

Memorial Descritivo
Sistema Fotovoltaico
ANEXO I, II e Pergolado - TCU
2018

AO

TCU – TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO

A/C: Alan Salles / Marlos Luis de Falco

Diretoria de Engenharia (Denge)

Serviço de Fiscalização de Obras (Sefis)

Assunto: Memorial descritivo do gerador fotovoltaico a ser implementado no anexo III do Tribunal de Contas da União – DF

Local: Setor de Administração Federal Sul, Quadra 04, Lote 1 - SAFS, Brasília-DF.

Prezado(a),

O **GrupoOrion** é uma empresa especializada em manutenção preventiva e corretiva, nobreak, montagens prediais e industriais nas áreas de elétrica, eletrônica, ar condicionado, hidráulica, geradores, rede de cabeamento estruturado, CFTV, automação, e outros.

A empresa ainda oferece soluções completas e personalizadas para ambientes de Sala Segura para Data Center, compreendendo projeto e implantação de toda a solução (gerenciamento de energia, automação, prevenção e combate a incêndio, cftv, controle de acesso, ar condicionado de precisão, etc.).

Desenvolvemos e Implantamos soluções nas áreas da eficiência energética e de energias renováveis, tendo como foco principal o uso inteligente dos recursos energéticos.

Com mais de 20 anos de atuação e com tecnologia própria, dispondo de uma equipe de profissionais de larga experiência e conhecimentos técnicos permanentemente atualizados, capacita-se, desse modo, a prestar um serviço com alto padrão tecnológico.

O presente relatório apresenta o memorial descritivo do gerador fotovoltaico de 286,11 kWp a ser implementado nos Anexos I, II e Pergolado do Tribunal de Contas da União localizado no Setor de Administração Federal Sul, Quadra 04, Lote 1 - SAFS, Brasília-DF.



Isabel dos Santos Araújo
Engenheira Eletricista
isabel.araujo@grupoorion.com.br
+55 (61) 9.9623-3332

Sumário

1. CONFIDENCIALIDADE	4
2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	4
3. SISTEMA FOTOVOLTAICO	5
3.1. CONFIGURAÇÃO DO ARRANJO	5
3.2. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	6
3.2.1. ALOCAÇÃO DOS MÓDULOS	8
3.3. INVERSORES	10
4. CARACTERÍSTICAS DE SEGURANÇA	11
4.1. SISTEMA DE PROTEÇÃO CC	11
4.2. SISTEMA DE PROTEÇÃO CA	12
4.3. EQUIPOTENCIALIZAÇÃO DO SISTEMA	12
5. CAPACIDADE DE GERAÇÃO	12
5.1. INCIDÊNCIA SOLAR	13
5.2. GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	13
6. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO	14
7. CARGA INSTALADA E DEMANDA	15

1. CONFIDENCIALIDADE

Este relatório contém informações confidenciais de propriedade intelectual do Grupo Orion e que, em nenhuma situação, podem ser transferidas a terceiros. Ao receber este relatório, o cliente reconhece o dever de manter este conteúdo confidencial e de NÃO transferir qualquer informação aqui contida a terceiros. O cliente também reconhece que NÃO usará qualquer informação, especificação ou dado contido nas propostas do Grupo Orion para qualquer outro propósito que não seja a avaliação do documento.

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este documento apresenta o padrão de equipamentos que deverá ser utilizado para a instalação do gerador fotovoltaico no Tribunal de Contas da União – DF.

Todo o projeto está em conformidade com as seguintes normas estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pela distribuidora local, CEB:

- Resolução da ANEEL 482 - Condições gerais para o acesso de micro geração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, sistema de compensação de energia elétrica e outras providências;
- PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, Módulo 3: Acesso ao Sistema de Distribuição;
- NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão;
- NBR 5419 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas;
- NBR 16274.2014 – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede;
- NBR 2177 – Especificação de sistemas fotovoltaicos;
- NBR 10899 – Terminologia conversão fotovoltaica de energia solar;
- NTD 6.01 – Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária a unidades consumidoras individuais e agrupadas.
- NTD 6.09 – Requisitos para a conexão de acessantes ao sistema de distribuição ceb-d – conexão em baixa e média tensão.

Para o dimensionamento desta usina, em especial, por divergência entre duas normas, a saber: IEC 60269 e NBR 5410, e visto que a NBR 16690 estava, até o final do mês de maio, em consulta pública e que esta norma está fundamentada na norma internacional IEC 60269, norma também constada como exigência do edital, apesar de não possuir valor normativo no período de realização do projeto, decidiu-se utilizar estas normas como base do projeto, já que, no período de operação da usina, esta norma estará em vigência.

Os sistemas On-grid dependem de regulação e legislação específica. Com a Resolução Normativa (REN) Nº 687, de 24 de Novembro de 2015, a ANEEL estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, para o sistema de compensação de energia elétrica, além de outras providências. Assim passa a ser possível a um cliente abastecido por energia elétrica de uma determinada rede, produzir energia de forma descentralizada e injetar na rede. Portanto, no SFV On-Grid, quando a energia gerada é maior que a necessária para o atendimento da instalação consumidora, o excedente é injetado na rede elétrica de forma que a instalação consumidora acumula um crédito energético junto à concessionária.

3. SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os módulos e inversores considerados no projeto foram escolhidos de forma que a eficiência do gerador fosse boa o suficiente e que a relação de custo fosse a mais proveitosa possível. Ambos possuem selo Procel e certificação na Agência nacional de energia elétrica (Aneel).

Os dados gerais do projeto podem ser verificados na tabela abaixo

Dados Gerais	
Latitude	15°48'13.9"S
Longitude	47°51'47.8"O
Azimute	0 °
Potência do sistema	286,11 kWp
Potência dos módulos	330 Wp
Quantidade de módulos	867
Potência dos inversores	90 kWp
Quantidade de inversores	3

Tab. 1 – Características gerais do sistema

3.1. CONFIGURAÇÃO DO ARRANJO

A configuração do arranjo fotovoltaico foi calculado com base nos dados fornecidos pelos datasheets dos módulos fotovoltaicos e inversor solar. Por ser um sistema com alto número de painéis, escolhemos modular o sistema da seguinte forma:

Solução utilizada				
Inversor	Módulos em série	Strings em paralelo	Potência Módulos	Potência Total (kWp)
B	15	19	0,330	94,05
C	14	21	0,330	97,02
D	12	24	0,330	95,04

Tab. 2 – Dimensionamento do arranjo Fotovoltaico

Os arranjos terão as seguintes propriedades:

Tensão VOC MÁX	Tensão VMP MÁX	Tensão VMP MIN	In StringBox
776,39	645,75	506,85	8,77
724,63	602,70	473,06	8,77
621,12	516,60	405,48	8,77

Tab. 3 – Dados de entrada e saída do inversor

3.2. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Os módulos considerados para o projeto são da empresa JA Solar modelo JAP72S01-330, empresa que está bem consolidada no mercado. A escolha dos módulos fotovoltaicos reflete diretamente no desempenho e características da planta. Sua escolha levou em consideração os parâmetros de custo, tamanho e rendimento, bem como cálculos de retorno financeiro durante a vida útil do sistema.

Os módulos serão instalados em suporte metálico que estarão alocados em cima das lajes da cobertura. Os módulos estarão inclinados para o norte. A escolha dos locais para alocação dos módulos na laje foi realizada visando o menor sombreamento possível de forma a obter o máximo rendimento do sistema.

Os módulos serão alocados na cobertura dos anexos I, II e Pergolado do TCU conforme indicado nas imagens abaixo:

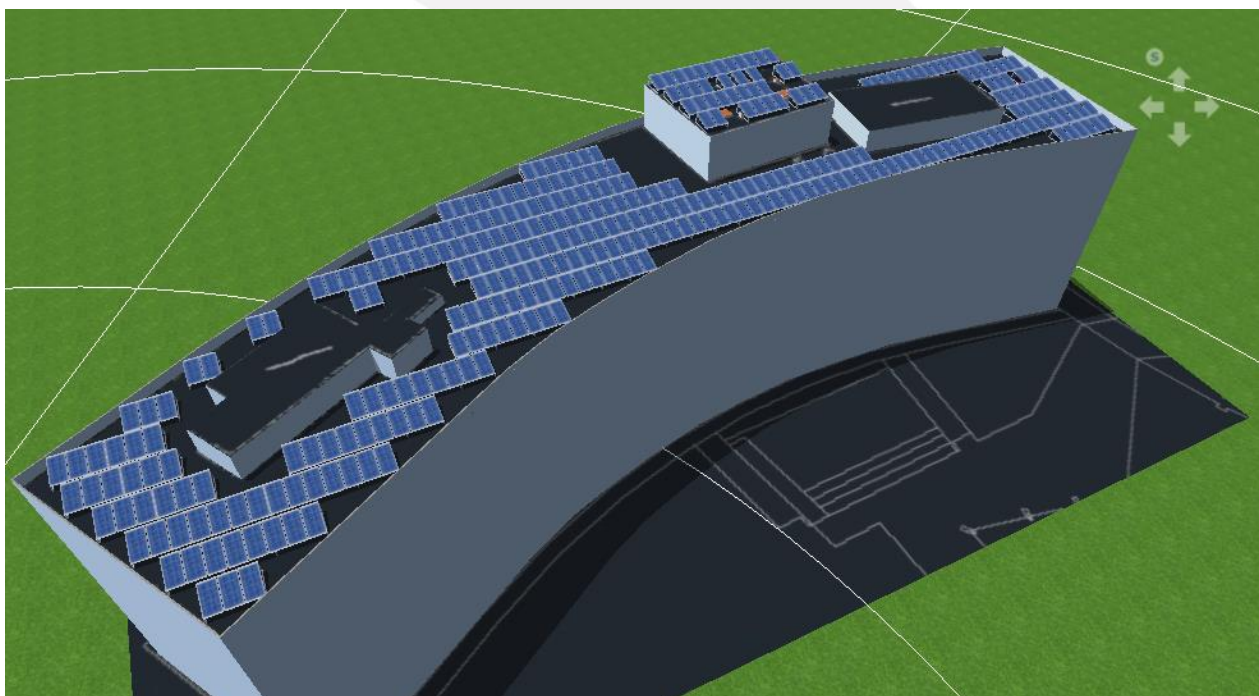


Fig. 1 – Alocação dos módulos FV – Anexo I

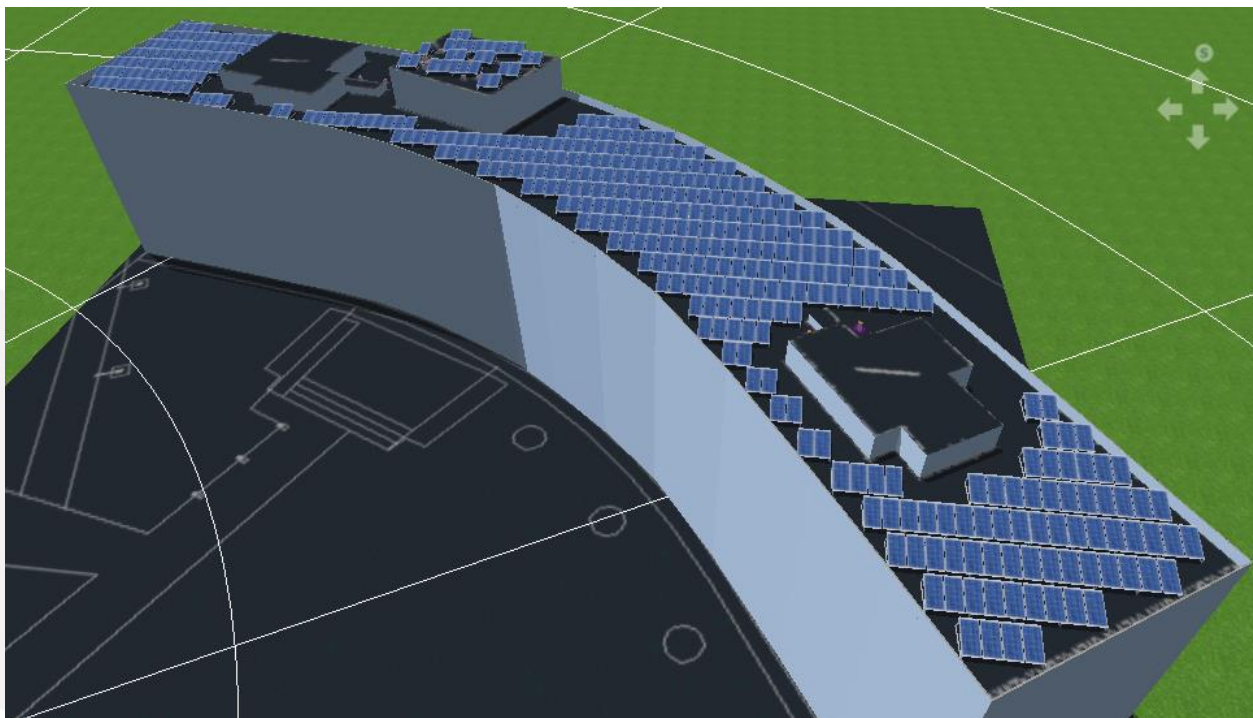


Fig.2 – Alocação dos módulos FV – Anexo II

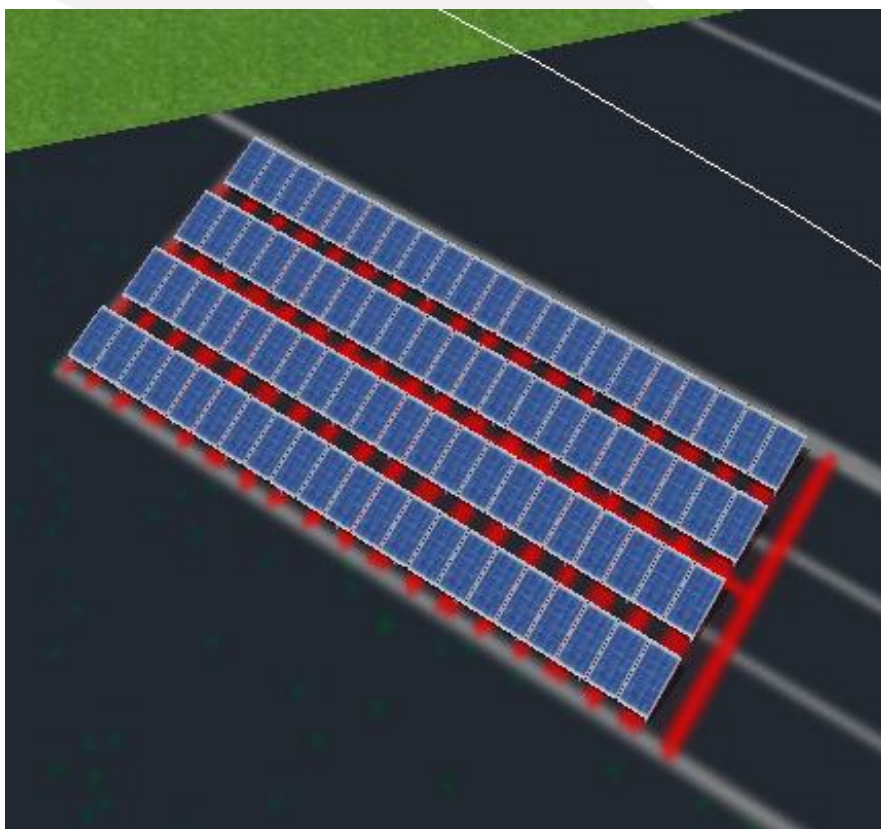


Fig. 3 – Alocação dos módulos FV – Pergolado

Os principais dados dos módulos fotovoltaicos podem ser encontrados na tabela abaixo:

JAP72S01 - 330	
Potência nominal	330 Wp
Eficiência	16,99 %
Corrente de curto circuito (Isc)	9,28 A
Tensão circuito aberto (Voc)	46,40 V
Corrente max. Pot. (Imp)	8,77 A
Tensão max. Pot. (Vmp)	37,65 V
Coef. de temperatura Voc (β)	-0,33 %/°C
Coef. de temperatura Isc (α)	0,058 %/°C
Coef. de temperatura Pmáx (γ)	-0,41 %/°C
Largura	0,991 m
Comprimento	1,960 m
Peso	22,5 kg

Tab. 4 – Dados técnicos módulos FV

3.2.1. ALOCAÇÃO DOS MÓDULOS

Conforme indicado nas Figuras prévias, os módulos serão alocados em três edifícios distintos. A especificação das áreas utilizadas em cada edifício é apresentada nas Tabelas que se seguem:

Anexo I	305 módulos	38 módulos
Anexo II	412 módulos	28 módulos
Pergolado	84 módulos	-

Tab. 5 – Dados técnicos módulos FV

Sendo que a divisão das strings serão conforme as figuras abaixo (projeto executivo), em que cada cor representa um conjunto de strings.

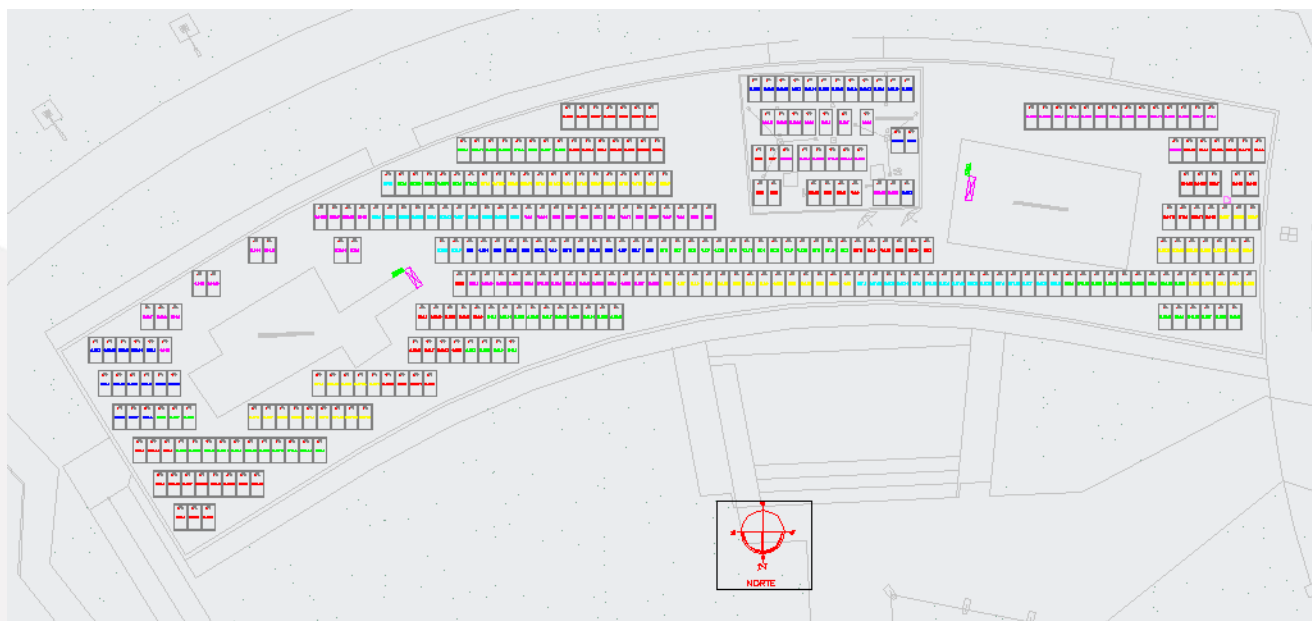


Fig. 4 – Configuração das strings – Anexo I

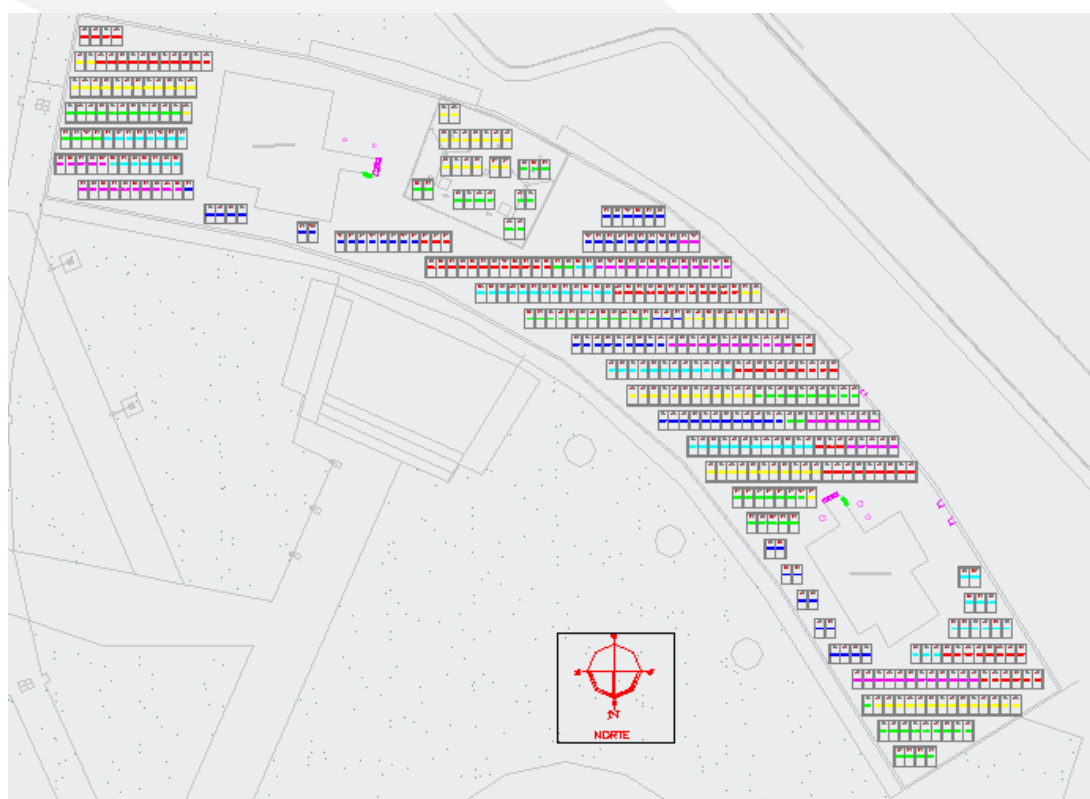


Fig.5 – Configuração das strings – Anexo II

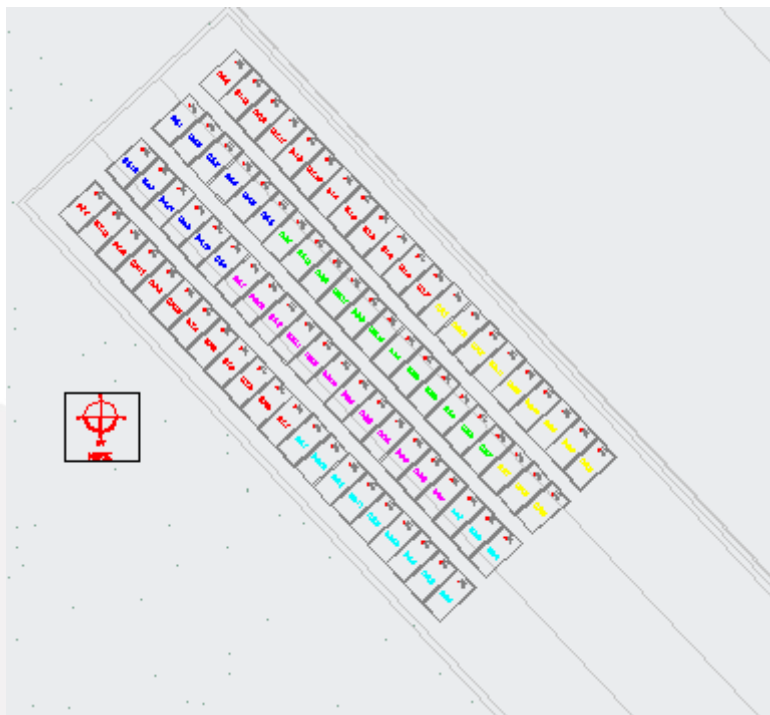


Fig. 6 – Configuração das strings – Pergolado

3.3. INVERSORES

Os inversores que serão utilizados são do modelo INGECON SUN 3PLAY 100 TL, da empresa INGETEAM, uma das empresas líderes na fabricação de inversor solar e inversor grid.

Os inversores serão alocados na sala do QGBT conforme indicado abaixo:

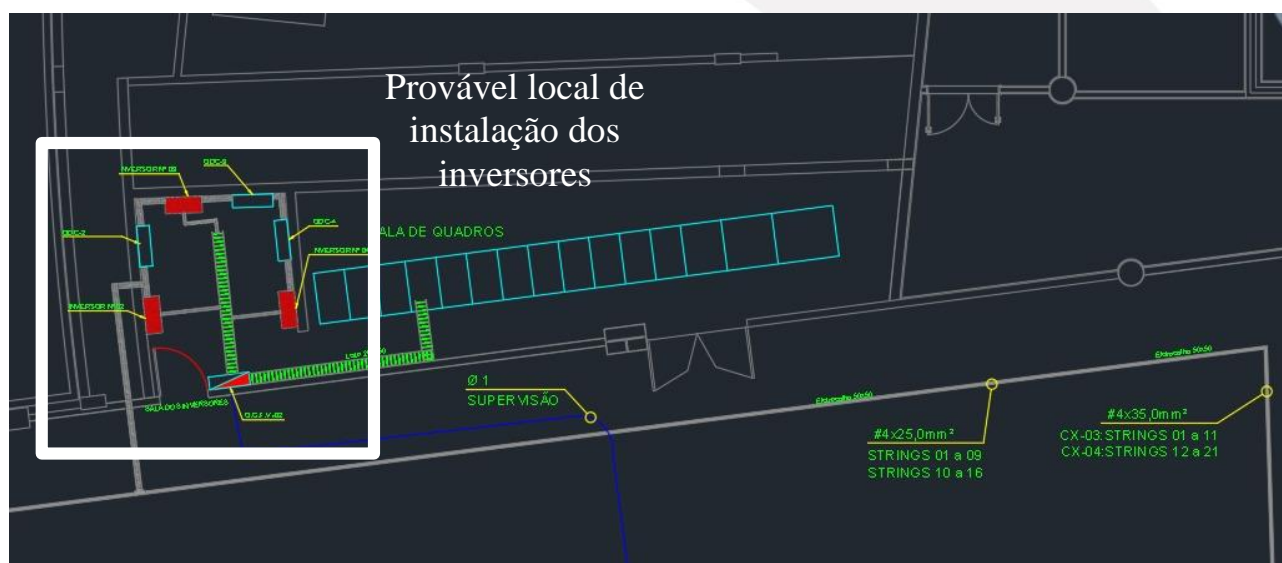


Fig. 7 – Sala dos inversores

Os principais dados dos inversores se encontram abaixo. Os demais podem ser encontrados no datasheets que estão anexos ao memorial de cálculo.

INGECON SUN 3PLAY 100TL			
Características de entrada (CC)		Características de entrada (CA)	
Tensão máxima de operação (Vmax)	1.100 V	Potência nominal de saída	90 kWp
Tensão de início de operação (Vstart)	< 1.000 V	Tensão de Saída	380 V
Corrente máx. (Imáx)	11,0 A	Corrente máxima	145 A
Corrente de curto circuito (Idc)	185 A	Fator de Potência	1
Número de MPPTs	1 MPPTs	Frequência	60 Hz
Faixa de tensão MPPT	627 ~ 850 V	THD	< 3 %
Número de entradas CC	24 Entrada	Eficiência	98,8 %

Tab. 6 – Dados técnicos inversor

4. CARACTERÍSTICAS DE SEGURANÇA

O sistema de proteção do gerador fotovoltaico contempla dispositivos contra surtos (DPS), fusíveis, chaves seccionadoras, que estarão inseridos na Stringbox, e os disjuntor trifásico a serem instalados no quadro de distribuição (verificação de espaço ainda será realizada), cujos dimensionamentos se encontram no memorial de cálculo.

4.1. SISTEMA DE PROTEÇÃO CC

- Fusíveis

Os fusíveis de corrente contínua serão instalados em cada string do gerador fotovoltaico, a fim de proteger a string contra possíveis sobrecorrentes. Os fusíveis das strings deverão possuir corrente nominal de 15 A, 1000 Vcc e característica de seccionamento. Para proteção do cabeamento da stringbox ao inversor, os fusíveis terão as seguintes correntes nominais:

- SB Anexo I - C – 200 A, 1000 Vcc;
- SB Anexo I - B – 100 A, 1000 Vcc;
- SB Anexo II - B – 150 A, 1000 Vcc;
- SB Anexo II - C – 50 A, 1000 Vcc;
- SB Anexo II - D – 200 A, 1000 Vcc;
- SB Anexo PERGOLADO - D – 100 A, 1000 Vcc

- Chave seccionadora

No projeto foram considerados chaves seccionadoras nas caixas de junção (String box) .

As chaves seccionadoras deverão possuir tensão nominal de 1.000 V, tensão aproximada de cada string box, e corrente nominal com o mesmo valor dos fusíveis de proteção das mesmas.

- DPS

Os dispositivos de proteção contra surto serão tipo I + tipo II, com tensão nominal de 1.000 Vcc. Os DPS tipo I + II serão instalados na caixa de juntação. Os DPS tipo II fazem parte dos componentes do inversor.

4.2. SISTEMA DE PROTEÇÃO CA

O sistema de proteção do inversor possui as seguintes características:

- Reverse polarity.
- Shortcircuits and overloads at the output.
- Anti-islanding with automatic disconnection.
- Insulation faults.
- AC overvoltages with type 2 surge arresters.
- DC overvoltages with type 2 surge arresters.

- Disjuntor trifásico

Além dos dispositivos de proteção do inversor, ainda foram considerados no sistema de corrente alternada um disjuntores trifásicos termomagnético de curva C. O disjuntor que será alocado nos quadros de distribuição (a verificar o espaço) com corrente nominal de 160 A.

4.3. EQUIPOTENCIALIZAÇÃO DO SISTEMA

O sistema de aterramento do gerador fotovoltaico deverá estar conectado ao sistema de aterramento da unidade.

5. CAPACIDADE DE GERAÇÃO

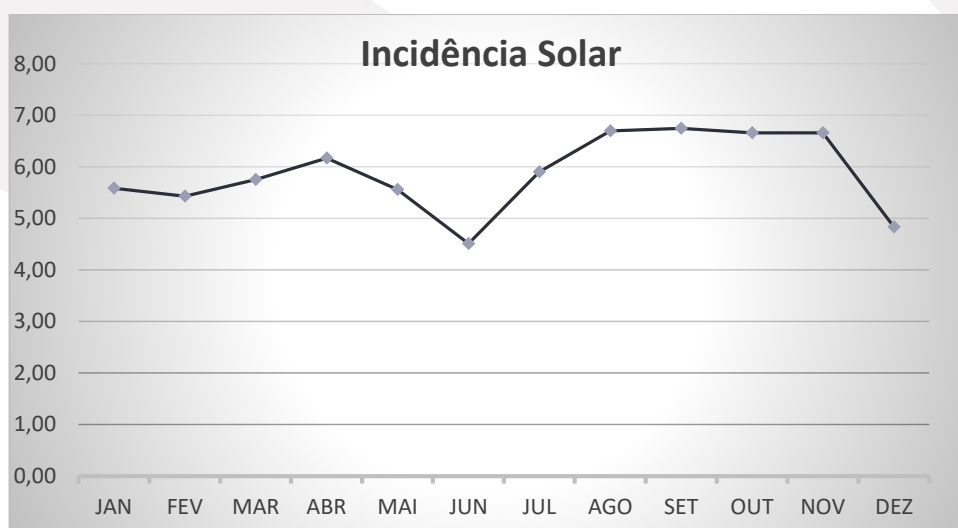
A geração de energia ocorre de maneira sazonal, sendo superior no verão e inferior durante o inverno. Em alguns períodos, a geração pode superar o consumo de energia. Neste período o usuário acumula créditos que podem ser compensados em até 60 meses. Este sistema de compensação de energia elétrica (netmetering) foi regularizado em abril de 2012 pela Agência Nacional de Energia Elétrica

(Aneel). Todas as regras da micro e minigeração distribuída no Brasil estão contempladas na resolução normativa nº 687/2015.

A capacidade de geração de um sistema fotovoltaico depende basicamente de três fatores, sendo estes, Taxa de Desempenho do sistema (PR), Potência nominal do gerador, e do nível de Irradiação solar da região onde o sistema será montado.

5.1. INCIDÊNCIA SOLAR

O estudo da incidência solar foi realizado para adequar, de forma mais precisa, a análise do desempenho do sistema de geração solar fotovoltaica. A incidência solar foi estimada utilizando a base de incidência solar do INPE, que realiza a média histórica de irradiação no plano inclinada, com ângulo igual a latitude do local.



Gráf. 1 – Incidência solar no plano inclinado de Brasília

5.2. GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

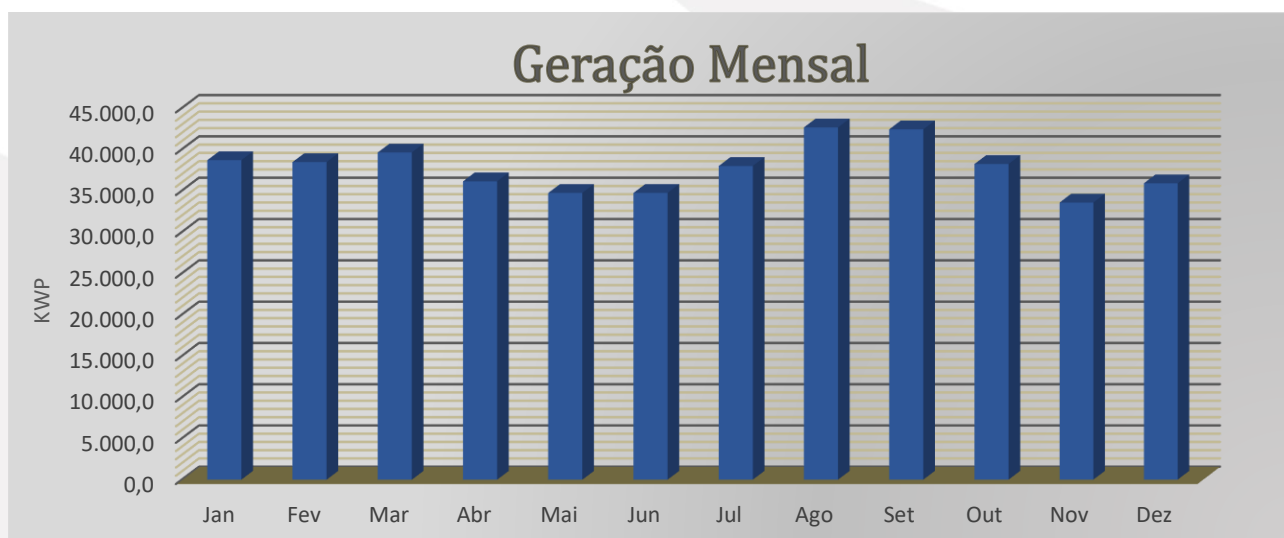
O estudo da geração mensal foi estimada utilizando o software PV*SOL. A capacidade de geração foi simulada utilizando os módulos da JA Solar, modelo JAP72S01 - 330.

O cálculo do PR, Performance Ratio (em português Taxa de Desempenho – TD), é um dos processos de avaliação de desempenho global do gerador fotovoltaico segundo a norma NBR 16274/2014 e foi estimado utilizando o software que detalha as principais perdas do sistemas.

Capacidade de Geração	
Incidência solar média	5,875 kWh/m².dia
Potência do gerador	286,11 kWp
Energia anual gerada	453.191 kWh/ano
Energia mensal gerada	37.765,92 kWh/mês

Desempenho do sistema (PR)	81,4 %
----------------------------	--------

Tab. 7 – Dados de geração da usina



Gráf. 2 – Capacidade de geração estimada

As características complementares aos dados de geração de energia fotovoltaica se encontram abaixo:

Dados de sustentabilidade		
Geração Média Mensal	37.765,92	kWh/mês
Total de CO2 evitado por ano	264.294,98	kg CO2
Carros a menos nas ruas	262,26	carros
Quantidade Equivalente de árvores	1.584,07	Árvores
Desperdício evitado de água por ano	1.631.199.718,81	Litros

Tab. 8 – Dados de sustentabilidade

6. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO

A previsão de implementação do projeto está em conformidade com a tabela abaixo:

Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
Usina Geradora TCU - Anexo II e I	300 dias	Seg 30/10/17	Sex 21/12/18
Pré-Projeto	14 dias	Ter 30/01/18	Sex 16/02/18
Simulação	7 dias	Ter 30/01/18	Qua 07/02/18
Pré projeto de alocação dos módulos FV sobre a laje	7 dias	Ter 30/01/18	Qua 07/02/18
Aprovação da simulação e do pré projeto pelo TCU	7 dias	Qui 08/02/18	Sex 16/02/18
Projeto executivo	62 dias	Qua 18/04/18	Qui 12/07/18
Projeto elétrico	30 dias	Qua 18/04/18	Ter 29/05/18

Memorial de cálculo	2 dias	Qua 30/05/18	Qui 31/05/18
Memorial descritivo	2 dias	Sex 01/06/18	Seg 04/06/18
Aprovação do projeto elétrico pelo TCU	7 dias	Ter 05/06/18	Qua 13/06/18
Projeto de infraestrutura	25 dias	Qua 30/05/18	Ter 03/07/18
Aprovação do projeto de infraestrutura pelo TCU	7 dias	Qua 04/07/18	Qui 12/07/18
Solicitação de acesso junto a CEB	1 dia	Qui 14/06/18	Qui 14/06/18
Aquisição de equipamentos e materiais	224 dias	Seg 30/10/17	Qui 06/09/18
Estrutura de fixação	30 dias	Seg 19/02/18	Sex 30/03/18
Sistema de Supervisão	30 dias	Seg 30/10/17	Sex 08/12/17
Cabos, conectores, infraestrutura, aterramento e micelâneos	40 dias	Sex 13/07/18	Qui 06/09/18
Instalação	118 dias	Seg 18/06/18	Qua 28/11/18
Estrutura de Fixação	30 dias	Seg 18/06/18	Sex 27/07/18
Instalação de Módulos	30 dias	Ter 17/07/18	Seg 27/08/18
Passagem de infraestrutura e cabeamento	35 dias	Ter 21/08/18	Seg 08/10/18
Aterramento	10 dias	Seg 30/07/18	Sex 10/08/18
Instalação e Conexão de Inversores	7 dias	Ter 09/10/18	Qua 17/10/18
Sistema de Gerenciamento e Monitoramento	20 dias	Qui 18/10/18	Qua 14/11/18
Configuração e Testes	10 dias	Qui 15/11/18	Qua 28/11/18
Finalização	17 dias	Qui 29/11/18	Sex 21/12/18
As-built	5 dias	Qui 29/11/18	Qua 05/12/18
Termo de Comissionamento	3 dias	Qui 06/12/18	Seg 10/12/18
Teste de Comissionamento	3 dias	Ter 11/12/18	Qui 13/12/18
Teste de Software de Gerenciamento e Monitoramento	3 dias	Sex 14/12/18	Ter 18/12/18
Teste para Recebimento Provisório	3 dias	Qua 9/12/18	Sex 21/12/18

Tab. 9 – Cronograma de atividades

7. CARGA INSTALADA E DEMANDA

A demanda efetiva do prédio foi calculada a partir da norma da CEB NTD-6.05, portanto:

$$Demanda = (a + b + c + d + e + F + G)kVA$$

Logo, a carga instalada e a demanda do edifício é de:

SISTEMA FOTOVOLTAICO							
POTÊNCIA TOTAL CC: 286,11 kWp							
Nº TOTAL DE MÓDULOS: 867 Módulos							
ÁREA OCUPADA: ~ 3.748,89 m²							
	POTÊNCIA CC	POTÊNCIA CA	MÓDULOS EM SÉRIE	ENTRADAS DC UTILIZADAS	MÁX Voc	MÁX Vmp	MÍN Vmp
SUB_SISTEMA B	94,05 Kw	90 kW	15	19	776,39	645,75	506,85
SUB_SISTEMA C	97,02 Kw	90 kW	14	21	724,63	602,70	473,06
SUB_SISTEMA D	95,04 Kw	90 kW	12	24	621,12	516,60	405,48
CÁLCULO DE DEMANDA GERAL							
DEMANDA GERAL (CEB NTD - 6.05)							
TIPO CARGA INSTALADA	TOTAL (kVA)	FATOR DE DEMANDA	TOTAL (kVA)				
a) ILUMINAÇÃO E TOMADAS							
a1) ILUMINAÇÃO E TOMADAS ANEXO I - NORMAL	433,37	50%	316,69				
a2) ILUMINAÇÃO E TOMADAS ANEXO II - NORMAL	510,45	50%	255,23				
a3) ILUMINAÇÃO E TOMADAS ANEXO I - EMERGÊNCIA	68,04	50%	33,02				
a4) ILUMINAÇÃO E TOMADAS ANEXO II - EMERGÊNCIA	49,96	50%	24,98				
a5) COZINHA/RESTAURANTE - NORMAL	292,97	75%	219,73				
a6) COZINHA/RESTAURANTE - EMERGÊNCIA	17,72	75%	13,29				
b) AP. AQUECIMENTO							
b1) AQUECEDOR COZINHA (1)	30,00	100%	30,00				
b2) CHUVEIROS (6)	26,40	43%	11,35				
c) AR CONDICIONADO CENTRAL							
c1) PFN-AC-1	111,90	100%	111,90				
c2) PFN-AC-2	65,28	100%	65,28				
c3) PFN-AC-3	33,86	100%	33,86				
c4) CHILLER	322,25	100%	322,25				
d) MOTORES							
D = DEMANDA TOTAL = a + b + c + d			1.575,06				
CORRENTE NOMINAL			2.395,89 A				
CORRENTE DE AJUSTE PROTEÇÃO GERAL			2.400 A				

Tab. 10 – Carga instalada no edifício

Portanto, a demanda total do edifício de 1.575,06 kVA.