

MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR

ESTUDO DE VIABILIDADE DE SISTEMA SOLAR AO FUNDO DA UNIDADE DE SAÚDE DA FAMÍLIA (USF)

PROPRIETÁRIO: MUNICÍPIO DE ITAÚBA/MT

DADOS DO RESPONSÁVEL TÉCNICO:

NOME: Erivaldo Evaristo de Lima

TÍTULO: Engenheiro Eletricista e Segurança do Trabalho

CREA/MT: 044772

ENDEREÇO: Chácara Boa Esperança

CEP: 78.500-000

FONE: (66) 9 9930-0299

E-MAIL: evaristomt@hotmail.com



1. EDIFICAÇÃO:

Município de Itaúba – Carport fundos a Unidade de Saúde da Família (USF).

CNPJ: 03.238.961/0001-27

Endereço: Avenida Tiradentes, s/nº, Centro, CEP: 78510-000, Itaúba/MT.

Endereço de Instalação: Avenida Tiradentes, s/nº, Centro, CEP: 78510-000, Itaúba/MT

Coordenadas Geográficas: -11.007653, -55.244026 (11°00'27.6"S 55°14'38.5"W)

Coordenadas UTM: 21L 691961.88mE 8782477.59mS

CONTRATO: 096/2022.

2. RESPONSÁVEL TÉCNICO:

Erivaldo Evaristo de Lima

Engenheiro Eletricista e Segurança do Trabalho – CREA/MT: MT44772

E-mail: evaristomt@hotmail.com

Telefone: (66) 9-9930-0299.

3. INTRODUÇÃO:

Tendo em vista a sustentabilidade energética para as edificações municipais neste município, este documento visa analisar as condições de investimento / retorno para instalação do sistema de microgeração de energia fotovoltaica.

4. OBJETIVO:

Realizar o estudo de viabilidade econômico e financeiro do retorno do investimento para instalação deste projeto, bem como descrever as fases de implantação do sistema:

- ✓ Ciclo 01: Tempo de investimento e retorno da instalação do sistema;
- ✓ Ciclo 02: Execução do projeto na edificação.

5. CONTEXTO EDIFICAÇÃO, CONSUMO E PRODUÇÃO:

A configuração dos arranjos de conjuntos de módulos solares (placas fotovoltaicas) em série / paralelo para sistemas fotovoltaicos devem ser cuidadosamente analisados e obedecer a critérios técnicos relacionados à condição de funcionamento dos equipamentos de conversão da energia fotovoltaica, observando níveis de tensão e corrente.

A posição geográfica da edificação e consequente trajetos do Sol devido à rotação terrestre e sua inclinação, consta que a instalação de sistemas fotovoltaicos com placas fixas apresenta o melhor potencial de conversão quando inclinadas ao norte, por garantir menores perdas da área de exposição devido à variação angular da superfície das placas com a direção da radiação solar incidente, conforme evidenciado na “Figura 01 – Trajetória de Incidência Solar”.

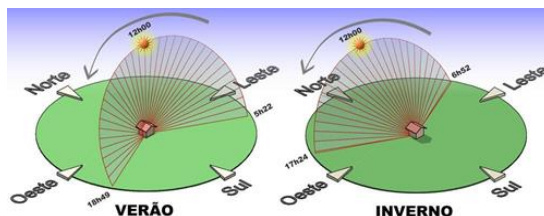


Figura 01 – Trajetória da incidência solar

O dimensionamento da micro usina fotovoltaica é extraída da demanda de consumo da edificação e apresentado na “Tabela 01 – Perfil de Consumo Medido”, registrado pelas unidades consumidoras e apresentada nas faturas de energia elétrica, com média mensal de **12.644kWh totalizando ao ano 151.728kWh.**

FUNDOS UNIDADE DE SAÚDE DA FAMÍLIA (USF)			
SEQ.	UNIDADE CONSUMIDORA (UC)	CONSUMO (KWH)	VL. TOTAL (R\$)
01	659433	7.457	7.893,01
02	2379	771	816,08
03	701878	782	827,72
04	1356163	50	52,92
05	1614579	482	510,18
06	1959563	30	31,75
07	2006514	111	117,49
08	2006859	50	52,92
09	2219969	50	52,92
10	2551955	193	204,28
11	1049312	106	112,20
12	2590206	905	957,92
13	2606339	1.247	1.319,91
14	2655343	180	190,52
15	2663636	230	243,45
MÉDIA MENSAL		12.644	13.383,29

Tabela 01 – Perfil de Consumo mensal e anual

DESCRIÇÃO	VALORES (R\$)
Tarifa com impostos	1,05847
Custo Mensal	13.383,29
Custo Anual	160.599,54

Tabela 02 – Perfil de Valores mensal e anual



A tecnologia das placas solares nos proporciona comercialmente valores de eficiência em aproximadamente 17% de conversão da energia eletromagnética incidente pela radiação solar, e a radiação incidente, conforme dados da CRESESB, para a estação mais próxima, apresentado na Tabela nº 03 e no Gráfico nº 01, é de 4,91kWh/m².dia, para plano inclinado e 5,00kWh/m².dia, para o plano inclinado de 13ºN mais próximo ao aplicado no projeto.

Estação: Itauba
Município: Itauba, MT - BRASIL
Latitude: 11,001° S
Longitude: 55,249° O
Distância do ponto de ref. (11,011083° S; 55,23675° O): 1,7 Km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
✓	Plano Horizontal	0° N	4,93	4,81	4,71	4,63	4,67	4,70	5,05	5,44	5,04	5,07	4,95	4,95	4,91	,81
✓	Ângulo igual a latitude	11° N	4,66	4,67	4,72	4,83	5,07	5,23	5,58	5,81	5,13	4,96	4,71	4,64	5,00	1,16
✓	Maior média anual	13° N	4,60	4,63	4,70	4,85	5,13	5,31	5,66	5,86	5,13	4,93	4,66	4,58	5,00	1,28
✓	Maior mínimo mensal	6° N	4,80	4,75	4,73	4,75	4,90	5,00	5,36	5,66	5,10	5,03	4,84	4,80	4,98	,93

Tabela 03: Irradiação solar no plano inclinado (CRESESB)

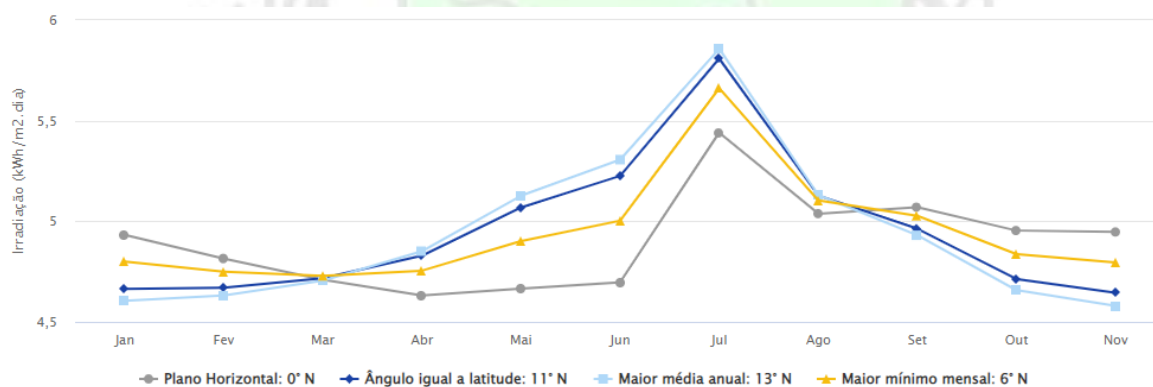


Gráfico 01: Irradiação solar no plano inclinado (CRESESB)

Através das condições acima apresentadas, a cobertura foi observada para determinar quais coberturas apresentariam menores custos de instalação, e assim uma melhor atratividade de investimento.

Os sistemas de geração de energia solar se tornaram mais atrativos após a possibilidade de injeção da energia produzida, diretamente na rede de distribuição pública, em regime de compensação, evitando equipamentos de armazenamento de energia, até então um entrave para utilização desta tecnologia. Assim, no conjunto dos equipamentos a serem instalados, o inversor de frequência, equipamento necessário para injeção da energia produzida na rede pública, é o equipamentos mais custoso do sistema bem como onde se concentra todo o cabeamento elétrico do sistema.

O local possui espaço o suficiente para instalação do sistema. Conforme visita "in loco", foi observado que para instalação e execução do projeto, precisa-se de aproximadamente 640m², vale ressaltar que no local não tem sombreamento, o que facilita a instalação com direção para norte geográfico verdadeiro, conforme demonstrado na figura



02. Vale ressaltar, que no local, não há ao padrão de entrada, que deverá ser instalado pela empresa que executará os serviços incluindo os produtos e todos os serviços administrativos.



Figura 02 – Previsão da Instalação dos Módulos fotovoltaicos

Vale ressaltar, que as adequações elétricas para efetivação da obra serão por conta da empresa vencedora, é importante salientar, que não há padrão de entrada, devendo a empresa na qual vai executar se responsabilizar pela implantação, instalação e acompanhamento de ligação junto à concessionária, até a homologação / efetivação da instalação do **padrão de entrada, do tipo T6**, e que atenda as exigências atuais de concessionária (ENERGISA).

Através do estudo acima, foi elabora projeto de instalação para **216 (duzentos e dezesseis) módulos fotovoltaicos de mínimo 500W, mínimo 01 (hum) inversor trifásico de no mínimo de 75kW**, totalizando um sistema de 108kWp, e seu custo elaborado em planilha de custo de referência de R\$ 532.020,93, para uma produção mensal inicial de 13.500kWh e anual inicial de 162.000kWh e depreciação de 1% ao ano conforme dados de placa dos módulos fotovoltaicos.



6. REFERENCIAL TEÓRICO:

• ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA.

O Estudo de Viabilidade Econômico-financeira fundamenta-se na teoria das Decisões de Investimentos (ASSAF NETO, 2008), que objetiva a maximização da eficiência na alocação de recursos. Um investidor costuma ter um portfólio de alternativas de investimento a sua disposição. No processo de tomada de decisão, deve avaliar qual e o melhor uso de seus recursos, podendo incluir as seguintes opções:

- ✓ Mantê-los aplicados no mercado financeiro;
- ✓ Aplicá-los no projeto em questão; ou
- ✓ Aplicá-los em projeto alternativo que apresente melhor desempenho.

A tomada de decisão passa por considerações sobre a relação retorno / risco, para que um investimento seja interessante ao empreendedor, é necessário que a relação retorno / risco seja melhor do que a melhor alternativa deixada de lado.

É importante ressaltar que o *investimento público deve-se levar em considerações critérios sociais e ambientes na tomada de decisão*, considerando neste caso os benefícios ambientais quanto à ampliação do sistema de produção de energias limpas e consequente redução de emissão dos gases do efeito, conforme tratado COP21 e o Acordo de Paris qual o Brasil é signatário.

• INDICADORES DE VIABILIDADE E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.

A viabilidade econômico-financeira é estimada através do cálculo de indicadores de viabilidade com base na projeção de fluxos de caixa incrementais, na qual interessam ao analista somente os investimentos, custos, despesas e receitas incrementais proporcionados pelo projeto (ASSAF NETO, 2008), ao longo do período determinado para a análise.

Esse período é definido pela expectativa de recuperação do investimento em função do montante inicial investido e dos fluxos de caixa operacionais e/ou da expectativa do investidor em obter retorno do seu investimento. Os principais indicadores de viabilidade econômico-financeira é o *Valor Presente Líquido (VPL)*, *Taxa Interna de Retorno (TIR)* e o *Payback Descontado*. Esses indicadores permitem interpretações complementares sobre o investimento.

O VPL é calculado pela soma dos fluxos de caixa incrementais do investimento ao longo do período relevante de análise, descontados a uma taxa de desconto que representa o custo de oportunidade do capital investido. Essa taxa de desconto costuma ser denominada de *Taxa Mínima de Atratividade (TMA)* em análise do setor privado, e reflete o retorno mínimo requerido pelo investidor sobre o capital investido (ASSAF NETO, 2008). Segundo Belli et al. (2001), a fórmula do VPL é dada por:

$$VPL = \frac{(B_0 - C_0)}{(1+r)^0} + \frac{(B_1 - C_1)}{(1+r)^1} + \frac{(B_2 - C_2)}{(1+r)^2} + \dots + \frac{(B_n - C_n)}{(1+r)^n} \quad \text{ou} \quad VPL = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$$



Onde B se refere a benefícios, C a custos, t ao tempo, n ao numero de períodos e r a taxa de desconto (i.e. a TMA). Os valores são apurados no fim do respectivo período. Conceitualmente, o VPL , expressa à variação no nível de riqueza gerada pelo projeto. Os critérios de avaliação com base no VPL são os seguintes:

- ✓ $VPL \geq 0$, o investimento é considerado viável; quanto maior for o VPL , maior e o benefício gerado pelo projeto;
- ✓ $VPL < 0$, o investimento é considerado inviável.

A TIR representa a “rentabilidade do projeto expressa em termos de taxa de juros composta equivalente periódica” (ASSAF NETO, 2008). Ela é equivalente à taxa de desconto que iguala os fluxos de custos e benefícios descontados, zerando o VPL . Portanto, seu cálculo é feito iterativamente até que o VPL iguale-se a zero. A TIR permite um entendimento sobre o retorno do projeto sobre o capital inicial investido, e também informa preliminarmente sobre o nível de risco do investimento. A fórmula da TIR é dada por:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + TIR)^t}$$

Os parâmetros da formula são os mesmos descritos, anteriormente, na fórmula do VPL . Os critérios de avaliação com base na TIR são os seguintes:

- ✓ $TIR \geq TMA$, o investimento é considerado viável; quanto maior for a TIR em relação à TMA , menor o risco do projeto;
- ✓ $TIR < TMA$, o investimento é considerado inviável.

Apesar de o uso da TIR ser muito popular na avaliação de investimentos, o VPL é o melhor indicador, pois a TIR possui limitações, podendo apresentar resultados incorretos em determinadas condições (CASSAROTO & FILHO, 2006). O $Payback$ descontado, também chamado de *Tempo de Recuperação do Investimento (TRI)*, descontado, demonstra o tempo que o projeto leva para pagar (retornar) o investimento inicial considerando o custo de oportunidade do capital.

É um indicador muito popular, mas limitado, pois despreza os fluxos posteriores ao $Payback$ e tampouco considera o valor de liquidação do investimento. Pode ser usado para determinar a viabilidade do empreendimento, de forma conservadora, desde que se determine um $Payback$ mínimo aceitável. Também pode, alternativamente, ser utilizado como medida do nível de risco do projeto, ainda que limitada. Quanto menor o $Payback$, menor seria o risco do projeto. A representação da fórmula do $Payback$ pode ser dada pela seguinte expressão:

$$t \left(\sum_{i=1}^n \frac{(B_i - C_i)}{(1+r)^i} = I_t \right)$$

A definição I_t refere-se ao montante do investimento inicial e os outros parâmetros são os mesmos descritos, anteriormente, na formula do VPL .



7. INFORMAÇÃO DO INVESTIMENTO:

• BASE DE DADOS DO INVESTIMENTO

Valor da Tarifa de Energia Elétrica (R\$/kWh)	1,05847
Taxa de Correção Anual da Tarifa (%)	03
Consumo (kWh/mês)	12.644
Potência Instalada (kWp)	108,00
Produção (kWh/mês)	13.500
Custo Inicial (R\$)	532.020,93

Tabela 04 - Dados do investimento

ANÁLISE DE PRODUÇÃO E CONSUMO (KWH)			
Produção	13.500		
Consumo da Produção	12.644	Residual	856
Venda da Produção	856		
Consumo da Produção	13.500		

Tabela 05 - Consumo x Expectativa de Produção

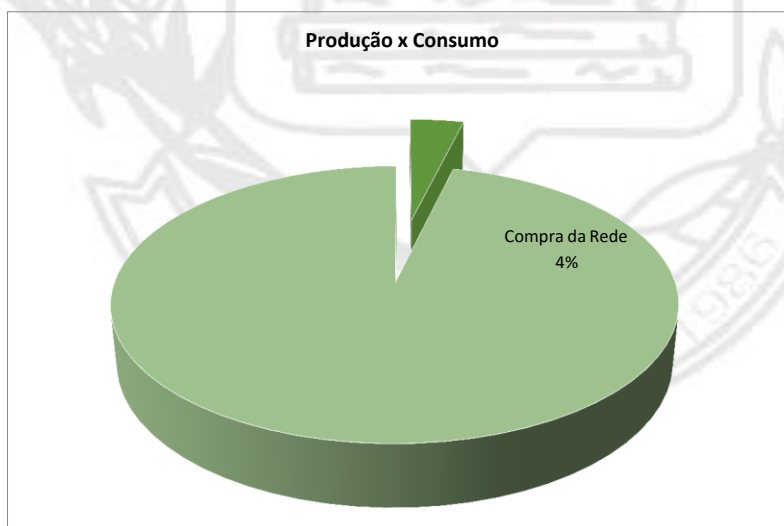


Gráfico 02 - Consumo x Expectativa de Produção



PREFEITURA DE
ITAÚBA
www.itauba.mt.gov.br

FLS N° _____
VISTO SERVIDOR

Ano	Consumo (kWh)**	Consumo Acumulado (kWh)	Consumo (R\$)	Consumo Acumulado (R\$)	Produção* (kWh)	Produção Acumulada (kWh)	Produção (R\$)	Produção Acumulada (R\$)	Residual (kWh)	Residual Acumulado (kWh)	Residual (R\$)	Residual Acumulado (R\$)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	151.728	151.728	160.599,54	160.599,54	168.000	168.000	177.822,96	177.822,96	-16.272	-16.272	-17.223,42	-17.223,42
2	156.280	308.008	165.417,52	326.017,06	166.320	334.320	176.044,73	353.867,69	-10.040	-26.312	-10.627,21	-27.850,63
3	160.968	468.976	170.380,05	496.397,11	164.657	498.977	174.284,28	528.151,97	-3.689	-30.001	-3.904,24	-31.754,87
4	165.797	634.773	175.491,45	671.888,56	163.010	661.987	172.541,44	700.693,41	2.787	-27.214	2.950,01	-28.804,86
5	170.771	805.545	180.756,19	852.644,75	161.380	823.367	170.816,03	871.509,44	9.391	-17.823	9.940,17	-18.864,69
6	175.894	981.439	186.178,88	1.038.823,63	159.766	983.133	169.107,87	1.040.617,31	16.128	-1.695	17.071,01	-1.793,68
7	181.171	1.162.610	191.764,24	1.230.587,87	158.169	1.141.302	167.416,79	1.208.034,09	23.003	21.308	24.347,46	22.553,78
8	186.606	1.349.216	197.517,17	1.428.105,04	156.587	1.297.889	165.742,62	1.373.776,71	30.019	51.327	31.774,55	54.328,33
9	192.204	1.541.421	203.442,69	1.631.547,73	155.021	1.452.910	164.085,19	1.537.861,90	37.183	88.511	39.357,49	93.685,83
10	197.971	1.739.391	209.545,97	1.841.093,70	153.471	1.606.381	162.444,34	1.700.306,25	44.500	133.010	47.101,63	140.787,45
11	203.910	1.943.301	215.832,35	2.056.926,05	151.936	1.758.317	160.819,90	1.861.126,14	51.974	184.984	55.012,45	195.799,90
12	210.027	2.153.328	222.307,32	2.279.233,36	150.417	1.908.734	159.211,70	2.020.337,84	59.610	244.594	63.095,62	258.895,52
13	216.328	2.369.656	228.976,54	2.508.209,90	148.913	2.057.647	157.619,58	2.177.957,42	67.415	312.009	71.356,96	330.252,48
14	222.818	2.592.474	235.845,83	2.744.055,74	147.424	2.205.070	156.043,39	2.334.000,81	75.394	387.403	79.802,45	410.054,93
15	229.502	2.821.976	242.921,21	2.986.976,94	145.949	2.351.020	154.482,95	2.488.483,76	83.553	470.956	88.438,26	498.493,18
16	236.387	3.058.363	250.208,84	3.237.185,79	144.490	2.495.509	152.938,12	2.641.421,88	91.897	562.854	97.270,72	595.763,90
17	243.479	3.301.842	257.715,11	3.494.900,90	143.045	2.638.554	151.408,74	2.792.830,62	100.434	663.288	106.306,37	702.070,27
18	250.783	3.552.625	265.446,56	3.760.347,46	141.614	2.780.169	149.894,65	2.942.725,28	109.169	772.457	115.551,91	817.622,18
19	258.307	3.810.932	273.409,96	4.033.757,42	140.198	2.920.367	148.395,71	3.091.120,99	118.108	890.565	125.014,25	942.636,44
20	266.056	4.076.988	281.612,26	4.315.369,68	138.796	3.059.163	146.911,75	3.238.032,74	127.260	1.017.825	134.700,51	1.077.336,94
	4.076.988		4.315.369,68		3.059.163		3.238.032,74		1.017.825		1.077.336,94	

Tabela 05 – Custos e retornos durante os anos

*Considerando perda de 1%/ano de produção das placas, conforme dados do fabricante.

**Considerando crescimento de 3%/ano o consumo de energia.



8. ANÁLISE DE DADOS:

Para determinação dos parâmetros *TIR*, *VPL* e *Payback* do Sistema, foram utilizadas os valores apresentados na planilha de *CUSTOS E RETORNOS AO LONGO DOS ANOS*.

- **TAXA DE ATRATIVIDADE MÍNIMA:**

A taxa de atratividade mínima (TMA) utilizada será o custo de oportunidade do capital de 6,27% referente ao CDB, representando investimento de baixo risco.

- **FLUXO DE CAIXA:**

Para estimativa do custo de caixa descontado, sabendo que o sistema requer manutenções apenas de limpeza dos módulos fotovoltaicos, e verificação do aterramento, serão considerados 0,5% do capital investido para manutenção do mesmo.





9. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES:

Os equipamentos do sistema de geração fotovoltaicos são desenvolvidos para confiabilidade de uso de no mínimo 25 anos, assim, considerando os custos envolvidos de manutenção envolvidos apresentados, recomenda-se a instalação do sistema desde que seja garantida a estrutura instalada pelo período mínimo de 10 anos, sendo investimento interessante considerando este período do sistema em funcionamento e considerando o tempo de retorno do investimento (*Payback Descontado*) entre 03 e 04 anos.

Valem lembrar, que a iniciativa pública deve levar em consideração demais objetivos sociais como já mencionado no referencial teórico.

Para a garantia dos retornos do projeto, seguem algumas recomendações:

- ✓ **Periodicamente** é necessário realizar a *limpeza das superfícies dos módulos conversores* a fim de evitar acúmulo de sujeira e consequente barreira à incidência de radiação;
- ✓ O *sistema de aterramento* deve ser verificado **anualmente** e recomenda-se aplicação de gel para melhor a condutibilidade do solo com as hastes e cordoalha de aterramento.

É altamente recomendável realizar a análise para instalação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), mesmo não conferindo uma proteção absoluta, esta medida protetiva garante maior confiabilidade dos equipamentos do sistema fotovoltaicos.



10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAF NETO, *Finanças Corporativas e Valor*. 3ª Edição. São Paulo: Ed. Atlas, 2008. Pag. 716.

CASSAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, *Análise de investimentos*. São Paulo, Editora Atlas, 2006. Pag. 292.

