

MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM UNIDADES CONSUMIDORAS DA PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO - PR

Gilvan Augusto Nava
Engenheiro Eletricista CREA/PR 165456-D
Diretor do Departamento de Iluminação Pública
Prefeitura Municipal de Pato Branco - PR

1. DADOS CADASTRAIS

Proprietário: Prefeitura Municipal de Pato Branco
CNPJ: 76.995.484/0001-54
Local: Rua Caramuru, nº 271, Centro, Pato Branco - PR
Obra: Microgeração Fotovoltaica

2. JUSTIFICATIVA

O Município de Pato Branco - PR, pretende realizar a instalação de plantas de geração de energia solar fotovoltaica - FV, com objetivo de reduzir os custos com faturas de energia elétrica, provenientes das unidades consumidoras sob responsabilidade do Município.

Atualmente a Prefeitura Municipal gasta em média R\$ 170.000,00 mensais em faturas de consumo de energia elétrica para as edificações sob responsabilidade do Município.

3. OBJETIVO

Apresentar as especificações técnicas de um sistema de geração fotovoltaica conectado à rede elétrica de baixa tensão, para produção de energia através da conversão de energia solar em elétrica, em conformidade com a Resolução Normativa nº 482/2012 – Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), amparado pelas Normas Técnicas (NBR) afins, de acordo com o Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) – Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição e de acordo com os critérios exigidos pela COPEL.

4. LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS

- MÓDULO 3 (PRODIST) - Modulo 3 do Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) – Acesso ao Sistema de Distribuição - Seção 3.7.
- MÓDULO 8 (PRODIST) - Modulo 8 da Resolução No 395 de 2009 da Agência Nacional de Energia Elétrica. - ABNT NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão.
- ABNT NBR IEC 62116 - Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.
- ABNT NBR 16149 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.
- ANEEL RESOLUÇÃO No 482 - Resolução No 482 de 17 de abril de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO No 687 - Resolução No 687 de 24 de Novembro de 2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO No 414 - Resolução No 414 de 09 de setembro de 2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica. - ANEEL RESOLUÇÃO No

517 - Resolução No 517 de 11 de dezembro de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica.

- ABNT NBR 16150 - Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade.
- GED 15303 - Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica.
- NTC 905200 – Acesso de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema da Copel (com compensação de energia).

5. INFORMAÇÕES TÉCNICAS

Face ao consumo das principais unidades consumidoras - UCs (instalações) sob a titularidade da Prefeitura Municipal de Pato Branco, ativas em 2021, foi dimensionada a potência necessária de cada sistema de geração para atendimento a 100,00% (cem por cento) do consumo passível de compensação, dentro da área de concessão da COPEL.

Foi realizado levantamento do consumo médio anual de energia de diversas unidades consumidoras sob titularidade da Prefeitura Municipal, especificamente as Unidades da Secretaria de Saúde, Secretaria de Educação, que incluem as Unidades Básica de Saúde – UBS, Unidades de Pronto Atendimento – UPA, Centros Municipais de Educação Infantil – CMEI, Escolas Municipais e, demais edificações sob responsabilidade da administração municipal, como diversos ginásios de esportes, Parque Tecnológico, Paço Municipal, Rodoviária municipal entre outras. As UCs objeto deste estudo não possuem sistema de geração de energia elétrica, e apresentam consumo passível de compensação da ordem de 184.000 kWh/mês.

Segue abaixo a identificação das entradas e saídas do sistema existente e do projeto proposto:

ENTRADAS	EXISTENTE
Consumo médio mensal (kWh)	184.000
Irradiação média local (kWh/m ² x dia)	4,69
Média de Dias por Mês	30
Fator de Correção Utilizado	0,7
Potência do Módulo Fotovoltaico (kWp)	0,450

SAÍDAS	PROJETO
Potência da Usina (kWp)	1.998
Somatório da Potência dos Inversores (kW) - Mínimo	1.600
Nº de módulos	4.438

Para atender as cargas selecionadas, foi apurada a necessidade da instalação de um empreendimento com aproximadamente 2.000 kWp de potência.

5.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

O sistema FV para geração de energia elétrica é composto pelos seguintes elementos:

- Módulos fotovoltaicos;
- Estrutura metálica de suporte dos módulos fotovoltaicos;
- Quadro de proteção/junção dos circuitos CC de geração fotovoltaica;
- Inversor AC/DC;
- Quadro de proteção da saída AC do inversor
- Cabos de conexão;
- Conectores Mc4;
- Dispositivos de proteção CC e CA;

A energia gerada pelos módulos fotovoltaicos, em corrente contínua, é fornecida a carga local ou injetada na rede de forma sincronizada através dos inversores, que convertem a energia em corrente alternada.

Durante a noite o inversor deixa de operar e se mantém em estado de “*stand by*”, com o objetivo de minimizar o consumo de energia do sistema. Os inversores supervisionam a tensão e a frequência da rede, entrando em operação somente quando os valores estão dentro da faixa de regime normal de operação.

Neste tipo de sistema, o conjunto de proteções de conexão dos inversores não permite que o mesmo funcione de forma ilhada, ou seja, em caso de falha da rede elétrica a planta deixará de funcionar.

5.2. MÓDULO FOTOVOLTAICO

Sugerimos o módulo fotovoltaico, modelo CS3W-450MS que possui certificação junto ao INMETRO. Este módulo fotovoltaico é do tipo monocristalino *half cell*, ou seja, no lugar das tradicionais células quadradas, utilizam-se células retangulares. Aumentando assim a eficiência, mantendo as mesmas dimensões e o mesmo custo de um módulo comum. Ainda, deve-se considerar marcas como Canadian Solar 450W ou similar.

Garantia de desempenho de 25 anos (no mínimo 84% de seu desempenho nominal).

5.2.1. Especificações Técnicas do Módulo Fotovoltaico

Modelo	CS3W-450MS
Registro	INMETRO 004525/2018

PERFORMANCE SOB CONDIÇÕES DE TESTE

Potência máxima	450 W (+3%)
Tensão máxima de operação	41.1 Vcc
Corrente máxima de operação	10.96 A
Tensão de circuito aberto	49,1 Vcc
Corrente de curto circuito	11,60 A
Eficiência do módulo	20,4%

PERFORMANCE EM CONDIÇÕES DE TEMPERATURA NOMINAL DE OPERAÇÃO DA CÉLULA

Potência máxima	336 W
Tensão máxima de operação	38,3 Vcc
Corrente máxima de operação	8,760 A
Tensão de circuito aberto	46,2 Vcc
Corrente de curto circuito	9,36 A

ESPECIFICAÇÕES MECÂNICAS

Tipo de célula	Monocristalino
Dimensões das células	144 [2x(12x6)] mm
Dimensões do módulo	2108 x 1048 x 40 mm
Número de células	144
Peso	24.9 kg
Seção transversal do cabo	4 mm ²
Conector	Compatível com MC4
Grau de proteção	(Módulo / caixa de junção) IP68

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

Temperatura de operação	-40°C	+85°C
Carga de neve	Até 5400 Pa	
Carga de vento	Até 2400 Pa	
Tensão máxima do Sistema	1500 Vcc	
Corrente máxima do fusível	20 A	

CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA

Coeficiente de temperatura máxima (Pmax)	-0,35%/K
Coeficiente de temperatura (Voc)	-0,27%/K
Coeficiente de temperatura (Isc)	+0,05%/K
Temperatura nominal da célula (NOCT)	42±3°C

5.3. INVERSOR SOLAR

O inversor é o equipamento responsável por converter a energia elétrica gerada nos módulos fotovoltaicos em corrente contínua, na forma de corrente alternada, de acordo com os padrões da rede elétrica da concessionária.

Os inversores aplicados em sistemas fotovoltaicos devem atender aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR IEC 62116.

O lado de corrente contínua do inversor, será conectado aos módulos fotovoltaicos, e no lado de corrente alternada, será conectado ao quadro de distribuição elétrica mais próximo da planta fotovoltaica, com tensão de saída de 220 V.

O equipamento deve possuir classe de proteção IP65, com faixa de temperatura tolerável, de -25°C a +60°C, e uma umidade relativa de 0 a 100%.

Para determinar o dimensionamento da potência do inversor, é necessário efetuar a análise do local que serão instaladas as placas fotovoltaicas, com objetivo de determinar a quantidade total de módulos em cada Central Geradora Fotovoltaica. Informamos que o faturamento das Unidades de Saúde está cadastrado em CNPJ diferente das outras UCs sob titularidade do Município. Desta forma, para abranger todas as unidades consumidoras e desfrutar da geração de autoconsumo remoto, é necessário instalar ao menos duas Centrais Geradoras FV distintas.

O somatório global da potência dos inversores deve ser de 1600 kW.

5.4. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Para a proteção dos equipamentos do sistema, das instalações e das pessoas, serão incorporados aos circuitos CC (Corrente Contínua) e CA (Corrente Alternada) os seguintes dispositivos:

Circuito de Corrente Contínua

- DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto)
- Fusíveis
- Seccionadora

Circuito de Corrente Alternada

- DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto)

- Disjuntores Termomagnéticos

Todos os equipamentos devem ser instalados em quadros de distribuição com proteção contra intempéries, devidamente sinalizados, para a proteção e instrução de pessoal autorizado, quanto às manobras de operação dos dispositivos de proteção, em caso de manutenções futuras.

Caso o inversor possua proteção individual será dispensado o uso de equipamento adicional.

5.5. CONDUTORES E ELETRODUTOS

Todos os condutores serão de cobre do tipo flexível com isolação em HEPR 0,6/1 kV, adequados para uso em intempéries.

A seção dos cabos deve ser dimensionada com base no valor da carga e na distância até o ponto de conexão, assegurando que a queda de tensão seja inferior a 4% no cabeamento, conforme a norma ABNT NBR 5410.

O circuito entre a série de módulos e a entrada DC do inversor, será composto por cabos preparados para ambientes externos com seção entre 4 e 6 mm². Serão utilizados conectores do tipo MC4, concebidos especificamente para utilização em sistemas fotovoltaicos para interligar os módulos um ao outro em série e/ou paralelo no circuito. Os módulos fotovoltaicos já saem de fábrica com um cabo e conectores MC4, assim como a entrada DC do inversor já é preparada para este tipo de conector, o que melhora a qualidade da instalação, facilita a conexão entre módulos e apresentam melhor durabilidade quando expostos as condições climáticas típicas de sistemas fotovoltaicos.

5.6. MEDIÇÃO E ENTRADA DE SERVIÇO

Com base no dimensionamento das Centrais Geradoras Fotovoltaicas, deverá ser cadastrado o projeto no sistema da COPEL chamado CAW –

Conexão de Acessantes WEB, preenchendo todas as informações necessárias para solicitar o parecer de acesso a Minigeração.

O medidor bidirecional e as placas de advertência serão instalados pela Concessionária mediante vistoria e aprovação.

6. CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO

Para determinar o valor da irradiância média global horizontal foi utilizado a base de dados do Atlas Solarimétrico do Brasil, encontrado no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, divisão do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia – LABREN.

Para obter maior eficiência na geração, os módulos FV devem ser instalados com ângulo de inclinação e de azimute ideal. Para esta análise, temos diversas unidades consumidoras instaladas ao longo do Município, com coordenadas geográficas diferentes. A eficiência de geração é maior para as áreas com orientação face norte, seguidas pelas orientações nordeste e noroeste, e na sequência leste e oeste. Deste modo, a potência fotovoltaica (P_{fv}) foi calculada com base no consumo de energia elétrica em kWh/dia sobre o valor de Irradiação em kWh/m² mensal, com um fator de correção de 0.7, que considera as perdas por transformação, transmissão, temperatura, poeira e depreciação.

Para o cálculo da demanda necessária foram analisadas as faturas de energia elétrica das unidades consumidoras em questão. Nesta análise foi considerada a média de consumo em kWh de 12 (doze) meses. Para efetuar o dimensionamento com maior precisão de consumo, os dados coletados foram do mês de março de 2019 até o mês de fevereiro de 2020, intervalo prévio à Pandemia de Covid-19.

Os CMEIS, as Escolas Municipais e as edificações da Administração Municipal estão cadastradas no CNPJ nº 76.995.448/0001-54 o mesmo da Prefeitura Municipal. Já as Unidades de Saúde estão cadastradas como Fundo

Municipal de Saúde com CNPJ nº 80.872.476/0001-51, ambos são de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Pato Branco.

Segue abaixo o dimensionamento com dados anuais para geração das unidades consumidoras sob responsabilidade do Município de Pato Branco. Foi realizada média mensal de consumo das UCs dos CMEIS especificadas no quadro abaixo.

UC	CENTROS MUNICIPAIS DE EDUCAÇÃO INFANTIL DE PATO BRANCO - PR	MEDIA DE CONSUMO MENSAL (kWh)
10574450	EDUC./ CULTURA - CMEI Criança Feliz	1049,67
10659960	EDUC./ CULTURA- CMEI Bairro Planalto	1850,42
19142951	EDUC./ CULTURA- CMEI Três Marias	1020,58
19998520	EDUC./ CULTURA- CMEI Madre Paulina	1060,00
21502447	EDUC./ CULTURA- CMEI Mãe Augusta Zanatta	962,50
35838841	EDUC./ CULTURA- CMEI Toca Coelho	1050,00
53146778	EDUC./ CULTURA- CMEI São Roque	1134,42
58248889	EDUC./ CULTURA- CMEI Raio de Sol- Bairro Bonatto	876,42
58898239	EDUC./ CULTURA- CMEI Estação Criança Santo Antônio	615,42
81982356	EDUC./ CULTURA- CMEI Bela Vista	2193,50
92045235	EDUC./ CULTURA- CMEI José Fraron	1399,42
94352038	EDUC./ CULTURA-CMEI PRO Infância	1091,58
94845328	EDUC./ CULTURA- CMEI São João	1843,17
95630066	EDUC./ CULTURA- CMEI São Francisco	69,58
96329920	EDUC./ CULTURA- Creche Parque do Som	1945,75
99367246	EDUC./ CULTURA- CMEI Madre Paulina	570,92
100122752	EDUC./ CULTURA- CMEI Eliza Padoan	2620,50
102965846	EDUC/CULTURA- Centro Educacional Estação Criança	610,00
		TOTAL
	MÉDIA DE CONSUMO MENSAL GERAL - CMEIS (kWh)	21963,83

Abaixo está o quadro com o dimensionamento dos módulos fotovoltaicos necessários para efetuar a compensação de 100% do consumo de energia elétrica dos CMEIS do Município.

CENTROS MUNICIPAIS DE EDUCAÇÃO INFANTIL - CMEIS PATÓ BRANCO - PR							
MESES	Energia (kWh/mês)	Dias/mês	Energia (kWh/dia)	Irradiação (kWh/m ² .dia)	Pfv (kWp)	Nº Módulos	Média
mar/20	24344,00	31	785,29	5,173	216,87	481,92	44,08
abr/20	17561,00	30	585,37	4,188	199,67	443,72	82,28
mai/20	15875,00	31	512,10	3,251	225,03	500,06	25,94
jun/20	24248,00	30	808,27	2,824	408,88	908,61	-382,61
jul/20	24930,00	31	804,19	3,082	372,76	828,36	-302,36
ago/20	23479,00	31	757,39	4,085	264,87	588,59	-62,59
set/20	22078,00	30	735,93	4,206	249,96	555,47	-29,47
out/20	26160,00	31	843,87	5,158	233,72	519,38	6,62
nov/20	22040,00	30	734,67	6,063	173,10	384,67	141,33
dez/20	22383,00	31	722,03	6,335	162,82	361,83	164,17
jan/21	20236,00	31	652,77	6,272	148,68	330,40	195,60
fev/21	20232,00	28	722,57	5,647	182,80	406,21	119,79
Anual	263566,00	365					
Média	21963,83	30	722,04	4,69	236,60	525,77	0,23

Número de Painéis necessários	526
-------------------------------	-----

Do mesmo modo foi realizado o dimensionamento para as seguintes Escolas Municipais:

UC	ESCOLAS MUNICIPAIS DE PATÓ BRANCO - PR	MÉDIA DE CONSUMO MENSAL (kWh)
10581928	EDUC./ CULTURA - Escola Munic. Irmã Dulce	4220,00
10662430	EDUC./CULTURA - Esc. Udir Cantu	217,25
10666494	EDUC./ CULTURA- Esc. Passo da Ilha	698,83
19011555	EDUC./ CULTURA - Esc. União	2602,25
20641753	EDUC./ CULTURA - Esc. Vila Izabel	2016,08
27509141	EDUC./ CULTURA - Esc. Jose Fraron	929,83
30261430	EDUC./ CULTURA - Esc. Antônio Cadorin	1454,33
30998727	EDUC./ CULTURA - Esc. Vila Verde	2477,17
31681522	EDUC./ CULTURA - Esc. Sede Dom Carlos	397,92
43975046	EDUC./ CULTURA - Esc. Galha Azul	774,67

UC	ESCOLAS MUNICIPAIS DE PATO BRANCO - PR	MÉDIA DE CONSUMO MENSAL (kWh)
45655766	EDUC./ CULTURA - Esc. Alvorada	2940,00
45655812	EDUC./ CULTURA - Esc. São Cristóvão	1413,83
46452184	EDUC./ CULTURA - Esc. Genesis	1273,50
47087110	EDUC./ CULTURA - Esc. Munic. Lions Clube	1386,67
47295198	EDUC./ CULTURA - Esc. Juvenal Cardoso	1389,92
53780388	EDUC./ CULTURA - Esc. Maria J. Ceni	998,75
55323936	EDUC./ CULTURA - Esc. Munc. Pequeno Príncipe	288,83
56450460	EDUC./ CULTURA - Esc. Olavo Bilac	1391,33
59791543	EDUC./ CULTURA - Esc. Santos Dumont	1376,08
60411376	EDUC./ CULTURA - Esc. Rocha Pombo	2906,08
92045324	EDUC./ CULTURA - Esc. Jose Fraron	1360,92
93852347	EDUC./ CULTURA - Escola Municipal São Luis	1009,08
96684925	EDUC./ CULTURA - Escola Municipal Veneza	781,00
99416115	EDUC./ CULTURA - Esc. Jardim Primavera	2334,42
31444075	EDUC./CULTURA - Escola Planalto	2923,12
	TOTAL	
	MÉDIA DE CONSUMO MENSAL GERAL – ESCOLAS (kWh)	39561,87

Na sequência é apresentado o quadro com o dimensionamento dos módulos fotovoltaicos necessários para efetuar a compensação do consumo de energia elétrica das Escolas do Município.

ESCOLAS MUNICIPAIS - PATO BRANCO - PR							
MESES	Energia (kWh/mês)	Dias/mês	Energia (kWh/dia)	Irradiação (kWh/m ² .dia)	Pfv (kWp)	Nº Módulos	Média
mar/20	42648,34	31	1375,75	5,173	379,93	844,28	111,72
abr/20	31308,30	30	1043,61	4,188	355,99	791,08	164,92
mai/20	26013,69	31	839,15	3,251	368,74	819,43	136,57
jun/20	46639,42	30	1554,65	2,824	786,45	1747,66	-791,66
jul/20	49613,47	31	1600,43	3,082	741,83	1648,52	-692,52
ago/20	43397,30	31	1399,91	4,085	489,57	1087,92	-131,92
set/20	41234,62	30	1374,49	4,206	466,85	1037,44	-81,44
out/20	38403,22	31	1238,81	5,158	343,10	762,45	193,55
nov/20	37066,43	30	1235,55	6,063	291,12	646,94	309,06
dez/20	37838,82	31	1220,61	6,335	275,25	611,67	344,33
jan/21	39356,18	31	1269,55	6,272	289,17	642,59	313,41

ESCOLAS MUNICIPAIS - PATO BRANCO - PR							
MESES	Energia (kWh/mês)	Dias/mês	Energia (kWh/dia)	Irradiação (kWh/m ² .dia)	Pfv (kWp)	Nº Módulos	Média
fev/21	41222,59	28	1472,24	5,647	372,44	827,65	128,35
Anual	474742,38	365					
Média	39561,87	30	1302,06	4,69	430,04	955,64	0,36

Número de Painéis necessários	956
-------------------------------	-----

Considerando a variação da potência de geração fotovoltaica durante os meses e estações do ano, foi previsto um total de 956 módulos fotovoltaicos para suprir a demanda de energia elétrica das escolas.

O dimensionamento das Unidades de Saúde do Município, foi realizado conforme identificação apresentada no quadro abaixo.

UC	UNIDADES DE SAÚDE - MUNICÍPIO DE PATO BRANCO - PR	MÉDIA DE CONSUMO MENSAL (kWh)
10655590	SAÚDE - SMS Aeroporto	98,08
35375485	SAÚDE - SMS Vigilância Sanitária	2264,58
74462237	SAÚDE - SMS Morumbi	1150,50
74462415	SAÚDE - Vigilância Epidemiológica	1232,83
74462547	SAÚDE - SMS São João	823,08
74463284	SAÚDE - SMS São R. Chopim	1101,83
74463438	SAÚDE - SMS Vila Esperança	797,75
74463748	SAÚDE - SMS Novo Horizonte	19,42
81061978	SAÚDE - SMS CAPS	564,92
84259825	SAÚDE - LJ 02 Sec. Muni. Saúde R Paraná	951,58
84939443	SAÚDE - Fundo Municipal de Saúde Centro	3333,57
91683122	SAÚDE - Academia da Saúde Bairro Pinheirinho	773,05
91799740	SAÚDE - Upa Cristo Rei	8351,92
96196181	SAÚDE - UBS Industrial	1325,50
98375016	SAÚDE - SMS SAMU	3655,75
99301377	SAÚDE - SMS Básico de Saúde Alvorada	1249,25
99593297	SAÚDE - SMS Unidade Básica de Saúde Pinheirinho	1129,75
99977982	SAÚDE - SMS Posto de Saúde Planalto	1096,17
100774857	SAÚDE - Unidade de Saúde Novo Horizonte	1900,58
100842364	SAÚDE - UBS São Cristóvão	1044,67

UC	UNIDADES DE SAÚDE - MUNICÍPIO DE PATO BRANCO - PR	MÉDIA DE CONSUMO MENSAL (kWh)
31627684	SAÚDE - Saúde, R Xingu	274,58
42516676	SAÚDE - Saúde AV Tupi	416,50
93612575	SAÚDE - Farm. Satélite Reg. Oeste	919,42
		TOTAL
MÉDIA DE CONSUMO MENSAL GERAL SAÚDE (kWh)		34475,28

O quadro a seguir apresenta o dimensionamento dos módulos fotovoltaicos necessários para efetuar a compensação do consumo de energia elétrica das edificações das Unidades de Saúde do Município.

UNIDADES DE SAÚDE - PATO BRANCO - PR							
MESES	Energia (kWh/mês)	Dias/mês	Energia (kWh/dia)	Irradiação (kWh/m ² .dia)	Pfv (kWp)	Nº Módulos	Média
mar/20	39489,14	31	1273,84	5,173	351,78	781,74	65,26
abr/20	43835,06	30	1461,17	4,188	498,42	1107,60	-260,60
mai/20	46699,94	31	1506,45	3,251	661,97	1471,05	-624,05
jun/20	36411,61	30	1213,72	2,824	613,98	1364,41	-517,41
jul/20	36905,08	31	1190,49	3,082	551,82	1226,26	-379,26
ago/20	25046,55	31	807,95	4,085	282,55	627,89	219,11
set/20	30354,97	30	1011,83	4,206	343,67	763,71	83,29
out/20	38853,15	31	1253,33	5,158	347,12	771,39	75,61
nov/20	28638,62	30	954,62	6,063	224,93	499,84	347,16
dez/20	26449,09	31	853,20	6,335	192,40	427,55	419,45
jan/21	29160,81	31	940,67	6,272	214,26	476,13	370,87
fev/21	31859,32	28	1137,83	5,647	287,85	639,66	207,34
Anual	413703,34	365					
Média	34475,28	30	1133,76	4,69	380,90	846,44	0,56

Número de Painéis necessários	847
-------------------------------	-----

Na sequência é apresentado o quadro com o dimensionamento das unidades consumidoras da administração pública.



UC	EDIFICAÇÕES DA ADMINISTRAÇÃO DE PATÓ BRANCO - PR	MEDIA DE CONSUMO MENSAL (kWh)
10559795	ADM - Feira Produtor	159
80636292	ADM - Mercado Produtor	1778
27700151	ADM - Aeroporto	6502
91787564	ADM - Aeroporto Hangar	110
21991219	ADM - Parq. Exp. Kartódromo	2980
23502827	ADM - Centro de Convenções Fraron	2315
99566621	ADM - Aterro Sanitário	1421
66574960	ADM - Limpeza Pública	326
59346329	ADM - Rodoviária Municipal	6979
72693924	ADM - Rodoviária Bvc.	752
91900310	ADM - Casa de Apoio (GAMA)	5185
100830056	ADM - Centro de Convivência La Salle	6481
103773142	ADM - Espaço Educativo Urbano São João	1916
10566406	ADM - Dep. Esp. Ginásio Patão	7330
20044046	ADM - Dep. Esp. Pista Atletismo	1347
21034150	ADM - Polo Esp. São Cristóvão	547
45696322	ADM - Gin. Esp. Menino Deus	1389
47406070	ADM - Polo Esp. Alvorada	781
50578499	ADM - Polo Esp. N. Horizonte	1406
56688601	ADM - Gin. Esp. Gralha Azul	258
58470581	ADM - Gin. Esp. Peq. Príncipe	4048
60417595	ADM - Polo Esp. São Vicente	1628
61685879	ADM - Gin. Esp. Vila Izabel	494
62411900	ADM - Gin. Esp. Jd. Floresta	444
63815389	ADM - Gin. Esp. Planalto	1043
65094840	ADM - Gin. Esp. Cristo Rei	791
71179682	ADM - Gin. Esp. Pinheirinho	203
73293091	ADM - Gin. Esp. Anchieta	843
81572743	ADM - Centro Esp. Planalto	179
87915685	ADM - Gin. Esp. Aquil- Morumbi	423
90124294	ADM - Gin. Esp. J. Fraron	322
91332010	ADM - Gin. Esp. Canaã	462
19619278	ADM - Garagem Fab. Tubos	2103
19953852	ADM - Garagem Usina Asfalto	3657
82198187	ADM - Garagem Nova/ Parque de Máquinas	2139
51509466	ADM - Arquivo – Itacolomi- Menino Deus	208
69355665	ADM - Sede Prefeitura	2233

UC	EDIFICAÇÕES DA ADMINISTRAÇÃO DE PATO BRANCO - PR	MEDIA DE CONSUMO MENSAL (kWh)
75744538	ADM - Paço Municipal	3851
86262459	ADM - Pq. Ecológico Bairro Industrial	778
70923477	ADM - Ministério da Agricultura	128
10561242	ADM - Instituto de Criminalística do PR	113
28771427	ADM- Junta Militar	141
50578740	ADM - Enfeites Natalinos	878
87354209	ADM - Enfeites Natalinos- Depósito	1053
97907898	ADM - Depósito, Bortot	330
97256293	ADM -Incubadora	4449
31249124	ADM - Pref. Polo Eletroeletrônico	218
TOTAL		
MÉDIA DE CONSUMO MENSAL GERAL AÇÃO SOCIAL (kWh)		83119

Para atender o consumo de energia das edificações da administração municipal foi previsto um total 2.000 módulos fotovoltaicos conforme apresenta o quadro abaixo.

ED. ADM PMPTO - PATO BRANCO - PR							
MESES	Energia (kWh/mês)	Dias/mês	Energia (kWh/dia)	Irradiação (kWh/m ² .dia)	Pfv (kWp)	Nº Módulos	Média
mar/20	66152	31	2133,94	5,173	589,31	1309,57	690,43
fev/20	83426	30	2780,87	4,188	948,58	2107,96	-107,96
jan/20	81331	31	2623,58	3,251	1152,87	2561,93	-561,93
dez/19	78508	30	2616,93	2,824	1323,82	2941,83	-941,83
nov/19	89341	31	2881,97	3,082	1335,85	2968,56	-968,56
out/19	92832	31	2994,58	4,085	1047,24	2327,20	-327,20
set/19	89219	30	2973,97	4,206	1010,11	2244,69	-244,69
ago/19	107380	31	3463,87	5,158	959,36	2131,91	-131,91
jul/19	75594	30	2519,80	6,063	593,72	1319,37	680,63
jun/19	74400	31	2400,00	6,335	541,21	1202,69	797,31
mai/19	86232	31	2781,68	6,272	633,58	1407,96	592,04
abr/19	73010	28	2607,50	5,647	659,64	1465,87	534,13
Anual	997425	365					
Média	83118,75	30	2731,56	4,69	899,61	1999,13	0,87

Número de Painéis necessários	2.000
-------------------------------	-------

Por fim, segue o dimensionamento das edificações da Ação Social sob responsabilidade da administração da Prefeitura Municipal.

UC	EDIFICAÇÕES DA AÇÃO SOCIAL DE PATO BRANCO - PR	MEDIA DE CONSUMO MENSAL (kWh)
10560670	ACAO SOCIAL- Conselho Tutelar	171
10664726	ACAO SOCIAL - Horto Alojamento	550
28218566	ACAO SOCIAL - Casa Abrigo- Bairro Planalto	141
35672986	ACAO SOCIAL - CRAS Bairro São João	364
42165458	ACAO SOCIAL - Casa Feliz (Alto Glória)	178
47214945	ACAO SOCIAL - Horto Panificadora	1477
98371452	ACAO SOCIAL - CRAS- Centro Ref Apoio Social- Anchieta	1733
	TOTAL	
	MÉDIA DE CONSUMO MENSAL GERAL AÇÃO SOCIAL (kWh)	4613

Para compensação da demanda de energia elétrica consumida pelas unidades da Ação Social, será necessário um total de 109 módulos FV, como apresenta o quadro abaixo.

ED. AÇÃO SOCIAL - PATO BRANCO - PR							
MESES	Energia (kWh/mês)	Dias/mês	Energia (kWh/dia)	Irradiação (kWh/m ² .dia)	Pfv (kWp)	Nº Módulos	Média
mar/20	4549	31	146,74	5,173	40,52	90,05	18,95
abr/20	4458	30	148,60	4,188	50,69	112,64	-3,64
mai/20	4001	31	129,06	3,251	56,71	126,03	-17,03
jun/20	4015	30	133,83	2,824	67,70	150,45	-41,45
jul/20	4459	31	143,84	3,082	66,67	148,16	-39,16
ago/20	4896	31	157,94	4,085	55,23	122,74	-13,74
set/20	5140	30	171,33	4,206	58,19	129,32	-20,32
out/20	4554	31	146,90	5,158	40,69	90,41	18,59
nov/20	5049	30	168,30	6,063	39,66	88,12	20,88
dez/20	4666	31	150,52	6,335	33,94	75,43	33,57
jan/21	5186	31	167,29	6,272	38,10	84,67	24,33

ED. AÇÃO SOCIAL - PATO BRANCO - PR							
MESES	Energia (kWh/mês)	Dias/mês	Energia (kWh/dia)	Irradiação (kWh/m ² .dia)	Pfv (kWp)	Nº Módulos	Média
fev/21	4387	28	156,68	5,647	39,64	88,08	20,92
Anual	55360,00	365					
Média	4613,33		151,75	4,69	48,98	108,84	0,16

Número de Painéis necessários	109
-------------------------------	-----

Deste modo, para efetuar a compensação de 100% do consumo de energia de todas as unidades consumidoras apresentadas, serão necessários um total de 4.438 módulos fotovoltaicos com potência de 0,450 kWp cada uma. Esse total corresponde a uma área de aproximadamente 9.803,0 m². Que poderá ser fracionada conforme disposição dos locais a serem definidos. Atualmente o Município de Pato Branco conta com uma área de aproximadamente 34.733,0 m² disponíveis para instalação dos módulos, em orientações norte, nordeste, noroeste, leste e oeste.

7. PAYBACK SIMPLES DO INVESTIMENTO

Nesta análise do retorno do investimento, foi considerado o abatimento de 100% do consumo de energia elétrica nas unidades consumidoras em questão. Em cada uma delas, foi descontado o valor médio de 100 kWh, cobrado pela Concessionária pela disponibilidade do sistema trifásico, acrescido dos respectivos impostos.

O quadro abaixo apresenta previsão resumida de custos para implantação do projeto.

VALOR APROXIMADO DO INVESTIMENTO		
1	Módulos Fotovoltaicos	R\$ 6.030.804,00
	Inversor Solar	R\$ 820.000,00
1	Execução do projeto - comissionamento - homologação	R\$ 470.000,00
1	Acessórios Kit FV	R\$ 284.032,00
1	Obra civil complementar (estimado)	100.000,00
1	Obra elétrica complementar	R\$ 350.000,00
TOTAL		R\$ 8.054.836,00

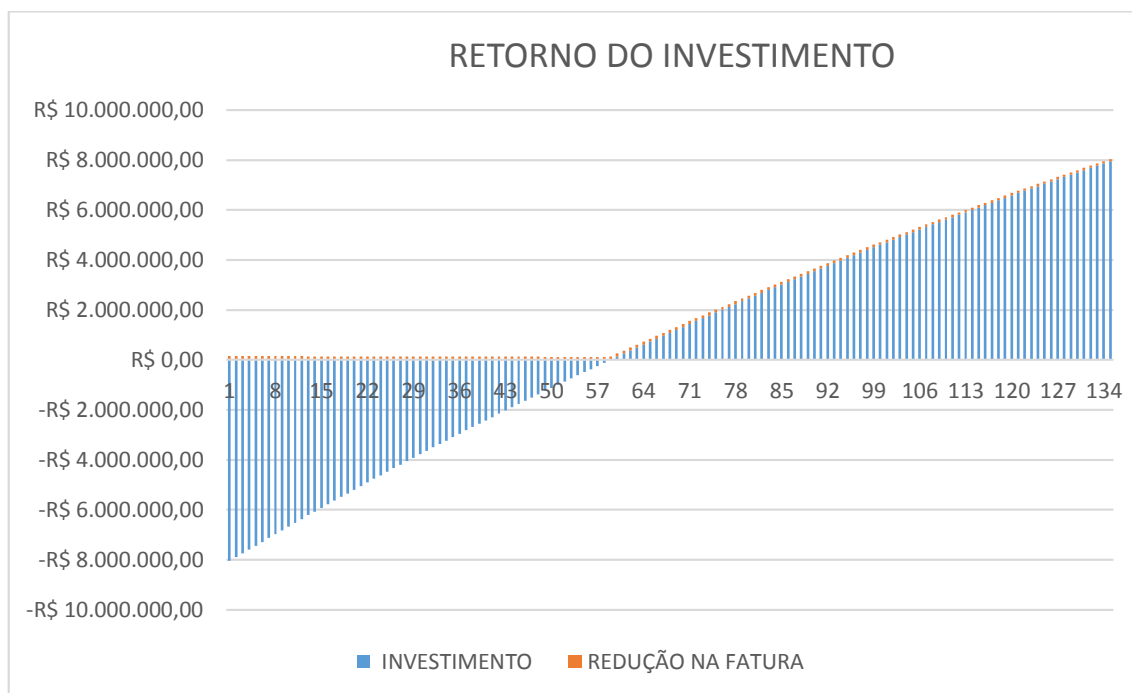
Como obra civil complementar, o valor estimado refere-se a adequação das estruturas, reforço das coberturas e novas edificações de suporte. No campo obra elétrica complementar, foram estimados os gastos com novos quadros, cabeamento, conectores e demais componentes necessários para o adequado funcionamento do sistema. Não foram considerados os custos de manutenção tendo em vista que a vida útil informada dos equipamentos é de 25 anos.

Considerando o total de 4438 módulos fotovoltaicos, a geração de energia em conjunto para todas as unidades consumidoras, está apresentada no quadro abaixo.

DESCRIÇÃO	ENERGIA GERADA COM O SISTEMA FV	ENERGIA CONSUMIDA	CRÉDITOS DE ENERGIA (NO MÊS)
UNIDADE	kWh/mês	kWh/mês	kWh
MAR	130825,33	177182,73	-46357,4
ABR	109976,3	180588,08	-70611,78
MAI	124024,5	173920,9	-49896,4
JUN	164386,79	189821,89	-25435,1
JUL	163796,15	205248,98	-41452,83
AGO	207565,99	189651,04	17914,95
SET	236114,14	188026,27	48087,87
OUT	254930,31	215350,08	39580,23
NOV	252395,1	168388,51	84006,59
DEZ	205252,75	165736,71	39516,04
JAN	208169,62	180171,04	27998,58
FEV	163095,17	170710,42	-7615,25
Média	185044,35	183733,05	1311,29

Pode-se observar que os valores médios previstos para geração superam os valores médios de consumo, lembrando que foi predeterminado a eficiência de 70% do conjunto. Nos meses em que houver superávit na geração os créditos de energia, o saldo positivo deverá ser utilizado para o abatimento da fatura nos meses em que houver déficit na geração. Caso haja necessidade, ou entendimento de expansão de alguma das unidades consumidoras, deve-se recomendar o percentual de reajuste para o redimensionamento do conjunto.

O investimento inicial total previsto é de aproximadamente R\$ 8.050.000,00. Foi considerado para esta previsão, a redução média mensal no valor pago em faturas de energia, o montante inicial de R\$ 152.961,58. Ainda, foi estimado um desconto anual de 5% (superior à taxa Selic) neste valor, referente aos gastos com ajustes tarifários e impostos. O gráfico abaixo apresenta a previsão do retorno do investimento financeiro conforme tais condições.



De acordo com o gráfico, o tempo previsto de retorno do investimento é de 59 meses, ou seja, aproximadamente 5 anos. Destacamos que não foi

considerado nesta análise juros, taxas de financiamento e outros valores relativos à instituições financeiras.

8. CONCLUSÃO

Com base nas informações apresentadas, é necessário definir quantas centrais geradoras serão instaladas, assim como os locais e estrutura para fixação dos módulos. Ainda, para maior eficiência do sistema, o mesmo deve ser instalado com ângulo de inclinação e de azimute adequados, em conformidade com o local definido.

Tendo em vista a vida útil dos equipamentos e a redução no valor pago mensalmente em faturas de consumo de energia, o investimento torna-se significativamente atrativo. Apenas como comparativo, o rendimento anual da poupança em 2020 foi de 2,11%, em média 0,175% ao mês. De acordo com as informações apresentadas, o projeto fotovoltaico em questão apresenta rentabilidade de 1,90% ao mês, ou seja, 22,8% ao ano. Com a instalação do sistema FV, em 137 meses é possível alcançar o mesmo montante aplicado, e desfrutar de toda a estrutura fotovoltaica instalada gerando energia, com garantia restante de mais 163 meses.

Pato Branco, 13 de maio de 2021

GILVAN AUGUSTO NAVA
ENGENHEIRO ELETRICISTA
CREA-PR 165456/D
PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO