



Licenciatura em Engenharia das Energias Renováveis

Escola de Ciências e Tecnologia

Universidade de Évora

Prática de Sistemas Energéticos

**Dimensionamento de sistemas PV
e calibração de sensores de radiação solar**

ALEX2014
.. ALquevo hydro-meteorological EXperiment



28513, Tiago Lopes

ALEX2014

Orientador: Prof. Paulo Canhoto

17/09/2014

Resumo

A unidade curricular de Prática de Sistemas Energéticos tem como objetivo principal proporcionar aos alunos um primeiro contacto com o mercado laboral através do desenvolvimento de projetos na área das energias renováveis onde os alunos podem optar por uma vertente empresarial ou de investigação.

Com o intuito de cumprir o plano da unidade curricular de Prática de sistemas energéticos, fui integrado no projeto ALEX2014 (ALqueva hydro-meteorologica EXperiment), realizado em Alqueva, onde me foi proposto desenvolver um trabalho na vertente de investigação na área da energia solar. O trabalho realizado dividiu-se em duas partes: a primeira teve como principal objetivo a realização de um dimensionamento para um sistema autónomo PV a ser instalado em meio aquático sobre uma pequena plataforma flutuante, enquanto que a segunda parte teve como objetivo a calibração de vários sensores de medição de recurso solar utilizando diferentes técnicas e normas de calibração. A primeira parte do trabalho inclui também a análise e recolha de dados de radiação e localização de Alqueva de forma a poder desenvolver com precisão o dimensionamento do sistema autónomo. Este tem como objetivo a alimentação de um sistema de aquisição de dados que permita o seu funcionamento ininterrupto, de forma a criar uma base de dados sólida e fidedigna do recurso disponível e das interações entre a barragem e a atmosfera no local do estudo. Já a segunda parte consistiu também na montagem dos sensores calibrados, com o objetivo reunir as condições necessárias para a instalação de uma estação standard de medição de radiação que correspondesse às normas estabelecidas para uma estação BSRN a instalar também em Alqueva.

Agradecimentos

A conclusão deste trabalho não se trata apenas do cumprimento de uma etapa através de empenho individual, mas sim de um esforço coletivo que me permitiu reunir todas as condições necessárias para que conseguisse participar neste projeto e fomentar as minhas capacidades académicas e pessoais. Gostaria de agradecer a todas as pessoas que me apoiaram em momentos de cansaço, ansiedade e insegurança, assim como a todas as pessoas que fizeram com que fosse possível a minha integração no projeto ALEX2014.

Quero agradecer ao Prof. Paulo Canhoto pela oportunidade de integrar um projeto da dimensão do ALEX2014, assim como pela forma como me orientou, demonstrando sempre disponibilidade e apoio durante todo este processo. Aproveito para agradecer a todos os membros do projeto que me ajudaram durante esta etapa e que partilharam todo o seu conhecimento para que pudesse adquirir o máximo de competências possível.

Agradeço também ao Departamento de Física da Universidade de Évora pelo espaço cedido para desenvolver atividades relativas ao estágio.

Não poderia também deixar de agradecer à minha família por toda a ajuda, apoio e compreensão, em especial aos meus pais Manuel José e Fernanda Lopes e irmão, André Lopes.

Gostaria também de fazer um agradecimento especial à minha namorada Inês Martins, por todo o seu apoio, motivação e compreensão durante os momentos de impaciência, desgaste e ausência.

Índice

1. Introdução.....	5
2. Sistema autónomo PV instalado em Alqueva	
2.1. Dados de radiação e localização.....	6
2.2. Equipamento.....	10
2.3. Caraterização do consumo.....	13
2.4. Descrição sintetizada do sistema solar fotovoltaico autónomo.....	14
2.5. Simulações.....	15
2.6. Instalação e acompanhamento.....	20
3. Estação instalada em Alqueva	
3.1. Estações standards de medição de radiação (BSRN).....	26
3.2. Equipamento principal da estação de Alqueva.....	28
3.3. Descrição do Sun Tracker e dos sensores de radiação.....	29
3.4. Calibração de sensores.....	32
3.5. Instalação do equipamento.....	42
4. Conclusões.....	45
5. Referências bibliográficas.....	48
6. Anexos.....	49

1. Introdução

Atualmente a energia surge como um bem público fundamental ao crescimento económico dos países assim como ao seu desenvolvimento social, provocando um aumento acentuado do seu consumo e tornando o seu fornecimento uma das preocupações primárias da sociedade atual. Na tentativa de satisfazer a constante necessidade de energia de uma sociedade cada vez mais dependente, os combustíveis fósseis são a primeira escolha e o recurso energético mais utilizado nos processos de obtenção de energia. Devido à sua grande procura temos assistido ao esgotamento dos seus reservatórios dando origem a um aumento constante no seu valor de mercado. Estes fatores aliados ao aumento da poluição ambiental provocada pelo uso destes recursos tem vindo a encorajar cada vez mais a aposta no sector das energias renováveis, que se tem verificado ser viável. Este setor destaca-se pelo uso de recursos virtualmente infinitos, com efeitos positivos na redução da pegada ecológica e que permitem ainda obter independência energética a países que não disponham de reservas de combustíveis fósseis e estão dependentes de terceiros e expostos às constantes flutuações do mercado.

O recurso renovável em foco neste relatório é a energia solar, sendo que todas as atividades desenvolvidas no projeto tiveram como base o uso deste recurso quer para a produção de energia como para a calibração e implementação de instrumentos que permitam fazer uma avaliação fidedigna do mesmo.

Portugal é um dos países da Europa com maior disponibilidade de radiação solar devido à sua localização geográfica privilegiada. Regista em média um valor anual de horas de Sol que varia entre as 2200 e as 3000, valores que tornam este recurso uma boa solução para o sector energético.

Mais especificamente, será abordado o uso de energias renováveis para produção de energia em sistemas PV autónomos assim como o estudo e calibração de sensores de radiação, de acordo com as normas exigidas a estações BSRN (Baseline Surface Radiation Network), que permitem avaliar o recurso solar disponível de forma a viabilizar futuros projetos e estudos.

Ao nível de sistemas de produção de energia autónomos, este relatório visa a implementação de um sistema de produção de energia off-grid em Alqueva, constituído principalmente por dois painéis que fazem o aproveitamento do recurso solar para

produção de energia elétrica, um controlador de carga e uma bateria. Esta bateria tem como função servir de reservatório de energia, permitindo ao sistema funcionar 24 sobre 24 horas, sem interrupções, suprimindo assim a falta do recurso durante o período da noite. A energia gerada irá ter como finalidade a alimentação de um sistema de aquisição de dados que permitirá gerar um banco de informação para futuros projetos.

Além dos temas referidos, o relatório aborda ainda a calibração de piranómetros utilizando um outro sensor como referência e a calibração de sensores em laboratório, neste caso um pirgeómetro, com o auxílio de material específico que será posteriormente descrito.

Será também descrita a constituição e instalação de uma estação de monitorização da radiação solar, instalada junto ao parque solar da EDIA, também em Alqueva, onde foram instalados os sensores calibrados. Os dados recolhidos serão enviados através de um sistema GSM, permitindo maior facilidade de acesso aos mesmos.

2. Sistema PV autónomo instalado em Alqueva

Para o desenvolvimento de um projeto viável é necessário realizar estudos e recolher dados fiáveis relativos ao recurso que se quer explorar. No caso do sistema autónomo instalado em Alqueva foram-nos cedidos dados recolhidos e analisados por um aluno da Universidade de Évora que desenvolveu um estudo sobre o recurso solar no concelho de Portel. Estes dados foram muito importantes para a realização de um dimensionamento correto pois foram obtidos numa zona geográfica bastante próxima do local onde foi feita a instalação do sistema autónomo.

2.1. Dados de radiação e localização

Alqueva é uma freguesia do concelho de Portel com cerca 79,20 km², pertencente ao distrito de Évora e situada no Alentejo Central. Destaca-se por possuir aquela que é a sétima maior barragem de Portugal (com 96 metros de altura) e o maior lago artificial da Europa com cerca de 250km², sendo considerada o maior reservatório de água português. A barragem situa-se no curso de água do rio Guadiana e foi construída com o objetivo de fornecer regadio a toda a zona do Alentejo, aliando também a produção de energia hidroelétrica. Através das suas infraestruturas, Alqueva abastece 25 aproveitamentos hidroagrícolas, permitindo o regadio de 120.000 hectares de terreno agrícola e permite

um reforço de água para abastecimento público que beneficia cerca de 200.000 pessoas. Na área da produção de energia, a central hidroelétrica instalada na barragem tem uma capacidade de 520MW e uma produção de energia suficiente para satisfazer as necessidades energéticas de uma cidade com cerca de 500.000 habitantes.

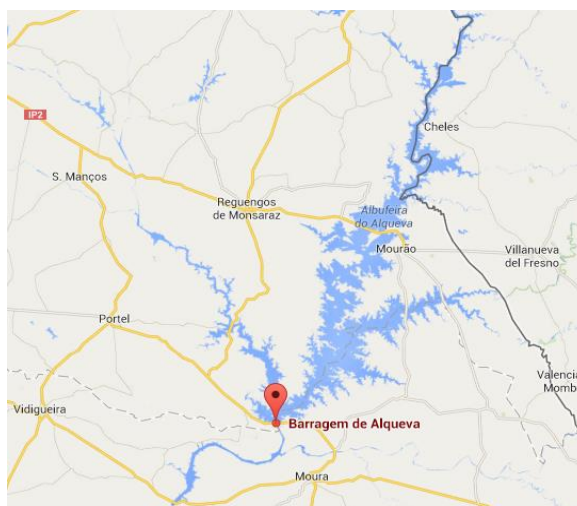


Figura 1 – Localização geográfica da barragem (Google Maps)

O projeto Alex2014 tem como ideia central estudar a interação entre a barragem e a atmosfera, através da avaliação da influência que a barragem tem no clima da região e também da influência que os parâmetros atmosféricos podem ter na qualidade da água do reservatório. Estas interações são estudadas através de medições de parâmetros químicos, físicos e biológicos do local em estudo. Para tal, foram instalados sistemas de aquisição de dados em vários pontos da área da barragem, estando um deles situado numa pequena plataforma em meio aquático. O dimensionamento do sistema autónomo realizado para o projeto tem como objetivo o fornecimento de energia ao sistema de aquisição de dados instalado em meio aquático, onde é impossível recorrer à energia da rede, permitindo assim um funcionamento sem interrupções. Para o realizar foram utilizados os dados que nos foram cedidos e um software de simulação e análise de sistemas fotovoltaicos chamado PVsyst. Os dados serviram para a criação de um ficheiro de informação geográfica e meteorológica de Alqueva a usar no PVsyst.

Figura 2 – Dados cedidos relativos à localização usados no PVsyst

Na imagem acima usámos os dados que nos foram fornecidos para preencher o separador “Geographical Coordinates”. Neste estão representados os dados referentes à localização geográfica de Alqueva, onde podemos encontrar os parâmetros relativos à latitude, longitude, altitude e zona horária.

Os dados meteorológicos fornecidos foram importantes para realizar o dimensionamento da forma mais correta possível devido à sua recolha ter sido feita num local próximo da zona de instalação da plataforma, mais precisamente na estação meteorológica do Centro de Geofísica de Évora (CGE) localizada em Portel.

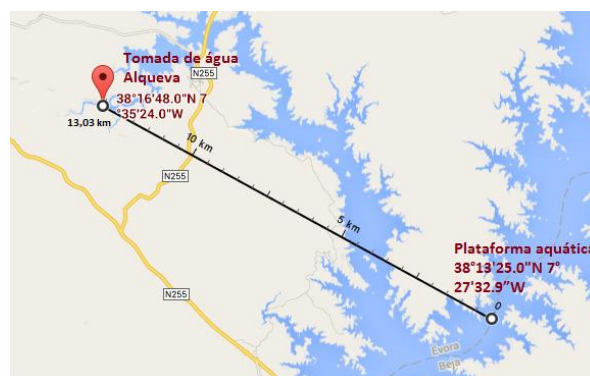


Figura 3 – Localização da plataforma (Google Maps)

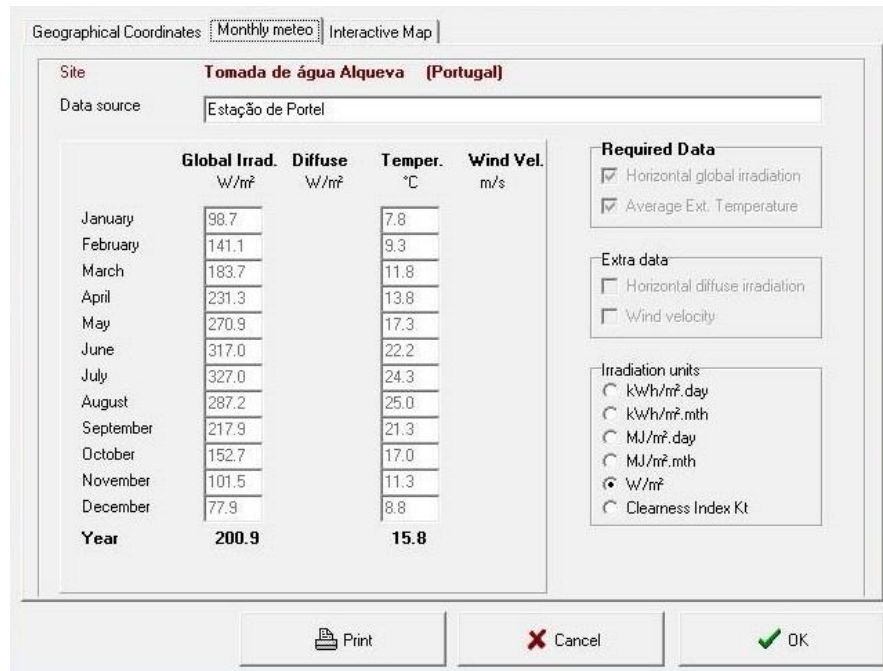


Figura 4 – Dados de radiação global e temperatura usados no PVsyst

No separador “Monthly Meteo” inserimos valores mensais para a radiação global (W/m²) e temperatura (°C), obtendo um valor médio anual para cada um dos parâmetros.

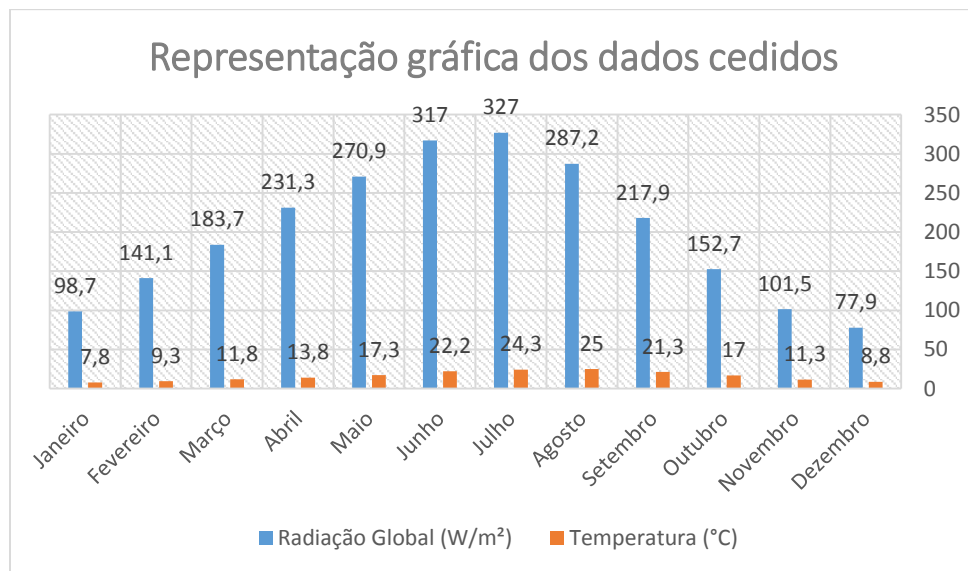


Figura 5 – Representação gráfica dos dados de radiação global e temperatura cedidos

2.2. Equipamento

Para a realização do dimensionamento do sistema autónomo foi-nos fornecida a lista de equipamentos que iriam integrar esta instalação. Este tipo de instalações, para além do sistema de aquisição de dados, são compostas por equipamentos destinados à ligação de sensores, dispositivos de leitura e armazenamento dos dados recolhidos, unidades de comunicação e mecanismos que asseguram o fornecimento e armazenamento de energia elétrica.

A instalação realizada na plataforma aquática engloba:

- CR3000 (Campbell Scientific)
- Irgason (Campbell Scientific)
- Solarix PR 1515 (Steca)
- Bateria de 12V e 100Ah (Autosil)
- 2 x painéis solares fotovoltaicos BP380 (BP Solar)
- 9 x sondas de temperatura modelo 107 (Campbell Scientific)
- Modem GSM
- Pirradiómetro modelo 8111 (Philipp Schenk)
- Albedómetro modelo CM7B (Kipp & Zonen)

CR3000 – a função deste equipamento é efetuar a leitura dos sinais de saída dos sensores instalados sendo responsável pela ligação à unidade de armazenamento através da qual será criada uma base de dados com os parâmetros recolhidos, permitindo posteriormente a análise e estudo dos mesmos. O CR3000 possui vários tipos de canais variando entre os *single ended* (28 canais), *differential ended* (14 canais), *excitation*, *ground signal* e *pulse input*. Além disso, possui ainda ligações com o sistema SDM (*Security Device Manager*), uma porta de ligação CS I/O e uma RS-232 para fazer a comunicação com computadores e outros dispositivos.

Irgason – este componente é o sistema de aquisição de dados que está equipado com um anemómetro sónico de três componentes para medição de velocidade do vento e um analisador de gás para realizar medições da densidade de CO₂ e H₂O, de evaporação, do fluxo de CO₂ e dos fluxos de momento linear e energia sobre a superfície de água.

Sincroniza dados de gás e de vento, essenciais para o cálculo de fluxo válido, utilizando o método *eddy correlation system*. Este é um método de medição atmosférica fundamental para medir e calcular fluxos turbulentos verticais dentro de camadas limite atmosféricas. O sistema Irgason possui compatibilidade de ligação com vários modelos de Datalogger, como é o caso do CR1000, CR5000 e do CR3000, que foi utilizado na instalação.

Solarix PR 1515 – este componente é um controlador/regulador de carga e é usado principalmente em sistemas autónomos. Tem como função proteger a bateria de eventuais sobrecargas e evitar que seja totalmente descarregada, prevenindo eventuais danos e prolongando a sua vida útil, assegurando que toda a energia produzida pelos painéis solares é armazenada da forma mais eficaz possível. Estes controladores possuem um sistema que fornece informações sobre o estado de carga de forma constante, que permite um ajuste da instalação conforme as necessidades apresentadas.

Bateria de 12V e 100Ah – a bateria usada na instalação fotovoltaica realizada apresenta 12V de tensão nominal e 100Ah (capacidade de fornecer 100A numa 1h a uma temperatura de 25°C) de capacidade de energia e tem como função armazenar toda a energia produzida pelos painéis. É uma bateria de 6 células com tecnologia ácido-chumbo e válvula reguladora de pressão interna (VLR) destinada a atenuar o excesso de hidrogénio produzido durante o processo de recarga. Esta válvula impede que o oxigénio da atmosfera seja admitido na reação química, evitando o prejuízo do rendimento da bateria e a diminuição da sua vida útil. Estes elementos possuem um custo de aquisição e reposição elevado e, com o passar do tempo, vão sofrendo uma degradação da sua capacidade de carga, exigindo a sua substituição.

Painéis solares fotovoltaicos BP380 – os painéis utilizados na instalação fotovoltaica apresentam 12V de tensão nominal e 80W de potência nominal. São painéis solares policristalinos constituídos por 36 células fotovoltaicas e têm como função a conversão da energia fornecida pelo sol em energia elétrica. Os painéis solares são constituídos por um conjunto de células fotovoltaicas que fazem a captação da energia da luz solar devido à sua capacidade de absorver energia e de gerar eletricidade. Os constituintes mais comuns das células fotovoltaicas atualmente são o silício policristalino, tecnologia que foi usada nos painéis instalados e economicamente mais acessível, e o silício

monocristalino. Cada célula fotovoltaica é composta por duas camadas opostas de materiais semicondutores denominadas N e P. A camada N é uma camada fina com excesso de elétrons e a P um pouco mais espessa com carência de elétrons. Quando separadas estas camadas são eletricamente neutras, mas quando há uma junção dos dois semicondutores dá-se origem a uma diferença de potencial elétrico. Quando existe a incidência de luz, a energia captada pelos fótons é absorvida pelos elétrons de valência da camada N, fazendo com que transponham a barreira potencial e preencham as lacunas da camada P, dando assim origem a corrente elétrica contínua. A intensidade de corrente contínua gerada varia proporcionalmente com a quantidade de luz incidente nas células.

Sondas de temperatura modelo 107 – são sensores muito precisos, que têm como função realizar medições da temperatura do ar, solo ou água num intervalo de temperatura entre -35°C a $+50^{\circ}\text{C}$. Possuem facilidade de ligação com a maioria dos Dataloggers desenvolvidos pela Campbell Scientific e podem ser usados numa variedade de aplicações.

Modem GSM – é uma unidade de transmissão de dados que faz o envio das informações recolhidas pelo sistema instalado na plataforma. Permite a recolha e leitura de dados utilizando a ligação entre um computador (ou outro dispositivo) e o sistema. A ligação é feita através da rede de comunicação usando um cartão SIM.

Pirradiómetro modelo 8111 – este dispositivo tem como função realizar, separadamente, as medições da radiação global e radiação refletida. É constituído por duas superfícies negras situadas na parte superior e inferior do corpo do aparelho que medem radiação na gama dos 0,3 a 30 micrómetros. Este sensor possui também uma sonda PT100 incorporada para realizar medições de temperatura. A parte superior tem como função medir a radiação total descendente (radiação solar global e radiação infravermelha atmosférica) e a parte inferior mede a radiação total ascendente (radiação solar refletida e radiação infravermelha terrestre).

Albedómetro modelo CM7B – é um sensor desenvolvido com o objetivo de medir a intensidade e a duração diária de sol através de dois parâmetros: a radiação solar incidente e radiação solar refletida, o que corresponde, respetivamente, à potência do fluxo de energia proveniente do sol e à quantidade que é absorvida pela superfície. O albedómetro

usado na instalação é um dispositivo constituído por dois piranómetros CM6B colocados em posições opostas. Um dos piranómetros fica apontado para o céu para medir a radiação solar e o outro, constituindo um ângulo de 180° em relação ao primeiro, fica voltado para o chão para medir a radiação refletida. Os piranómetros possuem 64 termopares formando uma termopilha, que produz uma corrente elétrica em resposta à intensidade do estímulo retornando o valor do parâmetro medido através do uso do CR3000.

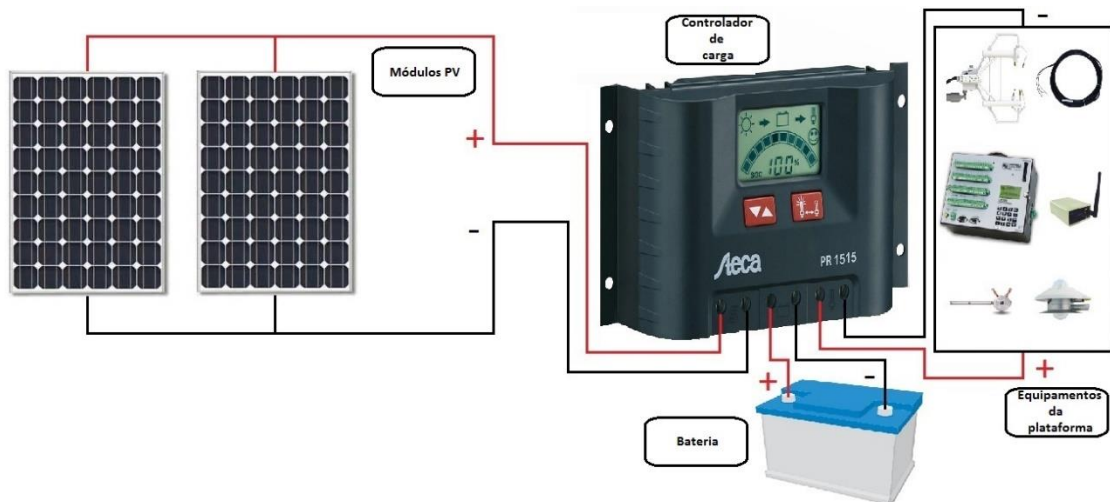


Figura 6 – Esquema simplificado do sistema fotovoltaico autónomo instalado na plataforma

2.3. Caraterização do consumo

O cálculo do consumo da totalidade dos componentes utilizados tem como objetivo obter os parâmetros necessários para realizar uma simulação da produção de energia e estabilidade do sistema através do software PVsyst. Os equipamentos instalados na plataforma que requerem alimentação usando o sistema PV autónomo são: sistema de mediação de fluxos Irgason, Datalogger CR3000 com sondas de temperatura da água e sensores meteorológicos e de radiação solar.

Para este dimensionamento considerou-se que o consumo total iria ser repartido entre o sistema Irgason e várias sondas a serem instaladas, prevendo o uso de 9 dos 28 canais *single ended* do CR3000 com uma frequência de 100 Hz de Sample Rate e porta de comunicação RS-232. Além dos componentes descritos acima, também foram instalados sensores de medição para radiação solar global e refletida. Como estes sensores não necessitam de tensão de excitação, ao contrário dos sensores de temperatura, não

teriam uma influência considerável no consumo tendo este sido desprezado na realização dos cálculos. A simulação realizada previu um funcionamento contínuo durante 7 dias.

Para estimar o consumo do total de elementos a ser instalados foi necessário calcular a sua potência recorrendo à seguinte fórmula:

$$P = V \cdot I$$

Onde:

P = Potência do equipamento (W)

V = Tensão elétrica (V)

I = Intensidade de corrente (A)

Através do manual do Irgason conseguimos obter os valores dos requisitos de energia para a inicialização e operação do equipamento, verificando uma tensão de 12V e 420mA de intensidade de corrente à temperatura de 25°C. No caso dos canais *single ended* reservados para a instalação de sondas verificamos, através da consulta do manual do CR3000, que o seu consumo de corrente característico era de 38mA a uma tensão de 12V. Com a realização dos cálculos verificámos ainda que o Irgason tem um consumo de 5.04W, enquanto que cada canal *single ended* consome 0.12W. No total, o sistema Irgason e os 9 canais *single ended* do CR3000 representam um consumo de 6.12W.

2.4. Descrição sintetizada do sistema solar fotovoltaico autónomo

Módulos PV	
Marca	BP Solar
Modelo	BP 380
Tecnologia	Silício policristalino
Potência	80W
Tensão nominal	12V
Eficiência	12.6%
Área	0.65 m ²
Quantidade	2 Unidades
Potência instalada	0.16 kWp

Tabela 1 – Informação sintetizada módulos PV

Controlador de corrente	
Marca	Steca
Modelo	Solarix PR 1515
Corrente máxima	15A
Intervalo de tensão admissível (12V)	9 - 17 V
Tensão nominal	12V/24V
Dimensões	187 x 96 x 44mm

Tabela 2 – Informação sintetizada controlador de corrente

Bateria	
Marca	Autosil
Modelo	Série EE
Tecnologia	AGM-VRLA*
Tensão nominal	12V
Capacidade	100Ah

Tabela 3 – Informação sintetizada da bateria

*AGM (rede/gaze de fibra de vidro absorvente) – VRLA (chumbo-ácido com válvula reguladora)

2.5. Simulações

Para realizar o dimensionamento utilizamos um software de simulação e análise de sistemas fotovoltaicos chamado PVSyst na versão 6.23. Para obter os resultados da simulação para o sistema autónomo recorreremos a um processo que será demonstrado de forma sintetizada de seguida.

O primeiro passo foi a escolha do tipo de projeto que queríamos realizar, onde foi selecionada a opção *stand alone*, ou seja autónomo.



Figura 7 – Layout inicial do software (PVSyst 6.23)

Após a seleção da opção *stand alone* tivemos acesso a um novo menu onde podemos definir as diversas variáveis do nosso sistema de forma a obter uma simulação o mais aproximada possível do caso real.

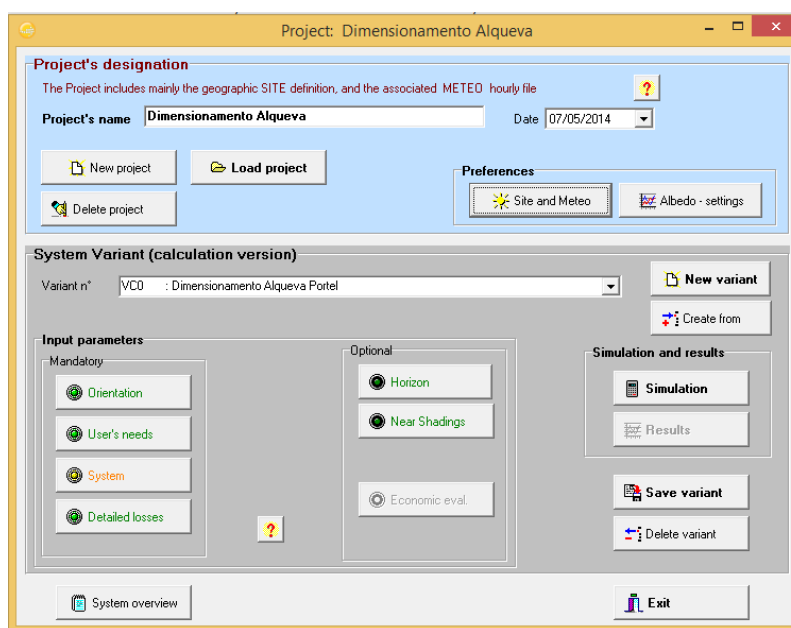


Figura 8 – Menu com variáveis do sistema (PVSyst 6.23)

Após o carregamento do ficheiro com as informações geográficas e meteorológicas procedemos ao preenchimento dos parâmetros relativos à orientação do sistema, necessidades de consumo e configuração do sistema. Nos separadores das perdas detalhadas e horizonte foram utilizados valores *default* devido à falta de informação sobre os parâmetros requeridos, enquanto no caso do sombreamento foi assumido que não havia

qualquer tipo de interferência mensurável no desempenho do sistema devido a este se encontrar sobre uma plataforma aquática onde não existem elementos causadores de perturbações.

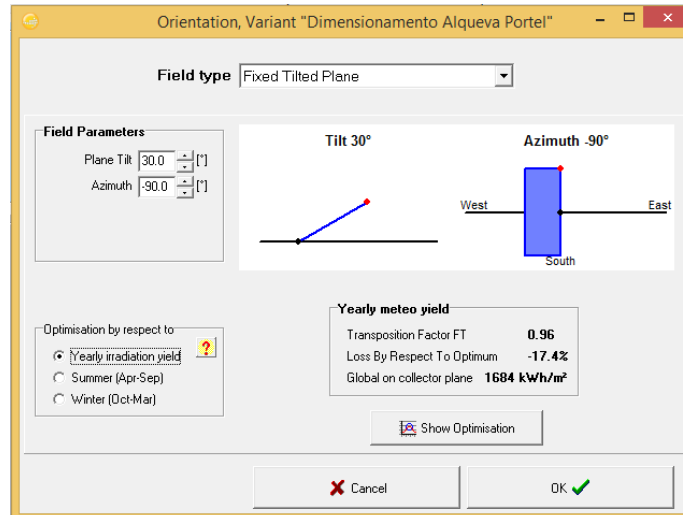


Figura 9 – Layout do menu de orientação do sistema (PVSyst 6.23)

No separador relativo à orientação do sistema foram preenchidos os valores relativos à inclinação dos painéis fotovoltaicos e azimute selecionando a opção de otimização para os períodos de irradiação anual, pois o sistema terá de funcionar sem quebras durante 24h horas por dia em qualquer altura do ano.

A inclinação definida para a instalação dos painéis foi de 30° já que é um valor de inclinação considerado ideal para sistemas fotovoltaicos, tendo sido os painéis montados num plano inclinado fixo através de um suporte desenvolvido para o efeito.

No parâmetro azimute foi definido um valor de -90°, respeitando a convenção adotada pelo software, garantindo assim que os painéis ficariam orientados para sul.

Ao realizar o preenchimento dos parâmetros acima referidos obtivemos valores relacionados com o rendimento anual do sistema onde podemos observar o *Transposition Factor FT*, *Loss by Respect to Optimum* e *Global on collector plane*. O *Transposition Factor FT* apresentado refere-se à razão entre a radiação incidente no plano e a irradiação horizontal, ou seja, o que o sistema ganha (ou perde) com a alteração da inclinação do painel, enquanto o *Loss by Respect to Optimum* representa as perdas do sistema em relação a proposta de otimização ideal do software e o *Global on collector plane* representa o total de energia global incidente nos painéis anualmente.

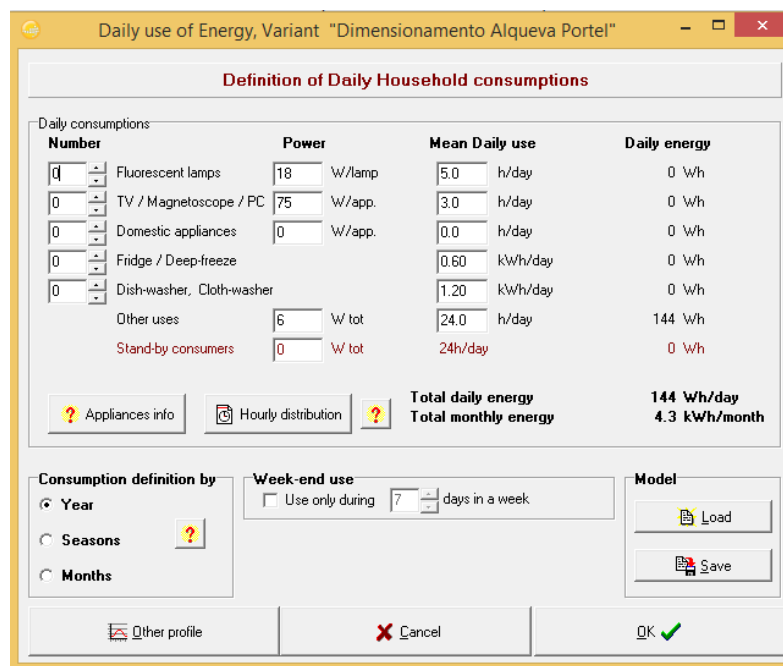


Figura 10 – Layout do menu de necessidades de consumo do sistema (PVSyst 6.23)

No separador referente às necessidades do utilizador inserimos o valor do consumo que tinha sido calculado para o sistema Irgason e as 9 sondas que correspondem a 6.12W, mas devido às restrições impostas pelo software o valor é arredondado automaticamente para 6 W. Após inserir o valor da estimativa do consumo definimos 24h horas de uso contínuo, o que vai dar origem 144W de consumo diário.

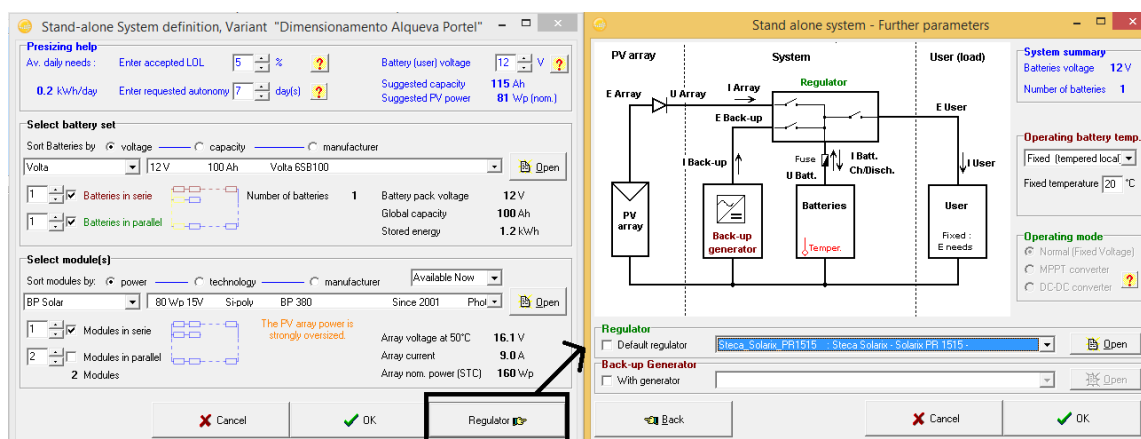


Figura 11 – Layout do menu de configuração do sistema incluindo a escolha do controlador de carga

O último separador preenchido destina-se à caracterização do sistema. É neste separador que vão ser inseridas informações relativas aos equipamentos escolhidos para a composição do sistema autónomo. Para preencher os dados relativos ao equipamento

utilizado recorreremos à base de dados que acompanha o PVSyst. O primeiro equipamento a ser inserido no software foi a bateria. Devido ao modelo utilizado na instalação não constar na base de dados, seleccionamos uma bateria com características idênticas de forma não alterar o resultado da simulação. A bateria escolhida foi uma bateria de 12V e 100mAh, tal como a bateria instalada, mas da marca Volta. Os módulos fotovoltaicos BP380 e o controlador de carga PR1515 estavam presentes na base de dados e, por isso, apenas tivemos de seleccionar o número de módulos e a sua disposição, optando por uma instalação de dois módulos em paralelo. A autonomia foi definida para o nosso objetivo, 7 dias de uso contínuo tal como referido anteriormente, e a percentagem de LOL (*Loss of Load*) foi definida para 5% sendo um valor padrão. O valor de LOL corresponde à probabilidade do sistema não suprimir as necessidades do utilizador, ou seja, à fração de tempo em que a bateria é desligada por ação do regulador de segurança devido ao seu baixo nível de carga.

Podemos notar uma sinalização do software que nos alerta para um sobredimensionamento do sistema fotovoltaico instalado relativamente às necessidades do utilizador devolvendo a mensagem “*The PV array power is strongly oversized*”. Este aviso deve-se ao facto do sistema possuir uma produção de energia superior às necessidades de alimentação do sistema instalado, algo que foi premeditado prevendo a possível ligação de novo equipamento a qualquer altura sem que tenha de ser realizada uma nova simulação, permitindo assim uma maior versatilidade e estabilidade do sistema instalado.

Após a realização da simulação para o valor de consumo estimado para o Irgason e 9 sondas foram realizadas estimativas correspondentes ao sobredimensionamento das necessidades dos equipamentos da plataforma de forma a verificar se a plataforma estaria preparada para a instalação de novo equipamento sem que exista o risco de falha na alimentação do sistema.

As simulações realizadas consistiram num acréscimo de 20%, 30% e 40% da percentagem do consumo estimado inicialmente dando origem a consumos de 7.324W, 7.956W e 8.568W respetivamente. Estes consumos foram depois inseridos de novo no software utilizado dando origem a novos consumos diários e novos relatórios de simulação apresentados na secção de anexos. Após vários testes ao sistema pudemos verificar que a nossa instalação fotovoltaica pode suprimir em pleno todas as necessidades plataforma até um valor de 20W em funcionamento contínuo, prevendo um consumo diário de 480W. A partir desse valor o sistema apresenta-se ligeiramente

subdimensionado, correndo algum risco de falha na alimentação, devolvendo a mensagem “*The PV array power seems to be slightly undersized*”. Os relatórios das várias simulações realizadas podem ser encontrados na secção de anexos.

2.6. Instalação e acompanhamento

Instalação

A plataforma foi instalada a nordeste da estrutura principal da barragem de Alqueva a uma distância de cerca de 4,39km, medida em linha reta. O transporte e instalação de equipamentos foram realizados com o auxílio de um barco devido à dificuldade de acesso à plataforma, localizada numa zona onde as profundidades variam entre os 40m e os 60m.



Figura 12 – Localização da plataforma na albufeira usando a latitude e longitude (Google Earth)

Todo o material instalado na plataforma, foi previamente testado e calibrado de forma a garantir o seu funcionamento durante a campanha. Para tal, antes da sua instalação na plataforma, o sistema Irgason foi sujeito a testes no centro regional de Évora do IPMA.

Após o transporte do material para a plataforma, deu-se início à instalação: o controlador de corrente e a bateria foram colocados no interior de um abrigo de forma a providenciar proteção contra possíveis condições adversas e exposição intensa ao sol,

evitando desgaste dos equipamentos e problemas na bateria devido à temperatura; o topo do abrigo foi o local escolhido para a instalação dos dois módulos fotovoltaicos, utilizando um suporte para regular a inclinação.

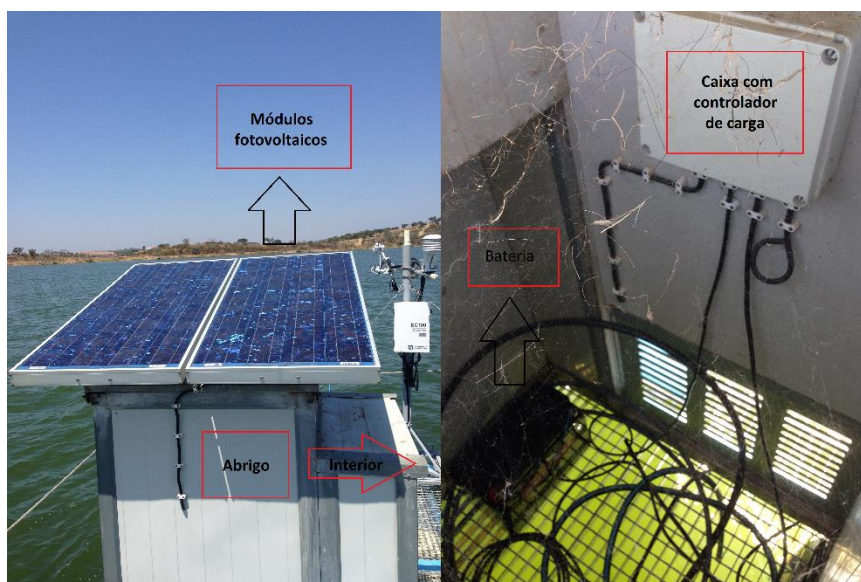


Figura 13 – Disposição dos módulos PV, bateria e regulador na plataforma

O sistema Irgason foi instalado no extremo norte da plataforma juntamente com todo o equipamento associado, enquanto o pirradiómetro e albedómetro foram colocados no extremo sul. Foi instalada uma caixa de registo de valores no suporte de fixação do pirradiómetro e albedómetro contendo o CR3000 e os sensores associados ao material instalado.



Figura 14 – Disposição do sistema Irgason, pirradiómetro, albedómetro e CR3000 na plataforma

As sondas de temperatura foram instaladas sob a plataforma ficando submersas de forma a recolher dados sobre a água da albufeira.



Figura 15 – Sondas de temperatura instaladas sob a plataforma

Acompanhamento

Após a instalação do sistema foi realizado um acompanhamento relativo à evolução da tensão da bateria para garantir que a produção e alimentação dos equipamentos da plataforma estavam assegurados. Foram-nos fornecidos dados, posteriormente convertidos para formato de Excel, enviados a partir do sistema de comunicação da plataforma. Estes dados são referentes a médias do valor da voltagem da bateria a cada 30 minutos e à radiação global medida na plataforma de minuto a minuto.

	A	B	C
1	TMSTAMP	RECNR	batt_volt_Avg
2	02/06/2014 13:30	0	13,05747
3	02/06/2014 14:00	1	13,07011
4	02/06/2014 14:30	2	13,02759
5	02/06/2014 15:00	3	13,09157
6	02/06/2014 15:30	4	13,19483
7	02/06/2014 16:00	5	13,20946
8	02/06/2014 16:30	6	13,2387
9	02/06/2014 17:00	7	13,24853
10	02/06/2014 17:30	8	13,30335
11	02/06/2014 18:00	9	13,30089
12	02/06/2014 18:30	10	13,30183
13	02/06/2014 19:00	11	13,32943
14	02/06/2014 19:30	12	13,09818

Figura 16 – Dados originais referentes à evolução da voltagem da bateria

A quantidade de dados referentes à bateria fornecidos pelo sistema GSM constitui um total de 2062 dados, medidos durante um período estabelecido entre o dia 6 de Junho de 2014 às 13:30h e o dia 16 de Julho de 2014 às 8h. Embora a voltagem de uma bateria se situe sempre perto dos 2 V por célula, pode variar de acordo com o estado da sua carga. Os dados estão divididos em três colunas distintas designadas “TMSTAMP”, “RECNUMBER” e “batt_volt_Avg”. A primeira coluna contém o *timestamp*, ou seja, uma marca temporal da aquisição de cada dado, enquanto a segunda se refere ao *record number* sendo a contagem de dados registados e a terceira à *battery voltage average*, ou seja, a média do valor da voltagem da bateria durante cada período de meia hora.

Para a análise da evolução da bateria foi realizada uma projeção gráfica semanal iniciada na data do primeiro dado fornecido. A primeira semana de medição teve início no dia 02/06/2014 às 13:30h, e terminou exatamente 7 dias depois no dia 09/06/2014 às 13:30h. Todas as semanas seguintes foram analisadas repetindo o mesmo processo, começando na última data analisada da semana anterior e terminando exatamente uma semana completa depois. Verificou-se apenas uma exceção na última semana devido a apenas estarem disponíveis dados referentes a 2 dias.

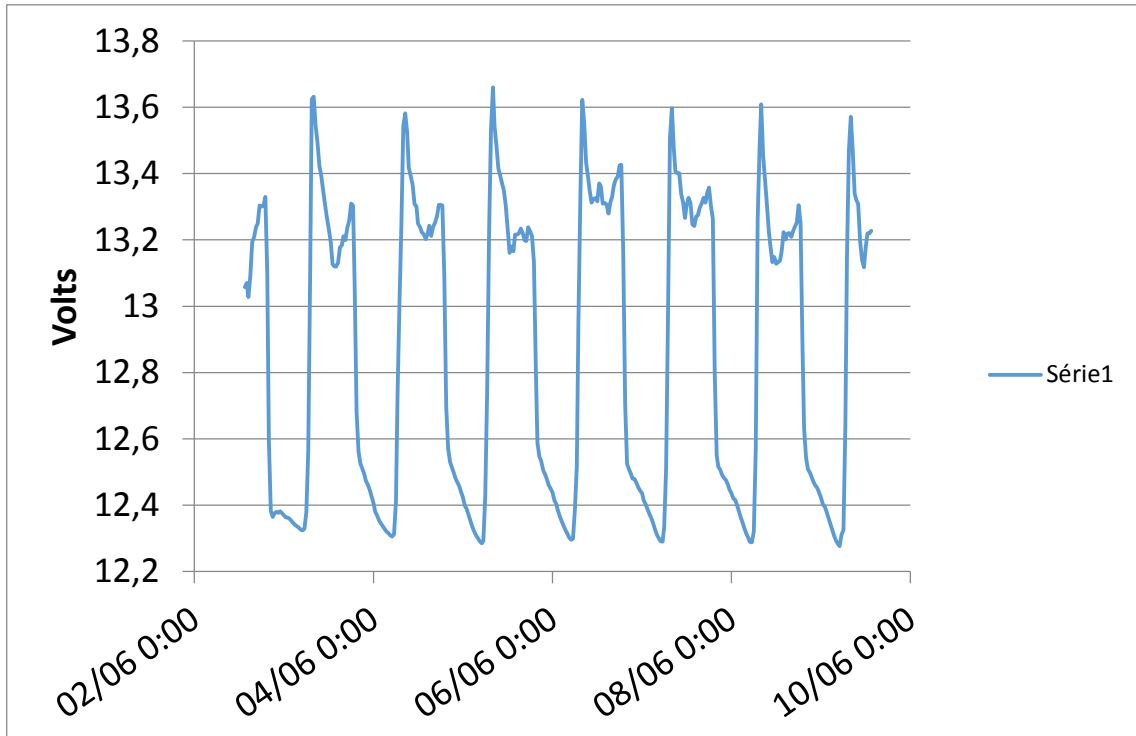


Figura 17 – Gráfico de análise da evolução da voltagem da bateria

Foram analisados gráficos referentes a 7 semanas, sendo a última incompleta, onde foi verificado se a evolução da voltagem da bateria teria decorrido dentro da normalidade e sem comprometer o funcionamento do sistema instalado. Após a verificação dos 7 gráficos relativos à bateria, foi verificado que os valores de tensão mais altos se verificavam durante o período diurno e que se situavam maioritariamente num intervalo de valores entre 12,6V e 13,6V. Esses valores correspondem à tensão de flutuação da bateria. A tensão de flutuação ocorre quando os módulos fotovoltaicos fornecem uma tensão paralela superior à da bateria, deixando o sistema sujeito a duas tensões, sendo que a maior fonte de tensão (neste caso fornecida pelos módulos fotovoltaicos) irá fornecer toda corrente requisitada pelo sistema. Em tensão de flutuação a bateria é mantida carregada e pronta para fornecer energia em caso de interrupção da produção de energia dos módulos.

■ Default Voltage data for various types of storage batteries

code	b1	b2	b3	b4	b5	b6
Battery types	12V/24V Opening vented lead-acid battery	12V/24V VRLA battery	12V/24V gelled electrolyte (GEL)battery	3.2V*4/3.2V* 8 LiFePO4 (LFP) battery	3.7V*3/3.7V* 6 lithium battery (Li-Ion, Li-Pol)	3.7V*4 lithium battery
Max Charge Voltage V	14.4V/28.8	14.4V/28.8V	14.6V/29.2V	14.4V/28.8V	12.6V/25.2V	16.8V
Float charge voltage V	13.6V/27.2	13.6V/27.2V	13.8V/27.6V	13.8V/27.6V	12.0V/24.0V	16.0V
Over discharge recover voltage V	12.6V/25.2	12.4V/24.8V	12.2V/24.4V	11.7V/23.4V	11.0V/22.0V	14.4V
Over discharge voltage V	11.1V/22.2	10.8V/21.6V	10.6V/21.2V	9.4V/18.8V	8.5V/17.0V	11.2V

Tabela 4 – Dados de tensão padrão para vários tipos de baterias (www.auctiva.com)

Os valores mais baixos registados situam-se num intervalo de valores médios entre os 12,4V e 12,2V, nunca chegando a atingir o limite inferior do mesmo. Este grupo de valores mais baixos foi registado durante períodos noturnos onde não haveria disponibilidade de recurso solar para fazer uso do sistema fotovoltaico, recorrendo assim à utilização da bateria. Após a análise dos gráficos pode se afirmar que a bateria suprimiu as necessidades do sistema quando necessário, mantendo o sistema a funcionar em pleno e sem se verificar uma descarga total da mesma.

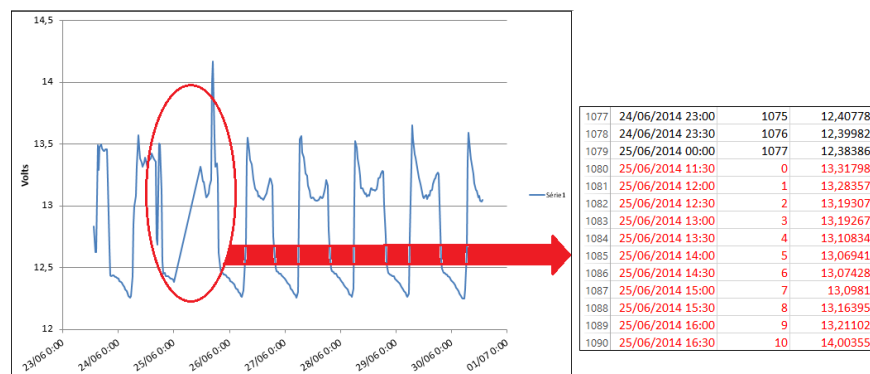


Figura 18 – Falha na recolha de dados do sistema

Durante a análise do gráfico acima podemos observar uma quebra na transmissão de dados da plataforma, obrigando a que se iniciasse uma nova contagem de dados após 11h30minutos sem qualquer transmissão de dados da voltagem da bateria ou da radiação global.

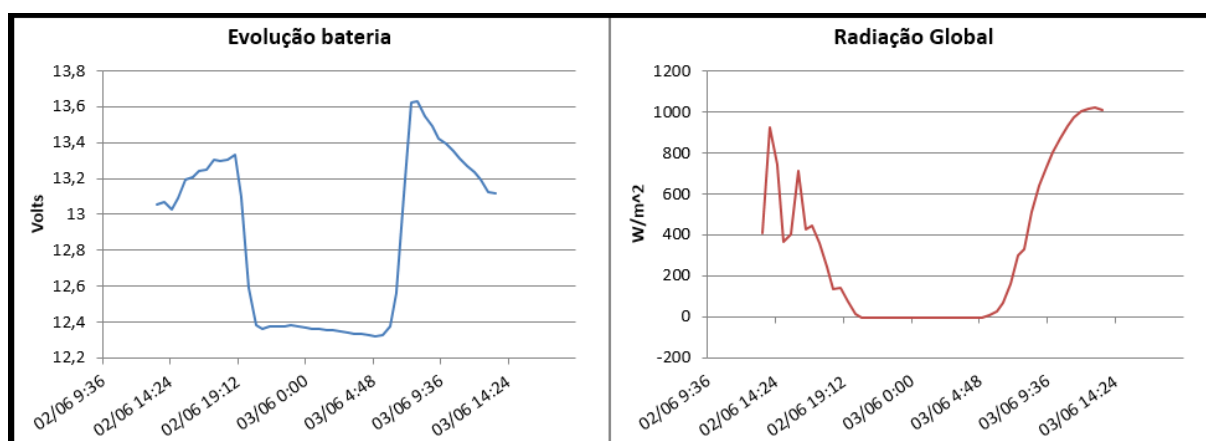


Figura 19 – Comparação entre evolução da voltagem da bateria e radiação global registada no local

Neste gráfico podemos ver a evolução da bateria e da radiação global lado a lado durante um dia completo. Podem se observar semelhanças entre as ambas as curvas dos gráficos, refletindo a influência da radiação solar captada pelos painéis nas flutuações da voltagem da bateria. Podemos observar que à medida que o nível da radiação solar vai diminuindo ou aumentando, a curva da voltagem da bateria vai sofrendo repercussões. Podemos verificar que ao anoitecer, a diminuição da radiação solar é evidente tomando valores aproximados de zero. Com esta diminuição a bateria é obrigada a alimentar o sistema sofrendo uma descarga gradual, atingindo valores abaixo dos 12,4V. Os valores da voltagem da bateria voltam a atingir a tensão de flutuação quando a radiação solar

volta a incidir nos módulos, voltando a repor a energia de descarga da bateria e alimentando de novo o sistema.

3. Estação instalada em Alqueva

3.1. Estações BSRN

O conceito de estação BSRN foi um projecto desenvolvido pelo World Climate Research Programme em 1989, com o intuito de apoiar as comunidades de ligadas a alterações climáticas e validação de satélites.

Os objectivos definidos para o projecto foram:

- Fornecer dados de calibração para estimativas de balanço de radiação na superfície (Surface Radiation Budget) e transferência de radiação através da atmosfera fornecidas por satélites.

- Acompanhar as tendências regionais dos fluxos de radiação na superfície da Terra.

As estações BSRN são um contributo bastante importante na investigação sobre alterações do clima global, mas também na monitorização e estudo de variações climáticas a nível regional e nacional, incluindo as implicações económicas associadas. A instalação deste tipo de estações permitem aos países obter valores de referência da radiação que podem ser utilizados na avaliação da viabilidade de recursos em projetos na área da energias renováveis, ou até mesmo recolher informações úteis ao desenvolvimento na área da agricultura.

Em países onde já existem estações para estudos da radiação, podem ser realizadas atualizações a nível de instalações, instrumentação e métodos de observação seguindo as normas desenvolvidas para estações BSRN. Essa atualização vai permitir um aumento da precisão dos dados recolhidos e a extensão das bases de dados climáticas.

Os objetivos específicos das estações BSRN são:

- Medir os componentes da radiação em locais estratégicos, com exatidão e precisão de forma a estudar uma previsão das tendências de alterações climáticas a longo prazo.

- Realizar medições simultâneas de vários constituintes atmosféricos, como nuvens, vapor de água, o ozono e os aerossóis que afetam a radiação na superfície e na parte superior da atmosfera.

- Garantir um cumprimento uniforme das regras estabelecidas forma a alcançar padrões elevados no procedimento, precisão e calibração de toda a rede de estações BSRN instaladas.

BSRN Target Measurement Uncertainty			
Quantity	1991	1997 Target	2004 Target
Basic BSRN Station			
Direct Solar Irradiance		1% or 2 W/m ²	0.5% or 1.5 W/m ²
Diffuse Solar Radiation	10 W/m ²	4% or 5 W/m ²	2% or 3 W/m ²
Global Solar Radiation	15 W/m ²	2% or 5 W/m ²	2% or 5 W/m ²
Down-welling Infrared Radiation	30 W/m ²	5% or 10 W/m ²	2% or 3 W/m ²
Expanded BSRN Station			
Reflected Solar Radiation	15 W/m ²	5%	3%
Up-welling Infrared Radiation	30 W/m ²	5 or 10 W/m ²	2% or 3 W/m ²

Tabela 5 – Metas definidas para as incertezas nas medições em estações BSRN até ao ano de 2004 (Kipp & Zonen)

Para que o projeto não entrasse em processo de estagnação foram impostas metas de forma a aumentar a capacidade e precisão da rede de BSRN. Ao observar a tabela podemos verificar um aumento da precisão na recolha de valores em estações BSRN revelando uma notável melhoria desde o início até às metas definidas em 2004.

Parâmetros de radiação medidos e instrumentação standard definidos para estações BSRN:

Medida	Instrumento de medição
Radiação solar directa	Pireliómetro
Radiação solar difusa	Piranómetro (com aplicação de esferas de sombreamento)
Radiação solar global	Piranómetro
Radiação infravermelha ascendente e descendente	Pirgeómetro
Radiação solar reflectida	Piranómetro

Tabela 6 – Parâmetros de radiação medidos e respetivo instrumento de medição

Além dos instrumentos de medição, as estações BSRN devem possuir também um sistema de seguimento solar (Sun tracker) e um sistema de aquisição de dados (Data Logger) de forma a respeitar as normais estabelecidas para este tipo de instalações.






Em Portugal não existe registo de nenhuma estação BSRN, tendo sido projetada a instalação de uma estação cumprindo os critérios de precisão das medições na zona do Alqueva integrando o projeto ALEX 2014. A estação foi instalada no parque solar da EDIA, situado junto à albufeira.



Figura 20 – Parque solar da EDIA em Alqueva

3.2. Equipamento principal da estação de Alqueva

De forma a respeitar as normas impostas para as estações BSRN standardizadas, foi elaborada uma lista de equipamentos a instalar no local.

Equipamento	Fabricante	Modelo	Função	Imagem
Pireliómetro	Kipp and Zonen	CHP1	Medição de radiação solar direta	
Piranómetro	Kipp and Zonen	CM6B	Medição de radiação solar difusa	
Piranómetro	Kipp and Zonen	CM6B	Medição de radiação solar global	
Pirgeómetro	Eppley	PIR	Medição da radiação infravermelha descendente (atmosférica)	
Sonda PRT PT100	Philipp Schenk	Pertencente ao pirradiómetro Mod. 8111	Medição da temperatura do ar	




Pireliómetro	Eppley	NIP	Medição da radiação solar direta (para calibração do sensor)	
Suntracker	Kipp & Zonen	Solys 2	Orientação dos sensores relativamente à posição do sol	
Data Logger	Campbell Scientific	CR1000	Leitura dos sinais de saída dos sensores e comunicação com a unidade de armazenamento de dados	

Tabela 7 – Equipamentos a instalar na estação de Alqueva.

3.3. Descrição do Sun Tracker e dos sensores de radiação

Solys 2 (Sun tracker)

O Solys 2 é um sistema de seguimento solar de dois eixos que tem como função orientar os instrumentos de medição de recurso solar de forma a seguir o movimento do sol, aumentando a precisão dos dados recolhidos. Foi desenhado para desempenhar as suas funções nas mais variadas condições meteorológicas e é totalmente automático, não necessitando de qualquer computador ou software para a sua instalação.

Possui um receptor de GPS integrado que configura automaticamente os dados de localização e de tempo, evitando delays e erros. O sistema de LEDs com várias cores indica o estado de funcionamento do tracker e a porta Ethernet permite realizar actualizações de software para um funcionamento mais preciso.

A base do tracker é constituída por um tripé com regulação de nível onde fica assente o sistema de seguimento. Possui uma placa lateral com suportes para montagem de um pireliómetro da Kipp & Zonen e um espaço preparado para a montagem de uma placa adicional destinada à instalação de um pireliómetro extra. Inclui uma placa situada na parte superior do tracker com furação feita para a fixação e instalação de três sensores, e ainda sistema de sombreamento, permitindo adotar a configuração de uma estação de monitorização solar respeitando as normas das BSRN. O sistema possui ainda a possibilidade de instalação de um de um sensor solar para o seguimento fino do movimento aparente do sol, permitindo assim uma precisão de 0,1°.

O sistema apresenta uma excelente precisão e é ideal para monitorizar aplicações solares. A sua fonte de alimentação funciona a 24 VDC e 90 - 264 VAC e permite que a corrente contínua seja usada como backup.

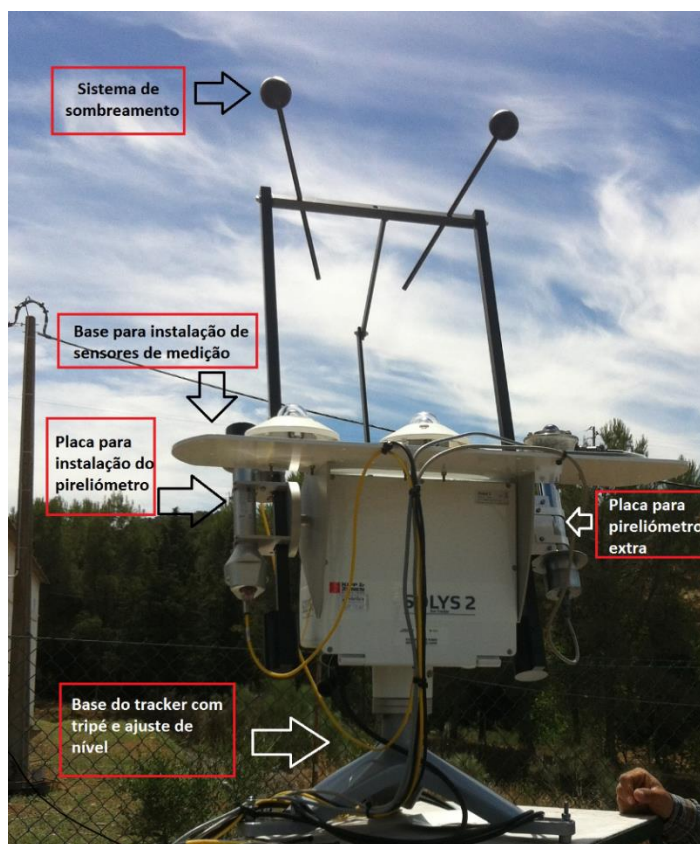


Figura 21 – Configuração Solys 2

O tracker foi montado e testado pela primeira vez no topo do edifício da fase III da Universidade de Évora de forma a garantir que todos os componentes se encontravam a funcionar de forma correta e sem defeitos de fabrico.



Figura 22 – Ensaio do Solys 2 realizado na Universidade de Évora

Sensores de radiação:

Piranómetro (Radiação global)

O piranómetro é um instrumento meteorológico muito preciso que realiza medições de radiação global incidente sobre a superfície terrestre com um ângulo de visão de 180°. O piranómetro é geralmente composto por uma termopilha que converte o aumento de temperatura de um elemento sensor devido à absorção de radiação, na gama de 0,3 a 3 micrómetros, num sinal elétrico o qual é função da intensidade de radiação absorvida. Este sinal elétrico pode depois ser medido com a ajuda de outros dispositivos, como é o caso do Datalogger. Este sensor possui também uma cúpula de vidro no topo que cobre a área do elemento sensor, preservando um campo de visão de 180°, protegendo dos elementos atmosféricos e diminuindo as perdas por convecção. Possui ainda um compartimento para a inserção de uma cápsula de sílica que absorve a humidade no interior do sensor.

Piranómetro (Radiação difusa)

O sensor utilizado é o mesmo que no processo de medição de radiação global e segue o mesmo tipo de princípios de funcionamento. Para realizar a medição da radiação difusa é necessário recorrer à utilização de um componente (esferas de sombreamento) que faça o bloqueio da radiação direta, permitindo que o sensor meça a radiação difusa.

Pirgeómetro

O pirgeómetro é um instrumento meteorológico que realiza medições da radiação infravermelha atmosférica. Cerca de 99% da radiação solar que chega à superfície da terra está contida numa gama entre 0,3 a 3,0 micrómetros, enquanto a radiação infravermelha está contida entre 4,0 e 50 micrómetros. A radiação de onda curta é medida pelos piranómetros (já descritos acima), enquanto a radiação de onda longa é medida usando um pirgeómetro. Estes dispositivos possuem o mesmo sistema de termopilha e compensação de temperatura que os piranómetros sendo que o elemento sensor está pintado com uma tinta especial (Parsons Eppley Black Lacquer) com uma emissividade muito próxima de 1. A termopilha presente no sensor é usada para medir o balanço de radiação do pirgeómetro e o termistor é usado para medir a temperatura do corpo do sensor que depois é usada para determinar a radiação infravermelha emitida pelo próprio sensor.

Para proteger a termopilha da radiação de onda curta, o sensor possui uma cúpula de silício com um filtro interferométrico depositado por vácuo situado no interior da cúpula. Este filtro reduz de forma acentuada a gama de radiação captada pelo sensor, reduzindo-a para um intervalo situado entre os 3,5 e 40 micrómetros.

Pireliómetro

O pireliómetro é um instrumento que realiza medições de radiação solar direta com alta precisão numa gama de 0,2 a 3,0 micrómetros. Possui uma termopilha que responde ao estímulo da energia total absorvida pelo revestimento da superfície negra do sensor, aumentando a sua temperatura. A diferença de temperatura na entre o elemento sensor e o corpo do sensor é convertida em tensão de forma proporcional à radiação incidente no sensor. Essa tensão pode ser medida com a ajuda de dispositivos destinados a desempenhar essas funções, como é o caso do Datalogger. Possui também um compartimento para a inserção de uma cápsula de sílica que absorve a humidade no interior do sensor.

3.4. Calibração de sensores

De forma a recuperar e reutilizar alguns dos sensores pertencentes ao Centro de Geofísica de Évora foi feita uma limpeza e recalibração do material. O objetivo desta ação é verificar se estavam a funcionar corretamente de forma a serem integrados na estação projetada para o ALEX2014.

Foram realizadas duas calibrações de sensores usando dois métodos de calibração distintos. Os sensores calibrados foram um pirgeómetro e um piranómetro, sendo que o primeiro foi calibrado em laboratório usando material específico e o segundo foi calibrado usando um pireliómetro.

A recalibração é um processo necessário antes de realizar a instalação de sensores na estação devido a serem dispositivos já com algum tempo de utilização, o que faz com que haja alteração dos materiais que os compõem afetando a sensibilidade e precisão dos mesmos. Com este processo esperamos obter novas constantes de calibração próximas dos valores presentes nos manuais dos respetivos fabricantes.

Calibração pirgeómetro Eppley PIR

A calibração do pirgeómetro foi realizada em laboratório seguindo o procedimento indicado no manual do fabricante.

Para realizar o processo de calibração foi necessário recorrer ao uso do CR10, de uma interface, de um simulador de radiação de corpo negro (emissividade próxima de 1), um regulador de temperatura, um termómetro digital, uma resistência de 1K e ao software Loggernet. O método usado para a calibração do sensor foi a representação gráfica de tensão de saída do sensor correspondente à diferença de potencial na termopilha em função do balanço de radiação infravermelha medida na termopilha (W/m^2). Ao obter o gráfico, utiliza-se uma regressão linear, onde o declive da reta obtida é a sensibilidade do sensor, ou seja, a nova constante de calibração.

A primeira fase consistiu na programação do CR10 de modo a que pudesse fazer as medições necessárias. O CR10 possui uma memória interna onde recebe e interpreta os sinais dos sensores, de seguida executa as ordens e cálculos de acordo com a programação feita e no final faz a transferência dos resultados para uma memória externa. As leituras dos vários parâmetros feitas pelo CR10 foram realizadas de minuto a minuto. Em baixo, podemos observar um pequeno excerto do programa utilizado contendo as instruções referentes às medições de tensão na termopilha.

; *Measure thermopile*

1: Volt (Diff) (P2)

1:	1	Reps
2:	1	2.5 mV Slow Range
3:	1	DIFF Channel
4:	1	Loc [PIR_mV]
5:	1.0	Mult
6:	0.0	Offset

O ficheiro com a programação utilizada durante o processo de calibração do sensor encontra-se no capítulo referente a anexos.

Após a realização do programa foram montados os equipamentos de forma dar início à serie de medições. O sensor foi ligado ao CR10 respeitando as instruções do fabricante. A termopilha foi ligada a um canal diferencial respeitando a polaridade do sensor, enquanto que os dois termístores foram ligados em dois canais *single ended*. Foram realizadas todas as ligações necessárias a canais de massa e foi feita uma ligação em ponte de uma resistência de 1K entre um canal *single ended* e um canal de excitação. O CR10 foi depois ligado a um computador através de uma interface, onde foram recolhidos os parâmetros necessários para a calibração usando o software LoggerNet 3.2 e o programa desenvolvido.

O pirgeómetro foi colocado de baixo de um simulador de radiação de corpo negro que possui uma serpentina onde passa água a uma temperatura determinada por nós, servindo de temperatura de referência. A temperatura do corpo do sensor será medida pelo termístor instalado no corpo do mesmo.

A sensibilidade do sensor é dada por:

$$S = \frac{\epsilon \cdot \sigma \cdot T_{ref}^4 - \sigma \cdot T_s^4}{mV}$$

Sendo:

ε – Emissividade ($\varepsilon = 1$)

σ – Constante de Stefan-Boltzmann ($5.670373(21) \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$)

T_{ref} – Temperatura de referência (temperatura imposta pelo regulador)

T_s – Temperatura do sensor

mV – Diferença de potencial gerada

As medições foram realizadas em intervalos de 2,5°C, aproximadamente, anotando os períodos onde o termómetro digital registou a estabilização da temperatura de referência e do sensor. O início das medições realizou-se às 15:36h e terminou às 19:06h. Todas as temperaturas foram recolhidas em °C e posteriormente convertidas em Kelvin.

Hora	Temperatura 1 (°C)	Temperatura 2 (°C)	Temperatura 1 (K)	Temperatura 2 (K)	Temperatura pirgeómetro (K)
15:36	19,6	19,6	292,75	292,75	293,28
15:54	22,4	22,4	295,55	295,55	293,59
16:16	25,6	25,6	298,75	298,75	294,45
16:37	27,9	27,9	301,05	301,05	295,52
16:58	30,3	30,3	303,45	303,45	296,82
17:15	32,4	32,6	305,55	305,75	298,02
17:37	35,6	35,7	308,75	308,85	299,87
17:55	37,4	37,6	310,55	310,75	301,39
18:19	40,2	40,3	313,35	313,45	303,59
18:40	42,6	42,7	315,75	315,85	305,5
19:06	44,9	45,1	318,05	318,25	307,81

Última recolha de dados: 19h06min

Tabela 8 – Anotação dos dados de temperatura recolhidos

A “Temperatura 1” presente na tabela corresponde à temperatura da água no depósito, enquanto a “Temperatura 2” corresponde à temperatura da superfície da cavidade de referência (corpo negro). A “Temperatura pirgeómetro” é a temperatura do corpo do pirgeómetro obtida através do ficheiro de registo de dados do software Logger Net.

Após a recolha de todos os dados necessários procedeu-se ao tratamento de dados.

Neste processo foi calculado o balanço de radiação infravermelha registado no pirgeómetro e anotados os valores da diferença de potencial medidos durante os vários períodos de registo.

Tratamento de dados	
$\epsilon \cdot \sigma \cdot T_{ref}^4 - \sigma \cdot T_s^4$	mV
-3,024049076	-0,0103
11,36238427	0,05778
25,44765483	0,11522
33,28892267	0,15539
40,65926148	0,19025
46,94599692	0,22178
56,76715518	0,26925
59,52129376	0,28253
64,98907368	0,30677
69,69383134	0,32867
71,18702631	0,3393

Tabela 9 – Cálculos necessários para a construção do gráfico

Com os valores registados no tratamento de dados foi realizada uma representação gráfica relacionando o balanço de radiação infravermelha no sensor do pirgeómetro (eixo das ordenadas) em W/m² e da diferença de potencial medida em mV (eixo das abcissas).

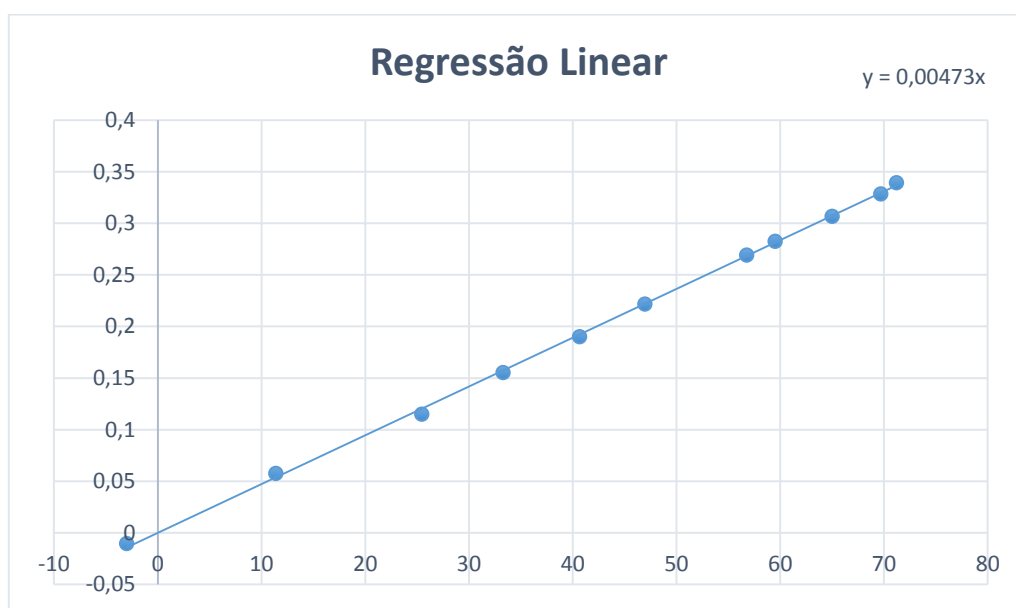


Figura 23 – Regressão linear e equação da reta

A reta presente no gráfico foi forçada a passar na origem (0;0) e o valor do seu declive (m) corresponde à razão entre balanço de radiação infravermelha no sensor do pirgeómetro e diferença de potencial medida.

Equação da reta:

$$y = 0,00473x$$

Através da equação da reta podemos retirar o valor do declive que corresponde a um $m = 0,00473$.

O valor de m vai corresponder à constante de calibração S (sensibilidade) que pode ser obtida usando como base a seguinte fórmula de cálculo referida anteriormente:

$$S = \frac{\varepsilon \cdot \sigma \cdot T_{ref}^4 - \sigma \cdot T_s^4}{mV}$$

Após o cálculo da nova constante de calibração foram realizados cálculos relativos aos erros experimentais. O processo de cálculo dos erros experimentais pode ser encontrado na secção de anexos.

Através do cálculo de erros experimentais foram obtidos duas novas regressões lineares dando origem a um limite superior e inferior do intervalo dos erros.

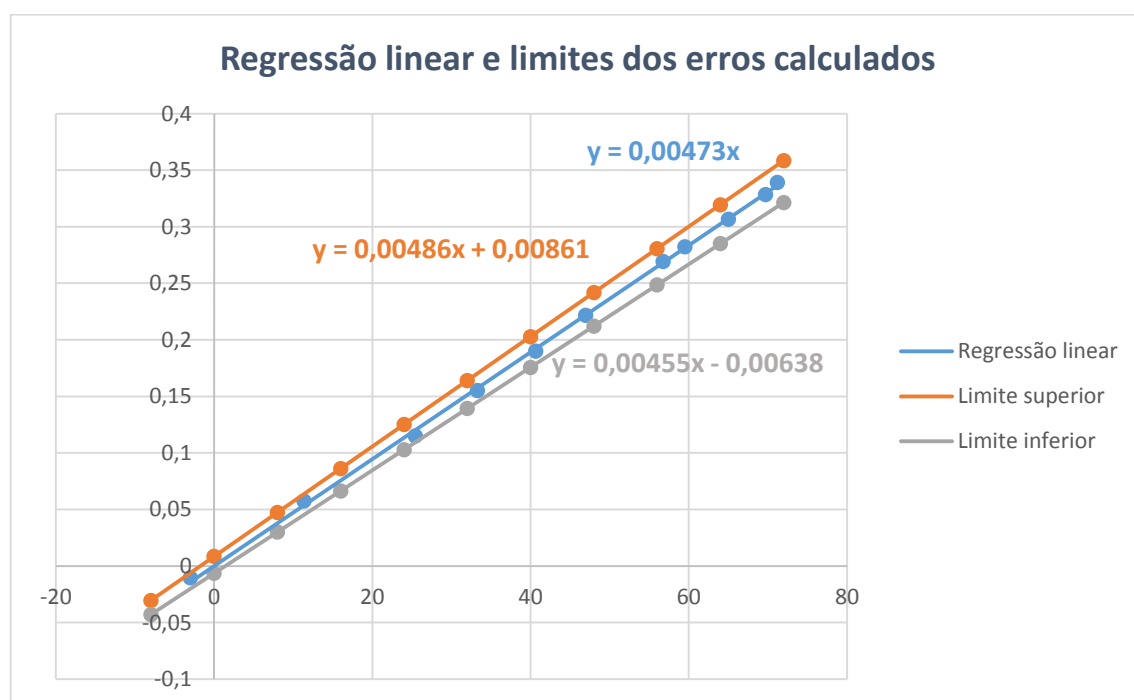


Figura 24 – Regressão linear original e representação do cálculo dos erros

Podemos observar, através do gráfico, que a regressão linear obtida utilizando os dados recolhidos em laboratório se encontra entre o limite superior e inferior dos erros que foram calculados, mesmo forçando a passagem da regressão linear inicial pela origem, considerando o resultado obtido válido.

Em relação a sensibilidade do equipamento podemos verificar que o valor obtido se aproxima de valor fornecido pelo fabricante. O facto de a sensibilidade ter sofrido uma

diminuição pode ser justificada com a alteração/degradação de alguns componentes do sensor devido a uso prolongado.

Sensibilidade calculada	4,73 [$\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$]
Sensibilidade fabricante	4,83 [$\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$]

Tabela 10 – Comparação da sensibilidade pirgeómetro

Calibração piranómetro

A calibração deste sensor foi feita recorrendo a um pireliómetro como referência. O sensor de referência é um sensor previamente calibrado que é usado na recolha de dados que são utilizados para a calibração de outros sensores.

Os valores da voltagem do piranómetro correspondem à radiação solar direta procedente da diferença entre os valores medidos para a radiação solar hemisférica e a radiação solar difusa. Estes valores são medidos de forma periódica durante um processo onde se alterna o uso de um disco de sombreamento. Para a realização deste procedimento o céu deve estar sem nuvens de forma a obter precisão nos resultados. Os sensores devem possuir espaço entre eles de forma a poder manusear corretamente o disco de sombreamento sem qualquer tipo de interferência e a distância máxima entre os dois deve ser menor que 30m. O sistema de aquisição de dados usado para registar os valores medidos deve um voltímetro de precisão com uma resolução de 1 microvolt e uma margem de erro de 0,1%.

As medições com o disco de sombreamento foram realizadas com intervalos de 5 minutos, tapando e destapando o sensor com o disco de sombreamento.

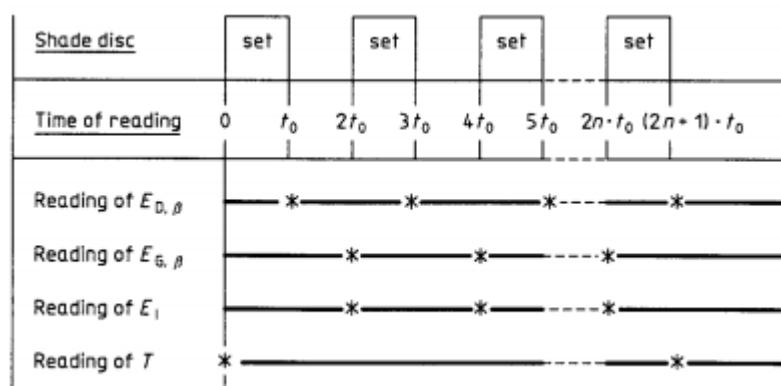


Figura 25 – Esquema de sombreamento e leituras da calibração

Através das medições foi obtida informação relativa à temperatura do ar, voltagem do sensor de referência, temperatura do sensor de referência e voltagem do sensor a calibrar. As medições foram realizadas de segundo a segundo durante aproximadamente

32 minutos com recurso ao CR10 e ao Logger Net. O ângulo de zénite foi obtido através de um software de cálculo da posição solar usando um algoritmo desenvolvido pelo NREL (National Renewable Energy Laboratory), disponibilizado na sua página de internet. O algoritmo de cálculo será incluído no trabalho na secção de anexos.

1	TIMESTAMP	RECORD	T_AIR	V_DIR_REF	T_DIR_REF	V_PYR_CAL3	Zenith angle	Marcadores
2	TS	RN	degC	mV	degC	mV	degrees	
3			Smp	Smp	Smp	Smp		
4	17/05/14 13:06:06	11005	26,04	6,792	31,18	1,329	20,704883	VD(2i-1)
5	17/05/14 13:06:07	11006	25,99	6,798	31,27	1,329	20,706466	
6	17/05/14 13:06:08	11007	25,86	6,801	31,14	1,322	20,70805	
7	17/05/14 13:06:09	11008	25,91	6,798	31,27	2,267	20,709634	
8	17/05/14 13:06:10	11009	25,91	6,792	31,27	3,701	20,711219	
9	17/05/14 13:06:11	11010	25,78	6,798	31,27	4,79	20,712804	
10	17/05/14 13:06:12	11011	25,78	6,798	31,27	5,604	20,71439	

Figura 26 – Exemplos de dados relativos às medições obtidos com Logger Net e convertidos para Excel

Para realizar o cálculo da nova sensibilidade do sensor foi necessário recorrer ao uso das seguintes fórmulas:

$$R_S(i) = \frac{\Delta V[mV]}{RAD[\frac{W}{m^2}]} = \frac{\{V_G(2i) - 0,5(V_D(2i-1) + V_D(2i+1))\}}{\{V_I(2i) \cdot F_p \cdot \cos[\eta(2i)]\}} = \frac{\{V_G(2i) - 0,5(V_D(2i-1) + V_D(2i+1))\}}{\{1000 \cdot \frac{V_I(2i)}{7,66} \cdot \cos[\theta(2i)]\}}$$

$$\bar{R}_S = \frac{\sum_{i=1}^n \{V_G(2i) - 0,5(V_D(2i-1) + V_D(2i+1))\}}{\sum_{i=1}^n \{V_I(2i) \cdot F_p \cdot \cos[\eta(2i)]\}} = \frac{\sum_{i=1}^n \{V_G(2i) - 0,5(V_D(2i-1) + V_D(2i+1))\}}{\sum_{i=1}^n \{1000 \cdot \frac{V_I(2i)}{7,66} \cdot \cos[\theta(2i)]\}}$$

O valor usado para a sensibilidade do pireliómetro de referência foi 7,66 microV/Wm-2.

Para obter o valor de $R_S(i)$ referentes à primeira fórmula, tivemos de obter os valores dos parâmetros VD (2i-1), VD (2i+1), VG (2i) e VI (2i) presentes na equação através da observação dos dados recolhidos. O valor de θ é dado pelo ângulo de azimute no instante em que o piranómetro atinge a marca VG (2i).

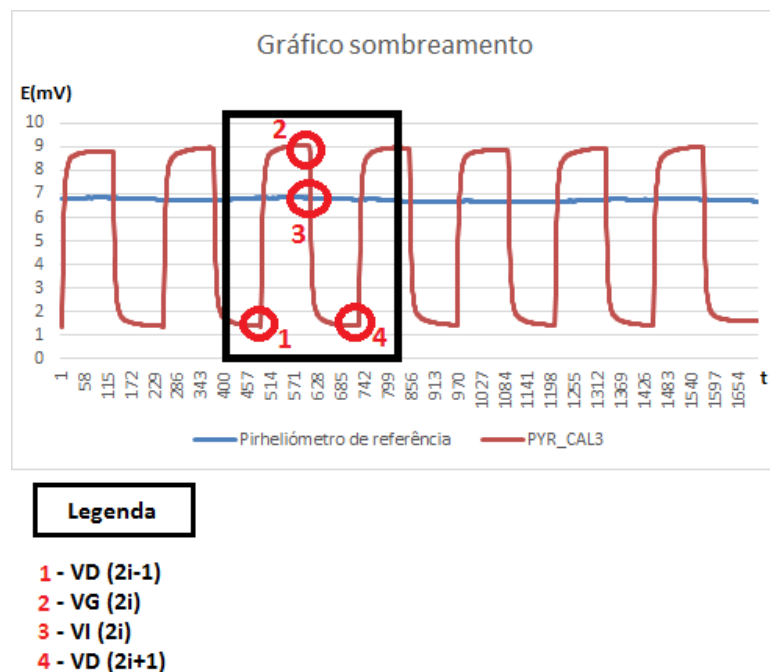


Figura 27 – Gráfico que demonstra períodos de sombreamento através dos dados obtidos.

Os parâmetros necessários para realizar o cálculo da equação acima referida podem ser obtidos seguindo o seguinte processo:

Na área destacada do gráfico de evolução da radiação do piranómetro podemos observar quatro situações diferentes, considerando que o conjunto de elementos identificados forma um ciclo correspondente a uma das fases do processo de sombreamento:

- 1- Pode-se verificar que este ponto é o mais baixo estável antes de sofrer nova subida. Note-se que gráfico está a sofrer um decréscimo de radiação devido ao sombreamento imposto pelo disco no ciclo anterior. Os valores foram diminuindo até atingir um valor estável antes do sensor voltar a ser destapado e a curva do gráfico sofrer um novo aumento. Este parâmetro é considerado o parâmetro VD (2i-1). Este parâmetro corresponde ao início do ciclo observado e ao final do ciclo anterior.
- 2- Pode-se observar que a radiação está a subir atingindo um período de estabilização. Quando o sensor é sujeito a nova ação do disco dá-se uma nova quebra de radiação. O ponto mais alto estável antes do gráfico sofrer novo decréscimo corresponde ao parâmetro VG (2i).
- 3- Este parâmetro é chamado VI (2i) e corresponde ao valor medido no pirheliómetro de referência no momento em que o piranómetro atinge VG (2i).
- 4- Este ponto é idêntico ao ponto 1 e marca o final do ciclo, sendo denominado VD (2i+1). O ponto que marca o final deste ciclo vai corresponder ao ponto de início do ciclo seguinte, ou seja, ao VD(2i-1).

Para destacar os valores observados para este processo foram utilizados marcadores com cores de forma a identificar o início de um gráfico e o final do anterior, permitindo maior precisão e mais facilidade de análise.

246	17/05/14 13:10:08	11247	26,82	6,752	31,4	1,394	21,102599		
247	17/05/14 13:10:09	11248	26,9	6,752	31,4	1,394	21,104302		
248	17/05/14 13:10:10	11249	26,82	6,746	31,4	1,394	21,106006		MARCADORES
249	17/05/14 13:10:11	11250	26,82	6,746	31,4	1,394	21,10771		↑
250	17/05/14 13:10:12	11251	26,82	6,752	31,4	1,388	21,109415		
251	17/05/14 13:10:13	11252	26,9	6,756	31,4	1,381	21,11112		
252	17/05/14 13:10:14	11253	26,86	6,752	31,4	1,381	21,112825	VD(2i+1)	VD(2i-1)
253	17/05/14 13:10:15	11254	26,86	6,756	31,4	1,375	21,114531		
254	17/05/14 13:10:16	11255	26,95	6,759	31,4	1,371	21,116238		
255	17/05/14 13:10:17	11256	26,95	6,759	31,4	2,772	21,117945		
256	17/05/14 13:10:18	11257	26,95	6,752	31,32	4,098	21,119652		

Figura 28 – Marcadores usados durante o processo de análise

No total foram observados 1700 dados que deram origem a 7 gráficos correspondentes ao processo de sombreamento.

Para cada um desses gráficos foram recolhidos os parâmetros referidos acima e calculado o valor de $R_S(i)$, usado posteriormente na seguinte razão entre somatórios:

$$\bar{R}_S = \frac{\sum_{i=1}^n \{V_G(2i) - 0,5 (V_D(2i-1) + V_D(2i+1))\}}{\sum_{i=1}^n \{V_I(2i) \cdot F_p \cdot \cos[\eta(2i)]\}} = \frac{\sum_{i=1}^n \{V_G(2i) - 0,5 (V_D(2i-1) + V_D(2i+1))\}}{\sum_{i=1}^n \{1000 \cdot \frac{V_I(2i)}{7,66} \cdot \cos[\theta(2i)]\}}$$

O resultado da razão de somatórios tem como função criar um intervalo de aceitação para melhorar a precisão e viabilidade dos resultados.

O intervalo de aceitação de valores é contruído através da atribuição de um desvio de 1% em relação ao valor de \bar{R}_S .

Desvio em relação a \bar{R}_S	
$\bar{R}_S = 0,009202997$	
$\bar{R}_S - 1\%$	$\bar{R}_S + 1\%$
0,00911097	0,00929503
Intervalo de aceitação	
[0,00911097 ; 0,00929503]	

Tabela 11 – Cálculo do desvio e intervalo de aceitação de valores

O intervalo de aceitação construído serviu para realizar uma triagem dos valores de $R_S(i)$ obtidos para cada gráfico.

Cor do marcador	Gráfico	$R_S(i)$	Intervalo de aceitação	$R_S(i)$ final
Amarelo	1	0,00894201	Excluído	0,00923484
Azul escuro	2	0,00921847	Incluído	
Laranja	3	0,00924585	Incluído	
Verde claro	4	0,00931159	Excluído	
Vermelho	5	0,00923868	Incluído	
Verde escuro	6	0,00921659	Incluído	
Azul	7	0,00925469	Incluído	

Tabela 12 – Análise de $R_S(i)$ usando o intervalo de aceitação e do parâmetro final

Seguindo os valores impostos pelo intervalo de aceitação foram avaliados os parâmetros $R_S(i)$ obtidos anteriormente de forma a decidir a sua inclusão ou exclusão no cálculo do $R_S(i)$ final. O $R_S(i)$ final foi obtido recorrendo de novo à formula de \bar{R}_S mas desta vez calculando a razão entre somatórios apenas para os valores considerados válidos.

Para calcular o valor referente a sensibilidade final e ao fator de calibração do piranómetro recorreremos às seguintes fórmulas:

Sensibilidade final

$$R = \frac{1}{p} \cdot \sum_{l=1}^p R_S(l)$$

Factor de calibração

$$F = \frac{1}{R}$$

A sensibilidade final foi obtida através do somatório de todos os valores considerados válidos multiplicados pelo inverso da quantidade de valores válidos (p), enquanto o valor do fator de calibração corresponde ao inverso do valor da sensibilidade do sensor calculada durante este processo.

Sensibilidade final
R
0,009234853
Factor de calibração
F
108,2854309

Tabela 13 – Cálculo da sensibilidade final e fator de calibração

Ao observar a nova sensibilidade obtida para o equipamento podemos verificar que o valor obtido está próximo do valor original à saída de fábrica. O facto de a sensibilidade ter sofrido uma diminuição pode ser justificada com a alteração/degradação de alguns componentes do sensor devido a uso prolongado.

Sensibilidade calculada	0,00923 [$\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$]
Sensibilidade fabricante	0,00940 [$\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$]

Tabela 14 – Comparação da sensibilidade piranómetro

3.5. Instalação do equipamento

Após a calibração dos sensores e tracker procedeu-se à instalação de todo o equipamento destinado à estação em Alqueva.

Para a instalação da estação foi necessária a construção de uma base de suporte onde ficaria assente todo o equipamento. O suporte tem uma altura de cerca de 1,5m e foi colocado numa zona sem sombreamento, de forma a garantir o correto funcionamento dos sensores. É composto por uma armação de ferro e por uma base de mármore no topo, onde foi fixado o tripé que constitui a base do tracker. Além da base de mármore a estrutura possui também uma base inferior de ferro que serve de apoio a caixa de alimentação do sistema e serve de reforço à estrutura. A caixa de alimentação fornece energia a todos os equipamentos instalados e possui um sistema de UPS, salvaguardando o funcionamento do sistema em caso de falha eléctrica. A caixa de alimentação foi isolada de forma a prevenir problemas com o material eléctrico. Na lateral foi instalada a caixa de registo contendo o CR1000, módulo de armazenamento de dados, módulo de fornecimento de energia e o respetivo equipamento associado.

A estrutura foi fixada usando cabos de aço fixados ao chão e conta com duas sacas com gravilha colocadas no reforço inferior da estrutura de forma a manter a estrutura estável e resistente a possíveis intempéries.



Figura 29 – Montagem da base, caixa de alimentação e caixa de registo

A caixa de registo colocada na lateral possui o CR1000 onde foi realizada a ligação de todos os sensores da estação, incluindo o pirgeómetro calibrado no laboratório. Através da observação da caixa podemos verificar a ligação do CR1000 ao Eppley PIR que é idêntica à montagem realizada em laboratório para a calibração do sensor, onde foi utilizado o CR10.

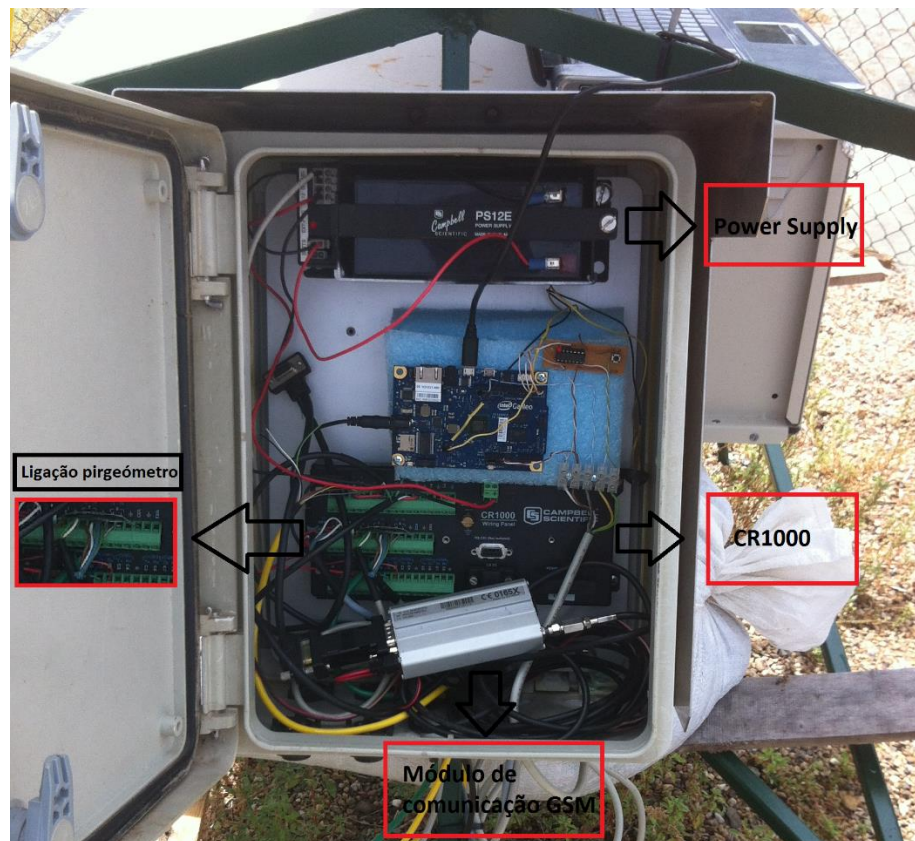


Figura 30 – Interior da caixa de registo

O primeiro equipamento a ser instalado no suporte da estação foi o sistema de tracking. O sistema foi aparafusado a base de mármore de forma e depois nivelado de forma a garantir estabilidade, sendo depois sujeito a um primeiro teste de alinhamento através do sistema de GPS.

Após a instalação do tracker, foram instalados dois piranómetros e o pirgeómetro referido acima na placa de suporte situada na parte superior. Esses três sensores permitem recolher dados de radiação global, radiação difusa (combinando os piranómetros com o sistema de sombreamento do tracker) e a radiação infravermelha descendente, ou seja, atmosférica. Nas laterais foram instalados dois pireliómetros de forma a medir a radiação solar direta, podendo ser realizada uma comparação dos resultados obtidos por ambos. Após a ligação dos sensores foi realizado um teste usando o LoggerNet de forma verificar se estavam a ser recebidos dados válidos. Todos os sensores foram alvo da substituição de sílica de forma a garantir o seu funcionamento correto.

Para a montagem dos sensores foi necessária a acomodação da cablagem de forma a permitir que o tracker se pudesse movimentar livremente e sem interferências.

Após o teste de todos os sensores o tracker foi de novo ligado de forma a ser novamente alinhado usando de novo o sistema de GPS e posteriormente o processo de alinhamento fino do sistema. O sistema de GSM foi também testado de forma a garantir a transmissão de dados, permitindo aceder aos dados recolhidos ou até mesmo alterar a programação dos sensores da estação.



Figura 31 – Tracker e sensores após montagem

4. Conclusões

Através da unidade de Prática de Sistemas energéticos foi possível ter um contacto mais prático com vários elementos de aproveitamento e avaliação de recurso solar, onde foi possível ganhar alguma experiência e ao mesmo tempo aplicar conceitos lecionados nas unidades teóricas relacionadas com a área. O trabalho desenvolvido teve como base o estudo de recurso solar e aplicação em dimensionamentos de sistemas autónomos PV e a calibração de sensores através do uso de diferentes metodologias.

Na área dos sistemas autónomos foi possível tomar contacto com um caso prático de dimensionamento de um sistema autónomo onde foi possível explorar a relação entre o recurso e a produção do sistema, assim como estudar as necessidades do mesmo. Foi possível também tomar contacto com os elementos que constituíam o sistema, onde pode adquirir conhecimento teórico e prático do funcionamento de cada dispositivo, assim como executar a montagem do sistema. Houve também a interação com um software de simulação e análise de sistemas fotovoltaicos, o PVSyst 6.23, onde foi possível realizar o cálculo das necessidades do sistema de aquisição de dados assim como das várias sondas, percebendo como é que as características de cada componente podem afetar o as necessidades a satisfazer pelo sistema autónomo. O contacto com o software proporcionou a aprendizagem de vários conceitos técnicos incluídos no programa com os quais nunca tinha tido contacto, que se mostraram de extrema importância na configuração e funcionamento do sistema autónomo. O trabalho incluiu também a realização também vários testes de dimensionamento prevendo um aumento de 20%, 30% e 40% do consumo atual, criando margem para uma possível extensão do equipamento da plataforma, tornando o sistema instalado mais versátil. A análise ao sistema instalado permitiu verificar que pode satisfazer até um total de 480W diários, enquanto as necessidades impostas pelo equipamento que está atualmente instalado são de apenas 144W diários. Foi também realizado um estudo da evolução da bateria de forma a fazer uma avaliação do desempenho do sistema durante cerca de 7 semanas. Os dados foram enviados diretamente da plataforma através do sistema GSM instalado e foram analisados recorrendo a métodos gráficos de forma a avaliar as oscilações de tensão da bateria. O estudo da evolução do sistema permitiu também perceber a ação do controlador/regulador de carga, assim como o comportamento da bateria no período noturno e diurno mediante

o período de ação mais ou menos ativa dos painéis através da comparação com a radiação registada.

Na área de calibração de sensores verificou-se a necessidade da realização de manutenção constante destes sensores, evitando a sua degradação e mantendo a calibração atualizada de forma a manter a precisão dos valores obtidos nas leituras dos sensores. A manutenção é essencial pois a degradação dos componentes dos sensores tem uma influência direta nas medições realizadas pelos mesmos, afetando assim a viabilidade de qualquer estudo ou atividade onde sejam inseridos. A falta de precisão na avaliação do recurso pode provocar uma divergência acentuada na estimativa de produção de energia em relação à realidade, tendo consequências energéticas e económicas bastante prejudiciais.

Foram realizadas duas calibrações de sensores usando métodos diferentes obtendo valores de sensibilidade próximos dos valores originais à saída de fábrica. O primeiro método permitiu adquirir conhecimentos na área de programação de Datalogger usando o software LoggerNet. Permitiu também o contacto físico com o material onde pude realizar a montagem de todo o equipamento e adquirir competências práticas na ligação de sensores e Datalogger, assim como ao nível de funcionamento.

A segunda calibração foi realizada através do método de comparação usando um sensor previamente calibrado como referência. Esta calibração permitiu o contacto normas internacionais permitindo uma aprendizagem que poderá ser uma mais-valia posteriormente no mercado de trabalho.

Na segunda parte do trabalho foi analisada a constituição das estações BSRN standard, assim como a sua evolução até ao período atual. Foi projetada uma estação que foi instalada em Alqueva utilizando os sensores calibrados, juntamente com novos sensores e um sistema de tracking adquirido para o projeto. O sistema de tracking foi montado e testado na Universidade e depois transportado para a sua localização atual, o que permitiu um maior contacto com o equipamento de forma perceber a sua constituição e especificações. A montagem da estação foi sem dúvida umas das atividades onde foi possível tomar um maior contacto com o sistema de tracking e sensores onde foi possível fazer a ligação de todo o equipamento de raiz permitindo adquirir competências práticas extremamente uteis para o futuro.

Em resumo, este trabalho permitiu adquirir competências teóricas e práticas bastante importantes para o desenvolvimento de futuros projetos e integração no mercado laboral. Penso que objetivo da unidade curricular de Prática de Sistemas Energéticos foi

cumprido e foi bastante importante na minha aprendizagem como estudante permitindo estender os meus conhecimentos na área de solar e ao mesmo tempo aprender a trabalhar de forma mais autónoma.

5. Referências bibliográficas

1. McArthur, L.J.B.; World Climate Research Programme - Baseline Surface Radiation Network (BSRN); Operations Manual Version 2.1 (2005)
[https://www.wmo.int/pages/prog/gcos/.../WCRP21_TD1274_BSRN.pdf]
2. Lee, Clive; Kipp & Zonen Baseline Surface Radiation Network - Operation Manual; [<http://www.kippzonen.com/Download/124/Scientific-Solar-Monitoring-Station-BSRN-requirements>]
3. Burba, G. e Anderson, D; Introduction to the Eddy Covariance Method; General Guidelines, and Conventional Workflow;
[www.instrumentalia.com.ar/pdf/Invernadero.pdf]
4. Empresa de Desenvolvimento de Infra-estruturas do Alqueva, S.A.;
[<http://www.edia.pt/pt/>]
5. Roteiro do Alqueva; Guia Turístico | Alentejo – Portugal;
[<http://www.roteirodoalqueva.com/barragem-do-alqueva/>]
6. Campbell Scientific, Inc.; Eppley PIR – Precision Infrared Radiometer; Application Note 2RA-H;
7. Campbell Scientific, Inc. - The Eppley Laboratory, Inc; Precision Infrared Radiometer, Model PIR Instruction Sheet;
8. Campbell Scientific, Inc. - The Eppley Laboratory, Inc; Instrumentation for the measurement of the componentes of the solar and terrestrial radiation;
9. Portal Energia – Energia Renováveis; [<http://www.portal-energia.com/dimensionamento-do-controlador-de-carga-para-um-sistema-solar/>]
10. Portal Energia – Energias Renováveis; Energia Fotovoltaica – Manual sobre tecnologias, projecto e instalação; [www.portal-energia.com/.../guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf]
11. Castro, Rui; Uma Introdução às Energias Renováveis - Eólica, Fotovoltaico e Mini-hídrica, Lisboa; IST Press (2011);
12. PVSyst 6.23 - Photovoltaic system study; [<http://files.pvsyst.com/help/>]
13. MIDC SPA Calculator; National Renewable Energy Laboratory (NREL);
[<http://www.nrel.gov/midc/solpos/spa.html>]

6. Anexos

Manuais e brochuras de equipamentos:

Anexo 1:



Página de rosto – Manual controlador de carga Steca PR1515;

[http://www.steca.com/module/datadataadministration/frontend/standard/popup_downloaddocuments.php?fl=MS8xMDEvbWVkaWEvbWFudWFsL2dsb2JhbC9Tb2xhcml4X1BSU19NYW51YWxfRU4ucGRm]

Anexo 2:

Série
EE

Série EE

baterias estacionárias estanques



Baterias Industriais

Baterias Estacionárias Estanques

O princípio de funcionamento das baterias AGM (rede/gaze de fibra de vidro absorvente) - VRLA (chumbo-ácido com válvula reguladora), estacionárias estanques da série EE é o da "recombinação interna de gases".

As performances das baterias da série EE são excepcionais, tanto em descarga lenta como em rápida e, também permitem uma quase total ausência de manutenção (sendo no entanto aconselhada uma inspeção periódica), pois a sua concepção e princípio de funcionamento é baseado na recombinação interna de gases.



Os acumuladores da série EE podem ser associados e integrados aos componentes eléctricos mais sofisticados, para os quais eles constituem muitas vezes a fonte de energia de emergência. A sua compactidade, a sua estanquicidade (funcionamento em qualquer posição) e o seu isolamento eléctrico, permitem às baterias um funcionamento na proximidade imediata dos consumidores. Não existe a necessidade de um receptáculo ou localização particular da bateria. Esteja ligada em série, em paralelo, ou em série-paralelo, as baterias da série EE oferecem a mais total segurança.

Principais características	Eurobat
Estanques Recombinação gasosa (98%-99%) Válvulas de segurança de grande fiabilidade Bloco e tampa em ABS Terminais de cobre cobertos por liga de prata aplicada por electrodep. Baixa autodescarga Grelhas em liga de Chumbo-Estanho-Cálcio Interligação entre os elementos em liga Chumbo-Estanho. Separadores em fibra de vidro e alta porosidade. Materiais recicláveis	As baterias da série EE são produzidas de acordo com o Guia Eurobat e as normas ISO 9001, UL, IEC862-2. A esperança de vida útil em condições de utilização controladas (Guia Eurobat): 5 anos - Standard Comercial 10 anos - High Performance

Aplicações

As baterias da série EE, com tecnologia AGM-VRLA, são recomendadas para qualquer tipo de sistema eléctrico em que seja necessário garantir a autonomia de funcionamento. Aplicações típicas: Segurança Informática (UPS), Sistemas de Alarmes, Sinalização de Emergência, Sistemas de Telecomunicações.







2011.02.15 - Provisório

A. A. SILVA, SA
www.autosil.pt



Página de rosto – Manual bateria Autosil Série EE;

http://media.wix.com/ugd/a56f3a_e062984a9a354d671ae70ec9b9b66567.pdf

Anexo 3:



80Watt Photovoltaic module
BP 380

The BP 380J is part of the BP Solar Poly 3-Series. It is an advanced 80W photovoltaic module with 12V nominal power output, making it ideal for battery charging applications. It addresses the needs of various battery based applications, such as caravan, boats, homes that do not have access to the utility grid and rural electrification. Other appliances are in remote industrial applications such as telemetry, security sensors and instrumentation systems. The 36 cells are connected in series and offer improved efficiency even under low light conditions through the use of advanced SiN coating. It has proven performance at high temperatures and its robust design makes the product durable in the field in almost any climate. This module has undergone the most rigorous testing to ensure reliable long term performance. The junction box is prepared with screw type terminals for flexible installation. There are two precasted holes for each size of cable glands, as 1/2" and M20.

Performance

Rated power	80W
Tolerance	±5%
Module efficiency	12.3%
Nominal voltage	12V
Warranty*	90% power output over 12 years 80% power output over 25 years Free from defects in materials and workmanship for 5 years

* Refer to BP Solar's Warranty document for details and conditions.

Qualification test parameters

Temperature cycling range	-50°C to +65°C for 200 cycles
Comp heat test	85°C and 85% relative humidity for 1000h
Front & rear load test (eg. wind)	2400Pa (equivalent to 265kg/m ² load distributed)
Front load test (eg. snow and wind)	5400Pa* (equivalent to 550kg/m ² load distributed)
Hailstone impact test	25mm hail at 23m/s from 1m distance

* Refer to BP Solar's Warranty document for details and conditions.

Quality and safety

- Conforms to European directives.
- Certified according to the IEC 61215 (Crystalline silicon terrestrial photovoltaic modules - Design qualification and type approval)
- Framed modules certified by TÜV Rheinland as Safety Class II IEC 60365 equipment for use in systems up to 600 VDC.
- Listed by Underwriters Laboratories for electrical and fire safety (UL 1703 - Class C fire rating).
- Module electrical measurements are calibrated to world radiometric reference via third party international laboratories.
- Manufactured in ISO 9001 certified factories.
- The data sheet complies with the requirements of EN 50383.



BP 380J scale 1:14

Efficiency (%)

9-10 | 10-11 | 11-12 | **12-13** | 13-14

BP 380J I-V Curves





Página de rosto – Manual painéis solares BP Solar BP380;

http://www.solarelectricsupply.com/media/custom/upload/bp380_bp375.pdf

Anexo 4:

Solar Radiation
www.novalynx.com

240-8111 Pyrradiometer



Model 240-8111 Pyrradiometer

The Model 240-8111 Pyrradiometer is a total hemispherical radiometer, used for exact determination of net radiation in short-wave and long-wave radiation range (0.3 to >30 μm) with two separately working receivers and with a built-in Pt-100 resistance thermometer to determine reference temperature. Two black, radiation absorbing plates act as sensors, one facing upward and one facing downward. Each transfers the energy absorbed to a separate 90-junction copper-constantan thermopile. Both of the two outputs are approximately $15 \mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$, one representing downward total radiation and the other representing upward total radiation. The difference between these two provides net radiation.

Lupolene domes shield the thermopiles from wind and moisture. Lupolene is essentially transparent to radiation from 0.3 to 60 microns. Two desiccant tubes are supplied to remove water vapor from inside the instrument housing. For long-term applications, fittings permit attachment of a nitrogen source for continuous purging. Levels are embedded in both the top and bottom faces of the pyrradiometer, and a 10" mounting arm is included.

- *WMO First Class*
- *Long-wave and short-wave measurements*
- *Independent from ambient temperature*
- *Separate outputs for upward and downward radiation*

Specifications

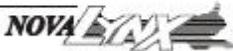
Internal temperature sensor: 100-ohm platinum resistance sensor
Spectral Sensitivity: 0.3 to >30 μm
Azimuth response: < 5% of the value
Cosine response: < 5% of the value, zenith angle 0° to 80°
Response time: < 25 sec (95%), < 45 sec (99%)
Measuring range: 0-1500 W/m^2
Resolution: < 1 W/m^2
Stability: < 3% per year (temporary operation)
Temperature effect: < 2% of the value between -20°C to + 40°C
Linearity: < 2% in the range 0.5-1330 W/m^2
Impedance: About 150 ohm/receiver plate
Output: About 15 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$
Ambient temperature: -40°C to + 60°C
Windshield: Lupolene dome, 2.4" (62 mm) diameter
Leveling: Bull's-eye levels on each face
Size: 14" L x 4" W x 3.5" H (365 x 100 x 90 mm)
Weight/shipping: 4 lbs/7 lbs (1.8 kg/3.2 kg)
Cable: 4 polar shielded, 5 m length

Ordering Information

240-8111	Pyrradiometer, including 2 desiccant tubes, silica gel, platinum resistance temperature sensor, and 5 meters of cable
240-8111-D	Lupolene Dome, 2 required
240-8111-OR	O-Rings, set of 4
240-8111-PT	Pt-100 Platinum Element
240-8111-SG	Silica Gel, 100 grams
240-8111-SGC	Silica Gel Container, filled
330-0420	Additional Cable, per foot

124

NovaLynx Corporation PO Box 240 Grass Valley CA 95945
Phone: (530) 823-7166 Fax: (530) 823-8997 USA Toll Free: 1-800-321-3677




Pirradiómetro Philipp Schenk mod. 8111;

Anexo 5:




Página de rosto – Manual piranómetro CM6B e albedómetro CM7B Kipp & Zonen;
[http://www.rg-messtechnik.de/assets/files/Aeltere-PDF/cm6b-7b_bed-anleitung_engl.pdf]

Anexo 6:



THE EPPLEY LABORATORY, INC.
 12 Sheffield Avenue, PO Box 419, Newport, Rhode Island USA 02840
 Phone: 401.847.1020 Fax: 401.847.1031 Email: info@eppleylab.com

NORMAL INCIDENCE PYRHELIOMETER, MODEL NIP
Instruction Sheet



Introduction

The measuring of Atmospheric Radiation is generally divided in to two distinct spectral regions: the solar (shortwave) region and the terrestrial (longwave) region.

Solar radiation is a term used to describe visible and near-visible (ultraviolet and near-infrared) radiation emitted from the sun. The different regions are described by their wavelength range within the broad band range of 0.20 to 4.0 μm (microns). Terrestrial radiation is a term used to describe infrared radiation emitted from the atmosphere. The following is a list of the components of solar and terrestrial radiation and their approximate wavelength ranges:

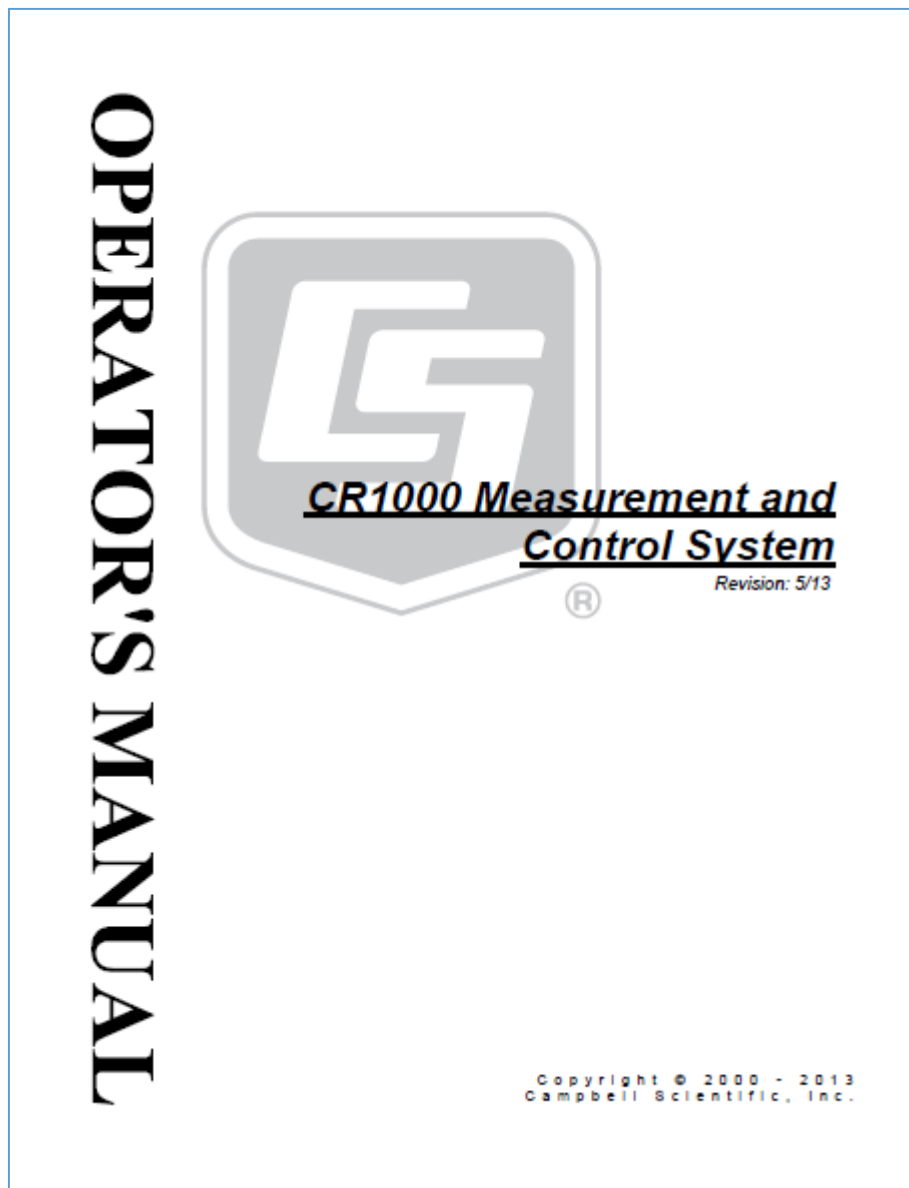
Ultraviolet:	0.20 - 0.39 μm
Visible:	0.39 - 0.78 μm
Near-IR:	0.78 - 4.00 μm
Infrared:	4.00 - 100.00 μm

Approximately 99% of the solar radiation at the earth's surface is contained in the region from 0.3 to 3.0 μm while most of infrared radiation is contained in the region from 4.0 to 50 μm . Shortwave radiation is measured using pyranometers and pyrheliometers while longwave radiation is measured using a pyrgeometer.

Página de rosto – Manual pireliómetro Eppley NIP;

http://www.calpoly.edu/~kshollen/ME450/Lab/Eppley_NIP.pdf

Anexo 7:



Página de rosto – Manual CR1000 Campbell Scientific;
[\[http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/cr1000.pdf\]](http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/cr1000.pdf)

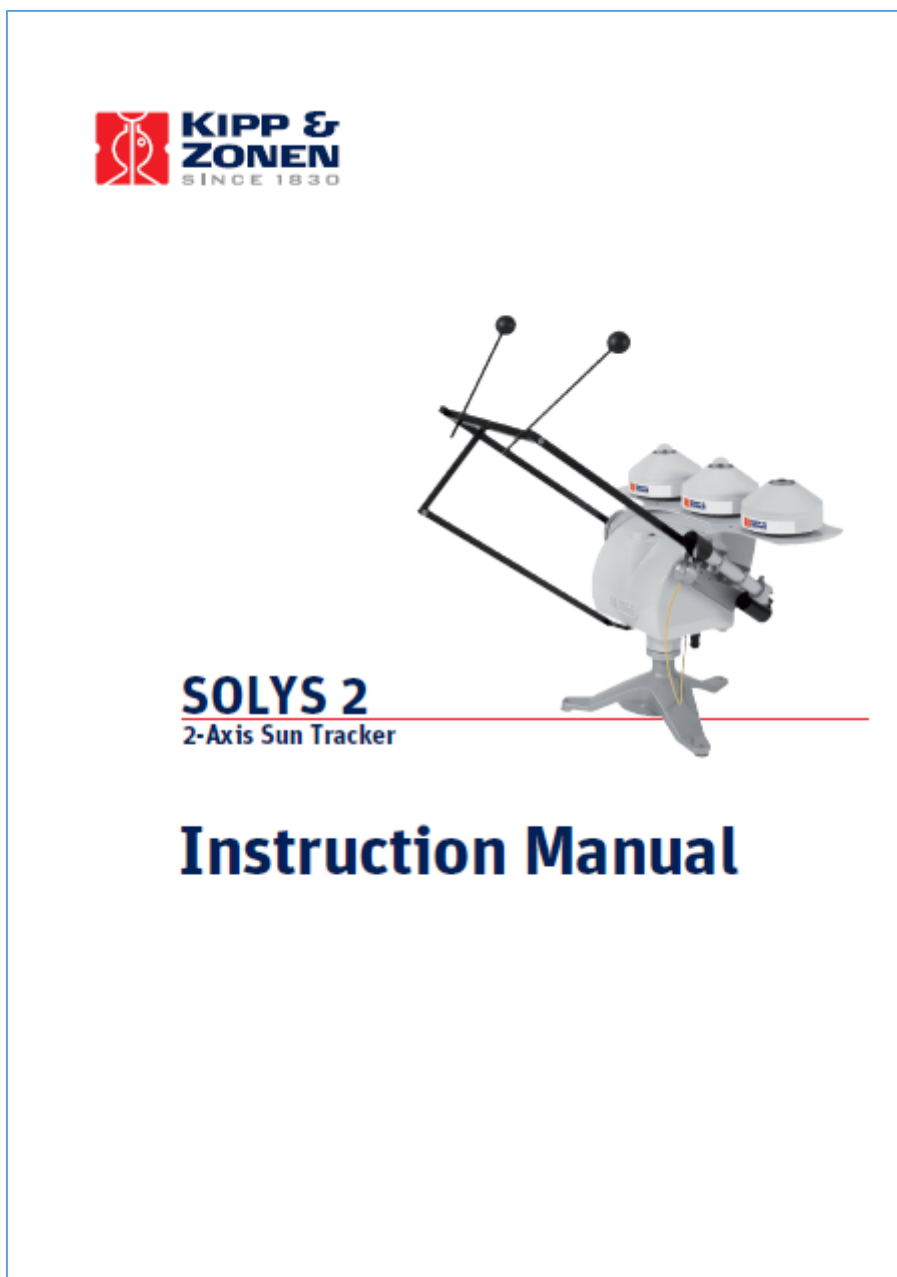
Anexo 8:



Página de rosto – Manual pireliómetro CHP1 Kipp & Zonen;

[<http://www.kippzonen.com/Download/202/CHP-1-Pyrheliometer-Manual>]

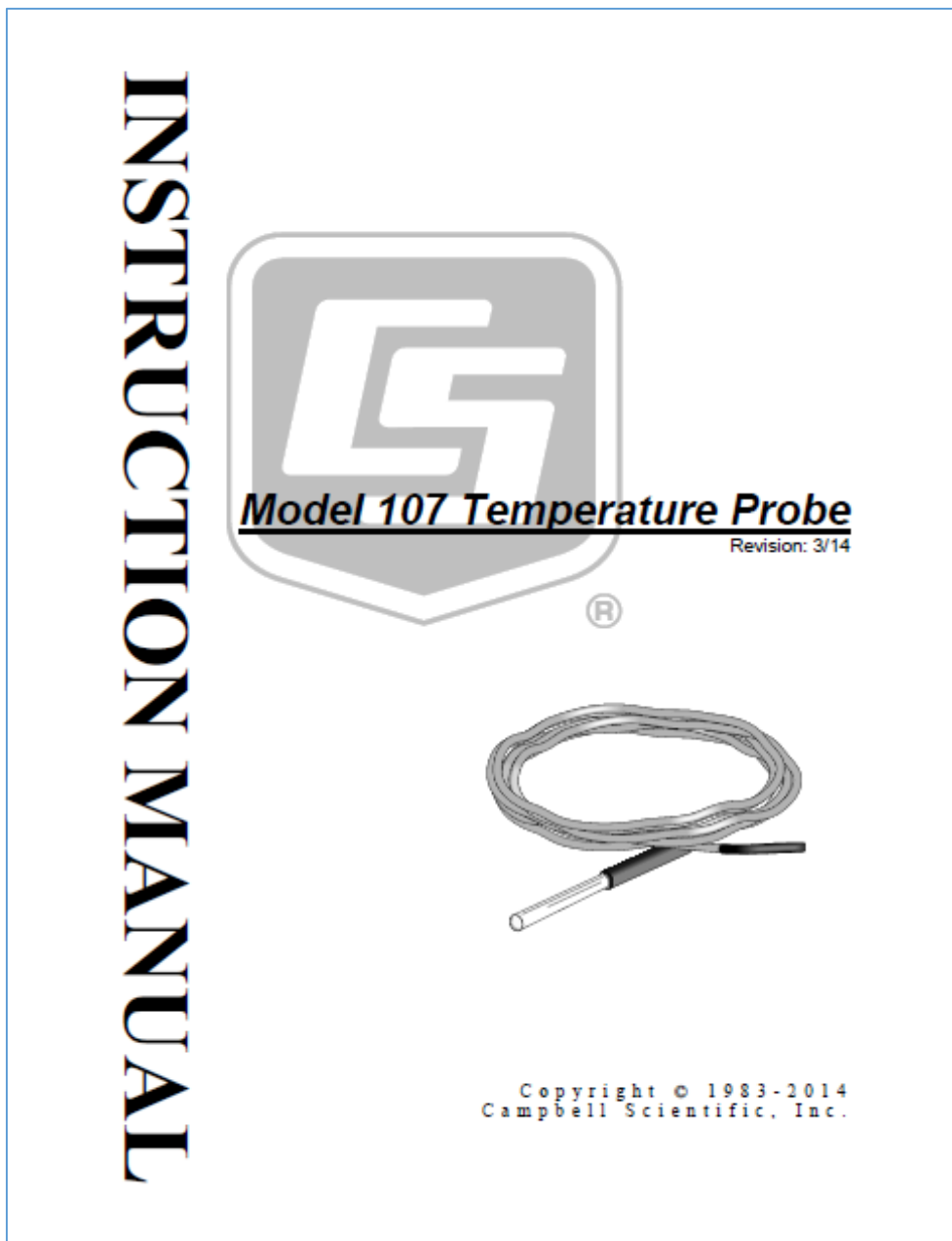
Anexo 9:



Página de rosto – Manual sun tracker Solys 2 Kipp & Zonen;

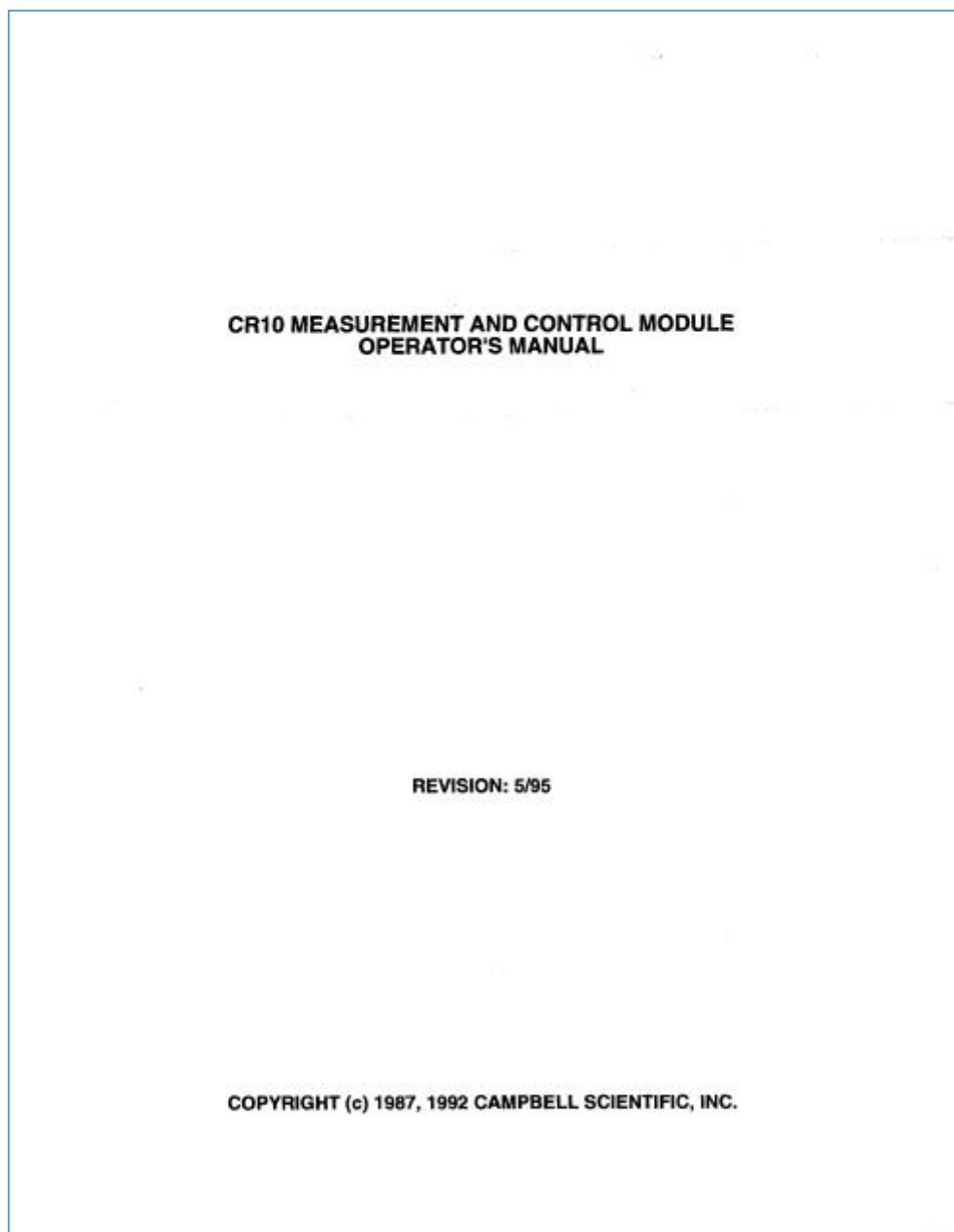
[<http://www.kippzonen.com/Download/440/Manual-Sun-Tracker-SOLYS-2-English>]

Anexo 10:



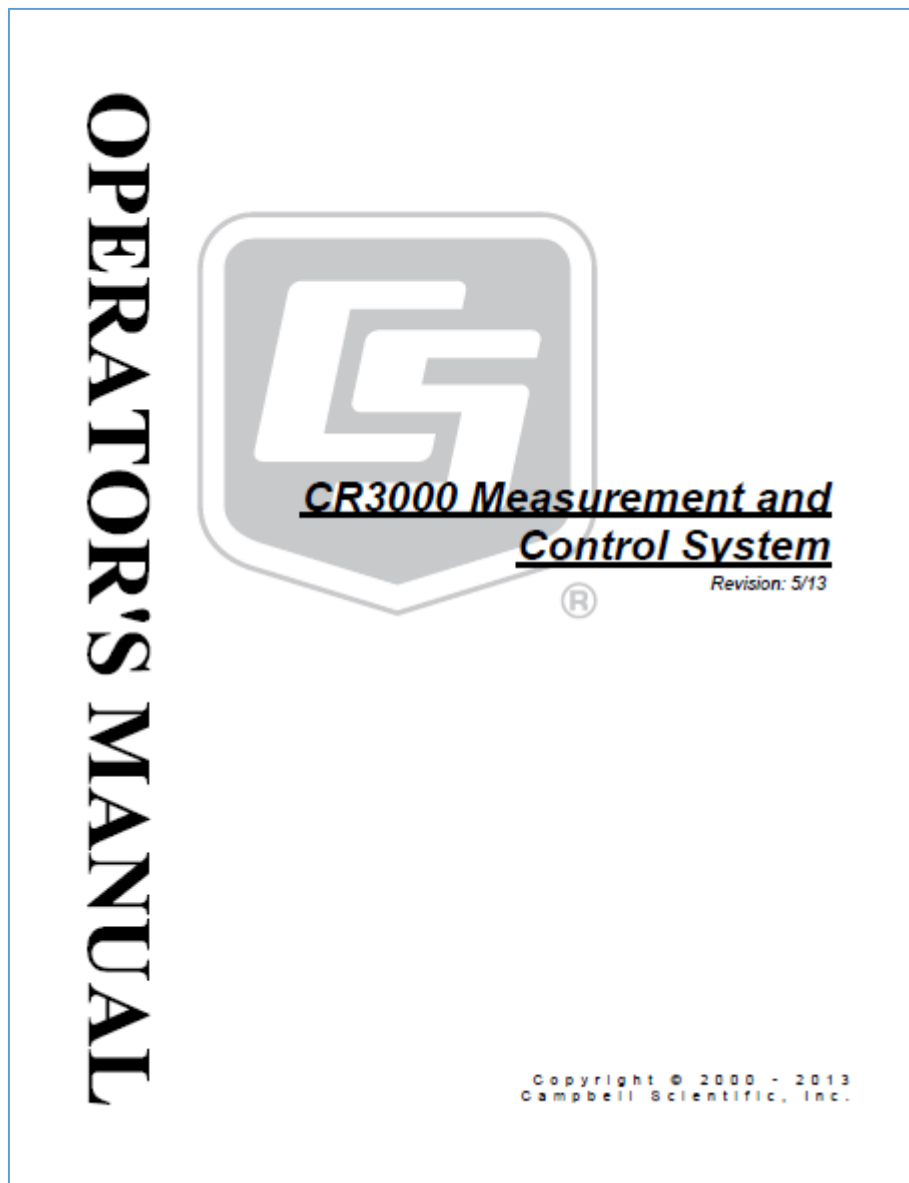
Página de rosto – Manual sonda de temperatura 107 Campbell Scientific;
[\[http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/107.pdf\]](http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/107.pdf)

Anexo 11:



Página de rosto – Manual CR10 Campbell Scientific;
[<http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/cr10.pdf>]

Anexo 12:



Página de rosto – Manual CR3000 Campbell Scientific;

<http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/cr3000.pdf>

Anexo 13:



Página de rosto – Manual Irgason Campbell Scientific;

[<http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/irgason.pdf>]

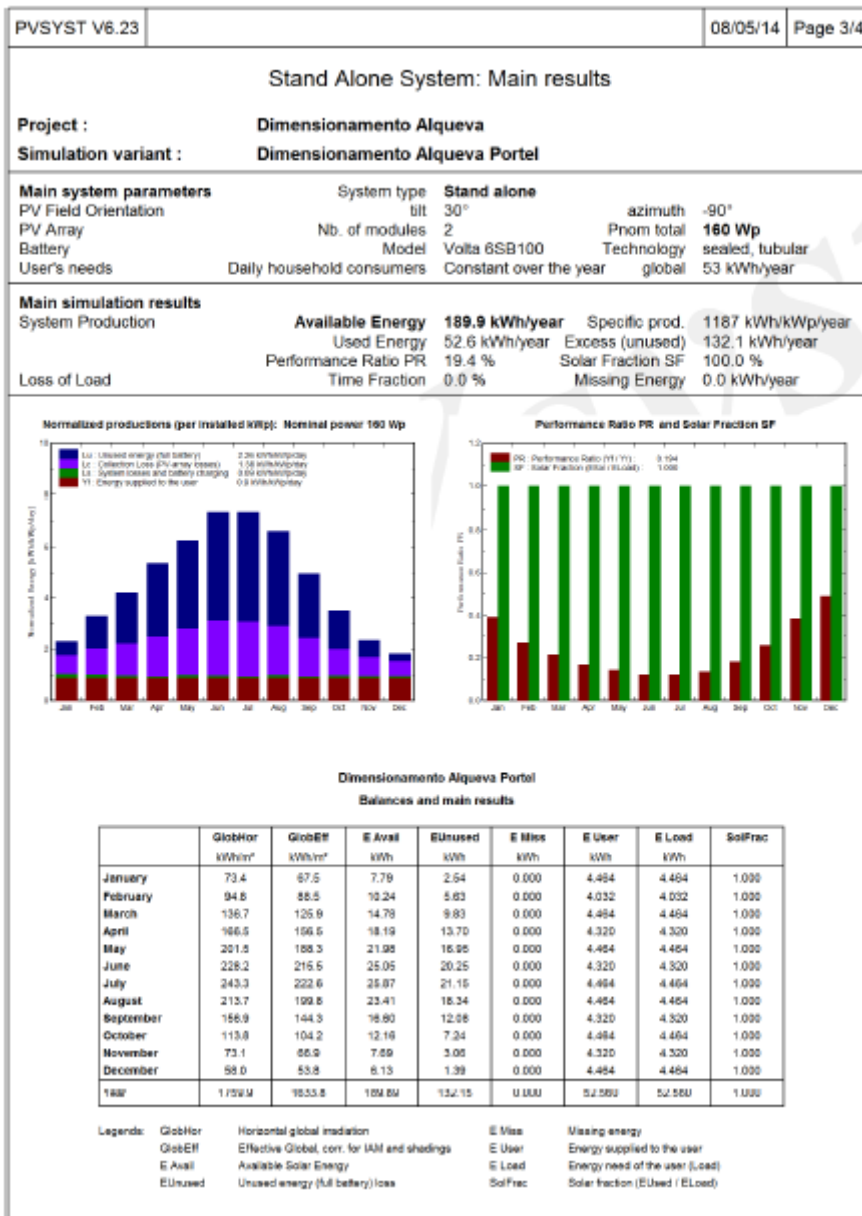
Simulações PVsyst 6.23:

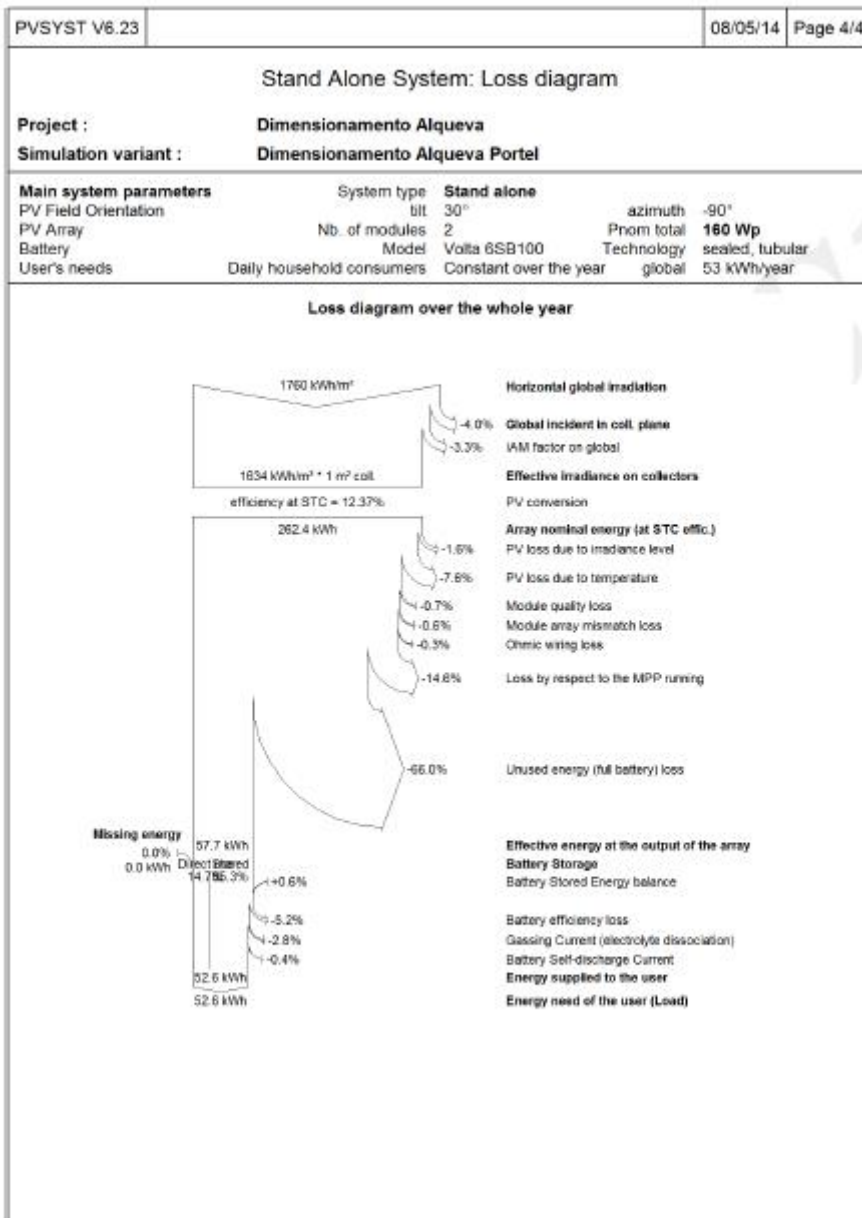
Anexo 14:

Simulação 1 (9 SE + Irgason);

PVSYST V6.23		08/05/14		Page 1/4	
Stand Alone System: Simulation parameters					
Project : Dimensionamento Alqueva					
Geographical Site		Portel		Country Portugal	
Situation		Latitude 38.3°N		Longitude 7.6°W	
Time defined as		Legal Time Time zone UT		Altitude 152 m	
Meteo data:		Portel		Synthetic - Estação	
Simulation variant : Dimensionamento Alqueva Portel					
Simulation date 08/05/14 02h43					
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation		Tilt 30°		Azimuth -90°	
Models used		Transposition Perez		Diffuse Erbs, Meteornorm	
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly Model BP 380			
Number of PV modules		Manufacturer BP SOLAR			
Total number of PV modules		In series 1 modules		In parallel 2 strings	
Array global power		Nb. modules 2		Unit Nom. Power 80 Wp	
Array operating characteristics (50°C)		Nominal (STC) 160 Wp		At operating cond. 145 Wp (50°C)	
Total area		U mpp 16 V		I mpp 9.0 A	
		Module area 1.3 m²			
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const) 20.0 W/m²K		Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s	
Wiring Ohmic Loss		Global array res. 30 mOhm		Loss Fraction 1.5 % at STC	
Module Quality Loss				Loss Fraction 3.0 %	
Module Mismatch Losses				Loss Fraction 2.5 % (fixed voltage)	
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)		bo Param. 0.05	
System Parameter					
Battery		System type Stand Alone System			
Battery Pack Characteristics		Model Volta 6SB100			
		Manufacturer Volta			
		Voltage 12 V		Nominal Capacity 100 Ah	
		Nb. of units 1			
		Temperature Fixed (20°C)			
Regulator		Model Solarix PR 1515			
		Manufacturer Steca Solarix			
Battery Management Thresholds		Technology uP, Series transistor		Temp coeff. -5.0 mV/°C/elem.	
		Charging 14.4/12.6 V		Discharging 11.1/12.2 V	
		Back-Up Genset Command 11.1/12.9 V			
User's needs :					
Daily household consumers		Constant over the year			
average		0.1 kWh/Day			

PVSYST V6.23				08/05/14	Page 2/4
Stand Alone System: Detailed User's needs					
Project :		Dimensionamento Alqueva			
Simulation variant :		Dimensionamento Alqueva Portal			
Main system parameters		System type	Stand alone		
PV Field Orientation		tilt	30°	azimuth	-90°
PV Array		Nb. of modules	2	Pnom total	160 Wp
Battery		Model	Volta 6SB100	Technology	sealed, tubular
User's needs	Daily household consumers	Constant over the year	global		53 kWh/year
Daily household consumers, Constant over the year, average = 0.1 kWh/day					
Annual values					
	Number	Power	Use	Energy	
Other uses	1	6 W tot	24 h/day	144 Wh/day	
Total daily energy				144 Wh/day	



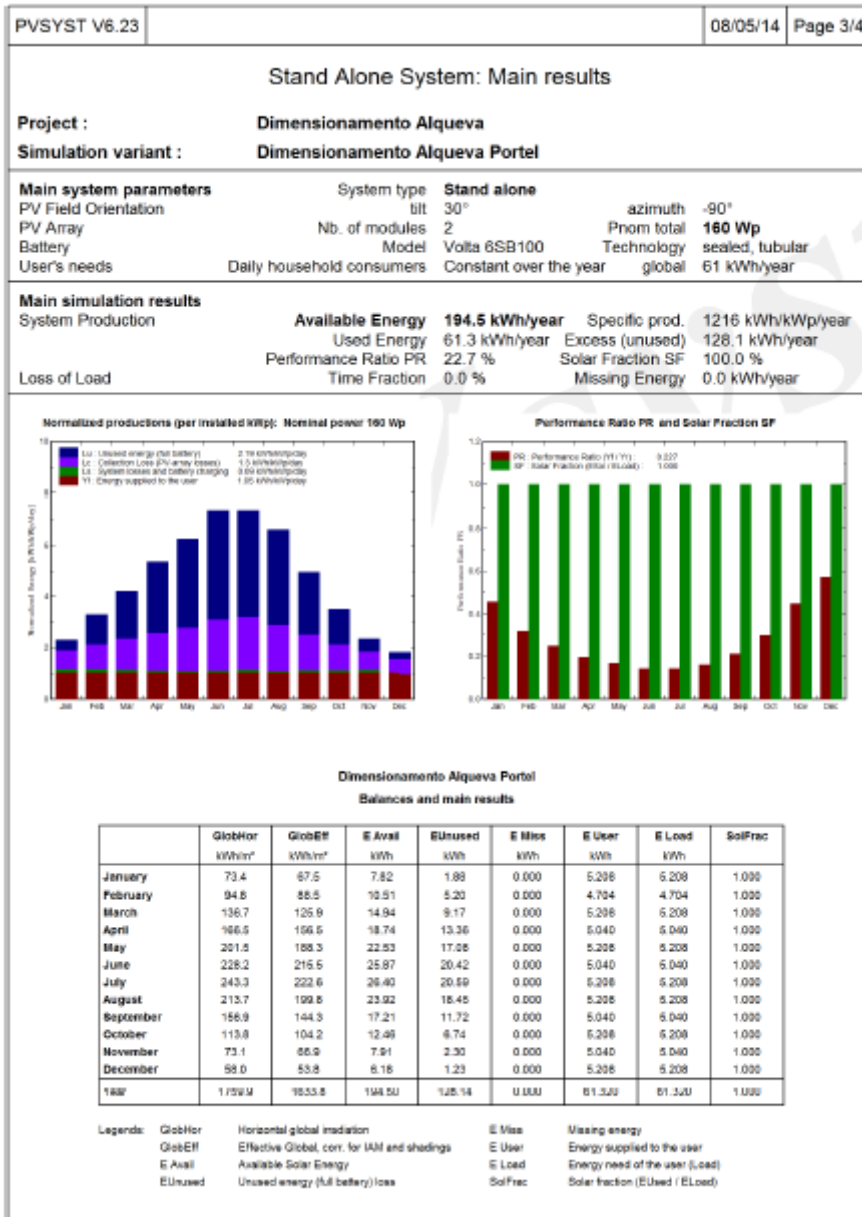


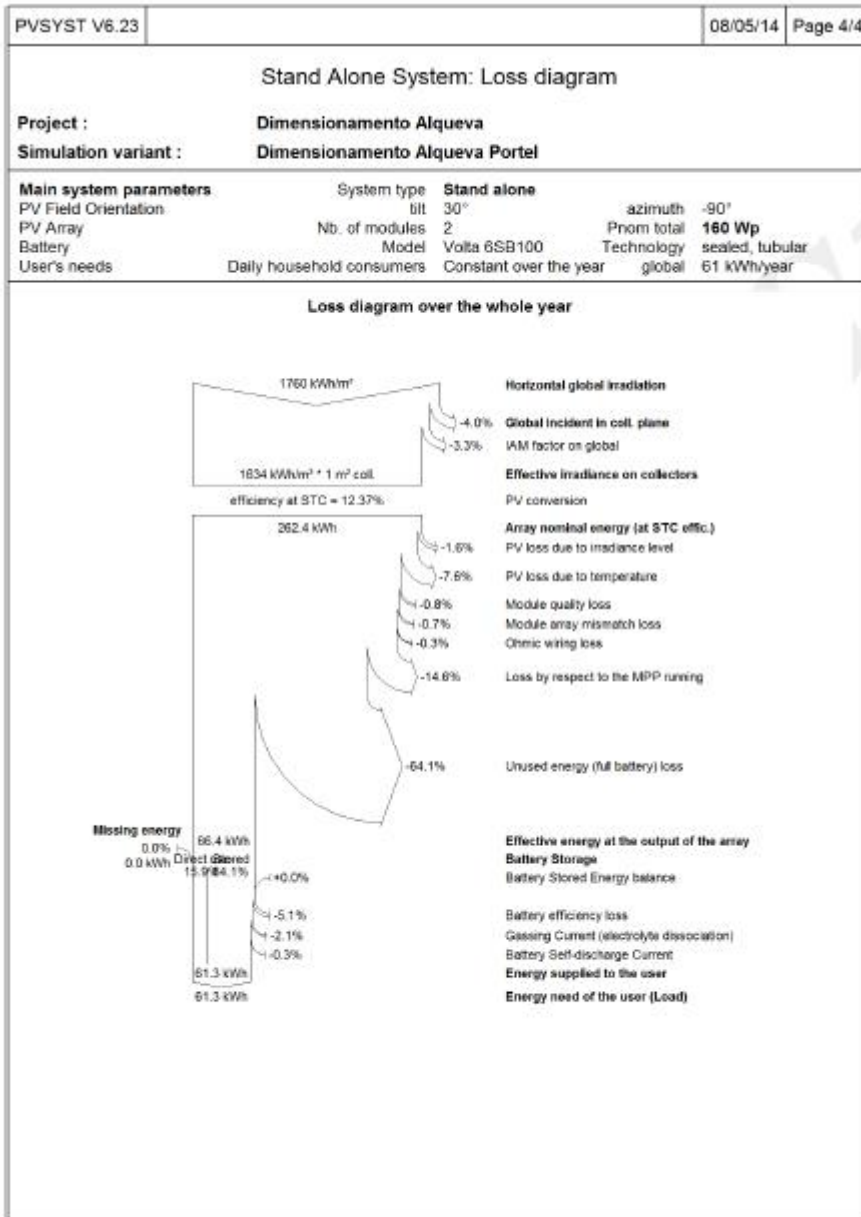
Anexo 15:

Simulação 2 (9 SE + Irgason + 20%);

PVSYS V6.23		08/05/14		Page 1/4	
Stand Alone System: Simulation parameters					
Project : Dimensionamento Alqueva					
Geographical Site		Portel		Country Portugal	
Situation		Latitude 38.3°N		Longitude 7.6°W	
Time defined as		Legal Time Time zone UT		Altitude 152 m	
Meteo data:		Portel		Synthetic - Estação	
Simulation variant :		Dimensionamento Alqueva Portel			
		Simulation date 08/05/14 02h37			
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation		Tilt 30°		Azimuth -90°	
Models used		Transposition Perez		Diffuse Erbs, Meteonorm	
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly Model BP 380			
		Manufacturer BP SOLAR			
Number of PV modules		In series 1 modules		In parallel 2 strings	
Total number of PV modules		Nb. modules 2		Unit Nom. Power 80 Wp	
Array global power		Nominal (STC) 160 Wp		At operating cond. 145 Wp (50°C)	
Array operating characteristics (50°C)		U mpp 16 V		I mpp 9.0 A	
Total area		Module area 1.3 m²			
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const) 20.0 W/m²K		Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s	
Wiring Ohmic Loss		Global array res. 30 mOhm		Loss Fraction 1.5 % at STC	
Module Quality Loss		Loss Fraction 3.0 %			
Module Mismatch Losses		Loss Fraction 2.5 % (fixed voltage)			
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)		bo Param. 0.05	
System Parameter		System type Stand Alone System			
Battery		Model Volta 6SB100			
		Manufacturer Volta			
Battery Pack Characteristics		Voltage 12 V		Nominal Capacity 100 Ah	
		Nb. of units 1			
		Temperature Fixed (20°C)			
Regulator		Model Solarix PR 1515			
		Manufacturer Steca Solarix			
		Technology uP, Series transistor		Temp coeff. -5.0 mV/°C/elem.	
Battery Management Thresholds		Charging 14.4/12.6 V		Discharging 11.1/12.2 V	
		Back-Up Genset Command 11.1/12.9 V			
User's needs :		Daily household consumers Constant over the year			
		average 0.2 kWh/Day			

PVSYST V6.23		08/05/14	Page 2/4
Stand Alone System: Detailed User's needs			
Project :		Dimensionamento Alqueva	
Simulation variant :		Dimensionamento Alqueva Portel	
Main system parameters	System type	Stand alone	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth -90°
PV Array	Nb. of modules	2	Prnom total 160 Wp
Battery	Model	Volta 6SB100	Technology sealed, tubular
User's needs	Daily household consumers	Constant over the year	global 61 kWh/year
Daily household consumers, Constant over the year, average = 0.2 kWh/day			
Annual values			
	Number	Power	Use
Other uses	1	7 W tot	24 h/day
Total daily energy			168 Wh/day



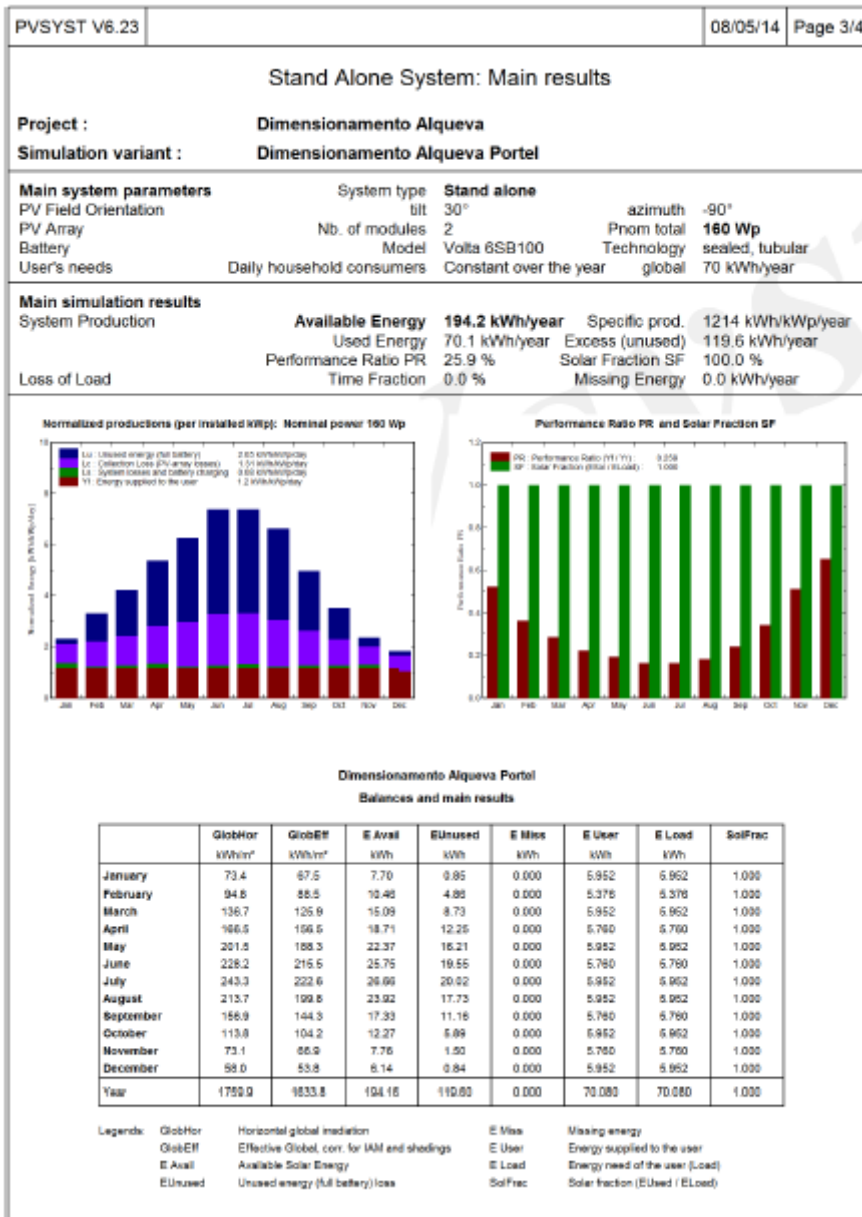


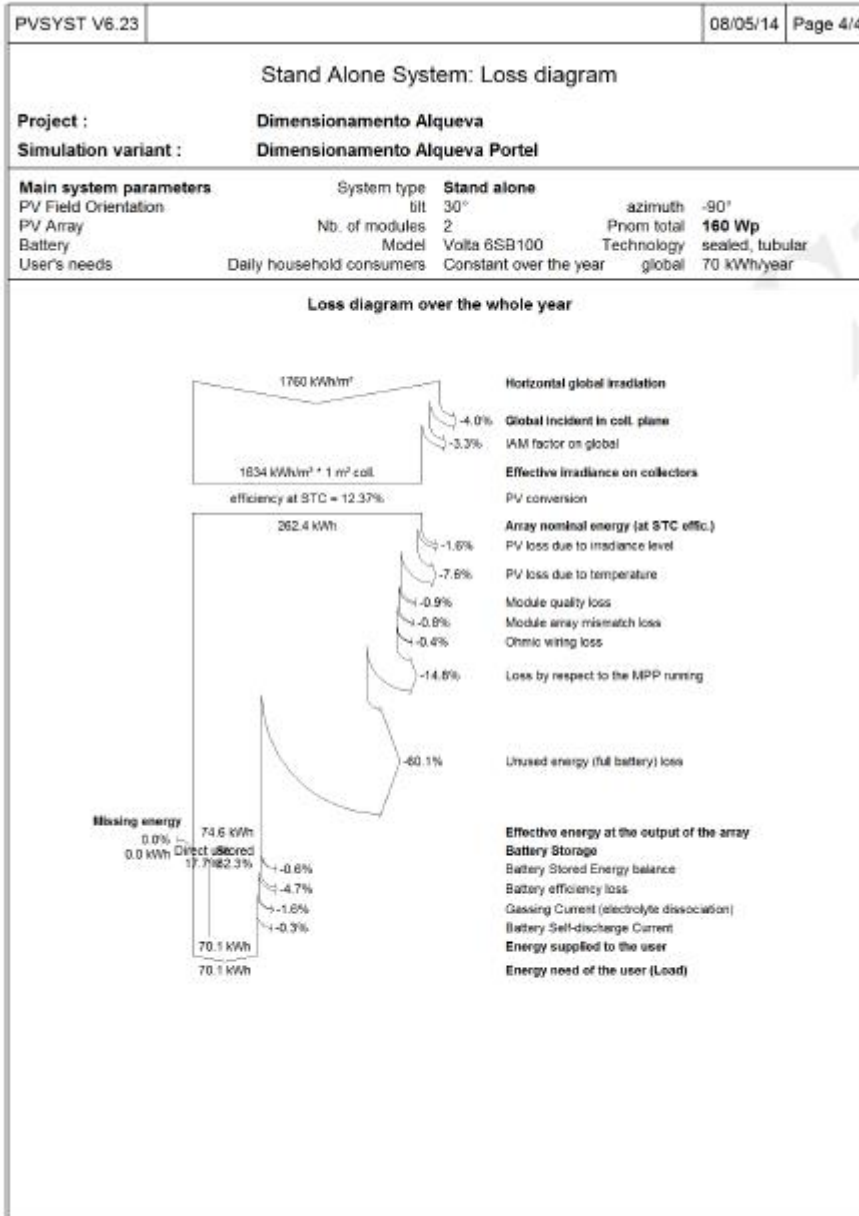
Anexo 16:

Simulação 3 (9 SE + Irgason + 30%)

PVSYST V6.23		08/05/14		Page 1/4	
Stand Alone System: Simulation parameters					
Project : Dimensionamento Alqueva					
Geographical Site		Portel		Country Portugal	
Situation		Latitude 38.3°N		Longitude 7.6°W	
Time defined as		Legal Time Time zone UT		Altitude 152 m	
Meteo data:		Portel		Synthetic - Estação	
Simulation variant : Dimensionamento Alqueva Portel					
Simulation date 08/05/14 02h48					
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation		Tilt 30°		Azimuth -90°	
Models used		Transposition Perez		Diffuse Erbs, Meteonorm	
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly Model BP 380			
		Manufacturer BP SOLAR			
Number of PV modules		In series 1 modules		In parallel 2 strings	
Total number of PV modules		Nb. modules 2		Unit Nom. Power 80 Wp	
Array global power		Nominal (STC) 160 Wp		At operating cond. 145 Wp (50°C)	
Array operating characteristics (50°C)		U mpp 16 V		I mpp 9.0 A	
Total area		Module area 1.3 m²			
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const) 20.0 W/m²K		Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s	
Wiring Ohmic Loss		Global array res. 30 mOhm		Loss Fraction 1.5 % at STC	
Module Quality Loss				Loss Fraction 3.0 %	
Module Mismatch Losses				Loss Fraction 2.5 % (fixed voltage)	
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)		bo Param. 0.05	
System Parameter					
System type		Stand Alone System			
Battery		Model Volta 6SB100			
		Manufacturer Volta			
Battery Pack Characteristics		Voltage 12 V		Nominal Capacity 100 Ah	
		Nb. of units 1			
		Temperature Fixed (20°C)			
Regulator		Model Solarix PR 1515			
		Manufacturer Steca Solarix			
Battery Management Thresholds		Technology uP, Series transistor		Temp coeff. -5.0 mV/°C/elem.	
		Charging 14.4/12.6 V		Discharging 11.1/12.2 V	
		Back-Up Genset Command 11.1/12.9 V			
User's needs :					
Daily household consumers average		Constant over the year 0.2 kWh/Day			

PVSYST V6.23	08/05/14	Page 2/4		
Stand Alone System: Detailed User's needs				
Project : Dimensionamento Alqueva				
Simulation variant : Dimensionamento Alqueva Portel				
Main system parameters	System type	Stand alone		
PV Field Orientation	tilt	30°		
PV Array	Nb. of modules	2		
Battery	Model	Volta 6SB100		
User's needs	Daily household consumers	Constant over the year		
	azimuth	-90°		
	Phom total	160 Wp		
	Technology	sealed, tubular		
	global	70 kWh/year		
Daily household consumers, Constant over the year, average = 0.2 kWh/day				
Annual values				
	Number	Power	Use	Energy
Other uses	1	8 W tot	24 h/day	192 Wh/day
Total daily energy				192 Wh/day



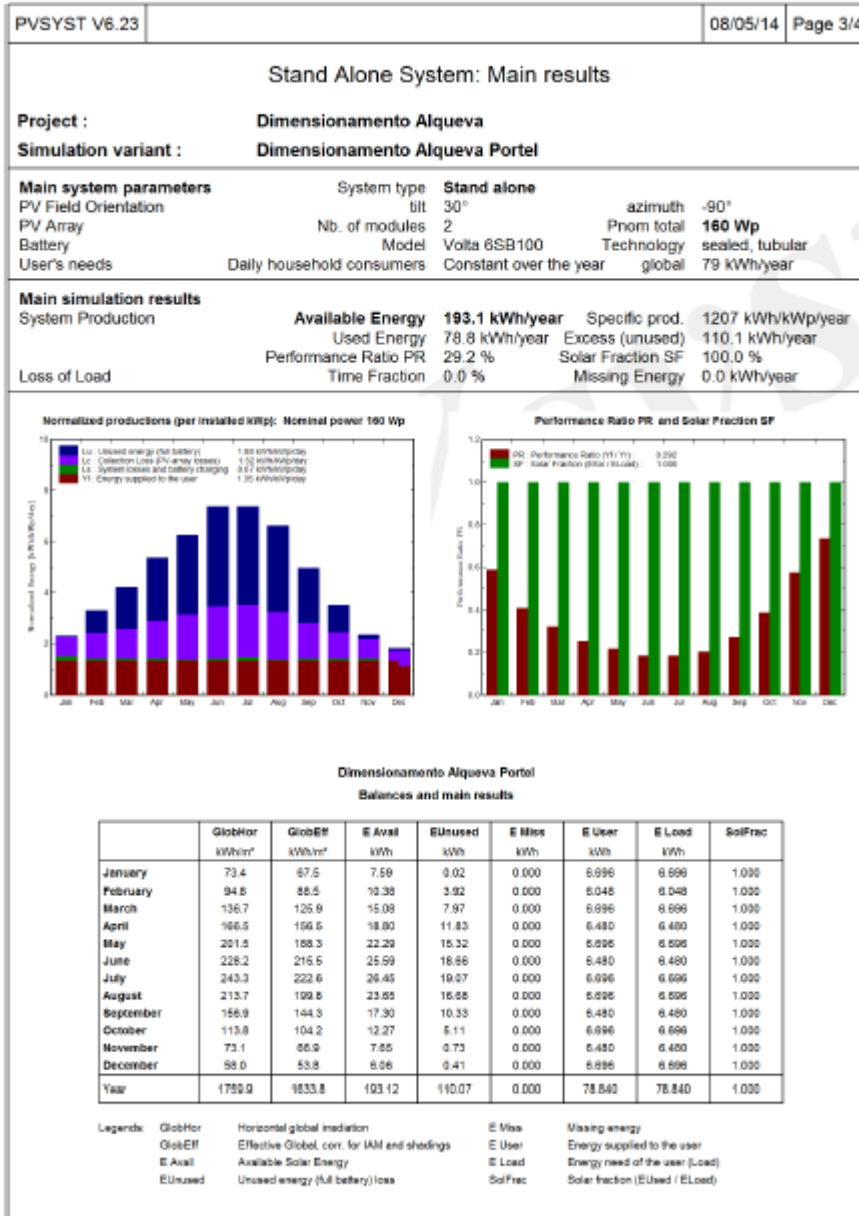


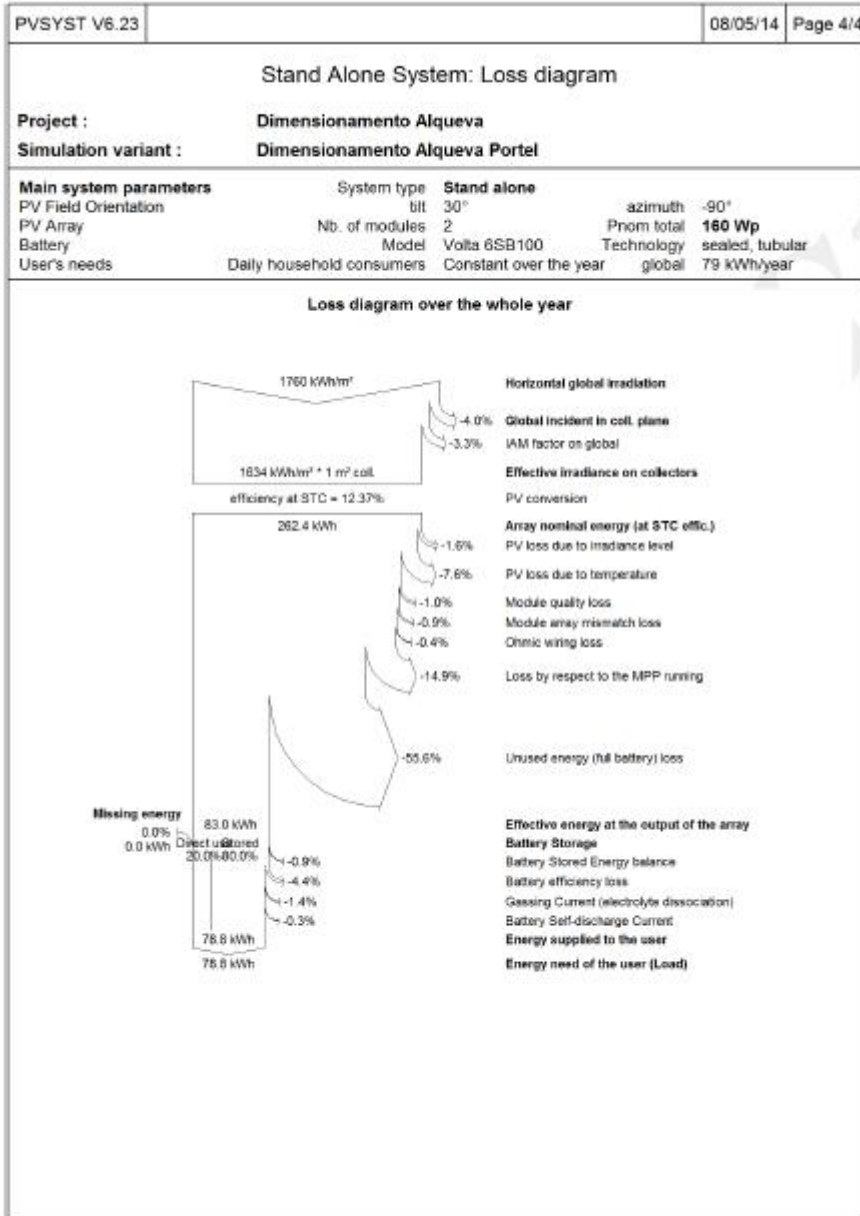
Anexo 17:

Simulação 4 (9 SE + Irgason + 40%)

PVSYS V6.23		08/05/14		Page 1/4	
Stand Alone System: Simulation parameters					
Project : Dimensionamento Alqueva					
Geographical Site		Portel		Country Portugal	
Situation		Latitude 38.3°N		Longitude 7.6°W	
Time defined as		Legal Time Time zone UT		Altitude 152 m	
Meteo data:		Portel		Synthetic - Estação	
Simulation variant : Dimensionamento Alqueva Portel					
Simulation date 08/05/14 02h48					
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation		Tilt: 30°		Azimuth -90°	
Models used		Transposition Perez		Diffuse Erbs, Meleornorm	
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly Model BP 380			
		Manufacturer BP SOLAR			
Number of PV modules		In series 1 modules		In parallel 2 strings	
Total number of PV modules		Nb. modules 2		Unit Nom. Power 80 Wp	
Array global power		Nominal (STC) 160 Wp		At operating cond. 145 Wp (50°C)	
Array operating characteristics (50°C)		U mpp 16 V		I mpp 9.0 A	
Total area		Module area 1.3 m²			
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const) 20.0 W/m²K		Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s	
Wiring Ohmic Loss		Global array res. 30 mOhm		Loss Fraction 1.5 % at STC	
Module Quality Loss				Loss Fraction 3.0 %	
Module Mismatch Losses				Loss Fraction 2.5 % (fixed voltage)	
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)		bo Param. 0.05	
System Parameter					
System type		Stand Alone System			
Battery		Model Volta 6SB100			
		Manufacturer Volta			
Battery Pack Characteristics		Voltage 12 V		Nominal Capacity 100 Ah	
		Nb. of units 1			
		Temperature Fixed (20°C)			
Regulator		Model Solarix PR 1515			
		Manufacturer Steca Solarix			
Technology		uP, Series transistor		Temp coeff. -5.0 mV/°C/elem.	
Battery Management Thresholds		Charging 14.4/12.6 V		Discharging 11.1/12.2 V	
Back-Up Genset Command		11.1/12.9 V			
User's needs :					
Daily household consumers average		Constant over the year 0.2 kWh/Day			

PVSYST V6.23				08/05/14	Page 2/4
Stand Alone System: Detailed User's needs					
Project :	Dimensionamento Alqueva				
Simulation variant :	Dimensionamento Alqueva Portel				
Main system parameters	System type	Stand alone			
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth	-90°	
PV Array	Nb. of modules	2	Pnom total	160 Wp	
Battery	Model	Volta 6SB100	Technology	sealed, tubular	
User's needs	Daily household consumers	Constant over the year	global	79 kWh/year	
Daily household consumers, Constant over the year, average = 0.2 kWh/day					
Annual values					
	Number	Power	Use	Energy	
Other uses	1	9 W tot	24 h/day	216 Wh/day	
Total daily energy				216 Wh/day	





Código CR10;

Anexo 18:

;{CR10}

;

*Table 1 Program

01: 1 Execution Interval (seconds)

1: Volt (Diff) (P2)

1: 1 Reps

2: 1 2.5 mV Slow Range

3: 1 DIFF Channel

4: 1 Loc [V_PIR]

5: 1.0 Mult

6: 0.0 Offset

2: AC Half Bridge (P5)

1: 1 Reps

2: 15 2500 mV Fast Range

3: 3 SE Channel

4: 2 Excite all reps w/Exchan 2

5: 2500 mV Excitation

6: 2 Loc [T_PIR_Rs]

7: 1.0 Mult

8: 0.0 Offset

3: Do (P86)

1: 1 Call Subroutine 1

*Table 2 Program

02: 1 Execution Interval (seconds)

1: If time is (P92)

- 1: 0000 Minutes (Seconds --) into a
- 2: 1 Interval (same units as above)
- 3: 10 Set Output Flag High

- 2: Real Time (P77)^22112
 - 1: 11 Hour/Minute,Seconds (midnight = 0000)

- 3: Resolution (P78)
 - 1: 1 High Resolution

- 4: Sample (P70)^26112
 - 1: 1 Reps
 - 2: 1 Loc [V_PIR]

- 5: Average (P71)^12906
 - 1: 1 Reps
 - 2: 1 Loc [V_PIR]

- 6: Maximum (P73)^31266
 - 1: 1 Reps
 - 2: 00 Time Option
 - 3: 1 Loc [V_PIR]

- 7: Minimum (P74)^9437
 - 1: 1 Reps
 - 2: 00 Time Option
 - 3: 1 Loc [V_PIR]

- 8: Standard Deviation (P82)^24142
 - 1: 1 Reps
 - 2: 1 Sample Loc [V_PIR]

- 9: Sample (P70)^15322
 - 1: 1 Reps

2: 6 Loc [T_PIR]

10: Average (P71)^21920

1: 1 Reps

2: 6 Loc [T_PIR]

11: Maximum (P73)^23464

1: 1 Reps

2: 00 Time Option

3: 6 Loc [T_PIR]

12: Minimum (P74)^20604

1: 1 Reps

2: 00 Time Option

3: 6 Loc [T_PIR]

13: Standard Deviation (P82)^9096

1: 1 Reps

2: 6 Sample Loc [T_PIR]

*Table 3 Subroutines

1: Beginning of Subroutine (P85)

1: 1 Subroutine 1

2: BR Transform $Rf[X/(1-X)]$ (P59)

1: 1 Reps

2: 2 Loc [T_PIR_Rs]

3: 1003.4 Multiplier (Rf)

3: $Z=F \times 10^n$ (P30)

1: 1.0295 F

2: -3 n, Exponent of 10

3: 3 Z Loc [ConstA]

4: $Z=F \times 10^n$ (P30)

1: 2.391 F

2: -4 n, Exponent of 10

3: 4 Z Loc [ConstB]

5: $Z=F \times 10^n$ (P30)

1: 1.568 F

2: -7 n, Exponent of 10

3: 5 Z Loc [ConstC]

6: $Z=LN(X)$ (P40)

1: 2 X Loc [T_PIR_Rs]

2: 7 Z Loc [LnR]

7: $Z=X*Y$ (P36)

1: 4 X Loc [ConstB]

2: 7 Y Loc [LnR]

3: 8 Z Loc [bLnR]

8: $Z=X*Y$ (P36)

1: 7 X Loc [LnR]

2: 7 Y Loc [LnR]

3: 9 Z Loc [LnR2]

9: $Z=X*Y$ (P36)

1: 7 X Loc [LnR]

2: 9 Y Loc [LnR2]

3: 10 Z Loc [LnR3]

10: $Z=X*Y$ (P36)

1: 5 X Loc [ConstC]

2: 10 Y Loc [LnR3]

3: 11 Z Loc [cLnR3]

11: $Z=X+Y$ (P33)

1: 3 X Loc [ConstA]

2: 8 Y Loc [bLnR]

3: 6 Z Loc [T_PIR]

12: $Z=X+Y$ (P33)

1: 6 X Loc [T_PIR]

2: 11 Y Loc [cLnR3]

3: 6 Z Loc [T_PIR]

13: $Z=1/X$ (P42)

1: 6 X Loc [T_PIR]

2: 6 Z Loc [T_PIR]

14: End (P95)

End Program

-Input Locations-

1 V_PIR 1 5 0

2 T_PIR_Rs 1 2 2

3 ConstA 1 1 1

4 ConstB 1 1 1

5 ConstC 1 1 1

6 T_PIR 1 7 3

7 LnR 1 4 1

8 bLnR 1 1 1

9 LnR2 1 1 1

10 LnR3 1 1 1

11 cLnR3 1 1 1

12 _____ 0 0 0

13 _____ 0 0 0

14 _____ 0 0 0
15 _____ 0 0 0
16 _____ 0 0 0
17 _____ 0 0 0
18 _____ 0 0 0
19 _____ 0 0 0
20 _____ 0 0 0
21 _____ 0 0 0
22 _____ 0 0 0
23 _____ 0 0 0
24 _____ 0 0 0
25 _____ 0 0 0
26 _____ 0 0 0
27 _____ 0 0 0
28 _____ 0 0 0

-Program Security-

0000

0000

0000

-Mode 4-

-Final Storage Area 2-

0

-DLD File Labels-

0

-Final Storage Labels-

0,Hour_Minute_RTM,22112

0,Seconds_RTM

1,V_PIR~1,26112

2,V_PIR_AVG~1,12906

3,V_PIR_MAX~1,31266

4,V_PIR_STD~1,24142

5,T_PIR~6,15322

6,T_PIR_AVG~6,21920

7,T_PIR_MAX~6,23464

8,T_PIR_STD~6,9096

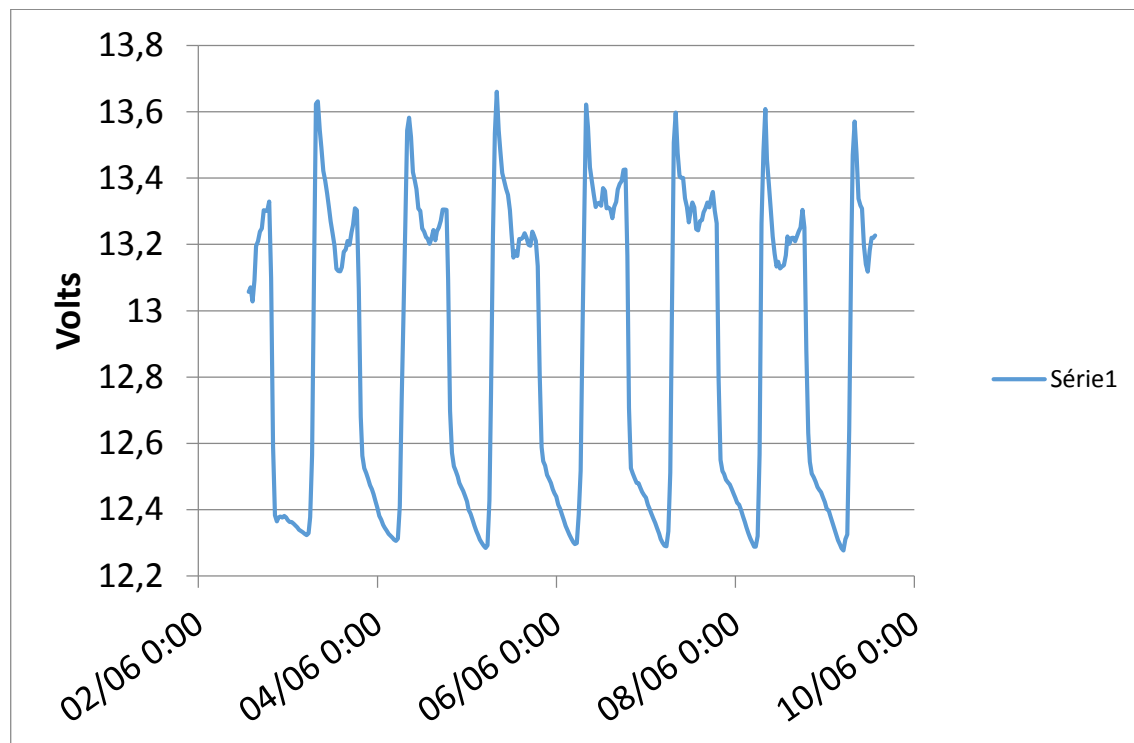
9,V_PIR_MIN~1,9437

10,T_PIR_MIN~6,20604

Representação gráfica da evolução da bateria da plataforma;

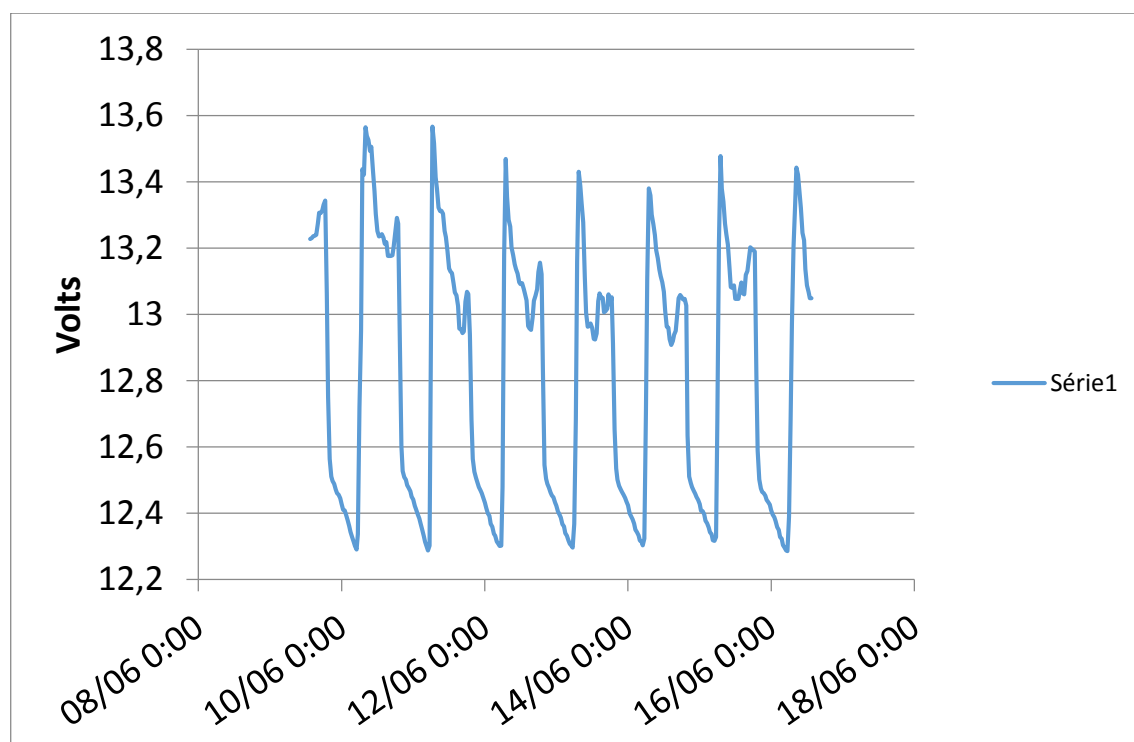
Anexo 19:

1ª Semana



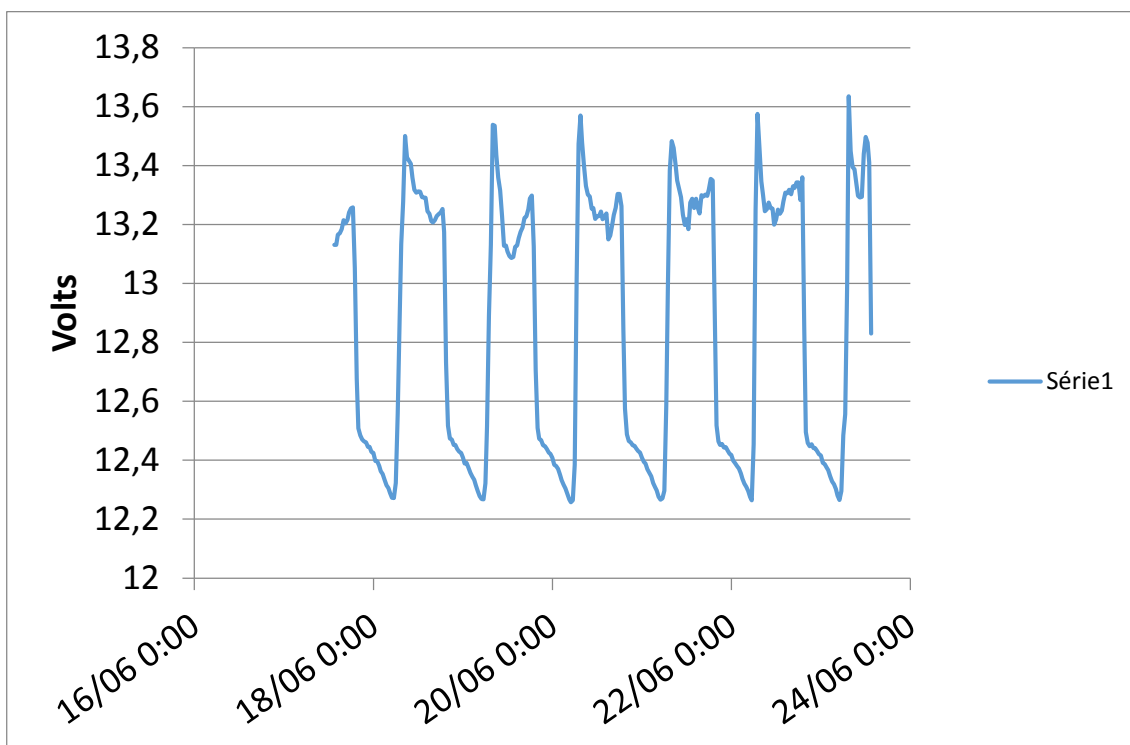
Anexo 20:

2ª Semana



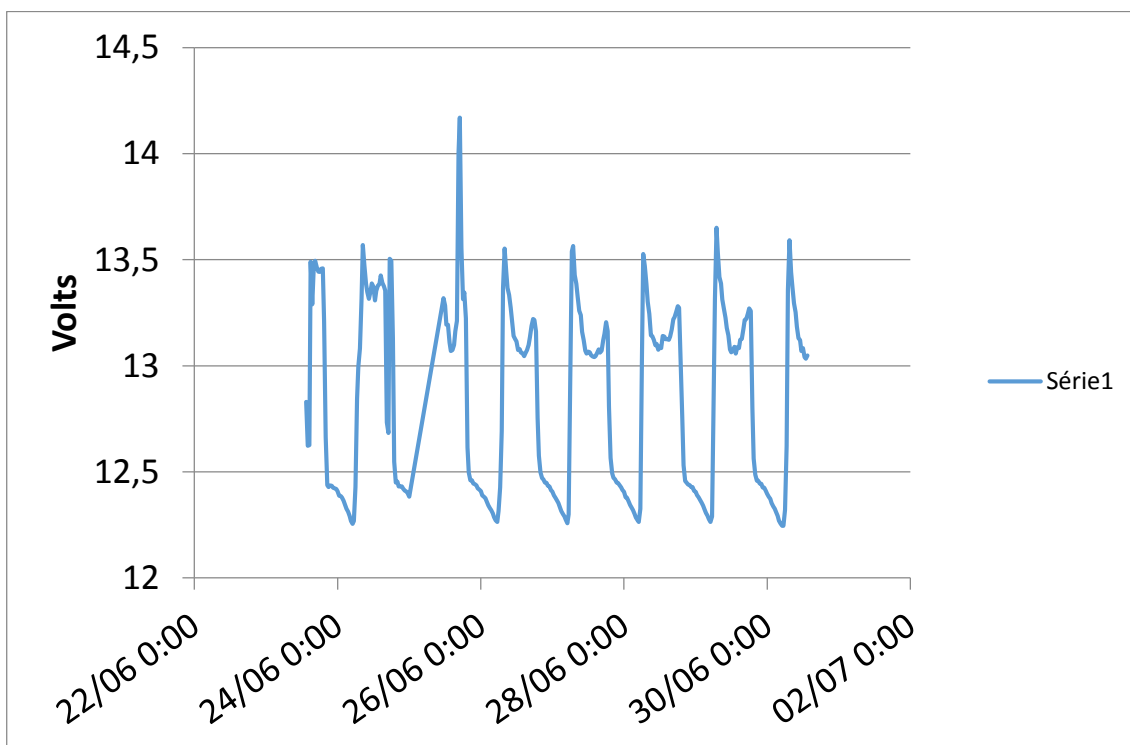
Anexo 21:

3ªSemana



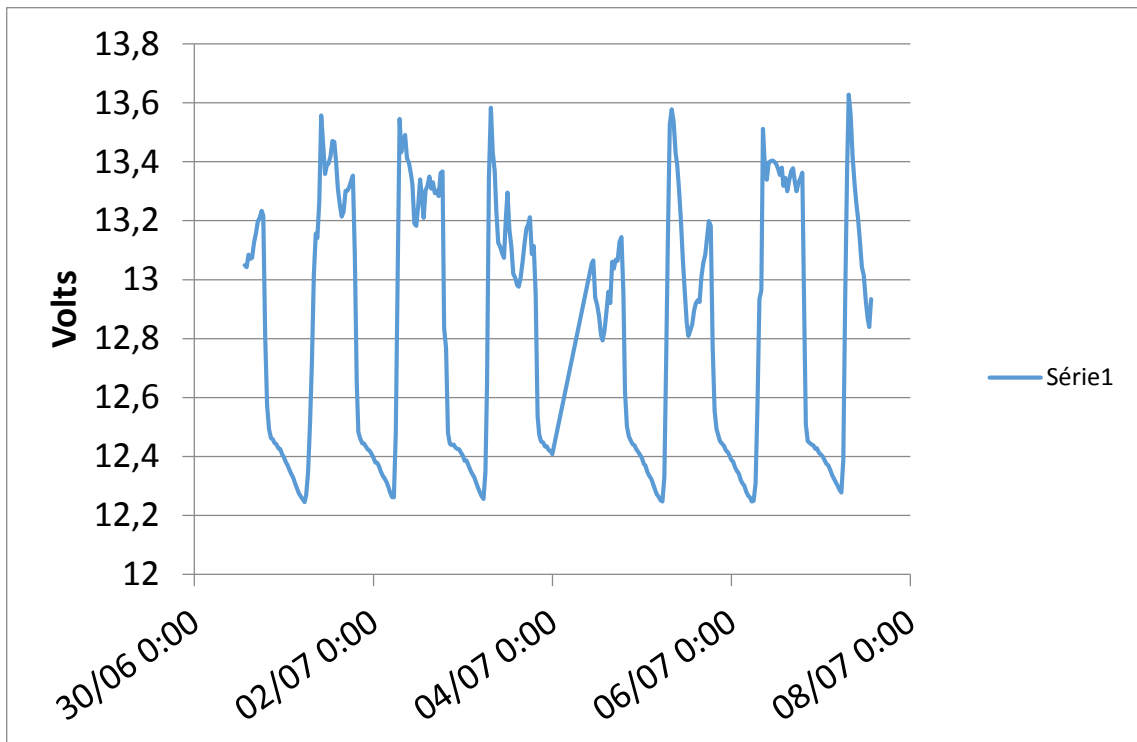
Anexo 22:

4ªSemana



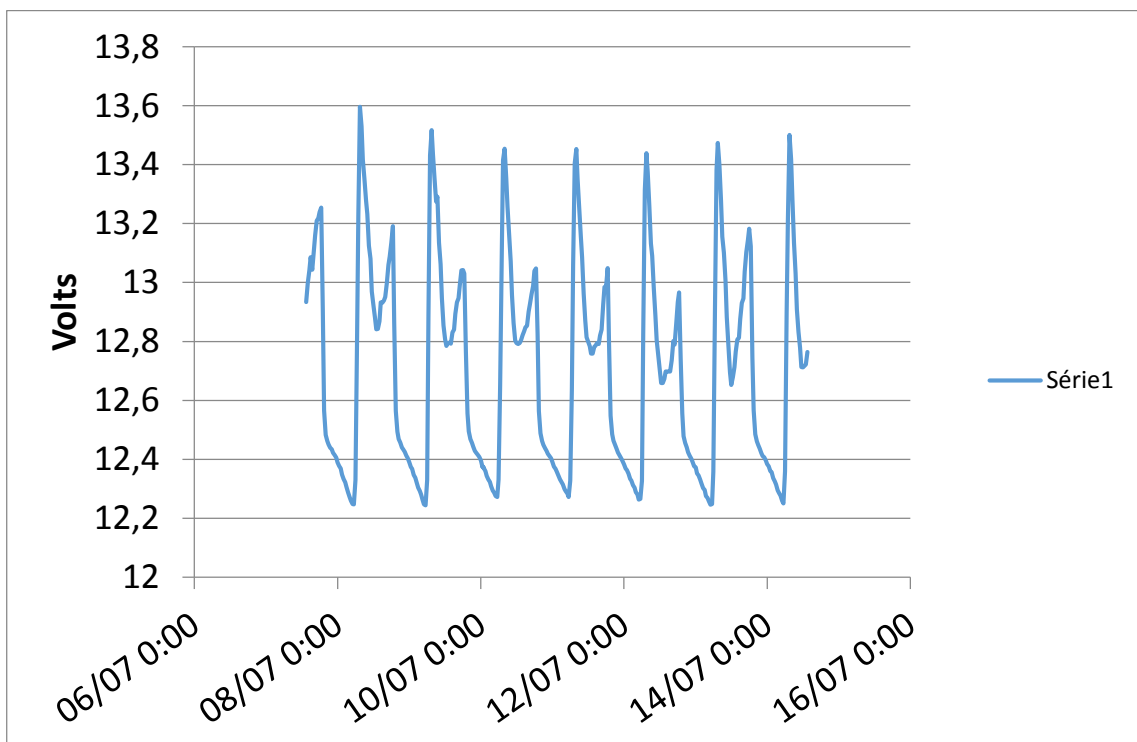
Anexo 23:

5ªSemana



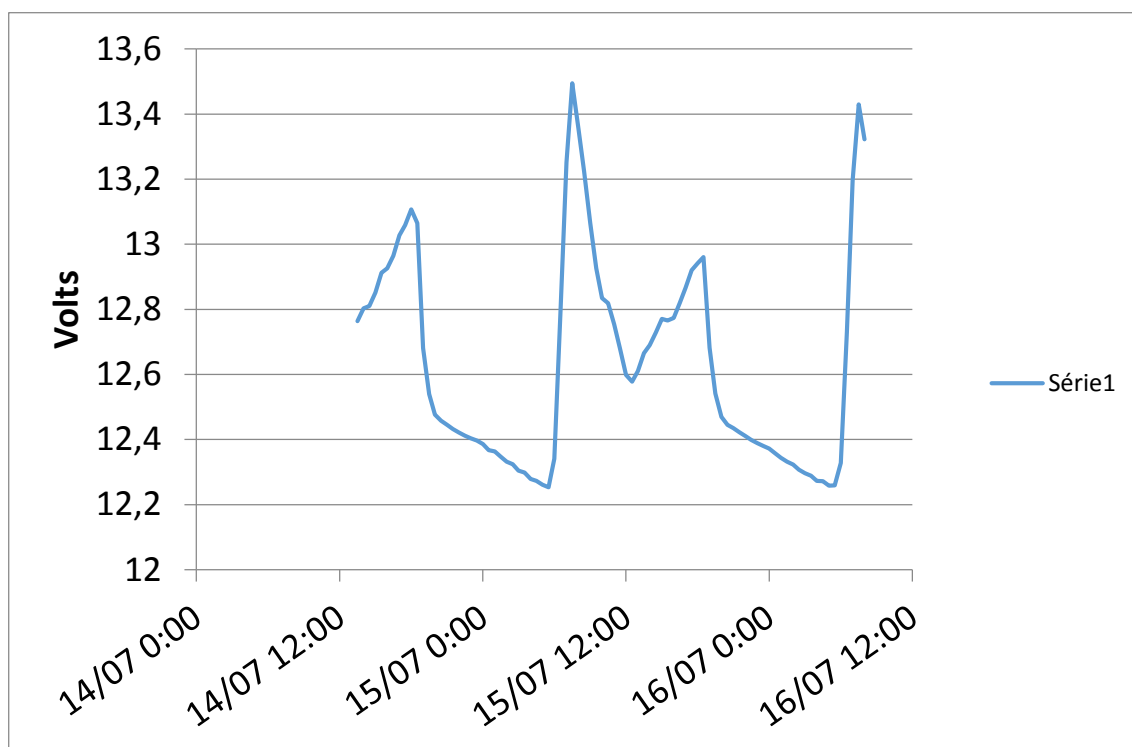
Anexo 24:

6ªSemana



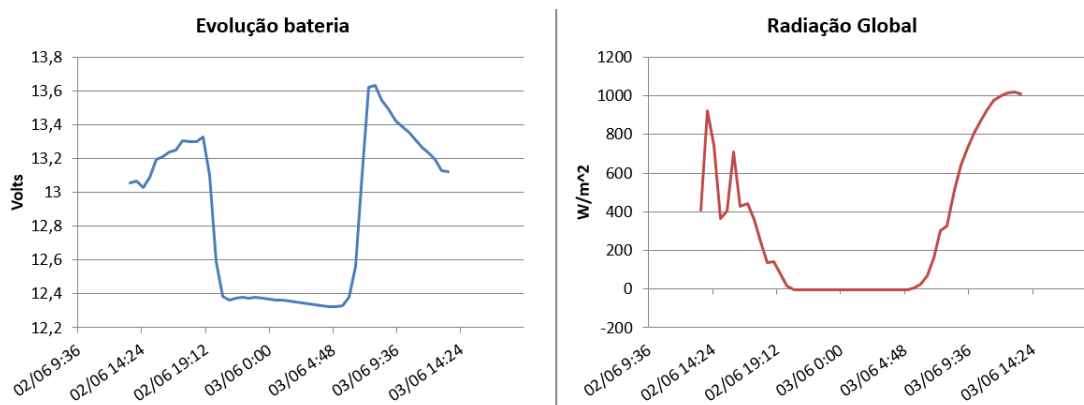
Anexo 25:

7ª Semana (apenas 2 dias)



Anexo 26:

Comparação entre evolução da bateria e radiação registada (2 de Junho)



Processo de calibração do piranómetro;

Anexo 27:

ISO 9846:1993:1993-12
ISO 9846:1993(E)

5.7 Determination of the calibration factor

5.7.1 Evaluation of a single series

Determine the responsivity $R_S(i)$ and the mean responsivity \bar{R}_S , expressed as microvolts per watt per square metre or as millivolts per milliwatt per square centimetre, from the appropriate group of measurements according to:

$$R_S(i) = \frac{\{V_{\alpha, \beta}(2i) - 0.5[V_{D, \beta}(2i-1) + V_{D, \beta}(2i+1)]\}}{\{V(2i) \cdot F_D \cdot \cos[\eta(2i)]\}} \quad \dots (1)$$

$$\bar{R}_S = \frac{\sum_{i=1}^n \{V_{\alpha, \beta}(2i) - 0.5[V_{D, \beta}(2i-1) + V_{D, \beta}(2i+1)]\}}{\sum_{i=1}^n V(2i) \cdot F_D \cdot \cos[\eta(2i)]} \quad \dots (2)$$

where

- i indicates the measurement within the series;
- S indicates the series;
- $V_{\alpha, \beta}(2i)$ is the hemispherical solar irradiance signal measured at position $2i$ within the series, in millivolts, for instance;
- $V_{D, \beta}(2i-1)$ or $V_{D, \beta}(2i+1)$ is the diffuse solar irradiance signal measured at position $(2i-1)$ or $(2i+1)$ within the series, in millivolts, for instance;
- $V(2i) \cdot F_D$ is the direct solar irradiance calculated from the product of the pyrheliometer signal $V(2i)$ and its calibration factor F_D ;
- $\eta(2i)$ is the angle between the direction of the solar beam and the perpendicular to the receiver plane of the pyranometer, at the time corresponding to set position $2i$. The angle of incidence η is calculated (see annex B) from the inclined position of the pyranometer and the solar position;
- n is the number of readings of $E_{\alpha, \beta}$ and E_D to be used from the

total number of reading intervals $(2n+1)$.

Identify and reject those $R_S(i)$ which deviate by more than 1% from \bar{R}_S . If more than $n/2$ are rejected, eliminate the series from further calculations.

If there are sufficient $R_S(i)$, calculate a corrected value R_S :

$$R_S = \bar{R}_S(i, i=1, n \text{ for } i \neq j) \quad \dots (3)$$

where j are those measurements i which were identified as deviating by 1% from \bar{R}_S .

5.7.2 Evaluation of the final results

If p calibration series are carried out at the desired parameter ranges, the final responsivity R is calculated as the mean of all responsivities R_S :

$$R = \frac{1}{p} \cdot \sum_{i=1}^p R_S(i) \quad \dots (4)$$

If a reduction formula $f(T, T_a)$ is available, and there are some series in which the temperature deviates significantly from the desired value T_a , then apply $f(T, T_a)$ to each R_S according to:

$$R = \frac{1}{p} \cdot \sum_{i=1}^p f(T(i), T_a) \cdot R_S(i) \quad \dots (5)$$

NOTE 4 For some types of pyranometers, temperature coefficients α are specified so that simply $f(T, T_a) = [1 - \alpha(T - T_a)]$ is applicable.

Present the final result also in the form of a calibration factor F , expressed in watt square metres per microvolt:

$$F = \frac{1}{R} \quad \dots (6)$$

and the responsivity R .

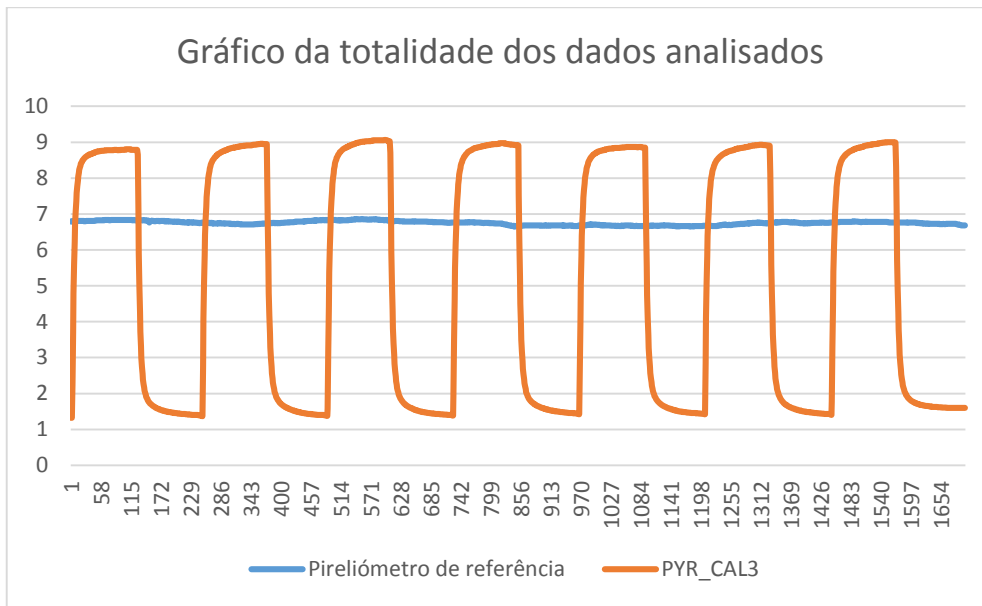
6 Continuous sun-and-shade method

6.1 Principle

The pyranometer is compared with two reference radiometers, namely a pyrheliometer and a well-calibrated pyranometer measuring diffuse solar radiation. The hemispherical solar irradiance is determined by the sum of the direct solar irradiance and the diffuse solar irradiance. The direct solar irradiance is derived from the pyrheliometer signal. The diffuse solar irradiance is measured continuously by the second pyranometer with a shade disc device. The method can deliver continuous results if continuous pyrheliometer readings can be taken. The reference pyranometer is traceable to a pyranometer calibrated with the sun-and-shade method.

Norma internacional usada para calibração de piranómetro usando um pireliómetro como referência.

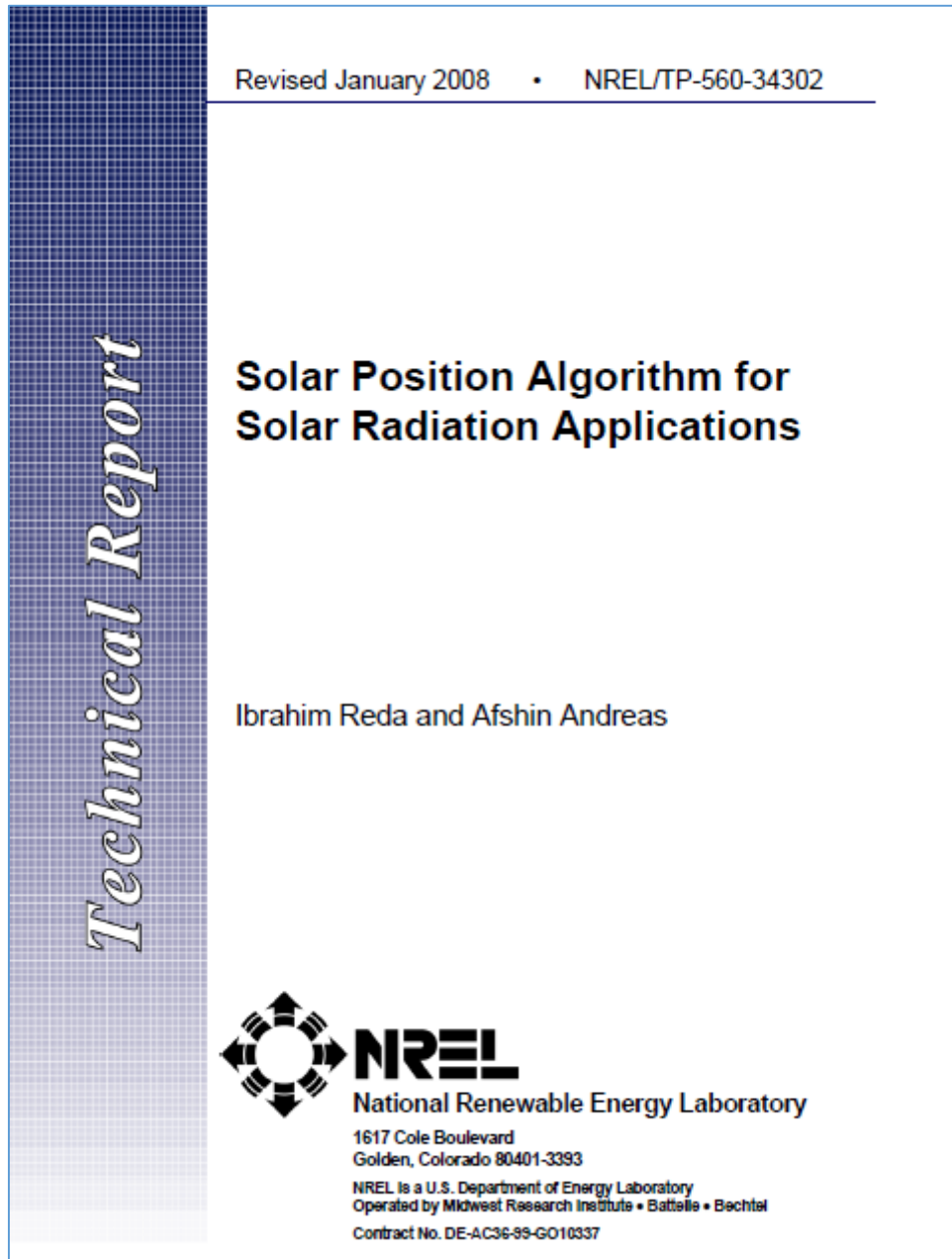
Anexo 28:



Representação gráfica dos valores do piranómetro durante o processo de calibração e do pireliómetro de referência.

Algoritmo desenvolvido pelo NREL para calcular angulo de zénite:

Anexo 29:



Página de rosto – Relatório técnico do algoritmo usado pela NREL;

[<http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/34302.pdf>]