

## INFORMAÇÕES GERAIS DO TRABALHO

**Título do Trabalho:** Influência do sistema fotovoltaico no preço médio de energia elétrica no Instituto Federal de Ciência e tecnologia de Minas Gerais *campus* Formiga.

**Autor (es):** Geovanna Andrade Garcia Leão, Gustavo Viriato Mesquita, Ana Carolina Silva Castro, Prof. Dr. Renan Souza Moura, Prof. Dr. Paulo Dias Alecrim, Prof. Dr. Carlos Renato Borges dos Santos.

**Palavras-chave:** Preço médio de energia. Sistema conectado à rede. Sistema de geração fotovoltaica.

**Campus:** Formiga

**Área do Conhecimento (CNPq):** Engenharias

## RESUMO

Sistemas de geração de energia elétrica fotovoltaica, quando interligado a rede de distribuição de energia, alteram o preço médio da tarifa de energia faturada pela concessionária de energia elétrica. Este presente trabalho investiga a influência de um painel fotovoltaico no preço médio da energia em uma instituição pública dentro da estrutura tarifária Horo-sazonal verde. A metodologia adotada para a realização dos cálculos para a obtenção do preço médio se baseou na análise das contas de energia elétrica do instituto 11 meses antes da instalação do sistema e 12 meses após. Embasado nos conceitos de *payback*, foi obtido um retorno financeiro de aproximadamente 7,8 anos com uma economia anual de R\$ 24.415,00 pelo Instituto Federal de Minas Gerais- *Campus* Formiga.

## INTRODUÇÃO:

Com o objetivo de prevenir o aquecimento global e suprir o progressivo aumento da demanda de energia elétrica, muitos países estão partilhando políticas de incentivo ao uso de fontes renováveis e alternativas de energia, como a energia solar fotovoltaica (BARBOSA,2016).

O efeito fotovoltaico é embasado na incidência de raios solares sobre módulos fotovoltaicos, onde normalmente tensão contínua de 12 V é gerada. Este fenômeno não conserva a energia elétrica, sobretudo, mantém o fluxo de elétrons enquanto houver presença de radiação (NASCIMENTO, 2004).

A fim de transformar a corrente contínua gerada pelas células fotovoltaicas em corrente alternada, utilizam-se dispositivos eletrônicos chamados de inversores. Os inversores adequam o sinal produzido pelas células fotovoltaicas para serem inseridos na rede elétrica.

Consoante a Pereira et al. (2006), a superfície no Brasil apresenta grande potencial para a geração de energia por meio de células fotovoltaicas. A radiação incidente em qualquer parte do território brasileiro varia de 4.200 KWh/m<sup>2</sup>/ ano a 6.700 KWh/m<sup>2</sup>/ ano, valores demasiadamente superiores a certos países da Europa, Alemanha (900 KWh/m<sup>2</sup>/ ano a 1.250 KWh/m<sup>2</sup>/ ano) e Espanha (1.200 KWh/m<sup>2</sup>/ ano a 1.850 KWh/m<sup>2</sup>/ ano).

Em razão desta potencialidade brasileira para gerar eletricidade a partir do efeito fotovoltaico e à Resolução Normativa 687 de 2015 emitida pela ANEEL, programas de benefícios como Programa luz para todos, Resolução Normativa n<sup>o</sup> 488 de 2012, entre outros, estão sendo criados afim de incentivar esta forma de energia límpida.

O principal objetivo deste presente trabalho é apresentar a influência do sistema de geração fotovoltaico na tarifa média de energia consumida em uma instituição de ensino pública na estrutura tarifária verde A4.

## METODOLOGIA:

Para o cálculo do preço médio de energia elétrica antes e após a instalação do sistema fotovoltaico, foi necessário analisar contas de energia elétrica do instituto 11 meses antes e 12 meses após.

Assim, baseado na literatura de (MAMED, 2017, p. 25) para o cálculo do preço médio mensal, a Equação (1) foi utilizada.

$$Preço_{MÉDIO} = \frac{\text{Consumo monetário} \left( \frac{R\$}{ano} \right)}{\text{Consumo de potência} \left( \frac{kWh}{ano} \right)} \quad (1)$$

O consumo monetário é computado somando as parcelas de demanda faturada, consumo horário fora de ponta (HFP), consumo horário de ponta (HP). Estas parcelas são obtidas conforme Equações (2), (3) e (4), respectivamente.

$$Demanda_{FAT} \left( \frac{R\$}{ano} \right) = Demanda \times 12 \quad (2)$$

$$Consumo_{HFP} \left( \frac{R\$}{ano} \right) = Tarifa \text{ sem ICMS}_{HFP} \times Consumo_{HFP} \quad (3)$$

$$Consumo_{HP} \left( \frac{R\$}{ano} \right) = Tarifa \text{ sem ICMS}_{HP} \times Consumo_{HP} \quad (4)$$

Deste modo, o consumo monetário é representado por:

$$\text{Consumo monetário} \left( \frac{R\$}{ano} \right) = Demanda_{FAT} + Consumo_{HFP} + Consumo_{HP} \quad (5)$$

O consumo de potência é obtido somando as parcelas de potência dos descritos horários e é representado pela Equação (6).

$$\text{Consumo de potência} \left( \frac{kWh}{ano} \right) = Demanda_{FAT} + Consumo_{HFP} + Consumo_{HP} \quad (6)$$

Com o intuito de calcular o preço médio da tarifa de energia após a instalação do sistema de geração fotovoltaico, grandezas como energia ativa e energia reativa injetadas devem ser adicionadas ao cálculo. Estas grandezas podem ser calculadas pelas Equações (7) e (8) respectivamente.

$$Energia_{ATIVA} = Tarifa \text{ sem ICMS} \left( \frac{R\$}{kWh} \right) \times Geração \left( \frac{kWh}{ano} \right) \quad (7)$$

$$Energia_{REATIVA} = Tarifa \text{ sem ICMS} \left( \frac{R\$}{kWh} \right) \times Geração \left( \frac{kWh}{ano} \right) \quad (8)$$

A partir destes valores encontrados e por meio da Equação (1) foram obtidos os valores médios das tarifas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

O principal objetivo desta seção é estudar a viabilidade econômica da instalação de uma usina fotovoltaica na esfera de preço médio, tempo de retorno do investimento e economia anual. Para tal, cálculos de consumo e demanda foram feitos.

Como explanado na metodologia, consumo e demanda de 11 meses antes e 12 meses após a instalação foram realizados.

Na Tabela 1, encontram-se os dados coletados para 11 meses antes da implantação do sistema de geração. Sem a presença do painel fotovoltaico, o preço médio de demanda é de R\$ 10,7471, da energia horário fora de ponta (HFP) R\$0,4321 e da energia horário de ponta (HP) é de R\$ 1,5837.

Tabela 1- Dados coletados antes da instalação do sistema.

Mês	Demanda		Energia ativa HFP		Energia HP	
	Quant.	Preço (R\$)	Quant.	Preço (R\$)	Quant.	Preço (R\$)
Jan.	150	10,2408	10086	0,4637	1845	1,5947
Fev.	150	9,9872	5781	0,4741	492	1,6320
Mar.	150	10,3013	10332	0,4427	1968	1,5719
Abr.	150	10,0852	8979	0,4158	1722	1,5255
Mai.	150	10,6113	12177	0,4092	2337	1,5523
Jun.	150	10,5534	13284	0,4118	2829	1,5590
Jul.	150	10,3550	12054	0,4331	2829	1,5892
Ago.	150	10,2851	12792	0,4179	2829	1,5696
Set.	150	11,8570	10086	0,4257	2091	1,5987
Out.	150	12,0270	11808	0,4318	3075	1,6217
Nov.	150	11,9147	11070	0,4277	2706	1,6065
<b>Média</b>	150	10,7471	10768,09091	0,4321	2247,545455	1,5837

Com os resultados presentes na Tabela 1, o preço médio de energia foi calculado e está expresso nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 2- Preço médio de energia antes da implantação.

Horo sazonal - Tarifa Verde				
Descrição	Tarifa sem ICMS		Período	Demanda
	R\$/kW	R\$/MWh	Meses	kW
<b>Demanda Fat</b>	10,7471	-	12	150
<b>Consumo HFP</b>	-	432,1364	12	-
<b>Consumo HP</b>	-	1588,736	12	-

Tabela 3- Preço médio de energia antes da implantação.

<b>Horo sazonal - Tarifa Verde</b>				
<b>Descrição</b>	<b>Consumo</b>		<b>Demanda/Consumo</b>	
	<b>kWh/Mês</b>	<b>kWh/Ano</b>	<b>R\$/Mês</b>	<b>R\$/Ano</b>
<b>Demanda Fat</b>	-	-	1612,0636	19344,7636
<b>Consumo HFP</b>	10768,0909	129217,09	4653,2836	55859,4038
<b>Consumo HP</b>	2247,5455	26970,55	3559,5195	42714,2336
<b>Total</b>		156187,64	-	117898,401
<b>Total mensal (R\$/mês)</b>				9824,8668
<b>Tarifa média mensal (R\$/kWh)</b>				0,7548510

Da Tabela 3 percebe-se que o preço médio da tarifa anterior a implantação é de R\$0,7548/KWh. Uma segunda que análise baseada na Tabela 3 é que por se tratar de uma instituição de ensino em que em seu calendário acadêmico está presentes 2 férias escolares para os alunos matriculados, o consumo e preço médio não são constantes ao longo do ano,

O mesmo método foi adotado para o cálculo da tarifa média após a instalação. Os dados coletados estão presentes nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4- Dados coletados após a instalação do sistema.

<b>Mês</b>	<b>Demanda</b>		<b>Energia ativa HFP</b>		<b>Energia HP</b>	
	<b>Quant.</b>	<b>Preço (R\$)</b>	<b>Quant.</b>	<b>Preço (R\$)</b>	<b>Quant.</b>	<b>Preço (R\$)</b>
<b>Jan.</b>	150	11,5273	8856	0,4174	1845	1,5678
<b>Fev.</b>	150	11,7145	4428	0,4205	615	1,5795
<b>Mar.</b>	150	12,0127	7749	0,4312	1476	1,6197
<b>Abr.</b>	150	11,9809	14391	0,4565	3444	1,6419
<b>Mai.</b>	150	11,7601	13530	0,3834	2829	1,5469
<b>Jun.</b>	150	10,4013	13038	0,3788	3321	1,3836
<b>Jul.</b>	150	12,7084	10086	0,3083	2706	1,4060
<b>Ago.</b>	150	12,2600	7134	0,3251	1722	1,3842
<b>Set.</b>	150	12,2600	11316	0,3196	2829	1,3787
<b>Out.</b>	150	14,6610	11808	0,3229	2952	1,6493
<b>Nov.</b>	150	14,8741	12915	0,4086	2829	1,6935
<b>Dez.</b>	150	12,6000	12423	0,3619	2583	1,4503
<b>Média</b>	150	12,3967	10639,5	0,3779	2429,25	1,5251

A partir da Tabela 4, observa-se que o preço médio da demanda é de R\$ 12,3967, o preço médio da energia HFP é de R\$ 0,3779, da energia HP é de R\$ 1,525, a energia ativa injetada de R\$ 0,385 e energia reativa injetada de R\$ 0,269.

Com os dados presentes da Tabela 4, o preço médio foi calculado e estão dispostos nas Tabelas 5 e 6.

Da Tabela 6, conclui-se que o preço médio da energia elétrica após a instalação é de R\$ 0,52309/KWh. Nota-se ainda que em determinados meses do ano (março, abril, julho, setembro e outubro), a energia total gerada pelos módulos fotovoltaicos é consumida, resultando em uma parcela a ser injetada nula. Estes são meses em que o período letivo encontra-se em andamento e todos discentes e docente estão na instituição com atividades regulares.

Desta maneira, em uma comparação entre o preço médio antes e depois da implantação da usina, obtêm-se uma redução de R\$ 0,231761/KWh.

Tabela 5- Dados coletados após a instalação.

Mês	Energia injetada		Energia reativa	
	Quant.	Preço (R\$)	Quant.	Preço (R\$)
Jan.	1107	0,4174	-	-
Fev.	738	0,4205	123	0,3267
Mar.	-	-	123	0,3350
Abr.	-	-	123	0,3315
Mai.	984	0,3834	-	-
Jun.	246	0,3788	-	-
Jul.	-	-	123	0,2833
Ago.	1616	0,3251	-	-
Set.	-	-	-	-
Out.	-	-	123	0,3268
Nov.	1599	0,4086	-	-
Dez.	369	0,3619	123	0,2809
<b>Média</b>	<b>951,2857</b>	<b>0,3851</b>	<b>105,4285</b>	<b>0,2692</b>

Tabela 6- Dados coletados após a instalação.

Horo sazonal - Tarifa Verde				
Descrição	Tarifa sem ICMS		Período	Demanda
	R\$/kW	R\$/MWh	Meses	kW
<b>Demanda Fat</b>	12,3967	-	12	150
<b>Consumo HFP</b>	-	377,8500	12	-
<b>Consumo HP</b>	-	1525,1167	12	-
<b>Energia injetada</b>	-	-385,1000	12	-
<b>Energia reativa</b>	-	269,1714	12	-

Tabela 7-Dados coletados após a instalação.

Descrição	Consumo		Demanda/Consumo	
	kWh/Mês	kWh/Ano	R\$/Mês	R\$/Ano
<b>Demanda Fat</b>	-	-	1859,505	22314,06
<b>Consumo HFP</b>	10639,5000	127674,00	4020135,075	48241620,9
<b>Consumo HP</b>	2429,2500	29151,00	3704889,663	44458675,95
<b>Energia injetada</b>	951,2857	11415,43	-366340,1286	-4396081,543
<b>Energia reativa</b>	105,4286	1265,14	28378,35918	340540,3102
<b>Total</b>		169505,57	-	88667069,68
		<b>Total mensal (R\$/mês)</b>		7388922,473
		<b>Tarifa média mensal (R\$/kWh)</b>		0,52309

É imprescindível destacar que impostos como IRPJ, PIS/PASEP, COFINS E CSLL, não foram considerados para a computação do preço médio de energia.

Autores como José Roberto Kassai (2005), e Lemes Júnior, Rigo e Cherobim (2002), classificam *payback* como o tempo necessário para que o capital investido seja recuperado, considerando a variação do dinheiro no tempo. Deste modo, *payback* é uma estimativa de qualidade para definir a atratividade do investimento.

Para o cálculo do tempo de retorno, a Equação (9) pode ser utilizada.

$$Payback = \frac{Investimento\ total}{Energia\ gerada\ mensal \times Valor\ da\ tarifa} \quad (9)$$

Sendo o valor do investimento completo do sistema instalado no IFMG - *Campus* Formiga igual a R\$ 191.750,00 e a energia produzida por mês ser 3.889,59 kWh (IFMG,2016), obteve-se um *payback* de aproximadamente 7,8 anos e uma economia anual de R\$ 24.415,00.

## CONCLUSÕES:

Este presente trabalho demonstrou a influência de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica no preço médio da tarifa na estrutura tarifária Horo-sazonal verde. O interesse na execução deste estudo manifestou-se com a indagação sobre a capacidade que um sistema fotovoltaico tem em diminuir o preço da tarifa média paga em sistemas de baixa tensão, sendo que o Instituto Federal – *Campus* Formiga possui uma usina 28,6 kWp e um estudo nessa esfera não havia sendo feito.

A metodologia deste trabalho expôs todos os passos de como proceder com os cálculos do preço médio de energia considerando dados de consumo energético mensais, geração de energia ativa e reativa a partir da implantação do sistema no Instituto.

No final, analisou-se o preço médio de energia na estrutura tarifária Horo-sazonal verde antes da instalação do painel fotovoltaico e após a instalação deste. Com os dados resultantes, o método de *payback* foi empregado para determinar o tempo de retorno do investimento e a economia anual, obtendo-se, assim,

um período de aproximadamente 7,8 anos de retorno do investimento e uma economia anual no valor de R\$ 24.415,00.

Na esfera de energia solar fotovoltaica, um *payback* de aproximadamente 7,8 anos é considerado razoável, tendo em vista que a garantia de fábrica das células é de cerca de 20 anos.

Por conseguinte, conclui-se que, mesmo o investimento inicial ter se mostrado relativamente alto, o sistema oferece uma diminuição substancial no preço médio da energia e um tempo de retorno financeiro razoável.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

ALTENER. **Energia Fotovoltaica**: Manual sobre Tecnologias, Projeto e Instalação. Portal Energia: 2004.

BARBOSA, V. **Os 10 países que mais usam energia solar no mundo**. 2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/economia/os-10-paises-que-mais-usam-energia-solar-no-mundo/>>. Acesso em: 30 julho. 2018.

GALDINO, M. A.; PINHO, J. T. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 9. ed. Rio de Janeiro: CEPTEL-CRESESB, 2014.

IFMG. **Campus Formiga economizará cerca de R\$ 70 mil por ano com instalação de usina fotovoltaica**. 2016. Disponível em: <<https://www.formiga.ifmg.edu.br/campus-formiga-economizara-cerca-de-r-70-mil-por-ano-com-instalacao-de-usina-fotovoltaica>>. Acesso em: 30 julho. 2018.

KASSAI, J. R. et al. **Retorno de investimento**: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial. 3 ed. São Paulo:Atlas, 2005.

MAMEDE, J. Instalações Elétricas Industriais. 9 ed. São Paulo: LTC, 2017.

NASCIMENTO, C. A. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. Monografia - Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil**: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado. 2015. Disponível em: <[www.senado.leg.br/estudos](http://www.senado.leg.br/estudos)>. Acesso em: 30 de julho de 2018.