

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO: UM ESTUDO DE CASO

Ana Lúcia Nogueira de Oliveira¹; Arthur Quintaes Silva Alves¹; Fernanda Carvalho Tavares¹; Neliomar José Pezzin Junior¹; Vinícius Carvalho Moraes Perdigão¹.

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Civil da Faculdade Brasileira – Multivix.

RESUMO

O crescimento da população urbana aliado às novas tecnologias tem aumentado significativamente a demanda por água e energia, tornando-se um assunto de grande importância e preocupação. Devido a este fato, vem sendo realizadas pesquisas com o objetivo de buscar novas alternativas onde o impacto ao meio ambiente seja reduzido ou sanado, ou seja, alternativas sustentáveis. Este projeto visa apresentar um estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico integrado a uma edificação urbana e interligado à rede elétrica pública. O empreendimento em análise é o apartamento 402 do edifício Monte Carlo, localizado no bairro Jardim da Penha, Vitória - ES. O sistema gera energia elétrica para a habitação utilizando energia solar a partir de placas fotovoltaicas e este trabalho objetiva determinar o percentual de redução de consumo de energia elétrica da concessionária e avaliar o retorno de investimento de instalação do sistema.

Palavras chaves: sistema solar fotovoltaico, geração de energia, rede elétrica.

ABSTRACT

The growth of urban population coupled with new technologies has significantly increased the demand for the water and power, becoming a subject of great importance and concern. Due to this fact, research has been carried out in order to seek new alternatives where the environmental impact is reduced or remedied, that is, sustainable alternatives. This project aims at presenting a case study of a solar photovoltaic system integrated into an urban and connected to the public power grid construction. The project in question is the 402 apartment building Monte Carlo, located in the Jardim da Penha neighborhood, Vitória - ES. The system generates electricity for housing using solar energy from photovoltaic panels and this work aims to determine the percentage of electricity consumption reduction of the concessionaire and evaluate the return system installation investment.

Keywords: photovoltaic solar system, energy generation, electric network.

INTRODUÇÃO

O constante crescimento da população tem impactado o meio ambiente por meio da poluição das águas e intensa exploração das reservas esgotáveis de combustíveis fósseis. Brundtland (1987) explica que o desenvolvimento é sustentável quando se atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras, atenderem também às suas necessidades. Segundo dados do Anuário Estatístico de Energia 2013, o consumo final de energia elétrica no Brasil foi de 448,117 GWh em 2012.

As projeções calculadas para consumo de energia elétrica em 2030 são de 859 a 1245 GWh/ano, números que revelam a grande demanda que será necessária de energia (BRASIL, 2007). Com base nesse contexto, torna-se imprescindível a implantação de sistemas de geração de energia renovável e não poluente, como a solar.

A Terra recebe anualmente $1,5 \times 1.018 \text{ kWh/m}^2$ de energia solar, o que corresponde a cerca de 10.000 vezes o consumo mundial de energia elétrica neste período. Conforme mostrado na Figura 1, o Brasil é particularmente bem adequado para a aplicação do sistema fotovoltaico devido à disponibilidade considerável de recurso solar e ao alto valor que pode ser creditado ao sistema fotovoltaico em áreas comerciais de centro urbanos (RÜTHER, 2004).

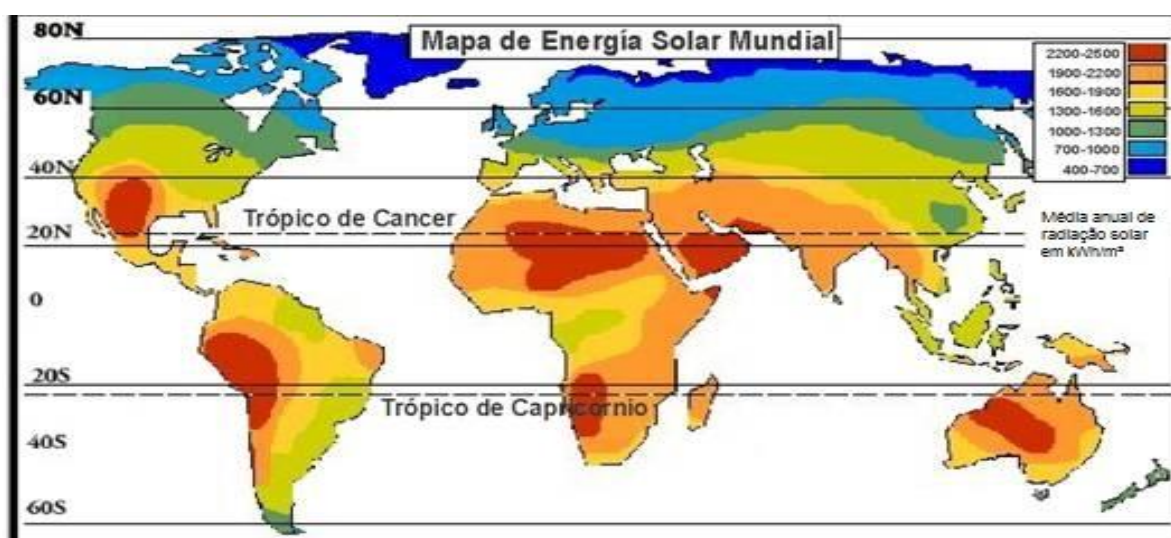


Figura 1: Mapa de radiação solar mundial. Fonte: Adaptado de AYÜN.

Um dos métodos utilizados para geração de energia solar se dá a partir do efeito fotovoltaico. Tal efeito foi relatado pelo físico francês Edmond Becquerel, em 1939, como sendo o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz, ou seja, no momento da interação da radiação solar com o semicondutor, ocorre a liberação e movimentação de elétrons por esse material, gerando-se assim essa diferença de potencial (CRESESB, 2014).

Um emprego da energia solar para áreas urbanas é o sistema fotovoltaico interligado a rede pública, dispensando o armazenamento local, isentando-se de atender toda a demanda do consumidor. Existindo excesso de produção de energia em relação ao seu consumo, este é repassado à concessionária, gerando crédito para o proprietário (NASCIMENTO, 2004). À noite ou nos períodos de baixa geração, a energia é suprida pela rede elétrica (ZOMER, 2014). Essa opção se tornou possível através da Resolução Normativa nº 482 de 2012, que cria o Sistema de Compensação de Energia, determinado pelo sistema *net metering*.

Um sistema de geração de energia fotovoltaica é composto pelos painéis solares fotovoltaicos, inversores, e medidor bidirecional. Os painéis solares fotovoltaicos são compostos pelos módulos solares que, por sua vez, são um conjunto de células solares que efetivamente convertem a energia da luz solar em energia elétrica. Uma única célula produz em média 1 a 3 W de potência, e por isso faz-se necessário o agrupamento de células em módulos para atingir maior potência (LEVA et al., 2004).

As placas podem ser fabricadas a partir de vários materiais diferentes, sendo o principal e mais abundante, o silício. O silício cristalino é o semicondutor líder no mercado para este fim, porém ainda possui um custo elevado, pois exige fabricação de lâminas relativamente espessas (BRITO; SILVA, 2006).

O átomo do silício possui 14 prótons e 14 elétrons, sendo que 4 destes elétrons estão na camada de valência (a mais externa) e são responsáveis pelas 4 ligações covalentes com outros 4 átomos vizinhos. Essa conformação do átomo é dita estável e não conduz corrente elétrica. Para que isso aconteça, é necessário que o silício seja dopado, ou seja, que a ele sejam acrescentadas outras substâncias, já que o silício não é um bom condutor elétrico. Essas substâncias criam uma diferença de potencial ao criar duas camadas que contém um excesso de cargas contrárias cada uma. O boro possui 3 elétrons em sua camada de valência e ao formar a ligação covalente com o silício, uma dessas ligações fica com somente um elétron (que se comporta como uma carga positiva) e um vazio onde deveria estar o outro elétron. O boro é responsável pela criação da região p. O fósforo contém 5 elétrons em sua camada de valência, criando um material com elétrons livres, chamada região n (NASCIMENTO, 2004) (CASTRO, 2008).

Ao unir a região p-n, ocorre o deslocamento dos elétrons livres do silício tipo n para o vazio da camada p, formando um campo elétrico. Os fótons da radiação solar acumulam energia suficiente para fazer com que os elétrons se transformem em condutores e um condutor externo é colocado entre as camadas p e n para que haja corrente elétrica (NASCIMENTO, 2004). A Figura 2 ilustra o esquema de uma célula fotovoltaica.

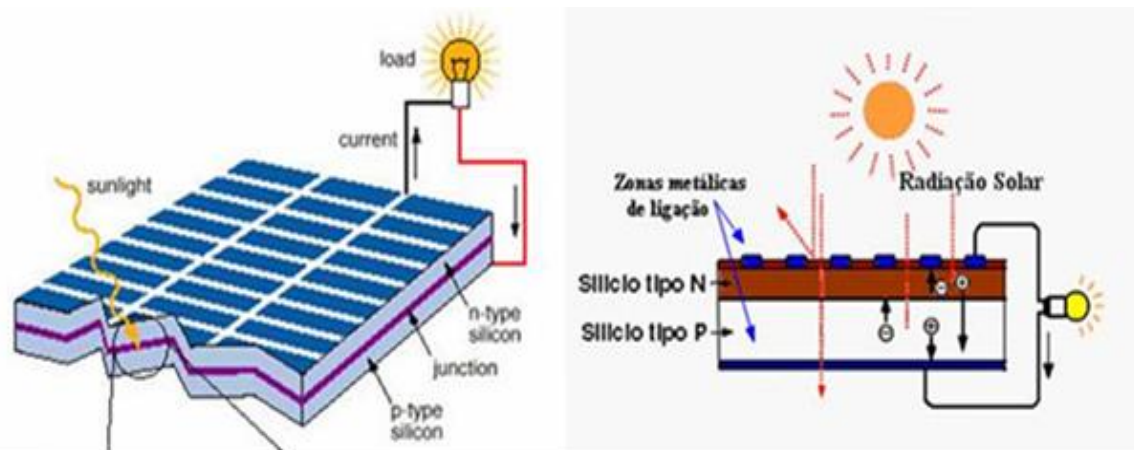


Figura 2: Célula fotovoltaica. Fonte: VIRIDIAN ECOTECNOLOGIA.

A energia oriunda do sistema solar fotovoltaico se caracteriza por ser corrente contínua e operar em uma tensão diferente do padrão. Os inversores são os responsáveis pela conversão dessa energia para o mesmo padrão utilizado pela concessionária, corrente alternada e tensão compatível com a rede (AMAN, 2014). É necessária uma estrutura para montagem das placas e sua fixação, caixa de conexões, cabos elétricos, diodo de desvio (bypass), diodo de bloqueio e outros. O diodo de desvio protege o sistema contra perdas excessivas de energia e reduz o risco de dano irreversível das células (CRESESB, 2014).

As principais vantagens da geração de energia através de painéis fotovoltaicos interligados à rede elétrica são: baixo impacto ambiental; geração de energia limpa; tempo de vida útil do sistema é elevado – 30 anos ou mais, de acordo com Ruther (2004) – e necessita manutenção mínima; como a energia é gerada no mesmo local onde é consumida, ou seja, não exige área física dedicada para o fim, economiza-se com transmissão e distribuição da energia, e diminuem-se as perdas de energia; dispensa o uso de banco de baterias; possibilidade de uso das placas como material de revestimento da construção (fachadas e telhados) e não requer combustível além do sol (MARINI; ROSSI, 2002).

Entre as desvantagens tem-se o elevado custo de aquisição e instalação do sistema, rendimento relativamente baixo (10-15%), e as informações sobre o sistema são pouco difundidas, o que limita o desenvolvimento do mercado.

APRESENTAÇÃO DA EXPERIÊNCIA

O sistema de microgeração fotovoltaico estudado consiste de um conjunto formado de 2 baterias com 07 painéis fotovoltaicos cada, modelo LY-Ba250, do fabricante LINYANG SOLAR, de 250 Watts por painel, ligados em série e totalizando uma potência nominal total de 3500 Wp. A Fotografia 1 apresenta o módulo fotovoltaico e sua estrutura de sustentação instalados na residência em estudo. São dispostos em laje e acoplados ao inversor da marca FRONIUS, modelo GALVO 3.1-1, mostrado na Fotografia 2.



Fotografia 1: Sistema fotovoltaico da residência em estudo. Fonte: próprios autores.



Fotografia 2: Inversor instalado na residência em estudo. Fonte: próprios autores.

As células são fabricadas em silício policristalino nas dimensões 156 x 156 mm, formando um conjunto de 60 células. As placas possuem vidros frontais temperados de 3,2 mm de espessura e a estrutura que as sustenta é formada de liga de alumínio anódico. A instalação das placas fotovoltaicas deve ser feita com inclinação aproximadamente igual à latitude da região, com sua superfície orientada para o norte geográfico, de modo a obter maior eficiência do sistema (CASTRO, 2012, p. 40). O sistema em estudo foi instalado com inclinação de 24°, diferente da latitude do local, de 20,28°, e foi direcionado para o norte geográfico.

DISCUSSÃO

Visando verificar o percentual de redução de consumo de energia elétrica da concessionária e avaliar o tempo de retorno do investimento inicial até o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor deste investimento, foram utilizados o aplicativo do inversor

FRONIUS, que disponibiliza toda a energia gerada pelo sistema mensalmente, e as contas de energia da residência em estudo.

Foi escolhido o método do *payback* simples por conter cálculos de fácil compreensão e se tratar da avaliação de um projeto com vida útil limitada, além do atual cenário de grande instabilidade energética.

A partir das contas de energia foi possível quantificar a energia produzida que foi injetada na rede e a eficiência do sistema, conforme Quadro 1. O consumo real é a soma de toda energia gerada pelo sistema que foi consumida pela residência mais a energia consumida diretamente da rede. Considerou-se eficiência como a quantidade de energia gerada pelo sistema fotovoltaico em relação à energia consumida total.

O crédito de microgeração corresponde à quantidade de energia gerada pelo sistema fotovoltaico que foi injetada na rede da concessionária convertida em valores monetários, que podem ser visualizados nas contas de energia da residência. A Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 estabelece que a parte da energia gerada por sistema de microgeração que for injetada na rede concessionária local deve ser convertida em crédito de microgeração para o usuário. Esse valor é calculado multiplicando a quantidade de energia gerada em kWh pelo custo da bandeira vigente no mês. Esse crédito é então abatido no valor final da conta de energia elétrica.

Essa Resolução define a microgeração distribuída como sendo uma “central geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 100 kW” utilizando fontes com base na energia solar, por exemplo, conforme estudo de caso.

O sistema de medição da microgeração distribuída deve ser dotado de relógio bidirecional de energia elétrica. Esse relógio é responsável pela medição do consumo de energia da rede concessionária e medição da energia gerada pelo sistema fotovoltaico que é injetada na rede.

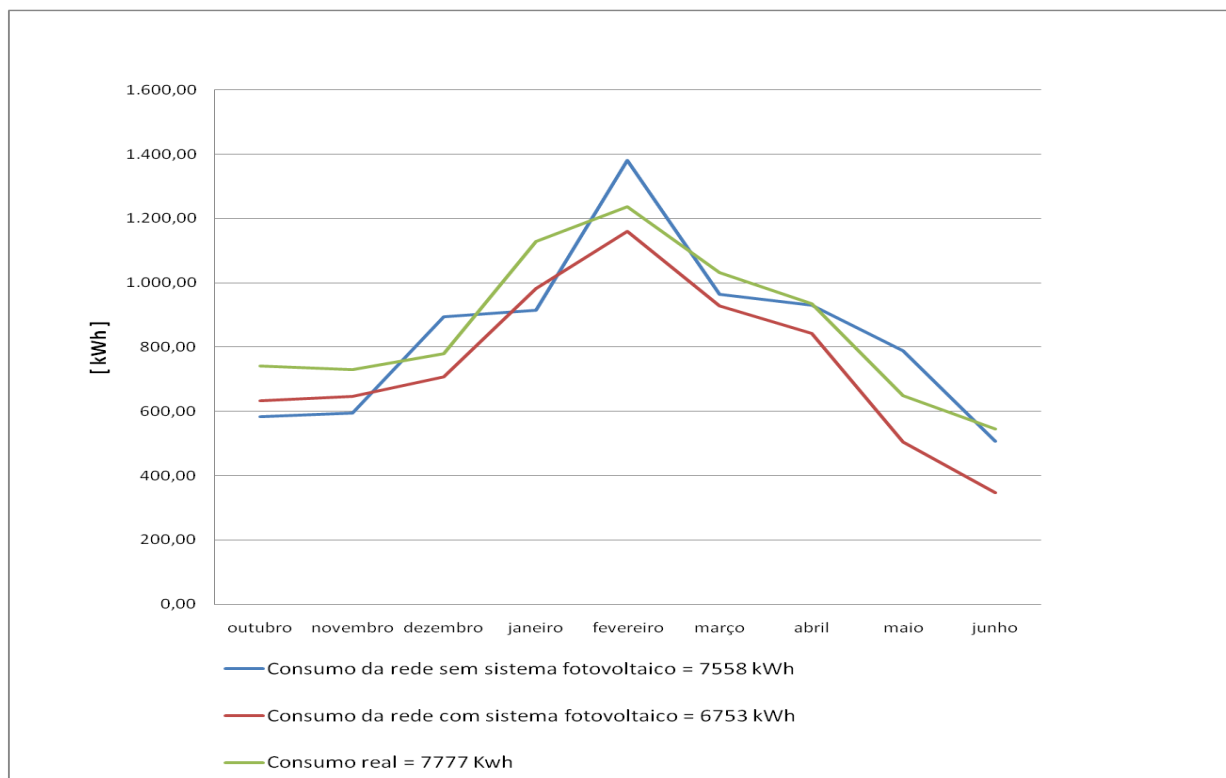
As informações contidas no Quadro 1 fazem referência ao período de julho de 2013 até setembro de 2015. As células em cinza representam o período em que a residência ainda não possuía as placas fotovoltaicas. Elas foram instaladas e entraram em funcionamento no dia 28 de junho de 2014, entretanto, o relógio bidirecional só foi instalado no dia 26 de agosto de 2014. A energia gerada pelas placas no período mencionado não foi contabilizada pelo relógio, pois ele não era bidirecional, fazendo com que o mesmo “andasse para trás”, descontando a produção diretamente do consumo real. No mês de setembro o sistema gerou 92,06% da energia total consumida, ou seja, a maior parte da energia gerada foi consumida e o restante injetado na rede.

Quadro 1 – Consumo mensal da residência e geração de energia pelo sistema fotovoltaico. Fonte: Elaborado pelos autores.

Período	Período exato das leituras do relógio da EDP	Leitura do inversor (kwh)	Geração injetada na rede da EDP (kWh)	Consumo do sistema (kwh)	Consumo da rede EDP (kWh)	Consumo Real (kwh)	Eficiência	Crédito de microgeração (R\$)
		LI	GI	CS	CR	CRE		
jul/13	10/06/13 a 10/07/13	0	0	0	502	502		
ago/13	10/07/13 a 10/08/13	0	0	0	586	586		
set/13	10/08/13 a 10/09/13	0	0	0	508	508		
out/13	10/09/13 a 10/10/13	0	0	0	583	583		
nov/13	10/10/13 a 10/11/13	0	0	0	594	594		
dez/13	10/11/13 a 10/12/13	0	0	0	895	895		
jan/14	10/12/13 a 07/01/14	0	0	0	914	914		
fev/14	07/01/14 a 11/02/14	0	0	0	1382	1382		
mar/14	11/02/14 a 11/03/14	0	0	0	964	964		
abr/14	11/03/14 a 07/04/14	0	0	0	930	930		
mai/14	08/04/14 a 09/05/14	0	0	0	789	789		
jun/14	09/05/14 a 05/06/14	0	0	0	507	507		
jul/14	07/06/14 a 07/07/14	132,396	0	132,396	454	586,396	22,58%	
ago/14	09/07/14 a 07/08/14	404,694	0	404,694	118	522,694	77,42%	
set/14	11/08/14 a 09/09/14	394,199	132	262,199	166	428,199	92,06%	R\$ 48,39
out/14	09/09/14 a 09/10/14	464,908	357	107,908	633	740,908	62,75%	R\$ 130,88
nov/14	09/10/14 a 10/11/14	437,997	356	81,997	647	728,997	60,08%	R\$ 130,51
dez/14	10/11/14 a 10/12/14	386,235	314	72,235	708	780,235	49,50%	R\$ 115,11
jan/15	10/12/14 a 10/01/15	427,375	282	145,375	983	1128,375	37,88%	R\$ 103,38
fev/15	10/01/15 a 07/02/15	405,938	330	75,938	1161	1236,938	32,82%	R\$ 130,88
mar/15	07/02/15 a 11/03/15	477,736	373	104,736	928	1032,736	46,26%	R\$ 159,92
abr/15	11/03/15 a 09/04/15	410,397	318	92,397	842	934,397	43,92%	R\$ 161,58
mai/15	09/04/15 a 08/05/15	390,606	245	145,606	504	649,606	60,13%	R\$ 124,49
jun/15	08/05/15 a 10/06/15	380,657	182	198,657	347	545,657	69,76%	R\$ 92,48
jul/15	10/06/15 a 09/07/15	343,647	190	153,647	340	493,647	69,61%	R\$ 96,54
ago/15	09/07/15 a 11/08/15	446,827	331	115,827	422	537,827	83,08%	R\$ 168,76
set/15	11/08/15 a 10/09/15	375,509	320	55,509	594	649,509	57,81%	R\$ 108,02
	Total	5879,121	3730	2149,121	8847	10996,12	53,47%	

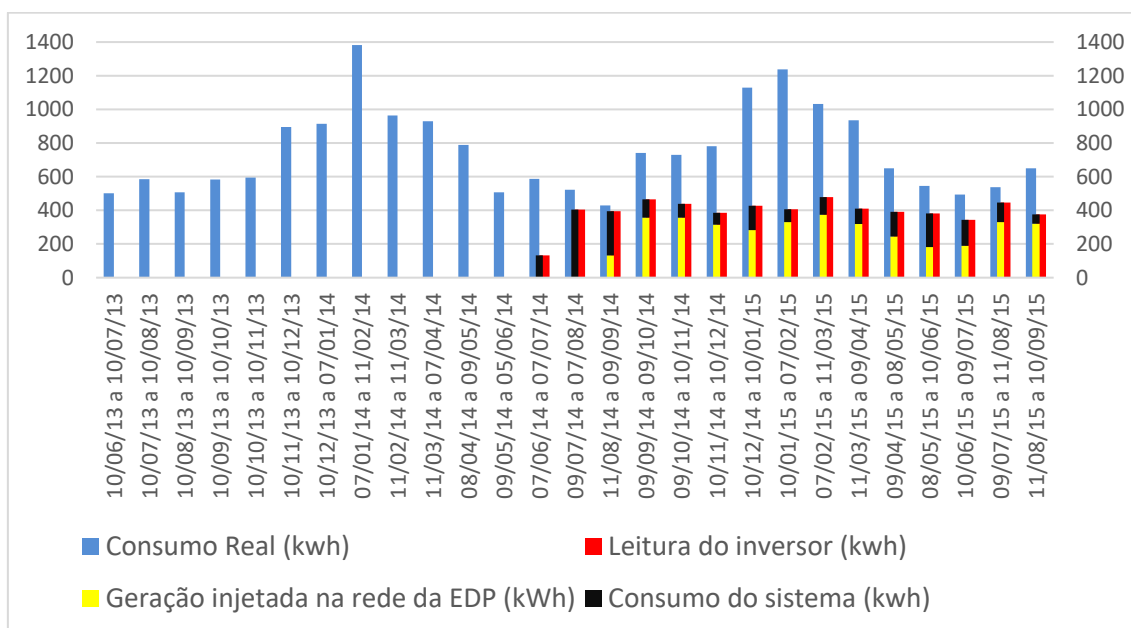
Nos outros meses (outubro de 2014 a setembro de 2015) observou-se que a média da eficiência foi de aproximadamente 52,31 %, pois o relógio bidirecional já havia sido instalado. Sendo assim, o relógio não “andou para trás”, e parte do que foi gerado pelo sistema foi consumido pela habitação. Através do estudo comparativo apresentado no Gráfico 1, no período anterior a instalação do sistema fotovoltaico (outubro de 2013 a junho de 2014), o consumo de energia da rede concessionária foi de 7558 kWh. Já no período pós-instalação (outubro de 2014 a junho de 2015), o consumo foi de 6753 kWh, o que correspondeu a uma redução de aproximadamente 10,65% de consumo da rede concessionária.

Gráfico 1: Comparação do consumo de energia da rede concessionária antes e depois da instalação do sistema fotovoltaico. Fonte: Elaborado pelos autores.



Já no Gráfico 2 foi exposta a energia distribuída na rede durante todo o período analisado (junho de 2013 a setembro de 2015).

Gráfico 2: Energia distribuída: consumo, produção e injeção. Fonte: Elaborado pelos autores.



Para fazer a previsão da energia gerada para os próximos anos, foi feito levantamento de geração e demanda de energia elétrica do período de outubro de 2014 a setembro de 2015. Para o cálculo do crédito de microgeração foram considerados os maiores valores dos encargos e bandeira (pior cenário) e os menores valores dos encargos e bandeira (melhor cenário) cobrados no ano de 2015. O resultado dos cálculos do pior cenário, apresentado no Quadro 2, mostrou uma geração de energia de 4947,83 kWh/ano, que correspondeu a um valor de crédito de microgeração de R\$1857,24.

Quadro 2: Estimativa de microgeração anual de energia elétrica no pior cenário. Fonte: Elaborado pelos autores.

Período	Leitura do inversor (kWh)	Geração injetada na rede da EDP (kWh)	Consumo do sistema (kWh)	Consumo da rede EDP (kWh)	Consumo Real (kWh)	Eficiência (%)	Crédito de microgeração (R\$)	BANDEIRA (TUSD+TE) (R\$)	ENCARGOS				ILUMINAÇÃO PÚBLICA	Preço da energia (R\$)
									PIS/PASEP	COFINS	ICMS	TOTAL DE ENCARGOS (R\$)		
jan/15	427,38	282	145,375	983	1128,375	37,88	R\$ 145,56	0,51618666	1,65%	7,60%	25%	0,520910617	20,02	646,18
fev/15	405,94	330	75,938	1161	1236,938	32,82	R\$ 170,34	0,51618666	1,65%	7,60%	25%	0,520910617	20,02	761,15
mar/15	477,74	373	104,736	928	1032,736	46,26	R\$ 192,54	0,51618666	1,65%	7,60%	25%	0,520910617	20,02	556,03
abr/15	410,40	318	92,397	842	934,397	43,92	R\$ 164,15	0,51618666	1,65%	7,60%	25%	0,520910617	20,02	516,90
mai/15	390,61	245	145,606	504	649,606	60,13	R\$ 126,47	0,51618666	1,65%	7,60%	25%	0,520910617	20,02	289,23
jun/15	380,66	182	198,657	347	545,657	69,76	R\$ 93,95	0,51618666	1,65%	7,60%	25%	0,520910617	20,02	198,49
jul/15	343,65	190	153,647	340	493,647	69,61	R\$ 98,08	0,51618666	1,65%	7,60%	25%	0,520910617	20,02	188,87
ago/15	446,83	331	115,827	422	537,827	83,08	R\$ 170,86	0,51618666	1,65%	7,60%	25%	0,520910617	20,02	180,46
set/15	375,51	320	55,509	594	649,509	57,81	R\$ 165,18	0,51618666	1,65%	7,60%	25%	0,520910617	20,02	321,17
out/14	464,91	357	107,908	633	740,908	62,75	R\$ 184,28	0,51618666	1,65%	7,60%	25%	0,520910617	20,02	332,69
nov/14	438,00	356	81,997	647	728,997	60,08	R\$ 183,76	0,51618666	1,65%	7,60%	25%	0,520910617	20,02	344,20
dez/14	386,24	314	72,235	708	780,235	49,5	R\$ 162,08	0,51618666	1,65%	7,60%	25%	0,520910617	20,02	413,77
TOTAIS	4.947,83			8109			R\$ 1.857,24							4.749,16

Dado que a aquisição do sistema completo juntamente com sua instalação custou R\$ 25.541,62, o sistema se pagaria em 13,75 anos, conforme cálculo abaixo.

$$\text{Payback} = 25541,62 / 1857,24 = 13,75 \text{ anos.}$$

Quadro 3: Estimativa de microgeração anual de energia elétrica no melhor cenário. Fonte: Elaborado pelos autores.

Período	Leitura do inversor (kWh)	Geração injetada na rede da EDP (kWh)	Consumo do sistema (kWh)	Consumo da rede EDP (kWh)	Consumo Real (kWh)	Eficiência (%)	Crédito de microgeração (R\$)	BANDEIRA (TUSD+TE) (R\$)	ENCARGOS				ILUMINAÇÃO PÚBLICA	Preço da energia (R\$)
									PIS/PASEP	COFINS	ICMS	TOTAL DE ENCARGOS (R\$)		
jan/15	427,38	282	145,375	983	1128,375	37,88	R\$ 103,38	0,3666	0,19%	1,28%	25%	0,359971017	15,1	401,81
fev/15	405,94	330	75,938	1161	1236,938	32,82	R\$ 120,98	0,3666	0,19%	1,28%	25%	0,359971017	15,1	472,96
mar/15	477,74	373	104,736	928	1032,736	46,26	R\$ 136,74	0,3666	0,19%	1,28%	25%	0,359971017	15,1	341,03
abr/15	410,40	318	92,397	842	934,397	43,92	R\$ 116,58	0,3666	0,19%	1,28%	25%	0,359971017	15,1	318,31
mai/15	390,61	245	145,606	504	649,606	60,13	R\$ 89,82	0,3666	0,19%	1,28%	25%	0,359971017	15,1	176,56
jun/15	380,66	182	198,657	347	545,657	69,76	R\$ 66,72	0,3666	0,19%	1,28%	25%	0,359971017	15,1	121,38
jul/15	343,65	190	153,647	340	493,647	69,61	R\$ 69,65	0,3666	0,19%	1,28%	25%	0,359971017	15,1	114,96
ago/15	446,83	331	115,827	422	537,827	83,08	R\$ 121,34	0,3666	0,19%	1,28%	25%	0,359971017	15,1	104,15
set/15	375,51	320	55,509	594	649,509	57,81	R\$ 117,31	0,3666	0,19%	1,28%	25%	0,359971017	15,1	193,94
out/14	464,91	357	107,908	633	740,908	62,75	R\$ 130,88	0,3666	0,19%	1,28%	25%	0,359971017	15,1	199,82
nov/14	438,00	356	81,997	647	728,997	60,08	R\$ 130,51	0,3666	0,19%	1,28%	25%	0,359971017	15,1	207,16
dez/14	386,24	314	72,235	708	780,235	49,5	R\$ 115,11	0,3666	0,19%	1,28%	25%	0,359971017	15,1	252,97
TOTAIS	4.947,83			8109			R\$ 1.319,03							2.905,04

O resultado dos cálculos do melhor cenário, apresentado no Quadro 3, mostrou um valor de crédito de microgeração de R\$1319,03. Sendo assim, o *payback* do sistema seria em 19,36 anos, conforme cálculo abaixo.

$Payback = 25541,62 / 1319,03 = 19,36$ anos.

CONCLUSÃO

O sistema foi projetado para atender 60% da demanda de energia elétrica da residência. De acordo com os dados apresentados, as placas estão atendendo em torno de 53,47% da demanda, caracterizando uma redução no aproveitamento esperado. O consumo total de energia elétrica da residência aumentou consideravelmente, o que pode ser apontado como causa para o aproveitamento inferior ao projetado. Através do Gráfico 1, ficou caracterizado que houve uma redução significativa no consumo de energia elétrica oriunda da rede da concessionária, algo em torno de 10,65%. Após análise do investimento financeiro aplicado ao sistema, podemos concluir que apenas no pior cenário de microgeração de energia elétrica haveria um retorno financeiro em um período inferior a 15 anos, devido ao maior custo com os impostos, tendo uma economia maior em um menor tempo.

REFERÊNCIAS

AMAN, M. M. et al. **A review of Safety, Health and Environmental (SHE) issues of solar energy system**. Malasya, 2014.

ANEEL. Resolução Normativa n. 482, de 17 de Abril de 2012. Brasília, 2012. Disponível em: <www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> Acesso em: 05 nov. 2015.

AYÜN. **Energia solar térmica**. Disponível em: <http://www.ayunenergia.com/energia-solar>>. Acesso em: out. 2015.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. _ Brasília: MME : EPE, 2007.

BRITO, M. C., SILVA, J. A. **Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade**. Revista O Instalador, 2006.

BRUNDTLAND, G. H. (1987). **Our common future**: The world commission on environment and development. Oxford University Press.

CASTRO, R. M. G. **Energias renováveis e produção descentralizada**. Introdução à energia fotovoltaica. Universidade Técnica de Lisboa, 2002.

CASTRO, R. M. G. **Energias renováveis e produção descentralizada**. Introdução à energia fotovoltaica. Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

CRESESB – Centro de referência para a energia solar e eólica Sérgio Salvo Brito. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL - Centro de Pesquisas em Energia Elétrica, mar. 2014.

FRONIUS BRASIL. **FroniusGalvo 3.1-1**. Disponível em: <http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-6881B5DF-425601C5/fronius_brasil/hs.xsl/7552_9399.htm#.VjUKk7erTIU> Acesso em: 31 out. 2015.

LEVA, F. F., SALERNO, C. H., CAMACHO, J. R. et al. **Modelo de um projeto de um sistema fotovoltaico**. In: Encontro de energia no meio rural, 5., 2004, Campinas. Proceedings online... Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022004000200020&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 10 jul. 2015.

LINYANG SOLAR. **Linyang B Series Polycrystalline Solar Module 255/250/245W**. Disponível em: <http://www.linyang.com/userfiles/files/admin/B-Series%20Module_EN_201307.pdf> Acesso em: 31 out. 2015.

MARINI, J. A.; ROSSI, L. A. **Projeto de sistemas fotovoltaicos para a oferta de energia elétrica a comunidades rurais**. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2002.

NASCIMENTO, C. A. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. Minas Gerais, 2004.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. 1 ed. Florianópolis: Editora UFSC/LABSOLAR, 2004.

VIRIDIAN ECOTECNOLOGIA. **Energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <
<http://www.viridian.com.br/tecnologia/energia+solar+fotovoltaica/4> > Acesso em: jul. 2015.

ZOMER, C. D. **Método de estimativa da influência do sombreamento parcial na geração energética de sistemas solares fotovoltaicos integrados a edificações**. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.