

# POLÍTICA PÚBLICA DE INVESTIMENTO EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE FRENTE AO ENQUADRAMENTO TARIFÁRIO

Deyvid Henderson Santos Moreira Maciel – deyvidmaciel@hotmail.com

Alaan Ubaiara Brito – aubrito@unifap.br

Universidade Federal do Amapá, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas

**Resumo.** O panorama energético do Estado do Amapá em breve sofrerá grande mudança. Esta mudança significativa não será somente pelo fato de novas hidrelétricas que estão sendo construídas no Estado e que entrarão em funcionamento, mas sim a ligação com o Linhão de Tucuruí, fazendo com que o Amapá esteja conectado com o Sistema Interligado Nacional – SIN. E juntamente a isto, as tarifas horo-sazonais farão parte do cotidiano da população. Dado o exposto, o trabalho de pesquisa visa analisar qual o ganho econômico, ou não, obtido com a mudança de tarifa energética utilizada para depois fazer uso deste ganho em forma de política pública na introdução de sistemas fotovoltaicos em edificações públicas. Para isso foram realizadas análises tarifária e econômica utilizando como objeto de estudo o Tribunal de Justiça do Amapá – TJAP. Os resultados revelam que a mudança para tarifa horo-sazonal verde representa uma grande redução no custo energético da edificação e que o investimento desta economia em sistemas fotovoltaicos proporcionaria a instalação de um sistema fotovoltaico com potência de pico equivalente a 67,5% da demanda máxima em um período de 10 anos. Pode-se constatar também que, existe uma sensibilidade entre as três modalidades tarifárias e que esta sensibilidade permite o investimento na introdução de geração de energia renovável na matriz energética do país.

**Palavras-chave:** Energia Solar; Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede; Tarifa Energética; Política Pública.

## 1. INTRODUÇÃO

O panorama energético do Estado do Amapá em breve sofrerá grande mudança. Esta mudança significativa não será somente pelo fato de novas hidrelétricas que estão sendo construídas no Estado e que entrarão em funcionamento, mas sim a interligação com o Linhão de Tucuruí, fazendo com que o Amapá esteja conectado com o Sistema Interligado Nacional – SIN. E juntamente a isto, as tarifas horo-sazonais farão parte do cotidiano da população.

Com o propósito do incentivo à implantação de energias renováveis na matriz energética do Estado, neste caso a energia solar fotovoltaica, busca-se estudar melhores maneiras de praticar esta ideia. Sobre isso, Ruther et al. (2010) falam sobre o fato que em prédios que operam principalmente durante as horas do dia, nos quais a demanda e a geração estão relacionadas devido à forte utilização de equipamentos de ar condicionado, estes tornam-se grande atrativo para a integração de sistemas fotovoltaicos. Além disso, segundo SEBA (2004), a instalação de um sistema fotovoltaico ligado à rede elétrica traz benefícios como: reforço das linhas elétricas, aumento do tempo de vida do transformador, redução das perdas de transporte, além de ser uma energia verde. Por outro lado, a dependência de uma fonte intermitente como a energia solar nos leva a questionamentos sobre a viabilidade econômica do investimento em sistemas fotovoltaicos.

O presente trabalho tem como objetivo fazer análise tarifária de edificações públicas para a verificação da possibilidade da instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) das mesmas com base no ganho econômico obtido com o reenquadramento tarifário. Verificada a possibilidade, realizar o dimensionamento destes sistemas fotovoltaicos e verificar a sua contribuição econômica.

A edificação escolhida foi o prédio do Tribunal de Justiça do Amapá – TJAP, localizado na cidade de Macapá – AP, Brasil. Para a realização da análise tarifária desta edificação, dados de consumo e demanda energética do período de um ano foram estudados a partir da curva de carga obtida junto à instituição.

Verificou-se que a Tarifa Horo-Sazonal Verde representa uma grande redução no custo energético da edificação e propôs-se que a economia gerada pela mudança da Tarifa Convencional, atualmente utilizada, para a Tarifa Verde, fosse investida em um sistema fotovoltaico. Juntamente a esta economia, nos anos posteriores, seria agregado o ganho monetário resultante da geração do SFCR para a ampliação, operação e manutenção do sistema.

Esta análise foi realizada para o período de 10 anos, resultando no fim deste período, em um sistema de geração fotovoltaica com potência de pico instalada equivalente a 67,50% da demanda máxima para o TJAP.

## 2. METODOLOGIA

Primeiramente realizaram-se visitas a prédios públicos de Macapá tendo em vista selecionar uma edificação com perfil de carga desejado para realização do estudo. Após a seleção, efetuou-se análise do perfil energético da edificação para a verificação do comportamento do consumo e demanda da mesma durante dias de semana e fim de semana.

A partir do perfil de consumo, realizou-se o estudo do impacto de cada modalidade tarifária (tarifa convencional, tarifa horo-sazonal verde e horo-sazonal azul) sobre o custo energético da edificação selecionada.

Efetuiu-se o dimensionamento do sistema fotovoltaico, que tem como meta permitir a análise do impacto provocado por este sistema para a tarifa que se apresentou mais viável economicamente para a edificação e assim permitir a proposta e aplicação de política pública que objetiva o investimento em sistemas fotovoltaicos conectados à rede frente ao enquadramento tarifário, proporcionando economia com o custo energético.

Para a realização do estudo proposto foi selecionada a edificação do Tribunal de Justiça do Amapá – TJAP por ser uma edificação pública de grande importância e impacto social, não só na cidade de Macapá, mas como em todo o estado do Amapá.

Para a análise dos gastos de consumo e demanda da edificação para o ano de 2012 foi necessária a determinação do perfil de consumo da mesma. Para isso, obteve-se a curva de carga através da Divisão de Engenharia e Fiscalização da instituição. Foram utilizados os dados de demanda energética do referido ano e o perfil de carga para um dia típico da edificação para a verificação do comportamento nos horários de ponta e fora de ponta para utilizar na análise das tarifas horo-sazonais, além da análise da tarifa convencional. A Fig. 1 apresenta a curva de carga estipulada para o mês de Outubro, em que a demanda máxima é de 580 kW:

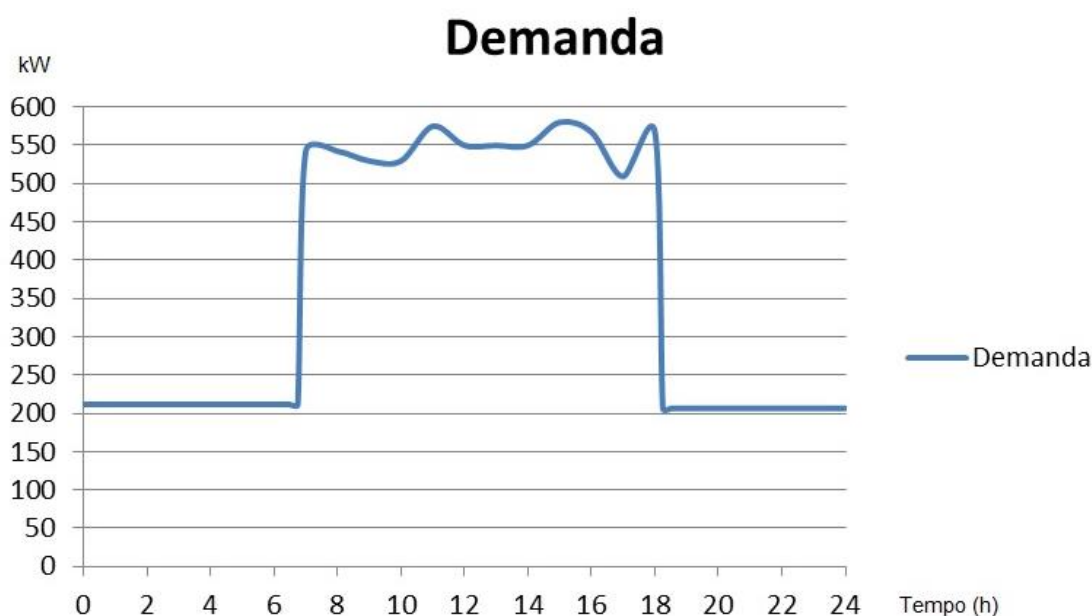


Figura 1 - Curva de carga projetada para o mês de Outubro – TJAP

## 3. RESULTADOS

Juntamente à definição do perfil de carga da instituição, as tarifas energéticas da Companhia Elétrica do Pará – CELPA foram utilizadas para a realização dos cálculos do estudo. A utilização das tarifas da CELPA se deu pelo fato de que a Companhia Elétrica do Amapá – CEA possui tarifas bastante diferentes daquelas praticadas no restante do país, já que a mesma possui restrições junto a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL no momento da realização deste estudo, e também pela mesma não praticar valores para as tarifas horo-sazonais verde e azul. A Tab. 1 apresenta os valores tarifários da Companhia Elétrica do Pará, sendo estas tarifas as do período seco, que apresentam maior custo:

Tabela 1 - Tarifas praticadas pela Companhia Elétrica do Pará – CELPA

Grupo A4 (2,3 a 25 kV)	Demanda - Ponta	Demanda – Fora de Ponta	Consumo - Ponta	Consumo – Fora de Ponta
Tarifa H. S. Azul	60,25 R\$/kW	16,84 R\$/kW	216,82 R\$/MWh	130,36 R\$/MWh
Tarifa H. S. Verde	17,19 R\$/kW		216,82 R\$/MWh	130,36 R\$/MWh
Tarifa Convencional	56,69 R\$/kW		136,64 R\$/MWh	

As curvas de cargas mencionadas em conjunto com as tarifas escolhidas permitiram o cálculo dos valores de consumo, em kWh, para cada mês do ano, como apresentados na Tab. 2, em conjunto com os valores de demanda, em kW, obtidos das contas de energia da edificação para o ano de 2012:

Tabela 2 - Dados de consumo e demanda calculados – TJAP

Mês	Consumo (kWh)	Demanda (kW)
Janeiro	164.483,10	536,00
Fevereiro	145.033,20	520,00
Março	162.687,00	524,40
Abril	155.018,00	520,00
Maio	160.447,60	520,00
Junho	154.143,60	520,00
Julho	172.154,90	561,00
Agosto	168.457,30	543,00
Setembro	168.183,90	561,00
Outubro	177.985,50	580,00
Novembro	168.243,80	561,20
Dezembro	171.249,40	552,00

A partir disto, primeiramente calculou-se o gasto com a Tarifa Convencional, que é a única tarifa energética praticada no estado até o momento. Nesta modalidade tarifária aplica-se, para o grupo A (grupo em que a edificação se encontra), tarifa única de demanda de potência em kW e tarifa única de demanda de energia (consumo) em kWh.

Depois se calculou o gasto com a Tarifa Horo-Sazonal Azul, ainda não executada no estado do Amapá, mas que passará a ser utilizada com a conexão do Estado ao Linhão de Tucuruí. Nesta modalidade aplica-se uma tarifa para horário de ponta e outra para horário fora de ponta para a demanda de potência, tanto quanto uma tarifa para horário de ponta e outra para horário fora de ponta para o consumo.

E por fim, calculou-se o gasto com a Tarifa Horo-Sazonal Verde, ainda não executada no Estado igualmente à Azul. Neste caso aplica-se uma tarifa única para a demanda de potência em conjunto a uma tarifa para horário de ponta e outra para horário fora de ponta para a demanda de energia. Os valores totais dos gastos anuais da edificação para cada tarifa encontram-se na Tab. 3:

Tabela 3 - Valores dos gastos anuais em energia por tarifa praticada

	Gasto Anual (R\$)
Tarifa Convencional	R\$ 661.724,46
Tarifa Horo-Sazonal Azul	R\$ 793.826,77
Tarifa Horo-Sazonal Verde	R\$ 394.062,08

Estes resultados foram obtidos utilizando-se o valor de demanda contratada da edificação, um único valor tanto para horário de ponta como fora de ponta, que é de 520 kW para todos os meses do ano.

Como pode ser observado da Tab. 3, o comportamento do custo energético da edificação possui variações relevantes entre cada tarifa analisada. Observou-se um aumento no custo de energia com a aplicação da Tarifa Horo-Sazonal Azul e uma redução com a aplicação da Tarifa Horo-Sazonal Verde em comparação à Tarifa Convencional.

Partindo do fato de que a mudança da Tarifa Convencional para a Horo-Sazonal Verde representa uma economia de fato para o TJAP, sendo esta em valor de R\$ 267.662,40, o presente estudo propõe uma política pública com a utilização desta economia anual no investimento em sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) desta edificação. Ao passar dos anos, a economia devido à troca na tarifa praticada pela instituição se juntará à economia devido à inserção do SFCR para o investimento na ampliação deste sistema, considerando que não haverá alteração nos valores cobrados das tarifas durante o período analisado. O estudo realizou a análise apresentada durante o período de 10 anos e não efetuou a mudança do valor de demanda contratada da edificação.

Para a verificação do impacto da instalação dos sistemas fotovoltaicos sobre o consumo e demanda do prédio do TJAP necessita-se calcular a geração solar fotovoltaica ano após ano. Para isso, utilizou-se a Eq. (1):

$$G = P_s \times H_m \times f \quad (1)$$

onde G é a geração solar fotovoltaica (kWh);  $P_s$  é a potência do sistema (kW);  $H_m$  é o valor das horas de sol pleno para cada mês, o qual é obtido da multiplicação das horas de sol pleno diárias e o número de dias do mês em questão (h);  $f$  é o coeficiente atribuído a perdas na transformação de corrente contínua para corrente alternada e perdas na condução (0,8).

Os dados de radiação solar em Macapá, obtidos através de uma média dos valores encontrados em MARQUES (2009, pg. 55) podem ser vistos na Tab. 4:

Tabela 4 - Radiação solar em Macapá-AP, médias mensais (valores em kWh/m<sup>2</sup>.dia)

Meses											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4,63	4,23	3,87	3,90	4,23	4,53	5,27	5,67	6,37	6,30	5,67	4,63

No caso da tarifa horo-sazonal verde aqui analisada, a contribuição do SFCR foi junto ao horário fora de ponta, já que no horário de ponta (18 h – 21 h) não há geração fotovoltaica.

A economia de R\$ 267.662,40 permitiu a instalação de um SFCR de 33,21 kWp (representa 5,73% da demanda máxima da edificação), composto de 123 módulos solares e 5 inversores, além de cabos, conectores e estruturas para os módulos. A Tab. 5 apresenta a descrição e o custo dos equipamentos:

Tabela 5 - Equipamentos e custo do SFCR de 33,21 kWp

Equipamento	Quantidade	Preço Estimado	TOTAL
Módulo Solar 240-270 Wp	123	R\$ 1.349,00	R\$ 165.927,00
Inversor Grid-Tie 6-7 kWp	5	R\$ 15.719,00	R\$ 78.595,00
Cabos e conectores	-	2% do total de módulos e inversores	R\$ 4.890,44
Estrutura e mão de obra	-	5% do total de módulos e inversores	R\$ 12.226,10
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>R\$ 261.638,54</b>

Um importante componente para a análise da implantação do SFCR é o custo de operação e manutenção do sistema (O & M), que de acordo com MACÊDO (2006, pg. 78), é o equivalente a 2% do investimento, ou seja, representa R\$ 5.232,77 para este primeiro ano, totalizando R\$ 266.871,31 em investimento. A economia proporcionada pelo SFCR de 33,21 kWp após o primeiro ano de funcionamento será de R\$ 17.367,50. A Tab. 6 apresenta os dados encontrados para os 10 anos analisados:

Tabela 6 - Instalação de SFCR no período de 10 anos

Ano	SFCR Total	Capacidade dos Inversores	Economia Anual	Equivalência com a demanda
1º	33,21 kWp	35 kW	R\$ 17.367,50	5,73%
2º	69,66 kWp	70 kW	R\$ 24.957,71	12,01%
3º	104,76 kWp	105 kW	R\$ 31.565,44	18,06%
4º	143,64 kWp	147 kW	R\$ 38.884,78	24,77%
5º	180,90 kWp	189 kW	R\$ 45.899,14	31,19%
6º	222,75 kWp	224 kW	R\$ 53.777,58	38,41%
7º	262,98 kWp	266 kW	R\$ 61.351,06	45,34%
8º	304,29 kWp	308 kW	R\$ 69.127,85	52,46%
9º	347,22 kWp	350 kW	R\$ 77.209,61	59,87%
10º	391,50 kWp	392 kW	R\$ 85.545,52	67,50%

No fim do 10º ano, além da economia proporcionada pelo sistema fotovoltaico de 391,50 kWp, restaram R\$ 1.211,58 não investidos no sistema.

#### 4. CONCLUSÃO

A ligação do Estado do Amapá com o Sistema Interligado Nacional de energia trará bastantes mudanças ao cenário energético do estado, e uma das mudanças mais significativas é a opção entre as tarifas convencional, horo-sazonal azul e horo-sazonal verde. Diante disto, este trabalho propôs-se a analisar o gasto energético da edificação do Tribunal de Justiça do Estado do Amapá com as diferentes tarifas para encontrar aquela que permitisse uma redução do custo da energia e uma inserção de energia renovável na matriz energética, neste caso, a energia solar fotovoltaica.

Foi encontrado que a tarifa horo-sazonal verde foi aquela que apresentou uma economia anual de R\$ 267.662,40 para o TJAP. Com a troca da tarifa convencional para a horo-sazonal verde executada pela edificação, propõe-se o investimento da economia obtida anualmente em um sistema fotovoltaico conectado à rede, como uma espécie de política pública em prol do meio ambiente e da sociedade.

A análise de 10 anos de instalação e ampliação do SFCR com a economia da troca das tarifas praticadas e a economia provocada pela implantação do sistema apresentou um resultado bastante positivo, já que no final deste

período a edificação possuía um sistema de geração de energia com potência de pico instalada de 67,5% da demanda máxima da edificação.

O presente trabalho demonstrou que por meio de uma simples política pública é possível promover a inserção de geração fotovoltaica sem onerar o orçamento da instituição pública.

### **Agradecimentos**

Os autores manifestam seus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

### **REFERÊNCIAS**

- ANEEL. Resolução nº 414 – Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2010.
- Braun, Priscila; Zomer, Clarissa; Ruther, Ricardo. Análise da Contribuição Energética Associada à Integração de Sistemas Fotovoltaicos em Edificações Comerciais. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar, 3., 2010, Belém. Anais... Rio Grande do Sul: UFRGS, 2010. 1 CD-ROM.
- Macêdo, Wilson Negrão. Análise do Fator de Dimensionamento do Inversor Aplicado a Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede. São Paulo, 2006. Dissertação (Doutorado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia.
- Marques, Derivan Dutra. Caracterização da Radiação Solar no Estado do Amapá. Macapá, 2009. Dissertação (Graduação) – Pró-Reitoria de Ensino, Pesquisa e Extensão.
- Moreira, Saulo G.; et al. Utilização de Controlador de Demanda e Gerador Diesel em uma universidade. In: Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2., 2010, Vitória. Anais... Vitória: ABEE/UFES, 2007. 1 CD-ROM.
- Pinho, João Tavares, et. al. Sistemas Híbridos. Brasília, Ministério de Minas e Energia, 2008.
- Servicios Energéticos Básicos Autónomos. Tejados fotovoltaicos: Energía solar conectada a la red eléctrica. [s/l]: Artes Gráficas Gala, 2004.

## **PUBLIC POLITIC OF INVESTMENT IN PHOTOVOLTAIC SYSTEM ON-GRID CONSIDERING THE TAX FRAMING**

**Abstract.** *The energetic situation of the State of Amapá will change soon dramatically. That significant change won't be just for the fact new hydroelectric which have been built on the State and will begin to work, but the connection with "Linhão de Tucuruí", promoting the interconnection between Amapá and the Nacional Interconnected System (SIN – Sistema Interligado Nacional, in Portuguese). And joining that fact, the hourly-seasonal taxes will be part of the population life. Given the exposed, this research work wants to analyze what economical gain, or not, gotten with the used energetic tax changing to later use that gain in a public politic in the introduction of photovoltaic systems in public buildings. To that had been done economical and tax analyses using as a study object the Justice Court of Amapá (TJAP – Tribunal de Justiça do Amapá, in Portuguese). The results reveal the changing to the green hourly-seasonal tax represents a relevant reduction in the energetic cost of the building and that investment in photovoltaic systems would permit around 67,5% of maximum demand in 10 years. It's possible to observe that there's a sensibility among the three tax types and that sensibility allows the investment in the introduction of renewable energy generation in the country energetic matrix.*

**Key words:** Solar Energy; Photovoltaic System on-grid; Energetic Tax; Public Politic.