



**PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO
POTÊNCIA NOMINAL 531 kW_p**

**COBERTURA FOTOVOLTAICA PARA ESTACIONAMENTO DO PARQUE
CÂNDIDO PORTINARI - CESP**

MEMORIAL DESCRITIVO

CLIENTE: ENGRE - SP

PROJETISTA

Dr. Joao Carlos Camargo
Engenheiro Eletricista
CREA-SP: 5069368507

Revisões do Relatório			
Versão 0	Memorial descritivo	01/09/2016	João C. Camargo

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O documento descreve o sistema fotovoltaico de potência nominal 531 kW_p localizado no Parque Cândido Portinari na cidade de São Paulo (SP), que será conectado à concessionária local em média tensão trifásica de 13,2 kV. No sistema fotovoltaico para a cobertura dos veículos serão instalados 2.095 módulos de 245 W_p, 250 W_p e 275 W_p perfazendo a potência total de 530,98 kW_p. Dos 2.095 módulos, 1.727 módulos são de tecnologia poli-Si e 368 módulos de tecnologia mono-Si. O sistema seguidor de dois eixos será constituído por dois arranjos móveis, cada um com 10 módulos de 250 W_p, totalizando 5,0 kW_p. O sistema seguidor será completado com dois arranjos fotovoltaicos fixos iguais, com os módulos fotovoltaicos inclinados no mesmo valor da latitude local para efeito de comparação dos ganhos do sistema de seguidor.

1.1. Dados do Projeto

Os dados gerais do projeto são apresentados abaixo.

TABELA 1: LOCAL DE INSTALAÇÃO	
Local	São Paulo - SP
Endereço	Parque Cândido Portinari
Latitude	-23,55°
Longitude	-46,64°
Altitude	769 m
Temperatura máxima	28,5 °C
Temperatura mínima	14,4 °C
Irradiação global horizontal (IGH)	1.693 kWh/m ² /ano
Dados de irradiação	NASA-SSE
Albedo	20%

O sistema fotovoltaico será conectado ao sistema elétrico com as seguintes características:

TABELA 2: CONCESSIONÁRIA

Empresa	AES Eletropaulo
Tipo de conexão	MT - Trifásica
Tensão nominal	13,2 kV

1.2. Descrição do Sistema Fotovoltaico

O sistema fotovoltaico com a potência nominal de 530 kW_p será conectado a rede de média tensão trifásica 13,8 kV da concessionária AES Eletropaulo.

As características do sistema estão resumidas abaixo. O anexo apresenta o diagrama elétrico unifilar do sistema fotovoltaico. Nele é apresentado:

- 56 strings de 22 módulos conectados em série;
- 03 strings de 20 módulos conectados em série;
- 03 strings de 16 módulos conectados em série;
- 16 strings de 20 módulos conectados em série;
- 16 strings de 18 módulos conectados em série
- 4 strings de 10 módulos conectados em série;
- 5 strings de 11 módulos conectados em série;
- 1 string de 12 módulos conectados em série;
- 4 strings de 10 módulos conectados em série
- Grupo de conversão formado por 19 inversores sendo 7 monofásicos e 12 trifásicos.
- Sistema de medição de energia

1.2.1 Gerador fotovoltaico

Será composto por:

- Módulos fotovoltaicos conectados em série formando strings.
- Cabos elétricos para a conexão entre os módulos fotovoltaicos e os inversores de frequência.

Abaixo estão as características do gerador fotovoltaico e de seus principais componentes, nomeadamente cordas e módulos.

TABELA 3: CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	
Potência nominal	530,98 kWp
Número de módulos	2095
Área utilizada	3410,63 m ²
Número de strings	108
Tensão máxima @STC (Voc)	831,6 V
Tensão de potência máxima @STC (Vmpp)	662,2 V
Corrente de curto circuito @STC (Isc)	74,48 A
Corrente de potência máxima @STC (Impp)	64,48 A

No caso da planta em questão, o gerador fotovoltaico tem diferentes posições (ângulo de inclinação e ângulo azimutal diferente, dependendo do arranjo fotovoltaico), a saber:

Arranjo FV 1:

Azimute: 64 °

Inclinação: 10°

Arranjo FV 2 (móvel):

Azimute: -120°/+120°

Inclinação: 10° a 80°

Arranjo FV 3 (fixo):

Azimute: 0°

Inclinação: 23°

A Tabela 4 descreve os módulos utilizados na instalação fotovoltaica

TABELA 4 : MÓDULOS FOTOVOLTAICOS							
Módulo Fotovoltaico	Fabricante	Modelo	Nº de subpainéis (conjuntos)	Nº de módulos	Potência Nominal Unitária (kW _p)	Potência Nominal Total (kW _p)	Área do Arranjo (m ²)
#1	BYD Energy do Brasil	BYD 250P6C-30	9	1332	0,25	333	2240
#2	Canadian Solar	CS6K-275 M	3	368	0,275	101,2	611
#3	DYA Solar	SV-245D1 2	7	395	0,245	96,775	655

Dados dos módulos fotovoltaicos:

TABELA 5: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÓDULO #1	
Fabricante	BYD
Modelo	BYD 250P6C-30
Tecnologia	Si-Poly
Potência nominal	250,00 W
Tolerância	2,00%
Tensão circuito aberto (V_{oc})	37,80 V
Tensão em potência máxima (V_{mpp})	30,10 V
Corrente de curto-circuito (I_{sc})	8,81 A
Corrente em máxima potência (I_{mpp})	8,30 A
Área	1,63 m ²
Eficiência de placa	15,3%

TABELA 6: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÓDULO #2	
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Modelo	CS6K-275M
Tecnologia	Si-Mono
Potência nominal	275,00 W
Tolerância	5,00%
Tensão circuito aberto (V_{oc})	38,30 V
Tensão em potência máxima (V_{mpp})	31,50 V
Corrente de curto-circuito (I_{sc})	9,31 A
Corrente em máxima potência (I_{mpp})	8,80 A
Área	1,64 m ²
Eficiência de placa	16,8%

TABELA 7: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÓDULO #3	
Fabricante	DYA Solar
Modelo	SV-245D12
Tecnologia	Si-Poly
Potência nominal	245,00 W

Tolerância	5,00%
Tensão circuito aberto (V_{oc})	37,41 V
Tensão em potência máxima (V_{mpp})	30,40 V
Corrente de curto-circuito (I_{sc})	8,65 A
Corrente em máxima potência (I_{mpp})	8,06 A
Área	1,61 m ²
Eficiência de placa	15,2%

A fim de evitar perdas elétricas por incompatibilidade, os arranjos fotovoltaicos com diferentes orientações serão conectados à inversores distintos ou, alternativamente, em entradas independentes (MPPT independente) dos inversores fotovoltaicos.

O sistema fotovoltaico de potência nominal de 530,98 kW_p utiliza a configuração série-paralelo e será dividido em 108 strings de módulos conectados em série. A seguir lista as composições dos strings do sistema.

TABELA 8: CARACTERÍSTICA ELÉTRICA STRING #1

Número de módulos em série	22
Fabricante	BYD
Modelo	BYD 250P6C-30
Potência nominal	5,50 kW
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	831,6 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	8,81 A
Corrente na potência máxima (I_{mpp})	8,3 A

TABELA 9: CARACTERÍSTICA ELÉTRICA STRING #2

Número de módulos em série	20
Fabricante	BYD Europe B.V.
Modelo	BYD 250P6C-30
Potência nominal	5 kW
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	756 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	8,81 A
Corrente na potência máxima (I_{mpp})	8,3 A

TABELA 10: CARACTERÍSTICA ELÉTRICA STRING #3

Número de módulos em série	16
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Modelo	CS6K-275M
Potência nominal	4,4 kW
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	612,8 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	9,31 A
Corrente na potência máxima (I_{mpp})	8,8 A

TABELA 11: CARACTERÍSTICA ELÉTRICA STRING #4

Número de módulos em série	20
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Modelo	CS6K-275M
Potência nominal	5,5 kW
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	766 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	9,31 A
Corrente na potência máxima (I_{mpp})	8,8 A

TABELA 12: CARACTERÍSTICA ELÉTRICA STRING #5

Número de módulos em série	18
Fabricante	DYA Solar
Modelo	SV-245D12
Potência nominal	4,41 kW
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	673,38 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	8,65 A
Corrente na potência máxima (I_{mpp})	8,06 A

TABELA 13: CARACTERÍSTICA ELÉTRICA STRING #6

Número de módulos em série	10
Fabricante	DYA Solar
Modelo	SV-245D12
Potência nominal	2,45 kW
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	374,1 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	8,65 A
Corrente na potência máxima (I_{mpp})	8,06 A

TABELA 14: CARACTERÍSTICA ELÉTRICA STRING #7

Número de módulos em série	11
Fabricante	DYA Solar
Modelo	SV-245D12
Potência nominal	2,695 kW
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	411,51 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	8,65 A
Corrente na potência máxima (I_{mpp})	8,06 A

TABELA 15: CARACTERÍSTICA ELÉTRICA STRING #8

Número de módulos em série	12
Fabricante	DYA Solar
Modelo	SV-245D12
Potência nominal	2,94 kW
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	448,92 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	8,65 A
Corrente na potência máxima (I_{mpp})	8,06 A

TABELA 16: CARACTERÍSTICA ELÉTRICA STRING #8

Número de módulos em série	10
Fabricante	BYD Europe B.V.
Modelo	BYD 250P6C-30
Potência nominal	2,5 kW
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	378 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	8,81 A
Corrente na potência máxima (I_{mpp})	8,3 A

1.2.2 Conversão C.C./C.A.

A conversão do sistema consiste de 19 inversores sendo 7 monofásicos e 12 trifásicos para um total de saída de 455 kW.

TABELA 17 : INVERSORES DE FREQUENCIA

Inversor	Fabricante	Modelo	Potência (kW)	Fator de potência nominal (ϕ)	Faixa de tensão Vcc-mpp	Faixa continua de tensão nos terminais em regime permanente	Faixa Operativa Continua de Frequência (Hz)
#1	Ingeteam	Ingecon Sun 3 Play 33TL M	33	1	200 - 820 V	304 - 528 V	57,5 - 62
#2	Ingeteam	Ingecon Sun 3 Play 28TL M	28	1	200 - 820 V	304 - 528 V	57,5 - 62
#3	Ingeteam	Ingecon Sun 1 Play 5TL M	5	1	125 - 750 V	122 - 265 V	57,5 - 62

As características técnicas principais dos inversores estão descritas abaixo:

TABELA 15: DETALHES DO INVERSOR #1	
Fabricante	Ingeteam S.A.
Modelo	Ingecon Sun 33TL (2012)
Potência nominal	33,00 kW
Potência máxima	42,90 kW
Eficiência máxima	98,00%
Eficiência europeia	97,80%
Tensão máxima do PV	1.000,00 V
Tensão mínima MPPT	300,00 V
Tensão máxima MPPT	800,00 V
Corrente de entrada mínima	80,00 A
Quantidade de MPPT	2
Tensão de saída CA	400,00 V
Saída	Monofásica e trifásica
Transformador galvânico	Não
Frequência	60 Hz
Ajustes de Tensão (CA)	304 -528 V
Controle do Fator de Potência	Sim. $S_{max} = 33 \text{ kVA}$; $Q_{max} = 20 \text{ kVAr}$
Frequência	57,5 – 62 Hz
Tempo religamento	30 – 300 s

TABELA 16: DETALHES DO INVERSOR #2	
Fabricante	Ingeteam S.A.
Modelo	Ingecon Sun 28TL
Potência nominal	28,00 kW
Potência máxima	37,50 kW
Eficiência máxima	98,00%
Eficiência europeia	97,80%
Tensão máxima do PV	1.000,00 V
Tensão mínima MPPT	120,00 V
Tensão máxima MPPT	820,00 V
Corrente de entrada mínima	30,00 A

Quantidade de MPPT	2
Tensão de saída CA	400,00 V
Saída	Monofásica e trifásica
Transformador galvânico	Não
Frequência	50/60 Hz
Ajustes de Tensão (CA)	304 -528 V
Controle do Fator de Potência	Sim. $S_{\max} = 28 \text{ kVA}$; $Q_{\max} = 20 \text{ kVAr}$
Frequência	57,5 – 62 Hz
Tempo religamento	30 – 300 s

TABELA 17: DETALHES DO INVERSOR #3

Fabricante	Ingeteam S.A.
Modelo	Ingecon Sun 5TL M
Potência nominal	5,20 kW
Potência máxima	6,50 kW
Eficiência máxima	98,00%
Eficiência europeia	97,60%
Tensão máxima do PV	900,00 V
Tensão mínima MPPT	125,00 V
Tensão máxima MPPT	750,00 V
Corrente de entrada mínima	11,00 A
Quantidade de MPPT	2
Tensão de saída CA	230,00 V
Saída	Monofásica e trifásica
Transformador galvânico	Não
Frequência	60 Hz
Ajustes de Tensão (CA)	122 - 265 V
Controle do Fator de Potência	Sim. $S_{\max} = 5 \text{ kVA}$;
Frequência	57,5 – 62 Hz
Tempo religamento	30 – 300 s

1.2.3. Conexão de strings aos inversores

Os strings que formam o sistema fotovoltaico estarão conectados

diretamente aos inversores. O modelo escolhido de inversor trifásico possui proteção interna de sobrecorrente por fusíveis, protetores de surto e monitoramento de corrente de cada string conectado ao inversor. A Figura 1 mostra o diagrama de conexões do inversor trifásico a ser utilizado na instalação. Os detalhes técnicos dos inversores estão descritos no anexo à este documento. Todos os inversores atendem a norma brasileira ABNT NBR 16149.

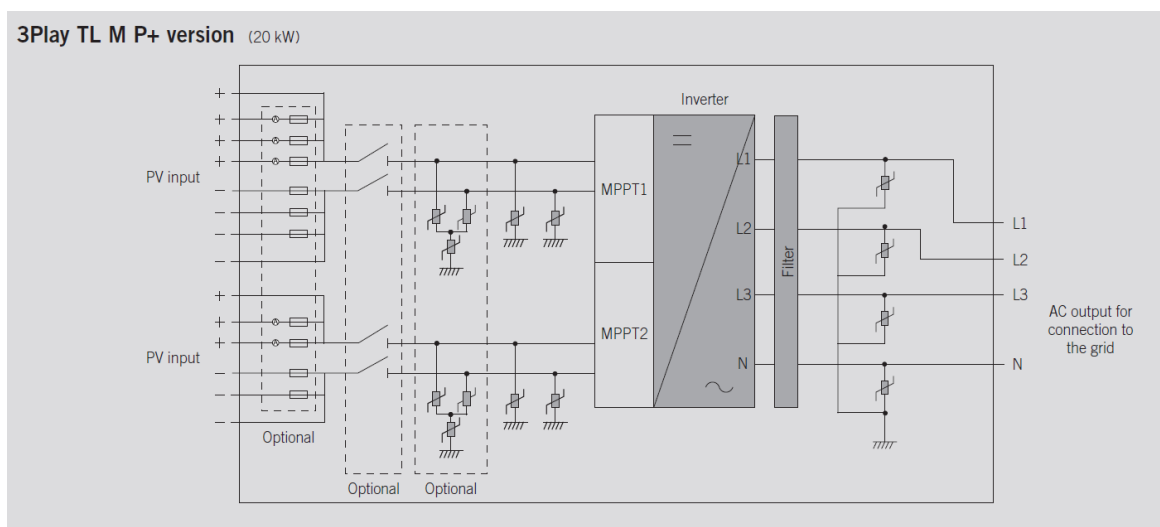


Figura 1 – Diagrama de conexões do inversor trifásico Ingeteam.

1.2.4. Transformador de Conexão

Para adequar a tensão de fornecimento dos inversores à tensão da rede MT no ponto de conexão será instalado um transformador trifásico a seco com potência de 500 kVA tensão primária 13,2 kV ligação delta, tensão secundária 380/220V ligação estrela, grau de proteção IP00.

1.2.5. Cabeamento

Circuitos em Corrente Alternada

Serão utilizados condutores de cobre com isolamento termoplástico para 750V do tipo anti-chama; os sem especificação e com isolamento para 600/1.000V do tipo anti-chama quando sujeito a instalações na presença de umidade (enterrados), em leitos e sujeitos a esforços mecânicos na hora da enfição. A bitola mínima a ser utilizada será de $2,5\text{mm}^2$ para circuitos de força e o fio terra. A seguinte convenção de cores prevista na NBR-5410 para a identificação dos cabos

dos circuitos em corrente alternada deverá ser seguida:

- Azul claro: para os condutores do neutro;
- Verde para os condutores de proteção (terra);
- Vermelho para os condutores da Fase R;
- Branco para os condutores da Fase S;
- Preto para os condutores da Fase T.

Os cabos não deverão ser seccionados exceto onde absolutamente necessário. Em cada circuito, os cabos deverão ser contínuos desde o disjuntor de proteção até a última carga, sendo que, nas cargas intermediárias, serão permitidas derivações.

Circuitos em Corrente Contínua

Serão utilizados condutores formados por fios de cobre eletrolítico, têmpera mole com isolamento HEPR 90°C cobertura termoplástica não halogenado, auto extinção do fogo e proteção UV tensão de trabalho 900/1.500 V marca Condumax ou Prismyan.

Os cabos não deverão ser seccionados exceto onde absolutamente necessário. Em cada circuito, os cabos deverão ser contínuos desde o primeiro e o último módulo que compõem cada string até o respectivo inversor.

1.2.6. Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT):

Será utilizado um quadro de baixa tensão (QGBT) com barramentos trifásicos, destinados à distribuição de energia elétrica a partir do secundário do transformador de força, para distribuição dos circuitos de alimentação dos inversores, sistemas auxiliares e conexão com a rede com grau de proteção, no mínimo IP-4X;

Os barramentos possuirão fita ou pintura nas extremidades, nas cores de identificação:

Barramento de Corrente Alternada:

Fase R: Cor azul-escuro;

Fase S: Cor branca;

Fase T: Cor violeta;

Terra: Cor verde.

Barramento de Corrente Contínua:

Positivo: Cor vermelha;

Negativo: Cor preta.

Os disjuntores de entrada e dos circuitos de saída serão tripolares, termomagnéticos, caixa moldada, atendendo as especificações da norma NBR IEC 60947-2.

Será utilizado disjuntor caixa moldada ou aberto para entrada (proteção geral) e, caixa moldada nos circuitos dos inversores fotovoltaicos montados sob placa metálica. Os disjuntores possibilitarão que seja realizada a função de seletividade lógica para as funções de proteção contra curto-circuito; O comando local do disjuntor geral de entrada será por meio de botões “liga” e “desliga”

2. DESENHOS

2.1. *Diagrama Unifilar*

O diagrama unifilar do sistema fotovoltaico encontra-se no anexo a esse documento:

- HS.Elet.DU.CESP.CP.Estac.R09b.pdf

2.2. *Layout Geral da Instalação*

O layout geral da instalação fotovoltaica na área do Parque Cândido Portinari está mostrado no desenho anexo:

- Est.FV.Pq.Candido.Portinari.R00.pdf

2.3. *Layout Central de Transformação*

Todos os inversores da planta fotovoltaica serão instalados no interior da Central de Transformação. Na sala também será instalado o Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), rack de computadores e telas de monitoramento do

funcionamento da instalação fotovoltaica. Contíguo à sala estará instalado o transformador elevador e seccionadora com fusível. O layout do prédio encontra-se no documento anexo:

- EST.VILLA LOBOS-SALA INVERSORES-R3.pdf

3. ANEXOS

Layout disposição dos módulos fotovoltaicos

- Est.FV.Pq.Candido.Portinari.R00.pdf

Diagrama Unifilar:

- HS.Elet.DU.CESP.CP.Estac.R09a.pdf