Viabilidade da utilização de painéis solares na indústria química em sistema ongrid

Kevyn Vaz Alves[1]

Resumo

Com a demanda energética cada vez maior, cria-se a necessidade de desenvolver o uso de novas fontes de energia. O presente estudo analisa a viabilidade de utilização de energia solar na indústria química, com intuito de devolver a energia gerada a rede em um sistema ongrid. O total e energia gerada foi de 116163 kWh ao ano, no período de 4,35 horas de sol por dia. Devido ao alto custo da tecnologia o payback se deu em 14,1 anos o que inviabiliza o projeto para a realidade da empresa.

Palavras-chave: energia solar, painel solar, fotovoltaico, ongrid.

[1]Graduado em Engenharia Química e atualmente aluno do curso de Pós-Graduação em Automação e Controle de Processos Industriais.
E-mail: kevyneq@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O uso de energia tornou-se uma preocupação importante nas últimas décadas por causa do rápido aumento na demanda energética. Além disso, as questões ambientais como a mudança do clima e o aquecimento global estão continuamente encaminhando para utilização de energias alternativas. Segundo as estatísticas divulgadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS), efeitos diretos e indiretos no clima podem levar à morte de 160.000 (cento e sessenta mil) pessoas por ano, e estima-se que a taxa dobre até 2020 (dois mil e vinte). As alterações climáticas causam desastres como inundações, secas e mudanças notáveis na temperatura global (MUNEER et al., 2006).

Atualmente as fontes de energia convencionais constituem quase 80% do consumo global de energia. A necessidade urgente de substituir as fontes de energia foi adiada com a descoberta da energia nuclear, em meados do século XX, que se destacou por produzir energia de dez a vinte vezes mais que os combustíveis fósseis. No entanto, existem algumas limitações associadas à fonte de energia nuclear como, por exemplo, a fusão nuclear realizada com minérios de urânio e tório que também são considerados combustíveis fósseis. Além disso, as usinas nucleares estão disponíveis atualmente apenas para geração de energia em larga escala. Portanto, para atividades como cozinhar, aquecimento doméstico ou outras aplicações de pequena escala, a energia renovável ainda é a melhor opção. Ela pode ser a chave para dar continuidade a sobrevivência da humanidade na Terra, sem depender de combustíveis fósseis. Fontes de energia renováveis como solar, eólica, biomassa, energia hidrelétrica e energia das marés prometem ser alternativas livres de CO_2 (SCHNITZER et al., 2007; ERNEST et al.,2009).

A importância da energia no desenvolvimento industrial é crucial já que grande parte da energia consumida é utilizada em processos industriais. Isto dominou mais de 50% do consumo total de energia em todo o mundo.

A energia fornecida no setor industrial é utilizada em 4 grandes setores: construção, agricultura, mineração e manufatura.

Fontes de energia	2006	2030
Líquidos	34.6	28.6
Gás Natural	24.1	25.6
Carvão	24.8	24.3
Eletricidade	14.9	19.7
Renováveis	1.5	1.8

Tabela 1: Padrão global de consumo de energia industrial por combustível em 2006 e 2030 (%) [5].

Fonte: ABDELAZIZ et al., 2011.

O consumo de energia no setor industrial foi analisado e ficou evidente que motores elétricos, compressores e caldeiras são os grandes vilões do consumo de energia. (SAIDUR et al., 2010; AHMED et al., 2010.).

Devido ao crescimento do preço dos combustíveis convencionais, as empresas deixam de ser atraídas à utiliza-los na indústria. Já com a aplicação de energia renovável, as emissões de gases prejudiciais podem ser reduzidas significativamente. Portanto, os suprimentos de energia tradicionais devem ser modificados para fontes de energia renováveis e com isso novas tecnologias podem ser desenvolvidas e aplicadas no setor industrial.

1.1 Energia Solar

Num comparativo de fontes de energia renováveis disponíveis para uso industrial a energia solar se sobressai por oferecer uma gama de vantagens, sendo abundante, não poluente e completamente livre de quaisquer impactos ambientais em sua captação e geração, além de ser uma alternativa de manuseio seguro.

Houveram por diversas vezes tentativas de uso e captação de energia solar por meio de coletores e painéis solares para uso industrial, sendo divididas em dois segmentos na indústria que são as categorias solar térmica e fotovoltaica, sendo aplicadas mais usualmente em processos de aquecimento de água, geração de vapor, secagem e desidratação, pré-aquecimento, pasteurização, limpeza e esterilização, em reações químicas, controle de temperatura ambiente industrial, na indústria de alimentos, fabricação de plástico, construção e industrial têxtil. (MUNEER et al.,2006.).

1.2 Integração de energia solar em sistemas industriais

Um sistema de energia industrial típico é composto de 4 partes principais; fonte de alimentação, planta de produção, sistema de recuperação ou aproveitamento de energias e sistemas de refrigeração.

A fonte de alimentação fornece a energia necessária para o sistema operar, principalmente a partir de energia elétrica, calor, gás, vapor ou carvão. A planta de produção é a parte do sistema que executa os procedimentos de produção, a energia necessária é utilizada em subsistemas como bombas a vácuo / controle de temperatura e abertura de válvulas. Sistemas de energia solar podem ser aplicados como fonte geradora de energia ou aplicada diretamente em um processo.

1.3 Painéis solares

A célula solar converte a energia dos fótons de luz solar em eletricidade, por meio do fenômeno fotoelétrico encontrado em certos tipos de materiais semicondutores, como silício e selênio. A luz solar é transformada em eletricidade corrente continua (DC do inglês *direct current*) nos semicondutores. As células fotovoltaicas são conectadas para formar os módulos que juntos irão compor os painéis solares fotovoltaicos. Os painéis solares podem ser conectados em série ou paralelo, dependendo da aplicação necessária. Esses painéis produzem energia DC, que pode ser convertida em corrente alternada (CA do inglês *alternating current*) por um inversor e, até ser sincronizada com a tensão e frequência da rede elétrica principal caso seja necessário. (HOFFMANN W., 2006).

1.4 Sistemas fotovoltaicos

A eficiência de células solares depende da temperatura, insolação, características espectrais da luz solar e assim por diante. Atualmente, a eficiência das células de energia fotovoltaica é de cerca de 12-19% nas condições mais promissoras. A Tabela 2 apresenta o avanço da tecnologia fotovoltaica entre 2000 e 2005.

Parâmetros	1995	2000	2005
Eficiência dos módulos fotovoltaicos (%)	7-17	8-18	10-20
Custo dos módulos fotovoltaicos ($/Wp)	7-15	5-12	2-8

Vida útil do sistema (anos)	10-20	>20	>25

Tabela 2: Avanços da tecnologia fotovoltaica alcançados entre 2000 e 2005.
Fonte: FIORENZA G et al., 2003.

Os sistemas fotovoltaicos são geralmente categorizados em 2 grupos: sistemas autônomos e conectados em rede (LIBO et al., 2007; JOUNG-HU et al., 2004). Sistemas offgrid são os sistemas que não estão conectados à rede e a energia produzida pelo sistema é geralmente combinada com a energia requerida pela carga. Eles geralmente são apoiados por sistemas de armazenamento de energia, tais como baterias recarregáveis para fornecer eletricidade quando não há luz solar. Existem também sistemas eólicos ou hidrelétricos apoiando uns aos outros, onde eles são chamados de "sistemas fotovoltaicos híbridos”. Por outro lado, sistemas conectados em rede são os sistemas que estão conectados à rede pública. Esse tipo de conexão elimina o dilema por sistemas autônomos. Eles exigem energia da rede quando não há geração de energia suficiente nos painéis e alimenta a energia para a rede quando houver mais energia do que o necessário pelo sistema. Esta tendência é um conceito chamado “net metering”.

Espera-se que os sistemas conectados à rede sejam mais utilizados em países desenvolvidos, enquanto a prioridade é dada para os sistemas autônomos em países em desenvolvimento e não desenvolvidos. Pequenos sistemas de energia fotovoltaica são amplamente utilizados em indústrias de construção onde eles podem gerar eletricidade para lâmpadas, bombas de água, TVs, refrigeradores e aquecedores de água. Existem também povoados chamados de "vilas solares" em que todas as casas são operadas pelo sistema de energia solar.

Outros sistemas comumente aplicados são:

- Sistemas autônomos em carros, vans e barcos solares,
- Cabines remotas e casas,
- Máquinas de bilhetes de estacionamento,
- Lâmpadas de trânsito,
- Aplicações em jardinagem e paisagismo;
- Sistemas de bombas solares e dessalinização.

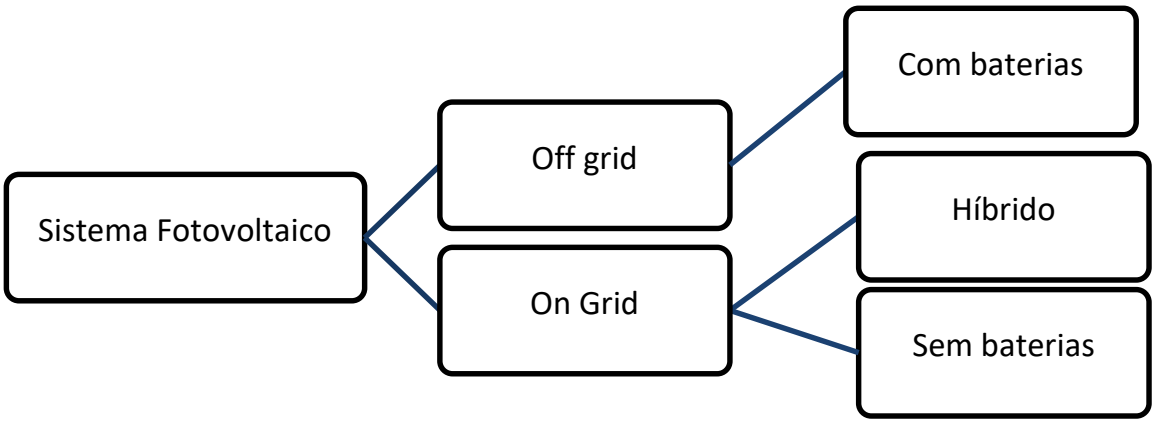

Figura 1- Tipos de sistemas fotovoltaicos.

Fonte: LIBO et al., 2007.

Sistemas off grid são necessários onde não há acesso à rede pública ou onde há alto custo de fiação. A operação dos sistemas conectados à rede off grid dependem da energia extraída dos painéis fotovoltaicos. A Fig. 1 mostra os principais tipos destes sistemas. (LIBO et al., 2007.).

1.5 Envelhecimento e degradação

A vida útil dos painéis fotovoltaicos de acordo com alguns fabricantes é de 20 anos (HONSBERG e BOWDEN, 2017). A eficiência dos painéis diminuirá com o tempo e este efeito é conhecido como taxa de degradação. Muitos fatores podem influenciar e contribuir na degradação como o meio ambiente (a poluição é um fator importante), a descoloração da camada protetora do painel solar, a temperatura ambiente, defeitos de laminação, estresse mecânico e avarias devido a exposição do painel solar a umidade. (KAPLANI, 2012; LIVINGONSOLARPOWER, 2013).

As distintas tecnologias usadas para fabricar painéis fotovoltaicos podem causar diferentes tipos de degradação. Módulos cristalinos sofrerão degradação irreversíveis induzidas pela luz solar devido a avarias ativadas pela exposição inicial à luz (LIVINGONSOLARPOWER, 2013). Células a base de silício podem enfrentar uma degradação na produção de energia de 10 a 30% nos primeiros seis meses de exposição à luz, depois estabilizará (LIVINGONSOLARPOWER, 2013).

1.6 Eletricidade solar para aplicações industriais

Os sistemas movidos a energia solar são amplamente aplicados em indústrias com cultura de sustentabilidade, ou seja, empresas que prezam pela utilização de energias limpas, por serem considerados confiáveis e terem relação custo-benefício vantajosa. (WITTMANN et al., 2008.).

A maior parte das instalações remotas estão fora da rede ou em sistemas híbridos. Fora da rede os sistemas são independentes da rede pública e fornecem eletricidade para o equipamento exclusivamente a partir da irradiação solar. Como exemplos de aplicação dessa tecnologia tem-se semáforos, instrumentos de telecomunicação e sistemas de posição geográfica (GPS) sendo abastecidos desta forma.

Para casos em que os sistemas precisam de energia incessante é necessária a utilização de baterias de armazenamento, como nas indústrias de telecomunicações, por exemplo. Estes sistemas precisam de energia mesmo quando a condição climática não é favorável, como épocas em que não há luz do sol suficiente. Daí a necessidade de armazenamento de energia com capacidade considerável para manter o sistema ativo durante estes períodos, assegurando sua operação contínua. (GUTZEIT, 2009.).

Outra sugestão de uso para painéis solares é na Indústria avícola, onde a criação convencional de aves requer grande quantidade de energia. Nestes casos a energia solar a ser utilizada pode ser a fotovoltaica, que pode ser instalada nos espaços disponíveis do telhado nos aviários (ERNEST et al., 2009.).

2. Caso de estudo

A implantação de geração própria pela indústria vem aumentando nos últimos anos, tendo em vista que sua aplicação diminui a dependência total da energia suprida pelas concessionárias, permitindo que às indústrias possam trabalhar de forma isolada em uma eventual queda de energia da concessionária e, também, contendo potenciais riscos em casos de emergência, onde o suprimento seja interrompido por problemas externos inerentes à transmissão e distribuição de energia. (MAMEDE, 2013).

Este trabalho propõe um sistema genérico de geração de energia ongrid, com base em uma planta industrial de fermentação, que produz aminoácidos para alimentação animal.

2.1 Proposição de instalação de geração de energia

Para a realização deste projeto deve-se estudar os requisitos do sistema elétrico a ser instalado para a inserção desta energia de forma segura e confiável.

O caso exemplo a ser levantado não visa autossuficiência energética total. O principal objetivo é utilizar a geração da energia fotovoltaica para reduzir uma parcela da conta despesa com energia elétrica. O projeto deve ter investimento com retorno financeiro em até 5 (cinco) anos, devido às diretrizes da empresa em questão.

O sistema fotovoltaico será instalado de forma integrada a uma edificação, no telhado do prédio da fermentação, com uma área disponível para instalação de 553,5 m².

3. Projeto e resultados

3.1 Local de instalação

A partir do programa Google Earth, obteve-se uma latitude e longitude (24°46'49.7"S 49°52'34.7"W) localizada na cidade de Castro – Paraná, local onde será realizado o estudo de dimensionamento dos painéis fotovoltaicos. Ao utilizar as coordenadas geográficas no sistema de dados Sundata. (SERGIO, 2018).

A Figura 2 mostra um gráfico com as irradiações solares médias diárias de Castro-PR em diversas inclinações.

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Castro
Município: Castro , PR - BRASIL
Latitude: 24,801° S
Longitude: 49,849° O
Distância do ponto de ref. (24,780278° S; 49,876111° O):3,6 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
✓	Plano Horizontal	0° N	5,44	5,28	4,59	3,94	3,18	2,82	3,05	4,05	4,11	4,63	5,39	5,73	4,35	2,91
✓	Ângulo igual a latitude	25° N	4,90	5,03	4,73	4,50	3,97	3,69	3,91	4,88	4,39	4,52	4,92	5,08	4,54	1,39
✓	Maior média anual	21° N	5,03	5,12	4,75	4,45	3,88	3,58	3,81	4,79	4,39	4,58	5,04	5,22	4,55	1,64
✓	Maior mínimo mensal	45° N	4,08	4,39	4,39	4,50	4,20	4,00	4,20	5,03	4,19	4,03	4,14	4,16	4,28	1,03

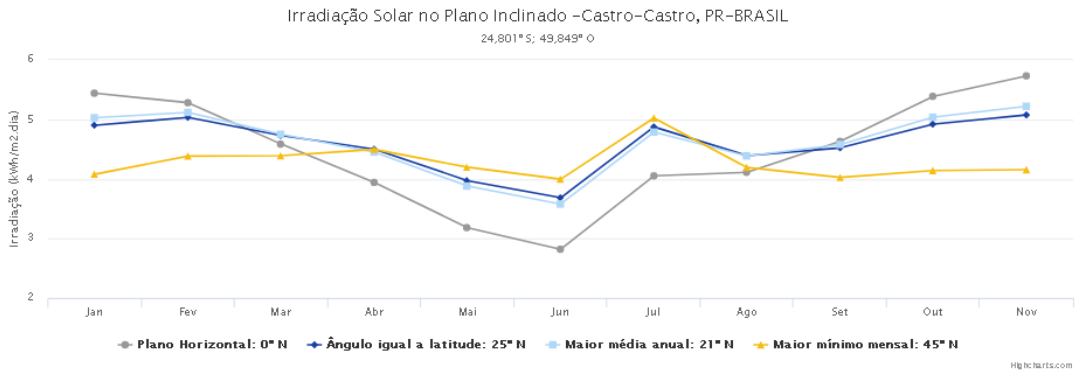

Figura 2 - Radiação Solar no Plano inclinado – Castro/PR
Fonte: Portal de Tecnologia da Informação para Meteorologia e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Como base para o dimensionamento do painel solar fotovoltaico será utilizado o valor de HSP (Horas de sol pico) de 4,35 kWh/m².dia, a média do plano horizontal anual. Para efeitos de cálculo, utilizaremos HS equivalente a 4,35 horas.

3.2 Painel fotovoltaico

Os cálculos realizados levaram em consideração os painéis do fabricante Canadian Solar, ou seja, as placas fotovoltaicas de policristalino, modelo CS6U-325P de 72 células, de 325 W nominais. Outros dados relevantes da placa estão representados na Tabela 3.

Especificações técnicas	
Modelo CS6U-325P	
Potência Máxima (W)*	325
Corrente em Potência Máxima (A)*	8.78
Tensão em Potência Máxima (V)*	37
Corrente de Curto Circuito (A)*	9,34
Tensão de Circuito Aberto (V)*	45,5
Dimensões (CxLxA em mm)	1960x992x40
Peso (kg)	22.4 kg
Coeficiente de temperatura da Wp (%/°C)	-0.41
Eficiência do modulo (%)	16,97

Área da placa (m²)	1,94

Tabela 3: Datasheet.
Fonte: Canadian Solar Inc. Nov. 2016. PV Module Product Datasheet V5.53_EN

* Especificações médias sob radiação solar de 1000 W/m², AM 1,5 e temperatura de 25°C.

Considerando as demais perdas do sistema como incompatibilidade elétrica, acumulo de sujeira, cabeamentos e inversor de frequência iremos considerar que o rendimento global final é de 80%. (LARONDE, 2010.).

Com o valor da correção da potência pico por temperatura podemos dimensionar o total de placas do sistema através da equação abaixo:

$$Potencial\ Total\ \ (paineis) = \frac{Energia\ Gerada}{Tempo\ Exposição\ x\ Rendimento}$$

$$Qtd\ paineis = \frac{Área\ disponivel}{Área\ da\ placa} = \frac{553{,}5}{1{,}94} = 285 \text{ painéis solares}$$

$$Potencial\ Total\ paineis = 288 \times 325 = 93\ kW$$

$$Energia\ Gerada = 93\ \times 4{,}35 \times 0{,}80 = 323\ kW$$

Energia de geração	kWh
Dia	323
Mês	9680
Ano	116163

Tabela 4 : Energia gerada por dia, mês e ano.
Fonte: Autor.

3.3 Inversor Solar

O inversor dimensionado é o modelo “ABB string inverters PRO-33.0-TL-OUTD” de potência de entrada DC de 33700 W, corrente de curto circuito de 80 A, MPPT com intervalo de operação de 580 a 850 Vdc.

A tensão de entrada do lado DC é de 580 a 950 Vdc e corrente máxima de entrada de 58 A para cada MPPT.

Devido a quantidade de painéis solares é recomendável a instalação de três inversores ao invés de um único inversor central.

Dados do inversor	
Inversor (kW)	33.7
Inversor (qtd)	3
Tensão de entrada (Vdc)	580 a 950
Corrente máxima de entrada (A)	58
Corrente de curto circuito (A)	80

Tabela 5: Dados do inversor.
Fonte: ABB string inverters PRO-33.0-TL-OUTD datasheet.

Tensão de entrada do inversor	Tensão (V)	Painéis em Serie	Tensão total (V)
Tensão de curto painel (V)	45.5	19	864.5
Tensão de operação (V)	37	19	703

Tabela 6: Tensão do sistema
Fonte: ABB string inverters PRO-33.0-TL-OUTD datasheet.

3.4 Medidor bidirecional

Para que a rede de painéis solares esteja conectada à rede da concessionária é necessário a solicitação da substituição do medidor comum para um de leitura bidirecional, o qual fará o registro da energia recebida da distribuidora, e a da energia solar gerada que está sendo devolvida a rede elétrica, de forma a garantir que o desconto na conta de luz seja realizado corretamente. Assim, para dimensionamento do medidor, deve ser levado em conta aspectos como correntes máxima e nominal, tensão nominal, potência, número de fases, entre outros.

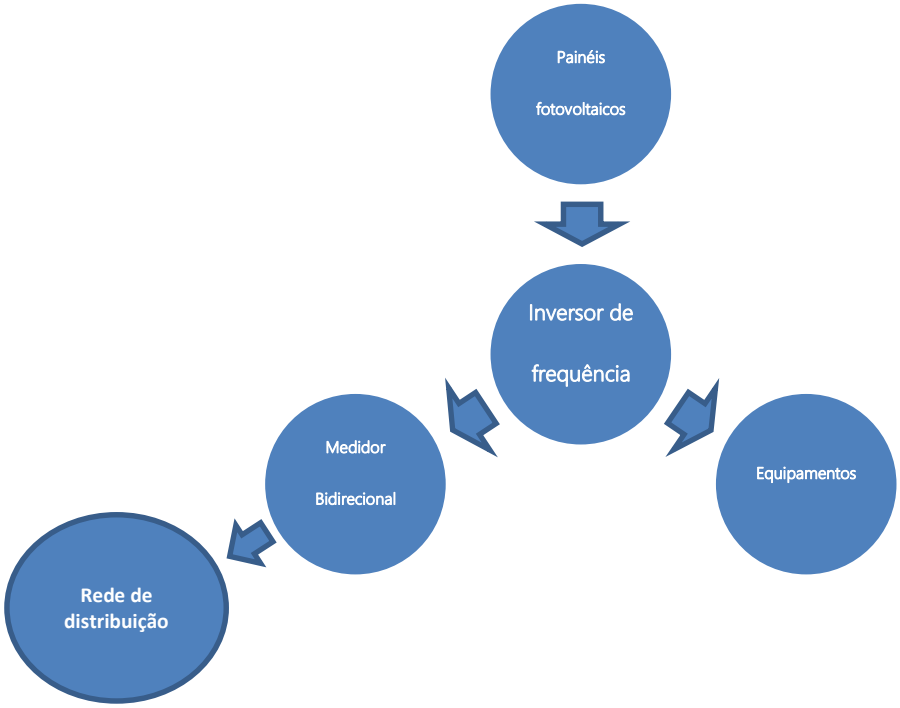

Figura 3 - Medidor bidirecional de energia
Fonte: Autor.

4. Resultados

4.1 Custo do projeto e energia gerada

Foi feito o levantamento do preço dos componentes a serem utilizados no projeto e estimado alguns valores de documentação, mão de obra, comissionamento e reserva para eventuais problemas.

Materiais e custos					
ITEM	DESCRIÇÃO	PREÇO UNIT	Und	Qnt	PREÇO TOTAL
Painel Fotovoltaico	Canadian 325w policristalino	R$ 806.00	Pc	285	R$ 229,710.00
Inversor	ABB Trio 33 kW	R$ 27,680.00	Pc	3	R$ 83,040.00
Disjuntor tripolar 50 A	ABB	R$ 83.10	Pc	3	R$ 249.30
Chave Seccionadora	ABB	R$ 2989	Pc	1	R$ 2,989.00
Cabo Solar	4 mm^2	R$ 4.42	Mts	1300	R$ 5,746.00

Cabo EPROTENAX	150 *mm²*	R$ 114.84	Mts	50	R$ 5,742.00
Conector fêmea	MC4	R$ 9.4	Pc	160	R$ 1,504.00
Conector macho	MC4	R$ 7.38	Pc	160	R$ 1,180.80
Estruturas	-	R$ 92.22	Pc	285	R$ 26,282.70
Infraestrutura Interligação com a rede elétrica existente	-	-	-	-	R$ 50,000.00
Conduíte, Condulete, Arruela, Abraçadeira, Bucha, Parafuso	Infraestrutura elétrica	R$ 9.9	Pc	950	R$ 9,405.00
Projeto elétrico com documentação Mão de obra Comissionamento e Start-up	-	-	-	-	R$ 49,600.00
Reserva para gastos eventuais	-	-	-	-	R$ 50,000.00
				TOTAL	R$ 515,448.80

Tabela 7: Materiais e custos do projeto.

Fonte: Autor.

Com isso o valor total do projeto é de R$ 515.448 (quinhentos e quinze mil e quatrocentos e quarenta e oito) reais. O payback, ou seja, o tempo para reaver o investimento do projeto será calculado considerando uma inflação anual de 10,9% e, aumento na taxa de energia anual de 9%. A perda de eficiência dos módulos considerada é de 0,7%. O custo médio mensal é de 0,207 R$/kWh.

Payback do projeto							
Ano	Energia Gerada (kWh)	Energia Gerada (R$)	Economia acumulada (R$)	Custo do kWh (R$)	Custo de manutenção (R$)	Custo de manutenção acumulado (R$)	Fluxo de caixa (R$)
0	116163	R$ 24,045.69	R$ 24,045.69	R$ 0.21	R$ 0.00	R$ 0.00	-R$ 491,403.11
1	115350	R$ 26,026.33	R$ 50,072.02	R$ 0.23	R$ 5,154.49	R$ 5,154.49	-R$ 470,531.27
2	114542	R$ 28,170.12	R$ 78,242.14	R$ 0.25	R$ 5,716.33	R$ 10,870.82	-R$ 448,077.47
3	113740	R$ 30,490.49	R$ 108,732.64	R$ 0.27	R$ 6,339.41	R$ 17,210.22	-R$ 423,926.39
4	112944	R$ 33,002.00	R$ 141,734.63	R$ 0.29	R$ 7,030.40	R$ 24,240.62	-R$ 397,954.79
5	112154	R$ 35,720.37	R$ 177,455.00	R$ 0.32	R$ 7,796.72	R$ 32,037.34	-R$ 370,031.14
6	111368	R$ 38,662.66	R$ 216,117.66	R$ 0.35	R$ 8,646.56	R$ 40,683.90	-R$ 340,015.04
7	110589	R$ 41,847.30	R$ 257,964.96	R$ 0.38	R$ 9,589.03	R$ 50,272.93	-R$ 307,756.77
8	109815	R$ 45,294.26	R$ 303,259.22	R$ 0.41	R$ 10,634.24	R$ 60,907.17	-R$ 273,096.75
9	109046	R$ 49,025.15	R$ 352,284.37	R$ 0.45	R$ 11,793.37	R$ 72,700.54	-R$ 235,864.96
10	108283	R$ 53,063.35	R$ 405,347.73	R$ 0.49	R$ 13,078.85	R$ 85,779.38	-R$ 195,880.46
11	107525	R$ 57,434.18	R$ 462,781.91	R$ 0.53	R$ 14,504.44	R$ 100,283.83	-R$ 152,950.72
12	106772	R$ 62,165.03	R$ 524,946.94	R$ 0.58	R$ 16,085.43	R$ 116,369.25	-R$ 106,871.11

13	106025	R$ 67,285.57	R$ 592,232.51	R$ 0.63	R$ 17,838.74	R$ 134,207.99	-R$ 57,424.28
14	105283	R$ 72,827.88	R$ 665,060.39	R$ 0.69	R$ 19,783.16	R$ 153,991.15	-R$ 4,379.55
15	104546	R$ 78,826.71	R$ 743,887.11	R$ 0.75	R$ 21,939.52	R$ 175,930.67	R$ 52,507.64
16	103814	R$ 85,319.67	R$ 829,206.78	R$ 0.82	R$ 24,330.93	R$ 200,261.60	R$ 113,496.38
17	103087	R$ 92,347.45	R$ 921,554.23	R$ 0.90	R$ 26,983.00	R$ 227,244.60	R$ 178,860.82
18	102365	R$ 99,954.11	R$ 1,021,508.34	R$ 0.98	R$ 29,924.15	R$ 257,168.75	R$ 248,890.79
19	101649	R$ 108,187.33	R$ 1,129,695.67	R$ 1.06	R$ 33,185.88	R$ 290,354.63	R$ 323,892.23
20	100937	R$ 117,098.72	R$ 1,246,794.39	R$ 1.16	R$ 36,803.14	R$ 327,157.78	R$ 404,187.81

Tabela 8: Payback do projeto.

Fonte: Autor.

O payback foi realizado com 14,1 anos, o que está aquém da expectativa de retorno da empresa de 5 anos.

Figura 4 – Payback do projeto a cada ano

Fonte: Autor.

5. Conclusão

Atualmente a energia solar é amplamente utilizada em processos industriais. Pode ser utilizada fornecendo energia diretamente ao processo, como o aquecimento de água, motores, iluminações ou ser devolvida a concessionaria.

A eficiência global do sistema depende da integração apropriada do sistema e do projeto adequado, por isso é necessário entender a real necessidade de cada sistema. Devido a isto é necessário entender que todos os sistemas possuem características vantajosas e desvantajosas, que devem ser estudadas a fundo, especialmente devido ao custo inicial do projeto ser elevado.

Sistemas solares fotovoltaicos são considerados confiáveis e possível fonte de energia alternativa nas indústrias de processos. Com isso cada vez mais designers, engenheiros e arquitetos já consideram a energia solar uma fonte de energia alternativa sustentável em seus projetos.

As perspectivas econômicas para estes sistemas são mais viáveis quando o sistema está operando em regiões remotas onde não há acesso à rede pública. Além disso, as políticas dos governos e as comunidades podem desempenhar um grande papel para encorajar o setor industrial em aplicar as novas tecnologias. Entretanto cada projeto deve ser estudado devido ao custo inicial de funcionamento. Incentivos econômicos, custo dos módulos fotovoltaicos, diminuição dos impostos e o crescente aumento do preço do petróleo devem ser levados em considerados para implantação de um projeto em que a energia solar será utilizada como fonte de energia alternativa.

O projeto de estudo teve payback em 14,1 anos, devido a isto o projeto é considerado inviável para as circunstâncias atuais da empresa. As diretrizes consideram que projetos dessa magnitude devem dar retorno em até 5 anos, mesmo levando em consideração o marketing positivo gerado ao se utilizar fontes de energia renováveis.

O local de instalação possui índice de incidência solar média diária de 4,35 horas, considerada relativamente baixa em relação as médias brasileiras, tornando a geografia do local também um obstáculo para a execução do projeto. Apesar da empresa estar em uma área remota do município, a rede elétrica é de fácil acesso, o que desfavorece ainda mais a instalação da energia alternativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MUNEER T., MAUBLEU S, ASIF M. (2006). Prospects of solar water heating for textile industry in Pakistan.

SCHNITZER H, CHRISTOPH B, GWEHENBERGER G., 2007, Minimizing greenhouse gas emissions through the application of solar thermal energy in industrial processes.

ERNEST F. BAZEN, MATTHEW A BROWN, 2009, Feasibility of solar technology (photovoltaic) adoption: a case study on Tennessee’s poultry industry.

ABDELAZIZ EA, SAIDUR R., MEKHILEF S., 2011, A review on energy saving strategies in industrial sector.

SAIDUR R, MEKHILEF S., 2010, Energy use, energy savings and emission analysis in the Malaysian rubber producing industries.

SAIDUR R, MAHLIA TMI. ,2010, Energy, economic and environmental benefits of using high efficiency motors to replace standard motors for the Malaysian industries.

SAIDUR R., 2010, A review on electrical motors energy use and energy savings.

SAIDUR R, RAHIM NA, HASANUZZAMAN M.,2010, A review on compressed air energy use and energy savings.

SAIDUR R, RAHIM NA, PING HW, JAHIRUL MI, MEKHILEF S, MASJUKI HH., 2009, Energy and emission analysis for industrial motors in Malaysia.

SAIDUR R, RAHIM NA, MASJUKI HH, MEKHILEF S, PING HW, ZAMALUDDIN MF., 2009, End use energy analysis in the Malaysian industrial sector.

SAIDUR R, AHMED JU, MASJUKI HH., 2010, Energy, exergy and economic analysis for industrial boilers for Malaysia.

FIORENZA G, SHARMA VK, BRACCIO G., 2003, Techno-economic evaluation of a solar powered water desalination plant.

LIBO W, ZHAO ZHENGMING, LIU JIANZHENG., 2007, A single-stage three-phase grid-connected photovoltaic system with modified MPPT method and reactive power compensation.

JOUNG-HU PARK, JUN-YOUN AHN, BO-HYUNG CHO, GWON-JONG YU., 2004, Dual-module based maximum power point tracking control of photovoltaic systems.

WITTMANN M, BREITKREUZ H, SCHROEDTER-HOMSCHEIDT M, ECK M., 2008, Case studies

on the use of solar irradiance forecast for optimized operation strategies of solar thermal power plants.

HOFFMANN W., 2006, PV solar electricity industry: market growth and perspective, Solar Energy Materials and Solar Cells.

GUTZEIT K., 2009, Batteries for Telecommunications Systems Powered by Solar Energy, Telecommunications Energy Conference.

MAMEDE FILHO, J., 2013, Instalações Elétricas Industriais. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC.

SERGIO S. BRITO, Acesso em: 05 jun. 2018, Centro de referência para as energias Solar e Eólica, disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data.

Portal de Tecnologia da Informação para Meteorologia e Instituto Nacional de Meteorologia

(INMET)., Acesso em: 08 jun. 2018, Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/.

LARONDE, R., 2010, Reability of Phovoltaic Modules Based on Climatic Measurement Data. France: University of Angers.

HONSBERG C AND BOWDEN S, acesso em: 03 jun. 2018, Degradation and failure modes.

http://pveducation.org/pvcdrom/modules/degradation-and-failuremodes.

JORDAN DC, KURTZ SR., 2013, Photovoltaic degradation rates-an analytical review.

LIVINGONSOLARPOWER, 2013, acesso em: 10 jun. 2018, Solar PV power plants: major causes of performance degradation.

https://livingonsolarpower.wordpress.com/2013/06/10/solar-pv-power-plants-majorcauses-of-performance-degradation/.