, de 9 de setembro de 2010.

Os conceitos sobre GD e o sistema de compensação de energia serão apresentados na sequência através da RN N° 687/2015, que altera a RN N° 482, de 17 de abril de 2012, sendo considerada o marco regulatório no Brasil no que diz respeito a GD. Na sequência, apresenta-se o programa de inovação do Ministério da Educação em prol da eficiência do gasto público: "Desafio da Sustentabilidade", implantado no IFBA Campus Paulo Afonso.

### 3.1 Compensação de Energia no Brasil

O sistema de compensação de energia trata de como a energia gerada pela unidade pode ser contabilizada em termos financeiros e na condução da energia excedente. Nesses termos, são empregados em diversos países duas formas de compensação o *feed-in-tariff* (tradução em português) e o *net metering* (tradução em português). A primeira forma

estabelece o valor pelo qual o consumidor vende a energia à distribuidora, neste caso o ato de vender energia exige definições tarifárias complexas e o governo geralmente investe para ampliação do mercado. A segunda forma, adotada no Brasil através da ANEEL, foge das questões tributárias. Assim, o cliente deposita a energia excedente na distribuidora que a devolve em outro horário, a conta mensal é calculada sobre a diferença entre consumo e geração (RAUSCHMAYER & GALDINO, 2014).

Nesses termos, a RN ANEEL nº 687/2015 não limita a compensação de energia apenas entre as unidades consumidoras de mesma titularidade, onde os créditos foram gerados. A compensação de energia é compreendida como o sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa (ANEEL, 2015).

Segundo as regras do Art. 7 da RN ANEEL nº 482/2012, é apurada a diferença entre consumo bruto da rede e a injeção na rede, isto é, o consumo líquido. Se o consumo líquido for negativo, ou seja, se houver mais energia injetada do que consumida, haverá crédito para compensação nos meses subsequentes. Se a diferença for negativa ou inferior ao custo de disponibilidade, então este será cobrado pela concessionária ao consumidor. Se a diferença for maior do que o custo de disponibilidade, esta diferença aparece na conta como base de faturamento e impostos (RAUSCHMAYER E GALDINO, 2014).

Para consumidores do grupo A, o custo de disponibilidade é o valor mínimo cobrado de qualquer consumidor, independentemente se ele gera energia ou não. Nesses termos, do ponto de vista normativo, verifica-se que é mais interessante gerar energia em quantidade inferior ao custo de disponibilidade, não produzindo crédito. Este fato é desvantajoso e desmotivante para o gerador porque limita seu potencial de geração. Nesses termos, verifica-se também que o custo de disponibilidade é o principal parâmetro para se estabelecer um sistema de compensação de energia eficiente (RAUSCHMAYER E GALDINO, 2014).

### 3.2 Programa de inovação do Ministério da Educação em prol da eficiência do gasto público: "Desafio da Sustentabilidade"

O programa “Desafio da Sustentabilidade” surgiu da necessidade de reduzir os gastos com o consumo de água e energia das Instituições Federais de Ensino (IFE). Iniciado em 2014, o programa acolheu diversas propostas através de uma consulta pública por meio de um concurso público que tinha por objetivo identificar soluções que proporcionassem um maior impacto na redução dos gastos públicos dos Institutos Federais (MEC, 2017).

O “Desafio da Sustentabilidade” é um programa de inovação do Ministério da Educação desenvolvido através da identificação de soluções inovadoras recomendadas aos IFEs, ondem implementam projetos com soluções inovadoras de alto impacto para a eficiência do gasto público (MEC, 2017). Nesse sentido, destacam-se a criação de usinas de minigeração fotovoltaica com capacidade aproximada de 5MWh, capazes de reduzir em até 100% os gastos de IFE com energia elétrica. Recomenda-se também nesse processo, a substituição de equipamentos elétricos por versões mais modernas e econômicas, e a criação de instrumentos colaborativos de apoio à gestão estratégica e ao desenvolvimento institucional (MEC, 2017).

Neste sentido, o IFBA Campus de Paulo Afonso, através do programa “Desafio da Sustentabilidade”, foi contemplado com um sistema de geração fotovoltaica com capacidade de geração de 10.000 Watts-pico. Atualmente, o instituto tem se dedicado a consolidar um plano de gestão energética, tendo em vista que estudos realizados por Maia (2017) comprovam que nos últimos anos a instituição tem apresentado um consumo de energia superior à demanda contratada, todavia mudar a modalidade tarifária ou aumentar a demanda contratada não são as medidas mais adequadas.

## 4. RESULTADOS

Esta seção discute os resultados encontrados a partir da caracterização do IFBA Campus Paulo Afonso como consumidor, da análise sobre os dados de geração do sistema solar fotovoltaica com potencial de 10kWp, disponíveis a partir de abril de 2017, e do estudo sobre as faturas de energia elétricas do campus. Devido ao histórico disponível de informações dos dados de geração, bem como as datas de publicação das faturas de energia, são considerados os resultados correspondentes ao período de abril/2017 a setembro/2017.

### 4.1 Central Geradora Solar Fotovoltaica

Em março, duas centrais de geração solar fotovoltaica de 5 kWp cada foram implantadas no campus, totalizando uma potência instalada de 10kWp. O monitoramento da geração iniciou em abril por meio da plataforma *server.growatt* disponibilizada pelo a *Growatt*® (2017), fabricante do inversor de frequência. Os dados de geração são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Geração Fotovoltaica entre Abril e Outubro de 2017. (GROWATT, 2017)

MESES	Grupo 1	Grupo 2	Total (kW/h)
<b>Abril</b>	681	427	1108

<b>Maio</b>	485	300	785
<b>Junho</b>	403	252	655
<b>Julho</b>	431	289	720
<b>Agosto</b>	583	312	895
<b>Setembro</b>	660	532	1192
<b>Outubro</b>	767	759	1526
<b>Total kWh</b>	<b>3243</b>	<b>2112</b>	<b>5355</b>

Observando os dados da Tabela 1, percebe-se que durante o período analisado o grupo 2 do arranjo apresentou uma geração inferior ao grupo 1, tendo em vista que ambos possuem o mesmo potencial de geração. A diferença entre os grupos é de cerca de 21,12%, representando 1131 Kw/h, um número bastante expressivo. Vários fatores podem estar relacionados ao baixo desempenho do arranjo fotovoltaico, tais como a direção de inclinação e orientação dos painéis, sombra projetada na área da face frontal, possíveis correntes de fuga além dos fatores climáticos, pois a geração de energia elétrica é proporcional a irradiação incidente no painel fotovoltaico (ALCY JUNIOR & SANTANA, 2017; CORREIA & URBANETZ JUNIOR, 2015; PINHO & GALDINHO, 2014).

#### 4.2 Fatores que Influenciam na Geração

O IFBA Campus de Paulo Afonso está inserido no contexto climático do bioma da Caatinga, semiárido brasileiro, região que apresenta os maiores valores de radiação solar global. Nesse cenário, com destaque para a região do vale do rio São Francisco, espaço geográfico propício para a geração de energia proveniente de sistemas fotovoltaicos (EPE, 2012). Segundo dados do Laboratório de Energia Solar (LABSOL, 2017), a região de Paulo Afonso na Bahia, durante os meses estudados, apresentou seu maior potencial de geração entre as 8 horas e 30 minutos da manhã até 15 horas e 30 minutos da tarde, com valores de radiação diária conforme a Figura 1.

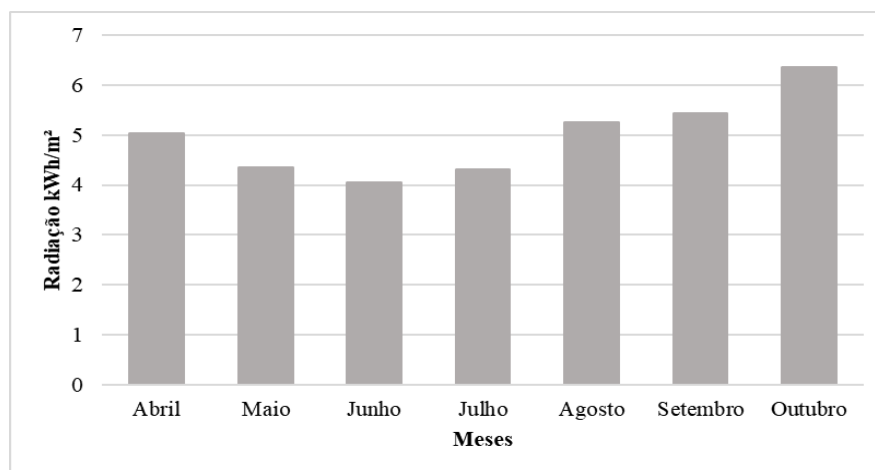


Figura 1 – Radiação Solar Diária (LABSOL, 2017)

O potencial de geração de um arranjo fotovoltaico está intrinsecamente correlacionado os níveis de radiação solar que variam conforme as estações do ano. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) as estações em 2017 tiveram e terão início nas datas e horários apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Início das Estações do Ano de 2017 no Brasil (INMET, 2017)

Estação	Hora	Data
<b>Outono</b>	07:29	20 de março
<b>Inverno</b>	01:24	21 de junho
<b>Primavera</b>	17:02	22 de setembro
<b>Verão</b>	13:28	21 de dezembro

A disponibilidade do recurso energético solar e sua variabilidade espacial e temporal estão intrinsecamente relacionadas com a posição relativa entre o Sol e a Terra. A duração do dia e a quantidade de energia solar incidente em um ponto qualquer da superfície terrestre apresenta variabilidade temporal característica de dois ciclos: o ciclo anua e o ciclo diário. A duração do dia está intrinsecamente relacionada com as estações do ano (PEREIRA *et. al*, 2017). Este fato justifica perfeitamente os dados de geração. Observa-se que entre os meses maio e julho obteve-se um decréscimo na

geração devido à baixa radiação solar comum, as estações do outono e inverno. Com a chegada da primavera a geração passou a ter valores mais expressivos.

Segundo o Pereira *et. al* (2017) a menor variabilidade interanual das médias sazonais dos totais diários de irradiação ocorre nas regiões Norte e Nordeste, principalmente no verão. Já as maiores variabilidades foram observadas na primavera e verão nas regiões Sul e Sudeste. Ressalta-se ainda que as menores amplitudes são encontradas na região Nordeste em todas as estações do ano. Isso também indica uma maior estabilidade na produção de energia empregando tecnologia solar ao longo de todo ano.

Entre os meses estudados, observa-se que os dois grupos apresentaram diferenças consideráveis na geração de energia, tendo em vista que ambos possuem o mesmo potencial de geração e estão sujeitas as mesmas condições climáticas (Figura 2).

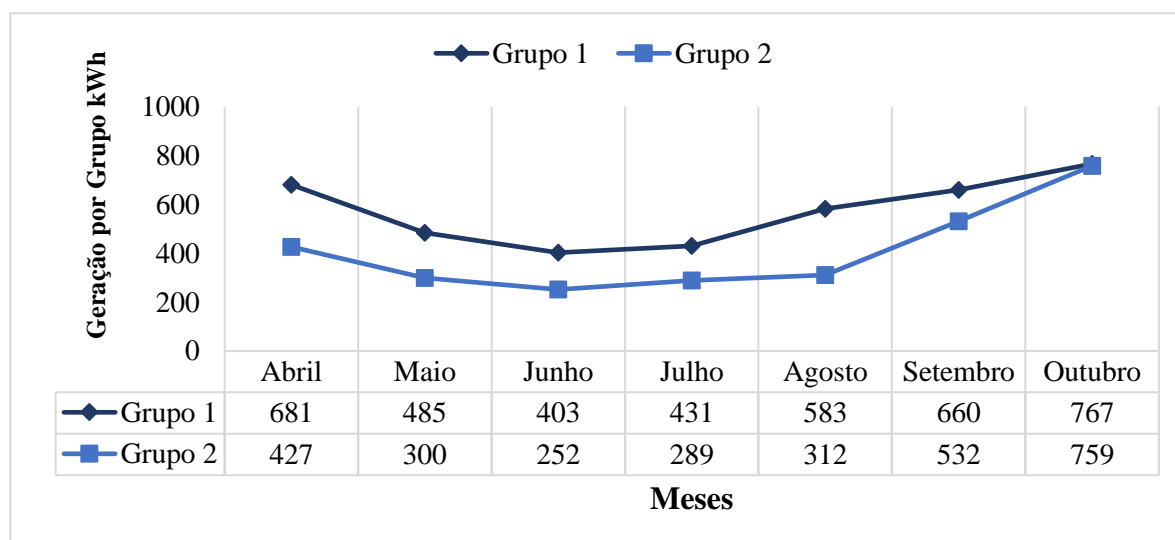


Figura 2 – Geração de Energia por Grupo

Os meses de agosto e abril obtiveram as diferenças mais expressivas na geração de energia com 271 kWh e 254 kWh, respectivamente. A principal justificativa para esse dado é a localização das unidades que infelizmente estão submetidas ao sombreamento do prédio anexo e da arborização do Campus, sendo este um fator que impacta negativamente na geração (PINHO & GALDINHO, 2014). Como pode ser observado, outubro apresentou a diferença de apenas 8 kWh porque durante a primavera não há sombreamento intenso no grupo 2. A Figura 3 traz dois registros de sombreamento, em agosto às 14 horas e 15 minutos e outubro às 16 horas e 15 minutos, horários em que o sombreamento mais intenso no grupo 2.



Figura 3 – (a) Registro em agosto às 14h e 15 min; (b) Registro em outubro às 16h e 15min

As figuras procuram registrar melhor o sombreamento. Além disso, os meses registrados foram escolhidos aleatoriamente, com a finalidade de demonstrar que o sombreamento não é uniforme durante os dois meses, pois como visto, o movimento de translação orbital e o movimento de rotação da Terra em torno de seu eixo está ligado ao ciclo diário da variabilidade da incidência da energia proveniente do Sol (PEREIRA *et. al*, 2017).

Em agosto (inverno) há o sombreamento do prédio anexo que em alguns horários do dia cobre todo o grupo 2, impactando assim na diminuição da geração de energia. No segundo registro, verificado em outubro (primavera), o sombreamento é causado por uma árvore de médio porte em um período com baixa radiação solar, porém neste caso atingem os dois grupos geradores, mas ainda é mais intenso no grupo 1, porém com menor impacto na geração.

#### 4.3 Consumo Ativo da Instituição

O consumo ativo é uma das principais ferramentas de análise neste trabalho, isso porque o sistema de compensação de energia elétrica ocorre na relação do consumo ativo com a energia injetada na rede. Trata-se do consumo direto, também classificado na literatura como consumo próprio, que é a relação existente entre a energia ativa gerada e a compensada diretamente pela unidade consumidora (COELBA, 2014; RAUSCHMAYER, 2014; VECCHIA, 2016). O consumo do IFBA durante os meses de abril e outubro foi decrescente como pode ser visto na Figura 4, de fato este dado já era esperado como citado no item anterior, entre esses meses a instituição tomou medidas de racionamento de energia elétrica.

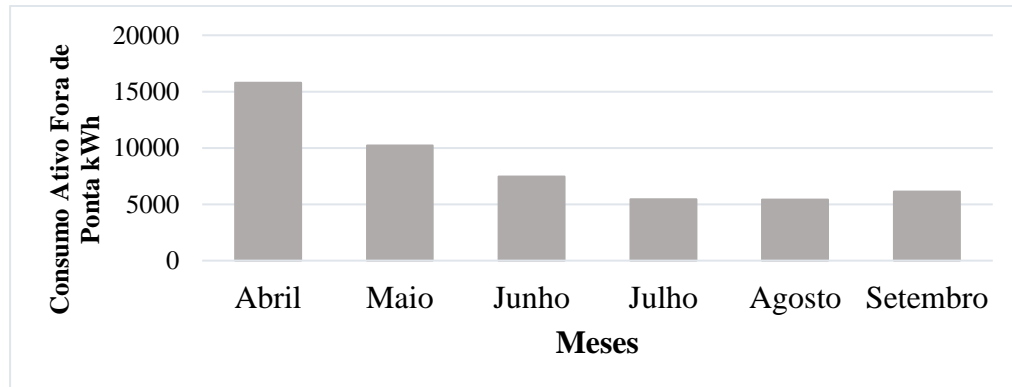


Figura 4 – Consumo Ativo em kWh no Horário Fora de Ponta

É no horário fora de ponta que as atividades acadêmicas e administrativas do campus estão mais concentradas. Com isso, o consumo de energia elétrica é mais intenso do que no horário na ponta, sendo este o principal responsável pela demanda consumida ter superado os limites da demanda contratada (MAIA, 2017). O maior impacto de custo na conta de energia está no horário na ponta porque a tarifação é bem maior do que a cobrada no horário fora de ponta. Durante os meses analisados, 44,46% do valor cobrado na fatura deve-se ao consumo no horário na ponta e 27,87% ao consumo no horário fora de ponta. Todavia, em termos de viabilidade, a compensação ocorre durante o horário fora de ponta por conta da radiação solar (NASCIMENTO, 2017; PEREIRA, 2017; ROCHA et. al, 2014).

Como a potência da micro ou minigeração não é limitada à carga da unidade consumidora em que se encontra instalada (ANEEL, 2012), o IFBA Campus de Paulo Afonso deve contar com um sistema capaz de reduzir o consumo no horário fora de ponta, bem como a demanda neste mesmo horário, tendo em vista que a instituição tem realizado ações de racionamento que impactam negativamente no desenvolvimento de atividades acadêmicas.

#### 4.4 Impacto da Geração de Energia Fotovoltaica no Consumo do IFBA Campus de Paulo Afonso durante o Horário Fora de Ponta

As análises se desenvolvem através da avaliação do sistema de compensação de energia do ponto de vista financeiro, entre os meses que foram possíveis consultar as faturas de energia. Esta análise norteia aspectos importantes para a utilização eficiente da compensação de energia elétrica no campus. A Tabela 2 traz os valores do consumo ativo e da geração de energia no horário fora de ponta, bem como o consumo líquido que é a energia fornecida pela Concessionária de Energia ao IFBA durante o período de faturamento, dentro do contexto da compensação.

Tabela 2 – Compensação de Energia

Meses	Consumo Ativo kWh	Geração kWh	Consumo Líquido
<b>Abril</b>	15798,12	1108	14690,12
<b>Maio</b>	10224,58	785	9439,58
<b>Junho</b>	7463,64	655	6808,64
<b>Julho</b>	5434,96	720	4714,96
<b>Agosto</b>	5415,28	895	4520,28
<b>Setembro</b>	6121,30	1192	4929,3
<b>Total</b>	<b>50457,88</b>	<b>5355</b>	<b>45102,88</b>

Entre abril e setembro, a energia compensada representa apenas 10,61% do consumo ativo, dentro das condições climáticas e de sombreamento no qual o sistema de geração está submetido, implicando na redução discreta (Tabela 3) do valor pago no consumo ativo durante os meses estudados.

Tabela 3 – Impacto da Geração no Custo do Consumo Ativo

Meses	Consumo	Valor Descontado
<b>Abril</b>	4534,94	335,76
<b>Mai</b>	3323,41	255,15
<b>Junho</b>	2403,65	168,92
<b>Julho</b>	1683,63	223,03
<b>Agosto</b>	1784,9	313,63
<b>Setembro</b>	2100,54	412,18

Como pode ser observado, a energia gerada não surtiria um grande impacto positivo nas faturas de energia, tendo em vista que o valor compensado é muito discreto quando comparado com a energia consumida. Nos meses analisados, a energia gerada foi suficiente para reduzir o custo de energia em 10,8% do consumo ativo, representando 3% de economia nos custos com energia. Embora o percentual seja tímido, o SFCR tem colaborado para a conscientização quanto ao consumo de energia no campus, que tem adotado medidas para redução de consumo em virtude da crise econômica que vem reiteradamente cortando verbas das instituições públicas.

#### 4.4.1 Eficiência do Compensação de Energia

Segundo a RN Nº 414/2010, o sistema de compensação de energia depende do custo de disponibilidade que é o valor mínimo cobrado ao consumidor independente se ele gera energia ou não. No Brasil, de acordo com as regulamentações atuais, a compensação pode ser considerada eficiente quando o sistema gera energia suficiente para suprir todo o consumo, ou que atinja valores próximos do que é cobrado na demanda contratada. Nos casos em que a compensação não supera o valor mínimo, a concessionária cobra do consumidor a diferença entre o que é injetado e consumido (ANEEL, 2010; RAUSCHMAYER & GALDINO, 2014).

Se a geração superar a taxa mínima, porém não suprir todo consumo, o consumidor terá neste caso uma fração de energia entregue à concessionária, no entanto não faturada. Nestes casos o consumidor assume prejuízos e não usufrui dos benefícios do sistema de compensação integralmente. O ideal é gerar energia que supra o consumo até os limites da demanda contratada e gere excedentes. Neste caso em forma de créditos, a energia é utilizada nos meses em que a compensação possa provocar algum prejuízo para o consumidor (RAUSCHMAYER & GALDINO, 2014). Considerando o conteúdo exposto, a geração do IFBA não apresentou um sistema de compensação satisfatório porque está muito inferior ao que é consumido (Figura 5).

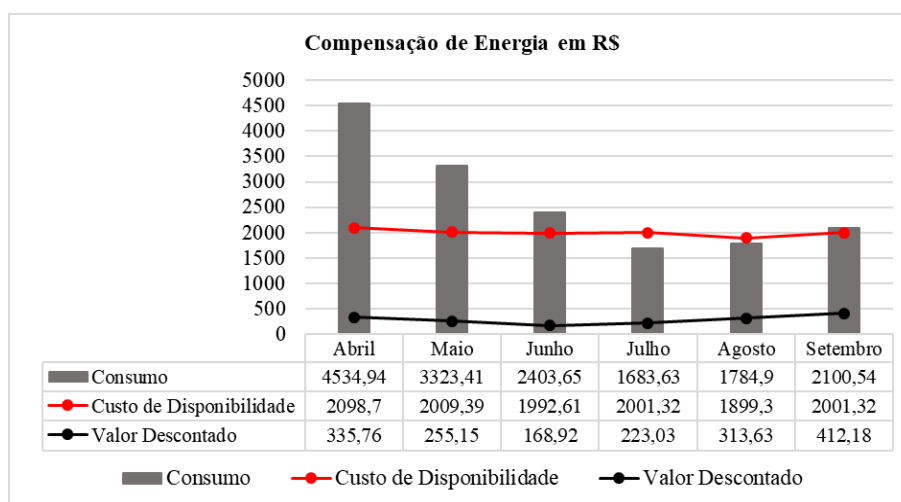


Figura 5 – Compensação de Energia no IFBA Campus Paulo Afonso

O valor descontado nas faturas está muito abaixo do custo de disponibilidade. Vale salientar que neste caso o sistema não apresenta nenhum tipo de prejuízo ao consumidor, no entanto não é eficiente e não possui um impacto relevante na redução do custo de energia elétrica da instituição. O ideal é um sistema capaz de gerar uma quantidade de energia que compense o consumo que excede a demanda contratada, porém no IFBA a diferença entre energia consumida e injetada está abaixo do custo de disponibilidade, apesar de ter a fração de energia gerada, compensada pelo sistema, a concessionária cobra da instituição a parcela do consumo não descontado.

Como exposto no item 4.2, os valores de geração apresentam diferenças entre os dois grupos instalados. O principal fator que influencia são as condições de sombreamento, que como visto, é mais intensa no grupo 2. Para efeitos de análise, foi considerado que entre os meses analisados o grupo 2 tivesse os mesmos valores de geração que o grupo 1, com a geração influenciada apenas pelas condições climáticas. Entretanto, mesmo com a readequação a geração não surtiria um desconto considerável nas faturas de energia do IFBA.

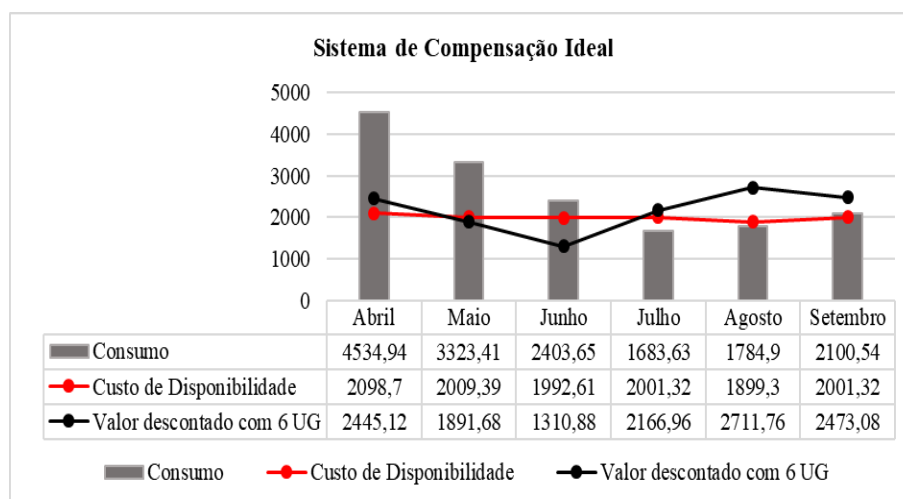
Para efeitos de compensação de energia, é evidente que a geração mesmo sem a influência do sombreamento está distante do ideal porque ainda assim não supre o consumo que excede o custo de disponibilidade. Nesse sentido, apesar do sistema de geração fotovoltaica ter sido implantado na instituição para fins de economia de energia, o mesmo não atende a realidade da demanda de energia da instituição.

#### 4.4.2 Sistema Ideal para Compensação de Energia

Este subitem considera os dados do sistema de geração com a readequação porque é levado em conta o pleno funcionamento dos grupos geradores. Dois pontos são importantes nesse aspecto; pensar em um sistema que impacte na redução das faturas de energia e que gere excedentes para usar nos meses que forem precisos. O sistema é considerado eficiente se conseguir gerar a energia que supra o consumo superior ao valor da demanda contratada, neste caso a compensação de energia não causa prejuízos porque o consumidor pagará apenas o que lhe é obrigatório.

O sistema de compensação de energia deve ser planejado estimando a dimensão de um sistema de geração fotovoltaica que possibilitaria o abatimento total dos custos mensais com consumo de energia elétrica (LASTE et. al, 2015). Em termos de eficiência, o sistema ideal para atender ao campus deve conter 6(seis) unidades iguais a instalada e sem a influência de sombreamento. Na sequência é apresentado a Figura 6 com a compensação do consumo de energia necessário para impactar na redução dos custos com as contas de energia do instituto.

Figura 6 – Compensação de Energia Ideal para o IFBA



A partir da análise da Figura 6, verifica-se que nos meses de abril e maio o sistema teria um bom desempenho porque toda a energia gerada é efetivamente injetada na rede beneficiando a instituição. O mês de junho devido à baixa radiação solar comum no inverno possui uma baixa geração em todas as situações estudadas, entretanto, é o mês ideal para usar os créditos entre os meses de geração excedente. O período entre julho e setembro é o mais satisfatório, porque são meses de condições climáticas favoráveis em que a geração não esteve apenas alinhada com a redução do consumo, mas gerou excedente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo como objetivo principal compreender como o SFCR pode impactar sobre a redução do custo com o consumo de eletricidade. Este trabalho através de um estudo de caso no IFBA Campus Paulo Afonso estudou um sistema solar fotovoltaico com capacidade de 10 kWp instalado na unidade educacional, a fim de verificar qual impacto positivo que o mesmo causa nos custos com o consumo de energia da instituição. A partir disso foram analisadas a eficiência do arranjo fotovoltaico instalado sobre a ótica da compensação de energia, bem como buscado verificar o sistema ideal para atender o perfil de consumo do instituto.

A utilização da geração de energia proveniente do sistema solar fotovoltaico instalado no IFBA Campus Paulo Afonso no horário fora de ponta não implica na redução considerável do impacto que este período causa nos gastos de energia. Nesse sentido, para fins de eficiência é necessário aumentar a capacidade de geração instalada no campus, pois um sistema de 10 kWp não atendeu a realidade do consumo de energia elétrica da instituição nos meses estudados.

De acordo com os estudos realizados, o sistema ideal para o IFBA Campus Paulo Afonso deveria ter capacidade de geração de 60 kWp, porque injetaria na rede o consumo que excede o valor da demanda contrata nos meses com baixa



radiação solar e geraria excedente para utilizar como forma de crédito nos meses com maior incidência de radiação solar. A geração de excedente é importante nesse contexto, porque são utilizados nos meses em que a geração não atende ao consumo e com isso evitam prejuízos para o consumidor.

O IFBA em Paulo Afonso é uma instituição que necessita de um plano para prática de uma política de gestão energética. De acordo com as análises, o IFBA mudou seu comportamento de consumo estabelecendo uma melhor relação custo-benefício na utilização de energia elétrica. Nesses termos, para se ter uma compensação eficiente, o SFCR deve estar alinhado com o comportamento do consumo da unidade consumidora, bem como, a utilização de energia elétrica em consonância com o potencial de geração do SFCR. Embora tenha sido verificado que em termos de compensação de energia o sistema não atenda a realidade de consumo da instituição, o SFCR tem contribuições significativas no desenvolvimento de atividade de iniciação científica, bem como no processo de aculturação de uso das energias renováveis.

O Sistema de geração distribuída é ideal para unidades consumidoras que desenvolvem a maior parte de suas atividades no período diurno, ou seja, no horário fora de ponta. Diante disso, o SFCR adequado à realidade do consumo do IFBA Campus Paulo Afonso é aplicável para diminuir os gastos com o consumo de energia e reduzir a demanda no período fora de ponta.

Sugere-se como estudos posteriores a ampliação das análises considerando a realocação das placas solares para evitar o sombreamento e o histórico de, no mínimo, um ano, a fim de embasar um plano de gestão energética para a instituição baseado no comportamento de geração e consumo entre todos os meses do ano. Diante disso, elaborando um plano consistente de readequação tarifária contratual, alinhado ao consumo e uso eficiente do SFCR, subsidiando tecnicamente a comissão de gestão energética do Campus.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem o suporte financeiro fornecido pelo Programa Institucional de Bolsa de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBIT/IFBA).

### **REFERÊNCIAS**

- Agência Nacional De Energia Elétrica - Aneel. Resolução Normativa Nº 414. Brasil, 2010.
- Agência Nacional De Energia Elétrica - Aneel. Resolução Normativa Nº 482, De 17 De Abril De 2012. Estabelece as Condições Gerais Para o acesso de Microgeração e Minigeração Distribuída Aos Sistemas De Distribuição De Energia Elétrica, O Sistema De Compensação De Energia Elétrica, E Dá Outras Providências. Disponível Em <[Http://Www.Aneel.Gov.Br/Cedoc/Ren2012482.Pdf](http://www.aneel.gov.br/Cedoc/Ren2012482.Pdf)>. Acesso Em 17 Set. 2017.
- Agência Nacional De Energia Elétrica. Resolução Normativa Nº687, De 24 De Novembro De 2015. Altera A Resolução Normativa Nº 482, De 17 De Abril De 2012, E Os Módulos 1 E 3 Dos Procedimentos De Distribuição – Prodist. Disponível Em: <[Http://Www.Bioenergiaengenharia.Com.Br/Resolucao%20normativa%20ren%20687\\_2015.Pdf](http://www.bioenergiaengenharia.com.br/Resolucao%20normativa%20ren%20687_2015.Pdf)>. Acesso Em 18 Set. 2017.
- Alcy Júnio, M; Santama, K. G. S; Desempenho De Sistemas Fv De Acordo Com A Inclinação E Azimute. Revista Fotovolt, N. 8, Janeiro 2017. Disponível Em: <[Http://Www.Arandanet.Com.Br/Revista/Fotovolt/Materia/2017/02/21/Desempenho\\_De\\_Sistemas\\_Fv.Html](http://www.arandanet.com.br/Revista/Fotovolt/Materia/2017/02/21/Desempenho_De_Sistemas_Fv.Html)>. Acesso Em 08 Nov. 2017.
- Associação Brasileira De Energia Solar Fotovoltaica - Absolar. Geração Distribuída Solar Fotovoltaica. Encontro Nacional Dos Agentes Do Setor Elétrico – Enase. Rio De Janeiro, 2016.
- Barbosa, W. P; Azevedo, C. S; Geração Distribuída: Vantagens E Desvantagens. In: Ii Simpósio De Estudos E Pesquisas Ambientais Na Amazônia. Manaus, 2013.
- Câmara, L. S. C; Castro, N; Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Projeto De Dissertação. Uma Análise Regulatória Do Impacto Da Difusão Da Geração Distribuída Fotovoltaica De Pequeno Porte Sobre As Distribuidoras De Energia Elétrica No Brasil, 2016. 25p, Il. Tcc (Graduação)
- Companhia De Eletricidade Do Estado Da Bahia - Coelba. Conexão De Microgeradores Ao Sistema De Distribuição Em Baixa Tensão. Disponível Em: <[File:///C:/Users/Adria/Appdata/Local/Packages/Microsoft.Microsoftedge\\_8wekyb3d8bbwe/Tempstate/Download/s/Sm04.14-01.011.Pdf](file:///C:/Users/Adria/Appdata/Local/Packages/Microsoft.Microsoftedge_8wekyb3d8bbwe/Tempstate/Download/s/Sm04.14-01.011.Pdf)>. Acesso: 10 De Set. 2017.
- Correia, K. S. V. M; Urbanetz Junior, J; Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Departamento Acadêmico De Eletrotécnica. Análise Do Desempenho De Sistemas Fotovoltaicos Conectados À Rede Elétrica Em Curitiba, 2015. 64p, Il. Tcc (Graduação)
- Empresa De Pesquisa Energética (Epe). Análise Da Inserção Da Geração Solar Na Matriz Elétrica Brasileira. Rio De Janeiro, 2012.
- Empresa De Pesquisa Energéticas. O Compromisso Do Brasil No Combate Às Mudanças Climáticas: Produção E Uso De Energia. Rio De Janeiro, 2016.
- Growatt. Sistema Online De Monitoramento. Disponível Em: <[Http://Server.Growatt.Com/](http://Server.Growatt.Com/)>. Acesso Em 31 De Out. 2017.

- Instituto Nacional De Meteorologia. Início Das Estações Do Ano Em 2017. Disponível Em: <[Http://Www.Inmet.Gov.Br/Portal/Index.Php?R=Home2/Page&Page=Estacoesdoano](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?R=Home2/Page&Page=Estacoesdoano)>. Acesso Em 20 De Out. 2017.
- Laboratório De Energia Solar - Labsol. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre, 2017.
- Lopes, Y; Fernandes, N. C; Saade, D. C. M; Geração Distribuída De Energia: Desafios E Perspectivas Em Redes De Comunicação. In: Xxxiii Simpósio Brasileiro De Redes E Computadores E Sistemas Distriubuídos. Vitória, 2015.
- Maia, Rebeca; Delgado, Danielle. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Da Bahia, Coordenação De Engenharia Elétrica. Estudo De Adequação Técnica E Tarifária De Uma Unidade Consumidora Do Poder Público – Ifba – Campus De Paulo Afonso, 2017. 64p, Il. Tcc (Graduação)
- Matos, D.M.B; Catalão, J.P.S; Geração Distribuída E Os Seus Impactes No Funcionamento Da Rede Elétrica: Parte 1. In: International Conference On Engineering. Covilhã, Portugal, 2013.
- Ministério Da Educação. Desafio Da Sustentabilidade: Programa De Inovação Do Ministério Da Educação Em Prol Da Eficiência Do Gasto Público. Disponível Em: <[Http://Desafiodasustentabilidade.Mec.Gov.Br/](http://desafiodasustentabilidade.mec.gov.br/)>. Acesso Em 01 Set. 2017.
- Ministério De Minas E Energia - MME. Boletim Mensal De Monitoramento Do Setor Elétrico – Dezembro De 2016. Brasília: MME, 2017.
- Moraes, A. M; Delgado, D. B. M; Análise Da Evolução Da Micro E Minegeração Distribuídas No Brasil. In: X Congresso De Engenharia, Ciência E Tecnologia. Maceió, 2016.
- Nascimento, R. L; Energia Solar No Brasil: Situação E Perspectivas. Estudo Técnico. Câmara Dos Deputados. Brasília, 2017.
- Pereira, Et. Al; Atlas Brasileiro De Energia Solar. 2º Ed. São José Dos Campos, 2017.
- Pinho, J. T; Galdinho, K. S; Manual De Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos. Rio De Janeiro, 2014. Disponível Em: < [Http://Www.Cresesb.Cepel.Br/Publicacoes/Download/Manual\\_De\\_Engenharia\\_Fv\\_2014.Pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/manual_de_engenharia_fv_2014.pdf)>. Acesso Em 08 De Nov, 2017.
- Rauschmayer, H; Galdino, M. A; Os Impactos Da Regulamentação Aneel/482 e da Legislação Tributária no Retorno Financeiro De Sistemas Fotovoltaicos Conectados À Rede. In: V Congresso Brasileiro De Energia Solar. Recife, 2014.
- Rocha, L. S; O Potencial De Geração De Energia Fotovoltaica Integrada A Rede Pública De Distribuição: “Um Exemplo De Açailândia Para O Maranhão”. Revista Brasileira De Energias Renováveis, Paraná, V. 3, P. 107-127, 2014.
- Vecchia, N. A. D; Geração Distribuída Para Compensação De Energia Elétrica. In: Conferência Internacional De Energias Inteligentes. Curitiba, 2016.
- Yin, R. K. Estudo De Caso: Planejamento E Métodos. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2001

## ANALYSIS OF THE PHOTOVOLTAIC GENERATION IMPACT IN THE REDUCTION OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN AN EDUCATIONAL INSTITUTION

**Abstract.** *Distributed Generation or self-generation is a sustainable concept that has been widely discussed in recent years in many countries, including Brazil. However, the possibility of generating electricity for own consumption, as well as injecting surpluses in the electrical network, requires more in-depth studies of technical feasibility and energy efficiency, since the applicability of a photovoltaic cogeneration system is more interesting from the economic point of view when consumption is aligned with generation capacity. This paper examines the consumption of electric energy in an educational institution (IFBA – Campus Paulo Afonso) in order to analyze the impact that the generation of a photovoltaic solar system causes in the consumption during the off-peak period. Electric energy invoices were analyzed from April 2017, which represents the beginning of the generation, to October 2017. As a method, it was used a bibliographical and exploratory research, aiming to verify if the photovoltaic solar generation system has a positive impact on the reduction of the institution's electricity consumption. Regarding the results, we observed that the generation is currently influenced by shading, but even with the relocation of the solar grids, a system of 10 KWp does not meet the reality of consumption in the off-peak period. From the data collected and considering the climatic characteristics in the months analyzed, we suggested that the ideal photovoltaic system for IFBA Campus Paulo Afonso should have a generation capacity of 60 KWp. In addition, this study analyses the program of the Brazilian Ministry of Education, which is called “Challenge of Sustainability”, and broadens the debate about distributed generation in Brazil.*

**Keywords:** *Solar Energy, Energy Efficiency, Economic Impact.*