

FERRAMENTA PARA ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM INDÚSTRIAS

TOOL TO STUDY VIABILITY OF ECONOMIC IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC PANELS IN INDUSTRIES

LIZIANE HOBMEIR

Mestrado em Desenvolvimento Tecnológico pelos Institutos Lactec

Unicuritiba

EDUARDO MARQUES TRINDADE

Doutorado em Ciências pelo Instituto de Química da UFRJ

Centro Internacional de Energias Renováveis com ênfase em Biogás

RESUMO

O presente estudo foi desenvolvido com o intuito de verificar a viabilidade de aplicação em ambientes industriais, as informações presentes na Resolução 482/2012 da ANEEL, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração de energia elétrica, bem como apresentar uma ferramenta para facilitar na tomada de decisão de implantação de painéis fotovoltaicos em sistema de compensação de energia elétrica, ou seja, utilizar a energia fotovoltaica transformada em energia elétrica e disponibilizá-la para a distribuidora energética da cidade, difundindo a ideia de implantação deste processo nas condições de operação industrial.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Sistema de Compensação Energética. Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

This study was conducted in order to verify the feasibility of application in industrial environments, the contact information on ANEEL Resolution 482/2012, which establishes the general conditions for access of micro and minigeneration of electricity, as well as provide a tool to facilitate in making deployment decisions of photovoltaic panels in power compensation system, ie using photovoltaics transformed into electrical energy and make it available for energy distributing city, spreading the implementation of idea of this process in conditions industrial operation.

Keywords: Photovoltaic Energy. Energy Compensation. Economic Viability.

1 INTRODUÇÃO

Devido à crise hídrica, energética e aos valores investidos pelo Governo para ajudar as concessionárias de energia em 2014, percebe-se um aumento médio de mais de 35% no valor da tarifa energética, bem como, com a introdução do sistema de bandeiras tarifárias (amarelas e vermelhas), cada uma com seu valor adicional, percebe-se que novos reajustes devem ocorrer, estimulando-se a necessidade de se ter formas alternativas de se produzir energia elétrica, em que os valores sejam mais acessíveis, atendendo-se mais efetivamente as Resoluções da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

Em 2012, a Resolução 482 da ANEEL entrou em vigor, permitindo que o consumidor integre a energia renovável à rede elétrica e assim obtenha descontos, ou seja participe de um sistema de compensação, em que produzirá energia elétrica com energia renovável (fotovoltaica) e a entregará para a concessionária, realizando um sistema de compensação pela energia comprada e, caso produza mais do que o consumo mensal, gerará créditos em quilowatts, e caso produza menos pagará somente o que foi utilizado e a taxa de distribuição.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo o Conselho Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas, as energias renováveis são repostas e usualmente estão disponíveis como uma fonte não esgotável. Com a ajuda de equipamentos especiais pode-se capturar parte da energia do sol, das águas e dos ventos e utilizá-la em residências e outras instalações (site do CERPCH, 2014).

Conforme a Rede de Energias Renováveis para o Século XXI (REN21), apesar do grande potencial brasileiro de geração de eletricidade por fontes alternativas, a implementação comercial dessas tecnologias ainda encontra algumas barreiras de mercado (site da ANEEL, 2015).

Segundo a percepção dos empreendedores, os valores financeiros para iniciar a inserção da energia renovável dependem de vários fatores como o próprio valor da taxa de energia, impostos, variação do dólar, encargos, custos de produção, fazendo com que as propostas de utilização de um recurso renovável fiquem cada vez mais longe dos investimentos das empresas (site da ANEEL, 2015).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) anunciou em 2015 “que o governo estaria estudando a criação de um pacote de medidas para ajudar no desenvolvimento de microgeração distribuída no país, em que a geração ocorreria pelos consumidores/geradores locais. Algumas medidas seriam: criação de linha de crédito para aquisição de módulos solares e de inversores para poder participar do Sistema de Compensação definido pela Resolução 482/2012 da ANEEL” (site do CERPCH, 2015).

A Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 define o Sistema de Compensação como:

“Um arranjo no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade”.

O *net metering*, ou sistema de compensação, proporciona ao consumidor de energia elétrica instalar pequenos geradores, como módulos fotovoltaicos ou pequenas turbinas eólicas em sua empresa ou residência. Para a produção de energia elétrica tudo que for produzido será utilizado pela unidade consumidora/geradora e para o excedente haverá um crédito que poderá ser utilizado em outro local tarifado ou na fatura do mês subsequente, observando-se que a titularidade deverá ser igual em ambos os locais de compensação de energia e o prazo limite para compensar será de 36 meses (site da ANEEL, 2015).

Os custos desses geradores e eventuais financiamentos não são estabelecidos pela ANEEL, sendo assim a iniciativa de se ter um sistema de compensação partirá da unidade consumidora. Assim, a realização de uma análise de custo/benefício para verificar a possibilidade de produzir a energia junto à concessionária de energia torna-se um passo importante, pois os valores a serem investidos podem ser relativamente altos.

A regulamentação do tema pela ANEEL engloba a Resolução nº 482/2012 e a Seção 3.7 do Módulo 3 e Módulo 4 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Estes procedimentos normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como indicam as documentações necessárias solicitadas pela distribuidora local.

2.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO

O sistema fotovoltaico trata-se da junção de módulos que combinados com demais componentes como inversores e baterias são responsáveis em absorver a luz do sol e transformá-la em energia elétrica.

Para se ter a energia elétrica vinda da energia solar são utilizadas células solares formadas por duas camadas de materiais semicondutores, uma positiva e outra negativa. Os fótons da luz chegam até os elétrons, agitando-os, e assim gerando eletricidade, quanto maior a intensidade do sol, maior o fluxo de eletricidade, gerando corrente contínua (site AMÉRICA DO SOL, 2015).

Os inversores convertem a corrente contínua em alternada, de modo a permitir a conexão à rede ou a utilização de equipamentos de corrente alternada, também chamado de sistema *Grid Tie*, conectado à rede. Baterias podem ser utilizadas em sistemas sem conexão à rede, *Off Grid*, como forma de armazenamento da energia produzida para utilização em momentos em que a radiação solar não estiver disponível. São extremamente modulares, podendo formar sistemas de alguns Watts (W) até dezenas de megawatts (MW) (site IEA, 2014).

A Figura 1 resume a composição de um sistema fotovoltaico (FV) *Grid-Tie*, destacando o painel fotovoltaico e o inversor:

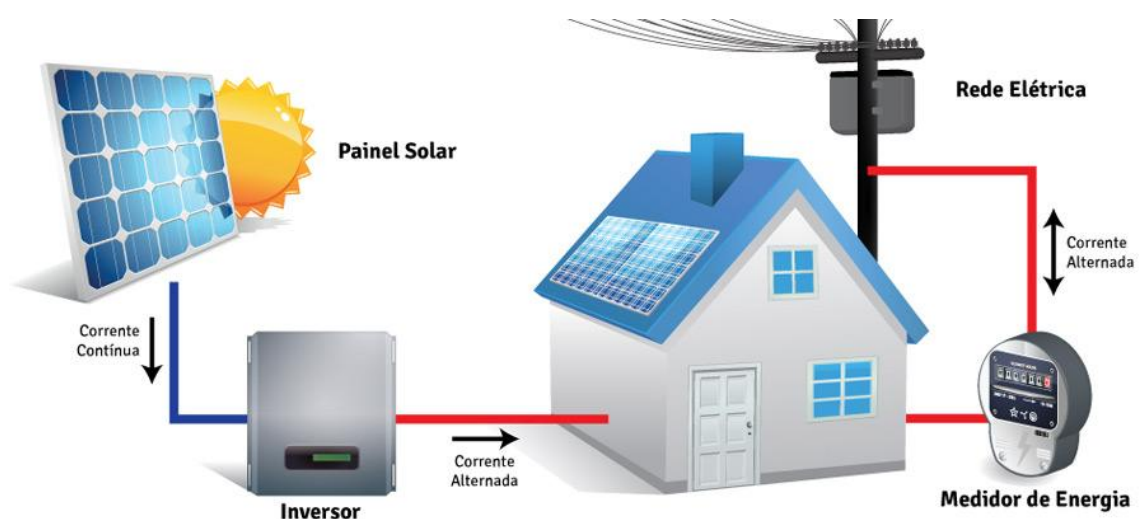


Figura 1 - Composição do sistema solar fotovoltaico
Fonte: Real Solar

3 DESENVOLVIMENTO DA PLANILHA DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO FV

O processo de desenvolvimento de uma ferramenta para o auxílio de tomada de decisão quanto a utilização de sistema fotovoltaico em indústrias iniciou-se com o estudo das energias renováveis, bem como, com os critérios necessários para se instalar o sistema fotovoltaico em indústrias que esteja de acordo com a Resolução 482/2012 da ANEEL.

A ferramenta foi realizada no *Microsoft Excel*, conforme a Figura 2, com o intuito de automatizar algumas informações sobre a instalação do sistema fotovoltaico nas indústrias e ter informações para decisão de aplicação. A intenção do desenvolvimento de uma ferramenta em *Microsoft Excel* foi facilitar a utilização sem necessidade de entendimento aprofundado em *softwares* mais específicos.

Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico Tutorial

Critério para o cálculo: Área Área disponível: m²

Escolha do módulo Fotovoltaico:

140W 230W 240W 250W 290W
 Instalação no Telhado plano Em piso Área Ocupada m²

Quantidade de Placas: Potência do Sistema: W

Cidade de Instalação: Hora sol/dia (média/ano): Energia gerada kWh/mês

Inversor:

Custos de Referência

| Item | Qtde | R\$ | % | Custos Totais | R\$ 0,00 |
|------------------------------------|----------------------|-----|---|---------------|----------|
| Placa Fotovoltaica de Inversor(es) | | | | | |
| Proteção e Instalações | | | | | |
| Valor do dólar/dia | <input type="text"/> | | | | |

Informações da Conta da Energia Elétrica

| kWh fora de ponta | Tarifa kWh fora de ponta | Valor do kWh/mês de fora de ponta |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | R\$ 0,00 |

Comparativo e Indicador de economia do sistema

| Comparativo | kWh/Mês | | Valor/Ano | Economia do Sistema |
|---|---------------|---------------|-----------|---------------------|
| | Fora de Ponta | Fora de Ponta | | |
| Consumo de Energia do uso fora de ponta | - | - | R\$ 0,00 | |
| Energia Gerada para crédito | | | | |

| Índices | | | Comentários | | |
|--|--|---------|-------------|-------|-------|
| Payback | | Em anos | | | |
| VPL | | R\$ 0 | | | |
| TIR | | ao ano | | | |
| Preencha com a alíquota de referência* | | | Poupança | CDB | Selic |
| * Poderá preencher a taxa que optar, exemplos TR, SELIC, utilizando valores em % FONTE: http://www.valor.com.br/valor-data/indices-financeiros/indicadores-de-mercado | | | 0,51% | 0,81% | 0,47% |

ANÁLISE GRÁFICA DO CRÉDITO GERADO X PRINCIPAIS TAXAS DE INVESTIMENTO A PARTIR DOS CUSTOS TOTAIS Comparar

Figura 2 - Planilha de viabilidade do sistema fotovoltaico
Fonte: A autora

O levantamento das informações da indústria referente às despesas com energia elétrica, a localidade e disponibilidade de instalação dos módulos fotovoltaicos, fazem parte da metodologia de análise; utilizando-se uma planilha de análise de viabilidade financeira, com orientação de preenchimento, visando alguns cálculos contábeis para tomada de decisão.

Esta ferramenta contempla a aplicação da energia fotovoltaica, considerando os valores envolvidos para sua instalação, com o desenvolvimento de uma ferramenta para calcular a viabilidade econômica da utilização da energia solar fotovoltaica em instalações industriais.

Primeiramente, foram realizadas pesquisas em sites de fornecedores, de empresas engajadas em difundir as informações sobre energia fotovoltaica para iniciar a ferramenta no Microsoft Excel.

A escolha dos módulos e inversores, conforme as Tabelas 1 e 2 que foram colocadas na ferramenta, se deu pelos disponíveis no mercado com maiores informações.

Ressaltando os conceitos: Volts é a diferença de potencial entre dois pólos, Watts é o consumo de energia elétrica e Ampère é medida do fluxo elétrico, ou seja, corrente elétrica. Segue as tabelas que compõe a ferramenta:

Tabela 1 - Planilha geral dos módulos fotovoltaicos

| Faixa de Potencial de Painel Fotovoltaico | Watt Pico - WP (em Watts - W) | Voltage m máxima de potência (VM) | Corrente de Máxima Potência (A) | Valor por placa | Peso [kg] | Moeda | Valor da placa em R\$ | Dimensão (largura - mm) | Dimensão (comprimento - mm) | Eficiência da placa | Dólar |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------|-------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------|-------|
| 140W | 140 | 17,60 | 7,96 | 250,00 | 12,0 | Dólar | - | 0,676 | 1,482 | 13,38% | R\$ - |
| 230W | 230 | 29,90 | 7,69 | 280,00 | 19,5 | Dólar | - | 0,992 | 1,650 | 14,07% | R\$ - |
| 240W | 240 | 30,40 | 7,89 | 290,00 | 19,5 | Dólar | - | 0,992 | 1,655 | 14,07% | R\$ - |
| 250W | 250 | 30,40 | 8,79 | 290,00 | 19,1 | Dólar | - | 0,990 | 1,650 | 15,00% | R\$ - |
| 290W | 290 | 36,30 | 8,43 | 310,00 | 22,5 | Dólar | - | 0,992 | 1,956 | 14,60% | R\$ - |

Fonte: A autora

Tabela 2 - Planilha geral dos inversores

| Inversor | Fases | Potência Máxima | MPPT min | MPPT máx | linput máx | Em R\$ | Valor do equipamento em dólar | Moeda | Dólar |
|-----------------|-------|-----------------|----------|----------|------------|--------|-------------------------------|-------|-------|
| Trifásico 10 kW | 3 | 10.400 | 350 | 850 | 10 | - | 5.500,00 | R\$ | R\$ - |
| Trifásico 15 kW | 3 | 17.000 | 350 | 800 | 23 | - | 7.000,00 | R\$ | R\$ - |
| Trifásico 20 kW | 3 | 22.000 | 350 | 800 | 30 | - | 8.500,00 | R\$ | R\$ - |
| Trifásico 8 kW | 3 | 8.300 | 416 | 850 | 10 | - | 4.500,00 | R\$ | R\$ - |

Fonte: A autora

Adicionou-se à ferramenta o Atlas Solarimétrico, que foi desenvolvido sob a coordenação do Centro de Pesquisas de Eletricidade da ELETROBRÁS, foi criado um Grupo de Trabalho em Energia Solar Fotovoltaica – GTEF, estes fizeram uma análise e descreve a situação da solarimetria no Brasil, colocando a quantidade média de insolação das regiões brasileiras, como segue na Figura 3 e Tabela 3.

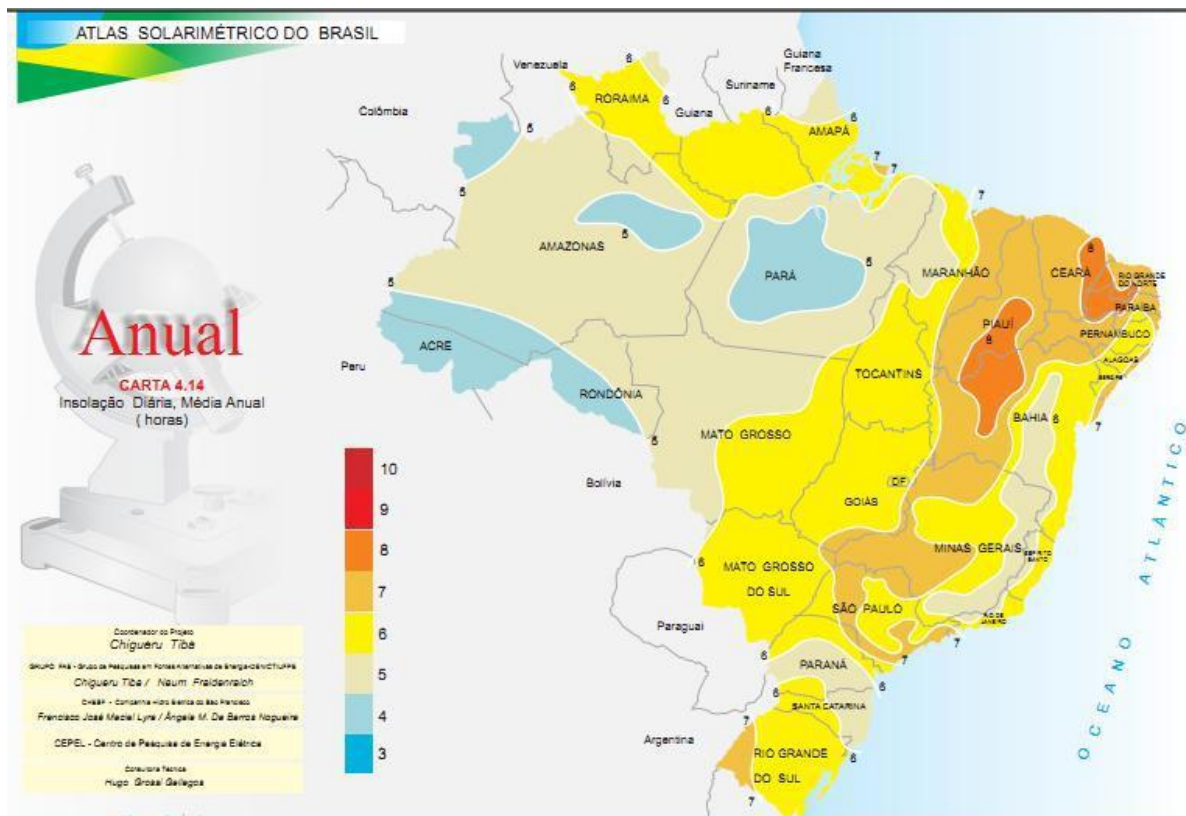


Figura 3 - Atlas Solarimétrico do Brasil
Fonte: Site CRESEB

Tabela 3 - Insolação Diária – Média/Anual (horas)

| Capital | Estado | Sigla | Região | Insolação Diária - Média Anual (horas) |
|----------------|---------------------|-------|--------------|--|
| Rio Branco | Acre | AC | Norte | 4 |
| Maceió | Alagoas | AL | Nordeste | 7 |
| Macapá | Amapá | AP | Norte | 6 |
| Manaus | Amazonas | AM | Norte | 4 |
| Salvador | Bahia | BA | Nordeste | 6 |
| Fortaleza | Ceará | CE | Nordeste | 8 |
| Brasília | Distrito Federal | DF | Centro-Oeste | 6 |
| Vitória | Espírito Santo | ES | Sudeste | 6 |
| Goiânia | Goiás | GO | Centro-Oeste | 6 |
| São Luís | Maranhão | MA | Nordeste | 6 |
| Cuiabá | Mato Grosso | MT | Centro-Oeste | 6 |
| Campo Grande | Mato Grosso do Sul | MS | Centro-Oeste | 6 |
| Belo Horizonte | Minas Gerais | MG | Sudeste | 7 |
| Curitiba | Paraná | PR | Sul | 5 |
| João Pessoa | Paraíba | PB | Nordeste | 7 |
| Belém | Pará | PA | Norte | 5 |
| Recife | Pernambuco | PE | Nordeste | 6 |
| Teresina | Piauí | PI | Nordeste | 7 |
| Rio de Janeiro | Rio de Janeiro | RJ | Sudeste | 6 |
| Natal | Rio Grande do Norte | RN | Nordeste | 7 |
| Porto Alegre | Rio Grande do Sul | RS | Sul | 6 |
| Porto Velho | Rondônia | RO | Norte | 4 |
| Boa Vista | Roraima | RR | Norte | 6 |
| Florianópolis | Santa Catarina | SC | Sul | 5 |
| Aracaju | Sergipe | SE | Nordeste | 7 |
| São Paulo | São Paulo | SP | Sudeste | 7 |
| Palmas | Tocantins | TO | Norte | 6 |

Fonte: Atlas Solarimétrico Site CRESEB

3.1 PREENCHIMENTO DA PLANILHA DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Trata-se de uma ferramenta, uma base para tomada de decisão, considerando informações colocadas pelo usuário, bem como salientando que as variáveis incontroláveis podem alterar os resultados que serão fornecidos.

Os resultados fornecidos são substanciais para análise de um profissional que não tenha especialização no assunto do sistema fotovoltaico e econômico, mas que

se tenha confiança que os resultados poderão ser validados após análise técnica de fornecedores no mercado.

Para o preenchimento da ferramenta deve-se seguir todos os passos e atentar-se aos dados solicitados na planilha de viabilidade econômica do sistema fotovoltaico, atentar-se as informações, como:

- **Critério para cálculo: ÁREA** - Refere-se a área disponível que a indústria tem para instalação das placas fotovoltaicas, seja em telhado ou no chão.
- **Escolhida a ÁREA:** Preencher com a área disponível da empresa ou indústria, podendo ser solo ou telhado (considerando o telhado reto), para que tenha capacidade de suportar as placas fotovoltaicas, preencher em metros quadrados. Quando escolhida opção em instalação no telhado, serão calculados 10% a menos para a melhor colocação das placas, se escolhida a opção em piso, será calculado 50% a menos devido a posição das placas com relação à luminosidade do Sol. Conforme Figura 4:

Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico

Tutorial

Versão jun/15

Critério para o cálculo: Área Área disponível: m²

Instalação no Telhado plano Em piso Área Ocupada m²

Figura 4 – Parte 1 - Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Fonte: A autora

- No próximo passo, escolher as placas fotovoltaicas conforme capacidade: 140W, 230W, 240W, 250W, 290W, estas placas são as mais utilizadas no mercado, por isso disponibilizadas na ferramenta, a diferença entre elas é o valor financeiro, além da capacidade, já as dimensões e volumetria são todas parecidas. Escolher o módulo, conforme Figura 5:

Escolha do módulo Fotovoltaico:

140W 230W 240W 250W 290W

Figura 5 - Parte 2 - Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Fonte: A autora

- Com as informações preenchidas, tem-se a Figura 6:

| | |
|---|--|
| Quantidade de Placas: <input type="text"/> | Potência do Sistema: <input type="text"/> W |
|---|--|

Figura 6 - Parte 3 - Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Fonte: A autora

- Escolher a cidade em que a empresa ou a indústria se localiza, informações baseadas no Atlas Solarimétrico – CEMIG, no qual informa os valores de da insolação diária, média anual em horas, conforme Figura 7:

| | |
|---|---|
| Cidade de Instalação: <input type="text"/> | Hora sol/dia (média/ano): <input type="text"/> |
|---|---|

Figura 7 - Parte 4 - Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Fonte: A autora

- A ferramenta irá calcular qual o inversor que pode ser utilizado, conforme Figura 8:

| | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Inversor: <input type="text"/> | Trifásico 8 kW |
|---------------------------------------|-----------------------|

Figura 8 - Parte 5 - Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Fonte: A autora

- E se caso, tenha alguma necessidade de mudança de quantidade de inversor, a ferramenta irá posicionar para o usuário em vermelho, conforme Figura 9:

| | | |
|---------------------------------------|---|------------------------------------|
| Inversor: <input type="text"/> | Neste caso é necessário aumentar a quantidade de inversores. | Qtde de Inversores 1 |
|---------------------------------------|---|------------------------------------|

Figura 9 - Parte 6 - Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Fonte: A autora

- Neste caso, o usuário acrescenta manualmente, conforme Figura 10, aumentando a quantidade de inversores até a ferramenta contabilizar o necessário. O usuário também pode ao invés de aumentar a quantidade de inversores, pode alterar a capacidade da placa fotovoltaica escolhida para

uma capacidade maior, fazendo assim com que seja utilizada menor quantidade de inversor com maior capacidade.

| | | |
|-----------|------------------------------|--|
| Inversor: | Trifasico 15 kW | |
| | Necessário(s) 2 Inversor(es) | |

Figura 10 - Parte 7 - Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Fonte: A autora

- **Custos de referência:** Conforme Figura 11, trata-se de um resumo dos valores que serão uma base para cobrança dos itens e a instalação do sistema fotovoltaico. Bem como, necessita o preenchimento do valor do dólar atualizado, para realizar os cálculos dos módulos e inversores que contemplam a ferramenta:

| Custos de Referência | | | | |
|----------------------------|------|-----------|-----|----------------|
| Item | Qtde | R\$ | % | |
| Placa Fotovoltaica de 140w | 89 | 71.645,00 | 71% | Custos Totais |
| Inversor(es) | 1 | 7.000,00 | 7% | |
| Proteção e Instalações | 1 | 22.500,00 | 22% | |
| Valor do dólar/dia | R\$ | 3,22 | | R\$ 101.145,00 |

Figura 11 - Parte 8 - Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Fonte: A autora

- No exemplo da Figura 11, tem-se a utilização de 89 placas fotovoltaicas, 1 inversor e a utilização de proteção e necessidades de instalações. Nesse item necessidades de instalação é composto por kits de montagem, suporte para painéis, fiação, quadro de energia, entre outros recursos, calculado o valor de R\$250,00 por metro quadrado (informado no início da ferramenta), valor de referência no mercado.
- Para continuar o preenchimento da ferramenta o usuário deverá ter disponível a conta de energia elétrica (conforme Figura 13). O usuário deverá preencher no Campo kWh fora de ponta, preencher o kWh utilizado no mês. Preencher também o valor financeiro do kWh.
- Escolhido o que o kWh fora de ponta para se ter uma referência financeira no final da análise financeira da ferramenta, segue exemplo o valor do exemplo é de 1.047.996 kWh fora de ponta, e o valor do kWh/mês é de R\$ 0,187158, dando um total de R\$ 196.140,00 aproximadamente (Figura 12), retirada as informações da conta de energia elétrica, conforme Figura 13.

- No Campo Valor do kWh/mês de fora de ponta será calculado automaticamente.
- Sabe-se que, a energia elétrica possui alguns segmentos: residencial, industrial e rural; o cálculo desta ferramenta é para ser utilizado preferencialmente para o setor industrial que utiliza sistema trifásico.

| Informações da Conta da Energia Elétrica | | |
|--|--------------------------|-----------------------------------|
| kWh fora de ponta | Tarifa kWh fora de ponta | Valor do kWh/mês de fora de ponta |
| 1.047.996 | R\$ 0.1872 | R\$ 196.140,84 |

Figura 12 - Parte 9 - Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Fonte: A autora

| Valores Faturados | | | | | | |
|--|-----|------------|----------|-------------|---------|-------|
| NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 001.969.514 - SÉRIE B | | | | | | |
| Emitida em 13/02/2015 | | | | | | |
| Produto | Un. | Grandezas | Valor | Valor Total | Base de | Aliq. |
| Descrição | | Faturadas | Unitário | | Cálculo | ICMS |
| ENERGIA ELETRICA USD PONTA | kWh | 108610,00 | 0,512818 | 55.697,18 | 0,00 | 29,00 |
| ENERGIA ELETRICA TE PONTA | kWh | 108610,00 | 0,313694 | 34.070,31 | 0,00 | 29,00 |
| ENERGIA ELETRICA TE F PONTA | kWh | 1047996,00 | 0,187158 | 196.140,51 | 0,00 | 29,00 |
| ENERGIA ELETRICA USD F PONTA | kWh | 1047996,00 | 0,022165 | 23.228,47 | 0,00 | 29,00 |
| ENERGIA REAT EXCED TE F PONTA | kWh | 227,00 | 0,197709 | 44,88 | 0,00 | 29,00 |
| DEMANDA USD | kW | 2136,96 | 6,177893 | 13.201,91 | 0,00 | 29,00 |
| ENERGIA AD.BAND.VERMELHA | kWh | | | 36.518,20 | 0,00 | 29,00 |
| CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO | | | | 94,87 | | |

Figura 13 - Exemplo de conta de energia elétrica
Fonte: Empresa X

- A Figura 14, compara os valores de consumo de energia que ocorre na empresa ou indústria no momento de fora de ponta com a energia gerada pelo sistema fotovoltaico proposto no mês e no ano. Disponibiliza também a economia do sistema comparativo.

| Comparativo e Indicador de economia do sistema | | | | |
|--|---------------|---------------|------------------|---------------------|
| Comparativo | kWh/Mês | kWh/Ano | Valor/Ano | Economia do Sistema |
| | Fora de Ponta | Fora de Ponta | | |
| Consumo de Energia do uso fora de ponta | 1.047.996 | 12.575.952 | R\$ 2.353.690,02 | 0% |
| Energia Gerada para crédito | 2.243 | 26.914 | R\$ 5.037,10 | |

Figura 14 - Parte 10 - Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Fonte: A autora

- Na demonstração dos índices financeiros, são eles: PAYBACK - É o período de tempo necessário de recuperação do investimento realizado. VPL - O cálculo do Valor Presente Líquido de um investimento é igual ao valor presente do fluxo de caixa líquido do projeto em análise, descontado pelo

custo médio ponderado de capital, ou seja, o projeto só será viável se o VPL for positivo, porém não se deve tomar apenas este índice para a tomada de decisão de um projeto. TIR - A Taxa Interna de Retorno é a taxa “i” que se iguala as entradas de caixa ao valor a ser investido em um projeto. Em outras palavras, é a taxa que iguala o VPL de um projeto a zero. Um aspecto que deve ser considerado é que a utilização exclusiva da TIR como ferramenta de análise pode levar ao equívoco de se aceitar projetos que não remuneram adequadamente o capital investido, por isso também é considerada uma ferramenta complementar à análise.

- Portanto, é necessário o preenchimento da alíquota para realização dos cálculos, esta alíquota deverá ser a média Anual.
- Nos campos, Poupança, CDB e SELIC, já estão as alíquotas do mês de março de 2015, caso esteja desatualizado deverá inserir os novos valores das alíquotas.
- Neste momento, se tem a viabilidade do projeto baseado em informações contábeis. Após o preenchimento das informações ou aceitar as 3 alíquotas presentes, a ferramenta fará o cálculo dos valores da Poupança, CDB e SELIC para uma média de 12 meses com relação ao valor do montante de Custos do Sistema Fotovoltaico Total, conforme destacado na Figura 15.

| Índices | | | Comentários | | | |
|--|-------------|---------|--|--------------|--------------|--------------|
| Payback | 20 | Em anos | <i>Procure por outras alternativas</i> | | | |
| VPL | -R\$ 51.668 | | | | | |
| TIR | 1,76% | ao ano | | | | |
| Preencha com a alíquota de referência* | | | 9% | Poupança | CDB | Selic |
| * Poderá preencher a taxa que optar, exemplos TR, SELIC, utilizando valores em % FONTE: http://www.valor.com.br/valor-data/indices-financeiros/indicadores-de-mercado | | | | 0,51% | 0,81% | 0,47% |
| ANÁLISE GRÁFICA DO CRÉDITO GERADO X PRINCIPAIS TAXAS DE INVESTIMENTO A PARTIR DOS CUSTOS TOTAIS | | | | | | Comparar |

Figura 15 - Parte 11 - Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Fonte: A autora

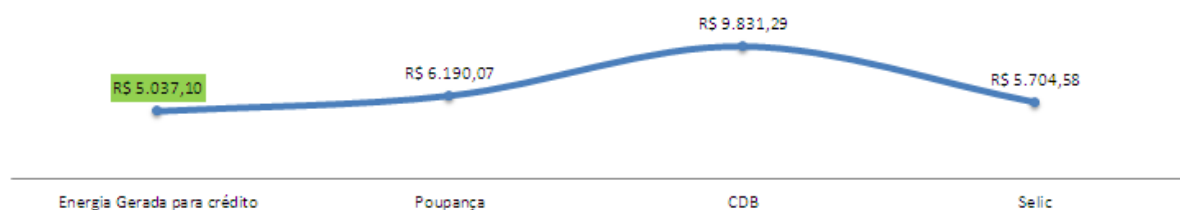


Figura 16 - Parte 12 - Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Fonte: A autora

- Caso o usuário queria comparar o valor que será investido no sistema fotovoltaico como ficaria num investimento financeiro irá clicar no COMPARAR, conforme demonstra na Figura 16. A comparação será das bases propostas (Poupança, CDB, SELIC), se dará sempre partindo do valor do Custo Total do Sistema multiplicado pela alíquota atualizada, multiplicando ainda por 12 meses, fazendo assim a média de valor investido, com a comparação da alíquota que foi utilizada para o cálculo do VPL, TIR e PAYBACK, que já está em valor médio anual.
- Finalizando o preenchimento da ferramenta e dando início para a Análise do Usuário.

3.2 INFORMAÇÕES SOBRE A CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

A conta de energia elétrica tem diversas informações como demonstrada na Figura 13, segue informações de cada item:

- Energia elétrica USD Ponta – Uso do sistema de distribuição
- Energia Elétrica TE Ponta – Tarifa média de energia
- Energia Elétrica TE F ponta – Tarifa média de energia fora de ponta
- Energia elétrica USD F Ponta – Uso do sistema de distribuição fora de ponta
- Energia Reat Exced TE F Ponta – Consumo de energia reativa excedente nos horários fora de ponta
- Demanda USD – Demanda do uso do sistema de distribuição
- Cont. Ilumin. Publica Município – Valores que a empresa contribui com o município
- Energia AD Band. Vermelha – Tipos de bandeira analisado sob o cadastro e perfil do cliente

Conforme a ANEEL (2015),

“A partir de 2015, as contas de energia trazem uma novidade: o Sistema de Bandeiras Tarifárias. As bandeiras verde, amarela e vermelha indicarão se a energia custará mais ou menos, em função das condições de geração de eletricidade. O sistema possui três bandeiras: verde, amarela e vermelha – as mesmas cores dos semáforos - e indicam o seguinte: Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;

Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,025 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;

Bandeira vermelha: condições mais custosas de geração. A tarifa sobre acréscimo de R\$ 0,055 para cada quilowatt-hora kWh consumidos. ”

A distribuidora de energia elétrica estabelece a bandeira tarifaria, bem como a tarifa média a ser consumida, caso a indústria tenha um gasto maior de utilização de energia elétrica pagará o excedente com outra tarifa.

Relembrando que, a resolução 482/2012 enfatiza sobre o Sistema de Compensação que ocorre com a devolução dos créditos em kW, porém não está explícito quanto a valores financeiros.

Mediante o exposto, partiu-se o cálculo de redução financeira com a utilização da energia fotovoltaica da tarifa média de energia fora de ponta, pois como a distribuidora de energia devolve apenas kW espera-se que este valor multiplicado com a tarifa mencionada, será o valor mínimo de economia que a empresa terá com a utilização do sistema fotovoltaico e com o aumento gradativo da tarifa da energia elétrica será um ponto positivo para a utilização da energia fotovoltaica.

4 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA: INDÚSTRIA X

O teste com a Indústria X, demonstra a utilização da ferramenta, iniciando a colocação dos dados, conforme Figura 17.

Planilha de Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico
Tutorial

Versão jun/15

Critério para o cálculo: Área Área disponível: **200** m²

Escolha do módulo Fotovoltaico:

140W 230W 240W 250W 290W

Instalação no Telhado plano Em piso Área Ocupada: 180 m²

Quantidade de Placas: Potência do Sistema: W

Cidade de Instalação: Hora sol/dia (média/ano): 5 Energia gerada: 3.761 kWh/mês

Inversor:
 Necessário(s) 2 inversor(es)

Custos de Referência

| Item | Qtde | R\$ | % | Custos Totais | R\$ 199.929,60 |
|------------------------------------|------|------------|-----|---------------|----------------|
| Placa Fotovoltaica de 230w | 109 | 106.209,60 | 53% | | |
| Inversor(es) | 2 | 48.720,00 | 24% | | |
| Proteção e Instalações | 1 | 45.000,00 | 23% | | |
| Valor do dólar/dia R\$ 3,48 | | | | | |

Informações da Conta da Energia Elétrica

| kWh fora de ponta | Tarifa kWh fora de ponta | Valor do kWh/mês de fora de ponta |
|-------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 15.000 | R\$ 0,3478 | R\$ 5.217,00 |

Comparativo e Indicador de economia do sistema

| Comparativo | kWh/Mês | | Valor/Ano | Economia do Sistema |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| | Fora de Ponta | Fora de Ponta | | |
| Consumo de Energia do uso fora de ponta | 15.000 | 180.000 | R\$ 62.604,00 | 25% |
| Energia Gerada para crédito | 3.761 | 45.126 | R\$ 15.694,82 | |

| Índices | | | Comentários | | | |
|--|-------------|---------|--|--------------|--------------|--------------|
| Payback | 13 | Em anos | <i>Procure por outras alternativas</i> | | | |
| VPL | -R\$ 57.467 | | | | | |
| TIR | 6,04% | ao ano | | | | |
| Preencha com a alíquota de referência (anual)* | | | 10% | Poupança | CDB | Selic |
| * Poderá preencher a taxa que optar, exemplos TR, SELIC, utilizando valores em % FONTE: http://www.valor.com.br/valor-data/indices-financeiros/indicadores-de-mercado | | | | 0,69% | 0,99% | 0,37% |

ANÁLISE GRÁFICA DO CRÉDITO GERADO X PRINCIPAIS TAXAS DE INVESTIMENTO A PARTIR DOS CUSTOS TOTAIS

Comparar

| | | | |
|-----------------------------|---------------|---------------|--------------|
| Energia Gerada para crédito | Poupança | CDB | Selic |
| R\$ 15.694,82 | R\$ 16.554,17 | R\$ 23.751,64 | R\$ 8.876,87 |

Figura 17 - Planilha de viabilidade econômica do sistema fotovoltaico – Teste
 Fonte: A autora

Indústria utiliza uma 15.000 kWh fora de ponta com o valor da Tarifa de R\$ 0,2874 (informações retiradas da conta de energia elétrica).

O gerente tem interesse de propor para a diretoria a utilização do telhado do barracão de estoque (200m²) para produzir energia fotovoltaica, porém não sabe onde encontrar tal informação e muito menos como tornar viável economicamente. De posse das informações descritas, preencher a ferramenta.

Têm-se: conforme preenchido a área disponível, a escolha pela placa de 230W que apresentou menor valor no custo total do sistema, 109 placas. Depois segue a escolha da utilização no telhado ou chão, já se tem a quantidade de placas que serão utilizadas,

conforme exemplo: 109; este cálculo se dá pelo cálculo do metro quadrado da placa, dividido pela área disponível, menos 10% para as placas ficarem centralizadas nesse telhado, ou seja, $180m^2$.

A potência do sistema é a quantidade de placas multiplicada a capacidade, ou seja, $230W \times 109 \text{ placas} = 25.070W$.

Escolhida a cidade de Curitiba/PR, influenciará o total de energia gerada, neste caso: 3761 kWh/mês, o cálculo é o valor de insolação diária da cidade escolhida multiplicada a potência do sistema, multiplicado por 30 dias de utilização de energia por mês, dividido por 1000, para ter quilowatts hora/ mês, ou seja, $(5 \times 25070 \times 30) / 1000 = 3761 \text{ kWh/mês}$.

Automaticamente o sistema encontrará o inversor para a capacidade de energia gerada, caso a capacidade exceda a utilização de 01 inversor e sistema informará, e o usuário da ferramenta aumentará com mais 01 inversor até a ferramenta não solicitar mais seu aumento de quantidade, no exemplo será utilizado apenas 02 inversores.

Na etapa dos Custos de Referência, apresenta um quadro de resumo, com o total de placas (109), total de inversores (02), estes dependerão do preenchimento do valor do dólar do dia (exemplo utilizado R\$ 3,48) e demais itens necessários denominados de Proteção e instalações, para instalação do sistema fotovoltaico, este será calculado com o valor de referência de mercado de R\$ 250,00, que se refere a quadro de energia, fiação e demais itens, multiplicado pela área ocupada final, ou seja, $200m^2$ multiplicado por R\$ 250,00 = R\$ 45.000,00. Apresenta-se o custo total para a implantação do sistema = R\$ 199.929,60 e o percentual de cada item, como: das placas, do inversor e proteção e instalações sobre o total dos custos.

Depois se deve preencher o valor kWh/mês Fora de Ponta e da tarifa do kWh/mês Fora de Ponta, informados na conta de energia elétrica; obtendo o valor do kWh/mês de Fora de Ponta.

No quadro Comparativo, tem as informações de kWh/mês Fora de Ponta, kWh/ano Fora de Ponta, valor financeiro, tanto de consumo de energia e de energia gerada, e o percentual de economia do sistema.

Na parte dos Índices: o *payback* calcula a quantidade de anos que o projeto se paga, ou seja, no exemplo o consumo anual é de R\$ 62.604,00 de energia e com o sistema fotovoltaico gerou no ano 45.126kWh/mês, multiplicando pelo Valor do kWh/mês fora de ponta, tem-se R\$ 15.694,82 ao ano, precisa de aproximadamente

13 anos para se ter o retorno do valor investido, ou seja, com relação à viabilidade econômica o *payback* será de 13 anos, o VPL é negativo e a TIR é abaixo da TR de 10%, ou seja, a TMA – Taxa de atratividade é menor do que a taxa escolhida para ter retorno, mas bem próxima.

Tornando esta proposta inviável economicamente, porém pode-se verificar que, com o a análise gráfica do crédito gerado (calculado em reais a partir da taxa de kWh fora de ponta) que se o montante do custo total de R\$ 199.929,60 ficasse aplicado em uma das propostas, conforme Figura 5, existe a possibilidade sim de se investir no sistema fotovoltaico, pois o valor que se terá em 12 meses de economia na conta de energia elétrica ao longo dos 13 anos serão no mínimo o valor de R\$ 15.694,82 por ano, e após o 13º ano a empresa não terá que “pagar” o investimento e passará a ter a redução em sua conta de energia elétrica, ressaltando que com o passar dos anos a taxa de energia elétrica fora de ponta que hoje é de R\$ 0,3478 poderá ter aumentos gradativos. Assim, a proposta acaba sendo viável, mas dependerá da tomada de decisão final do gestor da empresa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferramenta proposta foi realizada e está no início dos primeiros testes da viabilidade econômica para a utilização nas indústrias a partir do sistema fotovoltaico.

Salienta-se que, quanto maior for à utilização de energia elétrica em kWh/mês de uma indústria, e nesta ter apenas um medidor para todos os processos de produção e administrativo, mais difícil será a viabilidade econômica através de conceitos contábeis, porém percebe-se que o projeto se paga, ao longo dos anos descritos no *payback* e após isso é o momento que a empresa tem o sistema fotovoltaico pago e estará produzindo energia e o excedente entregue para a distribuidora de energia local, recebendo os créditos em kWh, e hipoteticamente o cálculo dos créditos proposto multiplicado à tarifa de energia fora de ponta, logo, o que foi apresentado na ferramenta será o mínimo que será reduzido na conta de energia elétrica da indústria.

Assim, espera-se que os gestores iniciem um processo de utilização de energias renováveis – energia fotovoltaica – utilizando a ferramenta desenvolvida.

REFERÊNCIAS

América do Sol. Disponível em: <http://www.americadosol.org/guiaFV/> Acesso em 01 JUL 2015.

ANEEL - Informações Técnicas, Distribuição de Energia Elétrica, Geração Distribuída Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=757> Acesso em 14 Jul 2015.

Centro de Produções Técnicas. Disponível em: <http://www.cpt.com.br/noticias/producao-de-energia-renovavel-pode-dar-desconto-na-conta-de-energia> Acesso em 14 Jul 2015.

Centro de Referências para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata> Acesso em 18/07/2015

Centro nacional de referências em pequenas centrais hidrelétricas. Disponível em: <http://www.cerpch.unifei.edu.br/noticias/a-viabilidade-de-aplicacao-da-resolucao-482-na-implantacao-de-sistemas-de-geracao-fotovoltaica-nas-atuais-condicoes-de-mercado.html> Acesso em 14 Jul 2015.

Grupo Witzler Engenharia. Disponível em: <http://www.witzler.com.br/aumento-da-energia-eletrica-2015/> Acesso em 14 Jul 2015.

IEA - *International Energy Agency*. Disponível em: <http://www.iea.org/> Acesso em 14 Jul 2015.

Portal o Setor Elétrico. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/57-artigos-e-materias/1292-geracao-de-energia-fotovoltaica.html> Acesso em 14 Jul 2015.