

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA:
GERAÇÃO, OPERAÇÃO E INTEGRAÇÃO

Thiago José Paixão de Carvalho

ESTUDO DE PRÉ-VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA A INSERÇÃO
DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA NA VILA DO NOVO BENTO NA
CIDADE MARIANA-MG

Belo Horizonte

2020

Thiago José Paixão de Carvalho

**ESTUDO DE PRÉ-VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA A INSERÇÃO
DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA NA VILA DO NOVO BENTO NA
CIDADE MARIANA-MG**

Versão final

Monografia de especialização apresentada ao Curso de Especialização em Fontes Renováveis de Energia: Geração, Operação e Integração da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fontes Renováveis de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Luís Guilherme Monteiro Oliveira

Belo Horizonte

2020

C331e Carvalho, Thiago José Paixão de.
Estudo de pré-viabilidade técnica e econômica para a inserção de geração distribuída fotovoltaica na vila do Novo Bento na cidade de Mariana – MG [recurso eletrônico] / Thiago José Paixão de Carvalho. – 2020.
1 recurso online (68 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Luís Guilherme Monteiro Oliveira.

“Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Fontes Renováveis da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais”

Anexos: f. 69-108.
Bibliografia: f. 67-68.
Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Engenharia Elétrica. 2. Sistemas de energia fotovoltaica.
3. Geração de energia fotovoltaica. I. Oliveira, Luís Guilherme Monteiro.
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia.
III. Título.

CDU: 621.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

CURSO DE FONTES RENOVÁVEIS - GERAÇÃO, OPERAÇÃO E INTEGRAÇÃO

UFMG

FOLHA DE APROVAÇÃO

Estudo de Pré Viabilidade Técnica e Econômica para a Inserção de Geração Distribuída Fotovoltaica na Vila do Novo Bento na Cidade Mariana-MG

THIAGO JOSÉ PAIXÃO DE CARVALHO

Monografia submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de FONTES RENOVÁVEIS - GERAÇÃO, OPERAÇÃO E INTEGRAÇÃO, como requisito para obtenção do certificado de Especialista em FONTES RENOVÁVEIS - GERAÇÃO, OPERAÇÃO E INTEGRAÇÃO, área de concentração FONTES RENOVÁVEIS - GERAÇÃO, OPERAÇÃO E INTEGRAÇÃO.

Aprovada em 12 de maio de 2020, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Luis Guilherme Monteiro Oliveira - Orientador

PUC Minas

Prof. Wallace do Couto Boaventura

UFMG

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por nos dar forças nos momentos difíceis, aos familiares pelo apoio incondicional, aos amigos que ajudaram e apoiaram, aos Professores do Curso de Especialização em Fontes Renováveis de Energia, principalmente, ao meu orientador, Prof. Luís Guilherme Monteiro Oliveira, por estar sempre disposto a ajudar, e a Fundação Renova por apoiar o trabalho desenvolvido.

“A nossa vida é um Eterno Ensino Aprendizado rumo a Eternidade. Aprender e ensinar sempre. Assim é a vida hoje, agora e sempre.”
(Gerson Carlos Tibúrcio).

RESUMO

O trabalho proposto consistiu no desenvolvimento de um estudo pré-viabilidade técnica e econômica para a inserção de geração distribuída fotovoltaica na nova Vila do Bento Rodrigues, denominada de Novo Bento, que será construída na cidade Mariana-MG.

Essa nova Vila vem para reassentar as famílias que sofreram perdas materiais e imateriais por consequência da tragédia do rompimento da barragem de Fundão, em 5 de novembro de 2015 e será ocupada por 255 famílias, em média de 4 pessoas por residência, nesse empreendimento ainda terá áreas institucionais (ex: escolas, ginásio, posto de saúde etc.) que atenderão ao condomínio. Novo Bento está localizada a 11 km do centro da cidade Mariana-MG, nas seguintes coordenadas 20°18'18" S e 43°25'56" W e altitude de 908m. Sua irradiação solar global, em média diária anual, no plano horizontal, conforme o Atlas Solarimétrico de Minas Gerais (CEMIG, 2012), é de 5,0 kWh/m²/dia, apresentando ser propícia a instalação de sistema fotovoltaicos. Portanto, o trabalho foi focado na utilização da tecnologia solar fotovoltaica, embasado na geração distribuída, adequando a tecnologia nas diferentes edificações que serão erguidas no local de forma que seja uma proposta dentro do princípio de sustentabilidade.

Palavras-chave: Energia Solar fotovoltaica, Novo Bento, Geração Distribuída.

ABSTRACT

The proposed work consisted of the development of a pre-feasibility technical and economic study to insert Photovoltaic Distribution Generation based on the new Vila do Bento Rodrigues, called Novo Bento, which will be constructed in the city Mariana-MG.

This new village comes to resettle families who suffered material and immaterial losses as a result of the tragedy of the rupture of the Fundão dam, on November 5, 2015 and will be occupied by 255 families, on average 4 people per residence, in this development will still have institutional areas (e.g. schools, gymnasium, health center etc.) that will serve the condominium. Novo Bento is located 11 km from the city center Mariana-MG, at the following coordinates 20°18' 18" S and 43°25'56" W and altitude of 908m. Its global solar radiation, on an annual daily average, horizontally, according to the Solarmetric Atlas of Minas Gerais (CEMIG, 2012), is 5.0kWh/m²/day, favoring the installation of photovoltaic systems. Therefore, the work was focused on the use of photovoltaic solar technology, based on distributed generation, adequating the technology in the different buildings that will be erected on site so that it is a proposal within the principle of sustainability.

Keywords: Solar Energy photovoltaic, Novo Bento, Distributed Generation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa urbanístico do Novo Bento	15
Figura 2– Local e início das obras do Novo distrito de Bento Rodrigues.....	16
Figura 3 – Temperaturas e precipitações médias da cidade de Mariana - MG	17
Figura 4 – Dados meteorológico da cidade de Mariana – MG.....	17
Figura 5 – Irradiação solar global, em média mensal / anual, para diferentes planos de inclinação, na região da cidade de Mariana-MG.....	18
Figura 6 – Potencial de geração fotovoltaica em energia específica (kWh / kWp) em MG	19
Figura 7 – Efeito causado pela variação da temperatura das células sobre a curva característica I-V para um módulo de 36 células silício cristalino (c-Si) sob a irradiância de 1.000W/m ²	20
Figura 8 – Crescimento da Inserção de Potência da Geração Distribuída no Brasil	21
Figura 9 – Evolução da Geração Distribuída Fotovoltaica Solar no Brasil.....	22
Figura 10 – Geração Distribuída Fotovoltaica – Potência Instalada em cada Estado	23
Figura 11 – Razão entre o custo da energia fotovoltaica e o valor cobrado pelas distribuidoras locais com tributos.....	24
Figura 12 – Esquema representativo de um SFCR.....	25
Figura 13 – Tecnologias de células fotovoltaicas mais utilizadas no mercado	26
Figura 14 – Comparativo de eficiência entre o microinversor e inversor string	27
Figura 15 – Redução de energia total para um SFCR com inversor <i>string</i> devido o primeiro módulo possuir sombreamento parcial	28
Figura 16 – Redução de energia apenas para o módulo que está sombreado parcialmente não afetando a energia total para um SFCR com microinversores	29
Figura 17 – Planta da cobertura das Salas de Aula.....	31
Figura 18 – Corte Longitudinal das Salas de Aula.....	31
Figura 19 – Posicionamento dos módulos fotovoltaicos da Escola Novo Bento	32
Figura 20 – Inclinação e Orientação dos SFCRs proposto da Escola do Novo Bento	33
Figura 21 – Resultado da análise do sistema FV da Escola do Novo Bento.....	34
Figura 22 – Posicionamento dos módulos fotovoltaicos do Ginásio Poliesportivo do Novo Bento.....	34
Figura 23 – Detalhe da Platibanda.....	35
Figura 24 – Planta da cobertura do Ginásio Poliesportivo do Novo Bento.....	36
Figura 25 – Corte Longitudinal do Ginásio Novo Bento	37
Figura 26 – Inclinação e Orientação Sul do SFCR do Ginásio do Novo Bento.....	38

Figura 27 – Resultado da 1º análise do sistema FV do Ginásio Poliesportivo.....	39
Figura 28 – Orientação e Inclinação de Proposta do SFCR orientado para o norte geográfico do Sistema do Ginásio Poliesportivo.....	40
Figura 29 – Corte longitudinal da proposta da cobertura do Ginásio Poliesportivo com mudança de orientação	40
Figura 30 – Proposta do diagrama de cobertura do Ginásio Poliesportivo com mudança de orientação (Sul para o Norte geográfico)	41
Figura 31 – Resultado da proposta do sistema FV do Ginásio Poliesportivo, orientação para o norte geográfico.....	42
Figura 32– Planta do Pavimento Subsolo.....	43
Figura 33 – Planta do Pavimento Térreo	43
Figura 34 – Corte Longitudinal Residencial	44
Figura 35 – Planta da Cobertura Residencial	44
Figura 36 – Posicionamento dos módulos Residencial	45
Figura 37 – Consumo médio residencial por estado de acordo com a EPE	45
Figura 38 – Resultado da proposta do sistema FV residencial.....	46
Figura 39 – Planta de situação do Posto de Serviço e Posto de Saúde.....	47
Figura 40 – Corte longitudinal do Posto de Serviço e de Saúde	49
Figura 41 – Orientação e inclinação dos <i>Sheds</i> para SFCR do Posto de Serviços	49
Figura 42 – Posicionamento dos módulos fotovoltaicos no Posto de Serviços	50
Figura 43 – Resultado do Sistema FV do Posto de Serviços.....	51
Figura 44 – Corte Longitudinal de Posto de Saúde	53
Figura 45 – Posicionamento dos módulos fotovoltaicos para o Posto de Saúde.....	54
Figura 46 – Orientação e inclinação para SFCR do Posto de Saúde.....	54
Figura 47 – Resultado do sistema FV do Posto de Saúde	55
Figura 48 – Valores das tarifas – CEMIG	56
Figura 49 – Perdas e parâmetros para cada sistema de SFCR.....	57
Figura 50 – Tarifas e encargos de energia para as Edificações Institucionais	58
Figura 51 – Tarifas e encargos de energia para as Edificações Residenciais.....	59
Figura 52 – <i>Payback</i> da Escola do Novo Bento	60
Figura 53 – 1º análise do <i>Payback</i> do Ginásio Poliesportivo do Novo Bento (Orientação para o sul)	61
Figura 54 – 2º análise do <i>Payback</i> do Ginásio Poliesportivo do Novo Bento (Orientação para o norte).....	62

Figura 55 – <i>Payback</i> Residencial do Novo Bento	63
Figura 56 – <i>Payback</i> do Posto de Serviço do Novo Bento.....	64
Figura 57 – <i>Payback</i> do Posto de Saúde do Novo Bento	65

LISTA DE TABLAS

Tabela 1 – Uso da energia em edifícios – Média de consumo diário	32
Tabela 2 – Estimativa para o consumo médio mensal de energia para o Posto de Serviços....	47
Tabela 3 – Estimativa para o consumo médio mensal de energia para o Posto de Saúde.....	51
Tabela 4 – Custo para instalação do sistema fotovoltaico da Escola do Novo Bento	59
Tabela 5 – Custo para instalação do sistema fotovoltaico do Ginásio Poliesportivo	60
Tabela 6 – Custo para instalação do sistema fotovoltaico Residencial	62
Tabela 7 – Custo para instalação do sistema fotovoltaico do Posto de Serviços	63
Tabela 8 – Custo para instalação do sistema fotovoltaico do Posto de Saúde	64
Tabela 9 – Resultado do estudo da Geração Distribuída Fotovoltaica do Novo Bento	65

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVO GERAL	14
2.1.	Objetivos Específicos.....	14
3.	METODOLOGIA	14
4.	PROJETO DA NOVA VILA – NOVO BENTO.....	15
4.1.	Contextos Meteorológico / Solarimétrico da região e Geração Distribuída Fotovoltaica.....	16
5.	PRÉ-DIMENSIONAMENTO ENERGÉTICO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICAS PROPOSTAS PARA AS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E INSTITUCIONAIS DA VILA NOVO BENTO	24
5.1.	Escola do Novo Bento.....	30
5.2.	Ginásio Poliesportivo do Novo Bento	34
5.3.	Edificações Residenciais do Novo Bento	42
5.4.	Posto de Serviço do Novo Bento	46
5.5.	Posto de Saúde do Novo Bento	51
6.	ESTUDO DE PRÉ-VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DOS SFCR CONSIDERADOS NESTE ESTUDO.....	56
7.	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
	ANEXOS.....	69

1. INTRODUÇÃO

Em novembro de 2015 ocorreu um dos maiores desastres ambientais no Brasil, com grande repercussão da mídia internacional, ou seja, o rompimento da barragem de rejeitos de minério de ferro, denominada Barragem do Fundão, da Mineradora Samarco S/A, controlada pelas Mineradoras Vale S/A e pela BHP Biliton. (FUNDAÇÃO RENOVA, 2019)

A barragem de rejeitos de Fundão ficava localizada a 31 km do centro do município de Mariana- MG e a 2,5 km acima do subdistrito de Bento Rodrigues próximo à cidade de Mariana-MG.

Com o rompimento da barragem, o subdistrito rural de Bento Rodrigues foi o primeiro a ser atingido, devido a sua proximidade. Foram mais 39 milhões de metros cúbicos de rejeito de minério de ferro que atingiram os subdistritos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo, esses foram completamente submersos e destruídos pela enxurrada de lama. (FUNDAÇÃO RENOVA, 2019). Outros vilarejos e subdistritos situados no curso do rio Gualaxo também foram atingidos pela lama.

O rejeito atingiu também o Rio Doce, um dos principais rios da região, que seguiu o seu leito prejudicando o abastecimento de água de vários municípios até desaguar no oceano Atlântico na cidade de Linhares no estado do Espírito Santo.

O desastre ambiental impactou diretamente a fauna e flora dos locais por onde passou, destruindo todos os seres que ali habitavam e precisavam do rio para continuar a viver.

Além disso, houve um grande impacto econômico e social na localidade, onde foram mais 300 famílias desabrigadas, e como se tratava de áreas rurais, os recursos e proventos que eram tirados da terra foram extintos.

As empresas Samarco, Vale e a BHP Biliton, em 2016 e devido ao desastre ocorrido, assinaram o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC), onde foi criada a Fundação Renova (VALE, 2016), que ficou responsável por conduzir os programas de reparação, restauração e recuperação socioeconômica, sociocultural e socioambiental das áreas impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão.

Através deste “Termo” ficou determinado a criação de um novo distrito, denominado NOVO BENTO, que veio para reassentar as famílias que perderam os seus bens materiais e sofreram danos morais com o desastre ambiental.

O local escolhido, e aprovado pelos moradores, fica aproximadamente a 11km do centro do município de Mariana-MG, onde está sendo desenvolvida toda a infraestrutura do local para receber o novo distrito.

Neste contexto, o trabalho a ser apresentado consiste em avaliar alternativas para o fornecimento de uma energia renovável e sustentável para atender a nova localidade, através de estudo inicial de pré-viabilidade técnica e econômica da inserção da geração distribuída fotovoltaica. Com esta proposição, pretende-se incentivar as novas construções o uso da energia limpa e renovável e que esses resultados possam vir atender aos seus futuros moradores e ir de encontro a sustentabilidade energética, conseqüentemente, a recuperação ambiental do local.

2. OBJETIVO GERAL

O trabalho consiste em realizar um estudo de pré-viabilidade técnica e econômica para a inserção de geração distribuída fotovoltaica na vila do Novo Bento na cidade Mariana-MG

2.1. Objetivos Específicos

- Propor ao Instituto Renova uma opção de sustentabilidade energética para a nova Vila Novo Bento;
- Realizar um pré-dimensionamento energético de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica a serem inseridos nas edificações da Vila Novo Bento;
- Realizar uma pré-análise econômica financeira para os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica propostos para a Vila Novo Bento;
- Analisar a viabilidade técnica e econômica dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica propostos para a Vila Novo Bento;
- Promover a conscientização do uso da fonte renovável fotovoltaica na sustentabilidade energética.

3. METODOLOGIA

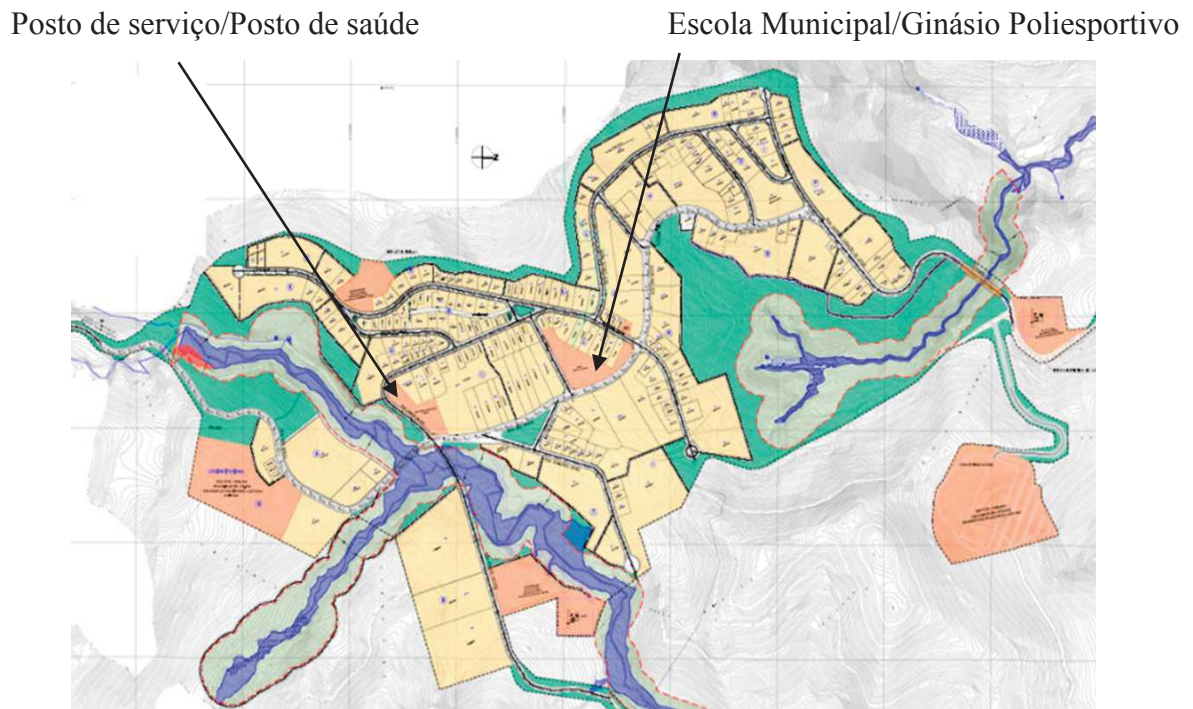
Para a realização do estudo de pré-viabilidade técnica e econômica de inserção de geração distribuída fotovoltaica na Vila do Novo Bento na cidade Mariana-MG foi realizada, inicialmente, uma revisão bibliográfica sobre sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, consumo médio em edificações (relatórios da Empresa de Pesquisas Energética – EPE), estudo e coleta de dados (plantas das edificações, relatórios técnicos e etc) do projeto de reestruturação da Vila Bento Rodrigues proposto pelo Instituto Renova. Além disso,

foram utilizados os softwares PVsyst, para o pré-dimensionamento energético de sistemas fotovoltaicos (em conjunto com o banco de dados solarimétrico do Atlas Solarimétrico de Minas Gerais), e o SAM (System Advisor Model), para a pré-análise de viabilidade econômica / financeira dos SFCR propostos utilizando dados coletados no mercado de energia solar fotovoltaica.

4. PROJETO DA NOVA VILA – NOVO BENTO

O projeto da nova Vila de Bento Rodrigues, coordenadas geográficas: Latitude: 20°18'18" S e Longitude: 43°25'56" O e altitude de 908 m, consiste em um condomínio que será ocupado por 255 residências unifamiliares, uma escola com 14 salas de aula, um Ginásio poliesportivo coberto, um supermercado, uma estação de tratamento de água (ETA) e esgoto / efluentes (ETE), um posto de saúde, e um posto de serviços. A Figura 1, apresenta o mapa urbanístico (Planta de Localização) da Vila do Novo Bento e a Figura 2, mostra o início das obras no novo distrito.

Figura 1 – Mapa urbanístico do Novo Bento



Fonte: Fundação Renova (2019)

Figura 2– Local e início das obras do Novo distrito de Bento Rodrigues



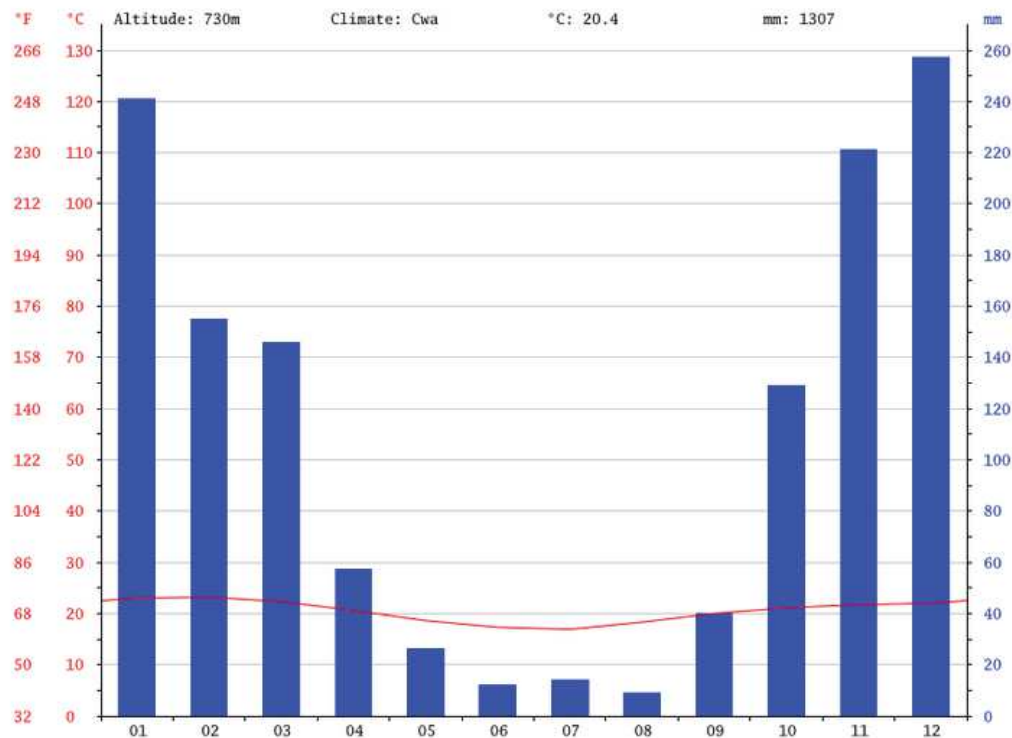
Fonte: Fundação Renova (2019)

4.1. Contextos Meteorológico / Solarimétrico da região e Geração Distribuída Fotovoltaica

A cidade de Mariana é uma região montanhosa com relevo acidentado, apresenta um clima tropical de altitude úmido, quente e temperado. Há muito menos chuvas no inverno que no verão. De acordo com a Köppen e Geiger (1978) o clima é classificado como CWA – Clima subtropical de inverno seco (com temperaturas inferiores a 18°C) e verão quente (com temperaturas superiores a 22°C). A temperatura média na cidade de Mariana é de 20,4 °C e a sua Pluviosidade média anual de 1307 mm. (CLIMATE-DATA.ORG, 2020)

Na figura 3 observa-se que os meses de junho, julho e agosto são mais secos com menos de 15mm de precipitação pluviométrica, e os meses de janeiro e dezembro tem os maiores valores de precipitação pluviométrica. O mês de fevereiro é o mais quente do ano com a temperatura média é de 23,2 °C, ao longo do ano julho tem uma temperatura média mais baixa de 16,9 °C. A diferença entre o mês mais chuvoso e o mais seco é de 248 mm de precipitação e a variação da temperatura média durante o ano é de 6,3°C, como pode ser observado na figura 4.

Figura 3 – Temperaturas e precipitações médias da cidade de Mariana - MG



Fonte: CLIMATE-DATA.ORG (2020)

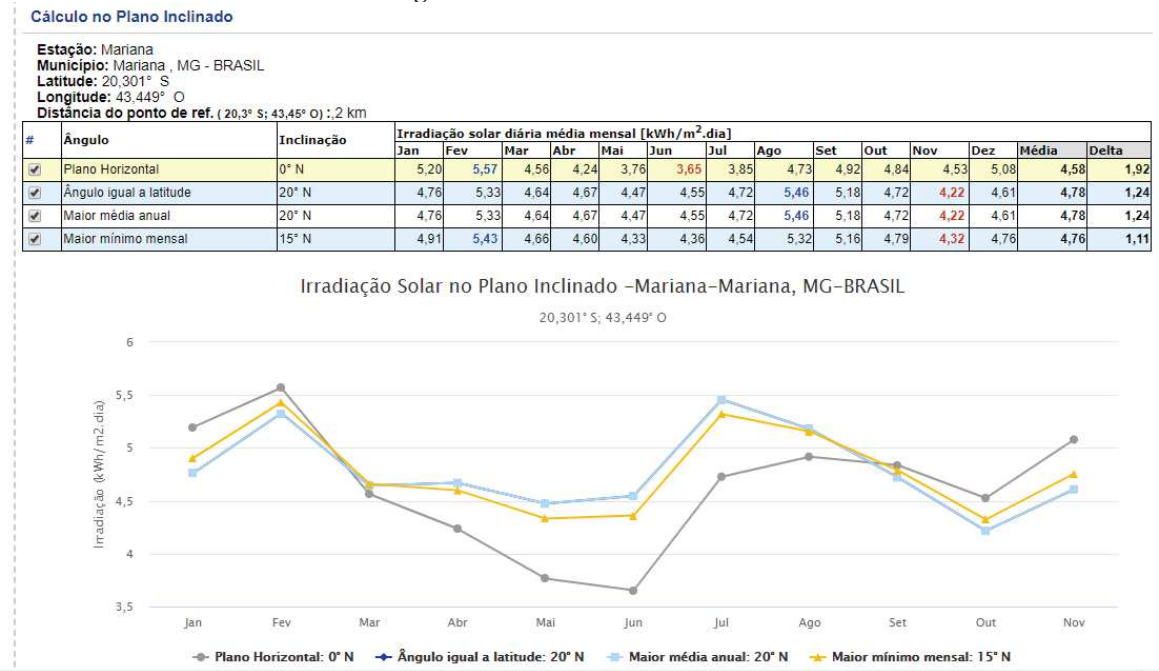
Figura 4 – Dados meteorológico da cidade de Mariana – MG

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	23	23.2	22.3	20.6	18.6	17.3	16.9	18.3	20	21.1	21.7	22
Temperatura mínima (°C)	17.6	17.6	17	15.1	12.6	10.7	10.1	11.4	13.9	15.8	16.8	17.1
Temperatura máxima (°C)	28.4	28.8	27.7	26.2	24.7	23.9	23.7	25.3	26.1	26.5	26.7	26.9
Chuva (mm)	241	155	148	57	26	12	14	9	40	129	221	257

Fonte: CLIMATE-DATA.ORG (2020)

A partir do banco de dados solarimétricos disponibilizado pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB, 2019), instituição pertencente ao Centro de Pesquisas em Energia Elétrica (CEPEL), é possível extrair os dados da irradiação solar global, em média mensal / anual do local, comprovando um potencial solar interessante para a aplicação da tecnologia solar fotovoltaico conforme apresenta a figura 5.

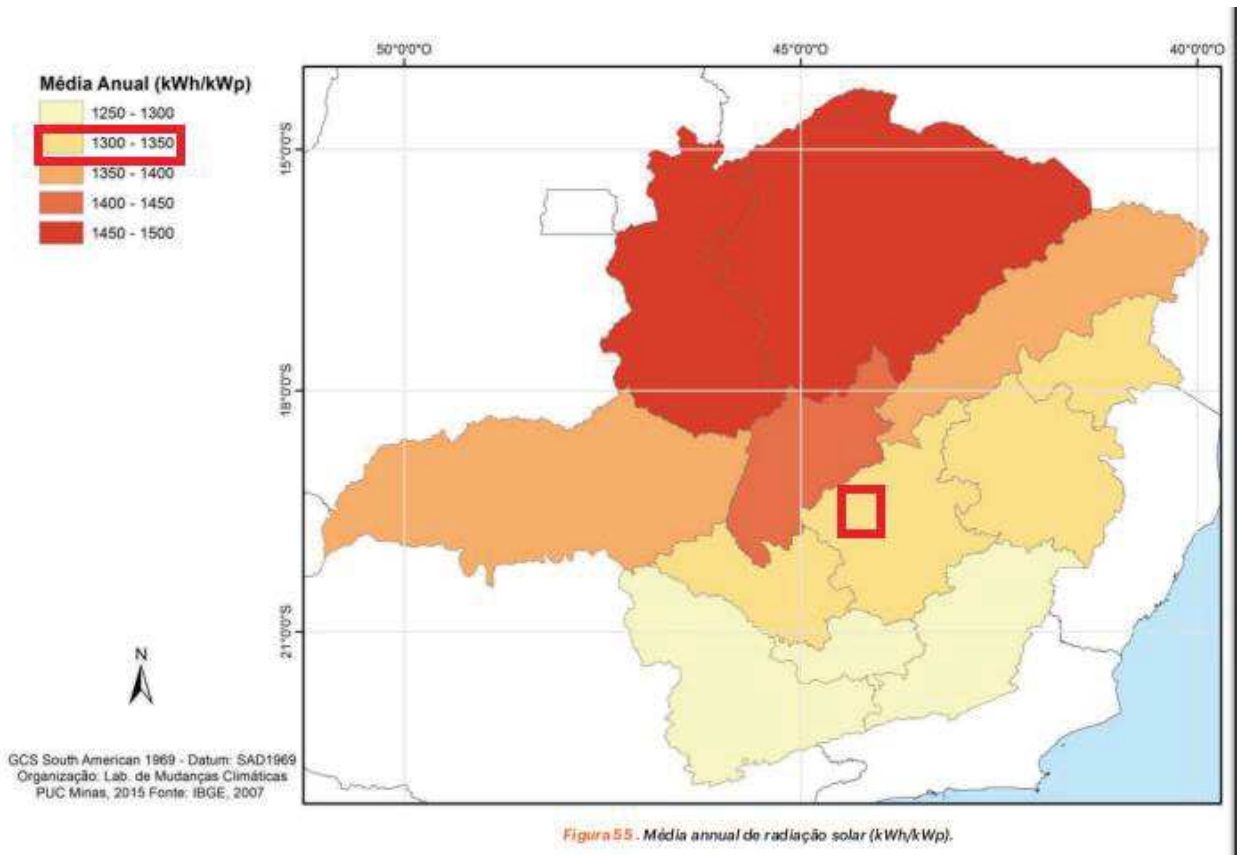
Figura 5 – Irradiação solar global, em média mensal / anual, para diferentes planos de inclinação, na região da cidade de Mariana-MG



Fonte: CRESESB / CEPEL (2019)

De acordo com a figura 5, é possível notar que irradiação solar varia ao longo do ano mostrando que o recurso solar é estocástico, porém, para projetos de SFCR é considerada a média anual de forma que a energia disponibilizada pelo Sol seja melhor aproveitada ao longo do ano e assim, o sistema obter maiores ganhos energéticos. Portanto, a média anual diária de irradiação global, em plano inclinado, apresentada para a região é de 4,78 kWh/m² demonstrando ser uma região adequada para uso da tecnologia fotovoltaica conforme apresenta a figura 6 onde o quadrado, na cor vermelha, apresenta o potencial de geração fotovoltaica em energia específica (kWh / kWp) na região.

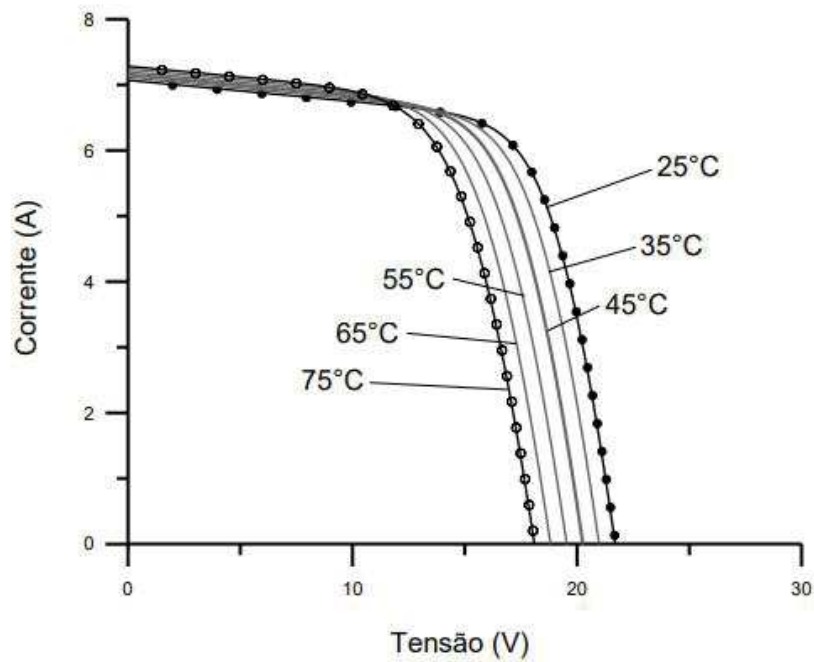
Figura 6 – Potencial de geração fotovoltaica em energia específica (kWh / kWp) em MG



Fonte: Atlas Solarimétrico de Minas Gerais / CEMIG, 2016

Além do efeito da variação do recurso solar dos módulos fotovoltaicos sofrem com a variação da temperatura ambiente implicando em uma variação de temperatura nas células que os compõem, e assim, diminuem o seu rendimento. A figura 7 mostra curvas I-V para diversas temperaturas de célula, deixando evidente que há uma queda de tensão importante com o aumento da temperatura da célula. A corrente sofre uma elevação muito pequena e não compensa a perda causada pela diminuição de tensão. (CRESESB / CEPEL, 2014)

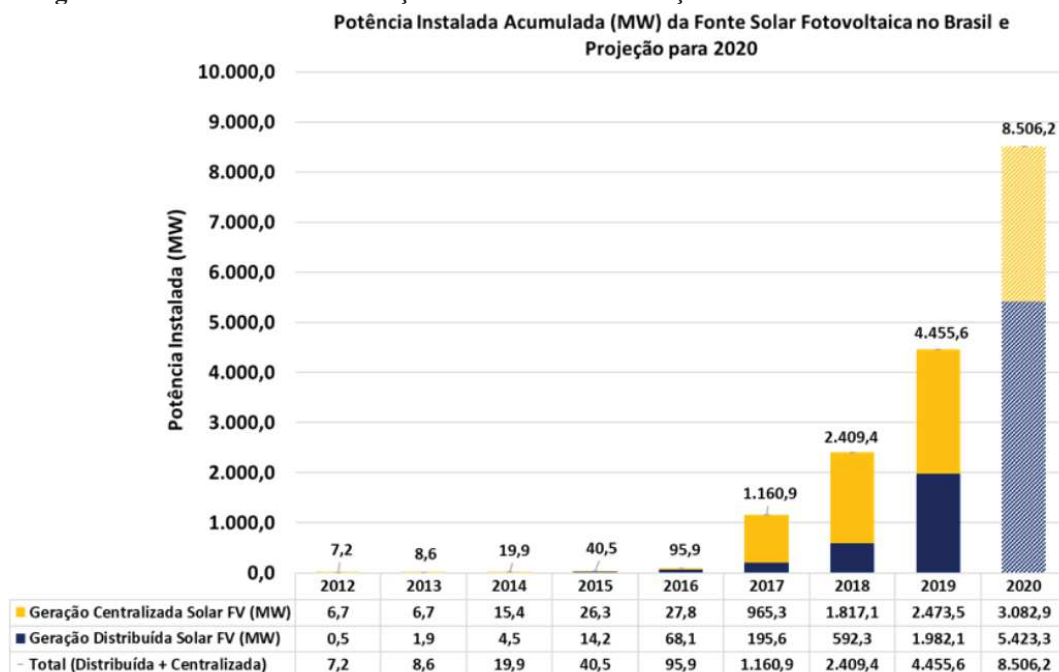
Figura 7 – Efeito causado pela variação da temperatura das células sobre a curva característica I-V para um módulo de 36 células silício cristalino (c-Si) sob a irradiância de 1.000W/m^2



Fonte: CRESESB / CEPEL (2014)

Além dos fatores solarimétricos e meteorológicos apresentados, o projeto para instalação do sistema geração distribuída fotovoltaica (GDFV) no condomínio se justifica, pois, a utilização de energia fotovoltaica através da mini / micro geração distribuída a cada ano vem ganhando destaque na matriz energética do país, conforme apresenta a figura 8.

Figura 8 – Crescimento da Inserção de Potência da Geração Distribuída no Brasil

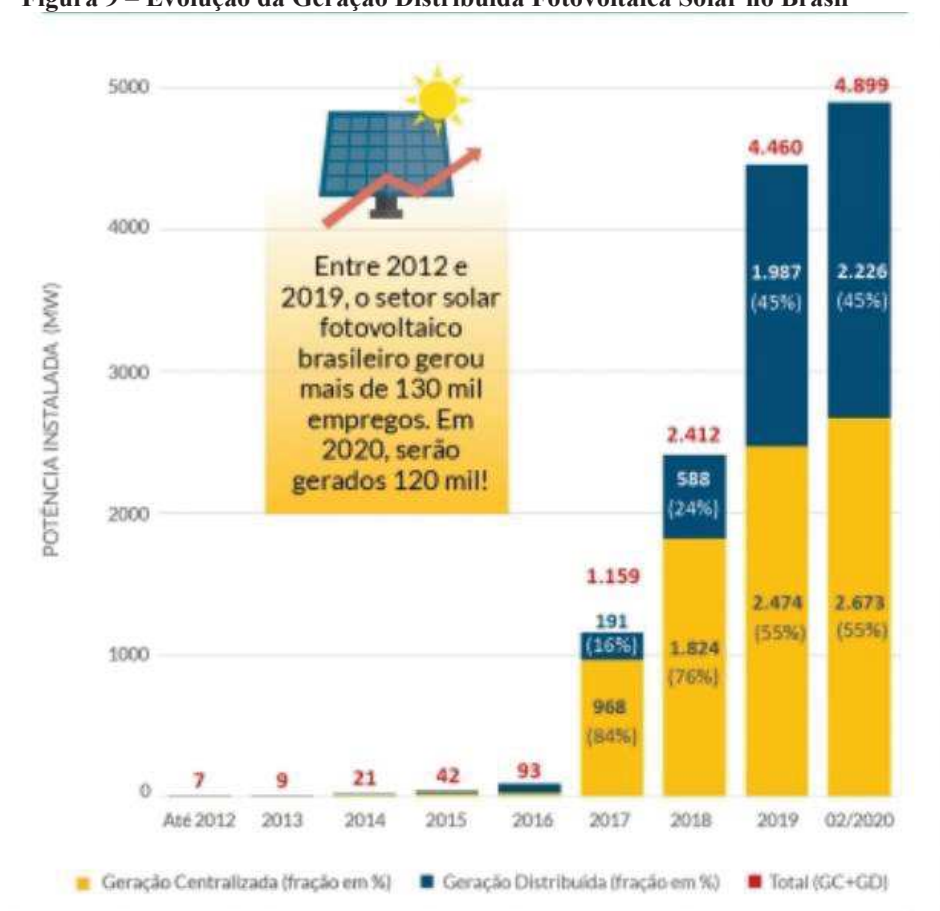


Fonte: ABSOLAR (2020)

De acordo com a figura 8, pode-se perceber o crescimento da inserção deste tipo de geração no país, ou seja, geração distribuída fotovoltaica, que em 2019, atingiu 1,98 GWp de potência instalada sendo que para o ano de 2020, há uma perspectiva de inserção de mais 3,44 GWp GDFV tendo um montante de potência instalada no fim do ano de 5,42 GWp. . (ABSolar, 2020).

Devido ao crescimento da geração distribuída conectada à rede elétrica e a necessidade cada vez maior do potencial humano como prestadores de serviço, conforme se ver na figura 9, a geração distribuída está próximo de se igualar a geração centralizada, e espera-se que em 2020 seja gerado mais de 120 mil empregos nas instalações fotovoltaicas no país ficando bem próximo da geração fotovoltaica centralizada

Figura 9 – Evolução da Geração Distribuída Fotovoltaica Solar no Brasil



Fonte: ABSOLAR (2020)

Esse aumento gradativo foi consequência da criação do ProGD (Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída), criado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) lançado no dia 15 de dezembro de 2015. O programa visa estimular, através de diversas ações de apoio e incentivo, a geração de energia pelo próprio consumidor, com ênfase na fonte solar fotovoltaica. Desde o lançamento do programa e durante todo o seu prazo, cerca de R\$100 bilhões serão investidos através do ProGD para impulsionar a tecnologia fotovoltaica entre as unidades consumidoras do país, que poderão totalizar 2,7 milhões até o final de 2030. (Bluesol, 2018).

De acordo com Aneel (2020) o estado de Minas Gerais apresenta o maior percentual de geração distribuída instalada no país, como apresentado na figura 10.

Figura 10 – Geração Distribuída Fotovoltaica – Potência Instalada em cada Estado



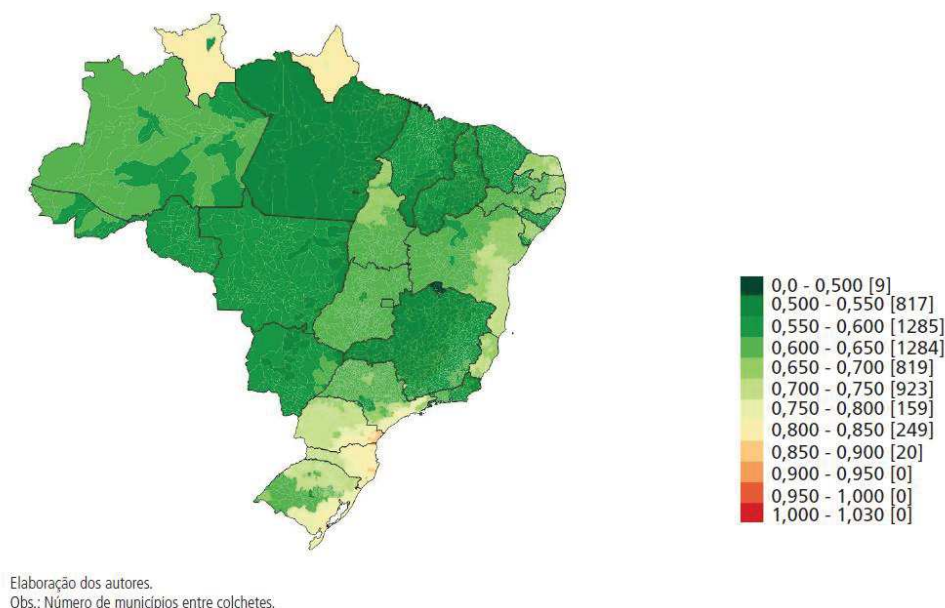
Fonte: ABSOLAR (2020)

O mapa da figura 11 apresenta comparações das regiões em relação a incidência solar com os tributos cobrados em cada estado. Como exemplo a tarifa média do estado de Minas Gerais é de aproximadamente R\$ 0,55/kWh. Conforme podemos observar as regiões onde a utilização de energia fotovoltaica é mais economicamente viável estão destacados em verde, ou seja, quando mais escuro mais viável.

Como exemplo, o estado do Pará é um exemplo clássico, pois, apresenta uma das melhores razões entre o valor da tarifa da distribuidora, a quarta mais cara do país de acordo com dados da ANEEL, e ao fato da incidência solar ser razoavelmente alta. Já o estado de Roraima, apesar de apresentar bons índices de radiação solar, não possui uma relação tão vantajosa, visto que a tarifa e o ICMS incidente estão entre os menores do país. De qualquer

forma, em todos os municípios brasileiros o custo de geração fotovoltaica é menor que o da energia fornecida pelas distribuidoras na tarifa residencial com tributos. (STEFANO E FABIANO, 2018).

Figura 11 – Razão entre o custo da energia fotovoltaica e o valor cobrado pelas distribuidoras locais com tributos



Fonte: IPEA (2018)

5. PRÉ-DIMENSIONAMENTO ENERGÉTICO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICAS PROPOSTAS PARA AS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E INSTITUCIONAIS DA VILA NOVO BENTO

O pré-dimensionamento energético de sistemas fotovoltaicos está associado as novas edificações residenciais e institucionais (ex: escola, posto de saúde etc.), sem alterar o projeto arquitetônico original para a Vila Novo Bento, elaborado e executado pelo Instituto Renova, de forma a propor a inserção de tecnologia renovável e sustentável através da micro / mini geração distribuída fotovoltaica. Para a realização desse pré-dimensionamento energético foram utilizados módulos fotovoltaicos de tecnologia de silício policristalino e microinversores.

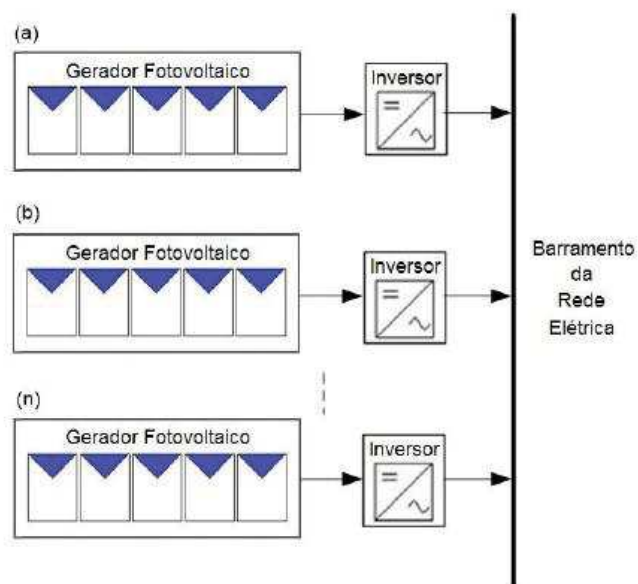
Cabe salientar que a geração distribuída é realizada junto ou próxima dos consumidores (comerciais, residenciais e até mesmo industriais) podendo utilizar sistemas de geração com potência até 5 MW com diferentes tecnologias (exemplos: fotovoltaica, eólica,

biogás e hídrica¹). Ou seja, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis de energia, ou através de cogeração qualificada, podendo fornecer o excedente de energia para a rede elétrica de distribuição de sua localidade denominado de compensação de energia (*netmetering*). Trata-se da micro e da minigeração distribuídas de energia elétrica, inovações que podem aliar a economia financeira, consciência socioambiental e sustentabilidade. (ANEEL, 2019).

Conforme Resolução Normativa nº 687/2015 da ANEEL, denomina-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (kW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conectadas na rede elétrica de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFCR) são aqueles em que a potência produzida pelo gerador é entregue diretamente a rede elétrica, para isso é indispensável o uso de um conversor estático (inversor) que satisfaça a exigência de qualidade de energia e segurança da concessionária local, para que não degrade a qualidade de energia do sistema elétrico ao qual se interliga o gerador fotovoltaico. (CRESESB / CEPEL, 2014). A Figura 12 apresenta o esquema representativo de um SFCR.

Figura 12 – Esquema representativo de um SFCR



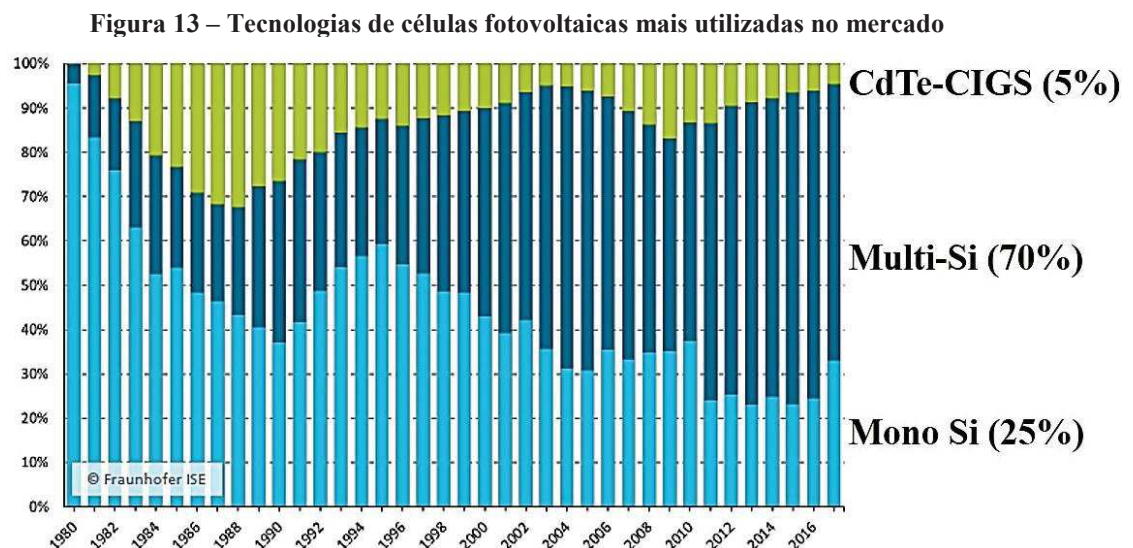
Fonte: CRESESB / CEPEL (2014)

Os geradores fotovoltaicos são compostos por módulos fotovoltaicos, conectados em série/ paralelo, os quais recebem em suas superfícies irradiação global incidente. Estes

¹ A fontes renováveis hídricas é de até 3 MW

módulos são constituídos por células, geralmente, de tecnologias de silício monocristalino (m-Si) ou policristalino (p-Si), onde a primeira utiliza o método de cristalização, tem aparência mais uniforme e, geralmente, são mais eficientes. A segunda tecnologia utiliza múltiplos cristais, possui aparência menos uniforme (fragmentos de cristais) e possui eficiência igual ou menor que as células do tipo m-Si. (CRESESB / CEPEL, 2014).

Como já mencionado, no desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados módulos fotovoltaicos de tecnologia p-Si (ou multi-Si) por serem os mais utilizados atualmente no mercado, conforme apresenta a Figura 13.



Para se fazer a conexão do SFCR com a rede elétrica de distribuição local e injetar a energia oriunda do gerador fotovoltaico, são necessários a utilização de inversores. Estes conversores estáticos são responsáveis por converter a energia elétrica em corrente contínua (CC) gerada pelos módulos fotovoltaicos, e converter em corrente alternada (CA) podendo assim, ser utilizado na rede de distribuição. De acordo com (CRESESB/CEPEL, 2014) os inversores para SFCRs podem ser classificados como:

Inversores centrais: inversores trifásicos de grande porte, que são utilizados em grandes usinas fotovoltaicas. Operam numa faixa de centenas de kWp até MWp.

Inversores *Multistring*: inversores trifásico ou monofásico dotados de várias entradas independentes com SPPMs (seguimento do ponto de potência máxima) para conexão de strings (fileiras) de módulos fotovoltaicos conectados em série. São adequados para

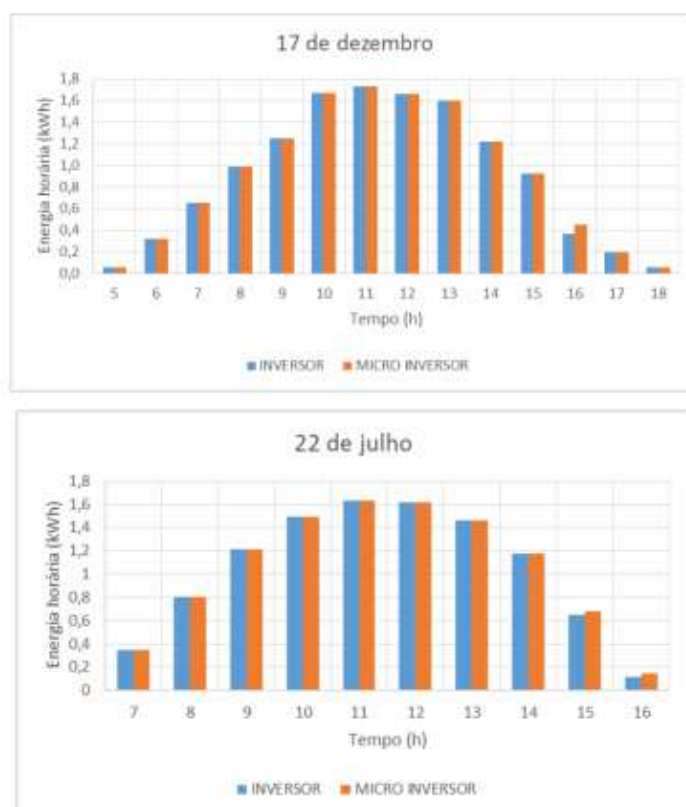
instalações urbanas nas quais cada string pode estar submetida a diferentes condições de irradiância ou sombreamento. Operam com potências na faixa de dezenas de kWp.

Inversores *String*: inversores monofásicos dotados de uma entrada SPPM adequado para instalações de microgeração. Operam com potências na faixa de dezenas de kWp.

Microinversores: são conversores estáticos miniaturizado, desenvolvido para atender módulos fotovoltaicos individualmente em vez de uma *string*.

Na figura 14 temos um comparativo de eficiência entre o inversor String com o microinversor. De acordo com Chepp e Krenzinger (2018), a eficiência entre eles, nas mesmas condições de localização, inclinação da cobertura, e temperatura são praticamente a mesma, pode-se observar que no final dos dois dias a eficiência do microinversor é um pouco maior devido a menor incidência de luz solar nos módulos.

Figura 14 – Comparativo de eficiência entre o microinversor e inversor string



Configuração	Eletricidade Gerada	
	17/dez	22/jul
Inversor String	12,7 kWh	10,5 kWh
Micro Inversores	12,8 kWh	10,6 kWh
Diferença	0,1 kWh (1%)	0,1 kWh (1%)

Fonte: Ellen David Chepp e Arno Krenzinger (2018).

No trabalho na Nova Vila foram utilizados microinversores, pois as coberturas das edificações possuem orientações e inclinações diferentes, que possibilitam que cada módulo opere com toda a sua potência, gerando o máximo de energia individualmente, independente dos outros presentes no mesmo arranjo. Ou seja, nos inversores *strings*, onde os módulos são ligados em série, se houver um sombreamento (seja por nuvens, árvores, excrementos de animais, sujeira etc.) sobre apenas um dos módulos, toda a produção de energia dos demais será comprometida. Com o microinversor, o sombreamento em um dos módulos do arranjo afetará apenas aquele módulo sombreado, tendo menos influência nos demais módulos e, conseqüentemente, na geração global de energia do sistema fotovoltaico.

Como exemplo, um suposto arranjo fotovoltaico possui uma *string* constituída de 6 módulos fotovoltaicos ligados em série a um inversor convencional (*string*). Um dos módulos está com bastante excremento produzido por um pássaro. Este, sombreamento parcial gerado sobre este módulo reduz, supostamente, a sua produção de energia em 30%. Sendo assim, como todos os módulos estão conectados em série, a produção dos demais módulos desta *string* é também reduzida em 30% e, conseqüentemente, a produção do sistema fotovoltaico é diretamente afetada por apenas um módulo sobre sombreamento parcial, ver Figura 15.

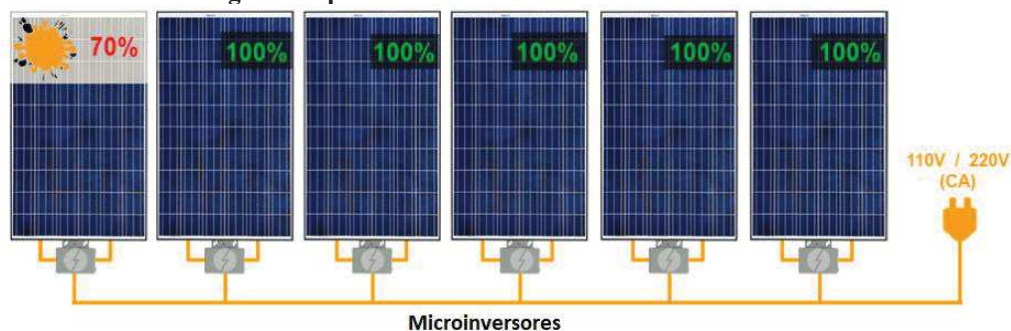
Figura 15 – Redução de energia total para um SFCR com inversor *string* devido o primeiro módulo possuir sombreamento parcial



Fonte: Adaptado Portal Solar (2019).

Considerando o mesmo arranjo fotovoltaico exemplificado anteriormente, mas em um sistema operando com um microinversor para cada módulo e como as saídas de energia para cada módulo são completamente independentes umas das outras, o sombreamento parcial gerado em um módulo afeta apenas a produção de energia deste sem impactar nos demais módulos do sistema, ver Figura 16.

Figura 16 – Redução de energia apenas para o módulo que está sombreado parcialmente não afetando a energia total para um SFCR com microinversores



Fonte: Adaptado Portal Solar (2019).

A utilização de microinversores, permite realizar a monitoração individual de cada módulo otimizando assim, o ganho de energia do sistema. Além disso, é possível conectar à rede elétrica junto a módulos fotovoltaicos de fabricantes e modelos diferentes, uma vez que cada módulo ou dupla de módulos funcionam de forma independente e cada módulo pode ter orientações e inclinações diferentes, com a finalidade de permitir um aproveitamento da área da cobertura. De acordo com o Laboratório Nacional de Energia Renováveis dos EUA (National Renewable Energy Laboratory – NREL, 2015), a utilização de microinversores pode fazer com que um SFCR produza até 12% a mais energia por ano em relação a um inversor *string*. Segue abaixo como comparação as principais características de um microinversor com inversor *string*.

Características para inversor string.

- Possui alta tensão em corrente contínua no arranjo e durante todo o trajeto do inversor;
- Vida útil reduzida em relação ao desgaste do equipamento, funcionando em altas tensões
- Requer uma área ventilada, de fácil acesso e livre circulação de pessoas;
- Necessita de manutenção e vistoria periódica por conta do perigo inerente ao tipo de instalação;
- Com os módulos ligados em série, caso um módulo apresente uma falha, o sistema todo é afetado;
- Impossibilita o monitoramento individualizado de cada módulo fotovoltaico;
- O seu sistema precisa ser planejado para um único MMPT;
- Incompatibilidades na potência dos módulos;
- Emite calor e ruídos.

Características para os microinversores.

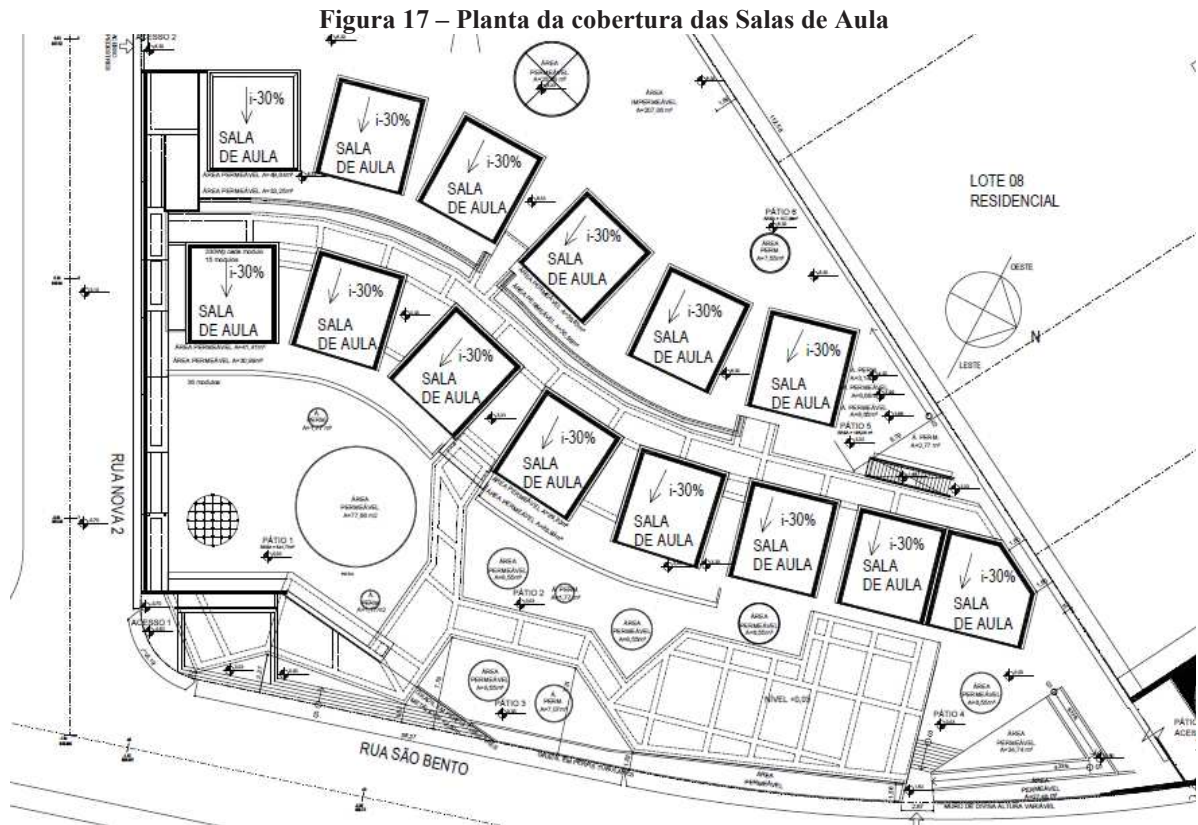
- Possui operação independente, individualizada, para cada módulo FV;
- Vida útil prolongada, operação de saída de cada módulo 110/220V;
- Compatibilidade na potência dos módulos FV;
- Monitoramento preciso do desempenho dos módulos FV de forma independente;
- Cada módulo tem o seu próprio MMPT;
- Os módulos podem ter orientações e inclinações diferentes;
- É capaz de produzir até 12% a mais de energia anual em relação ao inversor *string*;
- A construção da sala de distribuição de energia é desnecessária.

A seguir seguem as especificações e os pré-dimensionamentos energéticos realizados para cada edificação do Condomínio Novo Bento em Mariana-MG. Os pré-dimensionamentos energéticos foram realizados com tecnologia de célula Si-policristalino de 330Wp do fabricante Canadian Solar modelo 31V CS6U – 330P-AG, e microinversores dos fabricantes Apsytem e Hoymiles.

Para o pré-dimensionamento energético de cada gerador de energia foi usado o software PVsyst e para o cálculo do *payback* (tempo de retorno do investimento) foi utilizado o software SAM (System Advisor Model). Cabe ressaltar que os relatórios completos oriundos das simulações energéticas para cada edificação considerada e realizadas no software PVsyst se encontram nos anexos deste trabalho.

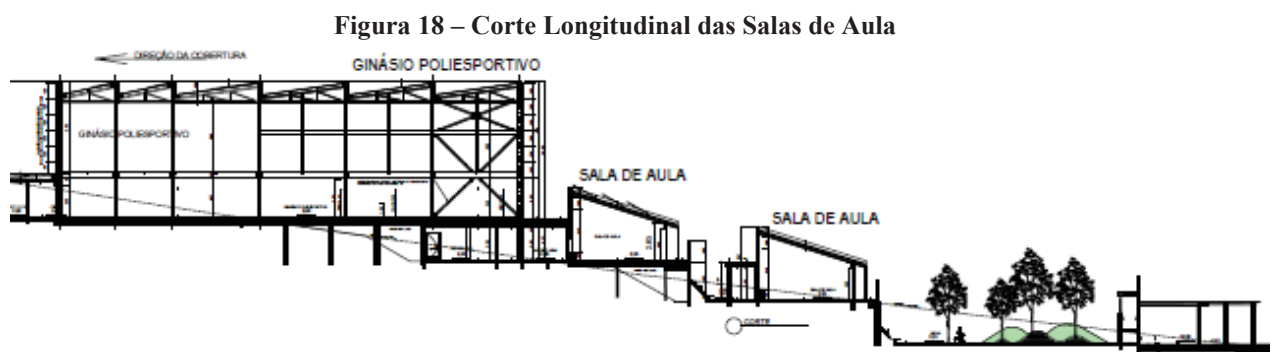
5.1 Escola do Novo Bento

No condomínio será construída uma escola municipal para atender os futuros moradores. O prédio será constituído por 16 salas de aulas divididos em 14 blocos de 60m², sendo: 14 salas de aula, uma sala de informática, uma sala para crianças, com laje em concreto armado e com cobertura em telhas cerâmicas, com inclinação de 17° e orientação para o Oeste. A nova Escola será localizada na Rua São Bento com a Rua Nova 2. Na figura 17 temos a planta da cobertura da escola do Novo Bento.



Fonte: Fundação Renova (2019)

As salas de aula estão dispostas em blocos em níveis diferentes, com uma diferença de altura de 3,00m, conforme a figura 18, sendo assim as edificações posteriores não farão sombra nas coberturas frontais. Na parte posterior da escola terá um ginásio poliesportivo, mas este será posicionado para o sul, não gerando sombreamento no mesmo.



Fonte: Fundação Renova (2019).

De acordo com Souza (2005), o consumo médio de energia consumido durante um dia em uma sala de aula de escolas municipais é de 8,89kWh, conforme apresentado na tabela 1.

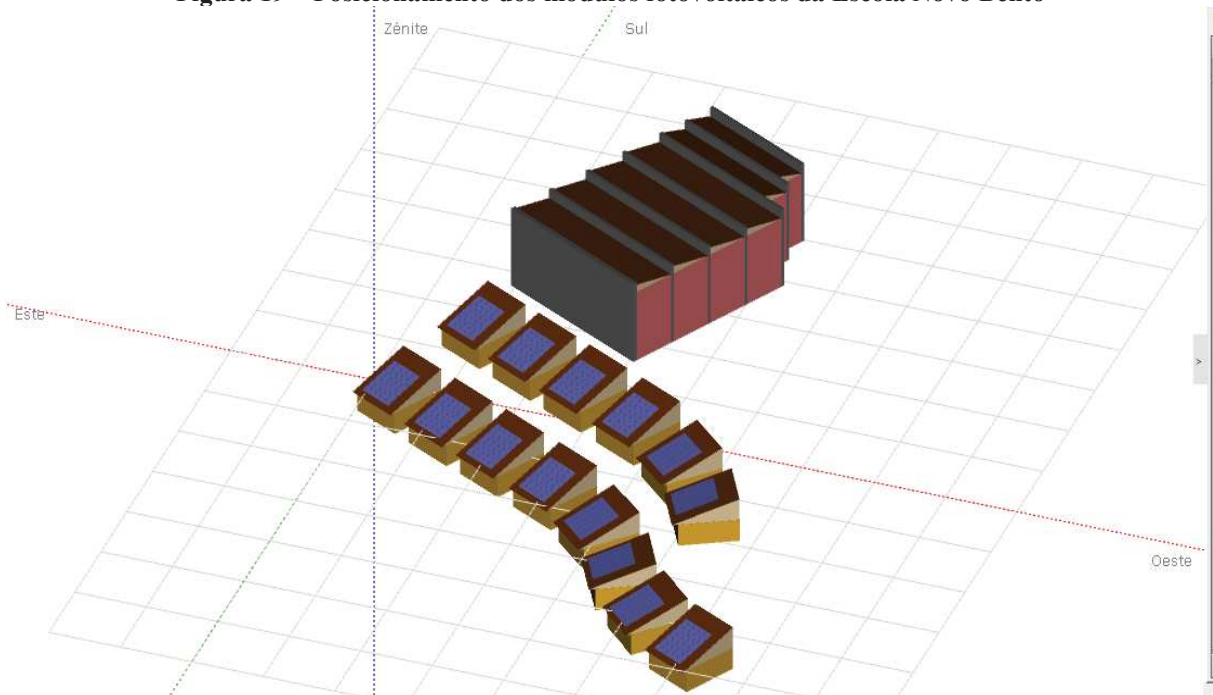
Tabela 1 – Uso da energia em edifícios – Média de consumo diário

Média	CE _{dia letivo} kWh/dia	CE _{aluno} kWh/(dia*aluno)	CE _{sala} kWh/(dia*sala)	CE _{turno} kWh/(dia*turno)	CE _{turma} kWh/(dia*turma)
Municipais	68,85	0,35	8,89	40,21	6,50
Estaduais	125,83	0,11	9,06	47,21	3,95
Públicas	88,73	0,27	8,95	42,65	5,61

Fonte: Anádia Patrícia Almeida de Souza (2005)

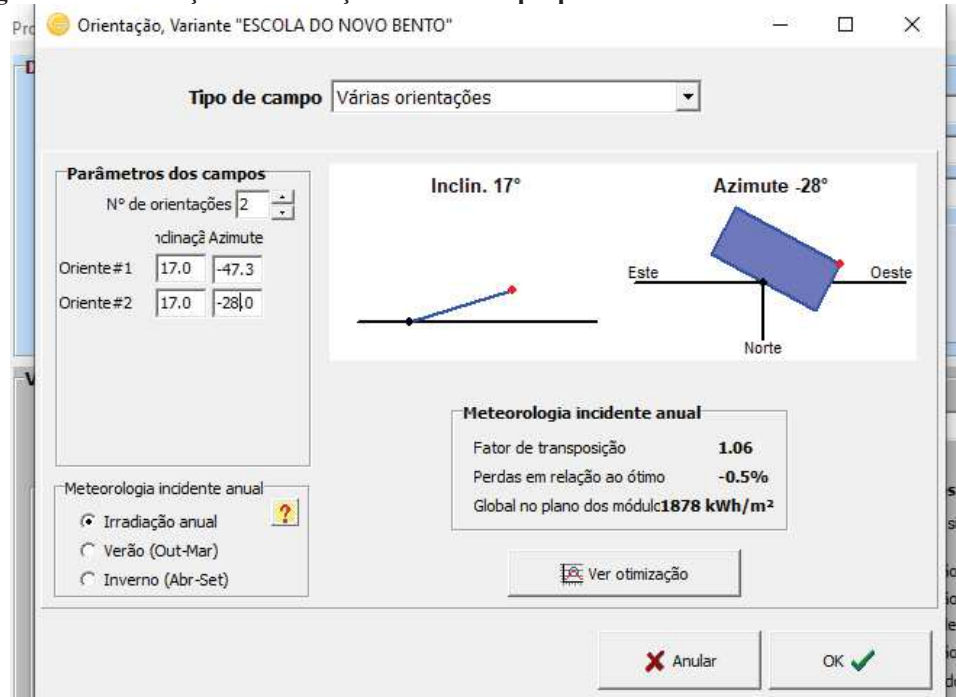
Logo, o consumo médio diário para as 16 salas de aula será de 142,24 kWh/dia, ou seja, 51,21MWh/ano. Cabe salientar que cada sala de aula estará disposta em 2 ângulos de orientação diferentes, sendo: $-47,3^\circ$ e $-28,0^\circ$ de desvio em relação ao norte geográfico, e com inclinação dos telhados de 17° conforme apresenta as figuras 19 e 20.

Figura 19 – Posicionamento dos módulos fotovoltaicos da Escola Novo Bento



Fonte: PVsyst (2019)

Figura 20 – Inclinação e Orientação dos SFCRs proposto da Escola do Novo Bento



Fonte: PVsyst (2019)

Considerando o consumo de energia médio anual da Escola do Novo bento, teremos para cada cobertura:

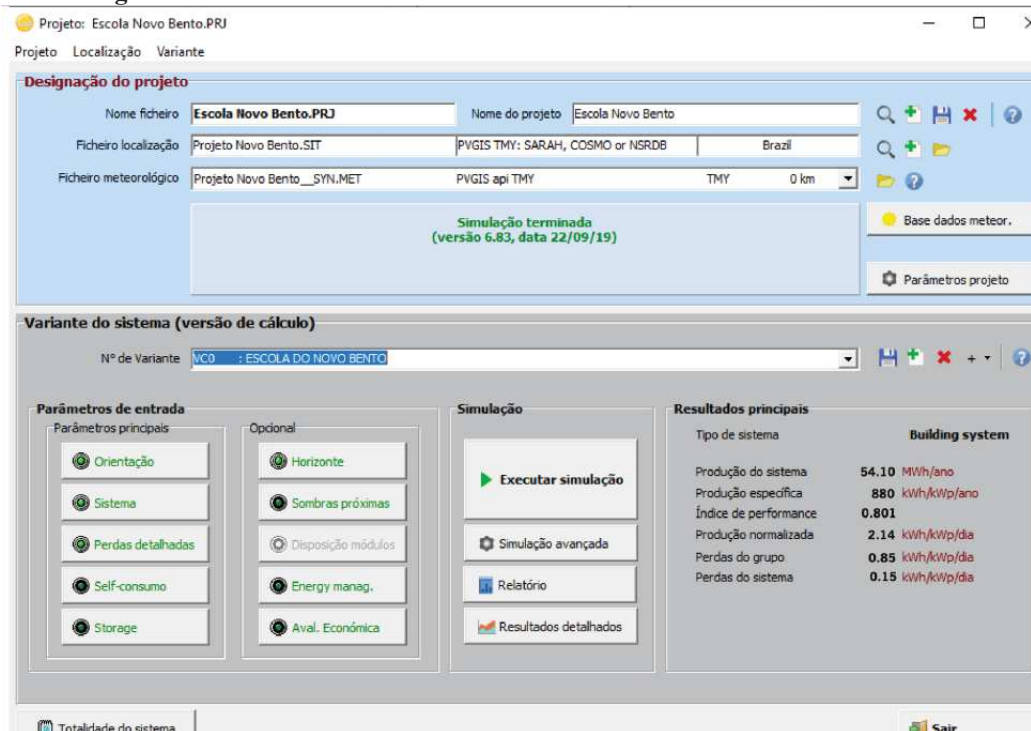
- 8 módulos fotovoltaicos com tecnologia de célula Si-policristalino de 330Wp do fabricante Canadian Solar modelo 31V CS6U – 330P-AG;
- 2 microinversores de 1,50kW, modelo – MI-1500 do fabricante Hoymiles.

Como serão 14 coberturas (840 m²), então teremos um total de:

- 112 módulos fotovoltaicos com tecnologia de célula Si-policristalino de 330Wp do fabricante Canadian Solar modelo 31V CS6U – 330P-AG e 28 microinversores de 1,5kW modelo – MI-1500 do fabricante Hoymiles.

Será necessária uma superfície de cobertura de 220,00m² para os módulos FV, para uma potência total instalada da ordem de 36,96 kWp e uma produção de energia anual da aproximadamente 54,10MWh, conforme a figura 21.

Figura 21 – Resultado da análise do sistema FV da Escola do Novo Bento



Fonte: PVsyst (2019)

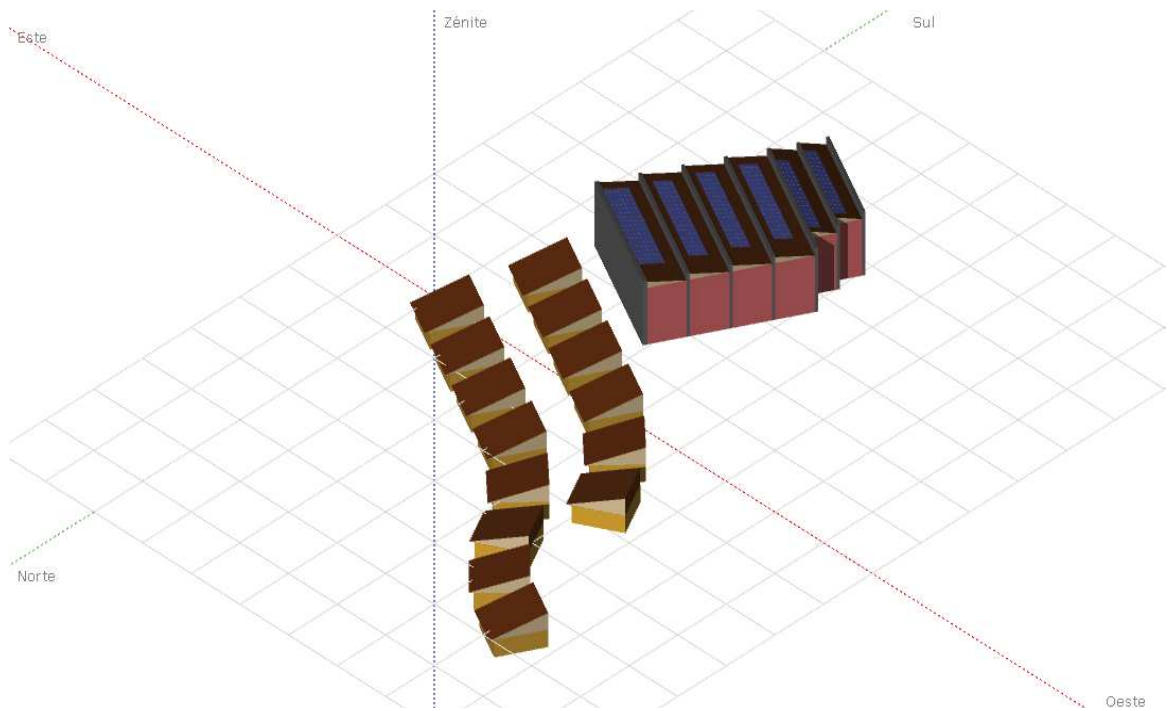
Como a edificação será composta por 14 blocos com uma área de 60m² cada, e os módulos estão ocupando apenas 16 m² em cada bloco, é possível, caso venha ter um aumento do consumo de energia, por exemplo, devido alguma expansão em números de salas de aula, a tecnologia dos microinversores possibilita o aumento do sistema FV sem ter que fazer alguma reestruturação em seus módulos e inversores.

5.2 Ginásio Poliesportivo do Novo Bento

Situado no mesmo terreno, porém posteriormente aos blocos das salas de aula, será construído um ginásio poliesportivo com altura de 10,32m. em relação ao nível da rua, conforme projeto arquitetônico apresentado pela Fundação Renova.

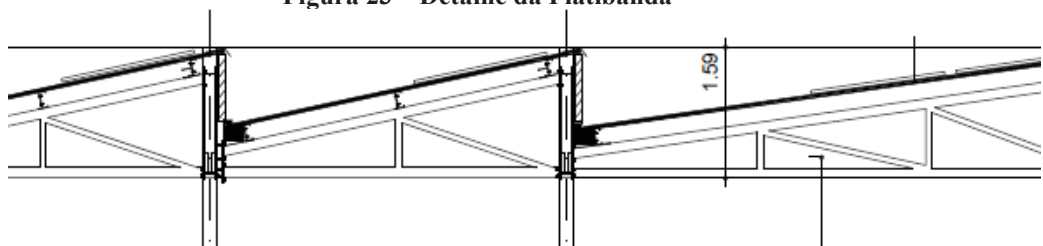
A cobertura do ginásio poliesportivo é constituída por uma estrutura metálica com pintura automotiva na cor cinza violino e telha sanduíche térmica 100 mm, é composta por 6 vãos com as telhas embutidas em platibandas com altura de 1,59m, e ficará orientado ao sul, conforme mostram as figuras 22,23 e 24.

Figura 22 – Posicionamento dos módulos fotovoltaicos do Ginásio Poliesportivo do Novo Bento



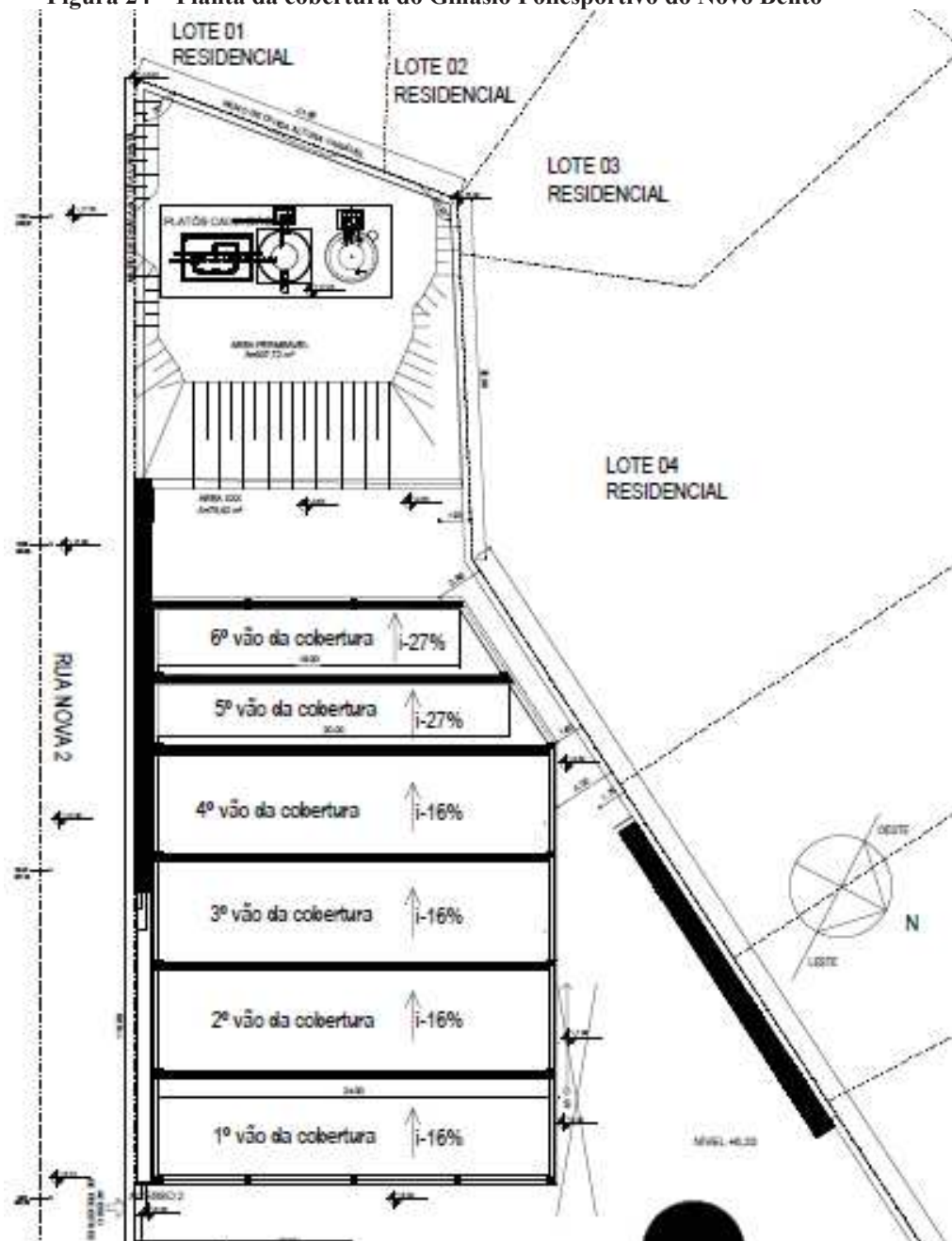
Fonte: PVSyst (2019)

Figura 23 – Detalhe da Platibanda



Fonte: Fundação Renova (2019)

Figura 24 – Planta da cobertura do Ginásio Poliesportivo do Novo Bento



Fonte: Fundação Renova (2019)

De acordo com a Figura 24, cada vão possuirá diferentes dimensões conforme são descritas a seguir:

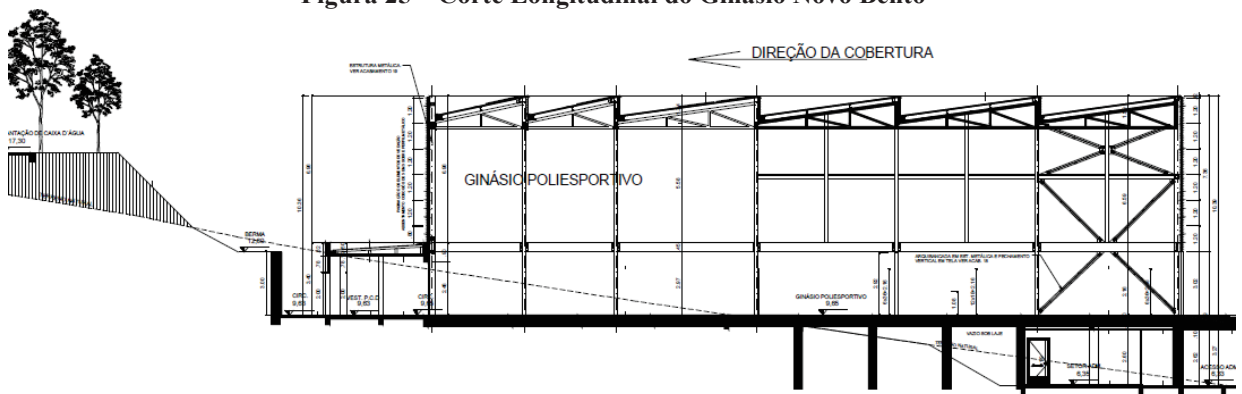
Do 1º ao 4º vão, com inclinação de 9°, possuirá dimensão de 6x24m e área de 144,00m² cada cobertura, o 5º vão possuirá 4x20m e área de 80,00m² e o 6º vão com 4x18m e área de 72,00m² sendo que, os dois últimos com inclinação de 15°. A cobertura do Ginásio Poliesportivo do Novo Bento possuirá uma área total de 728,00m². Como não foi possível estimar a energia que será consumida pela edificação, foi considerada a área máxima da

cobertura para se realizar o pré-dimensionamento energético de sistema fotovoltaico para a edificação portanto, foram realizadas duas análises, sendo a primeira, módulos fotovoltaicos orientados para o sul geográfico, seguindo o projeto arquitetônico, e a segunda, com os módulos fotovoltaicos orientados para o norte geográfico. A seguir são descritas as duas análises:

- 1º Análise orientação do sistema fotovoltaico para o Sul geográfico:

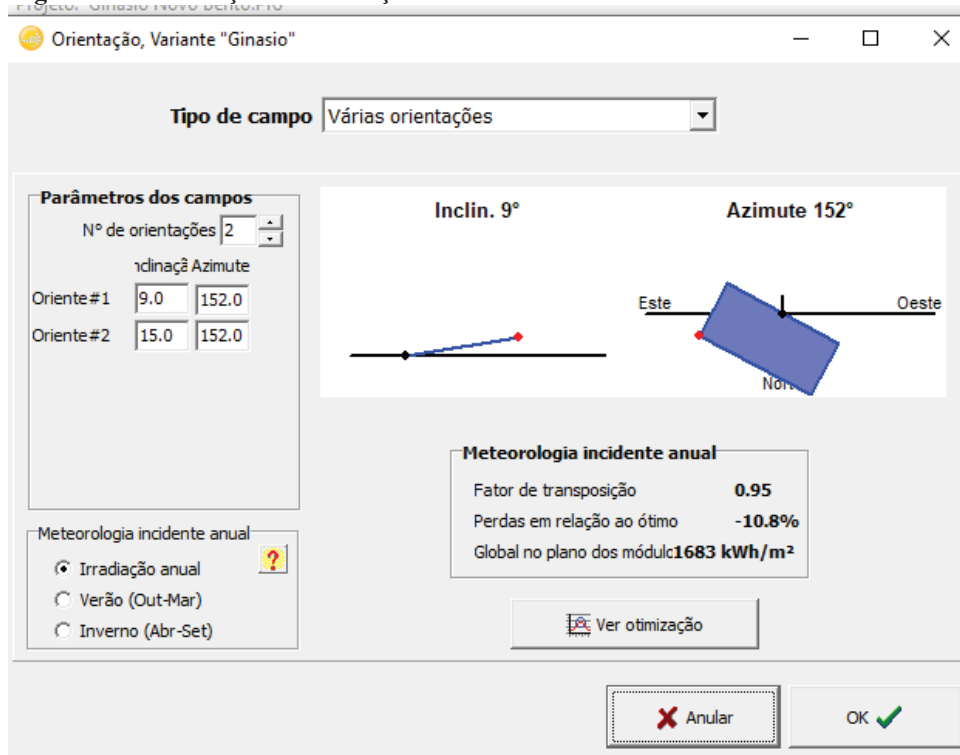
Realizada com orientação a 152° em relação ao norte geográfico e com duas inclinações distintas (9° e 15°), igual ao projeto arquitetônico e conforme apresentam as figuras 25 e 26.

Figura 25 – Corte Longitudinal do Ginásio Novo Bento



Fonte: Fundação Renova (2019)

Figura 26 – Inclinação e Orientação Sul do SFCR do Ginásio do Novo Bento



Fonte: PVsyst (2019)

- Os primeiros vãos com inclinação da cobertura com 9° teremos:
 - Duas fileiras com 18 módulos fotovoltaicos com tecnologia de célula Si-policristalino de 330Wp do fabricante Canadian Solar modelo 31V CS6U – 330P-AG;
 - 9 microinversores de 1,5kW, modelo MI-1500, do fabricante Hoymiles.
 - Como serão 4 vãos de cobertura com 9° teremos um total de 144 módulos FV de 330Wp do fabricante Canadian Solar e 36 micros inversores de 1,5kW, modelo MI1500 do fabricante Hoymiles.

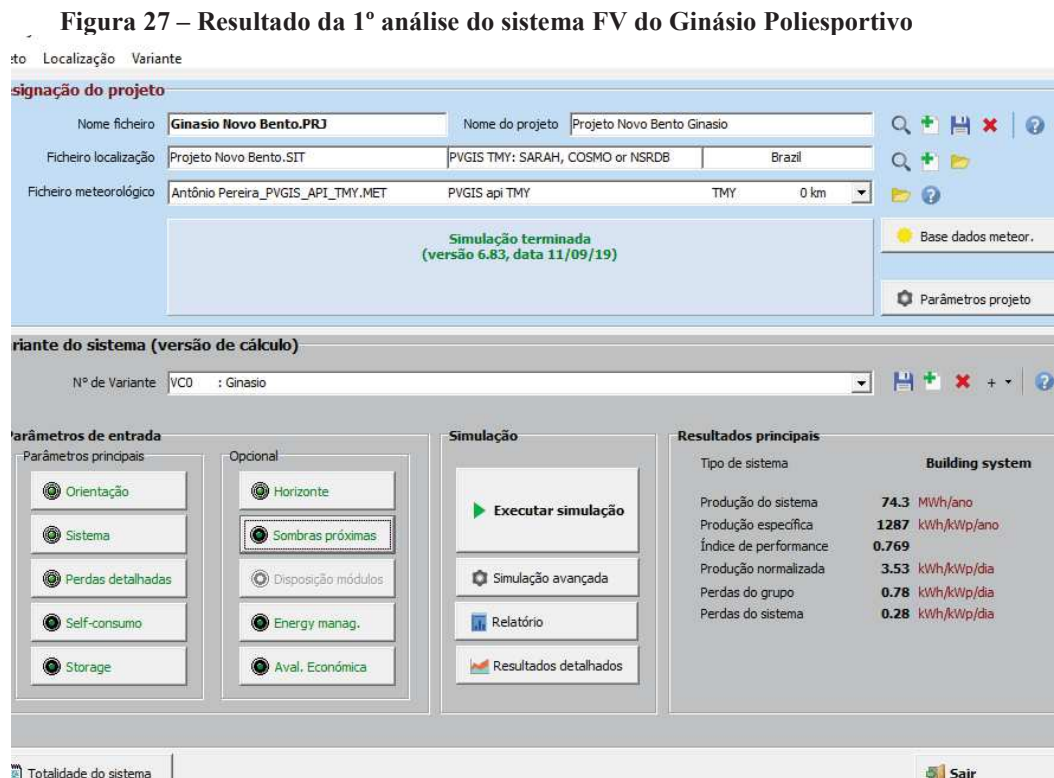
Para Inclinação da cobertura com 15° teremos:

- 5° vão com 80m²:
 - Uma fileira com 16 módulos de 330Wp do fabricante Canadian Solar modelo 31V CS6U – 330P-AG;
 - 4 microinversores de 1,2kW, modelo QS 1 do fabricante AP system;
- 6° vão com 72m²:
 - Uma fileira com 15 módulos de 330Wp do fabricante Canadian Solar modelo 31V CS6U – 330P-AG;
 - 5 microinversores de 0,90kW, modelo YC 1000-3-208 do fabricante APsystems.

Com orientação a 152° ao norte, conforme projeto arquitetônico, teremos no total:

- 175 módulos policristalino 50kW 50-500V de 330Wp, da fabricante Canadian Solar e com 36 microinversores de 1,5kW, modelo MI-1500, do fabricante Hoymiles, 4 microinversores de 1,20kW, modelo QS1 do fabricante AP system e 5 microinversores de 0,90kW, modelo YC 1000-3-208 do fabricante APsystems.

Será necessária uma superfície de cobertura de 313,00m² para os módulos FV, para uma potência instalada de 57,80kWp e uma produção de energia de aproximadamente de 74,30MWh/ano do sistema, conforme apresenta a figura 27.

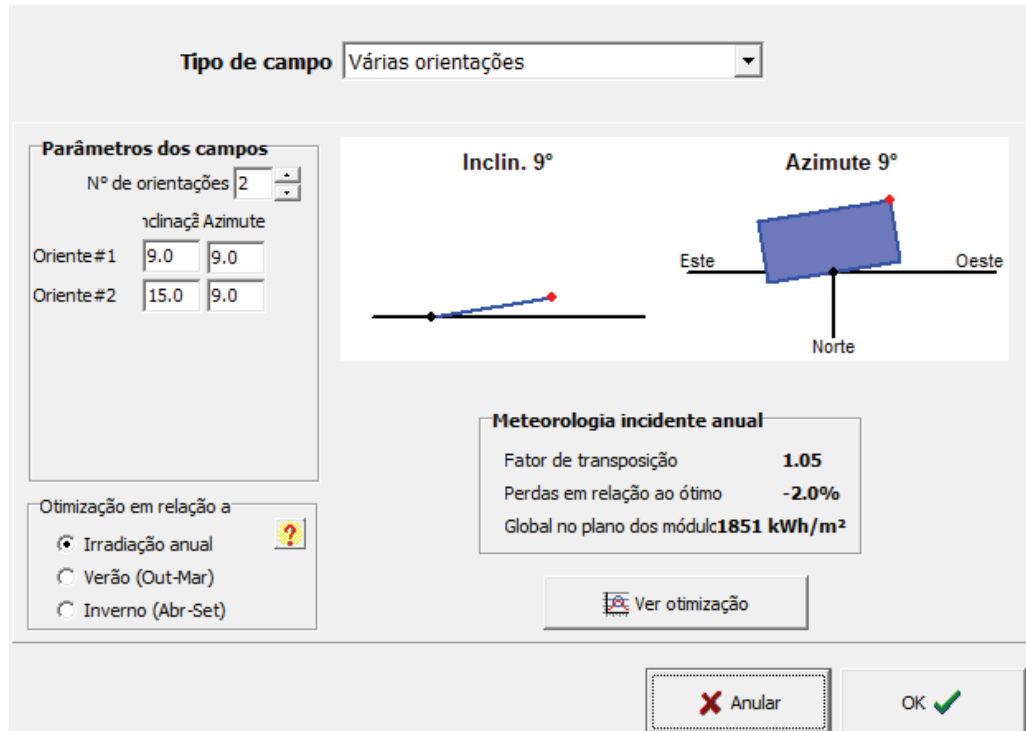


Fonte: PVsyst (2019)

- 2ª Análise (orientação para o norte):

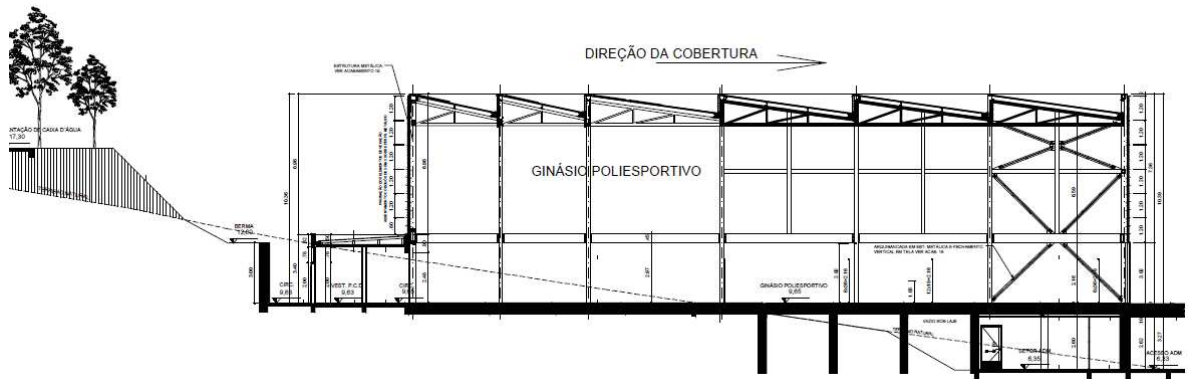
Foi realizada a mudança da orientação da cobertura, ou seja, 9º ao norte. Sem descaracterizar o projeto arquitetônico, pois não foram retiradas as platibandas das simulações, conforme apresentam as figuras 28, 29 e 30.

Figura 28 – Orientação e Inclinação de Proposta do SFCCR orientado para o norte geográfico do Sistema do Ginásio Poliesportivo



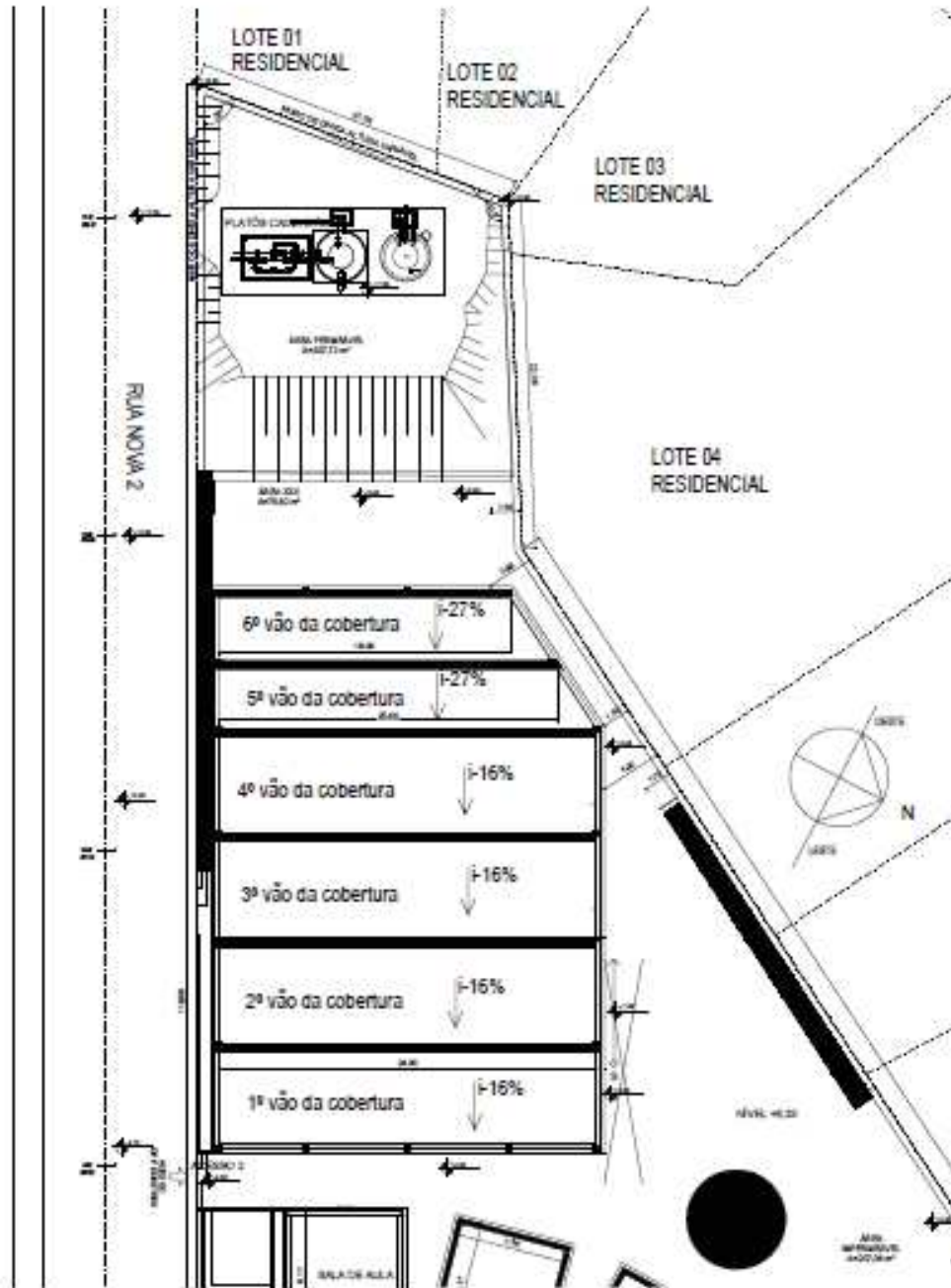
Fonte: PVsyst (2019)

Figura 29 – Corte longitudinal da proposta da cobertura do Ginásio Poliesportivo com mudança de orientação



Fonte: Fundação Renova (2019)

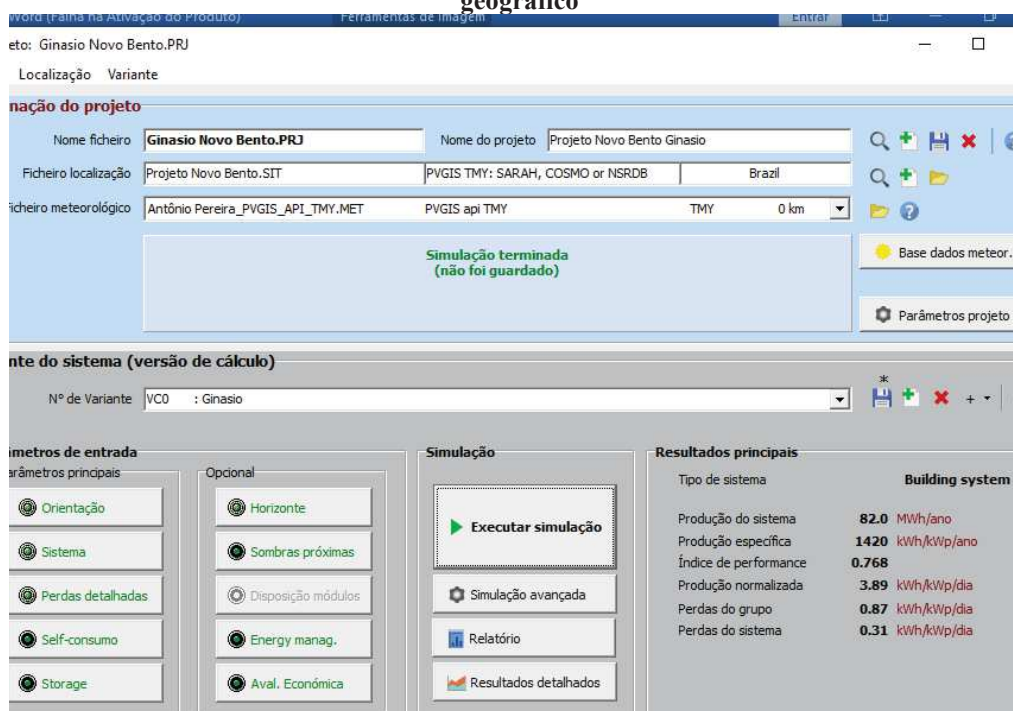
Figura 30 – Proposta do diagrama de cobertura do Ginásio Poliesportivo com mudança de orientação (Sul para o Norte geográfico)



Fonte: Fundação Renova (2019)

Obedecendo as inclinações das coberturas dos vãos em 9° e 15° e mudando somente a orientação da cobertura (sul para o norte geográfico), teremos os mesmos números de módulos e inversores, porém, a produção de energia aumentaria de 74,30MWh/ano para 82,00MWh/ano, um valor considerável mudando apenas a orientação da cobertura. Conforme mostra a figura 31.

Figura 31 – Resultado da proposta do sistema FV do Ginásio Poliesportivo, orientação para o norte geográfico



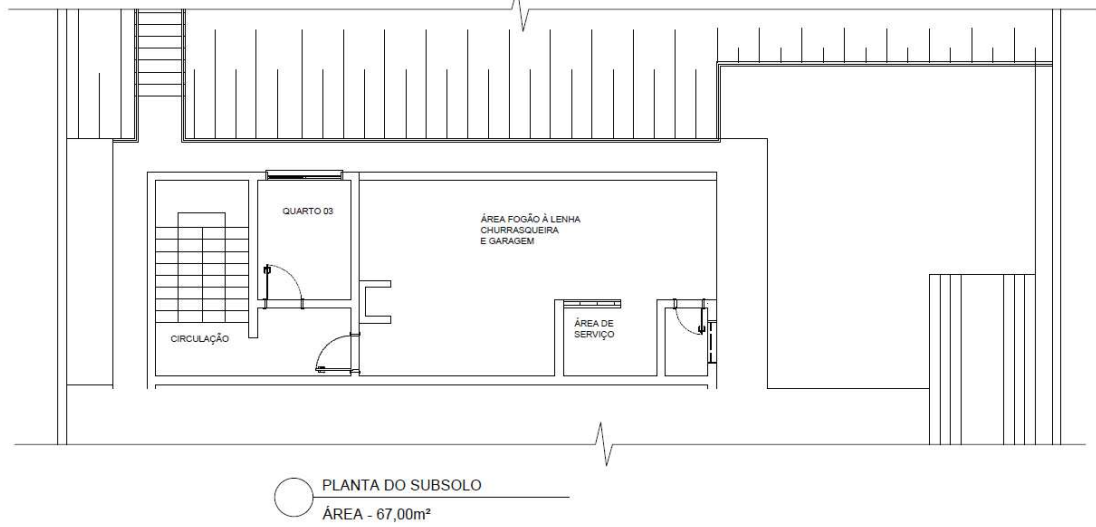
Fonte: PVsyst (2019)

A melhora na produção de energia do sistema fotovoltaico proposto consiste que a orientação dos módulos foi modificada para o norte geográfico podendo assim, receber maior irradiação ao longo do ano. Portanto, essa seria a melhor orientação de se instalar os módulos FVs sem alterar o projeto arquitetônico da edificação.

5.3 Edificações Residenciais do Novo Bento

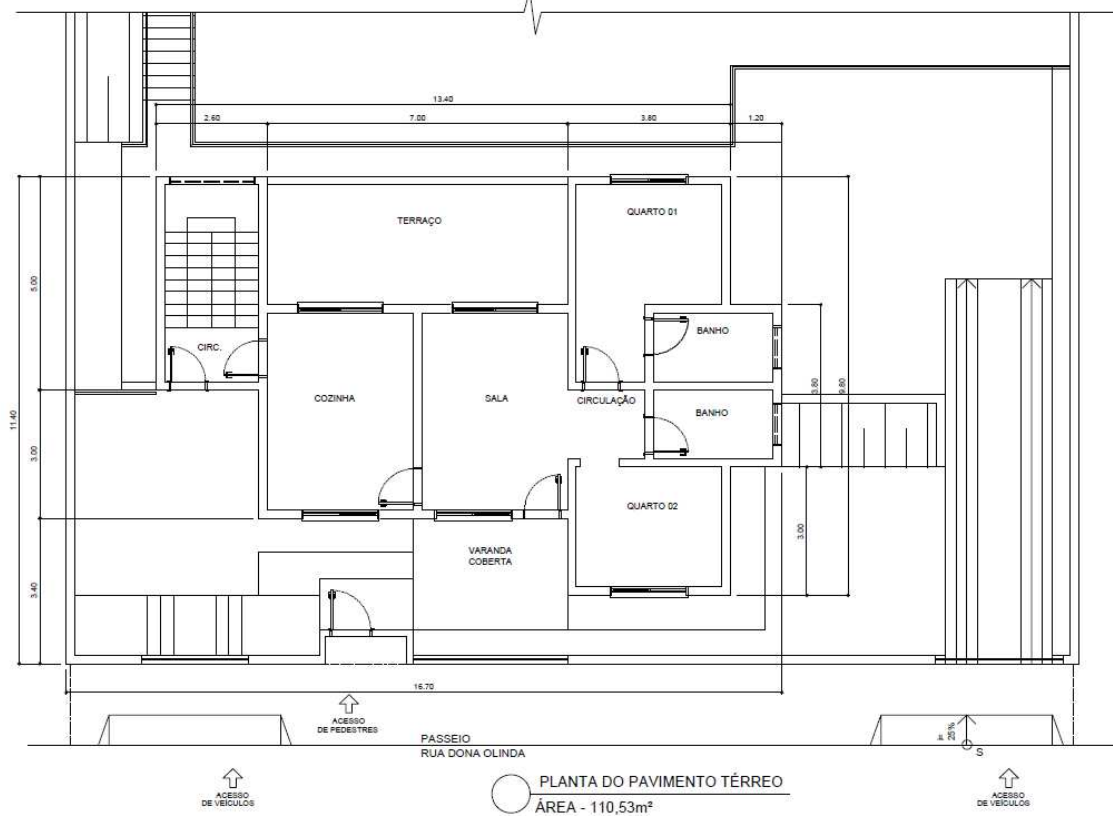
Serão construídas 255 residências para abrigar as novas famílias do Novo Bento, (Fundação Renova, 2019). As edificações seguirão o mesmo padrão de construção, sendo dois pavimentos, um no nível da rua e outro no subsolo, com telhados cerâmicos prismáticos em 4 águas (inclinações), conforme projeto arquitetônico apresentado nas figuras 32 e 33.

Figura 32– Planta do Pavimento Subsolo



Fonte: Fundação Renova (2019)

Figura 33 – Planta do Pavimento Térreo

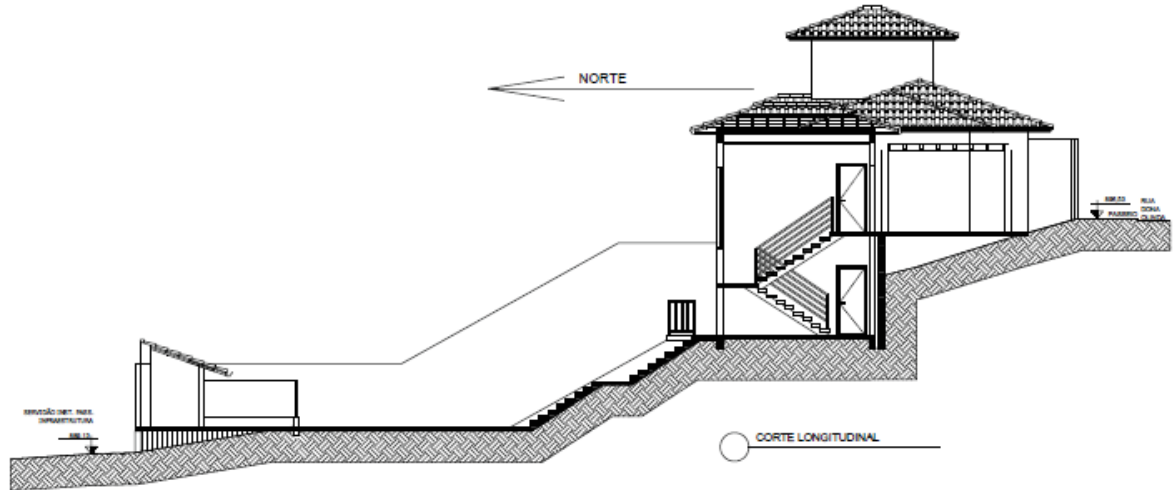


Fonte: Fundação Renova (2019)

Como o terreno tem as suas cotas de níveis bem acentuadas, não teremos sombreamentos nos telhados e sendo uma cobertura em 4 águas com inclinação de 35%, os

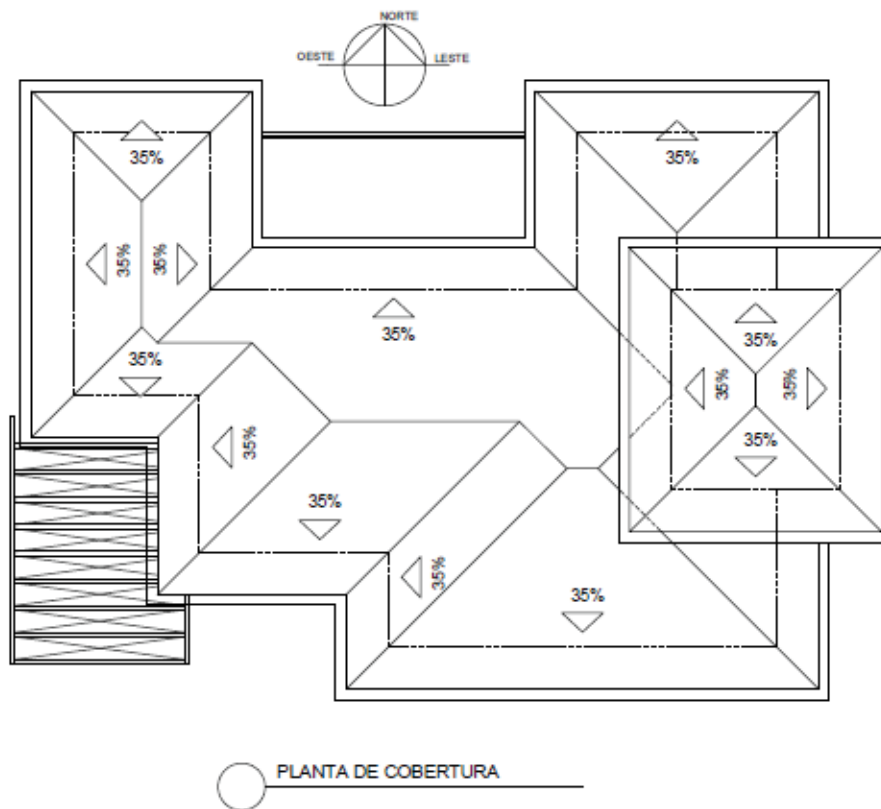
módulos poderão ser todos posicionados para o norte geográfico como apresentam as figuras 34 e 35.

Figura 34 – Corte Longitudinal Residencial



Fonte: Fundação Renova (2019)

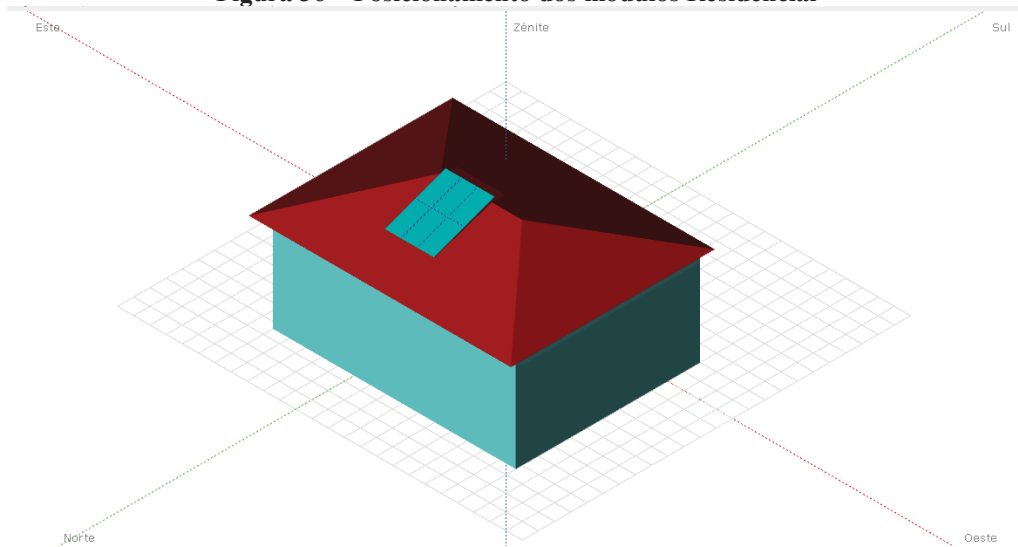
Figura 35 – Planta da Cobertura Residencial



Fonte: Fundação Renova (2019)

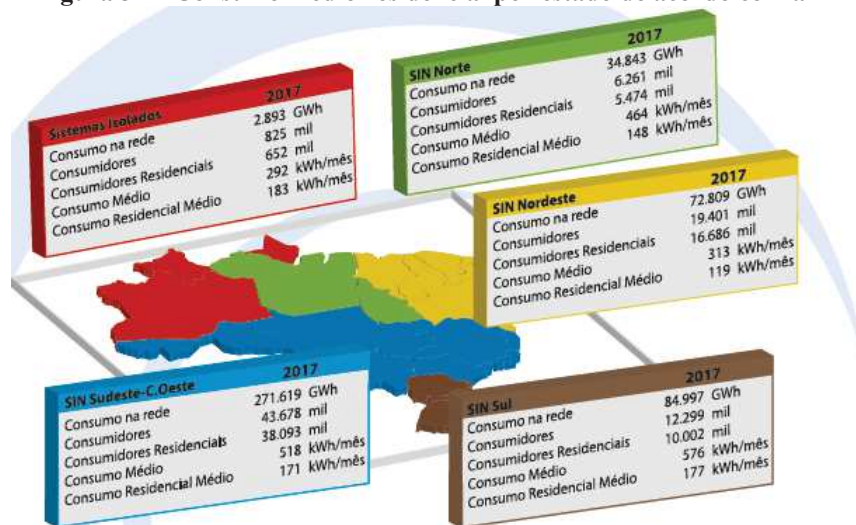
Na simulação utilizando o software PVsyst, todos os módulos fotovoltaicos serão orientados para o norte geográfico, conforme mostra figura 36. De forma a realizar a previsão de consumo para cada residência e assim, realizar o pré-dimensionamento energético de GDFV, foi utilizado o Anuário Estático de Energia Elétrica produzido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2018, conforme apresenta a figura 37, sendo que o consumo médio de uma residência na região Sudeste e Centro Oeste é de 171 kWh/mês, ou seja, 2.052 MWh/ano.

Figura 36 – Posicionamento dos módulos Residencial



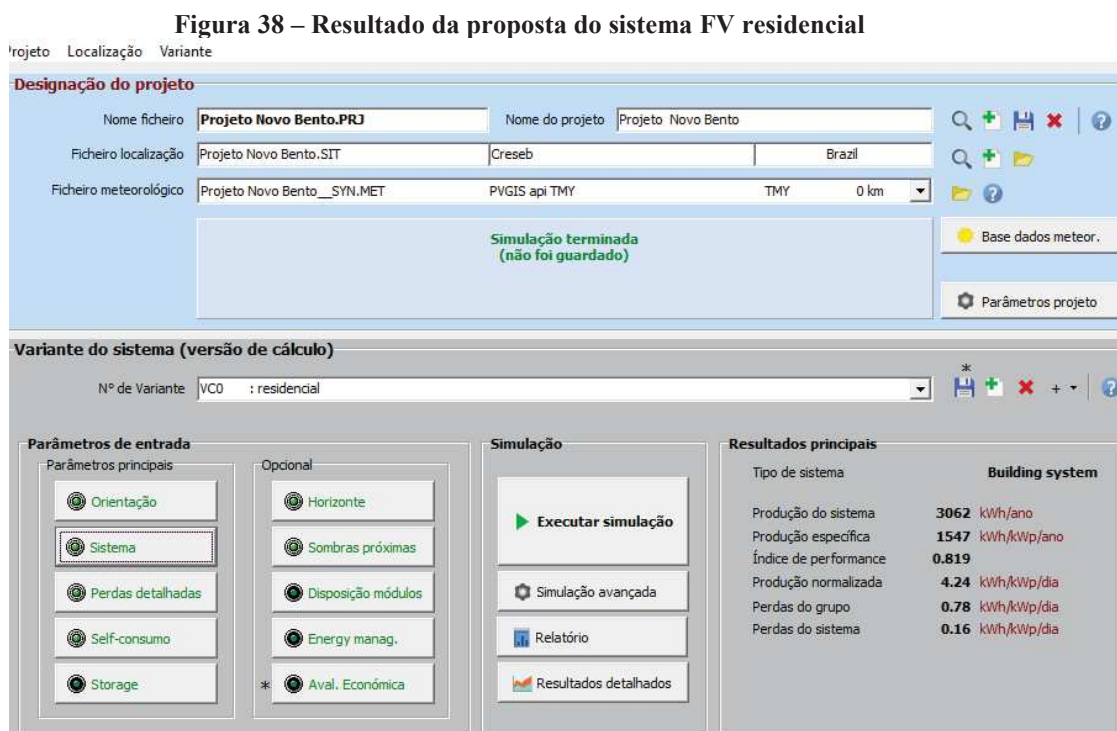
Fonte: PVsyst (2019)

Figura 37 – Consumo médio residencial por estado de acordo com a EPE



Fonte: EPE (2018)

Com os dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE, 2018) foi realizada no PVsyt a simulação de uma residência com consumo médio da região Sudeste – Centro Oeste, conforme apresentado na figura 38.



Fonte: PVsyst (2019)

Logo cada residência possuirá 6 módulos de silício policristalino de 330Wp – Canadian Solar 31V CS6U – 330P-AG, com 3 microinversores de 0,55kW, modelo YC 600-NA do fabricante APsystems.

Será necessária uma superfície de cobertura de 12,00 m² para os módulos FV, para uma potência instalada de 1,98 kWp, por residência, com produção de energia do sistema estimada de 3,062 MWh/ano. Portanto, como serão 255 residências a produção energética total será de 780,81 MWh/ano.

5.4 Posto de Serviço do Novo Bento

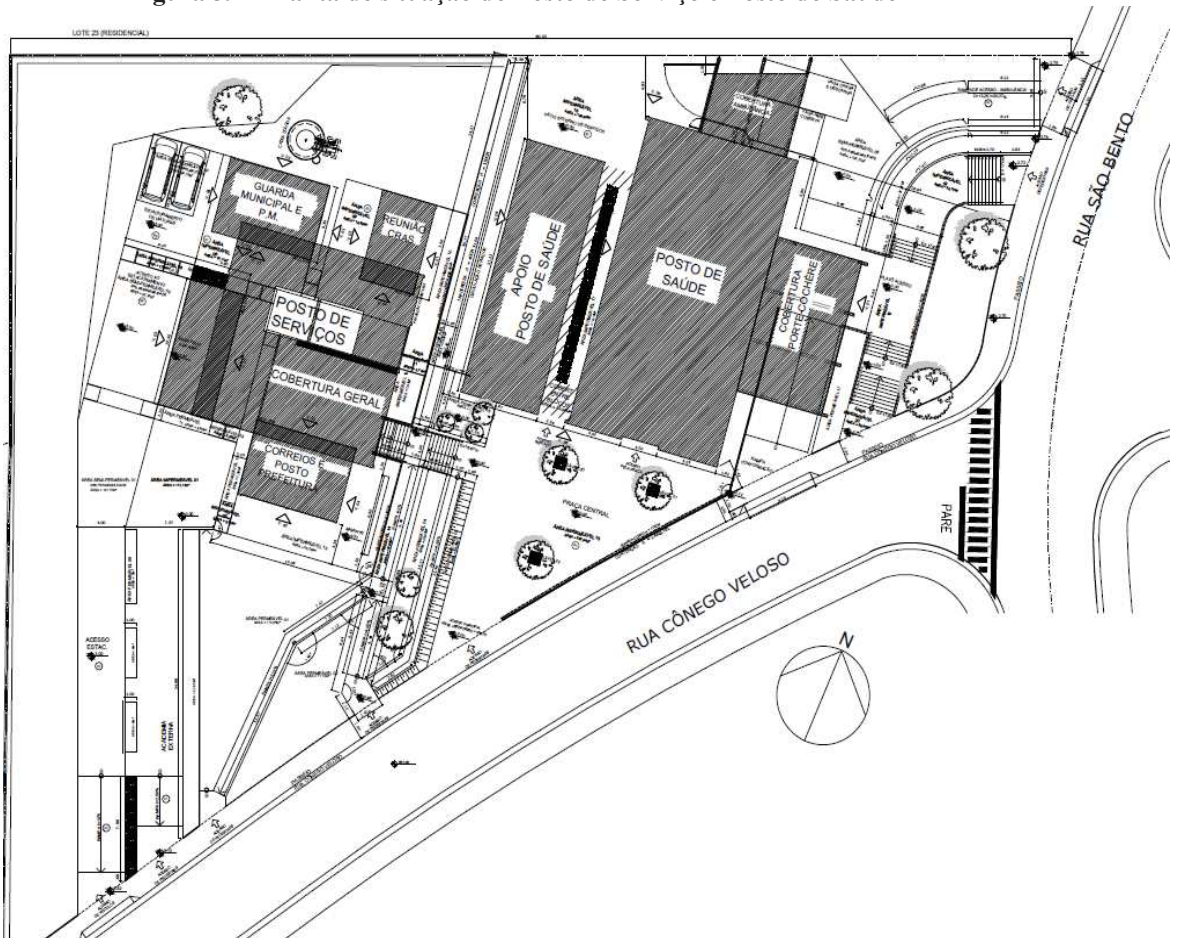
Para atender a comunidade que irá ocupar o condomínio, será construído um posto de serviços e um posto de saúde conforme apresenta a figura 39.

O posto de serviços terá em sua área: Um cômodo para a guarda municipal, uma área para os Correios, uma área para a prefeitura, um espaço para o CRAS (Centro de Referência de Assistência Social) e uma cozinha, conforme mostra tabela 2, a qual a apresenta a

estimativa do consumo médio mensal para as edificações propostas. Para a definição do consumo de energia, a potência de cada equipamento foi baseada na tabela da ND5.1 da CEMIG.

Cabe salientar que a sua cobertura será em laje de concreto armado, com uma área total de 383m².

Figura 39 – Planta de situação do Posto de Serviço e Posto de Saúde



Fonte: Fundação Renova (2019)

Tabela 2 – Estimativa para o consumo médio mensal de energia para o Posto de Serviços

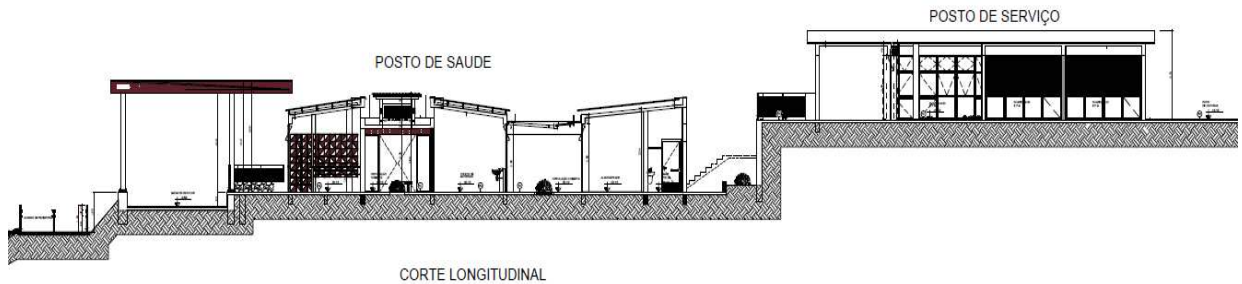
GUARDA MUNICIPAL					
Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	22	8	12	0	63,36
Computador	150	4	12	0	216
Impressora	300	1	8	0	72
Televisão	300	1	12	0	108
Total	772				459,36
CORREIOS					

Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	8	8	8	0	15,36
Computador	150	2	8	0	72
Impressora/Copiadora	1200	1	8	0	288
Televisão	300	1	8	0	72
Total	1658				447,36
POSTO PREFEITURA					
Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	8	8	8	0	15,36
Computador	150	2	8	0	72
Impressora/Copiadora	1200	1	8	0	288
Televisão	300	1	8	0	72
Total	1658				447,36
CRAS					
Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	8	12	8	0	23,04
Computador	150	2	8	0	72
Total	158				95,04
COZINHA					
Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	8	6	12	0	17,28
Geladeira	300	1	8	0	72
Micro-ondas	800	1	8	0	192
Total	1108				281,28
BANHEIROS					
Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	22	14	12	0	110,88
Total	22				110,88
ILUMINAÇÃO EXTERNA					
Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	150	6	12	0	324
Total	150				324
Total Geral	5376	0	0	0	2165,28

O consumo total do posto de serviço conforme a tabela 2 será de 25,98MWh/ano.

O Posto de Serviços ficará localizado a 3,00 metros acima do posto de saúde, como pode ser observado na figura 40.

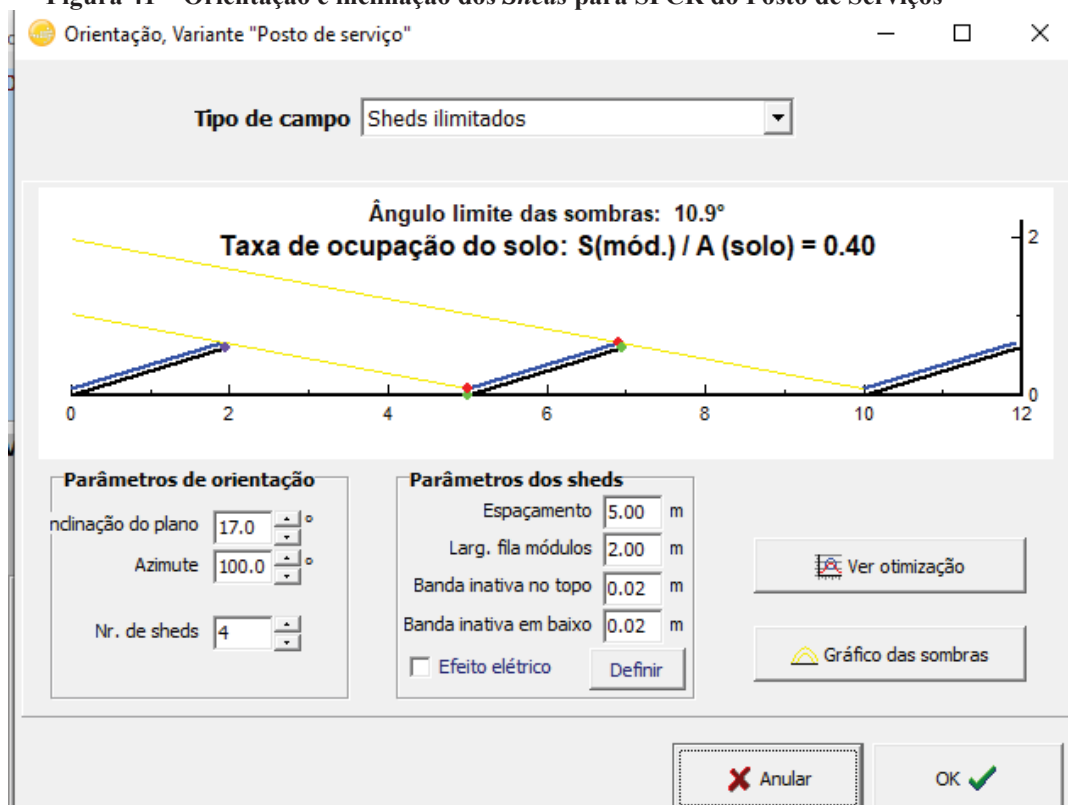
Figura 40 – Corte longitudinal do Posto de Serviço e de Saúde



Fonte: Fundação Renova (2019)

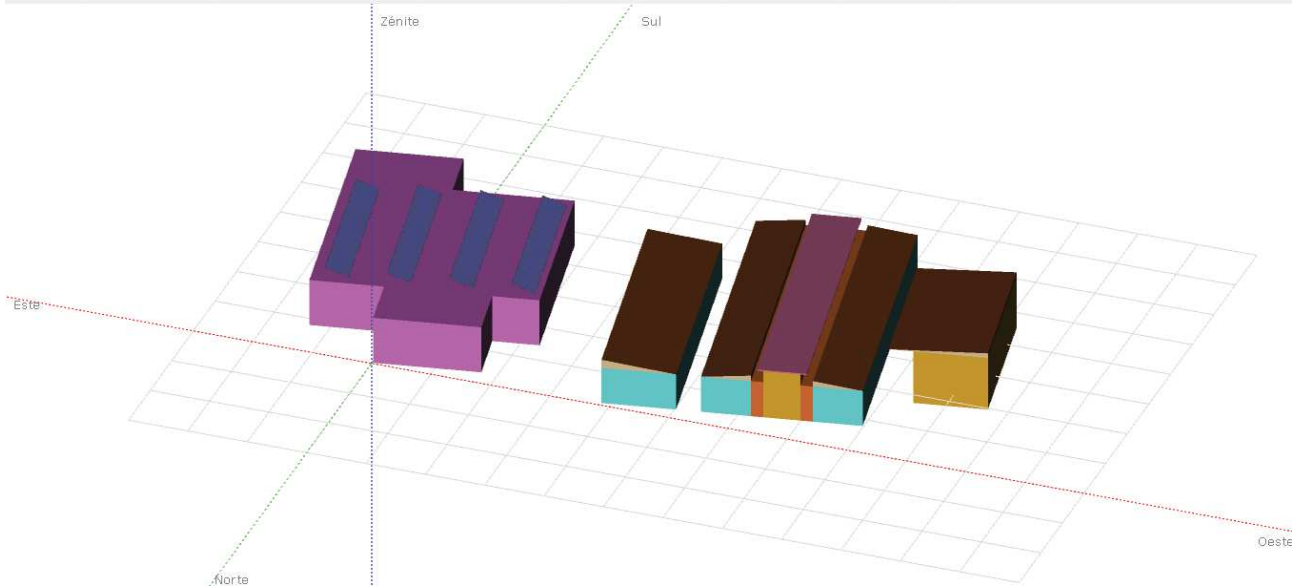
Como pode ser observado na figura 38 o posto de serviços contempla uma cobertura em laje de concreto impermeabilizada, foram utilizados para o pré-dimensionamento energético de GDFV, os *sheds* para melhor aproveitamento. Portanto, os *sheds* terão uma inclinação de 17° e sua orientação a 100° em relação ao Norte geográfico e com espaçamento entre eles de 5,00 m, conforme mostram as figuras 41 e 42.

Figura 41 – Orientação e inclinação dos Sheds para SFCR do Posto de Serviços



Fonte: PVsyst (2019)

Figura 42 – Posicionamento dos módulos fotovoltaicos no Posto de Serviços



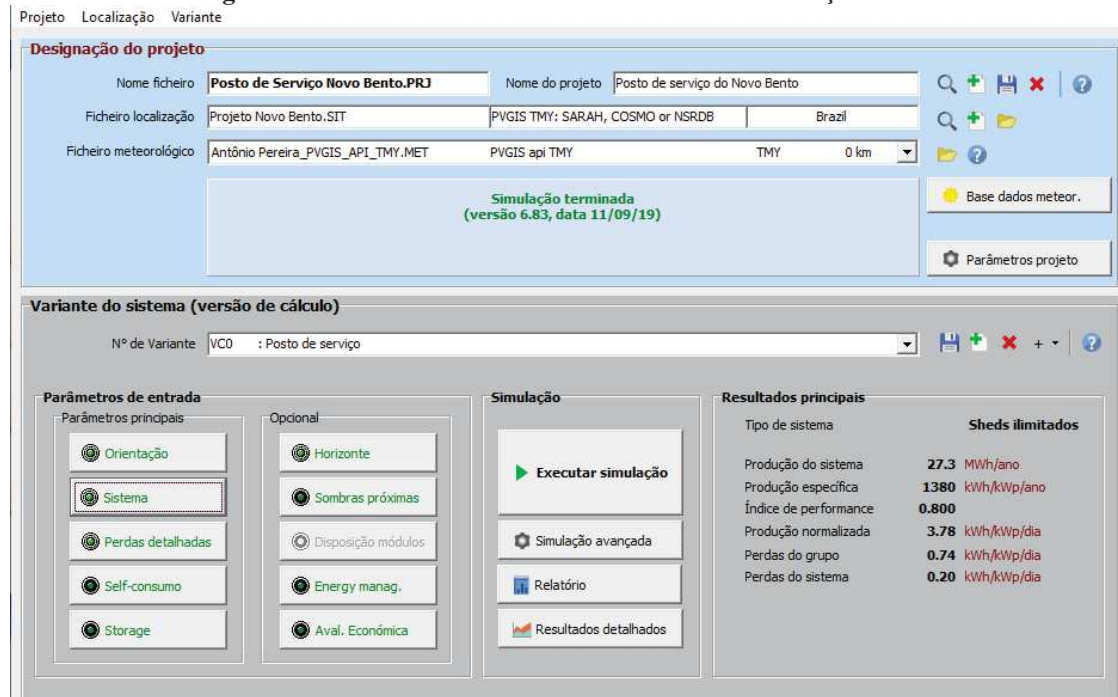
Fonte: PVsyst (2019)

Assim, teremos os seguintes resultados para:

- 4 sheds com 60 módulos policristalino de 330Wp da Canadian Solar 31V CS6U – 330P-AG;
- 20 microinversores de 0,90kW, modelo YC 1000-3-208 do fabricante APsystems.

Será necessária uma superfície de cobertura de 118,00m² para os módulos FV, para uma potência total de 19,80 kWp e uma produção de energia do sistema de 27,30 MWh/ano, conforme apresentado na figura 43.

Figura 43 – Resultado do Sistema FV do Posto de Serviços



Fonte: PVsyst (2019)

5.5 Posto de Saúde do Novo Bento

No mesmo terreno do Posto de Serviços será construído um Posto de Saúde, que será composto por dois consultórios odontológicos, quatro consultórios médicos, salas de vacinas, recepção, banheiros etc. conforme mostra a Tabela 3 onde foram estimados o consumo médio mensal para a edificação. Para a definição do consumo de energia, a potência de cada equipamento foi baseada na tabela da ND5.1 da CEMIG.

Tabela 3 – Estimativa para o consumo médio mensal de energia para o Posto de Saúde

ODONTOLOGIA					
Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Motor	750	2	4	0	180
Auto Clave	1500	2	4	0	360
Frigobar	300	2	8	0	144
Iluminação	22	6	8	0	31,68
Computador	150	2	8	0	72
Impressora	200	1	0	30	3
Ar condicionado	1600	2	8	0	768
Total	4522				1558,68
RECEPÇÃO E CORREDORES					
Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	22	26	8	0	137,28

Computador	150	2	8	0	72
Impressora/Copiadora	1200	1	6	0	216
Televisão	300	1	8	0	72
Total	1672				497,28
DML					

Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	22	2	6	0	7,92
Total	22				7,92

CONSULTORIOS – 4

Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	22	12	8	0	63,36
Computador	150	4	8	0	144
Frigobar	300	4	8	0	288
Total	472				495,36

COZINHA

Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	22	6	8	0	31,68
Geladeira	300	1	8	0	72
Micro-ondas	800	1	4	0	96
					0
Total	1122				199,68

SALA DE VACINA

Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	22	4	8	0	21,12
Ar condicionado	1600	1	8	0	384
Geladeira	300	2	8	0	144
Total	1922				549,12

SALA DE ESTERLIZAÇÃO

Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	
Iluminação	22	4	8	0	21,12
Ar condicionado	1600	1	8	0	384
Geladeira	300	2	8	0	144
Auto clave	1500	1	8	0	360
Total	3422				909,12

BANHEIROS -7

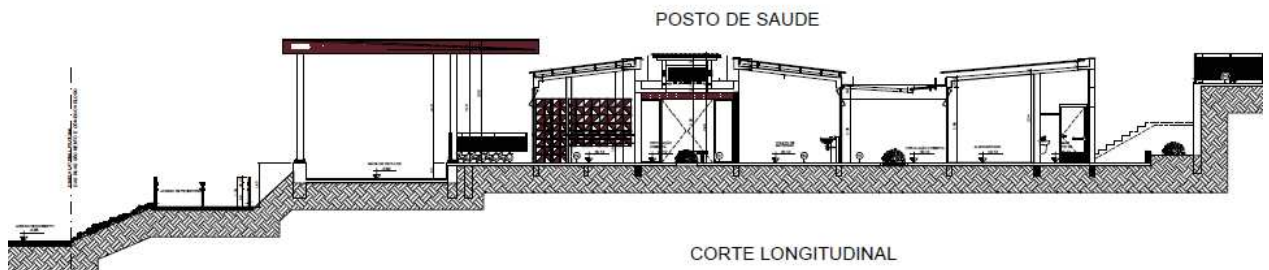
Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês
			Horas	Minutos	

Iluminação	22	14	4	0	36,96
Total	22				36,96
ILUMINAÇÃO EXTERNA					
			Tempo		
Categoria	Potência (W)	Quantidade	Horas	Minutos	kWh/mês
Iluminação	150	4	12	0	216
Total	150				216
Total Geral kWh/mês	9904	0	0	0	4470,12

O consumo total do posto de saúde conforme a tabela 3 será de 53,64MWh/ano.

O posto de saúde possui cobertura em estrutura metálica com pintura automotiva na cor marrom, e telha sanduíche térmica 100 mm, composta em 4 vãos. Estas coberturas terão a mesma inclinação (7°) porém, com orientações diferentes, seguindo o projeto arquitetônico apresentado pelo Instituto Renova, conforme pode ser observado no corte longitudinal na figura 44.

Figura 44 – Corte Longitudinal de Posto de Saúde



Fonte: Fundação Renova (2019)

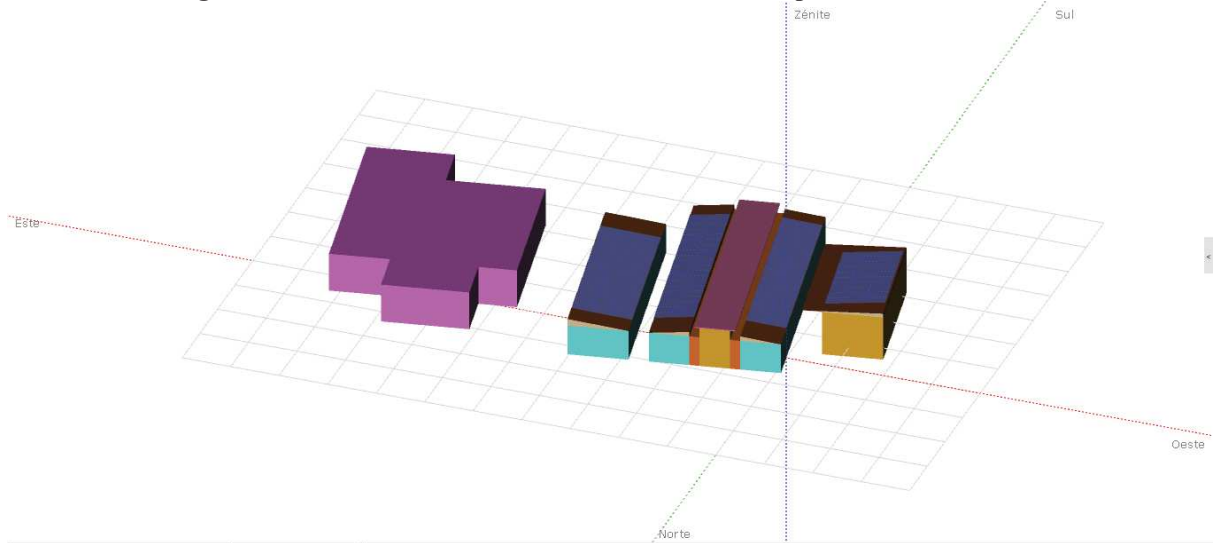
Conforme mostra a Figura 44 a estrutura do Posto de Saúde apresenta diversos vãos e os mesmos possuem dimensões com suas orientações em relação ao norte geográfico:

- 1º vão - cobertura do estacionamento 6x13m; Inclinação: 7° azimute -80° ;
- 2º vão – posto 4x25m; Inclinação: 7° azimute 100° ;
- 3º vão – posto 4x25m; Inclinação: 7° azimute -80° ;
- 4º vão – posto 6x21m; Inclinação: 7° azimute 100° ;

Área total da cobertura: 504,00m².

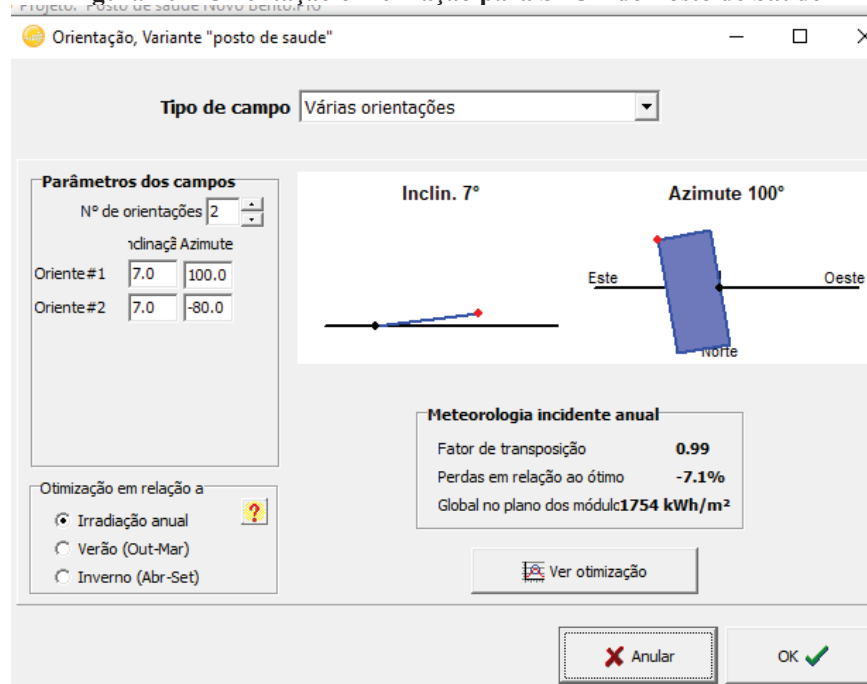
Aproveitando os vãos dos telhados e sua orientação, respeitando o projeto arquitetônico, teremos a seguinte posição do sistema fotovoltaico proposto para a edificação, figura 45, sendo que na figura 46 é apresentado a orientação e inclinação do sistema.

Figura 45 – Posicionamento dos módulos fotovoltaicos para o Posto de Saúde



Fonte: PVsyst (2019)

Figura 46 – Orientação e inclinação para SFCR do Posto de Saúde



Fonte: PVsyst (2019)

Considerando o consumo de energia médio anual apresentado na tabela 3, teremos:

- 1º vão -cobertura do estacionamento; Inclinação: 7° azimute -80°
- 28 módulos fotovoltaicos com tecnologia de célula Si-policristalino de 330Wp;
- 7 microinversores de 1,50kW, modelo MI-1500 do fabricante Hoymiles.
- 2º vão – Cobertura do Posto de Saúde 4x25m; Inclinação: 7° azimute 100°

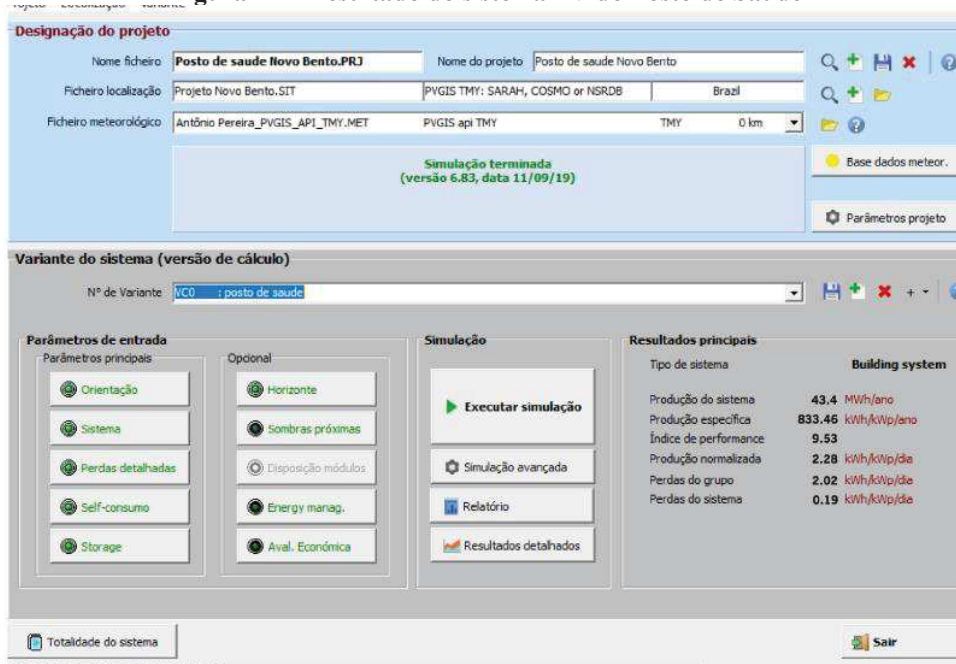
- 40 módulos fotovoltaicos com tecnologia de célula Si-policristalino de 330Wp;
- 10 microinversores de 1,50kW, modelo MI-1500 do fabricante Hoymiles.
 - 3º vão – Cobertura do Posto d
 - e Saúde 4x25m; Inclinação: 7° azimute -80°
- 40 módulos fotovoltaicos com tecnologia de célula Si-policristalino de 330Wp;
- 10 microinversores de 1,50kW, modelo MI-1500 do fabricante Hoymiles.
 - 4º vão – Cobertura do Posto de Saúde 6x21m; Inclinação: 7° azimute 100°
- 28 módulos fotovoltaicos com tecnologia de célula Si-policristalino de 330Wp;
- 7 microinversores de 1,50kW, modelo MI-1500 do fabricante Hoymiles.

Como serão 4 vãos teremos no total:

- 136 módulos fotovoltaicos com tecnologia de célula Si-policristalino de 330Wp do fabricante Canadian Solar modelo 31V CS6U – 330P-AG e 34 microinversores de 1,5kW modelo – MI-1500 do fabricante Hoymiles.

Será necessária uma superfície de cobertura de 280,00m² para os módulos FV, para produção total de 44,88kWp e uma produção anual do sistema de 43,40MWh, conforme a figura 47.

Figura 47 – Resultado do sistema FV do Posto de Saúde







Fonte: PVsyst (2019)





6. ESTUDO DE PRÉ-VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DOS SFCR CONSIDERADOS NESTE ESTUDO





Para avaliar a viabilidade econômica / financeira da adoção de um GDFV, deve-se levar em consideração dois aspectos principais: o custo da energia produzida por esse sistema e o custo da energia fornecida pela concessionária no local em questão. Sendo assim, para análise de pré-viabilidade econômica / financeira para os SFCR propostos para a Vila Novo Bento foi utilizado o software SAM (System Advisor Model), de forma a se obter o tempo de retorno (*payback*) de cada sistema. Para o levantamento dos custos dos equipamentos foi realizada uma pesquisa no mercado, conforme apresentado nas Tabelas 04 a 8.

Para o cálculo do valor de compra e venda de energia utilizou-se os valores adotados pela CEMIG de R\$ 0,64 para residencial, e para áreas institucionais foram considerados os valores de consumo de ponta e fora de ponta seco de R\$1,61 e R\$ 0,37, respectivamente, dados estes de referência à bandeira amarela, conforme mostra a figura 48.

Figura 48 – Valores das tarifas – CEMIG

B1- RESIDENCIAL NORMAL	 Consumo R\$/kWh	 Consumo R\$/kWh	 PATAMAR 1 Consumo R\$/kWh	 PATAMAR 2 Consumo R\$/kWh
Residencial Normal (Consumo R\$/kWh)	0,62833	0,64333	0,66833	0,68833

B4 - ILUMINAÇÃO PÚBLICA	 Consumo R\$/kWh	 Consumo R\$/kWh	 PATAMAR 1 Consumo R\$/kWh	 PATAMAR 2 Consumo R\$/kWh
Iluminação Pública - B4a - Rede de Distribuição	0,34559	0,36059	0,38559	0,40559
Iluminação Pública - B4b - Bulbo da Lâmpada	0,37700	0,39200	0,41700	0,43700

A4 - 2,3 KV A 25 KV	Demanda R\$/kW	 Consumo R\$/kWh	 Consumo R\$/kWh	 PATAMAR 1 Consumo R\$/kWh	 PATAMAR 2 Consumo R\$/kWh
Demanda	13,95				
Demanda Ultrap. F. Ponta	27,90				
Cons. Ponta - P. Seco		1,59969	1,61469	1,63969	1,65969
Cons. Ponta-P. Úmido		1,59969	1,61469	1,63969	1,65969
Cons. F.Ponta - P. Seco		0,35666	0,37166	0,39666	0,41666
Cons. F.Ponta - P. Úmido		0,35666	0,37166	0,39666	0,41666

Fonte: CEMIG (2019)

A figura 49 apresenta as perdas e taxas que foram considerados para todos os sistemas fotovoltaicos considerados neste estudo, variando apenas o horário de ponta e fora de ponta.

Figura 49 – Perdas e parâmetros para cada sistema de SFCR

Losses

Soiling <input style="width: 50px;" type="text" value="2"/> %	Connections <input style="width: 50px;" type="text" value="0.5"/> %
Shading <input style="width: 50px;" type="text" value="3"/> %	Light-induced degradation <input style="width: 50px;" type="text" value="1.5"/> %
Snow <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/> %	Nameplate <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/> %
Mismatch <input style="width: 50px;" type="text" value="2"/> %	Age <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/> %
Wiring <input style="width: 50px;" type="text" value="2"/> %	Availability <input style="width: 50px;" type="text" value="3"/> %

Enable user specified losses User-specified total system losses %

Total system losses %

-Shading

System Performance Degradation

Degradation rate %/year

Applies to the system's total annual AC output.

In Value mode, the degradation rate applies to the system's total annual kWh output for the previous year starting in Year 2. In Schedule mode, each year's rate applies to the Year 1 value. See Help for details.

Battery single year analysis

In this mode, one year of degradation of the battery is modeled, which may not accurately represent battery performance in subsequent years. To consider multiyear degradation, including battery replacement costs, please change to the "Photovoltaic (detailed)" model and select "PV simulation over analysis period".

Analysis Parameters

Analysis period years

Inflation rate %/year

Real discount rate %/year

Nominal discount rate %/year

Project Tax and Insurance Rates

Federal income tax rate %/year

State income tax rate %/year

Sales tax % of total direct cost

Insurance rate (annual) % of installed cost

-Property Tax-

Assessed percentage % of installed cost

Assessed value

Annual decline %/year

Property tax rate %/year

Salvage Value

Net salvage value % of installed cost

End of analysis period value

Fonte: SAM (2019)

Os valores das tarifas e encargos de energia considerando os horários de ponta e fora de ponta estão apresentados nas figuras 50 e 51, onde a primeira é para as edificações institucionais e a segunda para edificações residenciais respectivamente.

Figura 50 – Tarifas e encargos de energia para as Edificações Institucionais

Rates for Energy Charges

Import...	Period	Tier	Max. Usage	Max. Usage Units	Buy (\$/kWh)	Sell (\$/kWh)
Export...	1	1	1e+38	kWh	0.37	0.37
	2	2	1e+38	kWh	1.61	1.61

Copy

Paste

Number of entries:

Weekday

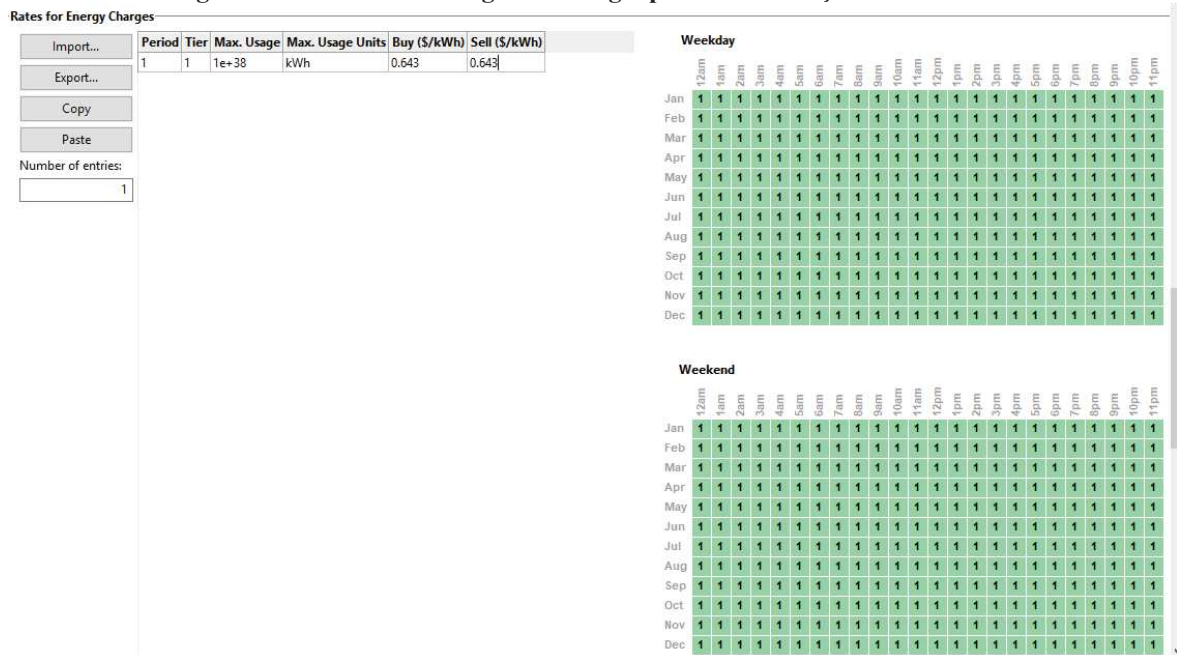
	12am	1am	2am	3am	4am	5am	6am	7am	8am	9am	10am	11am	12pm	1pm	2pm	3pm	4pm	5pm	6pm	7pm	8pm	9pm	10pm	11pm
Jan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
Feb	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
Mar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
Apr	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
May	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
Jun	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
Jul	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
Aug	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
Sep	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
Oct	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
Nov	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
Dec	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1

Weekend

	12am	1am	2am	3am	4am	5am	6am	7am	8am	9am	10am	11am	12pm	1pm	2pm	3pm	4pm	5pm	6pm	7pm	8pm	9pm	10pm	11pm
Jan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Feb	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Apr	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
May	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jun	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jul	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aug	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sep	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Oct	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nov	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dec	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: SAM (2019)

Figura 51 – Tarifas e encargos de energia para as Edificações Residenciais



Fonte: SAM (2019)

A partir dos dados apresentados nas Figuras 50 e 51 foi realizada a viabilidade econômica / financeira de SFCRs inseridos em cada edificação do Condomínio Novo Bento, sendo assim:

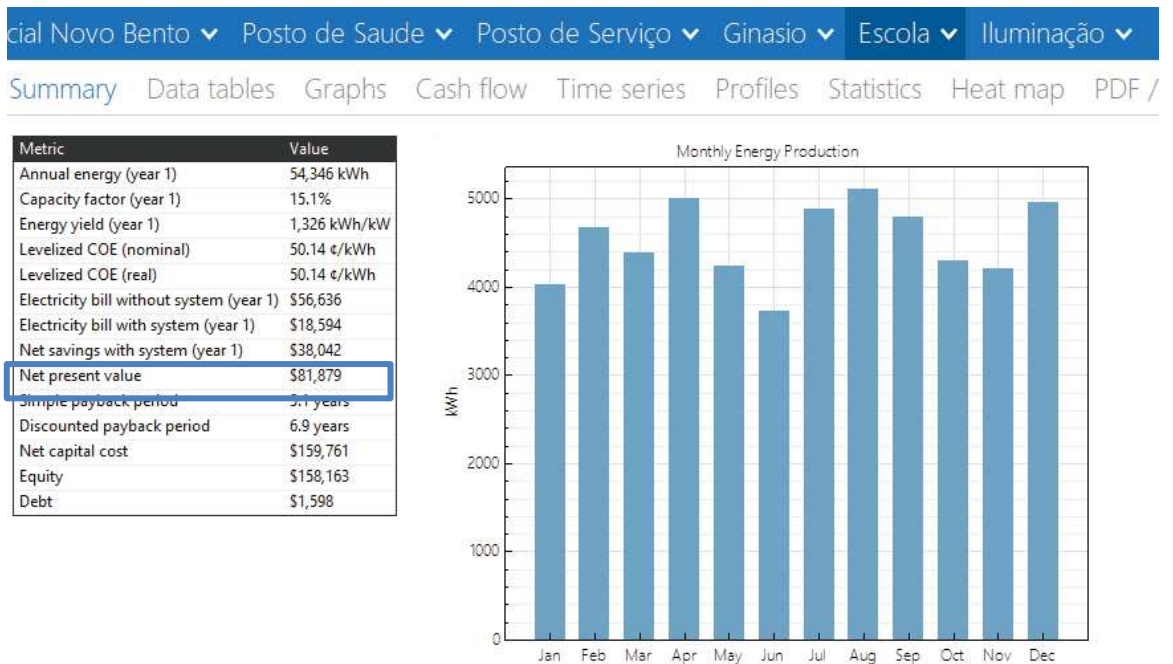
- Para a Escola do Novo Bento que possui um consumo total de 54,10 MWh/ano, conforme demonstrado no item 5.1, podem ser vistos na tabela 4 o custo médio para instalação do SFCR que será em torno de R\$ 267.148,00, com um retorno do investimento da instalação num período de 7 anos, visto no gráfico da figura 52.

Tabela 4 – Custo para instalação do sistema fotovoltaico da Escola do Novo Bento

Valores - Escola do Novo Bento				
Itens	Componentes	unid	valor unit.	valor total
1	Módulo 330Wp com suporte - Canadian Solar	112	R\$ 954,00	R\$ 106.848,00
2	Microinversor de 1,5kW – Hoymiles	28	R\$ 2.999,00	R\$ 83.972,00
4	Instalação			R\$ 76.328,00
	Total geral			R\$ 267.148,00

Fonte: Acervo do autor (2019)

Figura 52 – Payback da Escola do Novo Bento



Fonte: SAM (2019)

Com isso, o tempo de retorno do investimento para implementação do SFCR na Escola é viável, pois, além da sua orientação estar para o norte geográfico e inclinação das 14 coberturas de cada bloco estarem próximo da latitude do local, ou seja, 17°, apresentam condições ideais para aplicação do sistema fotovoltaico proposto, sem prejudicar o arquitetura proposta para o local.

- O Ginásio Poliesportivo do Novo Bento possui um consumo médio de energia de 74,30MWh/ano, conforme demonstrado no item 5.2, podem ser vistos na tabela 5 o custo médio para instalação do SFCR proposto, ou seja, em torno de R\$ 415.728,60.

Tabela 5 – Custo para instalação do sistema fotovoltaico do Ginásio Poliesportivo

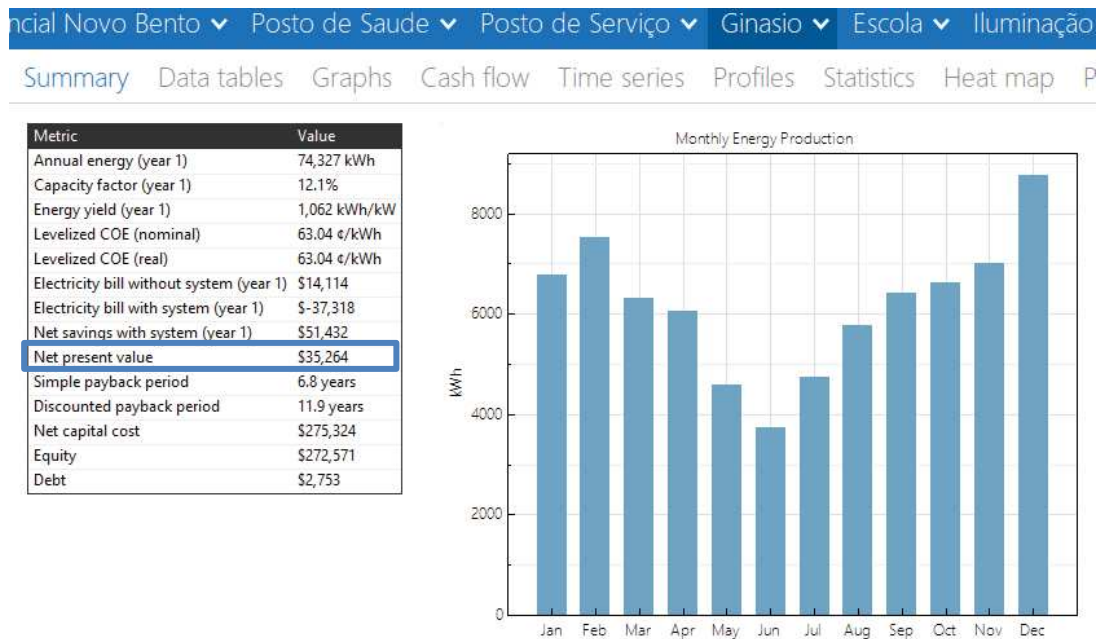
Valores - Ginásio Poliesportivo				
Itens	Componentes	Unid	valor unit.	valor total
1	Módulo 330Wp com suporte - Canadian Solar	175	R\$ 954,00	R\$ 166.950,00
2	Microinversor de 1,20kW – Apsystem	4	R\$ 2.790,00	R\$ 11.160,00
3	Microinversor de 1,50kW Canadian Solar Inc.	36	R\$ 2.999,00	R\$ 107.964,00

4	• Microinversor de 0,99kW – Apsystem	5	R\$ 2.175,00	R\$ 10.875,00
6	Instalação			R\$ 118.779,60
	Total geral			R\$ 415.728,60

Fonte: Acervo do autor (2019)

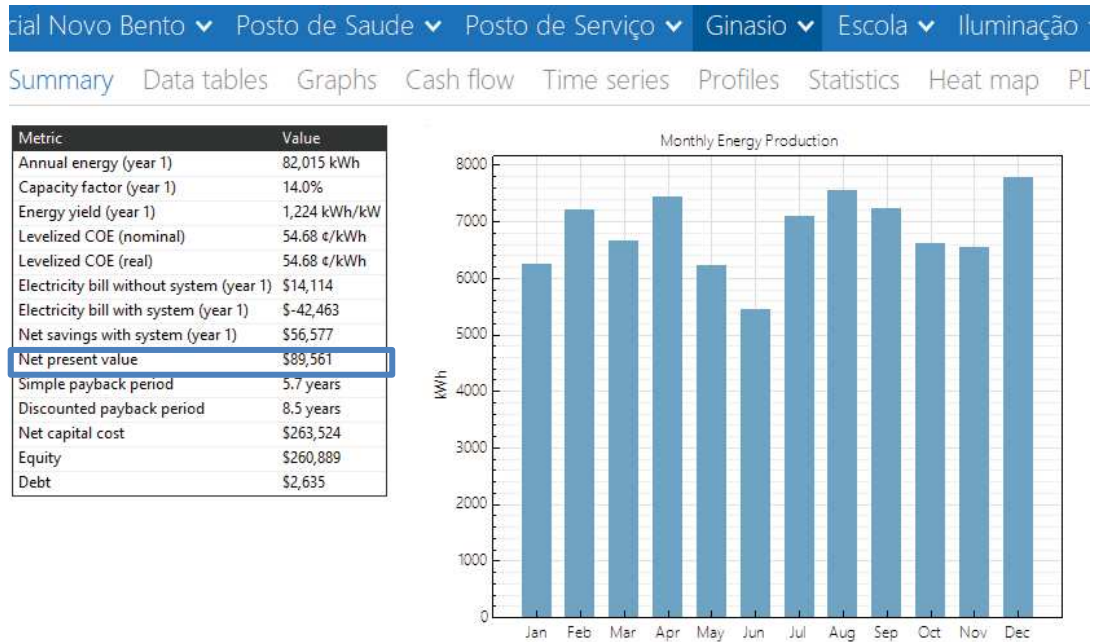
A figura 53 apresenta o retorno do investimento com o projeto original, sem mudança da orientação da cobertura e na figura 54 temos o retorno do investimento com a mudança da direção da cobertura. Na 1º análise, onde a cobertura está posicionada ao sul, o *payback* do sistema será de 12 anos. Na 2º análise, com a mudança da orientação da cobertura para o norte, teremos um *payback* do investimento num período de 8,5 anos.

Figura 53 – 1º análise do *Payback* do Ginásio Poliesportivo do Novo Bento (Orientação para o sul)



Fonte: SAM (2019)

Figura 54 – 2º análise do Payback do Ginásio Poliesportivo do Novo Bento (Orientação para o norte)



Fonte: SAM (2019)

Observa-se na figura 54, com a mudança de orientação, sem mudar a estética da edificação, é possível ter um ganho de mais de 10% no retorno do investimento. Caso fosse retiradas as platibandas o ganho de energia, provavelmente, seria ainda maior, evitando os possíveis sombreamento causados pela platibanda, mas o conceito do estudo seria não mudar o estilo arquitetônico da edificação.

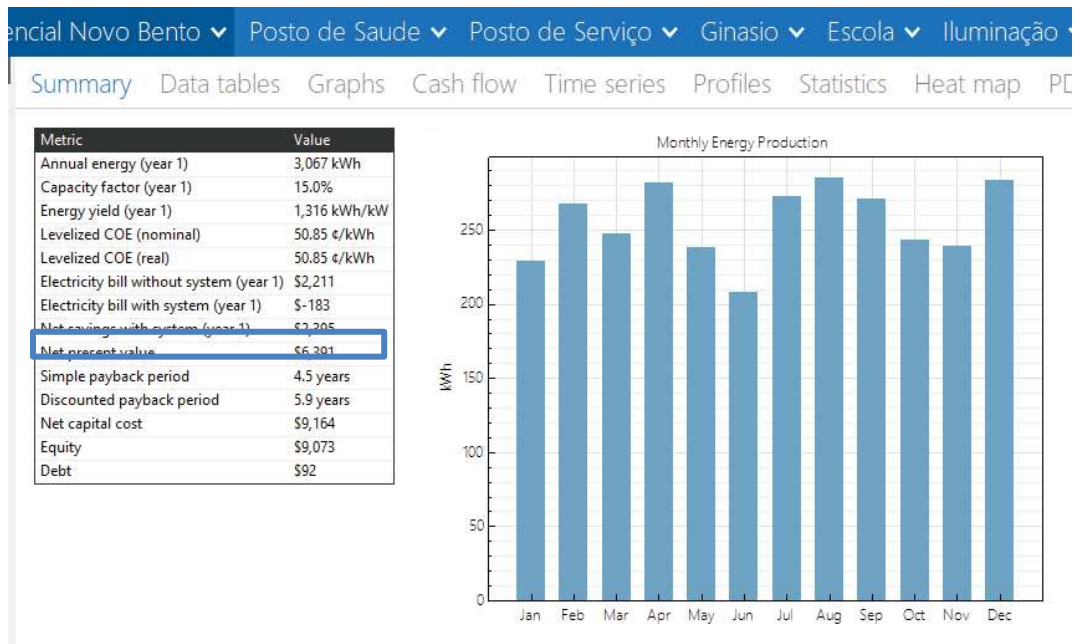
- Nas unidades Residenciais o consumo médio de energia é de 3,062MWh/ano, conforme demonstrado no item 5.3, pode-se observar que na tabela 6 é mostrado o custo médio para instalação do sistema que será em torno de R\$ 16.048,20 para uma residência, sendo que para um total de 255 residências, teremos um custo global de R\$ 4.092.291,00, com um retorno do investimento da instalação num período de 6 anos, visto no gráfico da figura 55.

Tabela 6 – Custo para instalação do sistema fotovoltaico Residencial

Valores para uma residência				
Itens	Descrição	Unid	valor unit.	valor total
1	Módulo 330Wp com suporte - Canadian Solar	6	R\$ 954,00	R\$ 5.724,00
2	Microinversor 0,55kW – Apsystems	3	R\$ 1.913,00	R\$ 5.739,00
3	Instalação			R\$ 4.585,20
	Total geral			R\$ 16.048,20

Fonte: Acervo do autor (2019)

Figura 55 – Payback Residencial do Novo Bento



Fonte: SAM (2019)

Como o terreno é em declive, não promoverá sombras nas coberturas vizinhas, e como os seus telhados serão prismáticos, com caídas para todos os lados da edificação, com inclinação de 35%, ou seja, de $19,30^\circ$, que é igual a latitude do local, e orientação voltada para o norte geográfico, isso vem favorecer a implementação do SFCR, sem comprometer a arquitetura proposta para o local.

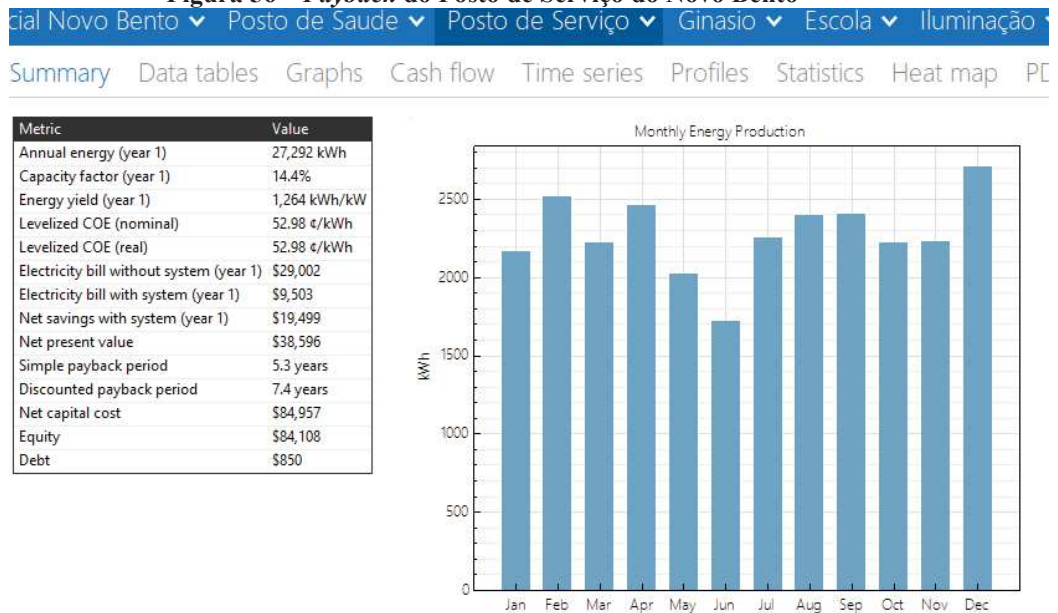
- No Posto de Serviços o consumo de energia médio é de 27,30MWh/ano, conforme demonstrado no item 5.4. Na tabela 7, é mostrado o custo médio para instalação do investimento que é em torno de R\$ 166.236,00, com um retorno do investimento da instalação num período de 7,4 anos, apresentado pela figura 56.

Tabela 7 – Custo para instalação do sistema fotovoltaico do Posto de Serviços

Valores - Posto de Serviço				
Itens	Componentes	unid	valor unit.	valor total
1	Módulo 330Wp com suporte - Canadian Solar	60	R\$ 1.254,00	R\$ 75.240,00
2	Microinversor de 0,90kW -Apsystems	20	R\$ 2.175,00	R\$ 43.500,00
3	Instalação			R\$ 47.496,00
	Total geral			R\$ 166.236,00

Fonte: Acervo do autor (2019)

Figura 56 – Payback do Posto de Serviço do Novo Bento



Fonte: SAM (2019)

Como já descrito, o projeto do Posto de Serviços será em laje de concreto armado impermeabilizada aproveitando toda sua cobertura para utilização dos *sheds* para melhor captação da energia fotovoltaica. Mesmo que a edificação não seja orientada para o norte geográfico, o sistema é viável pois os *sheds* serão posicionados da melhor forma para sua captação da radiação solar.

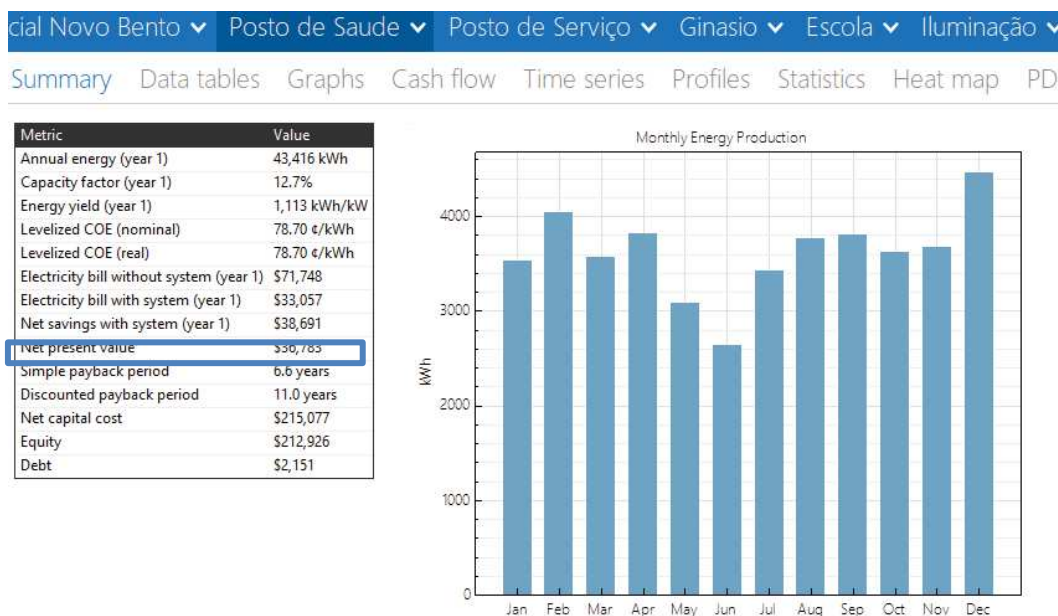
- No Posto de Saúde teremos um consumo médio de energia de 43,40MWh/ano, conforme demonstrado no item 5.5. Na tabela 8, é mostrado o custo médio para instalação do sistema, que será em torno de R\$ 32.394,00 com retorno do investimento em 11anos, conforme apresentado na figura 57.

Tabela 8 – Custo para instalação do sistema fotovoltaico do Posto de Saúde

Valores - Posto de Saúde				
Itens	Compontes	Unid	valor unit.	valor total
1	Módulo 330Wp com suporte - Canadian Solar	136	R\$ 954,00	R\$ 129.744,00
2	Microinversor de 1,5kW – Hoymiles	34	R\$ 2.999,00	R\$ 101.966,00
3	Instalação			R\$ 92.684,00
	Total geral			R\$ 324.394,00

Fonte: Acervo do autor (2019)

Figura 57 – Payback do Posto de Saúde do Novo Bento



Fonte: SAM (2019)

No posto de Saúde utilizou-se a cobertura apresentada no projeto, mas como a sua inclinação é abaixo do que é considerado em um projeto de SFCR, ou seja, bem inferior a inclinação da latitude do local, não será possível aproveitar a sua máxima eficiência. Para geração máxima de energia ao longo do ano, o ângulo de inclinação do gerador fotovoltaico deve ser igual à latitude do local onde o sistema será instalado, (CRESESB / CEPEL, 2014). E sua orientação também não está voltada para o norte geográfico, teremos assim, um retorno do investimento mais longo, mesmo assim, é o SFCR proposto é viável a sua implementação

7. CONCLUSÃO

O objetivo de apresentar uma opção de inserção de uma fonte renovável e sustentável para a Vila do Novo Bento e analisar a pré viabilidade técnica e econômica do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica, se torna viável como demonstrado na tabela 9, onde pode-se observar que o retorno financeiro apesar do custo total inicial da instalação ser bem significativo, o sistema representa um ganho para o meio ambiente e sociedade.

Tabela 9 – Resultado do estudo da Geração Distribuída Fotovoltaica do Novo Bento

Descrição	Potência Instalada (kWp)	Energia Produzida (MWh/ano)	Retorno Financeiro (<i>payback</i>) anual	Custo Total (Material e instalação) (R\$)
Escola do Novo Bento	36,96	54,10	7,00	267.148,00

Ginásio Poliesportivo (orientação para o sul geográfico) – projeto Renova	57,80	74,30	12,00	415.728,60
Ginásio Poliesportivo (orientação para o norte geográfico) – proposta	//	82,00	8,50	//
255 unidades Residenciais	504,9	780,81	6,00	4.092.291,00
Posto de Serviço	19,80	27,30	7,40	166.236,00
Posto de Saúde	44,88	43,40	11,00	324.394,00
Total Geral				5.265.797,60

Fonte: Acervo do autor (2019)

Nota-se pela tabela 9 que o retorno financeiro do Ginásio Poliesportivo e do Posto de Saúde será elevado, devido que, no Ginásio o uso de platibandas na cobertura e suas inclinações serão de 9 e 15 graus, menor que a latitude da região que é 20 graus, diminuindo assim a sua eficiência de captação de luz solar pelos módulos fotovoltaicos, porém mudando apenas a orientação da cobertura para o norte geográfico temos um resultado melhor do *payback*. No Posto de Saúde a cobertura terá uma inclinação de 7 graus e também não está orientada para o norte geográfico, perdendo assim sua eficiência.

Com a injeção do sistema fotovoltaico no condomínio Novo Bento economizará futuros investimentos, como a expansão dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica, reduzirá possíveis perdas nas linhas de transmissão, redução no carregamento das redes, baixo impacto ambiental, melhor aproveitamento dos recursos naturais e diversificação da matriz energética. De acordo com ANEEL (2016), a geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras), a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores, criando assim um condomínio solar, através da geração distribuída compartilhada.

Contudo conclui-se que, com a modalidade de Geração Distribuída Fotovoltaica Conectada à Rede vem se consolidando no cenário nacional. Com incentivos financeiros, fomentando o mercado de trabalho, utilizando metas para diminuir a emissão de gás carbônico promovidas pelo Governo Federal, programa ProGD, com novas tecnologias e pesquisas para minimização dos impactos ambientais decorridos de fontes não renováveis, dessa forma a geração distribuída torna-se uma das formas mais inteligentes e sustentáveis de se produzir energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FUNDAÇÃO RENOVA. **No caminho da reparação**. Março de 2019

GTES, Grupo de trabalho de energia solar. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**, edição revisada, Rio de Janeiro: Ediouro Grafica e Editora S.A., 2014.

SANTOS, Marco Aurélio dos. **Fontes de Energia Nova e Renovável**, 2º revisão, Rio de Janeiro: LTC, 2013.

ITAJUBÁ, Professores e Pesquisadores da Escola Federal de Engenharia. **Conservação de Energia, Eficiência Energetica de Instalações e Equipamentos**, 2º ed, Itajubá: Editora da EFEI, 2001

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NOBRASIL E POSSÍVEIS EFEITOS NO SETOR ELÉTRICO**. Rio de Janeiro - Maio de 2018. Disponível em: [repositorio.ipea.gov.br > bitstream](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream) - acesso 20/12/2019

Souza, Anádia Patrícia Almeida. **USO DA ENERGIA EM EDIFÍCIOS: ESTUDO DE CASO DE ESCOLASMUNICIPAIS E ESTADUAIS DE ITABIRA, MINAS GERAIS**. Disponível em: [https://www.aneel.gov.br > documents > Dissertacao_Anadia_Patricia.pdf](https://www.aneel.gov.br/documents/Dissertacao_Anadia_Patricia.pdf) - acesso 02/09/2019

Chepp, Ellen David; Krenzinger, Arno. **ESTUDO COMPARATIVO DO USO DE INVERSOR STRING E MICRO INVERSORES NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA COM SOMBREAMENTO PARCIAL**. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/111/111> - acesso 18/05/2020

CEMIG. **Normas Técnicas ND 5.1**. maio de 2013. Disponível em: http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Documents/ND_5_1_MAIO_2013.pdf - acesso 25/11/2019

Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2018. Disponível em: [epe.gov.br > sites-pt > PublicacoesArquivos > publicacao-160 > topico-168](http://epe.gov.br/sites-pt/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168) - acesso 04/06/2019

NEO SOLAR: disponível em: <https://www.neosolar.com.br> - acesso 25/11/20189

Planilha SETOP. Disponível: <http://www.infraestrutura.mg.gov.br/ajuda/page/2240-consulta-a-planilha-preco-setop-regiao-central> - acesso 20/12/2019

Atlas Solarimétrico de Minas Gerais. Belo Horizonte: Cemig, 2012.

NOVO ATLAS DA CEPEL. Disponível: <http://novoatlas.cepel.br/index.php/atlas-online/>, acesso 08/04/2019

SOLARVOLT. Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/micro-inversor-fotovoltaico/>, acesso 08/04/2019

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa N° 482. 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20482,%20de%202012%20-%20bip-junho-2012.pdf>, acesso 06/04/2019.

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE with support of PSE GmbH: Disponível em: [Photovoltaic Report, 27-agosto-2018](#), acesso 19/02/2020

PORTAL SOLAR. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-painel-solar-fotovoltaico.html>, acesso 20/02/2020;

BLUESOL. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/geracao-distribuida-da-aneel/> acesso 20/12/2019

CLIMATE-DATA.ORG. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/mariana-25091/> acesso 14/03/2020

ANEXOS

Anexo 1 - Módulos fotovoltaicos com tecnologia de célula Si-policristalino de 330Wp do fabricante Canadian Solar modelo 31V CS6U – 330P-AG



MAXPOWER
CS6U-325 | 330 | 335 | 340P

Canadian Solar's modules use the latest innovative cell technology, increasing module power output and system reliability, emulated by 15 years of experience in module manufacturing, well-engineered module design, stringent IEC quality testing, an automated manufacturing process and 100% EL testing.

KEY FEATURES:

-  Excellent module efficiency of up to: 17.49 %
-  Outstanding low irradiance performance of up to: 95.0 %
-  High PTC rating of up to: 92.25 %
-  IP68 junction box for long-term weather endurance
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa

25 years linear power output warranty

10 years product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

- ISO 9001:2008 / Quality management system
- ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system
- OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

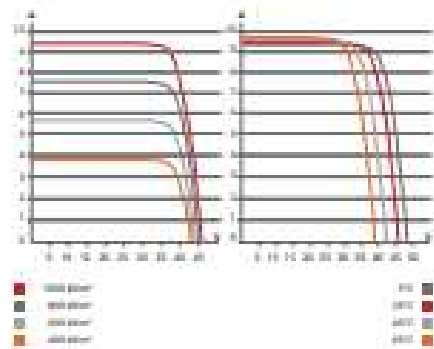
PRODUCT CERTIFICATES†

- IEC 61215 / IEC 61730 VDE / CE / ENEC / MCS / RETELCO / GBC AUS
- UL 1703 / IEC 61215 performance / CSC listed (UL) / FSC (US Florida)
- UL 1703 / CSA / IEC 61701 / IEC 61704 / IEC 62716 / VDE
- UL10177 Reaction to Fire Class F
- IEC 60088 2-40: 502
- TUV-body



* Please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific product certification applicable to your market.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 21 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

ENGINEERING DRAWING (mm)**CS6U-130P-7 I-V CURVES****ELECTRICAL DATA | STC***

CS6U	125P	130P	135P	140P
Nominal Max. Power (P _{max})	325 W	330 W	335 W	340 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	37.0 V	37.2 V	37.4 V	37.6 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	8.78 A	8.88 A	8.96 A	9.05 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	45.5 V	45.6 V	45.8 V	45.9 V
Short Circuit Current (I _{sc})	9.34 A	9.45 A	9.54 A	9.62 A
Module Efficiency	16.72%	16.87%	17.22%	17.46%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ +5 W			

* Under Standard Test Conditions (STC) at irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and at temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT†

CS6U	125P	130P	135P	140P
Nominal Max. Power (P _{max})	330 W	342 W	346 W	350 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	34.8 V	34.2 V	34.4 V	34.6 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	7.01 A	7.88 A	7.15 A	7.22 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	42.4 V	42.5 V	42.6 V	42.7 V
Short Circuit Current (I _{sc})	7.54 A	7.63 A	7.70 A	7.77 A

† Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 25°C, and panel 1 (10%).

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6 × 12)
Dimensions	1660 × 992 ± 40 mm (77.2 × 39.1 ± 1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminum alloy
J-Box	IP68, 3 diodes
Cable	4.0 mm ² (IEC), 12 AWG (UL) 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 series
Per Pallet	26 pieces, 635 kg (1400 lbs)
Per Container (40 HQ)	624 pieces

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

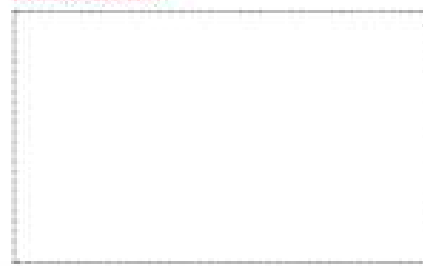
Specification	Data
Temperature Coefficient (P _{max})	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (V _{oc})	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (I _{sc})	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	43 ± 2 °C

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, with an average relative efficiency of 95.0 % for irradiances between 200 W/m² and 1000 W/m² (AM 1.5, 25°C).

This document does not provide the general information on Canadian Solar products and, due to the ongoing innovation and improvements, please always consult your local distributor. Please refer to the product information brochures, key features and performance requirements of Canadian Solar products in your region.

Please be fully aware that PV modules should be handled and installed by qualified people who have a minimum of 1000 and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

PARTNER SECTION

Anexo 2 – Microinversor Hoymiles MI-1500



The World's Safest
solar solution for you and your family

Model	HM-1000N		HM-1200N		HM-1500N	
Input Data (DC)						
Commonly used module power (W)	200–310		240–380		300–470	
Module compatibility	60-cell or 72-cell PV modules		60-cell or 72-cell PV modules		60-cell or 72-cell PV modules	
Peak power MPPT voltage range (V)	27–40		29–48		36–48	
Start-up voltage (V)	22		22		22	
Operating voltage range (V)	16–60		16–60		16–60	
Maximum input voltage (V)	60		60		60	
Maximum input current (A)	4*10.5		4*11.5		4*11.5	
Output Data (AC)						
Peak output power (VA)	1000		1260	1200	1500	1350
Maximum continuous output power (VA)	958		1200	1109	1438	1246
Maximum continuous output current (A)	3.99	4.61	5	5.33	5.99	5.99
Nominal output voltage/range (V)	240/211–264 ¹	208/183–228 ¹	240/211–264 ¹	208/183–228 ¹	240/211–264 ¹	208/183–228 ¹
Nominal frequency/range (V)	60/55–65 ¹		60/55–65 ¹		60/55–65 ¹	
Power factor (adjustable)	>0.99 default 0.85 leading...0.85 lagging		>0.99 default 0.85 leading...0.85 lagging		>0.99 default 0.85 leading...0.85 lagging	
Total harmonic distortion	<3%		<3%		<3%	
Maximum units per branch ²	4	3	3	3	2	2
Efficiency						
CEC peak efficiency	96.70%		96.70%		96.70%	
CEC weighted efficiency	96.50%		96.50%		96.50%	
Nominal MPPT efficiency	99.80%		99.80%		99.80%	
Nighttime power consumption (mW)	<50		<50		<50	
Mechanical Data						
Ambient temperature range (°C)	–40–+65					
Dimensions (W×H×D mm)	280 x 176 x 33					
Weight (kg)	3.75 (including 2.32m AC cable)					
Enclosure rating	Outdoor–NEMA (IP67)					
Cooling	Natural convection – No fans					
Features						
Communication	2.4GHz Proprietary RF(Nordic)					
Monitoring	Hoymiles Monitoring System					
Compliance	UL1741, IEEE1547, UL1741 SA (240Vac), CA Rule21 (240Vac), CSA C22.2 No. 107.1-16, FCC 15B, FCC 15C					
PV Rapid Shutdown	Conforms with NEC-2014 and NEC-2017 Article 690.12 and CEC 2018 Sec 64-218 Rapid Shutdown of PV Systems					

Anexo 3 – Microinversor APsystems QS1



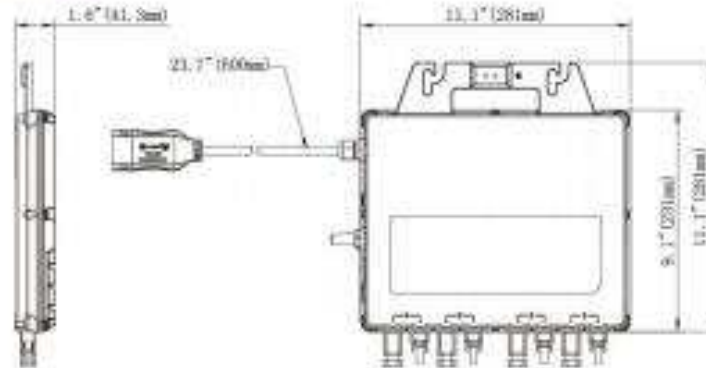
Leading the industry in
Solar Microinverter Technology



QS1 Microinverter

- Single unit connects up to four solar modules
- 4 input channels with independent MPPT and monitoring function
- Maximum continuous output power up to 1200W

DIMENSIONS



The APsystems QS1 is a grid-tied microinverter with intelligent networking and advanced monitoring systems to ensure maximum efficiency. High efficiency, high reliability of the QS1 with 4 independent MPPT inputs, Maximum AC output power reaching 1200W. Quarter the inverters and quarter the installation means real cost savings for residential and commercial customers.

Q51 Microinverter Datasheet

Region	LATAM	
Model	Q51-NA	Q51-BR
Input Data (DC)		
Recommended PV Module Power (STC) Range	150Wp-440Wp+	
MPPT Voltage Range	22V-88V	
Operation Voltage Range	10V-55V	
Maximum Input Voltage	60V	
Maximum Input Current	12A ± 4	
Output Data (AC)		
Maximum Continuous Output Power	1200W	
Nominal Output Voltage/Range	240V/211V-266V	220V/176V-242V
Adjustable Output Voltage Range	160-278V	
Nominal Output Current	5A	5.45A
Maximum Units Per Branch	4(15PV modules)	3(12PV modules)
Nominal Output Frequency/Range	60Hz/50.8Hz-60.5Hz	60Hz/57.5Hz-62Hz
Adjustable Output Frequency Range	55.1-64.8Hz	
Power Factor	>0.99	
Total Harmonic Distortion	<2%	
Maximum Output Fault Current (AC) And Duration	117 Apk, 0.78 ms of duration	
Maximum Output Overcurrent Protection	10A	
Efficiency		
Peak Efficiency	96.5%	
Nominal MPPT Efficiency	95.5%	
Night Power Consumption	30mW	
Mechanical Data		
Operating Ambient Temperature Range	-40°F to +140°F (-40 °C to +60 °C)	
Storage Temperature Range	-40°F to +185°F (-40 °C to +85 °C)	
Dimensions (W x H x D)	11.1" x 6.2" x 1.0" (281mm x 157mm x 41.3mm)	
Weight	9.9lb(4.5kg)	
AC Bus Maximum Current	25A(12AWG)	20A(2.5mm ²)
Connector Type	MC4 Type	
Enclosure Environmental Rating	Type6	IP67
Cooling	Natural Convection - No Fans	
Features		
Communication (Number To ECU)	Wireless	
Transformer Design	High Frequency Transformers, Galvanically Isolated	
Monitoring	Via EMA* Online Portal	
Warranty	10 Years Standard	10 Years Standard, 15 Years Optional
Certification & Compliance		
Compliance	UL1741, CSA C22.2 No. 107.1-01, IEC Part15, ANI CEG.4/CES-002,IEEE1547	ABNT NBR 16149-2013, ABNT NBR 16250-2013

*APsystems online Energy Management Analysis (EMA) platform

© All Rights Reserved

Specifications subject to change without notice.
Please ensure you are using the most recent update found at www.APsystems.com

AV. Lazaro Cardenas 2850-59 Piso, Colonia Jardines del Bosque C.P. 44520, Guadalajara, Jalisco |
52 (33) 3188-4604 | APsystems.com

2019/6/25 Rev1.1 1

Anexo 4 – Microinversor APsystems YC 600-NA



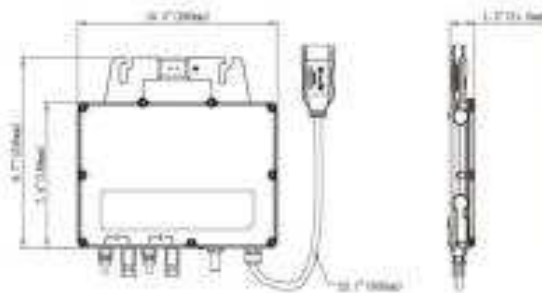
Leading the Industry in
Solar Microinverter Technology



YC600 Microinverter

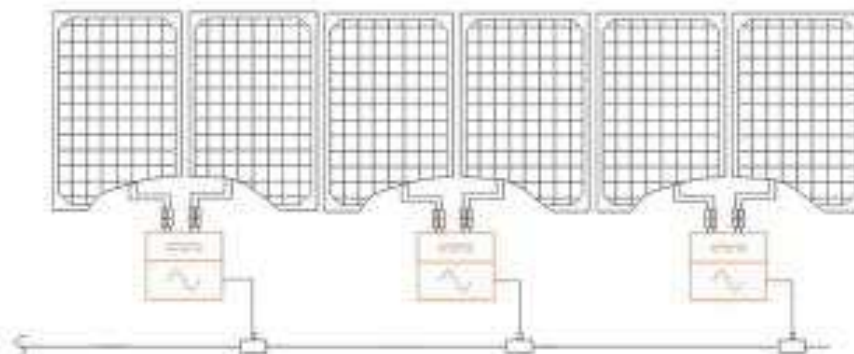
- Dual-module microinverter with independent MPPT per panel
- Utility interactive with Reactive Power Control (RPC)
- 600VA peak output power
- CA Rule 21 (UL 1741-5A) compliant
- Accommodates 60 & 72-cell PV modules up to 440W+

DIMENSIONS



The YC600 is a dual-module, utility-interactive microinverter with Reactive Power Control (RPC) technology and Rule 21 grid support functionality. The first of its kind, the YC600 was designed to accommodate today's high output PV panels, offer enhanced capability and meet the latest grid compliance standards. Offering an unprecedented 300VA peak output power per channel, the YC600 works with 60 and 72-cell PV modules and offers dual, independent MPPT per panel. The YC600 also operates within a wider MPPT voltage range than competing brands for a greater energy harvest.

WIRING SCHEMATIC



YC600 MicroInverter Datasheet

Region	LATAM	
Model	YC600-PA	YC600-BB
Input Data (DC)		
Recommended PV Module Power (STC)	250Wp-440Wp	
MPPT Voltage Range	22V-48V	
Operation Voltage Range	16V-55V	
Maximum Input Voltage	60V	
Maximum Input Current	12A x 2	
Maximum Input Short Circuit Current	15.2A	
Output Data (AC)		
Maximum Continuous Output Power	540VA	550VA
Peak Output Power	600VA	
Nominal Output Voltage/Range	240V/211V-264V	220V/176V-240V
Adjustable Output Voltage Range	180-270V	
Nominal Output Current	2.25A	2.5A
Nominal Output Frequency/Range	60Hz/50.3Hz-60.5Hz	60Hz/57.0Hz-62Hz
Maximum Units Per Branch	8 (16PV modules)	8 (12PV modules)
Adjustable Output Frequency Range	55.3-64.9Hz	
Power Factor(Adjustable)	0.8 leading - 0.8 lagging	
Total Harmonic Distortion	<3%	
Maximum Output Overcurrent Protection	8.3A	
Efficiency		
Peak Efficiency	96.7%	
CEC Efficiency	96.5%	
Nominal MPPT Efficiency	99.5%	
Night Power Consumption	20mW	
Mechanical Data		
Operating Ambient Temperature Range	-40°F to +149°F (-40 °C to +65 °C)	
Storage Temperature Range	-40°F to +185°F (-40 °C to +85 °C)	
Dimensions (W x H x D)	10.3" x 7.4" x 1.3" (260mm X 188mm X 31.3mm)	
Weight	5.7lb(2.6kg)	
AC Bus Maximum Current	25A(12AWG)	20A(1.5mm ²)
Connector Type	MC4 Type	
Cooling	Natural Convection - No Fans	
Enclosure Environmental Rating	Type 5	IP67
Overvoltage Category	OV C II For PV Input Circuit, OV C II For Mains Circuit	
Features		
Communication (Inverter To ECU)	Wireless	
Transformer Design	High Frequency Transformers, Galvanically Isolated	
Monitoring	Via EMA* Online Portal	
Warranty	10 Years Standard	10 Years Standard ; 15 Years Optional
Certification&Compliance		
Compliance	UL1741, ICA Rule 21 (UL 1741 SA); FCC Part15; ANSI C83.4; IEC62109;IEEE1547	ARNT NBR 16149:2011, ARNT NBR 16258:2012

*APsystems online Energy Management Analysis (EMA) platform

© All Rights Reserved

Specifications subject to change without notice - please ensure you are using the most recent update found at www.aPSystems.com

AV. Lazaro Cardenas 2850-5ª Piso, Colonia Jardines del Bosque C.P. 44620, Guadalajara, Jalisco | 52 (33) -3388-4504 | APSystems.com

2019/6/25

Rev2.4

1

Anexo 5 – Microinversor APsystems YC 1000-3-208



Leading the Industry in
Solar Microinverter Technology



YC1000-3

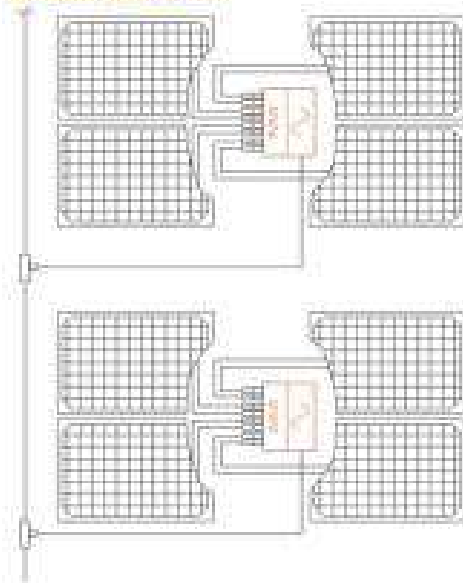
3-Phase Microinverter

- Single unit connects up to four modules
- Maximum 1130W AC output
- True 3-phase output
- Wireless communication and monitoring
- up to 5 microinverters can be linked in a single 15A circuit*

*Wiring and NEC/IBC code must be verified by AHJ for 2008 and 2012 NEC

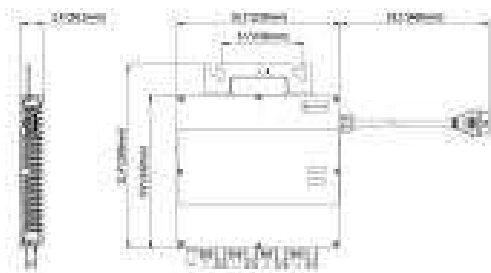
World's first true 3-phase microinverter – only from APsystems

WIRING SCHEMATIC



The YC1000-3 is the industry's first true 3-phase solar microinverter, handling commercial grid voltages of 208, 277/480 with 1130 watts maximum output, Wireless communication and an integrated ground. Each YC1000-3 supports up to 4 solar modules.

DIMENSIONS



(For North America)

YC1000-3 3-Phase Microinverter Datasheet

Region	North America	
Model	YC1000-3-208	YC1000-3-480
Input Data (DC)		
MPPT Voltage Range	18V-55V	
Operation Voltage Range	55V-55V	
Maximum Input Voltage	60V	
Startup Voltage	22V	
Maximum Input Current	14.8A±4	
Output Data (AC)		
3-Phase Grid Type	120V/208V	277V/480V
Rated Output Power	900W	
Maximum Output Power	1130W	
Maximum Output Current	3.14A±3	1.35A±3
Nominal Output Voltage/Range	120V±3/105.0V-132V ¹	277V±3/243.0V-304.7V ¹
Adjustable Output Voltage Range	82V-152V	190V-250V
Nominal Output Frequency/Range	60Hz/58.3Hz-60.5Hz ¹	
Adjustable Output Frequency Range	55.1Hz-64.9 Hz	
Maximum Output Fault Current (ac) and Duration	126.23 Apk, 13.10 ms of duration, 4.97 Arms, over 3 cycles	6.57 Apk, 40 ms of duration, 1.11 Arms, over 3 cycles
Power Factor	>0.98	
Total Harmonic Distortion	<3%	
Maximum Units per Branch	3 for 15A±3 Breaker ²	7 for 15A±3 Breaker ²
Efficiency		
Peak Efficiency	95.5%	
CEC Weighted Efficiency	95%	
Nominal MPPT Efficiency	91.0%	
Night Power Consumption	300mW	
Utility Interconnection: voltage and frequency Trip Limits and Trip Times	± 5% but not less than 200ms	See NOTE 1 Below
Trip Limit and Trip Time Accuracy	Voltage: ± 2V, Frequency: ± 0.05Hz Alternate Trip Time: See NOTE 1 Below	
Mechanical Data		
Operating Ambient Temperature Range	-40°F to +149°F (-40°C to +53°C)	
Storage Temperature Range	-40°F to +185°F (-40°C to +85°C)	
Dimensions (W x H x D)	10.2" x 9.5" x 1.4" (259mm x 242mm x 36mm)	
AC Bus Maximum Current	20A (14AWG)	
Weight	7.7lb/3.5kg	
Enclosure Rating	NEMA 4	NEMA 4X
Cooling	Natural Convection - fan Fans	
Features & Compliance		
Communication (Inverter To DCU)	Wireless	
Transformer Design	High Frequency Transformers, Galvanically Isolated	
Integrated Ground	The DC circuit meets the requirements for ungrounded PV arrays in NEC690.35. Equipment ground is provided by the PE in the AC cable. No additional ground is required. Ground fault protection (GFP) is integrated into the microinverters.	
Emissions & Immunity (EMC) Compliance	FCC Part 15, ANSI C63.4/CIS-003	
Safety Class Compliance	UL1741, CSA C22.2 No. 107.1-01	
Grid Connection Compliance	IEEE1547	

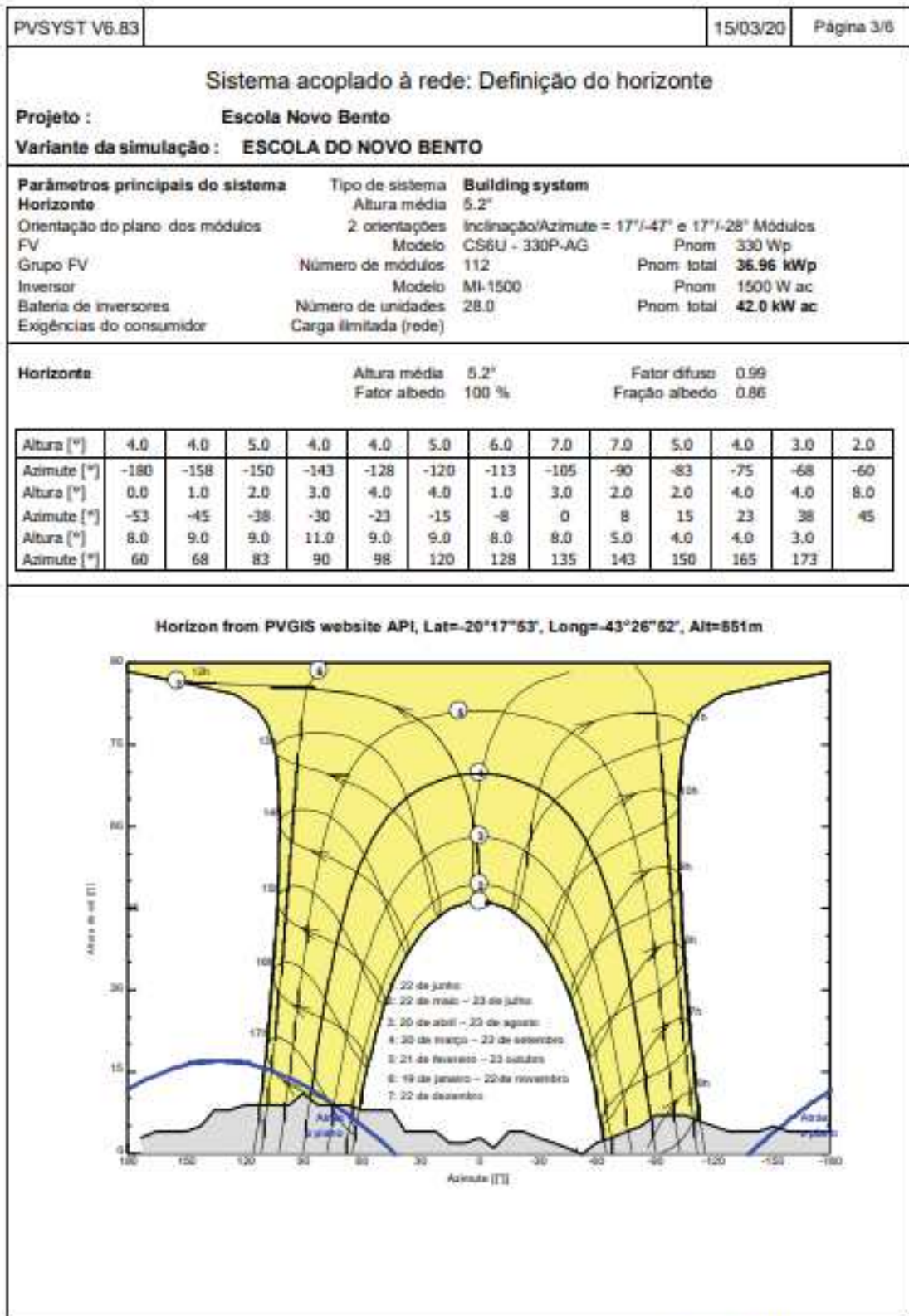
¹ Programmable through DCU in field to meet customer need.
² Depending on the local regulations.

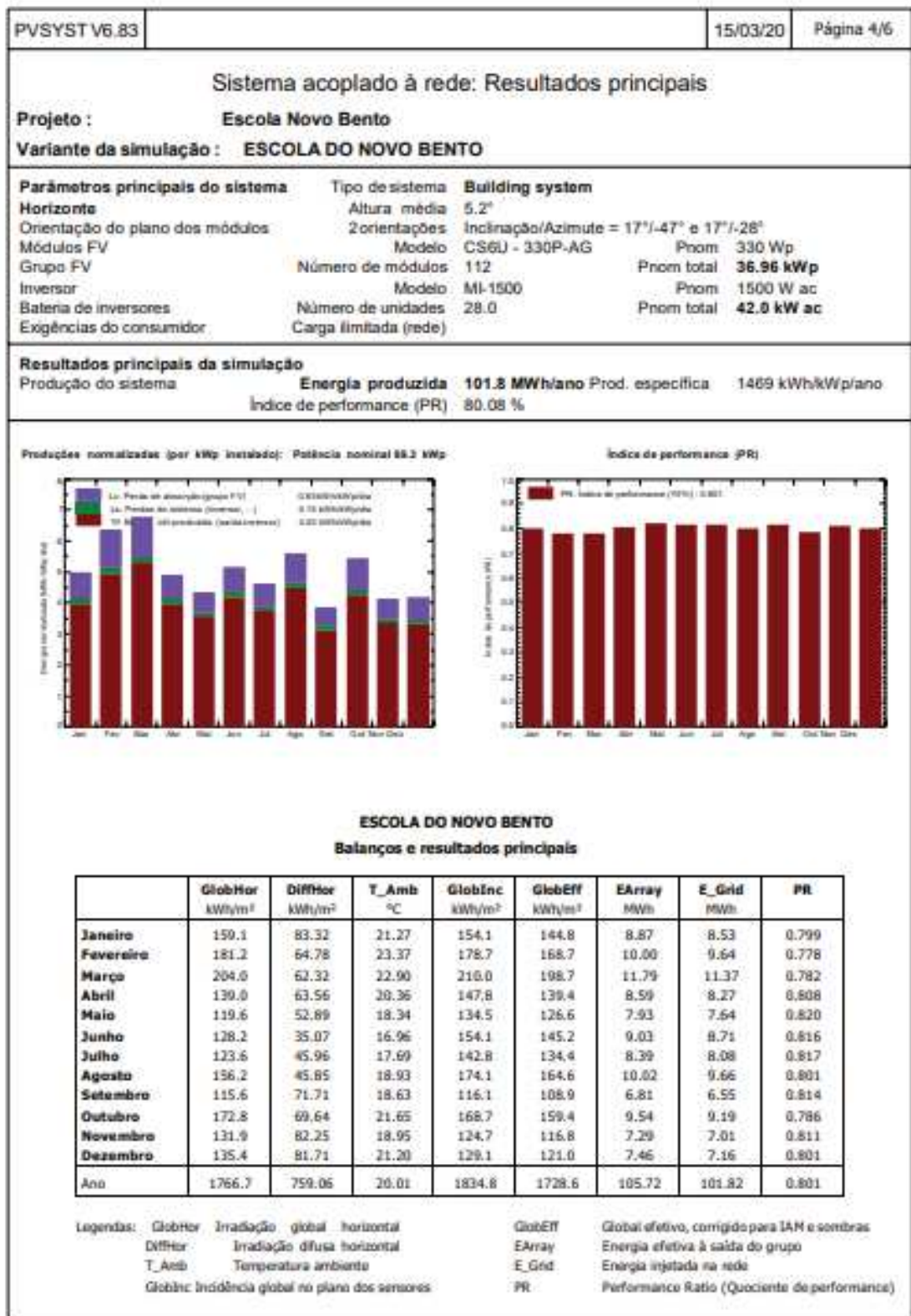
Specifications subject to change without notice - please ensure you are using the most recent update found at www.nsystems.com

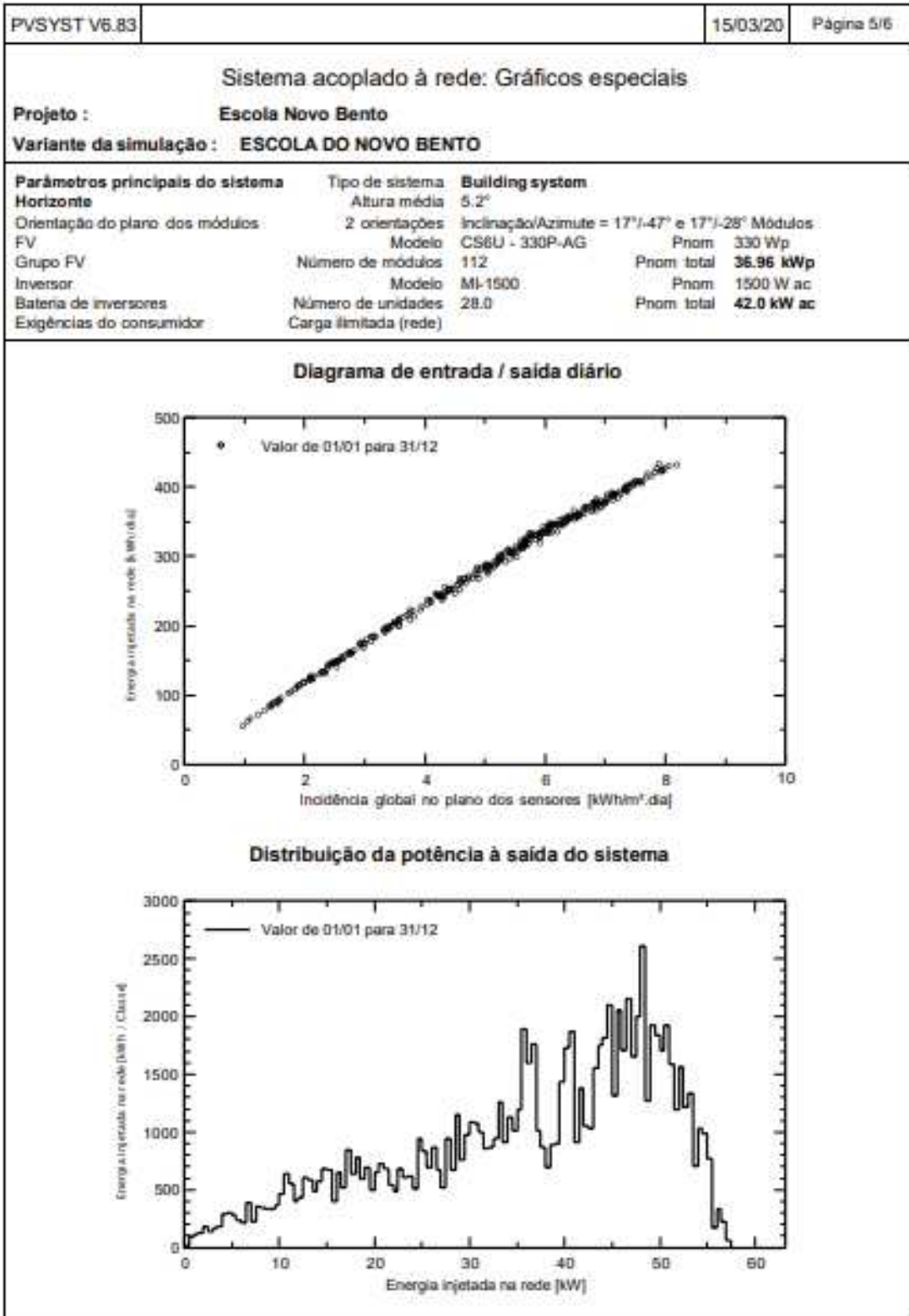
Anexo 6 – Relatório PVsyst – Escola Novo Bento

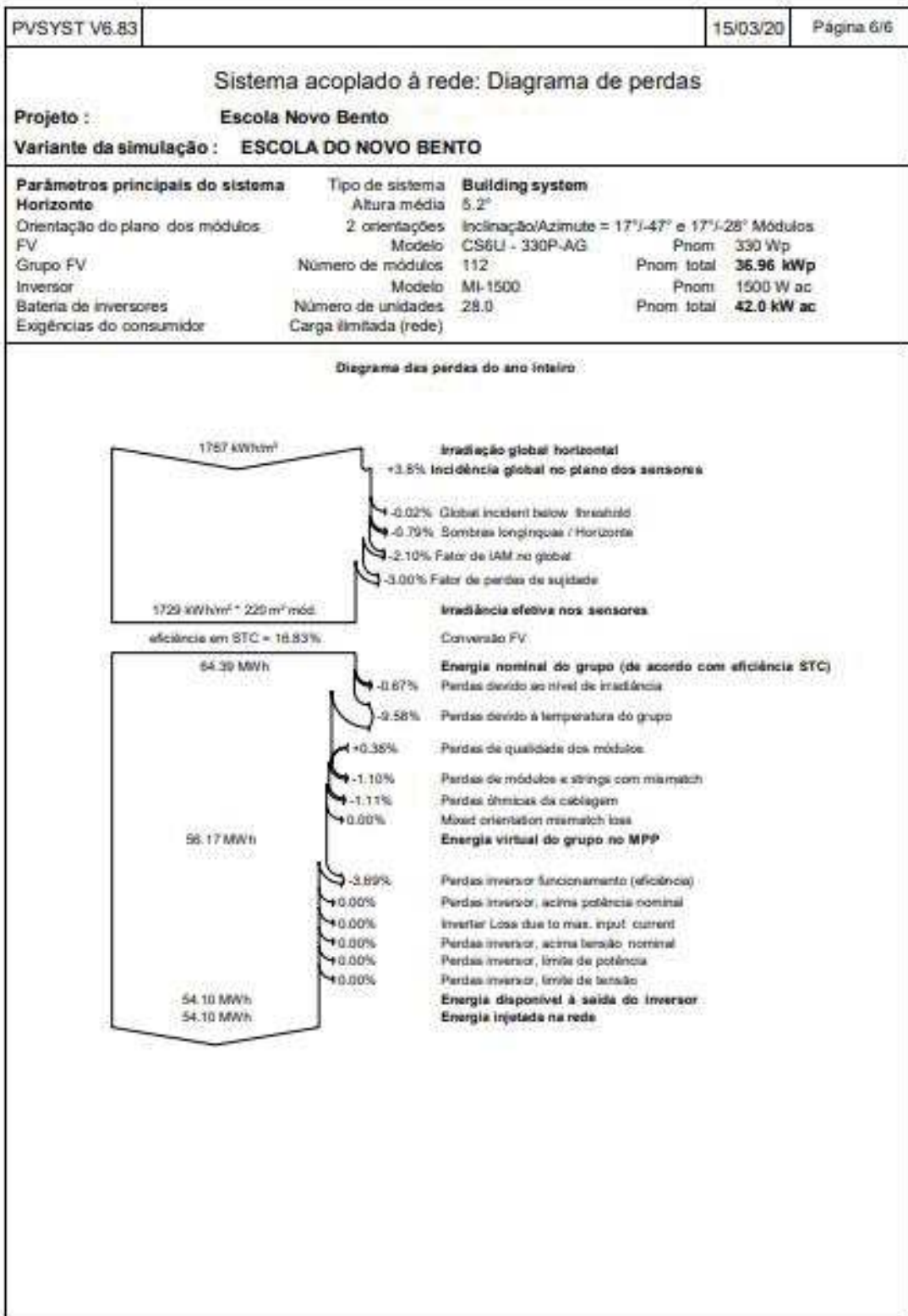
PVSYST V6.83		15/03/20	Página 1/6
Sistema acoplado à rede: Parâmetros da simulação			
Projeto : Escola Novo Bento			
Localização geográfica	Projeto Novo Bento	País Brazil	
Localização	Latitude -20.30° S	Longitude -43.45° W	
Tempo definido como	Tempo legal Fuso horário TU-3	Altitude 851 m	
Dados meteorológicos:	Antônio Pereira	PVGIS api TMY - TMY	
Variante da simulação : ESCOLA DO NOVO BENTO			
	Data da simulação	22/09/19 10h17	
Parâmetros da simulação	Tipo de sistema	Building system	
2 orientações	inclinações	17°/-47° e 17°/-28°	
Modelos utilizados	Transposição	Perez	Difuso Importado
Horizonte	Altura média	5.2°	
Sombras próximas	Sem sombras		
Exigências do consumidor :	Carga ilimitada (rede)		
Características dos grupos FV (7 tipos de grupos definidos)			
Módulo FV	Si-poly	Modelo	CS6U - 330P-AG
Original PVsyst database		Fabricante	Canadian Solar Inc.
Sub-grupo "Sub-grupo #1"	Mixed orient.	#1/2: 3/3 strings	inclinação/Azimuth 17°/-47°, 17°/-28°
Número de módulos FV	Em série	4 módulos	Em paralelo 4 strings
Número total de módulos FV	Nr. módulos	16	Potência unitária 330 Wp
Potência global do grupo	Nominal (STC)	5.28 kWp	Em condições de func. 4.18 kWp (50°C)
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	90 V	1 mpp 54 A
Sub-grupo "Sub-grupo #2"	Mixed orient.	#1/2: 3/3 strings	inclinação/Azimuth 17°/-47°, 17°/-28°
Número de módulos FV	Em série	4 módulos	Em paralelo 4 strings
Número total de módulos FV	Nr. módulos	16	Potência unitária 330 Wp
Potência global do grupo	Nominal (STC)	5.28 kWp	Em condições de func. 4.18 kWp (50°C)
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	90 V	1 mpp 54 A
Sub-grupo "Sub-grupo #3"	Mixed orient.	#1/2: 3/3 strings	inclinação/Azimuth 17°/-47°, 17°/-28°
Número de módulos FV	Em série	4 módulos	Em paralelo 4 strings
Número total de módulos FV	Nr. módulos	16	Potência unitária 330 Wp
Potência global do grupo	Nominal (STC)	5.28 kWp	Em condições de func. 4.18 kWp (50°C)
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	90 V	1 mpp 54 A
Sub-grupo "Sub-grupo #4"	Mixed orient.	#1/2: 3/3 strings	inclinação/Azimuth 17°/-47°, 17°/-28°
Número de módulos FV	Em série	4 módulos	Em paralelo 4 strings
Número total de módulos FV	Nr. módulos	16	Potência unitária 330 Wp
Potência global do grupo	Nominal (STC)	5.28 kWp	Em condições de func. 4.18 kWp (50°C)
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	90 V	1 mpp 54 A
Sub-grupo "Sub-grupo #5"	Mixed orient.	#1/2: 3/3 strings	inclinação/Azimuth 17°/-47°, 17°/-28°
Número de módulos FV	Em série	4 módulos	Em paralelo 4 strings
Número total de módulos FV	Nr. módulos	16	Potência unitária 330 Wp
Potência global do grupo	Nominal (STC)	5.28 kWp	Em condições de func. 4.18 kWp (50°C)
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	90 V	1 mpp 54 A
Sub-grupo "Sub-grupo #6"	Mixed orient.	#1/2: 3/3 strings	inclinação/Azimuth 17°/-47°, 17°/-28°
Número de módulos FV	Em série	4 módulos	Em paralelo 4 strings
Número total de módulos FV	Nr. módulos	16	Potência unitária 330 Wp
Potência global do grupo	Nominal (STC)	5.28 kWp	Em condições de func. 4.18 kWp (50°C)
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	90 V	1 mpp 54 A

PVSYST V6.83		15/03/20		Página 2/6					
Sistema acoplado à rede: Parâmetros da simulação									
Sub-grupo "Sub-grupo #7"	Mixed orient.	#1/2: 3/3 strings	Inclinação/Azimute	17°/-47°, 17°/-28°					
Número de módulos FV	Em série	4 módulos	Em paralelo	4 strings					
Número total de módulos FV	Nr. módulos	16	Potência unitária	330 Wp					
Potência global do grupo	Nominal (STC)	5.28 kWp	Em condições de func.	8.89 kWp (50°C)					
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	90 V	I mpp	54 A					
Total	Potência global do grupo	Nominal (STC)	36.96 kWp	Total	112 módulos				
		Superfície módulos	220 m²	Superfície célula	200 m²				
Inversor	Modelo	MI-1500							
Original Pvsyst database	Fabricante	Hoymiles							
Características	Tensão de funcionamento	16-60 V	Potência unitária	1.50 kWac					
Sub-grupo "Sub-grupo #1"	N.º de inversores	4 unidades	Potência total	6.0 kWac					
			Rácio Pnom	1.39					
Sub-grupo "Sub-grupo #2"	N.º de inversores	4 unidades	Potência total	6.0 kWac					
			Rácio Pnom	1.39					
Sub-grupo "Sub-grupo #3"	N.º de inversores	4 unidades	Potência total	6.0 kWac					
			Rácio Pnom	1.39					
Sub-grupo "Sub-grupo #4"	N.º de inversores	4 unidades	Potência total	6.0 kWac					
			Rácio Pnom	1.39					
Sub-grupo "Sub-grupo #5"	N.º de inversores	4 unidades	Potência total	6.0 kWac					
			Rácio Pnom	1.39					
Sub-grupo "Sub-grupo #6"	N.º de inversores	4 unidades	Potência total	6.0 kWac					
			Rácio Pnom	1.39					
Sub-grupo "Sub-grupo #7"	N.º de inversores	4 unidades	Potência total	6.0 kWac					
			Rácio Pnom	1.39					
Total	N.º de inversores	28	Potência total	42 kWac					
Fatores de perda do grupo FV									
Perdas sujidade grupo			Fração perdas	3.0 %					
Fator de perdas térm.	Uc (const.)	20.0 W/m²K	Uv (vento)	0.0 W/m²K / m/s					
Perdas ôhmicas nos cabos	Grupo#1	52 mOhm	Fração perdas	1.5 % em STC					
	Grupo#2	52 mOhm	Fração perdas	1.5 % em STC					
	Grupo#3	52 mOhm	Fração perdas	1.5 % em STC					
	Grupo#4	52 mOhm	Fração perdas	1.5 % em STC					
	Grupo#5	52 mOhm	Fração perdas	1.5 % em STC					
	Grupo#6	52 mOhm	Fração perdas	1.5 % em STC					
	Grupo#7	52 mOhm	Fração perdas	1.5 % em STC					
	Global		Fração perdas	1.5 % em STC					
Perdas diodo série	Queda de tensão	0.7 V	Fração perdas	0.4 % em STC					
Perdas de qualidade dos módulos			Fração perdas	-0.4 %					
Perdas de módulos com mismatch			Fração perdas	1.0 % no MPP					
Perdas de strings com mismatch			Fração perdas	0.10 %					
Efeito de incidência (IAM): Perfil personalizado									
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
	0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.976	0.917	0.763	0.000





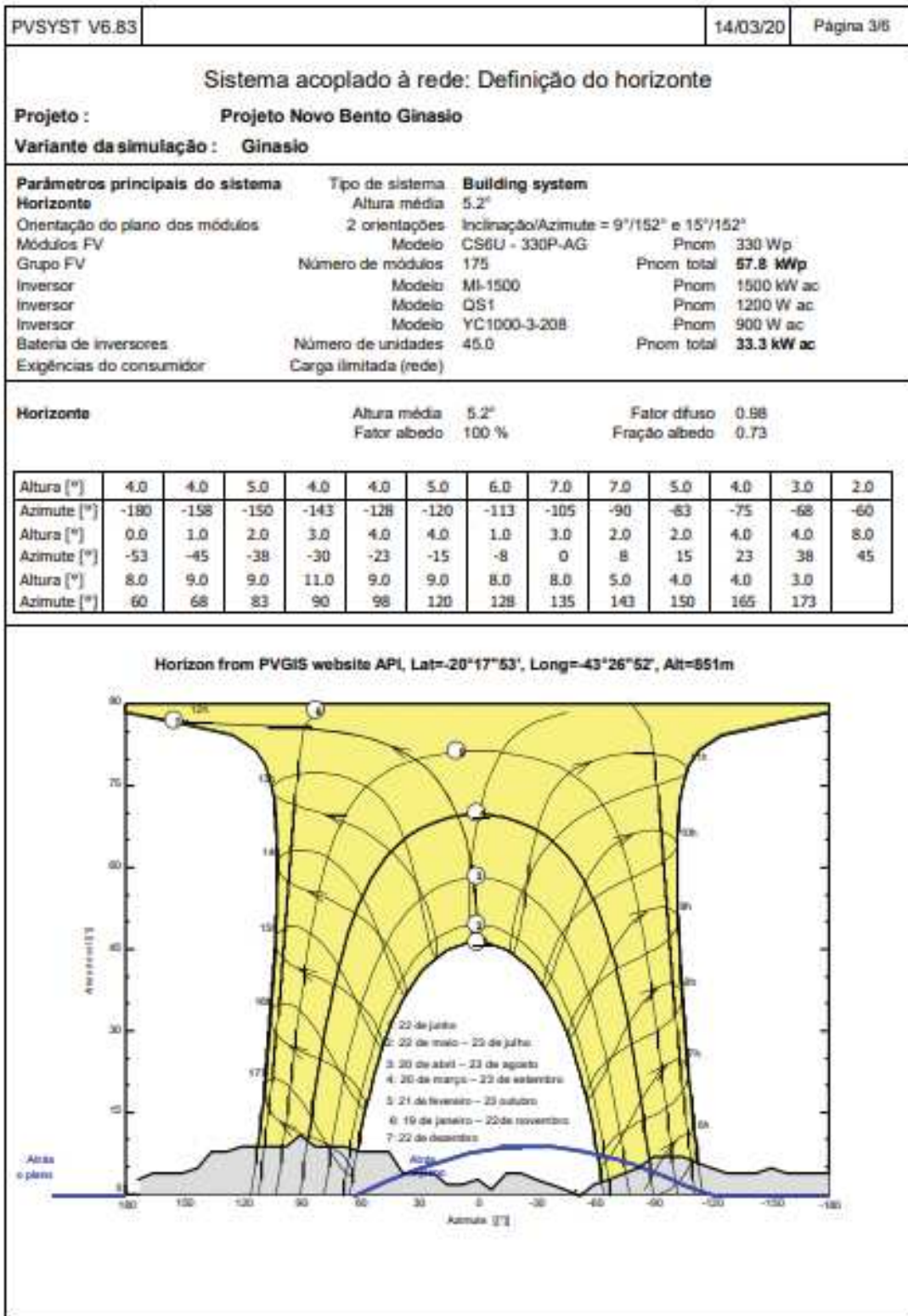


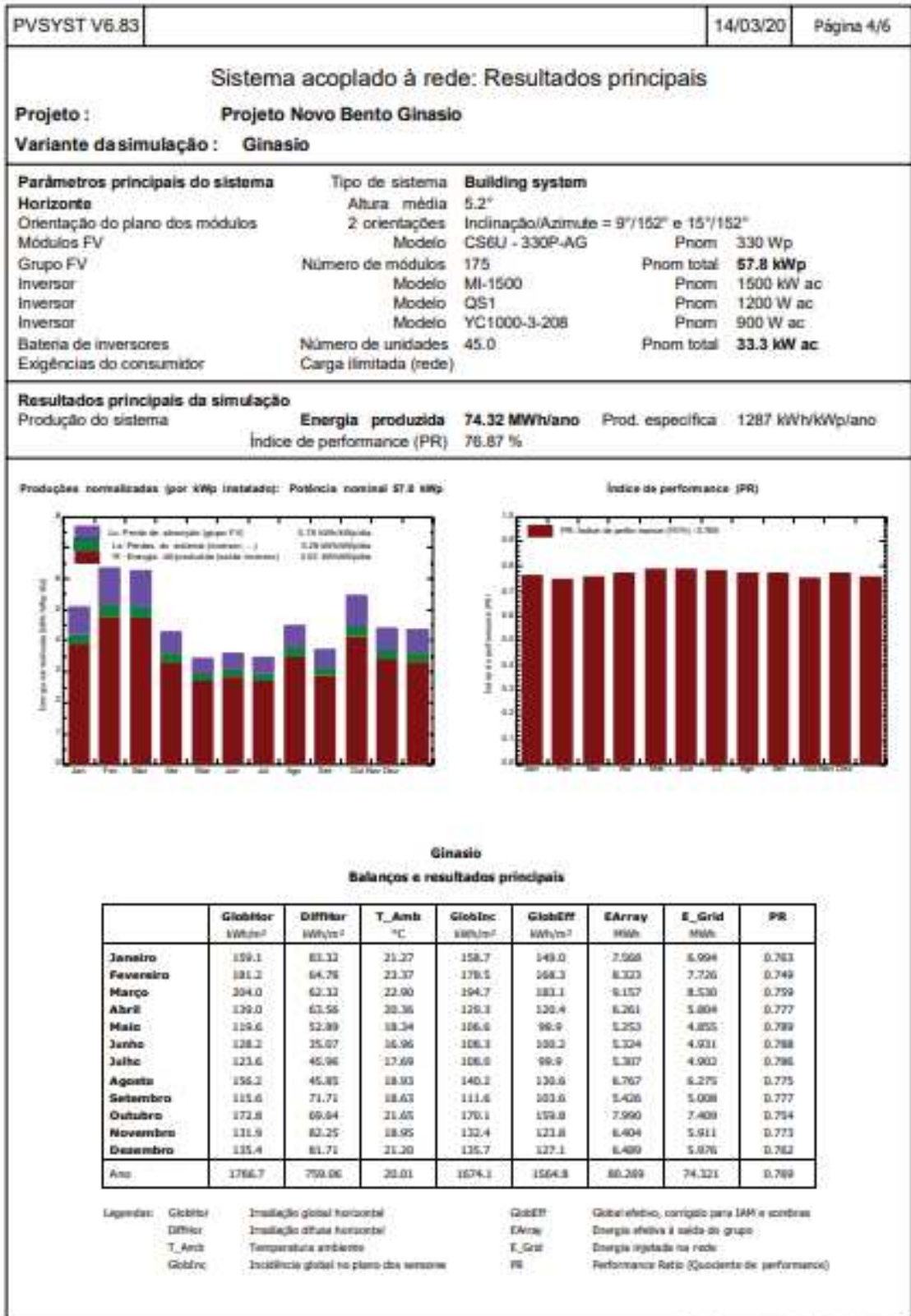


Anexo 7– Relatório PVsyst – Ginásio Poliesportivo.

PVSYST V6.83		14/03/20		Página 1/6	
Sistema acoplado à rede: Parâmetros da simulação					
Projeto : Projeto Novo Bento Ginásio					
Localização geográfica		Projeto Novo Bento		País Brazil	
Localização		Latitude -20.30° S		Longitude -43.45° W	
Tempo definido como		Tempo legal Fuso horário TU-3		Altitude 851 m	
Dados meteorológicos:		Antônio Pereira		PVGIS api TMY - TMY	
Variante da simulação : Ginásio					
		Data da simulação		11/09/19 18h58	
Parâmetros da simulação		Tipo de sistema		Building system	
2 orientações		Inclín/azimutes		9°/152° e 15°/152°	
Modelos utilizados		Transposição		Perez Difuso Importado	
Horizonte		Altura média		5.2°	
Sombras próximas		Sem sombras			
Exigências do consumidor :		Carga ilimitada (rede)			
Características dos grupos FV (6 tipos de grupos definidos)					
Módulo FV		Si-poly Modelo		CS6U - 330P-AG	
Original PVsyst database		Fabricante		Canadian Solar Inc.	
Sub-grupo "Sub-grupo #1"		Orientação		#1 Inclinação/Azimute 9°/152°	
Número de módulos FV		Em série		2 módulos Em paralelo 18 strings	
Número total de módulos FV		Nr. módulos		36 Potência unitária 330 Wp	
Potência global do grupo		Nominal (STC)		11.88 kWp Em condições de func. 10.67 kWp (50°C)	
Características de funcionamento do grupo (50°C)		Umpp		66 V 1 mpp 161 A	
Sub-grupo "Sub-grupo #2"		Orientação		#1 Inclinação/Azimute 9°/152°	
Número de módulos FV		Em série		2 módulos Em paralelo 18 strings	
Número total de módulos FV		Nr. módulos		36 Potência unitária 330 Wp	
Potência global do grupo		Nominal (STC)		11.88 kWp Em condições de func. 10.67 kWp (50°C)	
Características de funcionamento do grupo (50°C)		Umpp		66 V 1 mpp 161 A	
Sub-grupo "Sub-grupo #3"		Orientação		#1 Inclinação/Azimute 9°/152°	
Número de módulos FV		Em série		2 módulos Em paralelo 18 strings	
Número total de módulos FV		Nr. módulos		36 Potência unitária 330 Wp	
Potência global do grupo		Nominal (STC)		11.88 kWp Em condições de func. 10.67 kWp (50°C)	
Características de funcionamento do grupo (50°C)		Umpp		66 V 1 mpp 161 A	
Sub-grupo "Sub-grupo #4"		Orientação		#1 Inclinação/Azimute 9°/152°	
Número de módulos FV		Em série		2 módulos Em paralelo 18 strings	
Número total de módulos FV		Nr. módulos		36 Potência unitária 330 Wp	
Potência global do grupo		Nominal (STC)		11.88 kWp Em condições de func. 10.67 kWp (50°C)	
Características de funcionamento do grupo (50°C)		Umpp		66 V 1 mpp 161 A	
Sub-grupo "Sub-grupo #5"		Orientação		#2 Inclinação/Azimute 15°/152°	
Número de módulos FV		Em série		1 módulos Em paralelo 16 strings	
Número total de módulos FV		Nr. módulos		16 Potência unitária 330 Wp	
Potência global do grupo		Nominal (STC)		5.28 kWp Em condições de func. 4.742 Wp (50°C)	
Características de funcionamento do grupo (50°C)		Umpp		33 V 1 mpp 143 A	
Sub-grupo "Sub-grupo #6"		Orientação		#2 Inclinação/Azimute 15°/152°	
Número de módulos FV		Em série		1 módulos Em paralelo 15 strings	
Número total de módulos FV		Nr. módulos		15 Potência unitária 330 Wp	
Potência global do grupo		Nominal (STC)		4.950 Wp Em condições de func. 4.445 Wp (50°C)	
Características de funcionamento do grupo (50°C)		Umpp		33 V 1 mpp 134 A	

PVSYST V6.B3		14/03/20		Página 2/6					
Sistema acoplado à rede: Parâmetros da simulação									
Total	Potência global do grupo	Nominal (STC)	58 kWp	Total	175 módulos				
		Superfície módulos	343 m²	Superfície célula	307 m²				
Sub-grupo "Sub-grupo #1" : Inversor									
	Original PVsyst database	Modelo	MI-1500						
		Fabricante	Hoymiles						
Características	Tensão de funcionamento		16-60 V	Potência unitária	1.50 kWac				
Bateria de inversores	N.º de inversores		9 unidades	Potência total	6.00 kWac				
				Rácio Pnom	1.39				
Sub-grupo "Sub-grupo #2" : Inversor									
	Original PVsyst database	Modelo	MI-1500						
		Fabricante	Hoymiles						
Características	Tensão de funcionamento		16-60 V	Potência unitária	1.50 kWac				
Bateria de inversores	N.º de inversores		9 unidades	Potência total	6.00 kWac				
				Rácio Pnom	1.39				
Sub-grupo "Sub-grupo #3" : Inversor									
	Original PVsyst database	Modelo	MI-1500						
		Fabricante	Hoymiles						
Características	Tensão de funcionamento		16-60 V	Potência unitária	1.59 kWac				
Bateria de inversores	N.º de inversores		9 unidades	Potência total	6.00 kWac				
				Rácio Pnom	1.39				
Sub-grupo "Sub-grupo #4" : Inversor									
	Original PVsyst database	Modelo	MI-1500						
		Fabricante	Hoymiles						
Características	Tensão de funcionamento		16-60 V	Potência unitária	1.59 kWac				
Bateria de inversores	N.º de inversores		9 unidades	Potência total	6.00 kWac				
				Rácio Pnom	1.39				
Sub-grupo "Sub-grupo #5" : Inversor									
	Original PVsyst database	Modelo	QS1						
		Fabricante	APsystems						
Características	Tensão de funcionamento		22-48 V	Potência unitária	1.20 kWac				
Bateria de inversores	N.º de inversores		4 unidades	Potência total	4.8 kWac				
				Rácio Pnom	1.10				
Sub-grupo "Sub-grupo #6" : Inversor									
	Original PVsyst database	Modelo	YC1000-3-208						
		Fabricante	APsystems						
Características	Tensão de funcionamento		16-55 V	Potência unitária	0.90 kWac				
Bateria de inversores	N.º de inversores		5 unidades	Potência total	4.5 kWac				
				Rácio Pnom	1.10				
Total		N.º de inversores	45	Potência total	33 kWac				
Fatores de perda do grupo FV									
Perdas sujidade grupo				Fração perdas	3.0 %				
Fator de perdas térm.	Uc (const.)	20.0 W/m²K		Uv (vento)	0.0 W/m²K / m/s				
Perdas ôhmicas nos cabos	Grupo#1	7.0 mOhm		Fração perdas	1.5 % em STC				
	Grupo#2	7.0 mOhm		Fração perdas	1.5 % em STC				
	Grupo#3	7.0 mOhm		Fração perdas	1.5 % em STC				
	Grupo#4	7.0 mOhm		Fração perdas	1.5 % em STC				
	Grupo#5	3.9 mOhm		Fração perdas	1.5 % em STC				
	Grupo#6	4.2 mOhm		Fração perdas	1.5 % em STC				
	Global			Fração perdas	1.5 % em STC				
Perdas diodo série	Queda de tensão	0.7 V		Fração perdas	0.9 % em STC				
Perdas de qualidade dos módulos				Fração perdas	-0.4 %				
Perdas de módulos com mismatch				Fração perdas	1.0 % no MPP				
Perdas de strings com mismatch				Fração perdas	0.10 %				
Efeito de incidência (IAM): Perfil personalizado									
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
	0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000



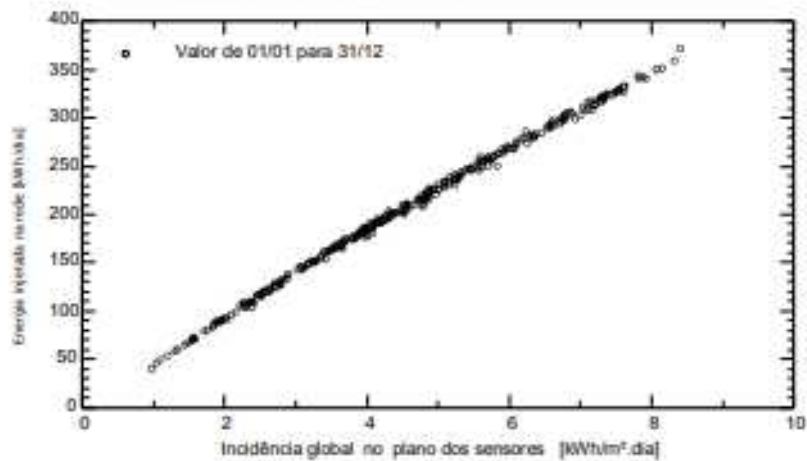


Sistema acoplado à rede: Gráficos especiais

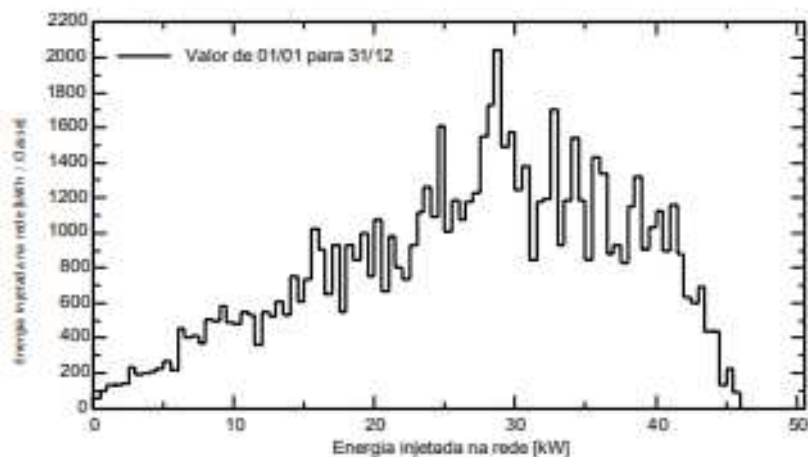
Projeto : Projeto Novo Bento Ginásio
Variante da simulação : Ginásio

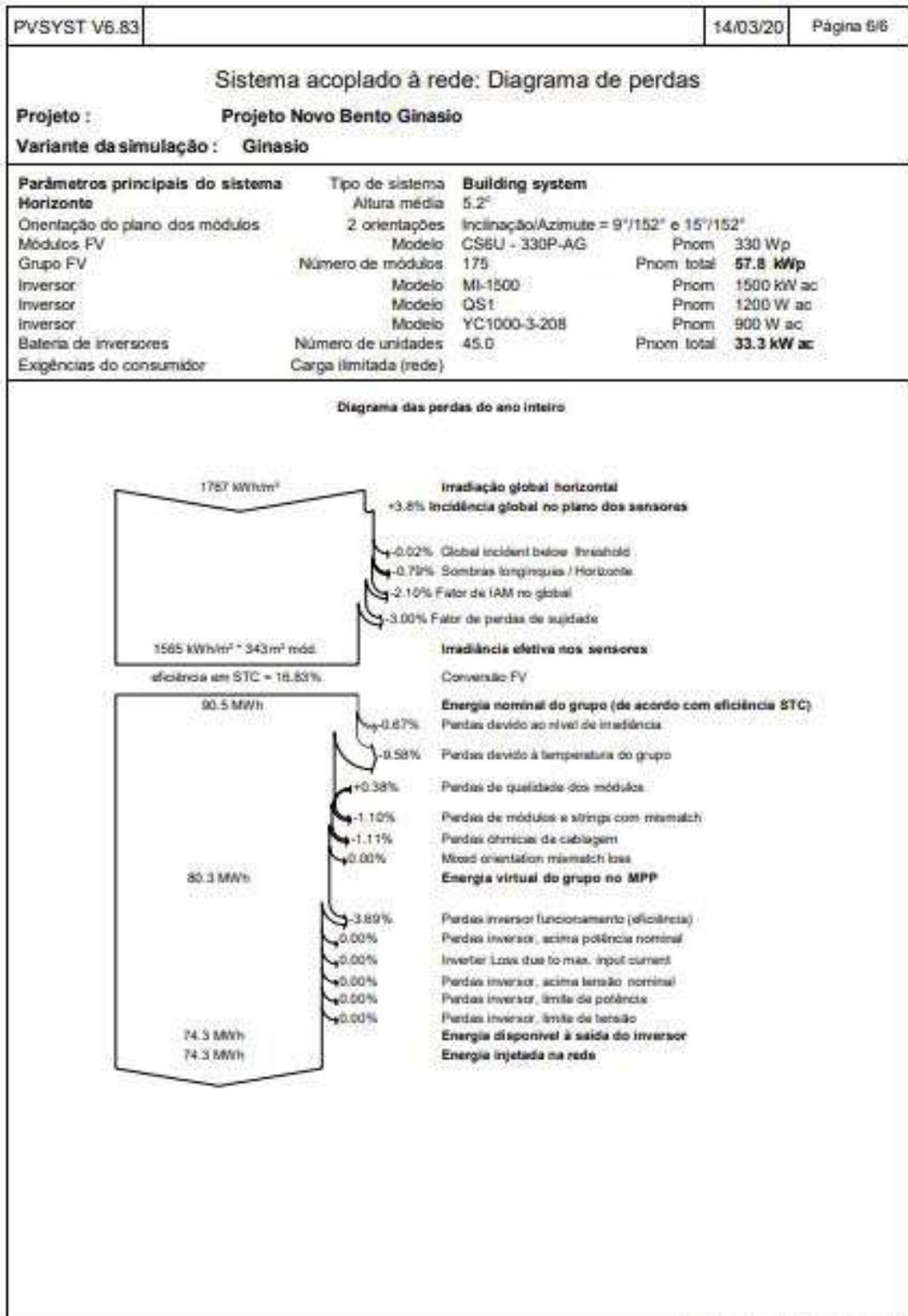
Parâmetros principais do sistema	Tipo de sistema	Building system
Horizonte	Altura média	5.2°
Orientação do plano dos módulos	2 orientações	Inclinação/Azimute = 9°/152° e 15°/152°
Módulos FV	Modelo	CS8U - 330P-AG Pnom 330 Wp
Grupo FV	Número de módulos	175 Pnom total 57.8 kWp
Inversor	Modelo	MI-1500 Pnom 1500 kW ac
Inversor	Modelo	QS1 Pnom 1200 W ac
Inversor	Modelo	YC1000-3-208 Pnom 900 W ac
Bateria de inversores	Número de unidades	45.0 Pnom total 33.3 kW ac
Exigências do consumidor	Carga ilimitada (rede)	

Diagrama de entrada / saída diário



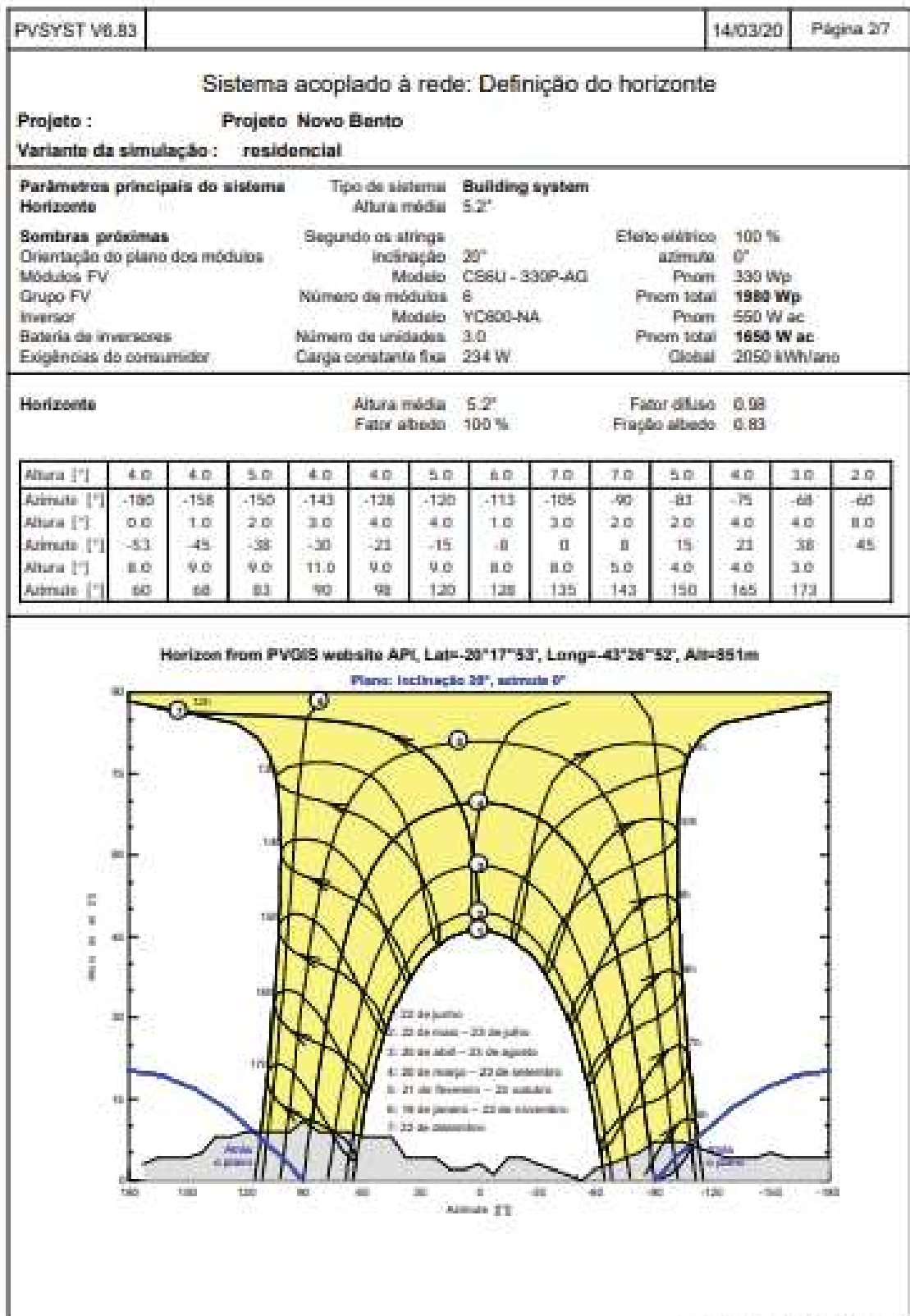
Distribuição da potência à saída do sistema





Anexo 8– Relatório PVsyst – Residencial.

PVSYST V6.83		14/03/20	Página 1/7						
Sistema acoplado à rede: Parâmetros da simulação									
Projeto : Projeto Novo Bento									
Localização geográfica	Antônio Pereira	País	Brazil						
Localização	Latitude	-20.30° S	Longitude -43.45° W						
Tempo definido como	Tempo legal	Fuso horário TU-3	Altitude 851 m						
Dados meteorológicos:	Antônio Pereira	PVGIS: apl TMY - TMY							
Variante da simulação : residencial									
	Data da simulação	14/03/20 20h39							
Parâmetros da simulação	Tipo de sistema	Building system							
Orientação do plano dos módulos	Inclinação	20°	Azimute 0°						
Modelos utilizados	Transposição	Perez	Difuso Importado						
Horizonte	Altura média	5.2°							
Sombas próximas	Segundo os strings	Efeito elétrico	100 %						
Exigências do consumidor :	Carga constante fixa	234 W	Global 2050 kWh/Ano						
Características do grupo FV									
Módulo FV	Si-poly	Modelo	C88U - 330P-A0						
Original PVsyst database		Fabricante	Canadian Solar Inc.						
Número de módulos FV		Em série	1 módulos						
		Em paralelo	6 strings						
Número total de módulos FV		Nr. módulos	6						
		Potência unitária	330 Wp						
Potência global do grupo		Nominal (STC)	1980 Wp						
		Em condições de func.	1778 Wp (50°C)						
Características de funcionamento do grupo (50°C)		Umpp	33 V						
		I mpp	54 A						
Superfície total		Superfície módulos	11.8 m²						
		Superfície célula	10.5 m²						
Inversor									
		Modelo	YC800-NA						
Original PVsyst database		Fabricante	APsystems						
Características		Tensão de funcionamento	22-45 V						
		Potência unitária	0.55 kWac						
Bateria de inversores		N.º de inversores	3 unidades						
		Potência total	1.7 kWac						
		Rácio Prom	1.20						
Fatores de perda do grupo FV									
Fator de perdas térm.		Uc (const.)	20.0 W/m²K						
		Uv (vento)	0.0 W/m²K / m/s						
Perdas ôhmicas nos cabos		Res. global do grupo	10 mOhm						
		Fração perdas	1.5 % em STC						
Perdas de qualidade dos módulos		Fração perdas	+0.4 %						
Perdas de módulos com mismatch		Fração perdas	1.0 % no MPPT						
Perdas de strings com mismatch		Fração perdas	0.10 %						
Efeito de incidência (IAM): Perfil personalizado									
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
	0.988	0.968	0.952	0.932	0.908	0.879	0.837	0.783	0.000



Sistema acoplado à rede: Definição das sombras próximas

Projeto : **Projeto Novo Bento**
 Variante da simulação : **residencial**

Parâmetros principais do sistema	Tipo de sistema	Building system		
Horizontal	Altura média	5.2'		
Sombras próximas	Segundo as strings		Efeito elétrico	100 %
Orientação do plano dos módulos	Inclinação	20°	azimute	0°
Módulos FV	Modelo	CS6U - 330P-AG	Pnom	330 Wp
Grupo FV	Número de módulos	6	Pnom total	1980 Wp
Inversor	Modelo	YC600-NA	Pnom	550 W ac
Bateria de inversores	Número de unidades	3.0	Pnom total	1650 W ac
Exigências do consumidor	Carga constante fixa	234 W	Global	2050 kWh/ano

Perspetiva do desenho de sombras próximas

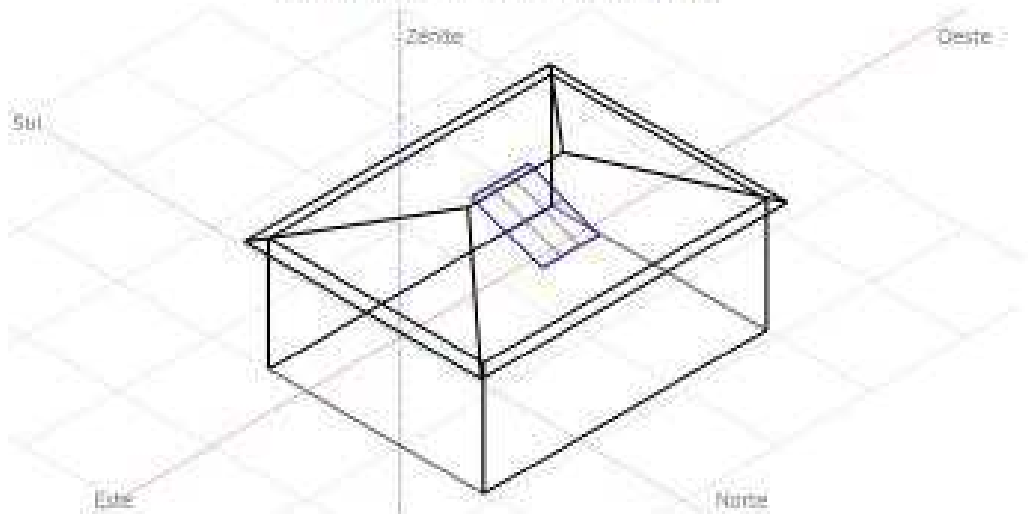
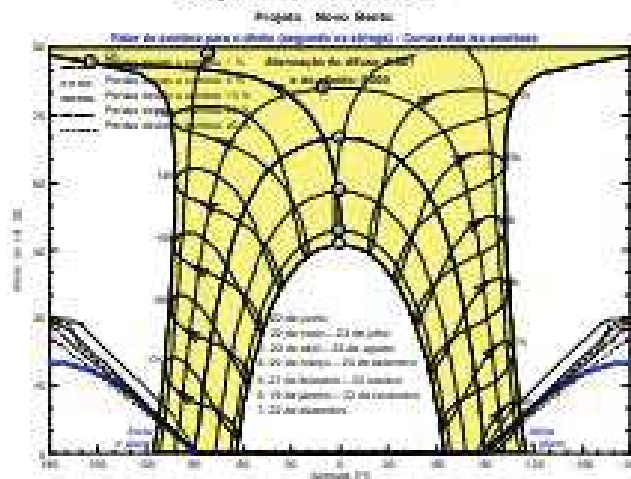


Diagrama das iso-sombras



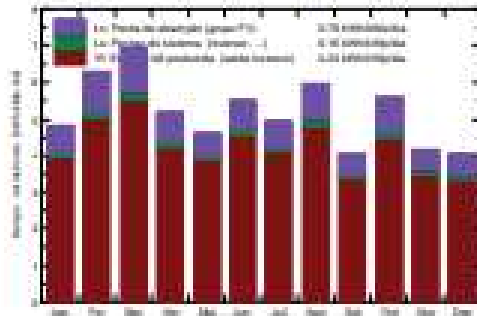
Sistema acoplado à rede: Resultados principais

Projeto : Projeto Novo Bento
Variante da simulação : residencial

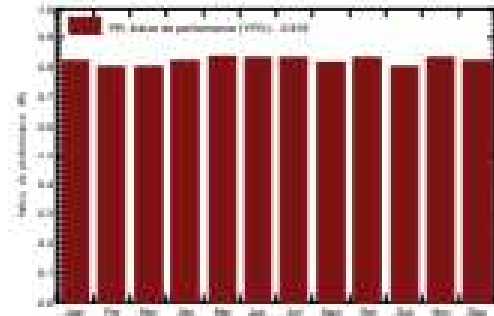
Parâmetros principais do sistema	Tipo de sistema	Building system		
Horizonte	Altura média	5.2'		
Sombras próximas	Segundo as strings		Efeito-elétrico	100 %
Orientação do plano dos módulos	Inclinação	30°	azimute	0°
Módulos FV	Modelo	CS6U - 330P-AQ	Próm	330 Wp
Grupo FV	Número de módulos	6	Próm total	1980 Wp
Inversor	Modelo	YC603-NA	Próm	550 W ac
Bateria de inversores	Número de unidades	3.0	Próm total	1650 W ac
Exigências do consumidor	Carga constante fixa	234 W	Global	2050 kWh/ano

Resultados principais da simulação				
Produção do sistema	Energia produzida	3062 kWh/ano	Prod. específica	1547 kWh/kW/plano
	Índice de performance (PR)	81.86 %	Fração solar	41.57 %

Produção normalizada (por kWp instalado): Potência nominal 1980 Wp



Índice de performance (PR)

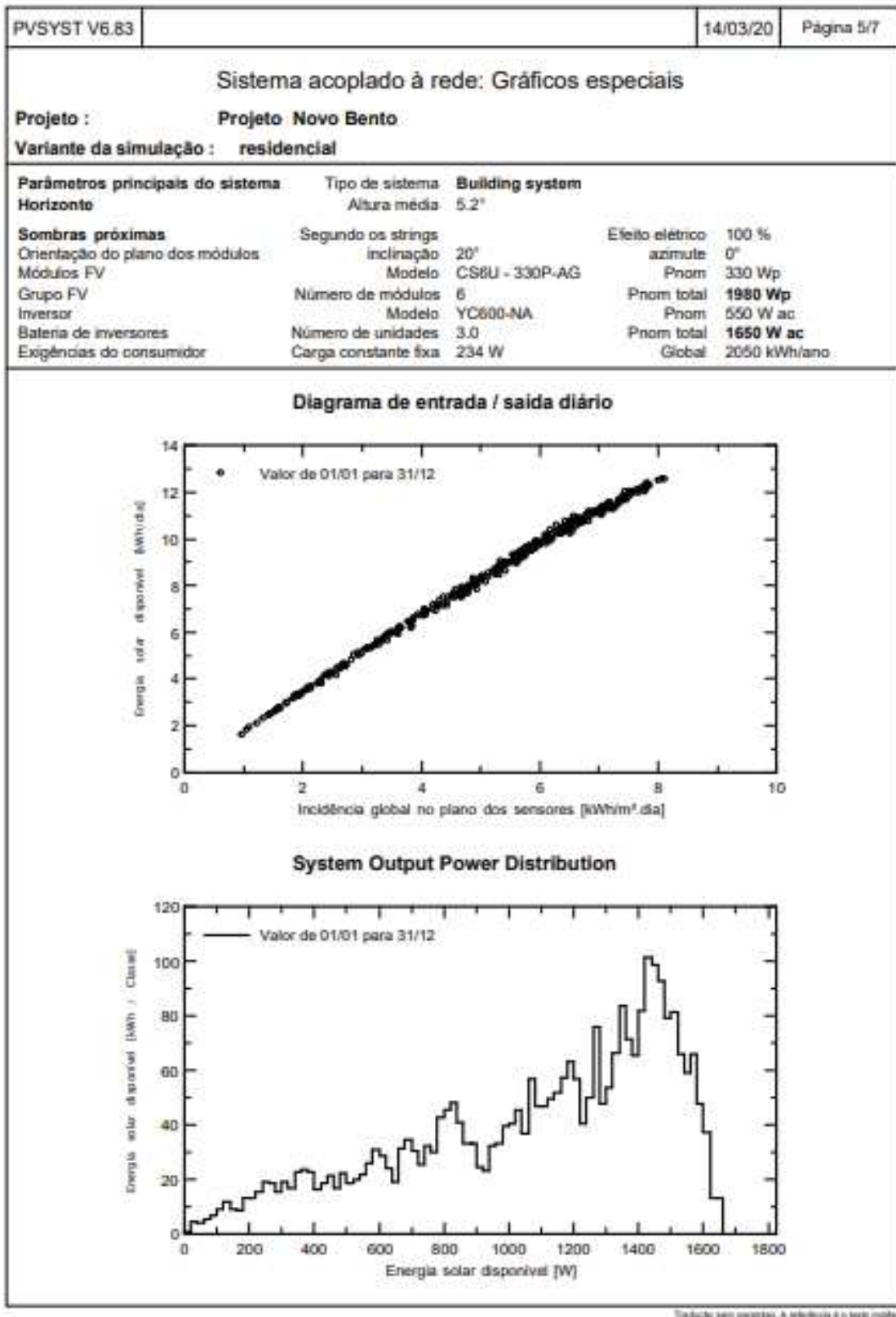


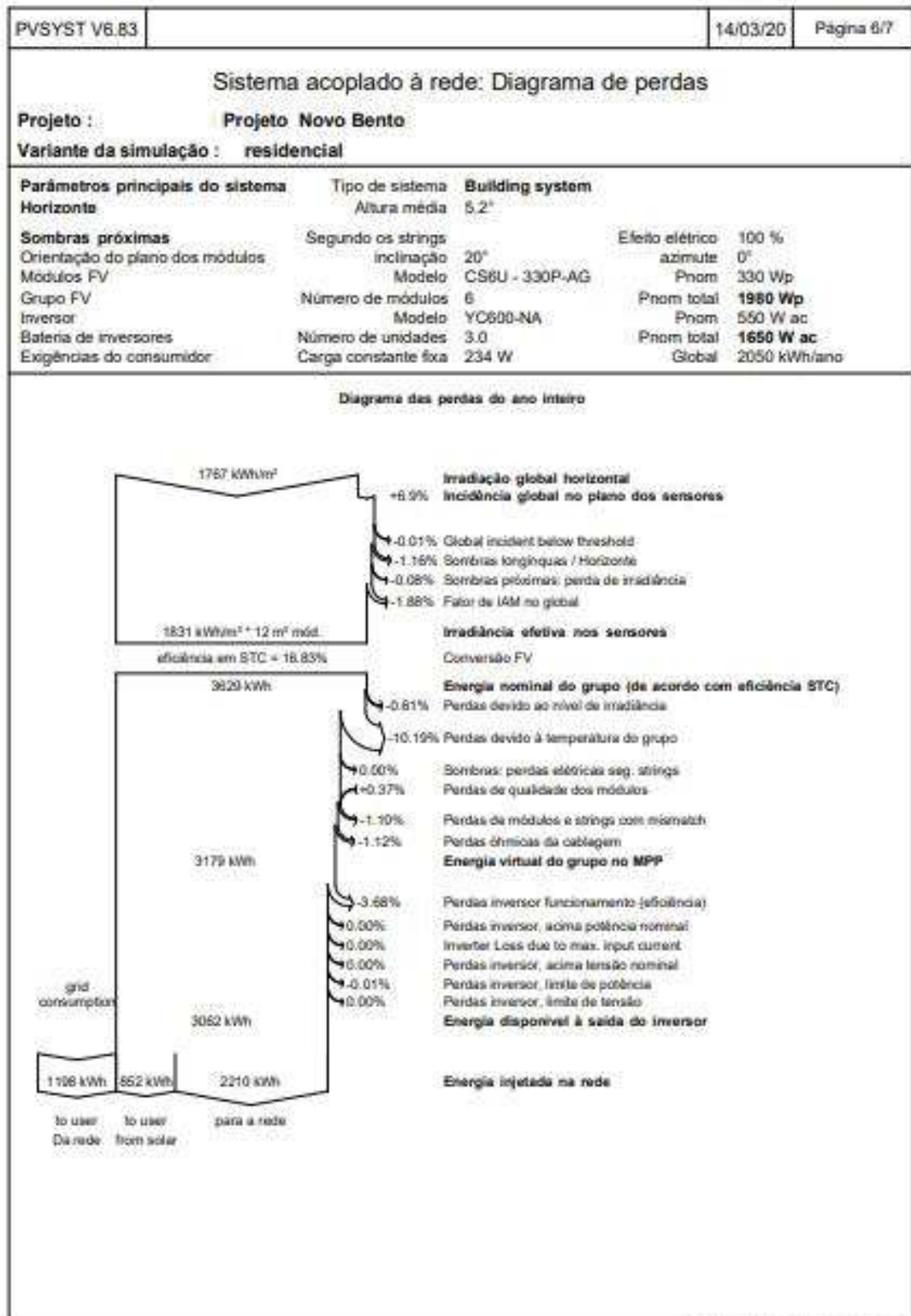
residencial
 Balanços e resultados principais

	Gradiente [W/m²]	Gradiente [W/m²]	T_Amb [°C]	Globoirr [W/m²]	Globoirr [kWh/m²]	E_Arry [W]	T_Uso [°C]	E_Solar [W]	E_Grid [W]	E_Grid [kWh]
Janeiro	168.1	61.20	21.25	148.1	164.4	252.1	118.1	52.81	168.6	521.2
Fevereiro	181.3	61.18	20.31	176.0	171.2	289.1	102.2	30.06	208.3	612.3
Março	204.8	62.42	22.90	219.1	208.1	352.8	118.1	18.22	362.2	96.8
Abril	228.0	63.56	26.36	266.2	261.2	362.8	168.3	69.12	288.1	99.0
Mai	218.6	62.88	28.04	282.8	288.6	342.8	178.1	69.04	168.6	108.1
Junho	228.2	28.01	28.96	268.4	268.9	282.1	168.3	68.01	208.5	108.5
Julho	228.6	69.76	27.68	252.5	258.6	262.1	178.1	69.88	108.6	108.6
Agosto	168.2	68.85	26.94	198.6	178.2	288.4	178.1	52.94	218.6	102.2
Setembro	178.6	71.71	26.62	121.1	118.1	207.1	168.3	66.28	118.2	102.2
Outubro	172.8	69.64	21.67	172.5	168.1	288.8	118.1	52.81	208.6	108.1
Novembro	182.8	62.25	18.96	125.4	128.6	214.4	168.3	71.20	108.0	92.3
Dezembro	168.8	61.17	21.20	108.2	128.1	212.6	178.1	50.61	118.6	102.4
Ano	1766.2	68.06	25.01	1888.8	1822.1	3178.8	2008.8	662.12	2218.2	1192.2

Gradiente:	Gradiente global horizontal	Globoirr	Índice de performance corrigido para 1000 h de consumo
Globoirr:	Gradiente difusa horizontal	E_Arry	Energia elétrica à saída do grupo
T_Amb:	Temperatura ambiente	E_Grid	Energia fornecida ao consumidor
Globoirr:	Intensidade global no plano dos módulos	E_Solar	Energia injetada na rede
		E_Grid	Energia injetada na rede

Tudo de acordo com a norma EN 12046-1





PVSYST V6.83		14/03/20	Página 7/7
Sistema acoplado à rede: CO2 Balance			
Projeto :		Projeto Novo Bento	
Variante da simulação :		residencial	
Parâmetros principais do sistema	Tipo de sistema	Building system	
Horizonte	Altura média	5.2°	
Sombras próximas	Segundo os strings	Efeito elétrico	100 %
Orientação do plano dos módulos	inclinação	azimute	0°
Módulos FV	Modelo	Pnom	330 Wp
Grupo FV	Número de módulos	Pnom total	1980 Wp
Inversor	Modelo	Pnom	550 W ac
Bateria de inversores	Número de unidades	Pnom total	1650 W ac
Exigências do consumidor	Carga constante fixa	Global	2050 kWh/ano
Produced Emissions	Total:	3.42 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	7.4 tCO2	
	System production:	3062.38 kWh/ano	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	3.0 tCO2	
System Lifecycle Emissions Details:			
Item	Modules	Supports	
LCE	1713 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg	
Quantity	1.98 kWp	60.0 kg	
Subtotal (kgCO2)	3391	32.4	
<small>Tudo isto sem garantia. A referência é o meio inglês.</small>			

Anexo 9– Relatório PVsyst – Posto de Serviço.

PVSYST V6.83		14/03/20	Página 1/6		
Sistema acoplado à rede: Parâmetros da simulação					
Projeto : Posto de serviço do Novo Bento					
Localização geográfica	Projeto Novo Bento	País	Brazil		
Localização	Latitude	-20.30° S	Longitude	-43.45° W	
Tempo definido como	Tempo legal	Fuso horário TU-3	Altitude	851 m	
	Albedo	0.20			
Dados meteorológicos:	Antônio Pereira	PVGIS api TMY TMY			
Variante da simulação : Posto de serviço					
	Data da simulação	11/09/19 18h11			
Parâmetros da simulação	Tipo de sistema	Sheds ilimitados			
Orientação do plano dos módulos	Inclinação	17°	Azimute	100°	
Configuração dos sheds	Nr. de sheds	4	Sheds ilimitados		
	Esp. Entre sheds	5.00 m	Largura módulos	2.00 m	
Banda inativa	Cima	0.02 m	Baixo	0.02 m	
Ângulo limite das sombras	Ângulo de perfil limite	10.0°	Área de ocupação do solo (GCR)	40.0 %	
Modelos utilizados	Transposição	Perez	Difuso	Importado	
Horizonte	Altura média	5.2°			
Sombras próximas	Sombras mútuas de sheds				
Exigências do consumidor :	Carga ilimitada (rede)				
Características dos grupos FV (4 tipos de grupos definidos)					
Módulo FV	Si-poly	Modelo	CS6U - 330P-AG		
Original PVsyst database		Fabricante	Canadian Solar Inc.		
Sub-grupo "Sub-grupo #1"					
Número de módulos FV	Em série	1 módulos	Em paralelo	15 strings	
Número total de módulos FV	Nr. módulos	15	Potência unitária	330 Wp	
Potência global do grupo	Nominal (STC)	4950 Wp	Em condições de func.	4445 Wp (50°C)	
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	33 V	I mpp	134 A	
Sub-grupo "Sub-grupo #2"					
Número de módulos FV	Em série	1 módulos	Em paralelo	15 strings	
Número total de módulos FV	Nr. módulos	15	Potência unitária	330 Wp	
Potência global do grupo	Nominal (STC)	4950 Wp	Em condições de func.	4445 Wp (50°C)	
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	33 V	I mpp	134 A	
Sub-grupo "Sub-grupo #3"					
Número de módulos FV	Em série	1 módulos	Em paralelo	15 strings	
Número total de módulos FV	Nr. módulos	15	Potência unitária	330 Wp	
Potência global do grupo	Nominal (STC)	4950 Wp	Em condições de func.	4445 Wp (50°C)	
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	33 V	I mpp	134 A	
Sub-grupo "Sub-grupo #4"					
Número de módulos FV	Em série	1 módulos	Em paralelo	15 strings	
Número total de módulos FV	Nr. módulos	15	Potência unitária	330 Wp	
Potência global do grupo	Nominal (STC)	4950 Wp	Em condições de func.	4445 Wp (50°C)	
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	33 V	I mpp	134 A	
Total	Potência global do grupo	Nominal (STC)	20 kWp	Total	60 módulos
		Superfície módulos	118 m²	Superfície célula	105 m²
Inversor					
		Modelo	YC1000-3-208		
Original PVsyst database		Fabricante	APsystems		
Características	Tensão de funcionamento	16-55 V	Potência unitária	0.90 kWac	

Tradução em português. A referência é o texto inglês.

PVSYST V6.83		14/03/20		Página 2/6					
Sistema acoplado à rede: Parâmetros da simulação									
Sub-grupo "Sub-grupo #1"	N.º de inversores	5 unidades	Potência total	4.5 kWac					
			Rácio Pnom	1.10					
Sub-grupo "Sub-grupo #2"	N.º de inversores	5 unidades	Potência total	4.5 kWac					
			Rácio Pnom	1.10					
Sub-grupo "Sub-grupo #3"	N.º de inversores	5 unidades	Potência total	4.5 kWac					
			Rácio Pnom	1.10					
Sub-grupo "Sub-grupo #4"	N.º de inversores	5 unidades	Potência total	4.5 kWac					
			Rácio Pnom	1.10					
Total	N.º de inversores	20	Potência total	18 kWac					
Fatores de perda do grupo FV									
Perdas sujidade grupo			Fração perdas	3.0 %					
Fator de perdas térm.	Uc (const.)	29.0 W/m²K	Uv (vento)	0.0 W/m²K / m/s					
Perdas ôhmicas nos cabos	Grupo#1	4.2 mOhm	Fração perdas	1.5 % em STC					
	Grupo#2	4.2 mOhm	Fração perdas	1.5 % em STC					
	Grupo#3	4.2 mOhm	Fração perdas	1.5 % em STC					
	Grupo#4	4.2 mOhm	Fração perdas	1.5 % em STC					
	Global		Fração perdas	1.5 % em STC					
Perdas diodo série	Queda de tensão	0.7 V	Fração perdas	1.9 % em STC					
Perdas de qualidade dos módulos			Fração perdas	-0.4 %					
Perdas de módulos com mismatch			Fração perdas	1.0 % no MPP					
Perdas de strings com mismatch			Fração perdas	0.10 %					
Efeito de incidência (IAM): Perfil personalizado									
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
	0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVSYST V6.83	14/03/20	Página 3/6
--------------	----------	------------

Sistema acoplado à rede: Definição do horizonte

Projeto : Posto de serviço do Novo Bento

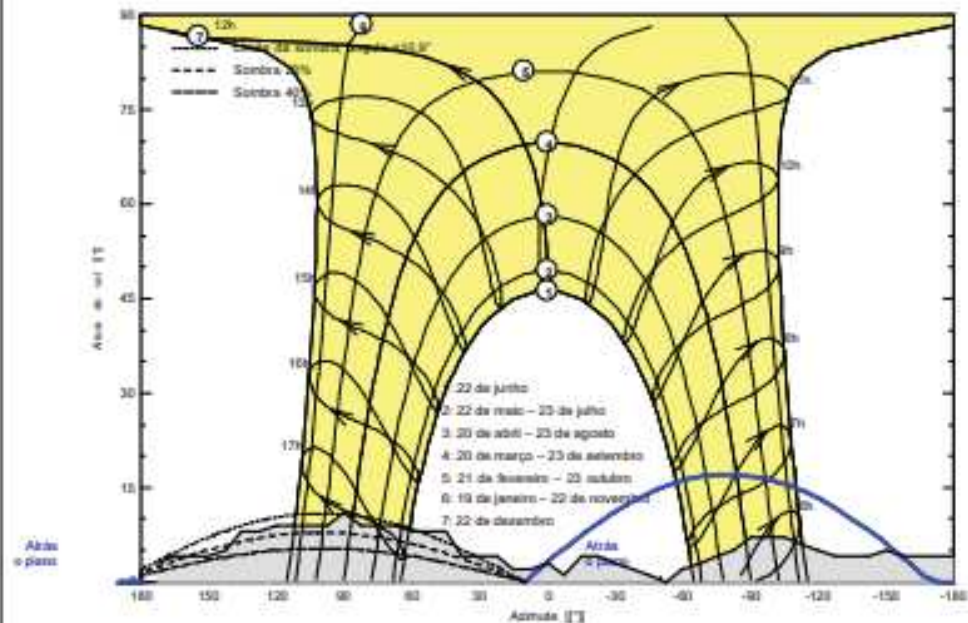
Variante da simulação : Posto de serviço

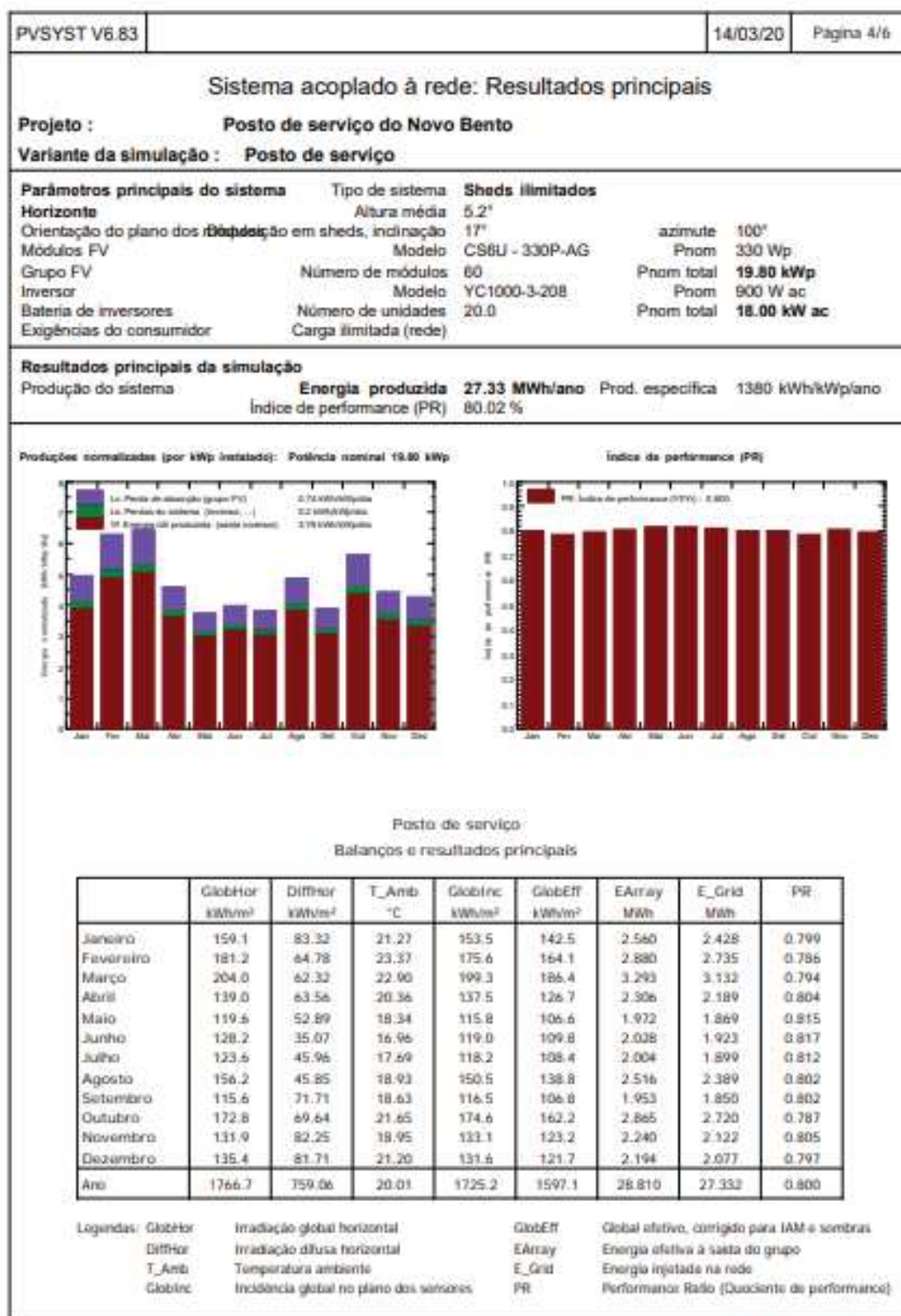
Parâmetros principais do sistema	Tipo de sistema	Sheds ilimitados	
Horizonte	Altura média	5.2°	
Orientação do plano dos módulos	Inclinação em sheds, inclinação	17°	azimute 100°
Módulos FV	Modelo	CS6U - 330P-AG	Pnom 330 Wp
Grupo FV	Número de módulos	60	Pnom total 19.80 kWp
Inversor	Modelo	YC1000-3-208	Pnom 900 W ac
Bateria de inversores	Número de unidades	20.0	Pnom total 18.00 kW ac
Exigências do consumidor	Carga limitada (rede)		

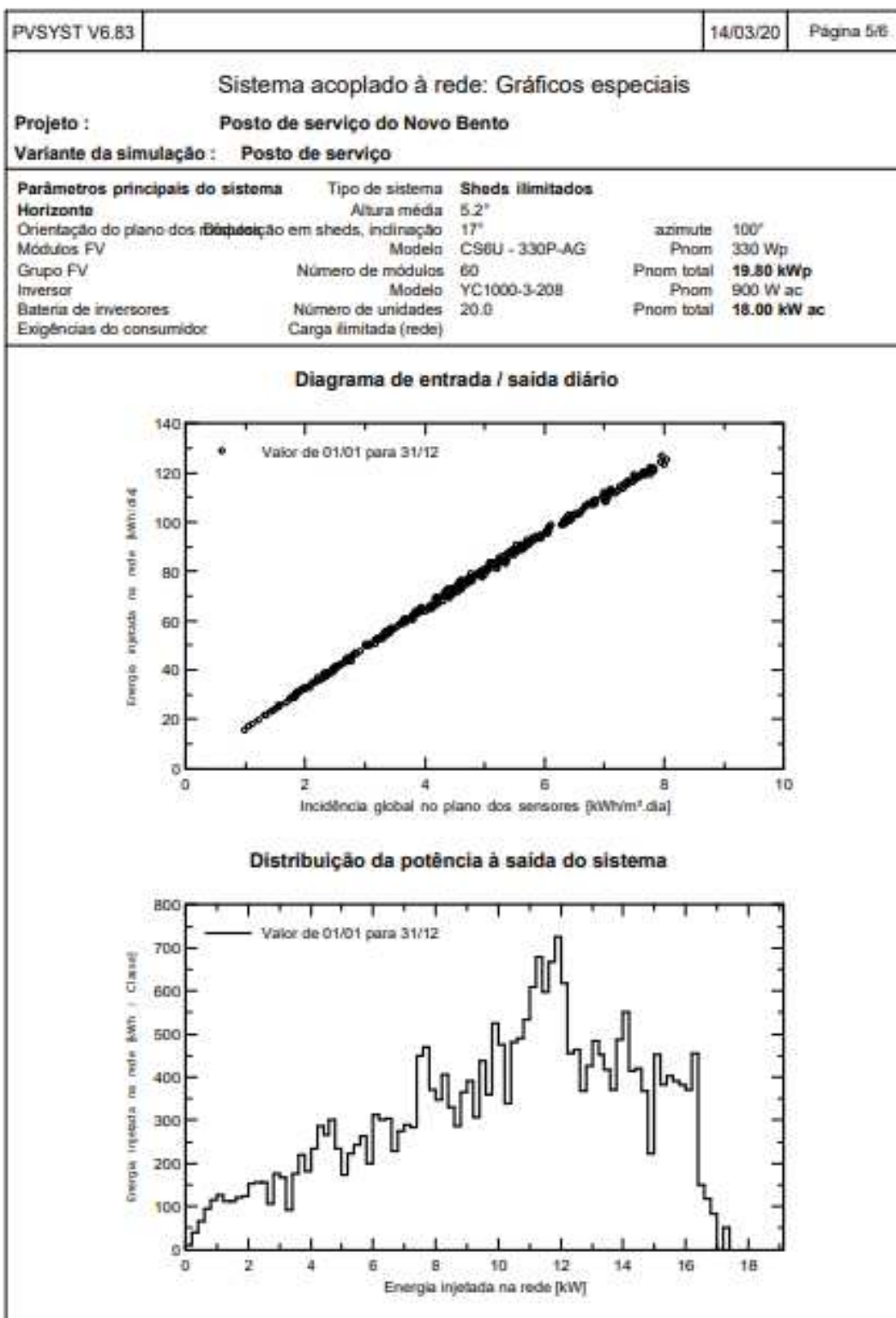
Horizonte	Altura média	5.2°	Fator difuso	0.97
	Fator albedo	100 %	Fração albedo	0.59

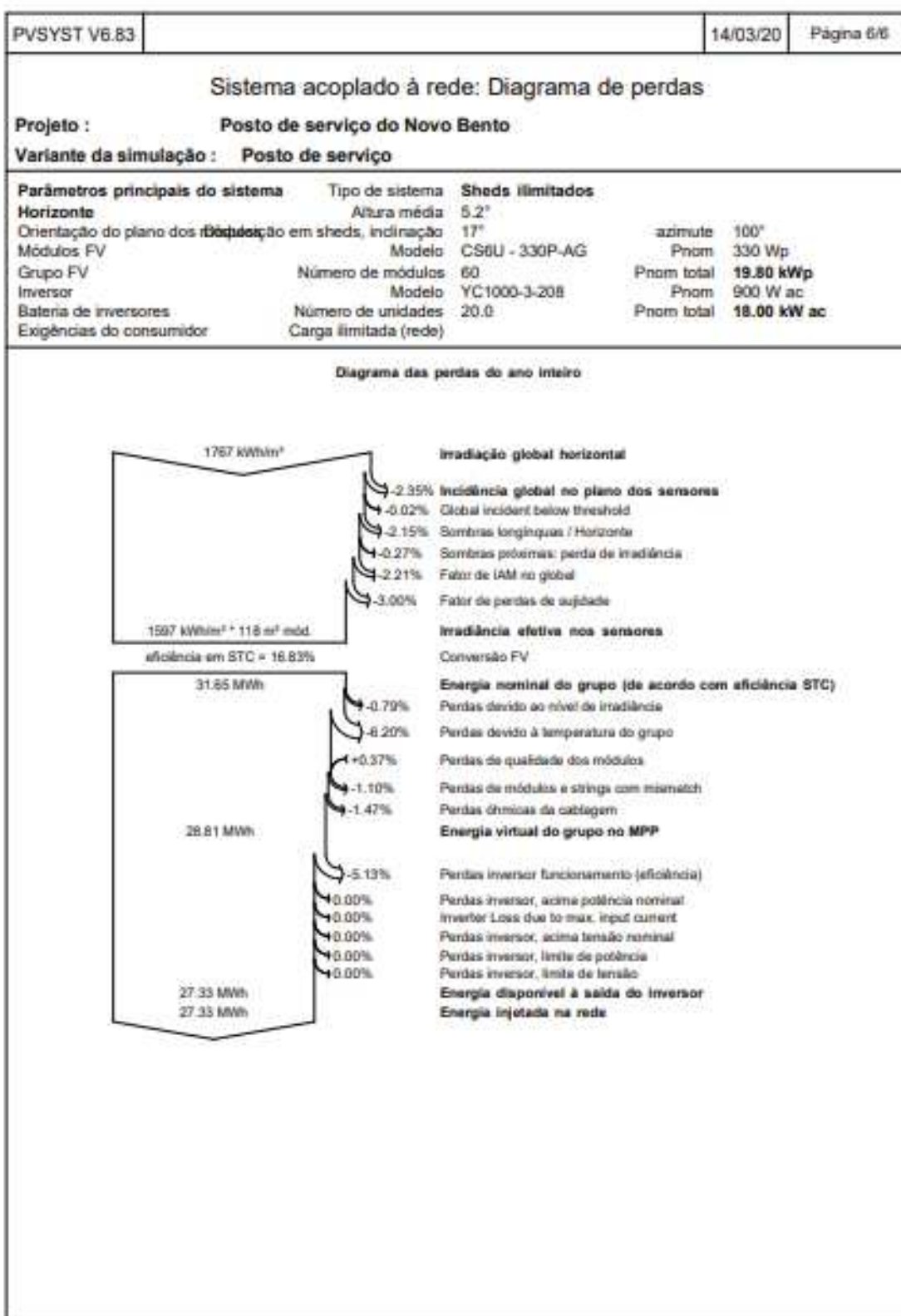
Altura [°]	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	6.0	7.0	7.0	5.0	4.0	3.0	2.0
Azimuth [°]	-180	-158	-150	-143	-128	-120	-113	-105	-90	-83	-75	-68	-60
Altura [°]	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	4.0	1.0	3.0	2.0	2.0	4.0	4.0	8.0
Azimuth [°]	-53	-45	-38	-30	-23	-15	-8	0	8	15	23	38	45
Altura [°]	8.0	9.0	9.0	11.0	9.0	9.0	8.0	8.0	5.0	4.0	4.0	3.0	
Azimuth [°]	60	68	83	90	98	120	128	135	143	150	165	173	

Horizon from PVGIS website API, Lat=-20°17'53", Long=-43°26'52", Alt=851m









Anexo 10 – Relatório PVsyst – Posto de Saúde.

PVSYST V6.83		14/03/20	Página 1/6
Sistema acopiado à rede: Parâmetros da simulação			
Projeto : Posto de saude Novo Bento			
Localização geográfica	Projeto Novo Bento	Pais	Brazil
Localização	Latitude -20.30° S	Longitude	-43.45° W
Tempo definido como	Tempo legal Fuso horário TU-3	Altitude	851 m
	Albedo 0.20		
Dados meteorológicos:	Antônio Pereira	PVGIS api TMY - TMY	
Variante da simulação : posto de saude			
	Data da simulação	11/09/19 18h10	
Parâmetros da simulação	Tipo de sistema	Building system	
2 orientações	inclinações	7°/100° e 7°/-80°	
Modelos utilizados	Transposição	Perez	Difuso Importado
Horizonte	Altura média	5.2°	
Sombras próximas	Sem sombras		
Exigências do consumidor :	Carga ilimitada (rede)		
Características dos grupos FV (4 tipos de grupos definidos)			
Módulo FV	Si-poly	Modelo	CS6U - 330P-AG
Original PVsyst database		Fabricante	Canadian Solar Inc.
Sub-grupo "Sub-array #1"	Orientação	#1	Inclinação/Azimute 7°/100°
Número de módulos FV	Em série	4 módulos	Em paralelo 7 strings
Número total de módulos FV	Nr. módulos	28	Potência unitária 330 Wp
Potência global do grupo	Nominal (STC)	9.24 kWp	Em condições de func. 8.89 kWp (50°C)
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	332 V	Impp 27 A
Sub-grupo "Sub-grupo #2"	Orientação	#2	Inclinação/Azimute 7°/-80°
Número de módulos FV	Em série	2 módulos	Em paralelo 20 strings
Número total de módulos FV	Nr. módulos	40	Potência unitária 330 Wp
Potência global do grupo	Nominal (STC)	13.20 kWp	Em condições de func. 11.85 kWp (50°C)
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	66 V	Impp 178 A
Sub-grupo "Sub-grupo #3"	Orientação	#1	Inclinação/Azimute 7°/100°
Número de módulos FV	Em série	2 módulos	Em paralelo 20 strings
Número total de módulos FV	Nr. módulos	40	Potência unitária 330 Wp
Potência global do grupo	Nominal (STC)	13.20 kWp	Em condições de func. 11.85 kWp (50°C)
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	66 V	Impp 178 A
Sub-grupo "Sub-grupo #4"	Orientação	#2	Inclinação/Azimute 7°/-80°
Número de módulos FV	Em série	4 módulos	Em paralelo 7 strings
Número total de módulos FV	Nr. módulos	28	Potência unitária 330 Wp
Potência global do grupo	Nominal (STC)	9.24 kWp	Em condições de func. 8.89 kWp (50°C)
Características de funcionamento do grupo (50°C)	Umpp	332 V	Impp 27 A
Total	Potência global do grupo	Nominal (STC)	45 kWp
	Superfície módulos	280 m²	Total 136 módulos
			Superfície célula 261 m²

PVSYST V6.83		14/03/20	Página 2/6						
Sistema acoplado à rede: Parâmetros da simulação									
Sub-grupo "Sub-array #1" : Inversor									
Original PVsyst database	Modelo	MI-1500							
Características	Fabricante	Hoymiles							
Bateria de inversores	Tensão de funcionamento	16-60 V	Potência unitária 1.50 kWac						
	N.º de inversores	7 unidades	Potência total 10.5 kWac						
			Rácio Pnom 1.39						
Sub-grupo "Sub-grupo #2" : Inversor									
Original PVsyst database	Modelo	MI-1500							
Características	Fabricante	Hoymiles							
Bateria de inversores	Tensão de funcionamento	16-60 V	Potência unitária 1.50 kWac						
	N.º de inversores	10 unidades	Potência total 15.0 kWac						
			Rácio Pnom 1.39						
Sub-grupo "Sub-grupo #3" : Inversor									
Original PVsyst database	Modelo	MI-1500							
Características	Fabricante	Hoymiles							
Bateria de inversores	Tensão de funcionamento	16-60 V	Potência unitária 1.50 kWac						
	N.º de inversores	10 unidades	Potência total 15.0 kWac						
			Rácio Pnom 1.39						
Sub-grupo "Sub-grupo #4" : Inversor									
Original PVsyst database	Modelo	MI-1500							
Características	Fabricante	Hoymiles							
Bateria de inversores	Tensão de funcionamento	16-60 V	Potência unitária 1.50 kWac						
	N.º de inversores	7 unidades	Potência total 10.5 kWac						
			Rácio Pnom 1.39						
Total	N.º de inversores	34	Potência total 51 kWac						
Fatores de perda do grupo FV									
Perdas sujidade grupo			Fração perdas 3.0 %						
Fator de perdas térm.	Uc (const.)	20.0 W/m²K	Uv (vento) 0.0 W/m²K / m/s						
Perdas ôhmicas nos cabos	Grupo#1	209 mOhm	Fração perdas 1.5 % em STC						
	Grupo#2	6.3 mOhm	Fração perdas 1.5 % em STC						
	Grupo#3	6.3 mOhm	Fração perdas 1.5 % em STC						
	Grupo#4	12 mOhm	Fração perdas 1.5 % em STC						
	Global		Fração perdas 1.5 % em STC						
Perdas diodo série	Queda de tensão	0.7 V	Fração perdas 0.2 % em STC						
LID - "Light Induced Degradation"			Fração perdas 0.4 %						
Perdas de qualidade dos módulos			Fração perdas -0.4 %						
Perdas de módulos com mismatch			Fração perdas 1.0 % no MPP						
Perdas de strings com mismatch			Fração perdas 0.10 %						
Efeito de incidência (IAM): Perfil personalizado									
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
	0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

