

# Proposição de uma metodologia para análise de viabilidade econômica de uma usina fotovoltaica

Renata Ribeiro Guedes de Almeida <sup>[1]</sup>, Núbia Silva Dantas Brito <sup>[2]</sup>, Marcus Vinícius Bezerra Medeiros <sup>[3]</sup>, Melyna Candice Silva Simões <sup>[4]</sup>, Selma Alves de Oliveira <sup>[5]</sup>

[1] renata.ribeiro@ee.ufcg.edu.br. [2] nubia@dee.ufcg.edu.br. [3]marcus.medeiros@ee.ufcg.edu.br. [4]melyna.simoese@ee.ufcg.edu.br. [5] srta.sel@hotmail.com. Laboratório de Sistemas de Potência, Depto. de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande

## RESUMO

Uma metodologia para fins didáticos, de estudos de viabilidade econômica de uma usina solar fotovoltaica é proposta. O estudo foi realizado considerando o custo de operação e a instalação no período de 25 anos de uma usina de 3 MWp. A metodologia foi organizada em etapas, desde o estudo da irradiação solar na região, até o estudo de viabilidade econômica do investimento. A metodologia proposta foi validada por meio de um estudo de caso, no qual foram analisados três cenários de investimentos.

**Palavras-chave:** Geração Distribuída. Energia solar fotovoltaica. Viabilidade econômica.

## ABSTRACT

*A methodology for didactic purposes of studies on the economic viability of a solar photovoltaic power plant is proposed. The study was done considering the cost of operation and installation in 25 years of a plant of 3 MWp. The methodology was organized in steps, since the study of solar irradiation in the region until economic analysis of investments. The proposed methodology was validated through a case study, in which were analyzed three scenarios of types of investments.*

**Keywords:** *Distributed generation. Economic viability. Solar photovoltaic power plant.*

## 1 Introdução

A pesquisa por novas configurações e modelos que contemplem fontes renováveis vem mudando o cenário da distribuição de energia elétrica no Brasil e no mundo. Dentre os diversos tipos de fontes renováveis, a fotovoltaica destaca-se como sendo uma das mais promissoras, entretanto, apesar dos seus muitos benefícios, a energia fotovoltaica no Brasil ainda não é largamente utilizada. A principal razão é o seu custo, ainda elevado em comparação com as fontes tradicionais de energia. Nesse sentido, o governo brasileiro vem investindo em incentivos, principalmente em relação à redução de taxas e impostos.

Em relação ao estado da arte, uma análise pormenorizada revelou que esse tema constitui uma área de pesquisa promissora. Este trabalho insere-se nesse contexto e apresenta uma metodologia, com fins didáticos, para estudos de viabilidade econômica de usinas solares fotovoltaicas (USF), a qual foi validada com um estudo de caso. Um resumo das etapas realizadas durante a pesquisa é apresentado neste trabalho.

## 2 Fundamentação teórica

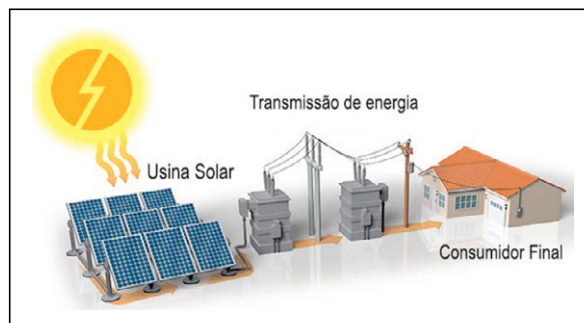
As fontes de geração de energia evoluem constantemente, principalmente por amenizarem os impactos ambientais. Dentre os diversos tipos de energias renováveis, a energia solar do tipo fotovoltaica vem evoluindo ao longo dos anos, onde o estudo da sua viabilidade econômica torna-se primordial quando se deseja construir uma usina fotovoltaica.

### 2.1 Usina solar fotovoltaica

Uma usina solar é um sistema fotovoltaico de grande porte planejado para produzir e vender energia elétrica. A produção de energia provém dos painéis fotovoltaicos que convertem a energia solar em energia elétrica na forma contínua, que precisa ser convertida para a forma alternada (forma tradicional de consumo) através do uso de inversores (Figura 1).

Como os inversores entregam a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos em até 380 V, é necessário o uso de transformadores para elevar a tensão para os níveis requeridos pelo sistema de transmissão, que se encarrega de levar a energia até as distribuidoras, que por sua vez, entregará a energia ao consumidor final (PORTAL SOLAR, 2016).

Figura 1 – Sistema Solar Fotovoltaico.



Fonte: Portal Solar (2016).

### 2.2 Análise econômica

Resumidamente, um estudo de análise de viabilidade econômica tem como objetivo avaliar o orçamento de instalação de um sistema, sua vida útil e o tempo de retorno do investimento. Para tal fim, técnicas de orçamento de capital são utilizadas, considerando estimativas dos investimentos iniciais, custos de operação e manutenção, receitas e despesas geradas em um dado período.

Para determinar os indicadores econômicos que atestem a viabilidade de uma instalação, um fluxo de caixa relativo ao período é comumente realizado. Neste trabalho, selecionou-se a avaliação por fluxo de caixa descontado (DCF – *Discounted Cash Flow*), que relaciona o valor de um ativo ao valor presente dos fluxos de caixa futuros relativos àquele ativo. Dessa forma, os fluxos de caixa são projetados para o período no qual será mantido o investimento. Segundo Damodaran (2007), a avaliação por fluxo de caixa descontado pode ser realizado de duas formas:

- Fluxo de caixa livre para o acionista (FCFE – *Free Cash Flow to Equity*): avalia apenas a participação acionária do negócio, atestando a viabilidade do investimento feito pelos credores;
- Fluxo de caixa livre da empresa (FCFF – *Free Cash Flow to Firm*): avalia a empresa como um todo. Segundo a definição de Ross, Westerfield e Jordan (2002) é o fluxo de caixa dos ativos, ou seja, o total do fluxo de caixa aos credores e acionistas. Isso resulta do fato da empresa gerar caixa por meio de suas atividades, sendo utilizado para pagar os credores e remunerar os próprios proprietários. Esse processo considera três componentes:

- Fluxo de caixa operacional: decorrente das atividades do funcionamento da empresa, calculado pela diferença entre receitas e custos, os quais não incluem valores de outra natureza, tais como depreciação, que não é uma saída de caixa, nem juros, que são despesas financeiras;
- Gastos de capital: referem-se ao dinheiro gasto na manutenção de ativos existentes e para criar novos ativos para geração de crescimento futuro;
- Variação de capital de giro líquido: diferença entre o capital de giro líquido no final do período e o valor no início do período.

Dentre os métodos atuariais mais consolidados para a análise de viabilidade econômica, selecionou-se neste trabalho, o método do valor presente líquido em conjunto com os métodos de taxa interna de retorno e *payback*, cujos fundamentos são apresentados a seguir (GITMAN, 2003).

*Payback*: visa encontrar a quantidade de períodos que o projeto requer para acumular o valor de retorno igual ao investido inicialmente, o que é feito relacionando o valor do investimento inicial e o valor do fluxo de caixa periódico esperado. Isso pode ser realizado de duas formas, conforme as Equações 1 (simples) e 2 (descontado):

$$PBs = \frac{I}{FC} \quad (1)$$

$$I = \sum_{t=1}^T \frac{FC}{(1+k)^t} \quad (2)$$

sendo: *I*, o investimento de custeio do sistema [dado em R\$]; *FC*, o fluxo de caixa anual [dado em R\$]; *k*, a taxa de desconto [dado em %]; *t*, *payback* descontado [dado em número de períodos].

Conforme se observa, a versão simples não considera o investimento variando no tempo, nem as entradas de fluxo de caixa após a recuperação do investimento (GITMAN, 2003).

Valor Presente Líquido (VPL): calcula o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto, ao longo de sua vida útil. Segundo Gitman (2003), o método VPL considera explicitamente, o valor do dinheiro no tempo, sendo obtido subtraindo-se o investimento inicial do valor presente de suas entradas

de caixa, realizadas as devidas correções relativas à taxa de juros, conforme a Equação 3:

$$VPL(n) = -FC_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (3)$$

sendo: *t*, o período [em anos]; *VPL*, o valor presente líquido no período *n* [dado em R\$]; *FC<sub>0</sub>*, o investimento inicial do projeto [dado em R\$]; *FC<sub>t</sub>*, o fluxo de caixa no período *n* [dado em R\$]; *i*, a taxa de inflação [dado em %].

Os critérios de avaliação são os seguintes:

- VPL > 0*: projeto aprovado;
- VPL = 0*: projeto economicamente indiferente;
- VPL < 0*: projeto rejeitado.

Taxa Interna de Retorno (TIR): uma das técnicas mais utilizadas de orçamento de capital. Segundo Gitman (2003), trata-se da taxa de desconto que torna o *VPL* nulo, de modo que o valor presente das entradas de caixa seja igualado ao investimento inicial. Ou seja, é a taxa de retorno anual obtida por um dado investimento, caso sejam cumpridas as previsões de entrada de caixa (Equação 4).

$$0 = -FC_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \leftrightarrow \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = FC_0 \quad (4)$$

sendo: *t*, o período [dado em anos]; *FC<sub>0</sub>*, o investimento inicial do projeto [dado em R\$]; *FC<sub>t</sub>*, o fluxo de caixa no período *n* [dado em R\$]; *TIR*, a taxa interna de retorno [dado em %].

Os critérios de avaliação são os seguintes:

- TIR > TMA*: projeto aprovado;
- TIR < TMA*: projeto rejeitado.

TMA- taxa mínima de atratividade, ou custo de capital, que é a taxa de retorno a ser obtida para manter o valor de mercado da ação [dado em %] (GITMAN, 2003).

### 3 Metodologia

Para o estudo de viabilidade econômica da instalação de uma USF, desenvolveu-se a metodologia apresentada.

#### Etapa 1 - Estudo da irradiação solar na região

- 1) Levantamento dos dados de irradiação solar diária média de cada mês na região;
- 2) Cálculo da irradiação solar média mensal a partir dos dados anteriores.

#### Etapa 2 – Cálculo do investimento inicial

- 1) Cálculo da potência instalada da USF;
- 2) Cálculo do custo total da compra dos equipamentos do sistema gerador;
- 3) Cálculo dos custos relativos ao *Balance of System*;
- 4) Cálculo dos custos relativos ao projeto, execução, compra de demais dispositivos e aquisição de terras.

#### Etapa 3 - Simulação da USF ao longo da vida útil

- 1) Cálculo da geração anual esperada e perda de eficiência da USF;
- 2) Cálculo do valor de venda da energia gerada;
- 3) Cálculo da receita bruta anual.

#### Etapa 4 – Cálculo das despesas anuais operacionais e administrativas ao longo da vida útil

- 1) Cálculo das taxas operacionais incidentes;
- 2) Cálculo dos custos operacionais e administrativos;

#### Etapa 5 – Análise de investimento

- 1) Cálculo do valor de depreciação anual da instalação;
- 2) Cálculo da porcentagem de capital próprio investido e financiado para custeio do projeto, determinando a taxa de juros anual, prazo máximo de pagamento e carência;
- 3) Cálculo da *Weighted Average Cost of Capital* (WACC);
- 4) Definição do regime tributário.

#### Etapa 6 – Projeção econômica

- 1) Definição da taxa mínima de atratividade;
- 2) Cálculo do lucro operacional bruto;
- 3) Cálculo do lucro líquido;
- 4) Cálculo do FCFE.

#### Etapa 7 – Análise econômica do investimento dos acionistas

- 1) Cálculo dos valores de *payback* simples e descontado;
- 2) Cálculo do VPL;
- 3) Cálculo de TIR;

A viabilidade do projeto é aprovada caso:

- i) Os tempos de *payback* simples e descontado sejam menores que o tempo de vida útil da USF;
- ii)  $VPL_{final} > 0$ ;
- iii)  $TIR > WACC$ .

## 4 Estudo de caso

O estudo de caso foi realizado sob a ótica do produtor de energia, considerando o custo de operação e instalação de uma USF de 3 MWp no período de 25 anos, na região da cidade de Campina Grande/PB. O modelo adotado é uma adaptação do proposto pelo Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), que foi constituído em janeiro de 2010, com o objetivo de reunir as empresas interessadas no desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no país e na introdução dessa energia na matriz elétrica brasileira, para além dos sistemas isolados.

#### Etapa 1 - Estudo da irradiação solar na região

Para o estudo de irradiação solar na região, utilizou-se o RADIASOL 2 que é um *software* para geração de dados horários de radiação solar desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O RADIASOL 2 requer as coordenadas de localização do ponto de instalação, definida na cidade em estudo. Os dados de irradiação média incidente na região da instalação da USF utilizada neste estudo são ilustrados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Irradiação solar média na região de Campina Grande – PB.

Mês	Irradiação [kWh/m <sup>2</sup> /dia]	Mês	Irradiação [kWh/m <sup>2</sup> /dia]
Jan	5,46	Jul	3,82
Fev	5,38	Ago	5,07
Mar	5,3	Set	5,21
Abr	4,82	Out	5,88
Mai	4,41	Nov	6,07
Jun	3,85	Dez	5,68

### Etapa 2 – Cálculo do investimento inicial

A estimativa do valor de investimento inicial da USF foi realizada com base nos custos dos equipamentos importados. Seguindo revistas especializadas do setor, os preços de módulos monocristalinos variam entre, 0,36 € /Wp e 0,67 € /Wp (PV MAGAZINE, 2016). Visando considerar o pior cenário, adotou-se o maior valor. Para os inversores, o preço no mercado alemão para equipamentos na faixa acima de 100 kW é de 0,11 € /Wp (PHOTON, 2015).

Levando-se em conta o projeto de Lei nº 317/2013 (BRASIL, 2013), que isentam do imposto de importação os módulos solares, o custo total de internalização dos equipamentos é calculado considerando: incidência de imposto de importação de 14%, IPI de 15% sobre os inversores, alíquotas de PIS (1,65%), COFINS (7,6%), ICMS (12%) e taxas de serviços aduaneiros.

Cruzando os dados da publicação da Abinee (2012) com o estudo do Greentech Media (2016), considerou-se o custo de *Balance of System* (BOS) em 40% do valor dos equipamentos. Segundo a Abinee (2012), despesas gerais relativas a projeto e execução, licenciamento e compra de equipamentos tais como quadros, disjuntores e cabos dependem das condições específicas de cada instalação.

Assim, o custo adotado considerou a soma dos custos dos módulos e inversores, resultando em 0,78 € /Wp. Nacionalizando os custos com taxa de câmbio de 3,94 R\$/€, obteve-se o valor inicial de investimento da instalação de R\$ 21.993.393,64, ou seja, 7,33 R\$/Wp.

### Etapa 3 - Simulação da USF ao longo da vida útil

Essa etapa consiste em projetar a geração de energia elétrica ao longo da vida útil da instalação e a receita bruta anual obtida da venda. Inicialmente é calculada a energia gerada no primeiro ano de funcionamento do empreendimento, por meio da Equação 5:

$$P_{FV} = \frac{E \times G}{H_{TOT} \times PR} \quad (5)$$

sendo:  $P_{FV}$ , a potência instalada total [dado em kWp];  $E$ , a energia elétrica média diária gerada pela USF [dado em kWh/dia];  $G$ , a irradiação em condições de teste padrão = 1 [dado em kW/m<sup>2</sup>];  $H_{TOT}$ , a irradiação solar incidente no plano dos módulos [dado em kWh/m<sup>2</sup>.dia];  $PR$ , a taxa de desempenho da USF = 75% (valor padrão).

Os dados da geração mensal são ilustrados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Estimativa dos níveis de geração da USF (ano zero).

Mês	Geração diária [kWh/dia]	Geração mensal [MWh]
Jan	12.285,00	368,55
Fev	12.105,00	363,15
Mar	11.925,00	357,75
Abr	10.845,00	325,35
Mai	9.922,50	297,68
Jun	8.662,50	259,88
Jul	8.595,00	257,85
Ago	11.407,50	342,23
Set	11.722,50	351,68
Out	13.230,00	396,90
Nov	13.657,50	409,73
Dez	12.780,00	383,40

Conforme é observado na Tabela 2, a energia gerada nesse ano é estimada em 4.114,15 MWh. No estudo considerou-se como perda de eficiência dos módulos solares a taxa de 0,576% ao ano.

O valor de venda é definido em função dos dados de PLD (Preço de Liquidação das Diferenças) médio no ano de 2015 extraídos de Câmara de comercialização de Energia elétrica (CCEE) calculados para o

submercado Nordeste (NE), apresentando uma faixa de R\$ 145,09 a R\$ 388,48 (CCEE, 2016).

Ao adotar o valor máximo da faixa como preço fixo de venda, fez-se projeção da receita bruta anual ao longo dos 25 anos de vida útil da instalação, conforme ilustrado na Tabela 3.

**Tabela 3** – Receita bruta projetada para 25 anos de operação.

Ano	Geração total anual (MWh)	Valor PLD (R\$/MWh)	Receita bruta total (R\$)
0	-	-	-
1	4.114,13	388,48	1.598.255,28
2	4.090,43	388,48	1.589.049,33
3	4.066,87	388,48	1.579.896,41
4	4.043,44	388,48	1.570.796,20
5	4.020,15	388,48	1.561.748,42
6	3.997,00	388,48	1.552.752,75
7	3.973,97	388,48	1.543.808,89
8	3.951,08	388,48	1.534.916,55
9	3.928,32	388,48	1.526.075,43
10	3.905,70	388,48	1.517.285,24
11	3.883,20	388,48	1.508.545,67
12	3.860,83	388,48	1.499.856,45

#### Etapa 4 – Cálculo de despesas anuais operacionais e administrativas ao longo da vida útil

A USF está sujeito ao pagamento de taxas e contribuições específicas do setor elétrico, vistas como despesas operacionais por estarem ligadas diretamente à capacidade de geração e à quantidade de energia entregue. Estando definida no grupo A4 (2,3 a 25 kV), geração, incidem as seguintes taxas:

a) TUSD – Tarifa de Utilização do Sistema de Distribuição.

Conforme Resolução Normativa nº 481 da Aneel (2012), em seu artigo 3º-A: “Para a fonte solar referida no art. 1º, fica estipulado o desconto de 80% (oitenta por cento), para os empreendimentos que entrarem em operação comercial até 31/12/2017, aplicável nos 10 (dez) primeiros anos de operação da USF, nas tari-

fas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição – TUST e TUSD, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada.

§1º O desconto de que trata o caput, será reduzido para 50% (cinquenta por cento) após o décimo ano de operação da USF.

§2º Os empreendimentos que entrarem em operação comercial após 31/12/2017 farão jus ao desconto de 50% (cinquenta por cento) nas referidas tarifas”.

O valor de 3,25 R\$/kW é estabelecido pela Resolução Homologatória nº 1.976 (ANEEL, 2015).

b) TFSEE – Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica.

Conforme Nota Técnica nº 005/2016 (ANEEL, 2016b), a alíquota da TFSEE foi definida para 0,4% (zero vírgula quatro por cento).

O Despacho nº 86 estabelece que “o valor do Benefício Econômico Típico Unitário anual, aplicável para determinação da TFSEE dos autoprodutores, produtores independentes e consórcios, para o ano de 2016, fica fixado em R\$ 645,01/kW (Seiscentos e quarenta e cinco reais e um centavo por kW) instalado” (ANEEL, 2016a).

A partir do valor desta taxa de exploração, calcula-se o valor da taxa de fiscalização de 2,58 R\$/kWp. Para projeção dos anos seguintes, foram consideradas as perdas de eficiência dos painéis e o aumento da taxa de exploração tendo base o histórico dos últimos 5 anos presente na Nota Técnica nº 005/2016 (ANEEL, 2016b), conforme ilustrado na Tabela 4.

**Tabela 4** – Aumento da taxa de exploração.

Despacho	Ano	Valor do BETU [R\$/kW]
Despacho n. 4.080/2010	2011	385,73
Despacho n. 136/2012	2012	418,39
Despacho n. 101/2013	2013	484,21
Despacho n. 71/2014	2014	470,63
Despacho n. 76/2015	2015	578,86
Aumento médio da Taxa de Exploração [% a.a.]	-	11,10%

Fonte: ANEEL (2016b).



Segundo Ikuta Júnior e Goya (2014), os custos operacionais e administrativos são estimados em 1% do investimento inicial, totalizando R\$ 219.933,94 ao ano. Entretanto, considera-se que o custo com a troca de inversores a cada 10 anos como reinvestimento do próprio acionista.

### Etapa 5 – Análise de investimento

Segundo a Resolução do Conselho Federal de Contabilidade (CFC) nº. 1.136/08, a depreciação é a redução do valor dos bens tangíveis pelo desgaste ou perda de utilidade por uso, ação da natureza ou obsolescência, levando em conta o tempo de vida útil do equipamento (CFC, 2008). Ela aplica-se a partir do momento em que o ativo entra em funcionamento, até o final de sua vida útil.

Neste trabalho utilizou-se o método linear de cálculo de depreciação, ilustrado na Tabela 5, haja visto ser o método mais aceito pela Receita Federal do Brasil.

**Tabela 5** – Depreciação contábil dos equipamentos.

Equipamento	Vida útil (anos)	Taxa de depreciação (% a.a.)	Depreciação anual (R\$)
Módulos fotovoltaicos	25	4%	407.855,44
Inversores	10	10%	384.175,24
BOS	10	10%	561.525,53

Em virtude da dimensão do projeto, do orçamento e considerando que o investidor não possua todo o valor no início do projeto, é necessário avaliar a proporção de capital próprio investido inicialmente no projeto e de capital de terceiros (bancos privados ou públicos), contraindo uma dívida em caso de financiamento. Assim, considerou-se a linha de crédito do BNDES para energias renováveis, a Fundo Clima, com taxa de juros nominal de 5,5%, com prazo de até 16 anos incluindo o período de carência e possibilidade de financiamento de até 90% do capital a ser investido (BNDES, 2016).

Considerando que a taxa de desconto que atualizará os fluxos de caixa finais para os valores presentes é composta pelas taxas mínima de atratividade e de endividamento do financiamento, é preciso encontrar uma taxa equivalente.

Damodaran (2007) define o *Weighted Average Cost of Capital* (WACC) como a média ponderada dos custos dos diversos componentes de financiamento utilizados por uma empresa, conforme Equação 6:

$$WACC = t_{dívida} \frac{Capital_{dívida}}{Investimento\ inicial} + t_{TMA} \frac{Capital_{próprio}}{Investimento\ inicial} \quad (6)$$

Supondo que a USF constituirá uma empresa e possuirá um CNPJ junto à Receita Federal, é preciso determinar um modelo de tributação de impostos. Optou-se pelo Simples Nacional (categoria simplificada de recolhimento de impostos federais, estaduais e municipais) devido ao fato do empreendimento se encaixar no critério de faturamento anual de até R\$ 2.400.000,00, recolhendo IR, CSLL, PIS, COFINS e IPI de forma unificada com alíquotas que variam segundo seu faturamento.

Com base na tabela de tributação pelo Simples Nacional, as taxas anuais de impostos variam entre 10,2% e 9,4% da receita bruta anual.

### Etapa 6 – Projeção econômica

A taxa mínima de atratividade utilizada foi a SELIC de dezembro de 2015, que foi de 14,15%. Os resultados foram obtidos da projeção de receitas e despesas da USF, avaliando ao final a viabilidade do investimento via método de fluxo de caixa descontado. O cálculo dos lucros da empresa e do fluxo de caixa livre do acionista são apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1** – Simulação de resultado financeiro.

<b>Receita Bruta</b>
(-) Imposto de Renda (Simples)
(-) Custos Operacionais e Administrativos
(-) Investimento em Troca de Equipamentos
<b>(=) Lucro Operacional Bruto</b>
(-) Pagamento de Juros
(-) Amortização da Dívida
<b>(=) Lucro Líquido</b>
(+) Depreciação
<b>(=) Fluxo de Caixa Livre do Acionista - FCFE</b>

Fonte: Adaptado de Damodaran (2007).

Como a empresa não pode ter lucro líquido anual negativo, quando da análise do resultado financeiro, o custo de amortização e pagamento de impostos não pode exceder o lucro bruto operacional, visto que isso acarretaria na contração de novas dívidas para os investidores.

### **Etapa 7 – Análise econômica do investimento dos acionistas**

Foram definidos três cenários de financiamento distintos, os quais são apresentados a seguir.

**Cenário A** (investimento sem financiamento): nesse caso, por não haver financiamento, a WACC é equivalente à TMA, ou seja, 14,15%. Todo o investimento inicial vem de capital próprio. Ao final, obteve-se:  $TIR = 9,06\%$ ; tempo de *payback* simples de 8 anos, 8 meses e 21 dias; tempo de *payback* descontado não realizável;  $VPL = -R\$ 6.270.321,58$ .

Como o investimento vem de capital próprio, o projeto foi reprovado em todos os quesitos: i) o projeto não se paga dentro de sua vida útil quando considerado o *payback* descontado; ii)  $TIR < WACC$ ;  $VPL < 0$ . Seria necessário um valor de venda de energia em torno de 650,00 R\$/MWh, o que inviabiliza o projeto.

**Cenário B** (financiamento de 41,3%, sem carência): nesse caso, a ausência de carência no pagamento da dívida possibilita o financiamento mínimo de 41,3% foi investimento inicial, contraindo uma dívida de R\$ 9.083.271,57 e capital próprio de R\$ 12.910.122,07. A taxa ponderada foi calculada em 10,58%. Ao final, obteve-se:  $TIR = 10,59\%$ ; tempo de *payback* simples de 8 anos, 2 meses e 22 dias; tempo de *payback* descontado de 24 anos, 11 meses e 8 dias;  $VPL = R\$ 11.436,71$ .

Portanto, esse cenário apresenta condição mínima de viabilidade, contudo, o projeto tem tempo de *payback* no limite de sua vida útil,  $TIR \approx WACC$  e retorna lucro muito pequeno, não sendo a melhor opção econômica.

**Cenário C** (financiamento de 52,2% e carência de 2 anos): nesse caso, o capital financiado resultou em uma dívida de R\$ 11.480.551,48. Dessa forma, a WACC é calculada em 9,63%. Ao optar-se por 2 anos de carência, garante-se um fundo de caixa suficiente para impedir que o lucro líquido acumulado da empresa seja negativo em qualquer ano. Ao final, obteve-se:  $TIR = 11,73\%$ ; tempo de *payback* simples de 7 anos, 8 meses e 11 dias; tempo de *payback* descontado de 17 anos, 6 meses e 25 dias;  $VPL = R\$ 1.803.652,07$ .

Portanto, esse cenário apresentou os melhores índices econômicos sob o ponto de vista do investidor, todos os parâmetros foram aprovados e, ainda que o retorno final não seja maior que o investimento inicial, o projeto mostrou-se sólido e com lucro considerável.

## **5 Conclusão**

A análise dos resultados das simulações mostrou que é preciso cautela ao avaliar investimentos de natureza solar fotovoltaica. Embora se tenham realizadas diversas considerações visando a simplificação da análise, o estudo de caso realizado foi criterioso quanto às despesas de operação, manutenção e administração, além de levar em conta a perda de eficiência gradual dos módulos. Ao final, constatou-se que esse tipo de empreendimento é altamente sensível às taxas vigentes e aplicáveis no país.

É importante destacar que esse trabalho realizou diversas considerações que, na prática, podem mostrar-se distintas, a depender da metodologia de projeto aplicada. A utilização de estudos de terceiros para o cálculo de investimento inicial é um fator relevante, além de que foram considerados produtos importados.

Naturalmente, a opção de dimensionamento mais detalhado do projeto e mesmo a compra de produtos nacionais, pode ocasionar grandes variações no valor total da instalação, podendo o investimento ser até mais atrativo. Por fim, considera-se que a metodologia proposta pode vir a constituir-se em uma ferramenta útil para estudos com fins didáticos.

### **REFERÊNCIAS**

**ABINEE. Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira.**

Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos da ABINEE. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/50EIXC>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

**ANEEL. Resolução Normativa nº 481.** Altera a Resolução Normativa nº 77, de 18 de agosto de 2004. Brasília, 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/wNQj5e>>. Acesso em: 08 mar. 2016.

**ANEEL. Resolução Homologatória nº 1.976.** Homologa o resultado da quarta Revisão Tarifária Periódica – RTP da DME Distribuição S.A, DMED, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD, e dá outras



providências. Brasília, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/5qJWIE>>. Acesso em: 08 mar. 2016.

ANEEL. **Despacho nº 86**. Brasília, 2016a. Disponível em: <<https://goo.gl/cLAQmk>>. Acesso em: 13 mar. 2016.

ANEEL. **Nota Técnica nº 005/2016**. Cálculo da Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica — TFSEE, relativo ao exercício de 2016, para autoprodutores, produtores independentes, consórcios de geração e empreendimentos de baixa potência com outorga de geração de energia elétrica. Brasília, 2016b. Disponível em: <<https://goo.gl/4x8QUa>>. Acesso em: 13 mar. 2016.

BNDES **Fundo Clima – energias renováveis**. Disponível em: <<https://goo.gl/kVrcTP>>. Acesso em: 06 abr. 2016.

BRASIL. Senado Federal. Projeto de Lei nº 317 de 2013. Isenta do Imposto sobre a Importação os equipamentos e componentes de geração elétrica de fonte solar. **Diário do Senado Federal**, Brasília, DF, 18 Dez. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/wsaJED>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

CCEE. **Preços médios**. Disponível em: <<https://goo.gl/AZjADm>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

CFC. **Resolução nº. 1.136/08**. Aprova a NBC T 16.9: Depreciação, amortização e exaustão. Brasília, 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/RZYiKN>>. Acesso em: 08 mar. 2016.

DAMODARAN, A. **Avaliação de empresas**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 10 ed. São Paulo: Pearson. 2003.

GREENTECH MEDIA. **Global PV Pricing Outlook 2015**. Disponível em: <<https://goo.gl/gvVcfR>>. Acesso em março de 2016.

IKUTA JÚNIOR, E. S., GOYA, F. T. **Estudo da viabilidade técnico-econômica de sistemas fotovoltaicos interligados à rede elétrica em diferentes cenários de geração**. Monografia (graduação) Engenharia Industrial Elétrica com Ênfase em Eletrotécnica, Departamento de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), 2014.

PORTAL SOLAR. **Tipos de painel solar fotovoltaico**. Disponível em: <<https://goo.gl/y0nzMs>> Acesso em: 2 abril de 2016.

PHOTON. **Photon-newsletter**. Disponível em: <<https://goo.gl/INQubx>>. Acesso em: 06 mar. 2016.

PV MAGAZINE. **Module price index**. Disponível em: <<https://goo.gl/t4MNcg>>. Acesso em: 04 mar. 2016.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. **Princípios de administração financeira**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.