

Análise Econômica-Financeira da Instalação de um Sistema de Energia Solar Fotovoltaica na Modalidade Geração Compartilhada em Goiás

Vitor Rezende Faria¹, Guilherme Morais Spíndola²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)
Rua 75, nº 46, Centro, Goiânia – GO – Brasil

²Escola de Engenharia Civil e Ambiental
Universidade Federal de Goiás (UFG)
Av. Universitária, nº. 1488 – Goiânia – GO – Brasil

vitorocoro@gmail.com, eng.guilhermemorais@gmail.com

Abstract. *This work aims to evaluate the implementation of the photovoltaic solar energy system by shared generation in ten residences in the state of Goiás, from a economic-financial point of view. For the economic-financial analysis, the optimistic and pessimistic scenarios were economic indicators of the net present value, profitability index, internal rate of return and payback (simple and discounted), in addition to comparing with a case study reference. The results showed that the system is feasible, can be accepted in the two scenarios evaluated, it is superior to the reference case study and can attract participants with potential investors.*

Resumo. *Esse trabalho tem como objetivo avaliar do ponto de vista econômico-financeiro a implantação do sistema de energia solar fotovoltaica por geração compartilhada em dez residências do Estado de Goiás. Para a análise econômico-financeira foram avaliados nos cenários otimista e pessimista perante os indicadores econômicos do valor presente líquido, índice de lucratividade, taxa interna de retorno e payback (simples e descontado), além de comparar com um estudo de caso referência. Os resultados mostram que o sistema é viável, pode ser aceito nos dois cenários avaliados, se mostra superior ao estudo de caso referência em relação aos indicadores econômico-financeiros e pode atrair participantes com potencial de investidores.*

1. Introdução

Atualmente um dos grandes desafios de nossa sociedade é abastecer a população com a energia suficiente para o seu pleno desenvolvimento e fazer com que este abastecimento seja feito de forma a não degradar o meio ambiente, ou seja, de maneira sustentável.

O Brasil tem, em sua grande maioria, uma matriz energética constituída por energias renováveis. Em 2016 a oferta total de energia elétrica foi de 619,7 TWh, sendo 81,7% de fontes renováveis, com a seguinte composição: hidráulica (68,1%); gás natural (9,1%); biomassa (8,2%); eólica (5,4%); derivados de petróleo (3,7%); carvão e derivados (2,9%); nuclear (2,6%) [EPE 2017]. Mediante os dados apresentados, observa-se que a parcela da energia solar fotovoltaica é ínfima quando se compara com o restante.

Sobre a geração de energia limpa e sustentável, a Resolução Normativa (RN) 482/2012 de abril de 2012 [ANEEL 2012], da Agência Nacional de energia Elétrica (ANEEL), torna livre o acesso às redes de distribuição de energia elétrica para pequenas unidades geradoras, desde que sejam atendidos os requisitos básicos estabelecidos por ela. A última alteração da RN 482/2012 feita pela RN 687/2015 [ANEEL 2015], trouxe outras opções para a compensação de energia na intenção de fomentar a utilização de geração distribuída. Uma inovação importante foi a permissão da instalação de micro ou minigeração em locais com múltiplas unidades consumidoras (UCs), condomínios, por exemplo. Uma outra opção criada foi a geração compartilhada, que é a reunião de consumidores, que sejam atendidos pela mesma concessionária, por meio de consórcios ou associações, que possuam micro ou minigeração distribuída instalada em local diferente das UCs.

Apesar de haver embasamento legal, a opção de geração compartilhada ainda gera receio nos consumidores, pois os custos da instalação de uma geração fotovoltaica ainda são elevados. Neste contexto das inovações trazidas pela norma regulamentadora RN 687/2015 [ANEEL 2015], este trabalho pretende avaliar a viabilidade técnica e econômico-financeira da energia solar fotovoltaica na opção de compensação de energia elétrica por meio da geração compartilhada composto por uma mini usina localizada no estado de Goiás e com isso propor um modelo de negócios de um sistema fotovoltaico conectado à rede nesta modalidade.

Este trabalho está dividido em sete seções. A introdução que contextualiza o assunto no Brasil. Na seção 2 definimos termos técnicos e normativos, na seção 3 aprofundamos na geração compartilhada no Brasil, na seção 4 tratamos da questão econômica, depois, na seção 5 informamos o método de pesquisa utilizado para discutirmos os resultados na seção 6. Por último, fazemos algumas considerações finais e apresentamos as referências.

2. Sistemas Fotovoltaicos

A energia solar fotovoltaica (FV) é composta por um sistema que realiza a conversão da luz solar em corrente elétrica, através de placas construídas com fotocélulas produzidas a partir de um material semicondutor, como silício cristalino, arsenieto de gálio, dentre outros [Cabral and Vieira 2012]. Essa corrente elétrica gerada é contínua, para isso utiliza-se de um inversor que a transforma em corrente elétrica alternada, no qual é direcionada ao quadro geral e, posteriormente, distribuída para consumo.

De modo geral, a geração distribuída se caracteriza como uma forma de geração conectada ao sistema de distribuição e próxima ao ponto de consumo. Este trabalho adota os conceitos apresentados na RN nº 482 da ANEEL [ANEEL 2012], na qual estão definidos que micro e minigeração distribuída, são centrais geradoras de energia, que utilizam fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conectadas na rede de distribuição, por meio de instalações de unidades consumidoras, e especificamente o conceito da nova modalidade de Geração Distribuída, chamada Geração Compartilhada trazida pela RN 687 também da ANEEL [ANEEL 2015].

Na geração compartilhada, diversos consumidores, podendo ser pessoas físicas ou pessoas jurídicas, que estejam dentro da mesma área de concessão, ou seja, área de abrangência da concessionária de energia elétrica no estado, podem compartilhar energia

originada de uma única mini ou micro usina de energia solar fotovoltaica. Para isso, a localização da fonte geradora deve ser diferente de quaisquer endereços dessas unidades consumidoras e essas pessoas precisam se unir através de um consórcio ou cooperativa. A energia produzida será, então, compensada nas unidades consumidoras dos participantes através dos créditos gerados em quilowatt-hora (kWh), o excedente poderá ser consumido em até 60 meses [ANEEL 2015].

Para a criação de consórcios deve-se observar os dispostos na Lei nº6.404/76 [Nacional 1976] e na Instrução Normativa da Receita Federal nº 1.634/16 [do Brasil 2016]. Caso esse consórcio seja administrado por outro titular que não esteja entre os participantes, então deve-se seguir a Lei nº 11.795/08 [Nacional 2008]. Para a criação de cooperativas deve-se seguir os artigos 1.093 a 1.096 do Código Civil [Nacional 2002] e a Lei 5.764/71 [Nacional 1971].

3. Geração Compartilhada no Brasil

Nesta Seção são apresentados alguns dados relacionados à geração compartilhada no Brasil sobre as modalidades de geração distribuída. São apresentados na Figura 1 os números de conexões, a quantidade de UCs que recebem os créditos de energia e a capacidade instalada de cada modalidade no país.

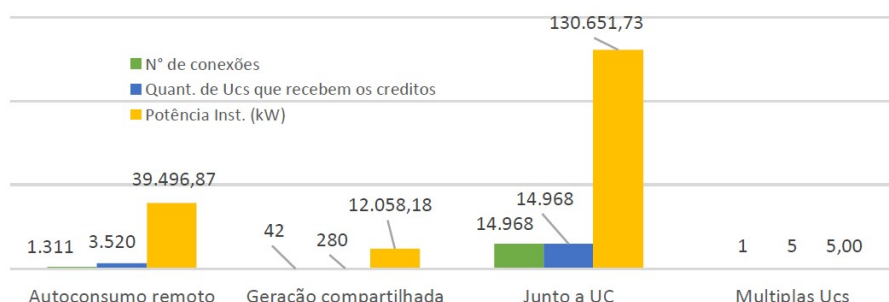


Figura 1. Dados relacionados com as modalidades de GD até 27/10/2017. Fonte: Adaptado de [Junior et al. 2018]

Como pode ser observado na Figura 1, o modelo que possui a maior quantidade de conexões é o modelo em que a UC gera a energia e a consome. De modo contrário, o modelo que possui a menor quantidade de conexões, apenas uma conexão, é o modelo de múltiplas UCs (ou condomínio). Em relação aos modelos que possibilitam o atendimento de mais do que uma UC (autoconsumo remoto e geração compartilhada), é visível que no autoconsumo a geração tem capacidade instalada normalmente menor do que o modelo de geração compartilhada. A principal razão é que na geração compartilhada o local da instalação é distinto da UC do proprietário, possibilitando uma geração de maior porte, respeitando os limites de potência para micro ou minigeração [Junior et al. 2018].

Atualmente, estão cadastrados 42 empreendimentos na ANEEL, como geração compartilhada. Cerca de 92% da capacidade instalada de geração compartilhada são de minigeradores de energia, que representam aproximadamente 24% dos empreendimentos. São ilustrados na Figura 2 os empreendimentos divididos pela sua fonte primária, representados por hídrica (CGH), solar fotovoltaica (UFV) e eólica (EOL).

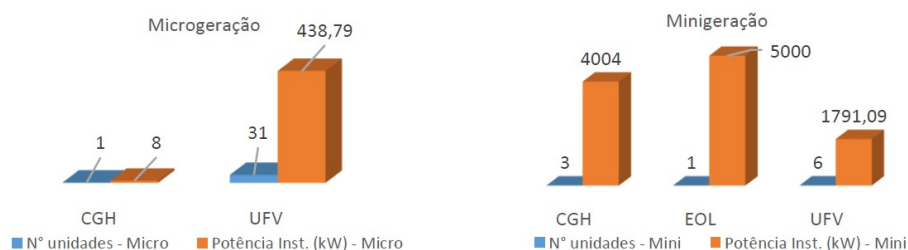


Figura 2. Dados de geração compartilhada até o dia 27/10/2017. Fonte: Adaptado de [Junior et al. 2018]

Da análise da Figura 2 se constata que quase a totalidade dos empreendimentos de microgeração compartilhada é de energia fotovoltaica e nos empreendimentos de minigeração a diversificação aumenta, uma vez que a capacidade de geração aumenta e, conseqüentemente, o retorno financeiro também. Distribuindo os empreendimentos no mapa do Brasil, conforme ilustrado na Figura 3, pode-se observar as principais regiões em que o modelo de geração compartilhada está sendo empregado.

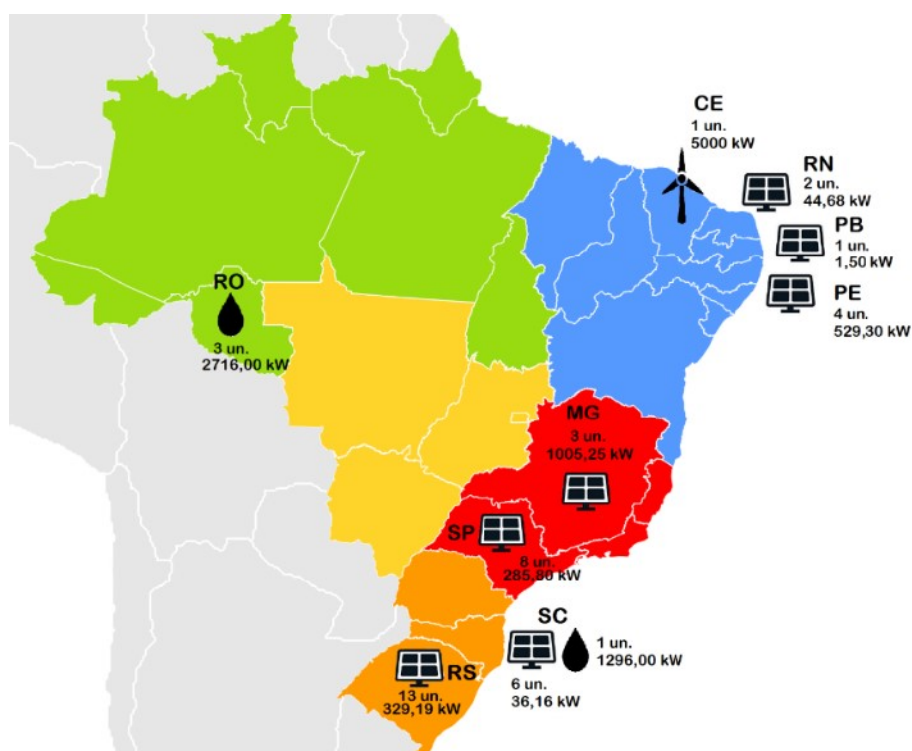


Figura 3. Distribuição dos empreendimentos de geração compartilhada. Fonte: Adaptado de [Junior et al. 2018]

Na Figura 3, pode-se observar a minigeração eólica de 5 MW no Estado do Ceará (denominada de Consórcio Prainha II), representa praticamente 44,48% da capacidade instalada de todos os empreendimentos de geração compartilhada e é responsável por gerar créditos de energia para 29 UCs. O empreendimento está localizado no Ceará sendo conectado na rede de distribuição da Enel Ceará. De maneira similar, pode-se observar na Figura 3, os empreendimentos que utilizam o potencial hidráulico para geração de energia. Todos os demais empreendimentos são de geradores fotovoltaicos, que representam

praticamente 88% dos empreendimentos de geração compartilhada, merecendo destaque a região sul e sudeste com 73,81% dos empreendimentos.

A seguir vamos apresentar alguns termos técnicos-econômicos necessários para uma melhor compreensão do método utilizado na análise dos cenários abordados.

4. Análise Econômico-Financeira

Para instaurar o sistema fotovoltaico em seu empreendimento, deve-se realizar um investimento inicial elevado e esses custos carecem de ser avaliados sob a perspectiva econômico-financeira, pois o investidor espera que esse bem adquirido apresente algum retorno econômico a médio/longo prazo.

A análise econômico-financeira de qualquer investimento auxilia na tomada de decisão e avalia a viabilidade desse negócio. [Casarotto Filho and Kopittke 2011] definiram diversas técnicas para os estudos de viabilidade:

- Taxa Mínima de Atratividade (TMA): É a taxa utilizada nos comparativos dos indicadores, e o seu valor é baseado no custo de oportunidade.
- Valor Presente Líquido (VPL): É a soma algébrica de todas as receitas e despesas transcorridas no tempo do projeto, descontadas à data inicial segundo a TMA;
- Taxa Interna de Retorno (TIR): É uma taxa de desconto que iguala o valor presente das receitas e o investimento inicial;
- Índice de Lucratividade (IL): É a relação do valor presente das receitas e os investimentos liquidados;
- *Payback*: Esse índice fornece o tempo necessário para que um investimento seja recuperado. Não há comparativos, a decisão de aceitação ou rejeição é subjetiva e depende dos objetivos do investidor.

5. Método de Pesquisa

Esse trabalho consiste em avaliar a viabilidade técnica e econômico-financeira de um sistema de energia solar FV por geração compartilhada. Para isso, foram selecionadas 10 UCs variadas e localizadas em todo o Estado de Goiás que compõem esse sistema de geração distribuída, sendo que todas UCs são propriedades de pessoas físicas. Essas UCs possuem consumos médios mensais de energia diversos variando de 420 a 127,5 kWh, então dividiu-se em 5 grupos distintos. Os grupos, o consumo mensal de cada grupo e a porcentagem de contribuição em relação ao sistema são apresentados na Tabela 1.

5.1. Indicadores Econômicos e Critérios

Para a análise econômico-financeira, utilizou-se os indicadores abordados anteriormente: TMA, VPL, TIR, IL e *payback* simples e descontado. Para isso, são apresentados na Tabela 2, resumidamente, os critérios de aceitação desse investimento para cada parâmetro escolhido. A aceitação ou rejeição foram baseadas conforme estabelecido por [Casarotto Filho and Kopittke 2011].

5.2. Cenários pessimista e otimista

Para a análise desse sistema, serão considerados dois cenários: pessimista e otimista. No cenário pessimista, o custo unitário de energia considerado foi de R\$0,78/kWh e a TMA

Tabela 1. Unidades consumidoras e suas contribuições no sistema

Grupos	UC	Consumo (kWh)	(%)
G1	A-1	420	15%
	A-2	420	15%
G2	A-3	365	13%
	A-4	365	13%
G3	A-5	300	11%
	A-6	300	11%
G4	A-7	200	7%
	A-8	200	7%
G5	A-9	127,5	5%
	A-10	127,5	5%
Total		2825	100%

Tabela 2. Indicadores econômicos e os seus critérios de aceitação

Indicador	Situação	Critério
VPL	$VPL > 0$	Projeto será aceito
	$VPL = 0$	Projeto poderá ser aceito
	$VPL < 0$	Projeto não será aceito
TIR	$TIR > TMA$	Projeto poderá ser aceito
	$TIR \leq TMA$	Projeto será rejeitado
IL	$IL > 0$	Viável
	$IL = 0$	Não gerará valor monetário
	$IL < 0$	Inviável
<i>Payback</i> Simples	Dependerá do tempo máximo aceitável de recuperação do investidor	
<i>Payback</i> Descontado		

igual a 10% ao ano (a.a.), sendo que para a TMA foram analisados investimentos atuais do mercado financeiro. No cenário otimista, o custo unitário de energia considerado foi de R\$0,85/kWh e a TMA igual a 6,5% ao ano (a.a.), sendo que para a TMA foi considerada a taxa do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC) imposta pelo Banco Central do Brasil (BC).

5.3. Estudo de caso referência

Utilizou-se o estudo de caso do [Spíndola 2018] para efeitos de comparação, no cenário pessimista, com o grupo 2 (G2) desse trabalho, que possuem os mesmos consumos médios de energia, iguais a 365 kWh. A Tabela 3 apresenta um resumo dos dados de referência, dados técnicos e dos resultados da análise econômico-financeira deste trabalho.

6. Resultados

6.1. Viabilidade Técnica

O terreno escolhido para a instalação do sistema de energia fotovoltaica está localizado na cidade de Dois Irmãos (GO). O consumo mensal médio total das 10 residências é de 2825 kWh, conforme contato com cada participante e exposto na Tabela 1.

Tabela 3. Dados gerais do estudo de caso de referência

Parâmetros	
Custo (R\$/kWh)	R\$ 0,78
TMA (%)	10%
Dados técnicos do sistema	
Consumo mensal (kWh)	365
Potência proposta (kW)	2,70
Geração estimada (kWh/ano)	3976
Área ocupada telhado (m ²)	17
Análise econômico-financeira	
Investimento inicial (R\$)	R\$16.650,00
VPL	R\$10.743,60
TIR	18%
IL	1,61
Payback simples	5 anos e 6 meses
Payback descontado	8 anos e 5 meses

A potência proposta é de 22,34 kW, com o objetivo de gerar cerca de 33.900 kWh por ano, ocupando cerca de 180 m² do terreno. Vale ressaltar que a empresa responsável pela distribuição de energia no estado de Goiás fixa uma tarifa mínima para um consumo de até 30 kWh em cada UC do tipo monofásica, ou seja, independente do investimento realizado nesse sistema, todas UCs terão que pagar uma tarifa mínima equivalente a um consumo de 30 kWh para a concessionária. Os painéis e seus componentes responsáveis pela geração de energia possuem uma vida útil de 25 anos, necessitando de manutenções bimestrais como limpeza dos módulos, troca de fiações elétricas e outros, que devem ser executadas por um electricista terceirizado da região que possua, pelo menos, um curso da Norma Regulamentadora 10 (NR-10).

Observa-se que o valor de produção de energia apresentado pela empresa é uma estimativa baseada em dados do clima coletados no passado. A produção real pode variar ao longo do tempo devido a uma série de fatores, como, por exemplo, incidência solar, períodos chuvosos fora da média, temperatura ambiente, sombra de árvores ou edifícios [Spíndola 2018].

6.2. Aspectos financeiros de orçamentação

Para uma melhor avaliação do benefício financeiro, foi considerada uma análise de 25 anos, que é a vida útil dos painéis fotovoltaicos [Spíndola 2018]. Para a análise econômico-financeira desse investimento é apresentado de forma discriminada o orçamento do projeto na Tabela 4. Além disso, foi previsto um gasto anual de R\$1.000,00 por ano com um electricista terceirizado da região para realizar as manutenções preventivas do sistema.

Para esse custo total de R\$ 117.826,31 do sistema, cada UC contribui com uma parcela desse investimento inicial, considerando cada percentual de consumo médio mensal conforme disposto na Tabela 1. O investimento individual para cada UC é apresentado na Tabela 5.

Tabela 4. Orçamento para a implantação do sistema

Orçamento Energia Solar Fotovoltaica - Geração Compartilhada					
1	Custos com a Obra				
Item	Descrição	Unid.	Qtd.	P. Unitário (R\$)	P. Total(R\$)
1.1	Lote de 360 m2 em Dois Irmãos (GO)	vb	1	R\$ 8.500,00	R\$ 8.500,00
1.2	Custos com incorporação	vb	1	R\$ 850,00	R\$ 850,00
1.3	Alvenaria de tijolo furado 1/2 vez 14X29X9 - 6 furos - Arg. (1Calh:4Arml+100kg de CI/m3)	m2	196,25	R\$ 28,08	R\$ 5.510,62
1.4	Lastro de concreto magro, aplicado em pisos ou radiers, espessura de 5 cm. AF_07_2016	m2	8,62	R\$ 18,49	R\$ 159,44
1.5	Porta de madeira tipo veneziana, 80X210cm, espessura de 3cm, incluso dobradiças - fornecimento e instalação. AF_08/2015	uni	1	R\$ 519,75	R\$ 519,75
1.6	Portão de ferro em chapa galvanizada plana 14 GSG	m2	6,6	R\$ 198,52	R\$ 1.310,23
1.7	Trama de madeira composta por terças para telhados de até 2 águas para telha ondulada de fibrocimento, metálica, plástica ou termoacústica, incluso transporte vertical. AF_12/2015	m2	12,1	R\$ 10,25	R\$ 123,97
1.8	Telhamento com telha ondulada de fibrocimento e = 6 mm, com recobrimento lateral de 1 1/4 de onda para telhado com inclinação máxima de 10°, com até 2 águas, incluso çamento. AF_06/2016	m2	12,1	R\$ 32,79	R\$ 396,60
SUB-TOTAL (R\$)					R\$ 17.370,61
2	Energia Solar				
Item	Descrição	Unid.	Qtd.	P. Unitário (R\$)	P. Total(R\$)
2.1	Módulos Fotovoltaicos policristalinos de 265 W	Uni	85	R\$ 749,00	R\$ 63.665,00
2.2	Inversor de 20 kW de potência ou semelhantes	Uni	1	R\$ 23.240,70	R\$ 23.240,70
2.3	Estruturas de suporte em alumínio ou ferro galvanizado	vb	1	R\$ 5.150,00	R\$ 5.150,00
2.4	Dispositivos de proteção elétrica e materiais elétricos	vb	1	R\$ 3.550,00	R\$ 3.550,00
2.5	Serviços de instalação	vb	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
2.6	Projeto elétrico	vb	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
2.7	Homologação do gerador junto à CELG/ENEL	vb	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
2.8	Frete e deslocamento de pessoal qualificado	vb	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00
SUB-TOTAL (R\$)					R\$ 100.455,70
TOTAL (R\$)					R\$ 117.826,31

6.3. Viabilidade econômico-financeira - Cenário otimista

Nesta seção são apresentados os resultados econômico-financeiros de todos os grupos do sistema considerando o cenário otimista e analisando a viabilidade perante essa conjuntura. Para todos os grupos, considera-se que a proposta da empresa garante a troca dos

Tabela 5. Investimento inicial de cada UC

Grupos	UC	Investimento (R\$)
G-1	A-1	R\$ 17.517,54
	A-2	R\$ 17.517,54
G-2	A-3	R\$ 15.223,58
	A-4	R\$ 15.223,58
G-3	A-5	R\$ 12.512,53
	A-6	R\$ 12.515,53
G-4	A-7	R\$ 8.341,69
	A-8	R\$ 8.341,69
G-5	A-9	R\$ 5.317,82
	A-10	R\$ 5.317,82

painéis e do inversor em caso de perda de potência ou defeitos de fabricação.

6.3.1. Grupo 1

Para o G1, o consumo médio anual é de 4.680 kWh, ou seja, o sistema propicia uma economia de R\$3.978,00, considerando o custo da tarifa de energia elétrica igual a R\$0,85 por kWh. Ao longo de 25 anos, o G1 consumirá cerca de 117.000 kWh, economizando cerca de R\$99.450,00, que seriam pagos à CELG/ENEL em preço público de energia elétrica. O cálculo do *payback* descontado considera uma TMA de 6,5% ao ano, assim, são necessários 5 anos e 6 meses para recuperar o investimento proposto de R\$17.517,54 acrescidos dos custos de manutenção. O valor presente líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$ 29.785,83. A TIR e o IL foram calculados e iguais a, respectivamente, 22% e 2,59. Salienta-se que considerando um *payback* simples, o fluxo de caixa acumulado durante um período de 4 anos e meio já supera o valor do investimento inicial.

6.3.2. Grupo 2

Para o G2, o consumo médio anual é de 4.020 kWh, ou seja, o sistema possibilita uma economia de R\$3.417,00, considerando o custo da tarifa de energia igual a R\$0,85 por kWh. No decorrer dos 25 anos, o G2 consumirá cerca de 100.500 kWh, economizando cerca de R\$85.425,00, que seriam pagos à concessionária.

O *payback* descontado considera uma TMA de 6,5% ao ano, assim, são necessários 5 anos e 8 meses para recuperar o investimento proposto de R\$15.223,58 acrescidos dos gastos com manutenção preventiva. O valor presente líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$ 25.236,78. A TIR e o IL foram calculados e iguais a, respectivamente, 22% e 2,53. A partir de 4 anos e 7 meses, considerando o *payback* simples, o investimento já pode ser considerado recuperado.

6.3.3. Grupo 3

Para o G3, o consumo médio anual é de 3.240 kWh, ou seja, o sistema possibilita uma economia de R\$2.754,00, considerando o custo da tarifa de energia igual a R\$0,85 por

kWh. Ao longo dos 25 anos, o G3 consumirá cerca de 81.000 kWh, economizando cerca de R\$68.850,00, que seriam pagos à empresa responsável pela distribuição de energia.

O cálculo do *payback* descontado considera uma TMA de 6,5% ao ano, assim, necessita-se de 5 anos e 10 meses para recuperar o investimento proposto de R\$12.512,53 acrescidos das despesas com manutenções bimestrais. O valor presente líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$ 19.860,64. A TIR e o IL foram calculados e iguais a, respectivamente, 21% e 2,45. Considerando o *payback* simples, a partir de 4 anos e 9 meses o investimento será considerado como recuperado.

6.3.4. Grupo 4

Para o G4, o consumo médio anual é de 2.040 kWh, portanto o sistema propicia uma economia de R\$1.734,00, considerando o custo da tarifa de energia igual a R\$0,85 por kWh. No 25º ano, o G4 terá consumido cerca de 51.000 kWh, economizando cerca de R\$43.350,00, que seriam pagos à CELG/ENEL.

Para o *payback* descontado a TMA considerada é de 6,5% ao ano, assim, após 6 anos e 5 meses o investimento proposto de R\$8.341,69 somado dos custos com manutenções será totalmente recuperado. O valor presente líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$ 11.589,65. A TIR e o IL foram calculados e iguais a, respectivamente, 19% e 2,21. Considerando o *payback* simples, partir de 5 anos e 1 mês o investimento inicial será recuperado.

6.3.5. Grupo 5

Para o G5, o consumo médio anual é de 1.170 kWh, portanto a economia é de R\$994,50, considerando o custo da tarifa de energia igual a R\$0,85 por kWh. No 25º ano, o G5 terá consumido aproximadamente 29.250 kWh, deixando de gastar cerca de R\$24.862,50, que seriam pagos à concessionária de energia elétrica da região.

No cálculo do *payback* descontado a TMA considerada é de 6,5% ao ano, assim, após 7 anos e 9 meses o investimento proposto de R\$5.317,82 somado dos custos com manutenções bimestrais será totalmente recuperado. O valor presente líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$ 5.593,18. A TIR e o IL foram calculados e iguais a, respectivamente, 16% e 1,86. Considerando o *payback* simples, a partir de 5 anos e 11 meses o valor investido será recuperado.

6.4. Viabilidade econômico-financeira - Cenário pessimista

Nesse item são apresentados os resultados econômico-financeiros de todos os grupos da geração compartilhada, analisando o cenário pessimista e averiguando a viabilidade diante desse cenário. Para todos os grupos, considera-se que a proposta da empresa garante a troca dos painéis e do inversor em caso de perda de potência ou defeitos de fabricação.

6.4.1. Grupo 1

Para o G1, o consumo médio anual é de 4.680 kWh, ou seja, o sistema propicia uma economia de R\$3.669,96, considerando o custo da tarifa de energia elétrica igual a R\$0,78 por kWh. Ao longo de 25 anos, o G1 consumirá cerca de 117.000 kWh, economizando

cerca de R\$91.749,06, que seriam pagos à CELG/ENEL em preço público de energia elétrica.

O cálculo do *payback* descontado considera uma TMA de 10% ao ano, assim, são necessários 7 anos e 1 mês para recuperar o investimento proposto de R\$17.517,54 acrescidos dos custos de manutenção. O valor presente líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$ 14.887,15. A TIR e o IL foram calculados e iguais a, respectivamente, 20% e 1,81. Considerando o *payback* simples, a partir de 4 anos e 11 meses o investimento já estará totalmente pago.

6.4.2. Grupo 2

Para o G2, o consumo médio anual é de 4.020 kWh, ou seja, o sistema possibilita uma economia de R\$3.152,40, considerando o custo da tarifa de energia igual a R\$0,78 por kWh. No decorrer dos 25 anos, o G2 consumirá cerca de 100.500 kWh, economizando cerca de R\$78.810,09, que seriam pagos à concessionária.

O *payback* descontado considera uma TMA de 10% ao ano, assim, são necessários 7 anos e 3 meses para recuperar o investimento proposto de R\$15.223,58 acrescidos dos gastos com manutenção preventiva. O valor presente líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$ 12.483,21. A TIR e o IL foram calculados e iguais a, respectivamente, 20% e 1,77. Considerando o *payback* simples, o fluxo de caixa decorrido durante um período de 5 anos já supera o valor do investimento inicial.

6.4.3. Grupo 3

Para o G3, o consumo médio anual é de 3.240 kWh, ou seja, o sistema possibilita uma economia de R\$2.540,74, considerando o custo da tarifa de energia igual a R\$0,78 por kWh. Ao longo dos 25 anos, o G3 consumirá cerca de 81.000 kWh, economizando cerca de R\$63.518,58, que seriam pagos à empresa responsável pela distribuição de energia.

O cálculo do *payback* descontado considera uma TMA de 10% ao ano, assim, necessita-se de 7 anos e 7 meses para recuperar o investimento proposto de R\$12.512,53 acrescidos das despesas com manutenções bimestrais. O valor presente líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$ 9.642,20. A TIR e o IL foram calculados e iguais a, respectivamente, 19% e 1,72. Considerando o *payback* simples, a partir de 5 anos e 2 meses o investimento será considerado como recuperado.

6.4.4. Grupo 4

Para o G4, o consumo médio anual é de 2.040 kWh, portanto o sistema propicia uma economia de R\$1.599,73, considerando o custo da tarifa de energia igual a R\$0,78 por kWh. No 25º ano, o G4 terá consumido cerca de 51.000 kWh, economizando cerca de R\$39.993,18, que seriam pagos à CELG/ENEL.

Para o *payback* descontado a TMA considerada é de 10% ao ano, assim, após 8 anos e 6 meses o investimento proposto de R\$8.341,69 somado dos custos com manutenções será totalmente recuperado. O valor presente líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$ 5.271,40. A TIR e o IL foram calculados e iguais a, respectivamente, 18% e

1,57. Considerando o *payback* simples, a partir de 5 anos e 7 meses o investimento inicial será recuperado.

6.4.5. Grupo 5

Para o G5, o consumo médio anual é de 1.170 kWh, portanto a economia é de R\$917,49, considerando o custo da tarifa de energia igual a R\$0,78 por kWh. No 25º ano, o G5 terá consumido aproximadamente 29.250 kWh, deixando de gastar cerca de R\$22.937,27, que seriam pagos à concessionária de energia elétrica da região.

No cálculo do *payback* descontado a TMA considerada é de 10% ao ano, assim, após 11 anos o investimento proposto de R\$5.317,82 somado dos custos com manutenções bimestrais será totalmente recuperado. O valor presente líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$ 2.102,57. A TIR e o IL foram calculados e iguais a, respectivamente, 15% e 1,34. Considerando o *payback* simples, a partir de 6 anos e 6 meses o valor investido será recuperado.

6.5. Discussão com relação aos resultados

É possível ratificar que para todos os grupos, em ambos os cenários, o projeto será aceito, pois o VPL é maior do que zero, o IL é maior do que um, a TIR é maior do que a TMA proposta e o *payback* (simples ou descontado) é inferior à vida útil do sistema.

De forma geral, os resultados foram considerados satisfatórios para todos os grupos e cenários, visto que os indicadores econômicos VPL, IL, TIR e *payback* (simples e descontado) utilizados como variáveis de avaliação econômico-financeira, tiveram seus critérios atendidos, portanto o projeto foi aceito e conceituado como viável. No cenário otimista, o IL variou de 1,86 a 2,59, a TIR de 16% a 22% e o *payback* descontado variou de 5 anos e 6 meses a 7 anos e 9 meses. No cenário pessimista, o IL variou de 1,34 a 1,81, a TIR de 15% a 20% e o *payback* descontado variou de 7 anos e 1 mês a 11 anos. Os resultados do cenário pessimista foram piores do que o cenário otimista, e isso só corrobora as premissas adotadas para cada um. No pessimista, o custo da tarifa de energia elétrica é de R\$0,78 por kWh, ou seja, quando se compara com o otimista, a economia na fatura de energia ao longo da vida útil do sistema será menor. A TMA do cenário pessimista é de 10% ao ano, com isso pode-se considerar que a perda por não investir em outro negócio com essa remuneração é maior do que no cenário otimista, que tem a TMA igual a 6,5% ao ano. Vale ressaltar, que quanto menor o investimento, menor o desempenho dos indicadores econômicos, como no G5 do cenário pessimista que teve um *payback* descontado de 11 anos e o G1 de 7 anos e 1 mês, mostrando proporcionalidade econômica em análise de investimentos.

6.6. Comparação com o estudo de caso referência

A comparação foi realizada pelo G2 do cenário pessimista composto pela UCs nomeadas de A-9 e A-10, com o estudo de caso [Spíndola 2018], pois esses possuem os mesmos parâmetros e premissas adotadas. Um resumo das análises nos dois casos é apresentado na Tabela 6, para assim ser realizado uma comparação coerente.

Analisando a Tabela 6, observa-se que para todos os parâmetros, o G2 do estudo de energia solar FV por geração compartilhada, apresenta-se superior ao estudo de caso

Tabela 6. Comparação das análises econômico-financeiras

Item	G2	[Spíndola 2018]
Investimento inicial	R\$ 15.223,58	R\$ 16.650,00
VPL	R\$ 12.483,21	R\$ 10.743,60
TIR	20%	18%
IL	1,77	1,61
Payback Simples	5 anos	5 anos e 6 meses
Payback Descontado	7 anos e 3 meses	8 anos e 5 meses

de [Spíndola 2018], pois o investimento inicial do G2 foi inferior ao deste, o VPL de [Spíndola 2018] foi menor que o do G2, a TIR e o IL do G2 foram maiores, e o tempo de retorno do investimento mostrou-se mais favorável no G2.

6.7. Potencial de investimento

Uma das vantagens do sistema de geração compartilhada é que é possível desfazer da sua parte no futuro, pois a geração de energia pode acontecer distante da residência. Sendo a participação individual via consórcio ou cooperativa, o participante pode sair da parceria e outra ingressar. Essa dinâmica é favorável quando comparado com o sistema FV em residências, pois exige-se a permanência durante a vida útil do empreendimento.

7. Considerações Finais

O estudo analisou a viabilidade técnica e econômico-financeira do sistema FV de geração compartilhada como opção para diminuição de custos com energia elétrica para dez UCs localizadas no estado de Goiás.

Para a análise de viabilidade técnica foi contatada uma empresa do ramo que investigou a região para confirmar se haveria radiação solar suficiente para a produção de energia. Para a análise de viabilidade econômico-financeira de energia solar FV foram analisados o payback descontado, o VPL o IL e a TIR.

Os resultados mostraram que a implantação de energia solar FV por geração compartilhada é viável para os dois cenários. A análise de viabilidade técnica ratificou que o local de estudo possui incidência solar suficiente para geração de energia conforme o consumo médio mensal informado pelos moradores. Para a análise de viabilidade econômico-financeira, todos os indicadores econômicos tiveram seus critérios aceitos nas duas situações, tendo o projeto tido como aceite e viável. A comparação do estudo atual com o de referência apresentou melhores resultados no primeiro para todos os indicadores econômico-financeiros, mostrando-se que o sistema compartilhado precisa ser melhor aproveitado. Para futuros trabalhos sugerimos inserir a Análise de Risco para enriquecer a discussão.

Conclui-se que, além de diminuir os custos com energia elétrica e de apresentar viabilidade técnica e econômico-financeira para a região de análise, a energia solar FV por geração compartilhada, pode ser considerada uma mini usina energia renovável que propicia a várias residências parceiras uma economia mensal na fatura de energia elétrica, além de contribuir para a redução do impacto ambiental.

Referências

- ANEEL (2012). Resolução normativa 482. *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*, 17. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>.
- ANEEL (2015). Resolução normativa 687. *Altera a Resolução Normativa 482*. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>.
- Cabral, I. and Vieira, R. (2012). Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. In *III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, volume 19.
- Casarotto Filho, N. and Kopittke, B. H. (2011). *Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial*. Atlas.
- do Brasil, R. F. (2016). Instrução normativa da receita federal do Brasil nº 1.634, de 06 de maio de 2016. *Dispõe sobre o Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ)*. Diário Oficial da União, Brasília - DF.
- EPE (2017). *Balanco energético nacional 2017 - Ano base 2016*. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Disponível em <<http://www.epe.gov.br>>.
- Junior, W. P., Takigawa, F., Neto, E. A. C. A., and Fernandes, R. C. (2018). Levantamento da geração distribuída compartilhada no Brasil. In *VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018*.
- Nacional, C. (1971). Lei nº 5.764, de 16 de dezembro de 1971. *Define a Política Nacional de Cooperativismo, institui o regime jurídico das sociedades cooperativas, e dá outras providências*. Diário Oficial da União, Brasília - DF.
- Nacional, C. (1976). Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976. *Dispõe sobre as Sociedades por Ações*. Diário Oficial da União, Brasília - DF.
- Nacional, C. (2002). Código civil brasileiro. *Capítulo VII - Da Sociedade Corporativa*. Disponível em <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70327/C%C3%B3digo%20Civil%202%20ed.pdf>>.
- Nacional, C. (2008). Lei nº 11.795, de 08 de outubro de 2008. *Dispõe sobre o Sistema de Consórcio*. Diário Oficial da União, Brasília - DF.
- Spíndola, G. M. (2018). Estudo de viabilidade técnica e econômico-financeira de energia solar fotovoltaica em uma residência de senador canedo (GO). *Short paper apresentado na disciplina de Introdução ao Gerenciamento da Construção do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da UFG*.