

# ESTUDO DA VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO NAS SIDERÚRGICAS BRASILEIRAS INTEGRADAS A COQUE \*

*Dimas Pereira Coura<sup>1</sup>  
Eder Quental de Araújo<sup>2</sup>  
José Geraldo da Silva Moreira<sup>3</sup>*

## **Resumo**

O território brasileiro devido a sua localização na região tropical, possui um grande potencial para aproveitamento de energia solar. O objetivo deste trabalho é dimensionar um sistema que aproveite a energia solar por tecnologia fotovoltaica no setor siderúrgico, o qual é um dos maiores consumidores de energia elétrica da indústria. O estudo é voltado as usinas siderúrgicas integradas a coque, e se baseia no aproveitamento de área instalada em telhados de galpões, para o qual foi definido uma área padrão para facilitar a análise, definição de ângulo de inclinação dos painéis, quantidade utilizada, análise de interferências e posteriormente realizado viabilidade do sistema considerando as diferentes taxas de irradiação de acordo com a localização geográfica de cada usina.

**Palavras-chave:** Energia solar; Energia fotovoltaica; Industria siderúrgica; irradiação inclinada.

## **VIABILITY STUDY OF PHOTOVOLTAIC SYSTEM INSTALLATION IN BRAZILIAN COKE-INTEGRATED STEEL MILLS**

### **Abstract**

The Brazilian territory is in the tropical region, like this the Brazil has great potential for the use the energy of the sun. The goal of this work is to design a system that takes advantage of the energy of the sun by photovoltaic technology in the steel sector, which is one of the largest consumers of electricity in the industrial sector. The study focuses on coke-integrated steel mills, and is based on the use of area installed in shed roofs, For which a standard area was defined to facilitate the analysis, defined the angle of inclination of the panels, the amount used, interference analysis and subsequently performed system viability considering the different irradiation rates according to the geographical location of each plant.

**Keywords:** Energy of the sun; Photovoltaic energy; Steel Industry; inclined irradiation.

<sup>1</sup> *Engenheiro Mecânico, UNIPAC, GERDAU ACOMINAS S/A, Ouro Branco, Minas Gerais, Brasil.*

<sup>2</sup> *Mestre em Engenharia de Energia CEFET/UFSJ, Gerdau Ouro Branco, Brasil*

<sup>3</sup> *Mestre em Engenharia de Energia CEFET/UFSJ, Gerdau Ouro Branco, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o desenvolvimento sustentável tem sido discutido em três pilares fundamentais: o meio ambiente, a economia e energia (VICHI, 2018) e vem aumentando cada vez mais diante do agravamento do aquecimento global, da incontestável contribuição da queima de combustível fóssil e da popularização e queda do custo das energias renováveis. Um estudo apresentado no Rio de Janeiro no ano de 1992 pelo United Nations Solar Energy Group for Environment and Development (UNSEGED), fez uma projeção para o ano de 2050 onde apontou que a participação da energia solar e eólica será superior a 30% da matriz elétrica global (ALDABÓ, 2002). O Brasil possui uma vantagem em relação aos países líderes na tecnologia fotovoltaica, a localização geográfica que o coloca com grande possibilidade de desenvolvimento para captação à incidência de raios solares por todo o ano.

A siderurgia é um dos maiores consumidores de energético do setor industrial, e é considerada uma indústria energo-intensiva. Além disso, foi demonstrado que o custo com energéticos, incluindo carvões e utilidades, chega a ser o segundo maior em uma análise vertical do custo do produto acabado. Dentro dessa matriz energética, a energia elétrica representa quase 10% do total de energia utilizada nesse setor, sendo que cerca de 48% é gerado pelas próprias siderúrgicas quase exclusivamente através de centrais termelétricas que aproveitam os gases de processo excedentes (Araújo, 2015). Dessa forma, é possível dar uma dimensão da importância desse insumo e seu custo para as siderúrgicas e também o setor se manter atento às novas tecnologias e fontes de geração de energia.

O trabalho em questão será voltado para análise de viabilidade no aproveitamento da área de telhado dos galpões e/ou áreas disponíveis nas siderúrgicas brasileiras integradas a coque, para a instalação de painéis fotovoltaicos, onde um significativo potencial de geração de energia elétrica pode ser explorado, contribuindo para à sustentabilidade ambiental. Para isto, foi determinado uma área padrão, feita uma coleta da irradiação média para cada localidade e verificação do retorno de investimento em relação ao custo do projeto.

## 2 DESENVOLVIMENTO

A localização geográfica do Brasil se destaca pela incidência de irradiação solar homogênea durante o ano, tendo destaque para o Nordeste, onde possui os índices acima da média nacional de 5,52 kWh/m<sup>2</sup>, conforme a Figura 1 (VIANA, 2010).

A regiões onde estão localizadas as siderúrgicas integradas a coque que estão em operação atualmente possuem uma média anual de 5,14 kWh/m<sup>2</sup> por dia de irradiação inclinada conforme (CRESEB, 2014). Na tabela 1 é apresentado a irradiação para cada cidade onde estão localizadas as siderúrgicas em questão. Na figura 2 é apresentado um exemplo do levantamento da irradiação solar anual que foi realizado para cada cidade com a ferramenta disponível em CRESEB, 2014.

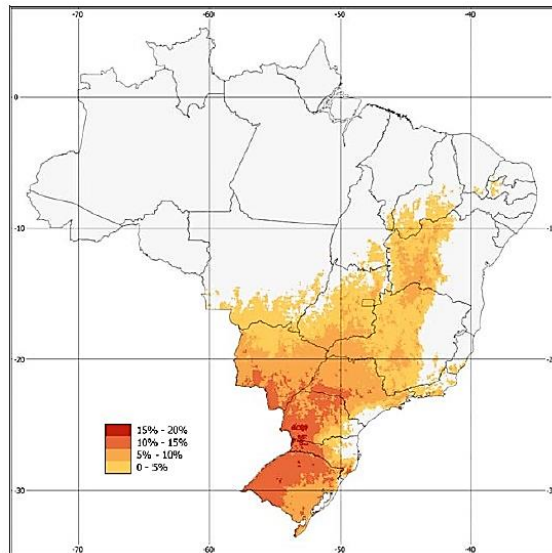


Figura 1. Áreas do Brasil onde a irradiação direta normal é maior ou igual a global horizontal.

Tabela 1. Irradiação solar anual nas regiões em estudo.

Cidade	Irradiação (kwh/m <sup>2</sup> .dia)
Volta Redonda/RJ	4,86
São Gonçalo do Amarante /CE	5,77
Vitória/ES	5,13
Ouro Branco/MG	5,07
Ipatinga/MG	5,01
Jeceaba/MG	5,18
Rio de Janeiro/RJ	4,94
Média	5,14

Estação: Volta Redonda  
Município: Volta Redonda , RJ - BRASIL  
Latitude: 22,5° S  
Longitude: 44,149° O  
Distância do ponto de ref. ( 22,523056° S; 44,104167° O ): 5,3 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,63	5,95	4,90	4,35	3,60	3,39	3,43	4,35	4,56	4,96	5,01	5,70	4,65	2,56
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	23° N	5,08	5,66	5,03	4,90	4,41	4,37	4,32	5,13	4,84	4,84	4,60	5,07	4,86	1,35
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	20° N	5,19	5,74	5,05	4,86	4,33	4,27	4,23	5,06	4,84	4,88	4,68	5,18	4,86	1,51
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	28° N	4,90	5,52	4,98	4,95	4,52	4,52	4,44	5,22	4,83	4,74	4,45	4,87	4,83	1,08

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Volta Redonda–Volta Redonda, RJ–BRASIL

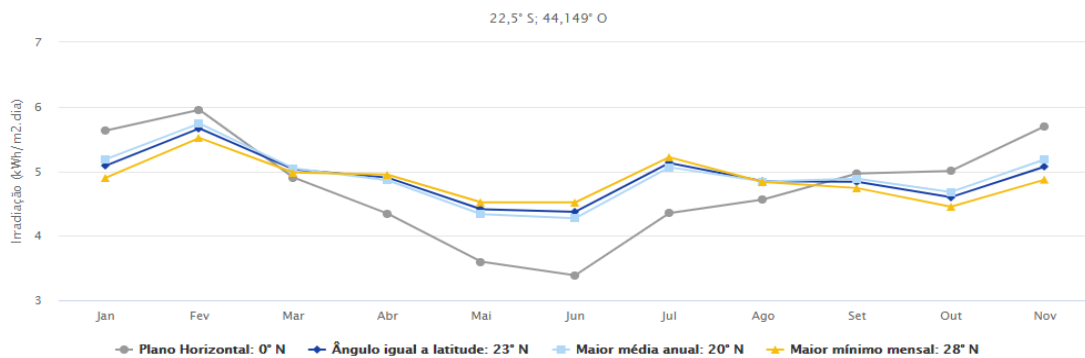


Figura 2. Irradiação solar anual em Volta Redonda.

Em seguida, foi determinado que o estudo seria realizado considerando a área disponível no telhado de galpões de laminação, no entanto, a metodologia e análise que será apresentada não impede que seja aplicada para outras áreas disponíveis dentro ou fora das instalações das respectivas siderúrgicas. Com essa definição foi selecionada então uma das siderúrgicas para ser feito o levantamento da área disponível de telhado, e essa mesma área e respectivos detalhes foi aplicado para as demais usinas por questão de simplificação. Para realização precisa dos cálculos de área foi utilizado a ferramenta Google Maps em conjunto com o software Google Sketchup Pro 2019 conforme ilustrado na Figura 3, os quais possibilitaram analisar e quantificar áreas de telhado dos galpões de laminação da siderúrgica selecionada. A área total determinada com ajuda das ferramentas acima foi de 338.814,88 m<sup>2</sup>.

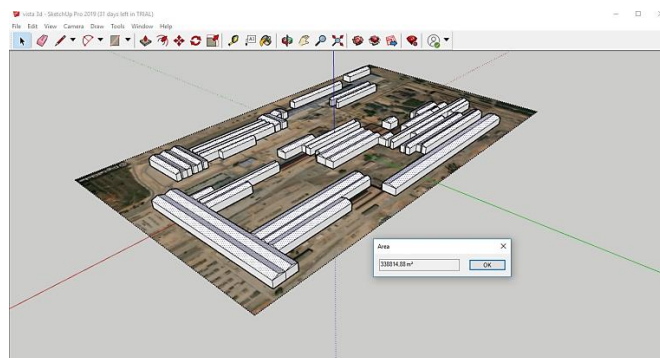


Figura 3. Levantamento de área de telhado.

## 2.1 Custo da energia elétrica

Apesar do preço de energia elétrica ser uma variável que depende das condições de contratação de cada empresa, do nível de tensão que a mesma acessa o sistema elétrico, entre outras, será considerado como referência para esse trabalho o custo médio do PLD de 2015 à 2018, que ficou em 244,45 conforme CCEE (2019) o qual serve como uma boa referência para o setor industrial, conforme Araújo (2015).

## 2.2 Metodologia de cálculos para o sistema fotovoltaico

O ângulo de inclinação, é uma variável importante para que o sistema fotovoltaico tenha a maior eficiência possível, assim, um ângulo incorreto permite que os raios solares escapem do campo de captação do painel fotovoltaico. Conforme Kalogirou (2016) inclinação ideal é dada pela expressão para latitude local menor que 65°:

$$\beta = 2,14 + (0,764 \times \Phi) \quad (1)$$

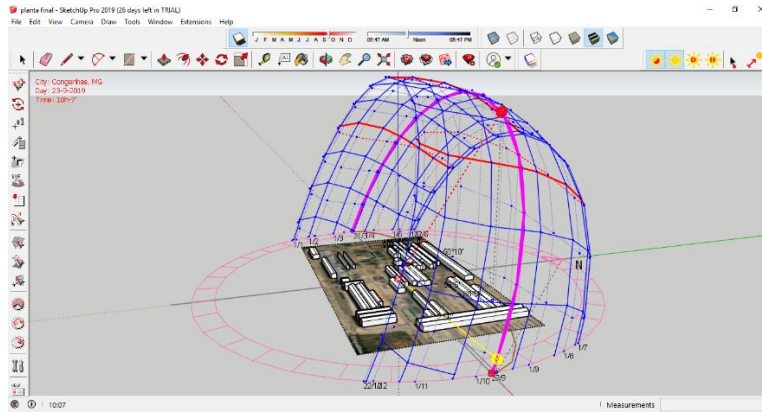
Onde:

- $\beta$  = ângulo de inclinação do painel;
- $\Phi$  = Latitude.

Para a região em estudo temos:

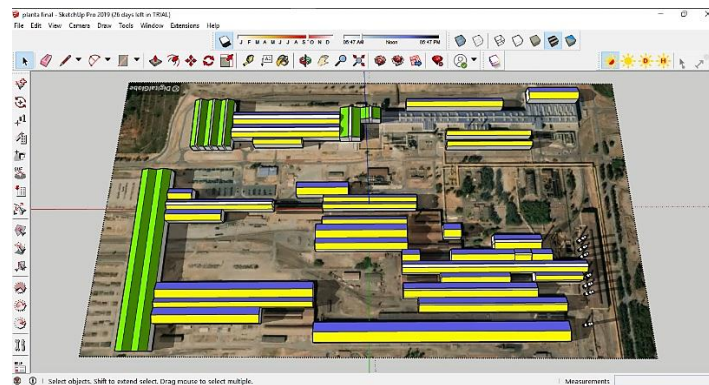
Latitude = 20° 31' 15" Sul e  $\beta$  = 17,81° aproximadamente 18°.

A área é determinada conforme análise de sombreamento anual apresentado na Figura 4 e perdas inerentes, como as bordas dos galpões e o entre painéis.



**Figura 4.** Análise de sombreamento.

A seleção da área de telhado foi feita utilizando o software Google Sketchup Pro 2019, assim como a análise de variação da posição do sol durante o ano para a siderúrgica escolhida como modelo. Dessa forma, foi possível realizar o levantamento da área de telhados conforme a posição dos galpões e relacioná-la com a eficiência de cada orientação conforme Figura 5.



**Figura 5.** Análise da área de telhados.

Para cada orientação é determinado a eficiência mínima, conforme Santos (2016), o qual determina que em condições ideais, os painéis solares devem ficar voltados para o hemisfério norte, pois grande parte do país está abaixo da linha do equador. No entanto, nem sempre isso é possível, principalmente em uma instalação em telhados, dessa forma, a tabela 3 apresenta os dados levantados de área disponível e também a área útil considerando as eficiências devido a orientação dos painéis.

**Tabela 3.** Áreas e potencial energético.

Cor	Orientação	Meses	Eficiência	Área disponível (m <sup>2</sup> )	Área útil (m <sup>2</sup> )
Amarelo	Norte	12	90%	137.018,82	130.000
Verde	Leste/Oeste	12	80%	72.126,93	70.000
Azul	Sul	8	80%	129.669,13	120.000
		4	80%		
		4	50%		
<b>Total Telhados</b>				<b>338.814,88</b>	<b>320.000</b>

Para os cálculos do tamanho e custo dos painéis, definiu-se a potência requerida pelo sistema gerador, a qual é uma informação relevante para o número de painéis utilizados e a área de aplicação. Assim pode-se deduzir que a potência total do sistema gerador é definida pela soma de todos os painéis solares.

Será considerado para esse estudo o painel solar da Risen Solar, modelo RSM72-6-340P, de silício multicristalino, com 340W<sub>p</sub>, a escolha deste modelo segue pelo fator preço e disponibilidade no mercado.

- Área do painel RSM72-6-340P = 1,94 m<sup>2</sup>;
- Número de painéis necessários em relação a potência =  $591.327,81 \times 10^3 \div 340 = 1.739.199,441$ ;
- Área de cobertura necessária =  $1.739.199,441 \times 1,94 = 3.374,046,91\text{m}^2$ ;
- Área de instalação considerando perdas = 320.000 m<sup>2</sup>;
- Número de painéis em relação a área disponível =  $320.000 \div 1,94 = 164.949$ ;
- Número de módulos por inversor ( $\eta = 96\%$ ) =  $60.000 \div (340 \times 0,8) = 213$ .

Os custos dos sistemas fotovoltaicos tendem a cair conforme avanço tecnológico e disseminação da modalidade fotovoltaica no mundo, o custo vem declinando desde o início do programa de incentivo na Alemanha (RÜTHER, 2004). Isso já tem acontecido de forma muito rápida, conforme EPE (2019), o último leilão A4 realizado pela ANEEL no fim de junho registrou um preço médio recorde para a contratação do produto solar fotovoltaico no valor de 67,48 R\$/MWh.

Com a definição da quantidade de cada material, foi realizado um levantamento do custo unitário de materiais e serviços consultando a empresa Solar Prime, os quais são apresentados na Tabela 4.

- 164.949 painéis fotovoltaicos de silício policristalino com potência de 340Wp por painel;
- 775 inversores de 60kW;
- 775 String Box;
- 164.949 estruturas para telhado metálico (mini trilho);
- Materiais diversos para montagem.

**Tabela 4.** Custo do sistema fotovoltaico.

Custo do Investimento			
Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Painel fotovoltaico 340W	164.949	R\$ 589,01	R\$ 97.156.610,49
Inversor 60kW	775	R\$ 24.549,00	R\$ 19.025.475,00
String box	775	R\$ 3.042,00	R\$ 2.357.550,00
Estrutura de telhado (mini trilho)	164.949	R\$ 44,84	R\$ 7.396.313,16
Outros materiais	N/A		R\$ 13.894.463,20
Engenharia, projeto e construção	1		R\$ 19.827.952,40
Impostos	N/A		R\$ 17.059.310,25
<b>Total</b>			<b>R\$ 176.717.674,50</b>

## 2.3 Metodologia de cálculos da geração anual e premissas para cálculos financeiros

A geração anual pode ser obtida pela multiplicação da potência de cada módulo, número de módulos, nível médio de radiação solar e eficiência global (SILVA, 2013), demonstrado na equação 2.

$$E_G = P_m \times N_p \times N_{mi} \times \varepsilon_G \times N_d$$

(2)

Onde  $E_G$  é a energia elétrica gerada anualmente pelo sistema em kWh,  $P_m$  é a potência de cada módulo do painel em kW,  $N_{mi}$  é o nível médio de radiação solar (h) o qual é definido pela divisão irradiação média inclinada dia kWh/m<sup>2</sup>.dia por 1 kW/m<sup>2</sup> que é a irradiação solar padronizada a 25°C,  $\varepsilon_G$  é a eficiência global na região que o painel está posicionado e  $N_d$  é o número de dias de operação.

A Tabela 4 apresenta a geração anual para cada cidade onde localizam-se as respectivas siderúrgicas.

**Tabela 4.** Geração anual para cada cidade e respectiva siderúrgica.

Cidade	Geração Anual (MWh)
Volta Redonda/RJ	82.471
São Gonçalo do Amarante /CE	97.914
Vitória/ES	87.053
Ouro Branco/MG	86.035
Ipatinga/MG	85.017
Jeceaba/MG	87.902
Rio de Janeiro/RJ	83.829
Média	87.174

A verificação de viabilidade do projeto foi realizada obedecendo critérios do mercado, como o reajuste anual da energia elétrica, a taxa básica de juros da economia brasileira (SELIC), o payback com desconto de juros para verificação do tempo de retorno financeiro do projeto, a taxa média de atratividade (TMA) que foi definida como a média do Weighted Average Cost of capital (WACC) das siderúrgicas conforme retirado de BTG (2019), o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR) que são as metodologias mais indicadas na literatura financeira e também as mais utilizadas na prática como formas tradicionais e eficientes na avaliação de projetos de investimentos (SCHROEDER *et al*, 2005, *apud* SVIECH & MANTOVAN, 2013 ).

O período analisado para este estudo de caso, foi de 25 anos, que é considerado o tempo de garantia dos painéis fotovoltaicos. A tabela 6 apresenta os valores considerados e obtidos.

**Tabela 6.** Valores das variáveis definidas para os cálculos financeiros.

Reajuste Anual de Energia Elétrica	Taxa de Juros (SELIC)	TMA
6%	6,50%	12,40%

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

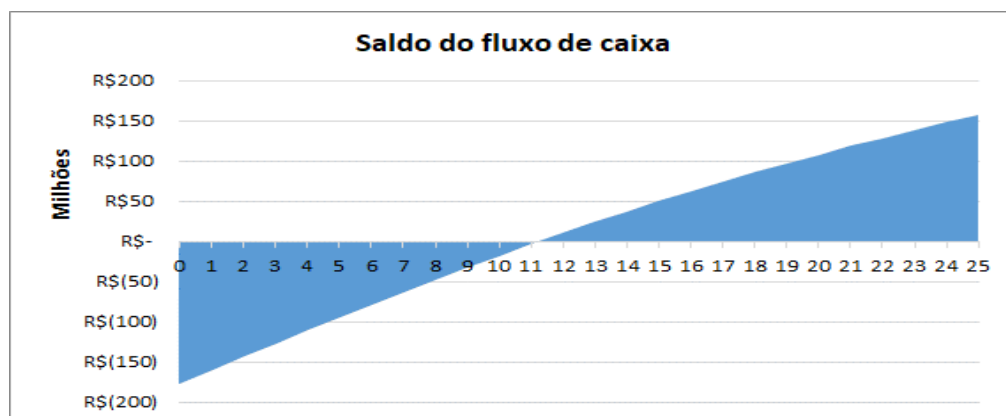
Nesse item serão apresentados os resultados financeiros obtidos com a metodologia aplicada e será feito uma discussão em relação aos mesmos. Também serão apresentadas duas análises de sensibilidade para os resultados financeiros, sendo uma delas em função do preço de aquisição da Energia elétrica e a outra em função da queda do custo do investimento em sistemas fotovoltaicos, fenômeno que já tem ocorrido e que deve ser intensificado nos próximos anos.

A tabela 7 apresenta os resultados financeiros obtidos para cada cidade as quais estão instaladas as siderúrgicas integradas a coque de grande porte. Verifica-se que o melhor resultado foi obtido para cidade de São Gonçalo do Amarante/CE, onde está localizado a Usina CSP. Para essa cidade foi obtido um custo de MWh instalado de 1.805 R\$/MWh ano, aproximadamente 12% a menor em relação a média das siderúrgicas e 16 % menor em relação ao pior resultado encontrado que foi para cidade de Volta Redonda onde localiza-se a CSN e que teve um resultado de cerca de 5% da média das demais usinas. Observa-se também que no caso da CSP, o payback descontado foi e 9,69 anos aproximadamente 1,69 anos menor que o valor obtido para o pior caso.

Para todos os casos foram encontrados valores positivos de VPL e TIR na média de 13,7 %, o que indica que o projeto tem viabilidade econômica, no entanto, deve ser submetido a um estudo mais aprofundado levando em consideração as peculiaridades de cada empresa, como por exemplo o custo de aquisição e energia e também os resultados de TIR e VPL de outros projetos de investimentos. A figura 6 ilustra o fluxo de caixa do investimento para o resultado médio das siderúrgicas.

**Tabela 7.** Resultados financeiros por região de localização de cada siderúrgica em questão.

Empresa	Custo do MWh instalado (R\$/MWh ano)	Receita anual	Payback Descontado	VPL	TIR
Volta Redonda/RJ	2.143	R\$ 17.424.568	11,42	R\$ 11.525.342	13,19%
São Gonçalo do Amarante /CE	1.805	R\$ 20.687.193	9,69	R\$ 36.421.079	14,88%
Vitória/ES	2.030	R\$ 18.392.599	10,87	R\$ 18.911.989	13,69%
Ouro Branco/MG	2.054	R\$ 18.177.481	10,99	R\$ 17.270.512	13,58%
Ipatinga/MG	2.079	R\$ 17.962.363	11,11	R\$ 15.629.035	13,47%
Jeceaba/MG	2.010	R\$ 18.571.864	10,77	R\$ 20.279.887	13,78%
Rio de Janeiro/RJ	2.108	R\$ 17.711.392	11,26	R\$ 13.713.978	13,33%
Média das siderúrgicas	2.033	R\$ 18.418.209	10,86	R\$ 19.107.403	13,70%



**Figura 6.** Saldo do Fluxo de caixa da média das siderúrgicas.



### 3.1 Análise de sensibilidade ao preço da energia elétrica

A figura 7 apresenta os resultados da análise de sensibilidade das variáveis financeiras para o preço de aquisição de energia. Para fazer essa análise foi utilizado o resultado médio de geração das siderúrgicas para cálculo do fluxo de caixa do investimento. O valor mínimo e máximo para o preço de aquisição de energia foi definido de acordo com os valores mínimos e máximos do PLD, 42,35 e 513,89 R\$/MWh respectivamente.

Observa-se pela na figura 7 que para valores de energia abaixo de 200 R\$/MWh (sendo 182,55 R\$/MWh o valor que o VPL é igual a zero) o VPL obtido foi negativo o que significa que o investimento não apresenta viabilidade econômica, para preços de aquisição de energia nesse patamar, ou para obter viabilidade econômica seria necessário reduzir o custo do investimento, conforme será analisado no próximo item. Verifica-se que para a ordem de grandeza do investimento (176 milhões ou 2.033 R\$/MWh) valores de energia acima de 450 R\$/MWh obtém-se TIR acima de 25 % e VPL acima de 200 milhões, que são valores mais expressivos a serem considerados por investidores e empresas.

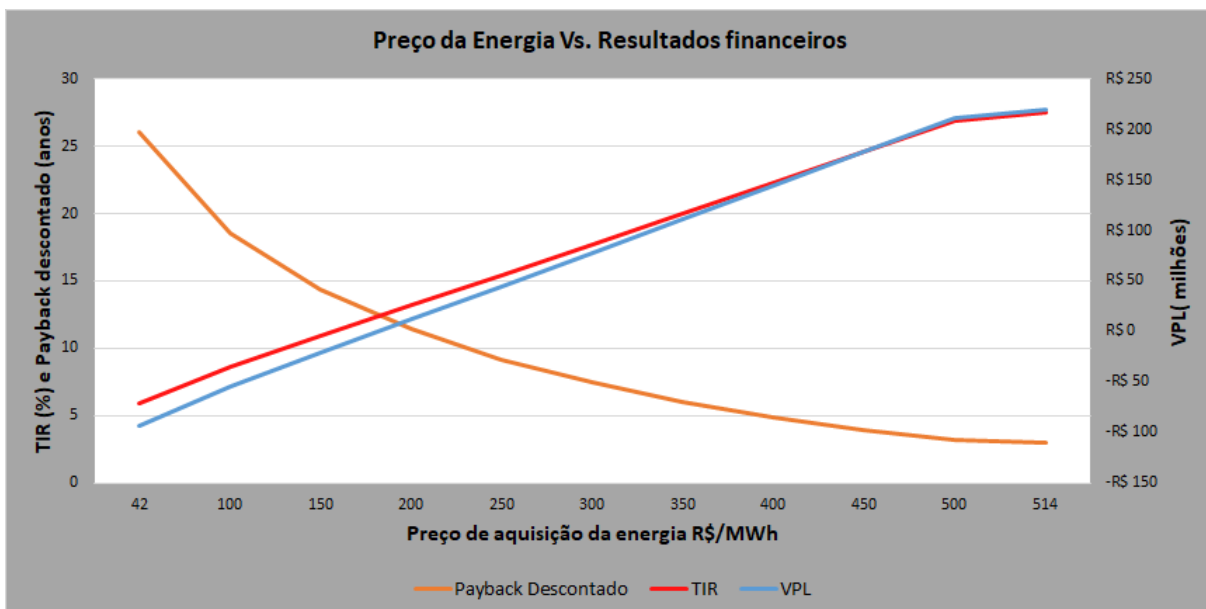


Figura 7. Preço da Energia Elétrica Vs. Resultados financeiros.

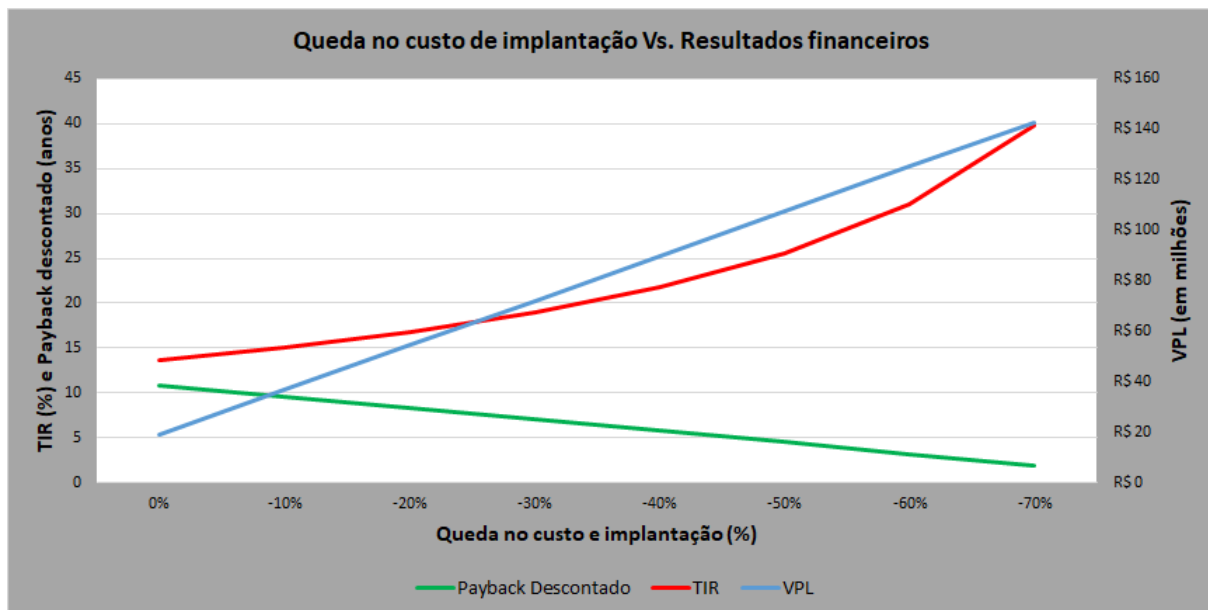
### 3.2 Análise de sensibilidade à queda do custo do investimento

A figura 8 mostra os resultados da análise de sensibilidade das variáveis financeiras para a queda no custo do investimento dos sistemas fotovoltaicos. Nessa análise foi fixado o preço de energia definido no item 2.1 e foi feita a simulação de queda de preço do projeto. As demais premissas utilizadas na análise de sensibilidade do item 3.1 foram mantidas para essa análise.

Conforme pode ser verificado na figura 8, para queda no custo do investimento acima de 35 %, obtém-se TIR superior a 20%. Pode parecer um cenário distante, no entanto, como mencionado no final do item 2.2, no último leilão A4 realizado pela ANEEL o preço de contratação da energia solar fotovoltaico atingiu um valor recorde 67,48 R\$/MWh. Se foi mantida as premissas de taxas de juros, e correção dos preços anuais que foram utilizados nesse trabalho, para atingir valores de TIR

superior a 20%, esse investidor consegue ter um custo de implantação do mesmo sistema de aproximadamente 630 R\$/MWh ano, ou seja, uma redução de 70% no custo do investimento que foi calculado para esse projeto. Dessa forma, como pode ser observado no gráfico abaixo para valores de redução do custo do projeto da ordem de 70%, é obtido TIR de aproximadamente 40%, o que torna o investimento em sistemas fotovoltaicos muito interessante para grandes consumidores como é o caso do setor siderúrgico.

Nesses futuros cenário de redução de custo de investimento, muitos investimentos em tecnologias de eficiência energética voltadas para recuperação de energia e aumento da geração de energia elétrica podem ser afetados na concorrência com os investimentos em energias renováveis, em especial os sistemas fotovoltaicos e seus competitivos resultados financeiros.



**Figura 8.** Queda no custo de implantação Vs. Resultados financeiros.

Os resultados apresentados acima, demonstram uma crescente competitividade nos investimentos em geração de energia através de sistemas fotovoltaicos. No entanto, como já ressaltado anteriormente, objetivo desse trabalho foi trazer o tema da chegada das energias renováveis em patamares de preços competitivos e seus benefícios e oportunidades para o setor siderúrgico. No entanto, para resultados mais precisos são necessários estudos e cálculos mais aprofundados, uma vez que algumas simplificações foram utilizadas para facilitar a elaboração desse artigo. Além disso, a instalação dos painéis em telhados de galpões deve ser analisada com cautela em relação as questões estruturais e necessidades de limpeza/manutenção dos equipamentos.

## 4 CONCLUSÃO

Nesse trabalho foi demonstrado que a instalação de sistemas de geração fotovoltaicas para o setor siderúrgico possui viabilidade econômica a qual pode ter variações na ordem de 16 % de acordo com a região onde estão localizadas as plantas. Considerando o valor de aquisição da energia elétrica no preço médio do PLD de 2015 a 2018, obteve-se VPL de R\$ 19 milhões e TIR na ordem de 13,7 % como valor médio para o setor siderúrgico. Deve-se deixar claro que mesmo tendo viabilidade econômica o projeto se torna mais competitivo em cenários de aumento do preço de energia acima de 450 R\$/MWh ou queda no custo do investimento considerado na ordem 35 %, como demonstrado na análise de viabilidade, fatores que elevam a TIR do investimento para patamares superiores a 20%.

Apesar de ser necessária estudos e análises mais detalhadas para comprovar a viabilidade da instalação de painéis fotovoltaicos em galpões ou áreas internas/externas das usinas, é importante que o setor siderúrgico mantenha o tema em seu radar, haja visto a evolução tecnológica exponencial das energias renováveis e sua respectiva queda do custo para instalação.

## REFERÊNCIAS

- 1 VICHI, Flavio Maron; MANSOR, Maria Teresa Castilho. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. Química Nova, São Paulo. v. 32. n. 3. p. 757-767, abr. 2009. Disponível em <<http://producao.usp.br/handle/BDPI/12309>>. Acessado em: 31 ago. 2018.
- 2 VIANA, T. d. S.; RÜTHER, R.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. Potencial de geração fotovoltaica com concentração no Brasil. III Congresso Brasileiro de Energia Solar. Setembro de 2010.
- 3 ARAÚJO, Eder Quental de. Modelo de balanço energético para gerenciamento e previsão de demandas para uma planta siderúrgica típica brasileira. 112 f. Tese (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de São João Del-Rei e Departamento de Ciências Térmicas e dos Fluidos, 2015.
- 4 SKETCHUP PRO 2019. Version 19.1.174 64-bit. [s.l.]: Trimble Inc, 2018. Disponível em: <<https://www.sketchup.com/pt-BR>>. Acessado em: 16 de abril de 2019.
- 5 CRESESB. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio de Salvo Brito, 2014. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>>. Acessado em: 25 de abril de 2019.
- 6 CCEE. Preço Médio da CCEE. Disponível em: <[https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/o-que-fazemos/como\\_ccee\\_atua/precos/precos\\_medios?\\_afLoop=648955503463078&\\_adf.ctrl-state=i13urtcb0\\_1#!%40%40%3F\\_afLoop%3D648955503463078%26\\_adf.ctrl-state%3Di13urtcb0\\_5](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/precos_medios?_afLoop=648955503463078&_adf.ctrl-state=i13urtcb0_1#!%40%40%3F_afLoop%3D648955503463078%26_adf.ctrl-state%3Di13urtcb0_5)>. Acessado em: 05 de agosto de 2019.
- 7 KALOGIROU, Soteris A. Engenharia de energia solar- processos e sistemas. 2. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- 8 RISEN. Solar technology. Disponível em: <<http://risenenergy.com/>>. Acessado em: 10 de abril de 2019.
- 9 RUTHER, Ricardo. Edifícios solares fotovoltaicos: O potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. 1. ed. Florianópolis: UFSC / LABSOLAR, 2004.

- 10 ANEEL, 2015 Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº482. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acessado em: 13 de janeiro de 2019.
- 11 SILVA, Ennio Peres da. Fontes renováveis de energia: Produção de energia: Produção de energia para um desenvolvimento sustentável. 1. São Paulo: Livraria da Física, 2014.
- 12 EPE, 2019 Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº482. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/informe-tecnico-apresenta-dados-da-habilitacao-tecnica-e-resultados-do-leilao-a-4-de-2019>>. Acessado em: 06 de agosto de 2019
- 13 BTG, 2019 Banco BTG Pactual. Balanços. Disponível em: <https://www.btgpactual.com>>. Acessado em: 06 de agosto de 2019.
- 14 SCHROEDER, Jocimari Tres et al. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento (the capital cost as minimum interest rate in projects investment analysis. Revista Gestão Industrial, v. 1, n. 02, p. 036-045,2005.
- 15 SVIECH, Vinicius; MANTOVAN, Edson Ademir Análise de investimentos: controvérsias na utilização da TIR e VPL na comparação de projetos. Revista Percurso, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 270-298, 2013.