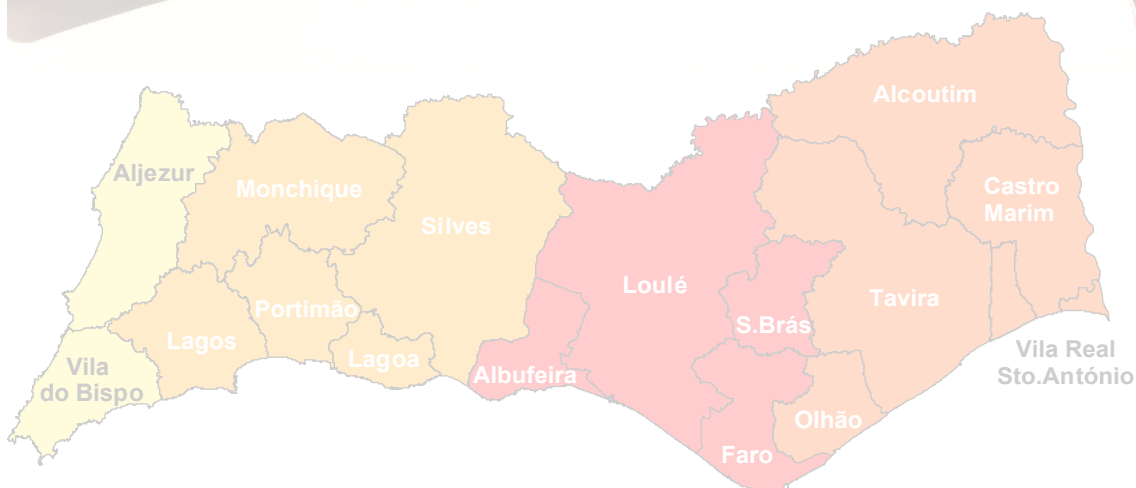


AVALIAÇÃO DO RECURSO SOLAR DA REGIÃO DO ALGARVE

Relatório Final

Projecto ENERSUR ESTUDO 9



Versão: 1.0, 19 Maio 2006

Autor: Ricardo Aguiar

Outros contribuidores: António Rocha e Silva, João Rio, José João Teixeira

Revisão: pendente (versão de trabalho)

ÍNDICE

1. Sumário Executivo	2
2. Arranque e Planeamento Inicial	3
3. Selecção e Instalação de Equipamento	5
3.1. Equipamentos de Monitorização de Radiação Global	5
3.2. Equipamentos de Monitorização de Radiação Global e Difusa em Simultâneo	7
4. Monitorização	8
4.1. Comparação de Sensores de Classes Diversas	8
4.2. Análises Preliminares da Variabilidade Temporal e Espacial	9
4.3. Problemas de Monitorização	10
5. Pré-Processamento	12
6. Tratamento Estatístico	13
6.1. Séries Diárias	13
6.2. Perfis Médios Diários	14
6.3. Estatísticas Descritivas e Sequenciais	18
7. Inferência da Turbidez Atmosférica	26
8. Recolha de Outros Dados Pertinentes	28
8.1. Dados de Longo Termo para Correção da Variabilidade Interanual	28
8.2. Dados Climáticos Publicados	30
9. Análise Climatológica Comparativa	34
10. Climatologia do Recurso Solar a Nível de Concelho	35
11. Conclusões	47
12. Referências	48
 Anexos	
I. Estações de Monitorização da Vertente Solar	51
II. Séries Diárias	61
III. Perfis Médios Diários	70
IV. Radiação Difusa	74
V. Informações Operacionais	76

1. Sumário Executivo

No âmbito do Projecto ENERSUR, a AREAL - Agência Regional de Energia e Ambiente do Algarve, estabeleceu um Contrato com o INETI - Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação I.P. para o mapeamento de alguns dos recursos energéticos renováveis do Algarve. O presente documento reporta as actividades e resultados do Estudo relativo ao recurso em energia solar.

O INETI seleccionou e encomendou o equipamento pertinente; foram instaladas estações de monitorização de radiação solar cobrindo suficientemente o território algarvio para permitir uma estimacão do recurso ao nível do Concelho.

Embora para produzir mapas fiáveis do recurso solar seja desejável que a monitorização abranja 10-12 anos, é exequível obter boas estimativas já com um ano e meio a dois anos, conforme os locais. Para isso usam-se certas técnicas estatísticas e monitorização simultânea numa outra estação de referência, no caso a do Campus do Lumiar do INETI, em Lisboa. No entanto esses procedimentos exigem que no período da campanha de medições as condições meteorológicas sejam típicas, o que como se sabe não foi o caso de 2005, pelo que a extensão da monitorização é aconselhável. Entretanto, o estudo não dependia apenas da monitorização para o mapeamento do recurso solar, embora esta fosse essencial para reduzir a incerteza e melhorar a resolução espacial.

A melhor informação disponível actualmente, obtida via compilação e conjugação de todas as fontes disponíveis, **é resumida nos mapas e estimativas, proporcionadas ao nível de Concelho, que figuram no Capítulo 10**. Outros dados recolhidos e estatísticas calculadas são também úteis às presentes e futuras aplicações em Engenharia e Arquitectura. Realça-se que significativas melhorias da resolução espacial e reduções da incerteza destas estimativas poderiam ser alcançada paulatinamente via continuação da monitorização nos locais estudados e noutros locais.

2. ARRANQUE E PLANEAMENTO INICIAL

O INETI participou em Outubro de 2003 num evento de arranque do Projecto INTERREG “ENERSUR” com apresentações acerca das várias vertentes do presente Projecto, incluindo a vertente solar. Ainda no final de 2003 foram compilados dados climáticos do Instituto de Meteorologia (IM), mapas dos Projectos JOULE European Solar Radiation Atlas (“ESRA”) e Climatic Synthetic Time Series for Mediterranean Climates (“CLIMED”), estimativas climáticas do Projecto ALTENER “P-CLIMA”, e cartas topográficas para avaliação das necessidades em dados meteorológicos na região (radiação solar / temperatura / humidade) e planeamento da campanha de monitorização.

Foi concluído que a monitorização de radiação global horizontal à superfície (a seguir mencionada apenas como “radiação global” ou pelo símbolo G) foi feita pelo IM apenas em Faro - encontradas referências a registos para 1979 e 1981-86 - e que presentemente não há dados disponíveis adicionais, nem provenientes dessa estação da rede clássica do IM nem da nova rede de estações automáticas, não se prevendo quando (ou mesmo se) vão estar disponíveis.

Por outro lado, a consulta do Atlas ESRA e especialmente dos resultados do P-CLIMA sugeriu que a correlação radiação solar / amplitude térmica poderá ser significativa na região algarvia, pelo que a monitorização simultânea radiação solar / temperatura é muito aconselhável. Também a humidade deveria ser medida, pela influência que poderá ter na turbidez atmosférica e portanto no limite superior de valores de radiação global correspondendo a céu completamente descoberto (dita também de “céu limpo”). Finalmente, sendo conhecidos dados de radiação difusa apenas para alguns anos de uma estação - encontradas referências a registos do IM para Faro, 1982-86 -, deveria ser feito um esforço para medir e/ou melhorar a estimação desta componente da radiação, uma vez que o seu conhecimento permite melhorar o desempenho dos modelos de conversão de radiação global horizontal para planos inclinados (e.g. colectores solares, fachadas de edifícios).

Dada a inexistência de volume significativo de registos diários e horários disponíveis para a região, estes parâmetros devem ser monitorizados pelo menos na escala de tempo horária. Para o tipo de estudo a empreender, escalas de tempo menores não são muito relevantes e por outro lado uma hora é suficiente para obter um bom detalhe nas oscilações da radiação, temperatura e humidade ao longo do dia (ao contrário por exemplo do caso do vento em que registos de 10 minutos são como se sabe mais apropriados).

Finalmente, dado o contraste de relevo “litoral relativamente plano/serra interior”, mas a concentração de população permanente e flutuante no litoral, onde tem mais interesse a longo prazo a utilização de energia solar, deve ter prioridade a instalação de estações no litoral. Assim identificaram-se as zonas assinaladas na Figura 1 como as de maior interesse para instalação de estações de monitorização. Recorrendo aos resultados do Projecto CLIMED e a outra bibliografia também se constatou que o número de anos mínimo para obter estatísticas climatológicas fiáveis seria da ordem de 10-12 anos para um clima com as características mediterrânicas. Assim, desde logo se adiantou que o período mínimo contratual de um ano de monitorização não seria suficiente para obter dados de longo prazo aceitáveis.

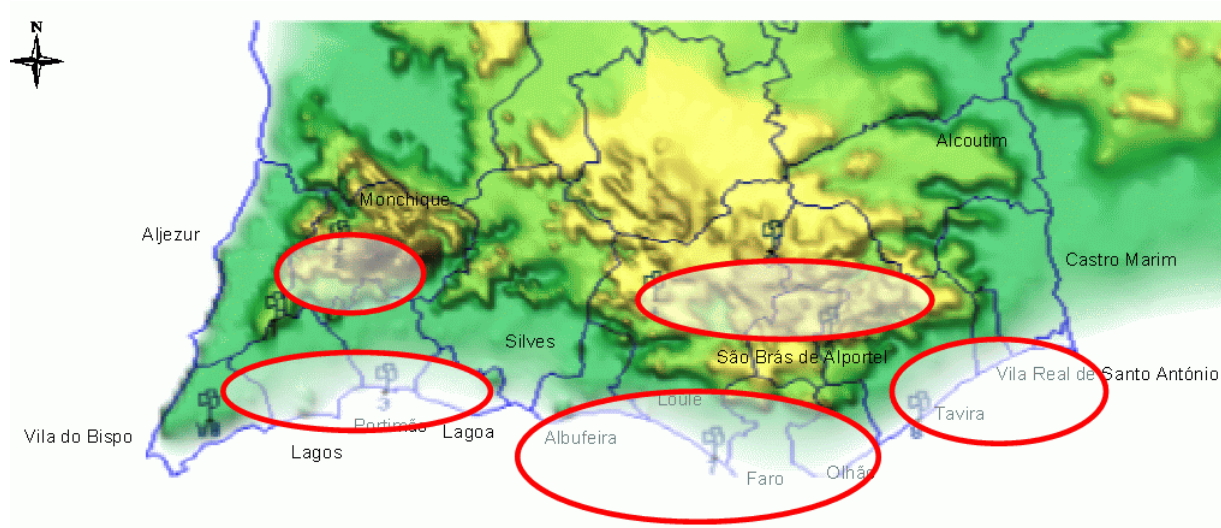


Fig. 1 - Zonas de prioridade de interesse para monitorização de radiação solar, identificadas na fase de arranque.

3. SELECÇÃO E INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTO

Em Novembro de 2003 o INETI definiu então o seguinte perfil da estação de monitorização típica para a vertente solar:

- Piranómetro de Classe 2 (com base de nivelamento)
- Termohigrómetro (com escudo de radiação)
- Suportes para instalação a um mínimo de 2 m do solo (seja em mastro seja em fachadas ou terraços).

Note-se a ausência de especificação de um registador electrónico (“datalogger”). De facto, uma vez que se sabia que o preço dos datalogger rondaria os 1200 € a 1500 €, a que acresciam cerca de 100 € a 200 € no caso de montagem em mastros, considerou-se que deveria ser aproveitada a sinergia com a vertente eólica deste mesmo Projecto - pressuposto aliás que baseava o orçamento d e execução do estudo da vertente solar. Assim os datalogger “Symphonie” e os mastros de algumas das estações de monitorização eólicas deveriam ser aproveitados para a instalação e ligação dos sensores de radiação e termohigrómetros.

No início de Dezembro de 2003 consultaram-se pois três empresas de instrumentação científica para este tipo de material: VÓRTICE, COSIM e QUANTIFIC.

3.1. Equipamentos de monitorização de radiação global

Com respeito às estações a equipar apenas com sensores de radiação global, o resultado das consultas, terminadas a Janeiro de 2004, foi complexo. O principal problema consistiu em que a empresa fornecedora dos datalogger Symphonie comunicou que seria possível a ligação de piranómetros de Classe 2 Kipp & Zonnen CM3 (“CM3”) a estes datalogger, através de módulos de adaptação não muito dispendiosos (que se previam a rondar os 100 €), pelo que a melhor solução nessa ocasião se confirmava ser (i) o uso dos datalogger e mastros já a ser adquiridos e instalados pela vertente eólica do Projecto; (iii) a compra de instrumentos CM3 para ligação a estes datalogger. Contudo, após bastante tempo dispendido em consultas, foi necessário constatar que a empresa (e o fornecedor no estrangeiro) não podiam prever uma data concreta para a sua entrega.

Assim a 15 de Junho de 2004 foi considerado necessário elaborar novas consultas para aquisição de equipamento. Especificou-se então, em adição aos sensores de radiação, temperatura e humidade, aos cabos e aos suportes,

- Registador electrónico (“datalogger”) com capacidade para 3 meses de registos horários.
- Mastro (com mínimo 2 m).
- Alimentação de energia.

Constatou-se contudo pelo resultado das consultas (meados de Julho de 2004) que esta solução seria muito dispendiosa para os recursos bastante limitados do Projecto, pelo que finalmente se adoptou uma configuração em que se usavam sensores de radiação de Classe 3, baseados em célula fotovoltaica de silício, Li-Cor LI-2005A (“Li-Cor”), e que podiam confirmadamente ser directamente ligados aos datalogger Symphonie. A questão da bondade do uso de uma Classe de instrumentos inferior à prevista seria apreciada através de um estudo sobre a adequação da resposta dos Li-Cor nas condições específicas do ambiente radiativo na região do Algarve. Isto poderia ser feito designadamente mantendo registos paralelos CM3/Li-Cor numa das estações. Para este fim foi seleccionada a estação de Vilamoura.

Foi pois feita a aquisição de um CM3 e quatro Li-Cor, sendo o CM3 e um dos Li-Cor destinados a instalação próximo do instrumento BF3 já previsto para Vilamoura, de forma a beneficiar também da possibilidade de comparação com os valores de radiação global estimada por este instrumento. Os outros Li-Cor foram instalados numa estação na costa (Tavira) e duas na serra interior (Ameixial e Vaqueiros), ver Fig. 2 e o Anexo I. Mais tarde foi adquirido ainda outro Li-Cor e instalado na estação de Praia da Luz, mas sendo esse esforço de Março de 2006, até ao momento de exrcução deste Relatório não foi possível obter dados suficientes para permitir um trtamento com significado estatístico.

A instalação dos piranómetros foi efectuada com a devida orientação a Sul, nos mastros anemométricos seleccionados. Os piranómetros foram instalados à altura de três metros relativamente à base das torres, orientados ao Sul geográfico e após o nivelamento e ligação ao datalogger, de acordo com manual do fabricante, foi verificado o seu bom funcionamento. Nas zonas de instalação não existem obstáculos de sombreamento naturais ou outros, pelo que os piranómetros não apresentaram problemas de distorção na exposição solar.

No Anexo I apresentam-se mapas de detalhe e fotografias das estações e dos locais monitorizados com sensores Li-Cor.

3.2. Equipamentos de monitorização de radiação global e radiação difusa em simultâneo

Por outro lado também se emitiram consultas às mesmas três empresas mencionadas na secção 3.1, para sensores de radiação difusa, sendo certo que este tipo de instrumento é mais caro que o de radiação global, devido à presença de uma banda ou disco para ocultar a radiação directa, e além disso necessita quase sempre de ajuste diária ou pelo menos bissemanal, seja via maquinaria automática (em geral dispendiosa) ou intervenção humana (também dispendiosa), e que o orçamento para compra de equipamento estava bastante limitado logo à partida.

Os preços dos sensores clássicos cotados foram de facto elevados, da ordem dos 3 300 € e portanto incompatíveis com o orçamento do Projecto (já ignorando a questão das elevadas despesas de manutenção). Contudo uma das empresas (VÒRTICE) propôs um novo sensor combinado radiação global/difusa de Classe 2 e sem peças móveis (Delta-T BF3, a designar a seguir por “BF3”), a um preço da ordem de 2 000 €, o que se afigurava uma opção muito interessante. A consulta da documentação técnica e científica fornecida (comparações com instrumentação clássica em particular) confirmou o bom desempenho do sensor combinado e levou o INETI a aceitar esta proposta para o equipamento de uma estação, que seria encomendada a 3 de Fevereiro de 2004.

Uma vez que esta estação de medição simultânea de radiação global e difusa se tratava do equipamento mais caro, delicado e do qual não havia experiência de trabalho, foi decidida a colocação nas instalações da sede da AREAL (Vilamoura), após visita ao local (ver Anexo I).

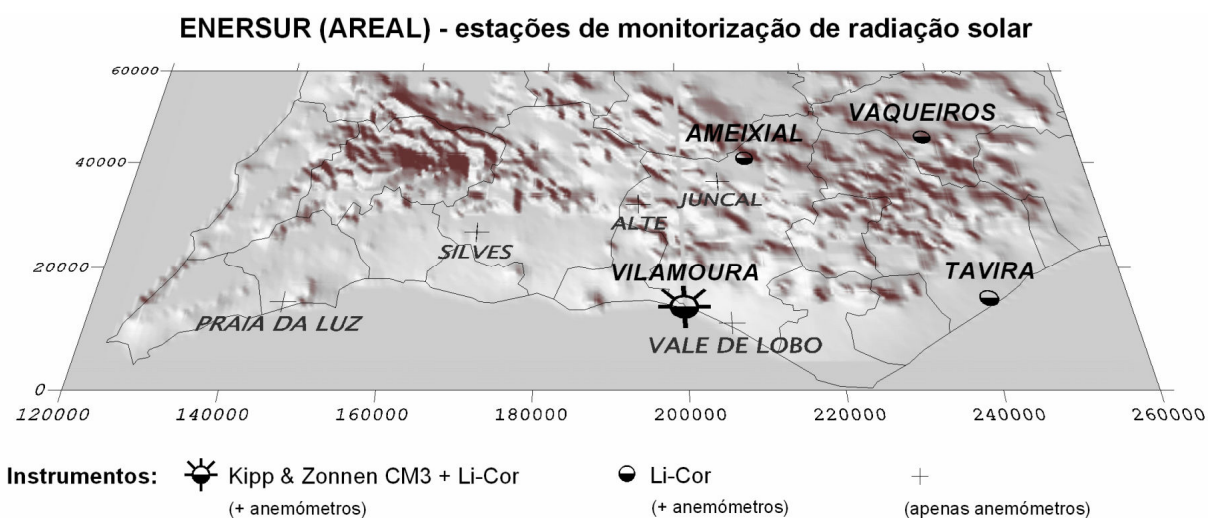


Fig. 2 - Situação das estações piranométricas à data de Junho de 2005.

4. MONITORIZAÇÃO

4.1. Comparação de sensores de classes diversas

Como se mencionou atrás, uma primeira e importante análise dizia respeito à bondade do uso de sensores Li-Cor, piranómetros de uma classe inferior ao inicialmente especificado, vd. Secção 3. Os dados obtidos indicam que de facto a sensibilidade e nível dos sensores Li-Cor é adequada aos fins do Projecto, ver Figuras 3 a 5. De facto a diferença entre sensores é de apenas cerca 1%, e a resposta em condições de nebulosidade elevada é satisfatória. Contudo não se deixa de reconhecer a necessidade de uma campanha de intercalibração *a posteriori* dos vários sensores usados no estudo, além da recalibração, de forma a corrigir se necessário as várias séries de registos.

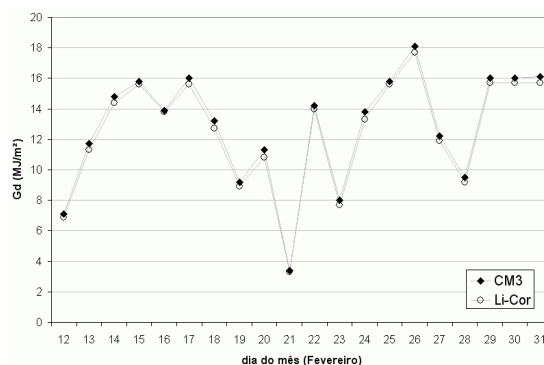


Fig. 3 - Séries diárias de radiação global diária dos sensores Li-Cor e CM3 de Vilamoura.

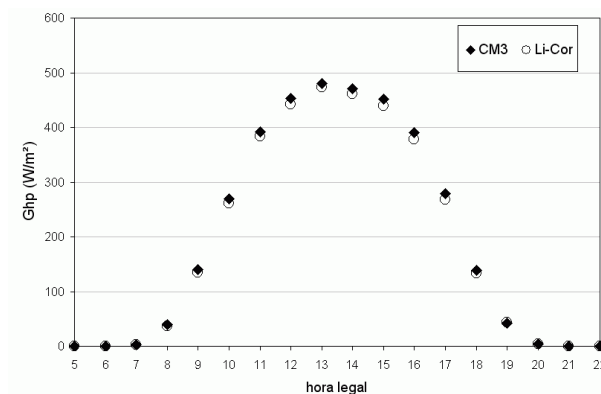


Fig. 4 - Perfis diários médios de radiação global horária Ghp dos sensores Li-Cor e CM3 de Vilamoura.

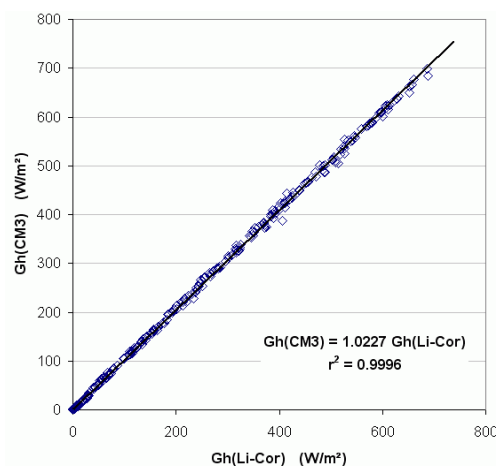


Fig. 5 - Regressão de valores de radiação global horária Gh dos sensores Li-Cor e CM3 de Vilamoura.

4.2. Análises preliminares da variabilidade temporal e espacial dos registos

Os dados registados até ao Verão de 2005 foram usados numa análise preliminar, que embora não permitisse a identificação de padrões espaciais do recurso - nem mesmo de valores absolutos, dado que o período Inverno/Primavera de 2004-2005 foi atípico em termos de nebulosidade em Portugal - permitiu isso sim constatar a coerência espacial dos registos entre estações, vd. Fig. 6, bem como a adequada qualidade geral dos dados em termos de resposta e calibração adequada dos sensores Li-Cor.

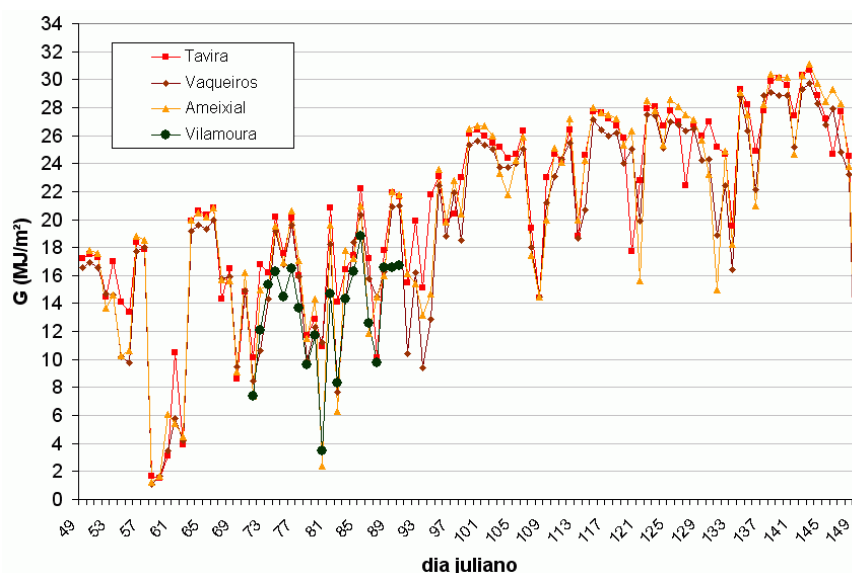


Fig. 6 - Séries diárias de radiação global diária disponíveis à data de Junho de 2005 (sensores Li-Cor, excepto CM3 em Vilamoura).

4.3. Problemas de monitorização

Após análise das primeiras medições de radiação solar, obtidas com o piranómetro BF3, foram notados problema nas respectivas séries de dados. Este problema foi despistado como tendo origem no modo de funcionamento do BF3, nomeadamente no tipo de sinal analógico emitido. Entretanto teve lugar na ARENA uma formatação do disco rígido do computador da AREAL a que o BF3 estava ligado, perdendo-se o software de comunicação e registo, e sem capacidade de localmente ser resolvido o problema. Só em Novembro de 2005 foi possível repôr o software de comunicação, mas perderam-se de vários meses de medições durante 2005. Na ocasião de re-arranque da estação, foram desligados os piranómetro BF3 e Li-Cor (foi mantido o piranómetro CM3). Apesar de os dados de Novembro e Dezembro de 2005 serem satisfatórios, a partir de Janeiro de 2006 aparece nos registos muito ruído e valores espúrios, daí que, apesar dos esforços de filtragem no controlo de qualidade, os registos não são aproveitáveis para estudos estatísticos.

Com respeito aos Li-Cor e CM3, para identificação de problemas sérios de monitorização - tais como o efeito de obstáculos na estação de Vilamoura - numa análise preliminar foram também calculados perfis médios diários a nível mensal, vd. Fig. 7. Não há sinais de problemas com obstruções no horizonte; a ligeira assimetria manhã/tarde é habitual em condições intermédias de nebulosidade dado o aumento de instabilidade, logo convecção local, e logo nebulosidade associada, desde a manhã para a tarde.

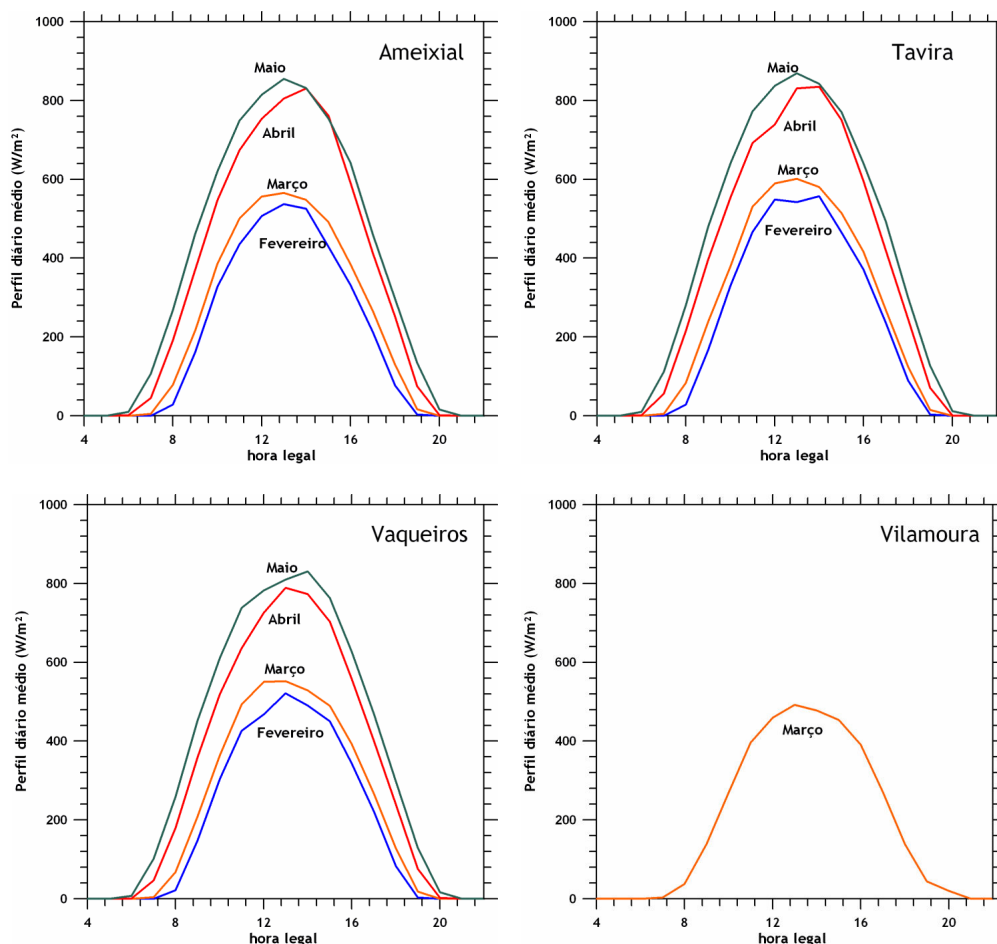


Fig. 7 - Perfis diários médios de radiação global horária disponíveis à data de Junho de 2005 (sensores Li-Cor, excepto CM3 em Vilamoura).

No entanto é nítida a existência de registos mais baixos em Vilamoura (quer com CM3 quer com Li-Cor) que nas outras estações, em particular para os dias descobertos - ver de novo a Fig. 11; e comparar o centro dos perfis diários médios da Figura 12 para o mês de Março. Em termos médios, durante o período de coincidência de registos, a radiação global em Vilamoura ficou 15% abaixo do valor médio nos outros 3 locais (13,3 MJ/m² vs. 15,8 MJ/m²). Dados os problemas mencionados mais acima, não se conseguiu averiguar se se trata de uma situação espúria, ou ligada aos datalogger diferentes usados, ou a então um efeito microclimático real; sendo certo que, estando a situação reflectida quer no sensor CM3 quer no sensor Li-Cor de Vilamoura, não pareceu tratar-se de um problema ligado ao uso dos sensores Li-Cor em si.

5. PRÉ-PROCESSAMENTO

O pré-processamento dos dados de radiação solar foi baseado num controlo de qualidade que usa uma comparação com estimativas de irradiação produzidas de um modelo “de céu limpo” (ESRA, 1999), especificando uma baixa turbidez atmosférica, nomeadamente um índice de turbidez de Linke para massa de ar 2, TL2, com o valor de 2. Os registos fora da zona de valores positivos de irradiação de céu limpo e os que ultrapassam essas estimativas são eliminados, bem assim como os valores para altitude solar inferior a 5° .

Um outro importante componente do pré-processamento respeita à conversão dos registos de hora legal para hora solar (tempo local aparente). As séries em hora solar são essenciais para outros fins a jusante, como a estimação da turbidez atmosférica e da irradiação em planos incliandos.

6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

6.1. Séries diárias

Na Figura 8 mostram-se as séries de valores diários desde o início da monitorização; os valores numéricos encontram-se no anexo II. Constata-se que as séries nas várias estações estão estreitamente correlacionadas. Embora a monitorização cubra mais de um ano, as séries de 2005 e 2006 sobrepõem-se ainda apenas para o mês de Março: o que é insuficiente para dizer algo de significativo sobre a variação interanual.

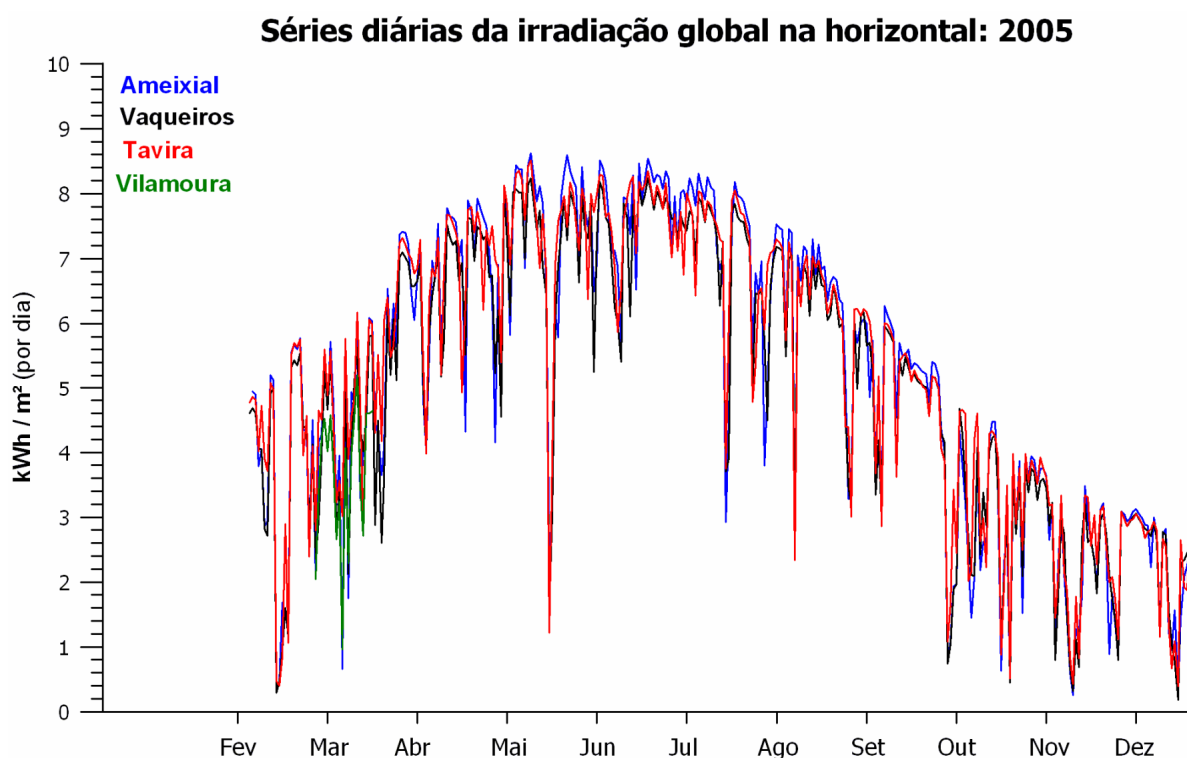


Fig. 8 - Séries diárias de radiação global diária recolhidas durante 2005 (sensores Li-Cor).

Séries diárias da irradiação global na horizontal: 2006

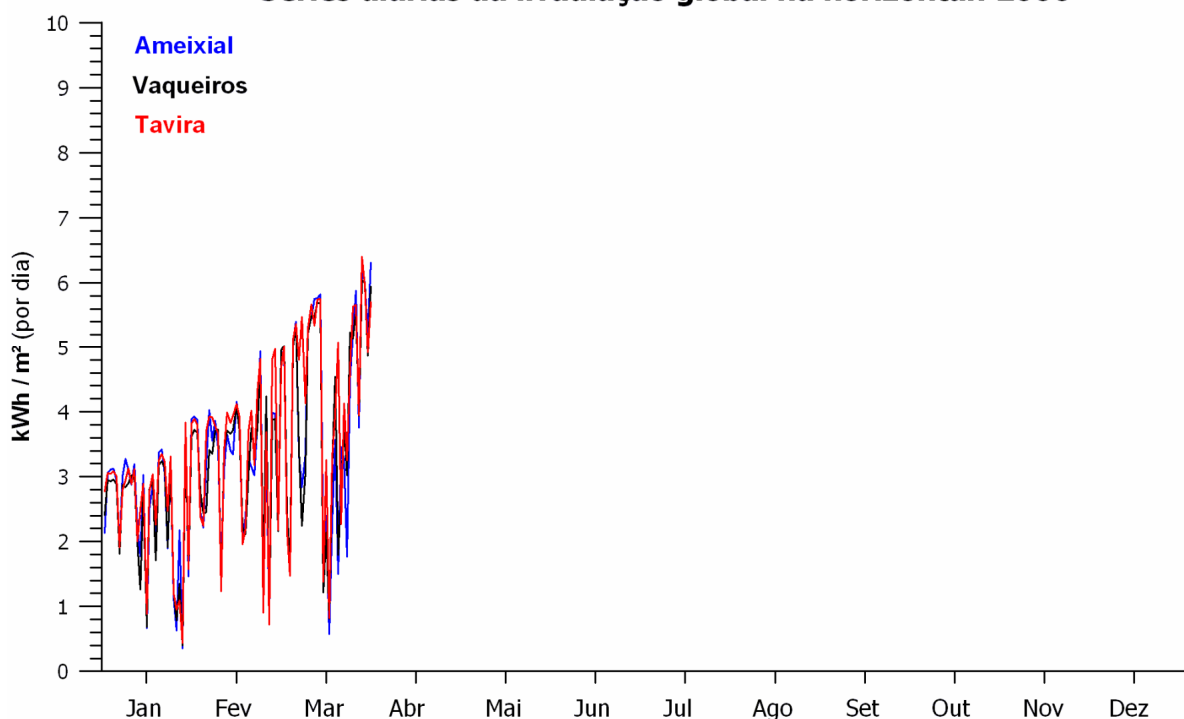


Fig. 8 (cont.) - Séries diárias de radiação global diária recolhidas em 2006 até à data deste Relatório (sensores Li-Cor).

6.2. Perfis médios diários

Na Figura 9 mostram-se os perfis diários médios mensais obtidos na monitorização; os valores numéricos encontram-se no anexo III. Nota-se uma pequena assimetria manhã-tarde, considerada normal e não provocada por obstruções ou sombras. A estação de Tavira apresenta valores um pouco mais elevados que os das estações de Ameixial e Vaqueiros em alguns meses. Embora a diferença esteja dentro do erro de observação típico, ou do erro de intercalibração de sensores, e portanto não possa ser considerada significativa, certo é que existe para a maioria dos meses, e que a diferença se intensificou mesmo na monitorização de 2006.

Na Figura 10 mostra-se uma comparação entre perfis de anos diferentes para o único mês de sobreposição da monitorização (Março). Não há diferenças substanciais entre os anos de 2005 e 2006, aparte alguns valores ligeiramente mais elevados em 2006, nas horas centrais do dia.

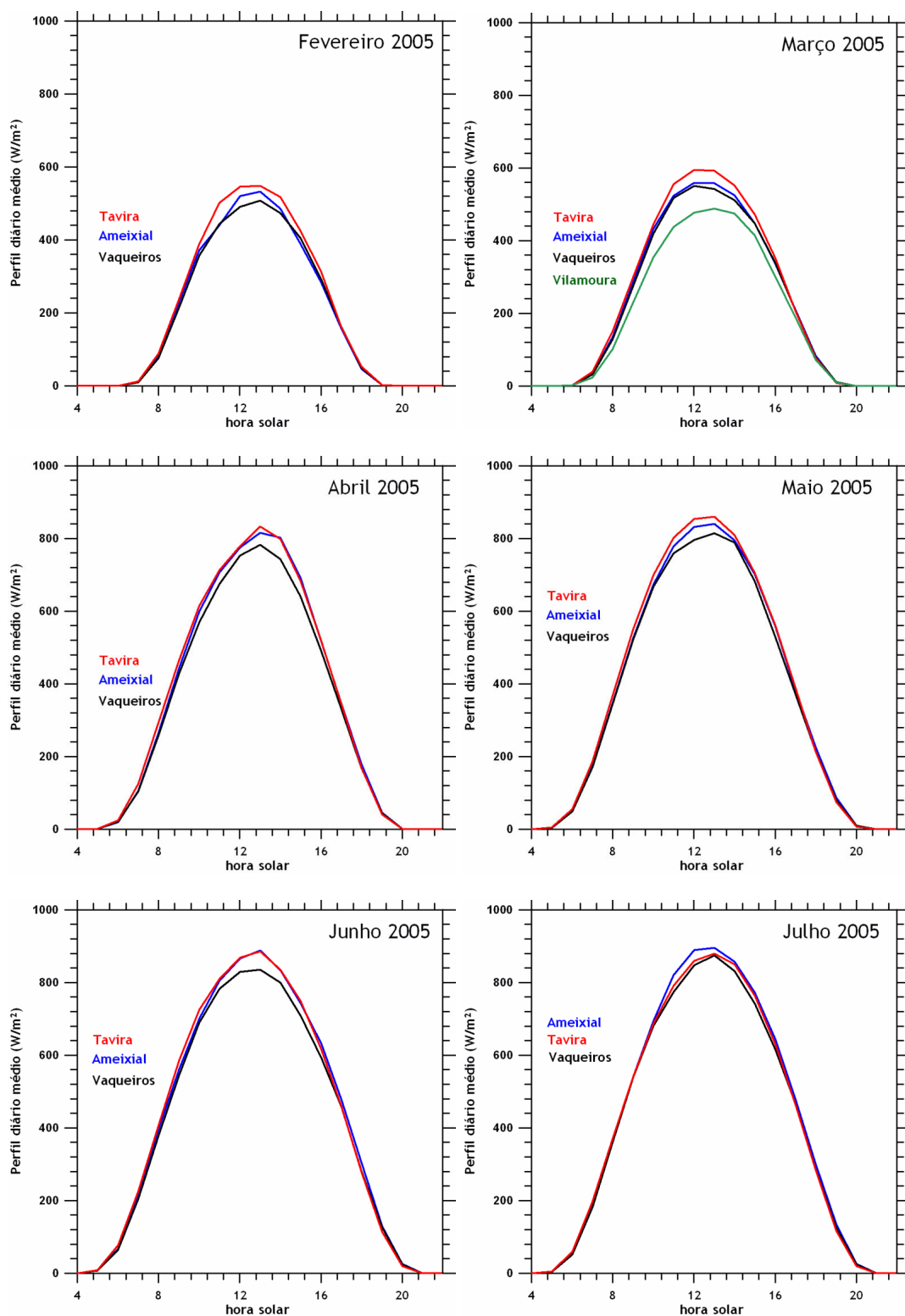


Fig. 9 - Perfis médios diários de radiação global diária obtidos na monitorização até à data.

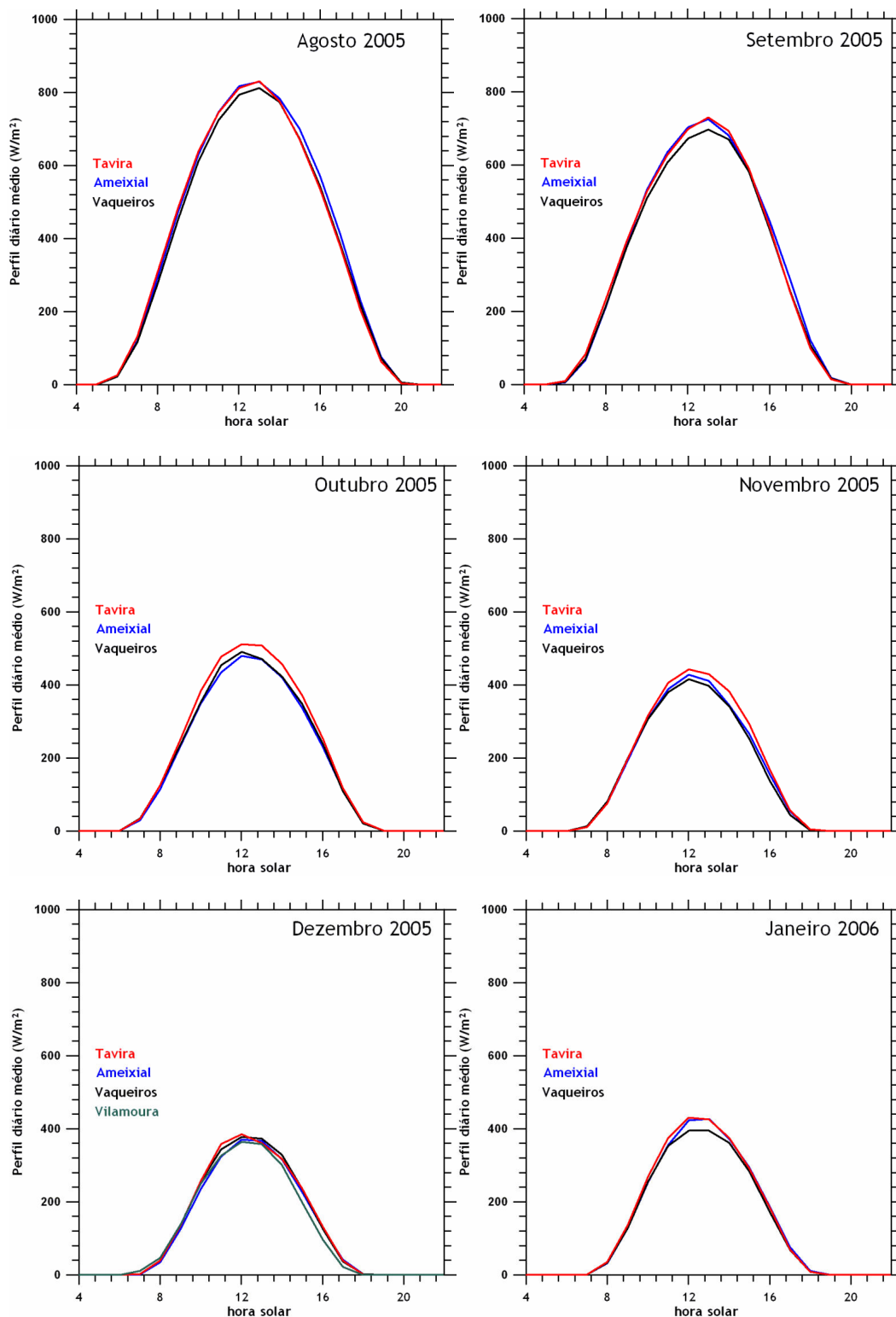


Fig. 9 (cont.) - Perfis médios diários de radiação global diária obtidos na monitorização até à data.

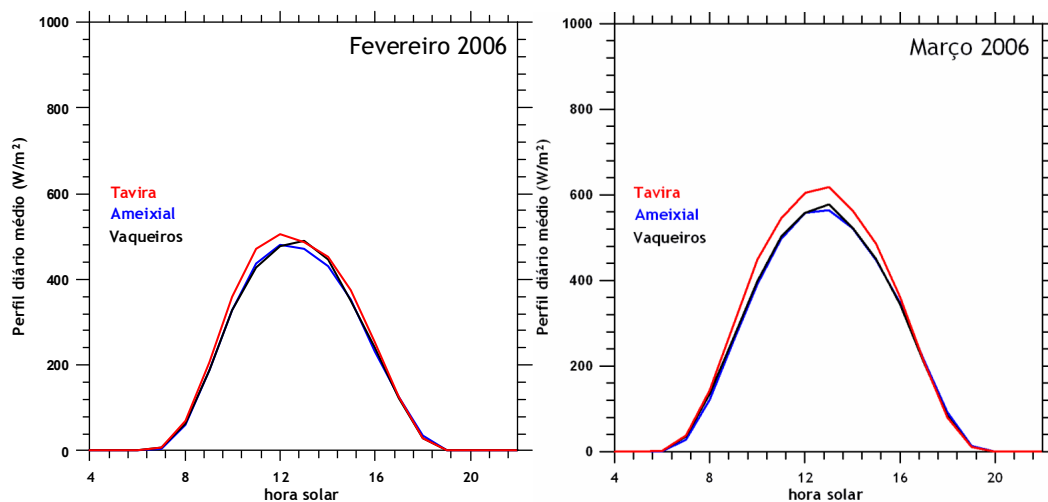


Fig. 9 (cont.) - Perfis médios diários de radiação global diária obtidos na monitorização até à data.

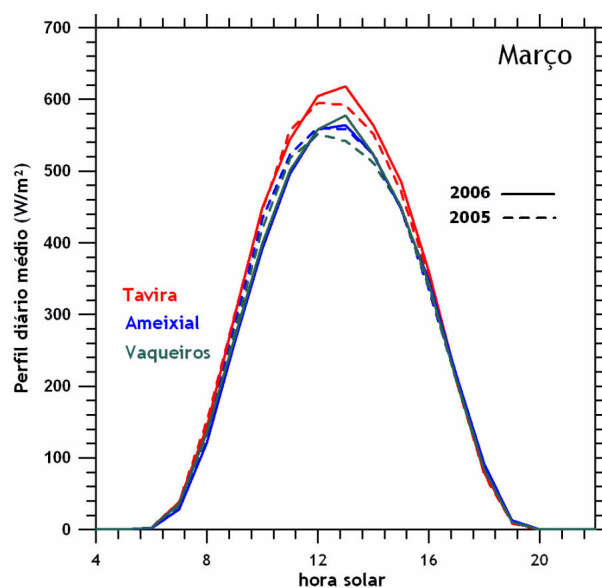


Fig. 10 - Perfis médios diários de radiação global diária obtidos na monitorização em Março de 2005 e de 2006.

6.3. Estatísticas descritivas e sequenciais

Nas Tabelas 1 a 4 apresentam-se as estatísticas descritivas e sequenciais das séries diárias. Note-se que há meses incompletos e dados diários que não passaram no controlo de qualidade, pelo que a fiabilidade das estatísticas tem de ser vista à luz da percentagem de registos válida, também indicada nas Tabelas.

Nada de particular há a assinalar nos padrões das estatísticas descritivas, a não ser os valores médios algo mais elevados do que seria de esperar nos meses de Primavera, o que justifica também as algo invulgares assimetrias “à direita” da distribuição de probabilidade nestes meses.

Com respeito às estatísticas sequenciais, destacam-se os valores anormalmente altos de autocorrelação parcial com desfazamento um dia nos meses de Primavera, em particular Abril e Maio (também Junho) de 2005. Em contraste há valores estatisticamente não significativos nos meses de Verão, especialmente Agosto e Setembro; mas pelo contrário a autocorrelação parcial com desfazamento dois dias é significativa, o que tão pouco é vulgar. Em 2006 os valores de autocorrelação voltam a ser os tipicamente observados em zonas de clima temperado.

No conjunto estas estatísticas sequenciais sugerem padrões de tempo meteorológico não representativos do clima nos primeiros meses de 2005, mas normais no restante período de monitorização.

A Tabela 5 e Figuras 11 a 13 fornecem as melhores estimativas de recurso solar que é possível deduzir dos dados obtidos, nos locais monitorizados. Trata-se de valores bastante homeogéneos espacialmente; e embora os valores médios no litoral (Tavira) sejam ligeiramente mais elevados que nas estações localizadas mais no interior, a diferença não pode ser considerada estatística, ou energeticamente, significativa.

Tabela 1 - Estatísticas dos dados diários monitorizados e válidos para Ameixial.

	2005										
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<u>Registos válidos</u>	36%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Média	3.47	4.14	6.31	6.98	7.65	7.66	6.70	5.40	3.24	2.64	2.17
Desvio-padrão	1.82	1.58	1.25	1.62	0.80	1.16	1.09	0.98	1.51	1.08	0.87
Assimetria	-0.19	-0.19	-0.20	-0.38	-0.25	-0.77	-0.49	-0.26	-0.05	-0.15	-0.13
Achatamento	-0.32	-0.22	-0.24	0.26	-0.04	2.14	0.81	-0.04	-0.34	-0.27	-0.37
Mínimo	0.35	0.67	3.66	2.36	5.65	2.93	3.09	3.18	0.50	0.26	0.38
Máximo	5.22	6.10	7.79	8.63	8.60	8.55	7.95	6.73	5.42	3.95	3.14

Autocorrelação parcial

desfaz. 1 dia	0.53	0.22	0.75	0.75	0.64	0.35	-0.12	0.17	0.46	0.52	0.53
erro-padrão	0.32	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
desfaz. 2 dias	-0.41	0.31	0.27	0.46	-0.14	-0.45	-0.42	-0.50	0.01	0.01	0.44
erro-padrão	0.39	0.19	0.27	0.26	0.25	0.20	0.18	0.19	0.21	0.23	0.22

	2006		
	Jan	Fev	Mar
<u>Registos válidos</u>	100%	100%	100%
Média	2.56	3.15	4.06
Desvio-padrão	0.96	0.96	1.68
Assimetria	-0.20	-0.19	-0.10
Achatamento	-0.13	-0.04	-0.35
Mínimo	0.36	0.81	0.58
Máximo	3.94	4.95	6.31

Autocorrelação parcial

desfaz. 1 dia	-0.12	-0.13	0.33
erro-padrão	0.18	0.19	0.18
desfaz. 2 dias	-0.02	-0.14	-0.19
erro-padrão	0.18	0.19	0.20

Tabela 2 - Estatísticas dos dados diários monitorizados e válidos para Vaqueiros.

	2005										
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Registos válidos	39%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Média	3.48	4.06	6.01	6.80	7.33	7.40	6.48	5.21	3.31	2.57	2.26
Desvio-padrão	1.71	1.41	1.35	1.51	0.80	1.02	0.92	0.99	1.40	1.03	0.82
Assimetria	-0.25	-0.18	-0.30	-0.50	-0.32	-0.77	-0.48	-0.24	-0.11	-0.21	-0.25
Achatamento	-0.24	-0.20	0.02	0.86	0.08	1.91	0.89	-0.10	-0.30	-0.20	-0.13
Mínimo	0.31	0.97	2.60	1.60	5.26	3.71	3.22	3.02	0.46	0.33	0.19
Máximo	4.99	5.84	7.52	8.26	8.19	8.25	7.59	6.61	5.18	3.76	3.10

Autocorrelação parcial

desfaz. 1 dia	0.61	0.52	0.83	0.72	0.04	0.23	-0.19	0.08	0.39	0.56	0.58
erro-padrão	0.30	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
desfaz. 2 dias	-0.33	0.04	0.25	0.46	-0.32	-0.50	-0.50	-0.38	0.09	-0.10	0.02
erro-padrão	0.40	0.22	0.28	0.26	0.18	0.19	0.19	0.18	0.21	0.23	0.23

	2006		
	Jan	Fev	Mar
Registos válidos	100%	100%	100%
Média	2.45	3.17	4.09
Desvio-padrão	0.92	0.95	1.59
Assimetria	-0.19	-0.23	-0.14
Achatamento	-0.22	-0.07	-0.33
Mínimo	0.41	0.86	0.82
Máximo	3.74	4.69	6.06

Autocorrelação parcial

desfaz. 1 dia	-0.06	-0.20	0.28
erro-padrão	0.18	0.19	0.18
desfaz. 2 dias	-0.06	0.02	-0.29
erro-padrão	0.18	0.20	0.19

Tabela 3 - Estatísticas dos dados diários monitorizados e válidos para Tavira.

2005											
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Registos válidos	39%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Média	3.80	4.35	6.40	7.14	7.66	7.52	6.61	5.38	3.52	2.78	2.26
Desvio-padrão	1.72	1.41	1.08	1.45	0.60	0.87	1.02	0.99	1.37	0.99	0.79
Assimetria	-0.34	-0.21	-0.22	-0.69	-0.36	-0.77	-0.67	-0.31	-0.18	-0.22	-0.22
Achatamento	-0.08	-0.05	-0.16	1.93	0.27	2.48	1.99	0.09	-0.25	-0.13	-0.19
Mínimo	0.41	0.86	3.99	1.23	5.88	3.76	2.35	2.87	0.52	0.44	0.40
Máximo	5.10	6.18	7.69	8.52	8.30	8.36	7.71	6.61	5.20	3.99	3.10
Autocorrelação parcial											
desfaz. 1 dia	0.77	0.40		0.59	0.05	-0.11	-0.11	0.01	0.23	0.60	0.48
erro-padrão	0.30	0.18		0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
desfaz. 2 dias	-0.26	0.16		0.25	-0.64	-0.86	-0.38	-0.25	0.03	0.01	0.30
erro-padrão	0.44	0.21		0.23	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.24	0.22
2006											
	Jan	Fev	Mar								
Registos válidos	100%	100%	100%								
Média	2.61	3.34	4.41								
Desvio-padrão	0.92	1.15	1.49								
Assimetria	-0.23	-0.23	-0.25								
Achatamento	-0.11	-0.11	-0.08								
Mínimo	0.44	0.73	0.83								
Máximo	3.90	4.98	6.41								
Autocorrelação parcial											
desfaz. 1 dia	-0.01	-0.08	0.22								
erro-padrão	0.18	0.19	0.18								
desfaz. 2 dias	-0.12	-0.18	-0.04								
erro-padrão	0.18	0.19	0.19								

Tabela 4 - Estatísticas dos dados diários monitorizados e válidos para Vilamoura.

	2005										
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Registos válidos		65%									100%
Média		3.59									2.10
Desvio-padrão		1.07									0.85
Assimetria		-0.22									-0.15
Achatamento		-0.07									-0.38
Mínimo		0.95									0.54
Máximo		5.09									2.97
Autocorrelação parcial											
desfaz. 1 dia		0.29									0.80
erro-padrão		0.08									0.27
desfaz. 2 dias		0.22									0.18
erro-padrão		0.24									0.27

Tabela 5 - Estimativas de valores diários de irradiação solar horizontal global (kWh/m²).

Ameixial

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Médio	2.56	3.23	4.10	6.31	6.98	7.65	7.66	6.70	5.40	3.24	2.64	2.17	4.89
Mínimo mais provável	0.36	0.69	0.63	3.66	2.36	5.65	2.93	3.09	3.18	0.50	0.26	0.38	0.26
Máximo mais provável	3.94	5.02	6.21	7.79	8.63	8.60	8.55	7.95	6.73	5.42	3.95	3.14	8.63

Vaqueiros

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Médio	2.45	3.26	4.08	6.01	6.80	7.33	7.40	6.48	5.21	3.31	2.57	2.26	4.76
Mínimo mais provável	0.41	0.70	0.90	2.60	1.60	5.26	3.71	3.22	3.02	0.46	0.33	0.19	0.19
Máximo mais provável	3.74	4.77	5.95	7.52	8.26	8.19	8.25	7.59	6.61	5.18	3.76	3.10	8.26

Tavira

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Médio	2.61	3.47	4.38	6.40	7.14	7.66	7.52	6.61	5.38	3.52	2.78	2.26	4.98
Mínimo mais provável	0.44	0.64	0.85	3.99	1.23	5.88	3.76	2.35	2.87	0.52	0.44	0.40	0.40
Máximo mais provável	3.90	5.01	6.30	7.69	8.52	8.30	8.36	7.71	6.61	5.20	3.99	3.10	8.52

Vilamoura

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Médio			3.13									2.10	
Mínimo mais provável			0.56									0.54	
Máximo mais provável			8.86									2.97	

Estimativas climatológicas de irradiação solar global horizontal diária

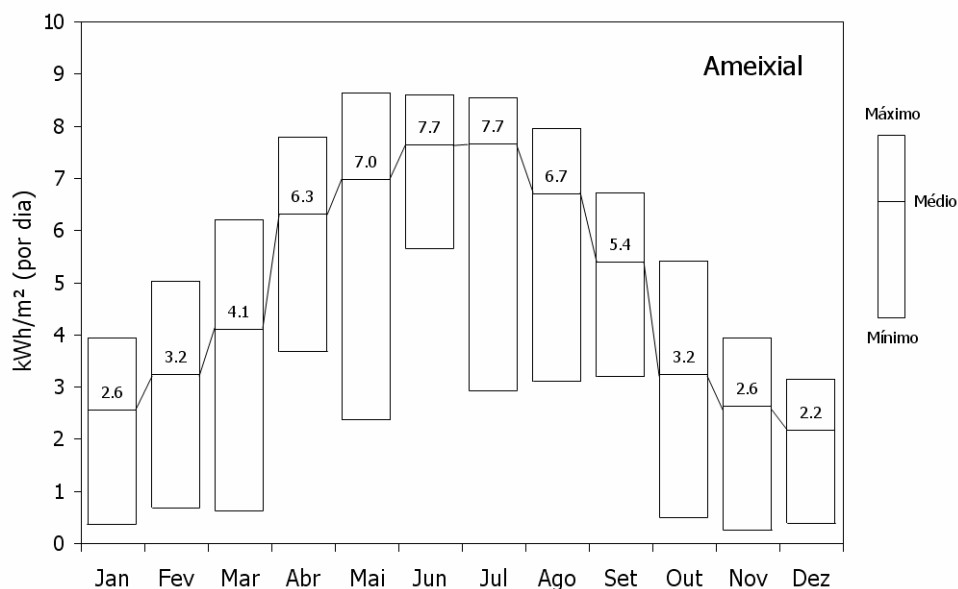


Figura 11 - Estimativas de recurso solar com os dados diários monitorizados e válidos para Ameixial.

Estimativas climatológicas de irradiação solar global horizontal diária

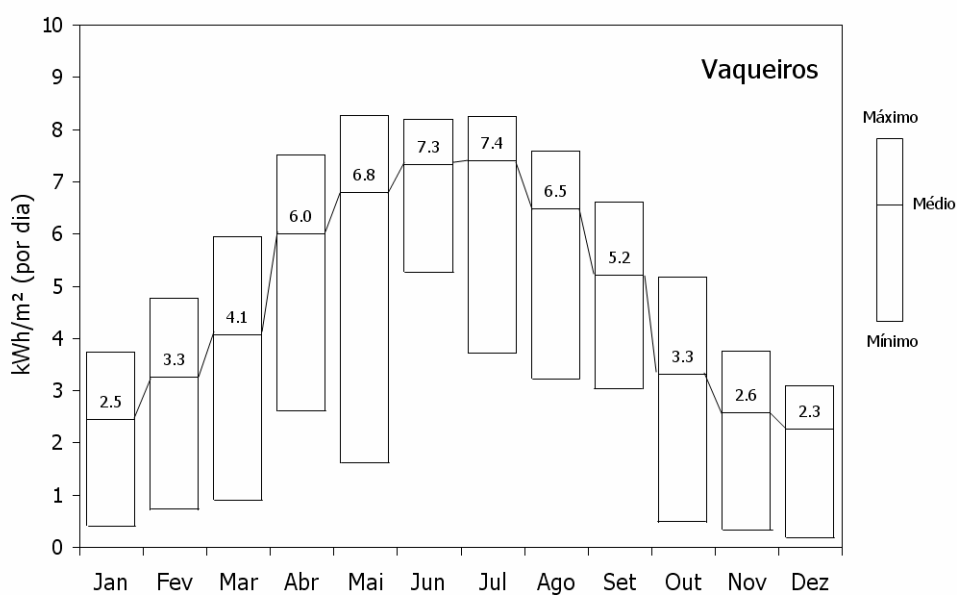


Figura 12 - Estimativas de recurso solar com os dados diários monitorizados e válidos para Vaqueiros.

Estimativas climatológicas de irradiação solar global horizontal diária

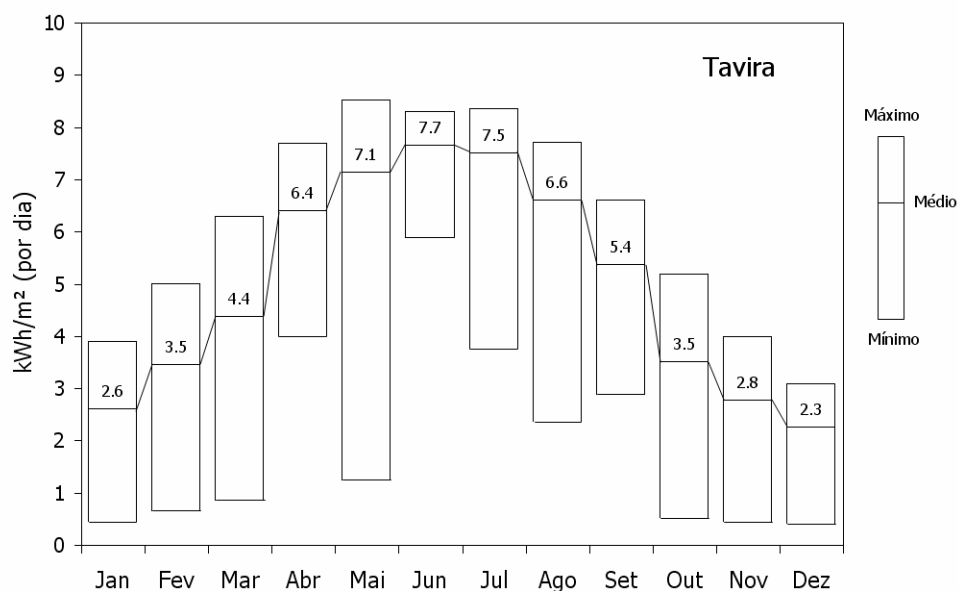


Figura 13 - Estimativas de recurso solar com os dados diários monitorizados e válidos para Tavira

7. INFERÊNCIA DA TURBIDEZ ATMOSFÉRICA

A estimacão da turbidez atmosférica característica dos locais permite ajustar modelos de irradiação sob céu limpo, daí ser relevante para uma variedade de fins, dos quais se destacam

- Obtenção de valores limite para controlo de qualidade
- Estimacão da irradiação mensal a partir da insolação mensal (modelo de Suehrcke)
- Determinação de valores limite da fracção difusa da irradiação
- Ajuste de modelos de irradiação espectral

No que se segue utilizou-se o modelo desenvolvido para o Projecto “European Solar Radiation Atlas” (ESRA 1999), que faz uso de apenas um parâmetro livre, o índice de turbidez de Linke para massa de ar 2, TL2.

A metodologia usada foi desenvolvida especificamente no contexto deste trabalho, parcialmente a partir de um método ensaiado para o Projecto “European Solar Radiation Atlas” (ESRA). Consiste em:

- identificar os dias de céu limpo na sequência por um método objectivo, nomeadamente por comparação com perfis de céu limpo para TL2=2 e TL2=3 e aceitar o dia como sendo de céu limpo se o erro médio quadrático (*rmse*) fôr inferior a 100 W/m² em algum dos casos;
- usar um método de estreitamento progressivo do intervalo TL2=1,5 a TL2=5,5 (gama suficiente para as condições nacionais) de forma a convergir para o valor de TL2 diário que resulta num *rmse* mínimo;
- escolher TL2 para o mês como a mediana das 6 estimativas de TL2 diário mais baixas (ou caso não haja 6 dias de céu limpo no mês, a mediana do número de estimativas de TL2 que houver).

Os resultados obtidos foram muito satisfatórios; na Tabela 6 e Figura 14 apresentam-se as estimativas para os diversos meses e estações.

Tabela 6 - Valores de TL2 estimados para as séries diárias monitorizadas.

2005

	Ameixial	Vaqueiros	Tavira
Jan			
Fev	2.4	2.9	2.5
Mar	2.6	3.1	2.4
Abr	3.1	3.5	3.0
Mai	3.5	3.9	3.4
Jun	3.9	4.1	4.0
Jul	3.9	4.0	3.8
Ago	3.6	4.0	3.8
Set	3.7	3.9	3.7
Out	3.4	3.8	3.6
Nov	3.1	3.5	2.8
Dez	2.7	2.9	2.8

2006

	Ameixial	Vaqueiros	Tavira
Jan	2.6	3.1	2.6
Fev		3.4	2.8
Mar	3.1	3.2	2.9

Como se pode verificar, a tendência de TL2 é para aumentar desde o Inverno (céu mais límpido) até ao Verão (céu mais carregado de aerossóis) voltando depois a diminuir. Este padrão é típico das zonas temperadas. Contudo o valor médio de TL2 (cerca de 3,5) e especialmente a amplitude da oscilação sazonal (cerca de 1,2) parecem mais elevados que o habitualmente encontrado noutras estações portuguesas (média da ordem de 3,0 e oscilação da ordem de 0,8).

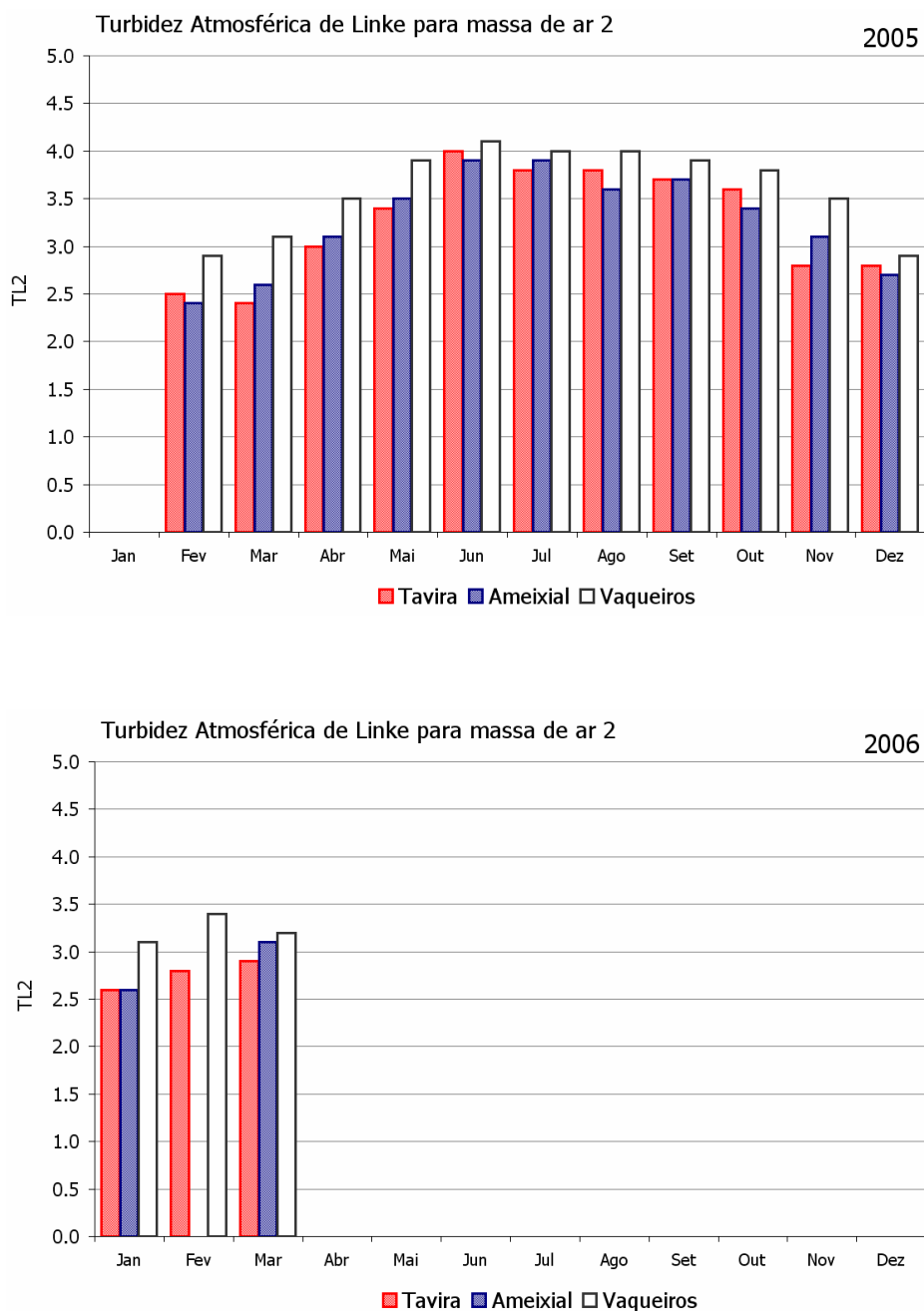


Figura 14 - Valores de TL2 estimados para as séries diárias monitorizadas.

8. RECOLHA DE OUTROS DADOS PERTINENTES

8.1. *Dados de longo termo para correcção da variabilidade interanual*

Procedeu-se também à recolha de dados piranométricos da estação situada no campo de ensaios do Laboratório de Ensaio de Colectores Solares (LECS) do INETI, Campus do Lumiar, Lisboa. Tendo em conta que a irradiação solar em Lisboa é bem conhecida, em particular os valores climáticos, e sob a hipótese de que as flutuações mensais da irradiação solar são estreitamente correlacionadas na região de Lisboa com a região do Algarve, é possível usar dados de irradiação solar monitorizados em Lisboa, simultaneamente com os dados monitorizados no Algarve, para compensar a variabilidade do clima no período de medição, e assim obter estimativas de longo prazo para o Algarve a partir de um período de monitorização curto. Contudo, o período monitorizado tem que corresponder a um comportamento do tempo típico.

8.2. *Dados climáticos publicados*

Existem vários bancos de dados e Atlas internacionais que fornecem dados pertinentes para o presente trabalho, nomeadamente mapas e valores numéricos do clima radiativo na região do Algarve. No entanto a resolução espacial é baixa e o número de anos subentendido também (portanto pode não corresponder aos valores climáticos) - aliás estas dificuldades são a razão primeira para a execução deste trabalho, é claro. No entanto, estes dados são úteis, sob várias perspectivas: exploratória e de verificação dos dados monitorizados; de correcção de variabilidade interanual; e ainda, para ajudar à discriminação espacial do campo de irradiação solar na região.

Uma primeira fonte a referir é a do banco de dados da NASA (NASA Surface meteorology and Solar Energy Data Sets), baseado em informações de detecção remota e correspondendo ao período nominal 1981-90, ver <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>. A grelha do banco de dados na região do Algarve é mostrada na Figura 15, e pode-se apreciar que a região é coberta por duas células, que chamaremos “NASA Oeste” (canto inferior 37°N, 9°W) e “Nasa Leste” (canto inferior 37°N, 8°W). Estas células abrangem também o Baixo Alentejo, portanto é de esperar que os valores disponibilizados correspondam a uma média entre as duas regiões e não especificamente apenas para o Algarve. Os dados médios e extremos de irradiação são apresentados na Tabela 7.

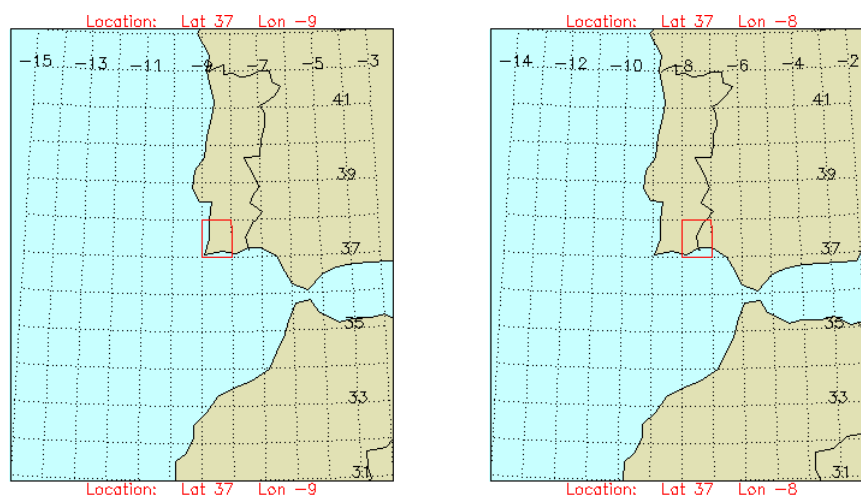


Fig. 15 - Grelha NASA para a base de dados mundial de valores médios mensais (1981-90 nominal).

Tabela 7 - Médias mensais e anual da irradiação global (Gdm) e difusa (Ddm) na horizontal, período 1981-90, e extremos da irradiação global nesse período, segundo a base de dados da NASA (kWh/m²).

NASA Este	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Gdm	2.31	3.00	4.36	5.20	6.15	6.88	7.34	6.50	5.21	3.51	2.41	1.94	4.56
Ddm*	0.90	1.17	1.67	2.07	2.30	2.33	2.13	1.99	1.74	1.43	0.99	0.83	1.63
min(Gdm)	-18%	-28%	-12%	-9%	-8%	-14%	-9%	-7%	-17%	-20%	-20%	-25%	
max(Gdm)	+16%	+17%	+12%	+21%	+15%	+9%	+6%	+6%	+8%	+20%	+20%	+27%	

NASA Oeste	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Gdm	2.35	3.10	4.65	5.79	6.88	7.32	7.41	6.90	5.57	3.79	2.54	2.04	4.86
Ddm*	0.89	1.16	1.64	1.99	2.17	2.24	2.11	1.88	1.66	1.41	0.97	0.82	1.58
min(Gdm)	-20%	-19%	-11%	-6%	-7%	-9%	-11%	-10%	-12%	-25%	-14%	-21%	
max(Gdm)	+17%	+20%	+11%	+15%	+10%	+6%	+5%	+7%	+10%	+13%	+18%	+23%	

* modelo de Erbs et al.

Note-se que nesta base de dados, a zona Oeste aparece com um valores de irradiação global cerca de 6% superiores ao da zona Este, o que não corresponde às informações recolhidas por instrumentação no solo. De notar também a grande variabilidade interanual reportada.

Outras bases de dados existem, entre elas as comerciais, de que se apresenta um exemplo na Figura 16. Trata-se do mapa de irradiação global anual da base de dados do software Meteonorm, baseado unicamente em dados de satélite. Note-se que ao contrário da base de dados da NASA este mapa parece indicar uma radiação na zona Este do Algarve/Baixo Alentejo um pouco superior à da zona Oeste.

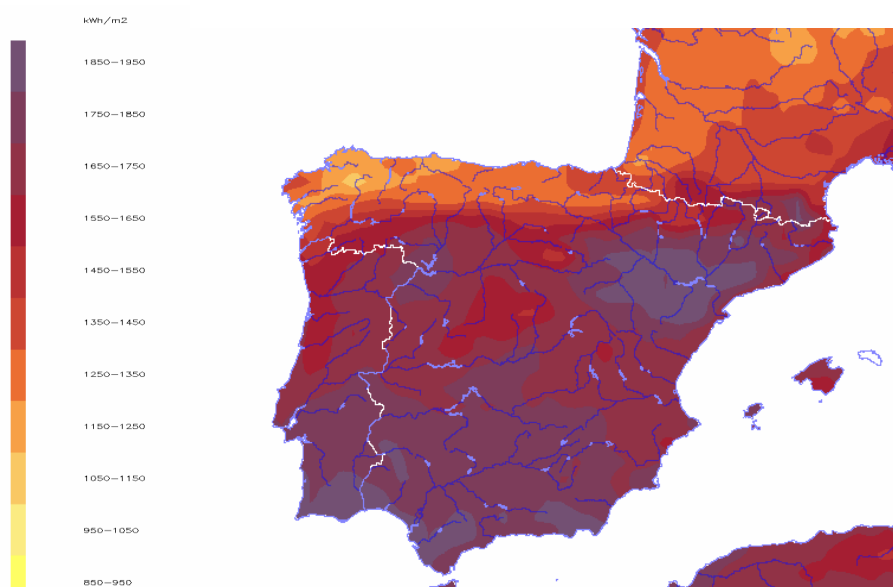


Fig. 16 - Mapa Meteonorm de média anual de irradiação global na horizontal (1981-90 nominal), kWh/m²/ano.

Finalmente, na Figura 17 mostram-se os mapas mensais do European Atlas of Solar Radiation (ESRA), edição de 1999, baseada em dados de 4 anos do satélite METEOSAT e em dados de insolação e irradiação de estações de terra. Estes mapas não mostram assimetria significativa entre Este e Oeste. No entanto mostram alguma estrutura cerca de Faro. Isto é interpretado como sendo apenas um efeito espúrio, já que Faro é a única estação do ESRA na região do Algarve, sendo o campo radiativo restante interpolado/extrapolado a partir desse ponto. Na Tabela 8 são apresentados os dados ESRA para Faro, baseados em informações do Instituto de Meteorologia armazenadas no World Radiometric Centre, S. Petersburgo, Rússia.

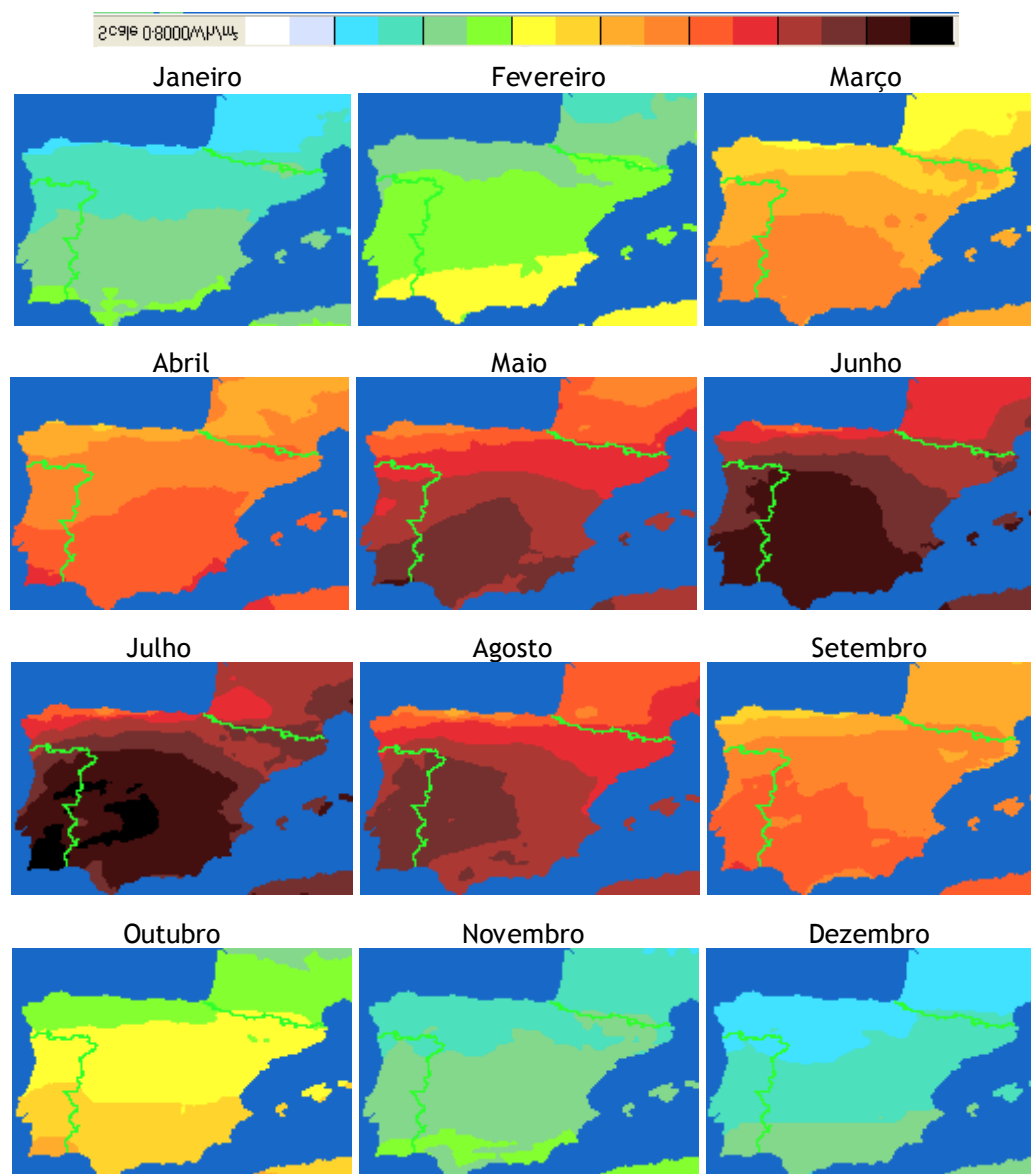


Fig. 17 - Mapas ESRA de média mensais de irradiação global na horizontal (1981-90 nominal).

Tabela 8 - Dados de irradiação global da estação meteorológica “Faro” do Atlas ESRA.

Banco de dados ESRA (1981-90 nominal, MeteoSat + estações de terra)

Gm - média mensal de valores diários da irradiação global na horizontal (kWh/m²/dia)

Sm - média mensal de valores diários da insolação (horas/dia)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Gm	2,69	3,06	4,67	5,77	7,16	7,26	7,86	6,97	5,55	4,24	2,67	2,20	5,01
Sm	6,0	5,8	8,1	7,9	9,9	10,7	11,5	10,7	8,9	7,7	5,6	4,8	8,2
Tmin(°C)	8,2	9,0	10,2	11,2	13,1	16,6	18,6	19,1	18,5	15,4	12,5	10,2	13,5
Tmax(°C)	16,1	16,6	18,9	19,7	22,3	25,7	28,4	28,4	27,4	23,6	19,7	17,0	21,9

Note-se como a estimativa da irradiação global anual ESRA é de cerca 5,0 kWh/m², a comparar com cerca de 4,7 kWh/m² em média para a estimativa NASA (esta portanto 6% inferior).

O Atlas ESRA também tem informações a respeito da variabilidade interanual, que se podem inferir dos valores reportados para a insolação em 1981-90, ver Tabela 9. A variabilidade da insolação é aqui da mesma ordem, se não superior, à reportada para a irradiação pela NASA.

Tabela 9 - Dados de insolação da estação meteorológica “Faro” do Atlas ESRA.

Banco de dados ESRA (estação IM)
Sm - Insolação mensal (horas/mês)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1981	227	184	208	214	349	344	378	334	265	250	191	134	3078
1982	200	166	287	257	330	350	364	333	247	263	168	172	3137
1983	194	153	225	214	310	287	339	322	285	242	142	198	2911
1984	192	223	222	235	296	280	366	349	305	267	157	140	3032
1985	182	103	274	228	295	326	370	366	266	288	178	161	3037
1986	205	133	260	251	308	326	365	356	248	254	208	187	3101
1987	159	170	253	221	298	343	327	291	282	137	191	108	2780
1988	148	181	280	268	292	303							
1989				246	303	336	363	298	266	215	123	90	
1990							359	339	250				
Média	188	164	251	237	309	322	359	332	268	240	170	149	3011
Desvio padrão	25	36	30	19	19	26	16	25	19	46	28	38	124
Coef. Variação (%)	13%	22%	12%	8%	6%	8%	4%	8%	7%	19%	17%	25%	4%

9. ANÁLISE CLIMATOLÓGICA COMPARATIVA

Na Tabela 10 apresenta-se um extracto das estimativas mensais de irradiação global tratadas. Numa primeira nota, constatamos que os valores de monitorização estão dentro dos valores esperados.

**Tabela 10 - Comparações de valores mensais de diversas origens.
Gdm - média mensal da irradiação diária global na horizontal (kWh/m²)**

Monitorização (2005)									
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Média
Ameixial	3.55	4.14	6.31	6.98	7.65	7.66	6.70	5.41	6.05
Vaqueiros	3.48	4.06	6.01	6.80	7.33	7.40	6.48	5.21	5.85
Tavira	3.79	4.35	6.40	7.14	7.66	7.52	6.61	5.38	6.11
Vilamoura	3.57								
Média	3.60	4.18	6.24	6.97	7.55	7.53	6.60	5.33	6.00
Estimativas de outras origens (1981-90)									
Faro (ESRA)	2.69	3.06	4.67	5.77	7.16	7.26	7.86	6.97	6.05
Algarve Este (NASA)	3.00	4.36	5.20	6.15	6.88	7.34	6.50	5.21	5.58
Algarve Oeste (NASA)	3.10	4.65	5.79	6.88	7.32	7.41	6.90	5.57	6.00
Diferença da média observada na região (2005) relativamente a outras estimativas									
para ESRA	34%	37%	34%	21%	5%	4%	-16%	-24%	-1%
para NASA (E)	20%	-4%	20%	13%	10%	3%	1%	2%	8%
Variação entre estações relativamente à média na região (2005)									
Ameixial	-1.4%	-1.0%	1.1%	0.1%	1.4%	1.8%	1.6%	1.4%	0.8%
Vaqueiros	-3.3%	-2.9%	-3.7%	-2.4%	-2.9%	-1.6%	-1.8%	-2.3%	-2.6%
Tavira	5.4%	3.9%	2.6%	2.4%	1.5%	-0.1%	0.2%	0.9%	1.8%
Vilamoura	-0.8%								

Verifica-se depois que os valores monitorizados estão mais próximos dos valores reportados pelo Atlas ESRA para Faro do que dos valores da base de dados NASA.

Finalmente, nota-se que a variação geográfica dos valores monitorizados é pequena, muito menor que o erro de observação típico (3% em valores mensais) ou que a variabilidade interanual (ver Tabelas 7 e 9).

10. CLIMATOLOGIA DO RECURSO SOLAR A NÍVEL DE CONCELHO

Sem dúvida que o resultado mais importante deste estudo é fornecer uma climatologia do recurso solar a uma escala compatível com o planeamento, elaboração e melhoramento de regulamentos, dimensionamento de sistemas, estudos de viabilidade, etc. Tirando partido dos dados de monitorização e das análises efectuadas, e por combinação com os outros dados disponíveis, é possível neste estudo apresentar estimativas climatológicas ao nível de Concelho.

De facto, chegou-se à conclusão que os dados obtidos corroboravam em larga medida a climatologia mensal desenvolvida pelo Projecto P-CLIMA (Aguiar 1998a), que estabeleceu grelhas regulares de temperatura mínima e máxima, humidade relativa, e irradiação global horizontal, pelo que se seguiu um método semelhante. Os valores de temperatura e humidade usados têm base na climatologia de 1951-80 publicada pelo Instituto de Meteorologia (IM), enquanto os valores de irradiação solar global horizontal G_m têm base nos valores de insolação (S_m , número de horas de sol descoberto), através da chamada relação de Angstrom,

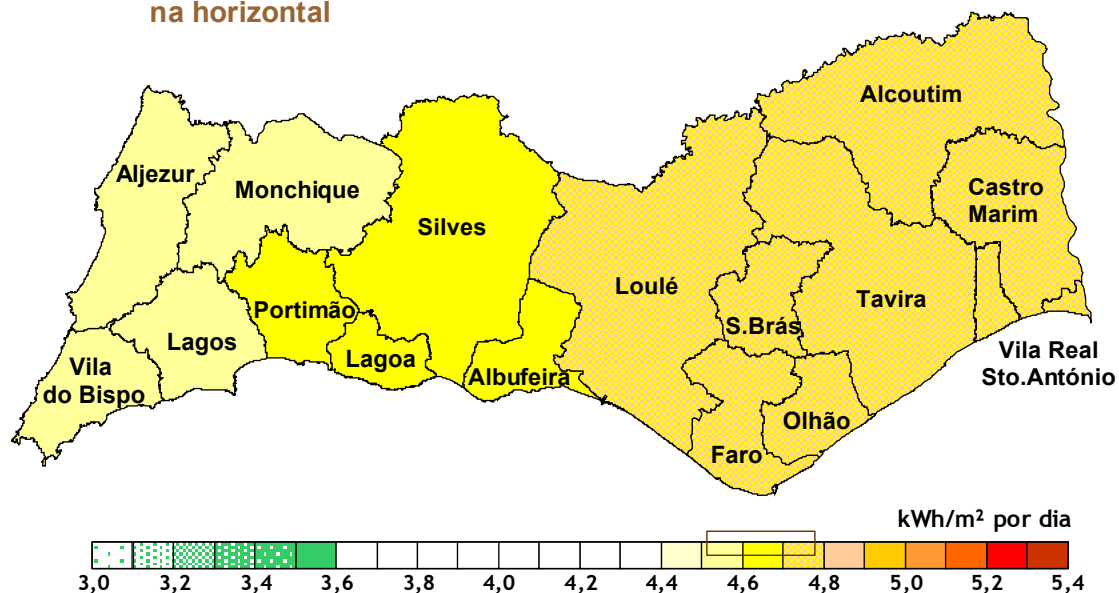
$$(G_m / G_{0m}) = a + b (S_m / S_{0m}) \quad (1)$$

onde G_{0m} é a irradiação média mensal no topo da atmosfera e S_{0m} o comprimento médio mensal do dia. Os coeficientes a e b foram ajustados para Faro, onde embora não haja dados para o período completo de 1951-80, os que existem são todavia suficientes para reduzir a menos de 3% o efeito na média da variabilidade interanual. Os resultados foram ainda verificados contra o Atlas Europeu de Radiação Solar (ESRA 2000), correspondente a um período mais recente (1993-97), e ligeiramente ajustados em conformidade. Os dados estimados pela NASA a partir de imagens de satélite não foram usados, por manifestamente contradizerem os dados de instrumentos no solo. Os valores mensais climáticos obtidos para as várias estações do IM com insolação, foram depois submetidos a um procedimento de modelação geoestatística (krigagem anisotrópica), de onde se obtiveram modelos dos vários campos meteorológicos e depois grelhas regulares de resolução da ordem de 1 km. As grelhas de incerteza associadas à krigagem mostraram no entanto que a resolução efectiva - controlada pelo número e disposição das estações de base - era da ordem de 10 km. Acresce a incerteza associada aos dados climáticos em si, resultando assim uma resolução espacial na gama dos 5-30 km, mas tipicamente da ordem de 15-20 km. Finalmente, foi feita a interpolação linear na grelha de 1 km para as coordenadas de referência de cada Concelho.

Os resultados desse esforço são apresentados na Figura 18 e Tabela 11. A Tabela inclui ainda dados de temperatura e humidade que são úteis na prática para dimensionamento de sistemas solares, sistemas de AVAC, etc. Além disso, tanto a Figura 18 como a Tabela 11 incluem valores para os componentes da radiação solar (directa e difusa) e para a radiação global em planos inclinados, nas orientações mais úteis na prática: águas de telhados e fachadas de edifícios viradas a Sul, e a inclinação que maximiza a recolha de energia solar. Estes valores foram estimados com os modelos recomendados pelo Atlas Europeu de Radiação Solar (ESRA 1998), nomeadamente com os de Erbs et al. (1982) para a fracção difusa hemisférica, Ineichen et al. (1990) para a radiação difusa reflectida (usou-se um albedo padrão de 20%), e Muneer et al (1997) para a radiação em planos inclinados. Contudo, vários outros modelos também adequados estão referenciados na respectiva secção.

As referências contêm também indicação de modelos adequados para a estimativa de valores de radiação em bandas do espectro solar importantes em Engenharia e Arquitectura, dentro os quais se destacam: para a radiação espectral sob céu limpo, Bird e Riordan (1986) e ASTM (1997); os algoritmos do próprio Atlas ESRA para condições de céu mistas; Littlefair (1995) para a iluminância; e para a radiação ultravioleta, Min et al. (1998).

Média Anual do Valor Diário da Irradiação Solar Global na horizontal



Média Anual do Valor Diário da Irradiação Solar Global em fachadas orientadas a Sul

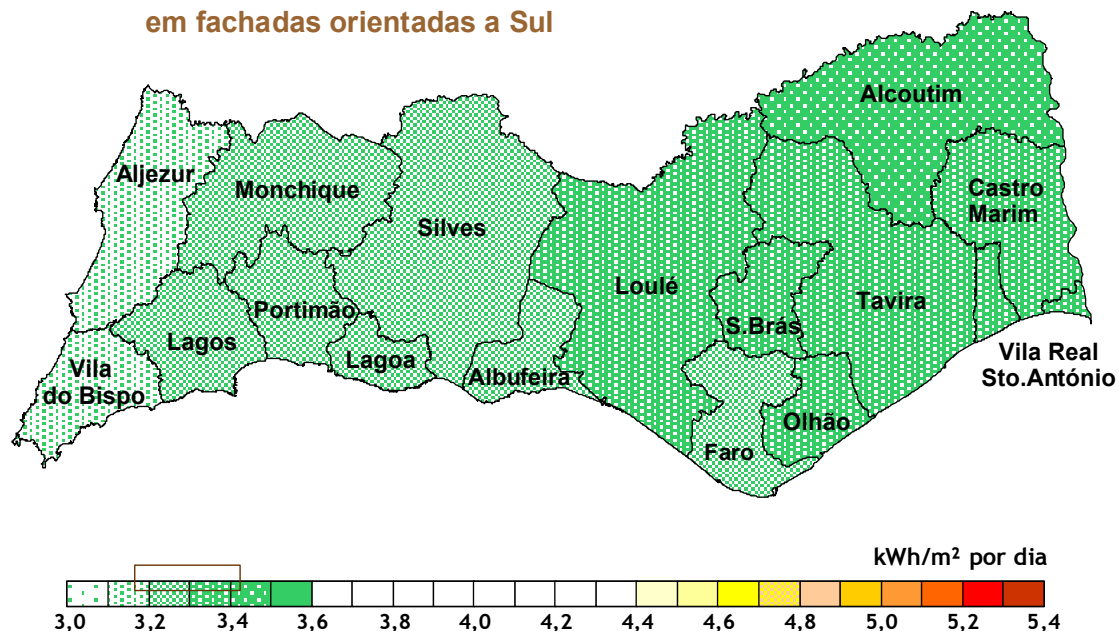
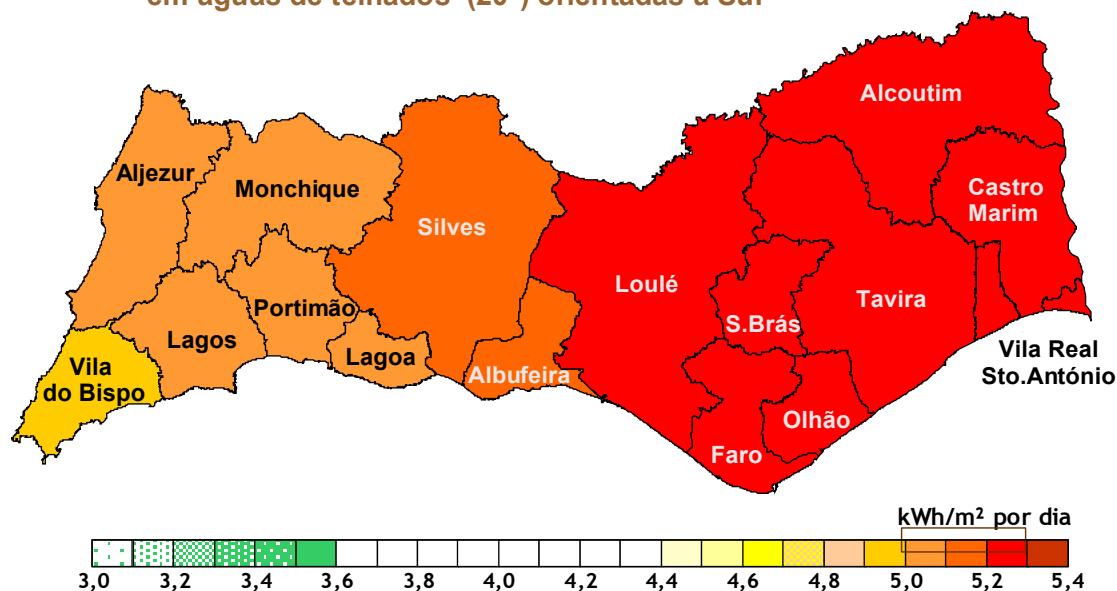


Figura 18 - Climatologia básica do recurso solar para os Concelhos do Algarve.

**Média Anual do Valor Diário da Irradiação Solar Global
em águas de telhados (20°) orientadas a Sul**



**Média Anual do Valor Diário da Irradiação Solar Global
na orientação que maximiza a energia recolhida (latitude + 5°, Sul)**

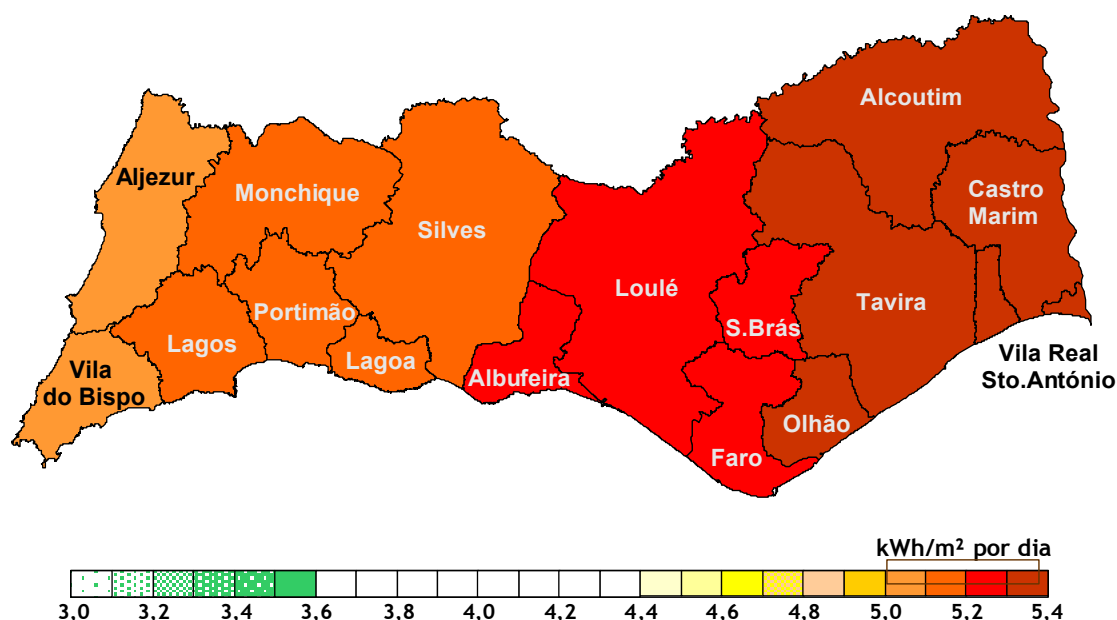


Figura 18 (cont.) - Climatologia básica do recurso solar para os Concelhos do Algarve.

Tabela 11 - Climatologia básica do recurso solar e parâmetros auxiliares para os Concelhos do Algarve.

Albufeira									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	9.2	16.5	80%	1.05	1.12	2.17	2.94	3.39	3.21
Fevereiro	9.4	17.3	79%	1.17	1.87	3.04	3.89	4.33	3.69
Março	10.2	18.6	76%	1.46	2.44	3.90	4.52	4.72	3.33
Abril	11.7	21.1	73%	1.79	3.82	5.61	5.97	5.85	3.14
Maio	14.0	24.2	69%	1.99	4.62	6.61	6.61	6.17	2.66
Junho	16.6	27.1	67%	2.02	5.25	7.27	7.07	6.42	2.41
Julho	18.7	30.5	63%	1.76	5.64	7.40	7.31	6.71	2.59
Agosto	19.0	30.9	64%	1.59	5.37	6.96	7.31	7.06	3.42
Setembro	18.0	28.0	68%	1.62	3.45	5.07	5.76	5.93	3.89
Outubro	15.3	24.0	73%	1.36	2.23	3.59	4.43	4.83	3.85
Novembro	11.7	19.2	77%	1.09	1.41	2.50	3.38	3.90	3.64
Dezembro	9.2	16.5	75%	0.89	1.17	2.06	2.94	3.48	3.43
Anual	13.6	22.8	72%	1.48	3.20	4.68	5.18	5.23	3.27

Aljezur									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	9.8	16.7	81%	0.94	1.14	2.08	2.87	3.34	3.19
Fevereiro	10.2	16.9	80%	1.23	1.78	3.01	3.87	4.32	3.73
Março	10.6	18.1	77%	1.71	1.85	3.56	4.02	4.14	2.89
Abril	11.9	20.4	75%	2.01	3.64	5.65	6.05	5.96	3.33
Maio	13.7	22.9	72%	2.05	4.48	6.53	6.55	6.12	2.66
Junho	16.3	25.6	73%	1.90	5.05	6.95	6.77	6.16	2.30
Julho	18.2	28.8	70%	2.03	5.15	7.18	7.09	6.53	2.61
Agosto	18.5	29.2	71%	1.72	4.96	6.68	6.99	6.75	3.31
Setembro	17.9	27.4	72%	1.67	3.31	4.98	5.61	5.75	3.72
Outubro	15.7	23.6	76%	1.39	2.15	3.54	4.38	4.79	3.88
Novembro	12.5	19.9	79%	1.02	1.46	2.48	3.38	3.90	3.65
Dezembro	9.8	16.4	76%	0.98	1.04	2.02	2.81	3.28	3.18
Anual	13.8	22.2	75%	1.55	3.00	4.56	5.03	5.09	3.20

Tabela 11 (cont.) - Climatologia básica do recurso solar e parâmetros auxiliares para os Concelhos do Algarve.

Alcoutim									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m ² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	8.0	16.5	80%	0.95	1.35	2.30	3.22	3.77	3.63
Fevereiro	8.4	17.7	78%	1.21	2.00	3.21	4.18	4.69	4.08
Março	9.7	19.1	75%	1.65	2.46	4.11	4.76	4.97	3.54
Abril	11.1	22.2	69%	1.82	3.73	5.55	5.92	5.82	3.19
Maio	13.6	26.2	66%	1.93	4.88	6.81	6.82	6.36	2.71
Junho	16.6	29.7	61%	2.14	4.99	7.13	6.95	6.34	2.46
Julho	19.5	33.9	54%	1.78	5.76	7.54	7.43	6.83	2.64
Agosto	19.7	33.6	53%	1.59	5.37	6.96	7.32	7.07	3.45
Setembro	18.4	30.2	60%	1.60	3.53	5.13	5.81	5.97	3.86
Outubro	15.3	25.0	69%	1.33	2.49	3.82	4.78	5.23	4.23
Novembro	11.0	19.6	77%	1.04	1.48	2.52	3.43	3.95	3.67
Dezembro	8.0	16.0	76%	0.91	1.19	2.10	3.01	3.56	3.52
Anual	13.3	24.1	68%	1.50	3.27	4.77	5.30	5.38	3.42

Castro Marim									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m ² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	8.2	18.3	79%	0.99	1.33	2.32	3.24	3.79	3.65
Fevereiro	8.7	18.7	77%	1.38	1.75	3.13	3.97	4.41	3.76
Março	9.8	20.5	75%	1.60	2.49	4.09	4.71	4.91	3.46
Abril	11.2	23.0	69%	1.90	3.67	5.57	5.97	5.88	3.28
Maio	13.7	27.0	66%	1.93	4.84	6.77	6.79	6.34	2.69
Junho	16.6	29.8	62%	1.84	5.37	7.21	7.00	6.35	2.34
Julho	19.2	33.5	57%	1.73	5.90	7.63	7.54	6.93	2.65
Agosto	19.4	33.8	57%	1.62	5.29	6.91	7.24	6.99	3.39
Setembro	18.2	30.4	62%	1.60	3.56	5.16	5.82	5.96	3.82
Outubro	15.3	25.8	71%	1.22	2.35	3.57	4.42	4.82	3.83
Novembro	11.3	21.2	76%	1.02	1.58	2.60	3.59	4.18	3.95
Dezembro	8.5	17.5	75%	0.89	1.27	2.16	3.12	3.71	3.69
Anual	13.3	25.0	69%	1.48	3.28	4.76	5.28	5.36	3.38

Tabela 11 (cont.) - Climatologia básica do recurso solar e parâmetros auxiliares para os Concelhos do Algarve.

Faro									
	Temperatura (°C)		Humidade ambiente	Irradiação Solar (kWh/m² por dia)					
	ambiente			horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	9.2	17.2	79%	1.11	1.08	2.19	2.95	3.39	3.19
Fevereiro	9.6	18.0	78%	1.16	1.98	3.14	4.04	4.51	3.84
Março	10.3	19.6	75%	1.72	2.24	3.96	4.52	4.69	3.29
Abril	11.9	22.0	70%	1.88	3.62	5.50	5.86	5.75	3.17
Maio	14.1	24.8	68%	1.98	4.74	6.72	6.71	6.24	2.64
Junho	17.0	27.8	65%	2.05	5.33	7.38	7.18	6.53	2.45
Julho	19.1	31.1	63%	1.66	5.95	7.61	7.48	6.84	2.56
Agosto	19.4	31.4	64%	1.59	5.43	7.02	7.36	7.10	3.43
Setembro	18.3	28.3	68%	1.64	3.50	5.14	5.81	5.95	3.83
Outubro	15.5	24.4	73%	1.51	2.05	3.56	4.37	4.75	3.81
Novembro	11.9	19.9	76%	1.04	1.54	2.58	3.53	4.08	3.82
Dezembro	9.5	17.1	75%	0.94	1.15	2.09	2.95	3.48	3.41
Anual	13.8	23.5	71%	1.52	3.22	4.74	5.23	5.28	3.29

Lagoa									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	9.6	16.6	80%	1.13	1.00	2.13	2.85	3.27	3.07
Fevereiro	9.4	17.1	79%	1.37	1.65	3.02	3.77	4.15	3.48
Março	10.4	18.4	76%	1.59	2.20	3.79	4.34	4.51	3.15
Abril	11.9	20.7	74%	1.86	3.66	5.52	5.89	5.79	3.19
Maio	14.0	23.7	70%	2.00	4.59	6.59	6.59	6.14	2.63
Junho	16.6	26.5	69%	2.09	5.10	7.19	6.99	6.36	2.41
Julho	18.4	29.9	65%	1.85	5.35	7.20	7.11	6.55	2.58
Agosto	18.7	30.3	65%	1.59	5.36	6.95	7.27	7.00	3.36
Setembro	17.8	27.7	70%	1.57	3.44	5.01	5.66	5.81	3.75
Outubro	15.4	23.7	75%	1.28	2.21	3.49	4.33	4.73	3.80
Novembro	12.0	19.3	77%	1.06	1.51	2.57	3.52	4.08	3.83
Dezembro	9.5	16.4	76%	0.93	1.11	2.04	2.86	3.36	3.27
Anual	13.6	22.5	73%	1.53	3.10	4.63	5.10	5.15	3.21

Tabela 11 (cont.) - Climatologia básica do recurso solar e parâmetros auxiliares para os Concelhos do Algarve.

Lagos									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m ² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	9.9	16.5	81%	1.03	1.08	2.11	2.86	3.31	3.13
Fevereiro	9.8	17.0	79%	1.22	1.83	3.05	3.90	4.34	3.70
Março	10.6	18.0	77%	1.60	2.13	3.73	4.29	4.48	3.19
Abril	12.0	20.3	74%	1.91	3.64	5.55	5.93	5.84	3.23
Maio	13.9	23.0	72%	1.98	4.56	6.54	6.55	6.11	2.63
Junho	16.3	25.6	72%	1.83	5.25	7.08	6.88	6.24	2.30
Julho	18.1	29.1	69%	1.84	5.25	7.09	6.98	6.41	2.50
Agosto	18.4	29.2	69%	1.64	5.04	6.68	7.00	6.75	3.30
Setembro	17.6	27.2	72%	1.63	3.42	5.05	5.73	5.88	3.84
Outubro	15.6	23.4	76%	1.38	2.12	3.50	4.31	4.69	3.76
Novembro	12.5	19.3	78%	1.03	1.52	2.55	3.49	4.05	3.80
Dezembro	9.8	16.6	76%	0.87	1.18	2.05	2.93	3.47	3.43
Anual	13.7	22.1	75%	1.50	3.09	4.58	5.07	5.13	3.23

Loulé									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m ² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	8.8	16.5	80%	1.01	1.19	2.20	3.01	3.49	3.31
Fevereiro	9.1	17.2	78%	1.12	1.91	3.03	3.92	4.40	3.80
Março	10.0	18.9	76%	1.67	2.32	3.99	4.57	4.76	3.34
Abril	11.3	21.5	72%	1.85	3.68	5.53	5.92	5.83	3.23
Maio	13.7	24.7	69%	2.08	4.59	6.67	6.68	6.23	2.70
Junho	16.6	27.9	65%	2.00	5.40	7.40	7.21	6.56	2.45
Julho	18.8	31.8	60%	1.79	5.74	7.53	7.43	6.82	2.64
Agosto	19.1	31.7	61%	1.51	5.36	6.87	7.21	6.95	3.35
Setembro	17.8	28.7	66%	1.41	3.73	5.14	5.86	6.04	3.91
Outubro	15.2	24.2	72%	1.24	2.30	3.54	4.42	4.84	3.91
Novembro	11.5	19.6	76%	1.05	1.59	2.64	3.66	4.25	4.02
Dezembro	8.8	16.1	77%	0.97	1.11	2.08	2.91	3.42	3.33
Anual	13.4	23.2	71%	1.48	3.24	4.72	5.23	5.30	3.33

Tabela 11 (cont.) - Climatologia básica do recurso solar e parâmetros auxiliares para os Concelhos do Algarve.

Monchique									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m ² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	9.0	14.6	80%	1.14	0.97	2.11	2.82	3.23	3.04
Fevereiro	9.3	15.2	80%	1.30	1.67	2.97	3.77	4.19	3.58
Março	10.2	16.8	76%	1.65	2.23	3.88	4.45	4.64	3.29
Abril	11.5	19.0	74%	1.90	3.53	5.43	5.82	5.74	3.22
Maio	12.8	24.0	71%	1.99	4.44	6.43	6.44	6.01	2.60
Junho	15.7	27.2	69%	1.79	5.46	7.25	7.04	6.38	2.33
Julho	17.8	30.5	66%	1.90	5.39	7.29	7.21	6.64	2.62
Agosto	17.9	31.2	65%	1.61	5.21	6.82	7.17	6.92	3.39
Setembro	17.4	28.3	70%	1.66	3.27	4.93	5.57	5.71	3.73
Outubro	15.1	22.2	75%	1.28	2.33	3.61	4.52	4.97	4.04
Novembro	11.7	17.6	78%	1.08	1.39	2.47	3.34	3.84	3.57
Dezembro	9.0	14.8	76%	0.97	1.04	2.01	2.80	3.28	3.19
Anual	13.1	21.8	73%	1.52	3.08	4.60	5.08	5.13	3.22

Olhão									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m ² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	9.4	17.5	79%	1.03	1.20	2.23	3.07	3.57	3.41
Fevereiro	9.7	18.1	78%	1.27	1.88	3.15	4.03	4.50	3.85
Março	10.4	19.6	75%	1.73	2.27	4.00	4.59	4.78	3.39
Abril	11.9	22.2	70%	1.83	3.75	5.58	5.96	5.86	3.22
Maio	14.4	25.0	68%	1.90	4.67	6.57	6.60	6.16	2.63
Junho	17.1	27.9	65%	1.93	5.57	7.50	7.29	6.62	2.42
Julho	19.3	31.6	62%	1.75	5.86	7.61	7.51	6.89	2.64
Agosto	19.5	31.6	63%	1.56	5.40	6.96	7.30	7.04	3.39
Setembro	18.3	28.6	67%	1.48	3.70	5.18	5.86	6.01	3.84
Outubro	15.6	24.5	72%	1.41	2.22	3.63	4.49	4.89	3.92
Novembro	12.1	20.4	76%	1.01	1.57	2.58	3.53	4.09	3.82
Dezembro	9.4	17.2	74%	0.93	1.18	2.11	2.99	3.52	3.46
Anual	13.9	23.7	71%	1.49	3.27	4.76	5.27	5.33	3.33

Tabela 11 (cont.) - Climatologia básica do recurso solar e parâmetros auxiliares para os Concelhos do Algarve.

Portimão									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	9.2	14.7	80%	1.04	1.07	2.11	2.88	3.33	3.17
Fevereiro	9.5	15.5	79%	1.23	1.74	2.97	3.80	4.22	3.61
Março	10.4	16.7	77%	1.68	2.09	3.77	4.31	4.48	3.16
Abril	11.7	19.2	74%	1.79	3.76	5.55	5.93	5.83	3.19
Maio	13.4	23.9	72%	2.03	4.48	6.51	6.53	6.09	2.63
Junho	15.9	27.2	70%	2.00	5.26	7.26	7.06	6.42	2.40
Julho	17.8	30.6	65%	1.88	5.36	7.24	7.14	6.57	2.58
Agosto	18.4	31.0	66%	1.62	5.09	6.71	7.01	6.75	3.25
Setembro	17.5	28.3	70%	1.61	3.51	5.12	5.78	5.92	3.81
Outubro	15.5	22.2	75%	1.40	2.21	3.61	4.50	4.92	4.01
Novembro	12.1	17.8	77%	1.17	1.33	2.50	3.33	3.80	3.50
Dezembro	9.4	14.9	76%	0.95	1.05	2.00	2.79	3.26	3.18
Anual	13.4	21.8	74%	1.53	3.08	4.61	5.09	5.13	3.21

S. Brás de Alportel									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	8.8	15.3	79%	0.97	1.28	2.25	3.11	3.63	3.47
Fevereiro	9.3	16.2	78%	1.30	1.83	3.13	3.96	4.39	3.71
Março	10.0	17.8	75%	1.64	2.37	4.01	4.64	4.85	3.47
Abril	11.6	20.8	71%	1.90	3.59	5.49	5.86	5.75	3.18
Maio	13.8	26.0	68%	1.88	4.68	6.56	6.59	6.17	2.65
Junho	16.4	29.1	65%	1.87	5.33	7.20	6.99	6.34	2.34
Julho	18.7	33.1	59%	1.74	5.98	7.72	7.62	7.00	2.67
Agosto	19.0	33.3	60%	1.43	5.69	7.12	7.47	7.19	3.43
Setembro	18.0	29.7	65%	1.65	3.39	5.04	5.70	5.86	3.81
Outubro	15.4	23.0	71%	1.37	2.24	3.61	4.51	4.95	4.04
Novembro	11.7	18.5	76%	1.13	1.42	2.55	3.44	3.96	3.68
Dezembro	9.0	15.2	75%	0.98	1.08	2.06	2.87	3.36	3.25
Anual	13.5	23.2	70%	1.49	3.24	4.73	5.23	5.29	3.31

Tabela 11 (cont.) - Climatologia básica do recurso solar e parâmetros auxiliares para os Concelhos do Algarve.

Silves									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m ² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	8.8	16.1	80%	1.03	1.13	2.16	2.93	3.38	3.20
Fevereiro	9.1	16.5	79%	1.35	1.69	3.04	3.84	4.25	3.61
Março	10.0	18.6	76%	1.69	2.18	3.87	4.43	4.60	3.25
Abril	11.1	20.8	73%	1.81	3.71	5.52	5.92	5.83	3.24
Maio	13.7	24.3	69%	2.06	4.52	6.58	6.60	6.17	2.70
Junho	16.2	27.5	67%	1.94	5.34	7.28	7.07	6.42	2.39
Julho	18.3	30.9	62%	1.83	5.52	7.35	7.27	6.70	2.61
Agosto	18.7	31.3	61%	1.67	5.18	6.85	7.18	6.93	3.38
Setembro	17.8	28.4	67%	1.58	3.52	5.10	5.77	5.92	3.82
Outubro	15.4	23.8	73%	1.34	2.24	3.58	4.45	4.87	3.94
Novembro	11.6	19.3	77%	1.04	1.43	2.47	3.40	3.95	3.73
Dezembro	8.7	16.0	76%	0.93	1.08	2.01	2.82	3.31	3.24
Anual	13.3	22.8	72%	1.52	3.13	4.65	5.14	5.19	3.26

Tavira									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m ² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	8.9	16.0	79%	1.00	1.24	2.24	3.08	3.58	3.40
Fevereiro	9.4	16.7	77%	1.31	1.76	3.07	3.85	4.24	3.54
Março	10.3	18.4	75%	1.50	2.67	4.17	4.84	5.07	3.57
Abril	12.3	21.1	69%	1.97	3.48	5.45	5.82	5.73	3.19
Maio	13.9	26.2	67%	1.97	4.71	6.68	6.70	6.26	2.69
Junho	16.7	29.3	62%	1.96	5.38	7.34	7.14	6.50	2.42
Julho	19.1	33.2	59%	1.68	6.00	7.68	7.57	6.95	2.63
Agosto	19.2	33.2	60%	1.54	5.43	6.97	7.31	7.05	3.40
Setembro	18.1	30.1	65%	1.63	3.52	5.15	5.84	6.00	3.90
Outubro	15.7	23.5	71%	1.34	2.39	3.73	4.66	5.10	4.12
Novembro	11.9	18.9	76%	1.04	1.53	2.57	3.55	4.12	3.89
Dezembro	9.1	15.9	75%	0.85	1.26	2.11	3.05	3.62	3.59
Anual	13.7	23.5	70%	1.48	3.28	4.76	5.28	5.35	3.36

Tabela 11 (cont.) - Climatologia básica do recurso solar e parâmetros auxiliares para os Concelhos do Algarve.

Vila do Bispo									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m ² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	10.4	16.5	81%	0.95	1.16	2.11	2.93	3.42	3.29
Fevereiro	10.2	16.9	79%	1.27	1.70	2.97	3.74	4.12	3.46
Março	11.0	18.0	77%	1.72	1.95	3.67	4.18	4.33	3.05
Abril	12.0	19.3	76%	1.96	3.27	5.23	5.59	5.50	3.09
Maio	14.0	22.1	73%	2.00	4.71	6.71	6.72	6.27	2.68
Junho	16.0	24.6	74%	1.91	4.98	6.89	6.68	6.07	2.27
Julho	17.7	26.9	73%	1.97	5.12	7.09	7.00	6.45	2.56
Agosto	18.0	27.4	73%	1.65	4.97	6.62	6.92	6.67	3.25
Setembro	17.6	26.0	75%	1.74	3.09	4.83	5.44	5.57	3.64
Outubro	15.4	23.0	77%	1.36	2.21	3.57	4.42	4.82	3.87
Novembro	12.9	19.4	79%	1.04	1.44	2.48	3.37	3.89	3.62
Dezembro	10.3	16.4	77%	1.01	1.03	2.04	2.81	3.27	3.16
Anual	13.8	21.4	76%	1.55	2.97	4.52	4.98	5.03	3.16

Vila Real de Sto. António									
	Temperatura (°C)		Humidade	Irradiação Solar (kWh/m ² por dia)					
	ambiente		ambiente	horizontal			planos inclinados virados a Sul (global)		
	mínima	máxima	relativa	Difusa	Directa	Global	20°	Latitude + 5°	Vertical
Janeiro	8.8	17.8	79%	1.10	1.22	2.32	3.16	3.66	3.48
Fevereiro	9.2	18.3	77%	1.25	1.94	3.19	4.08	4.55	3.88
Março	10.2	20.1	75%	1.69	2.34	4.03	4.63	4.83	3.41
Abril	11.7	22.4	69%	2.01	3.44	5.45	5.79	5.69	3.15
Maio	14.2	25.8	66%	2.01	4.87	6.88	6.92	6.47	2.78
Junho	17.2	28.6	63%	1.94	5.22	7.16	6.95	6.32	2.36
Julho	19.6	32.4	59%	1.68	6.05	7.73	7.63	7.00	2.65
Agosto	19.8	32.6	60%	1.59	5.37	6.96	7.28	7.00	3.36
Setembro	18.6	29.3	64%	1.59	3.48	5.07	5.73	5.87	3.79
Outubro	15.8	25.0	71%	1.25	2.44	3.69	4.59	5.03	4.03
Novembro	12.0	20.7	76%	0.97	1.66	2.63	3.68	4.30	4.10
Dezembro	9.0	17.2	75%	0.96	1.14	2.10	2.97	3.48	3.40
Anual	13.8	24.2	69%	1.50	3.26	4.77	5.28	5.35	3.37

11. CONCLUSÕES

O presente estudo combinou dados de radiação solar (i) provenientes de monitorizações efectuadas entre 2005 e 2006, (ii) de imagens de satélite, (iii) de Atlas e (iv) de estações climatológicas, para produzir uma cartografia climatológica do recurso solar para o Algarve à escala do Concelho. Outros parâmetros importantes para fins práticos foram também incluídos na climatologia, como temperatura média, mínima e máxima, e humidade.

O estudo permitiu ainda um conhecimento de certos parâmetros cada vez mais procurados à medida que se vão sofisticando e complexificando as ferramentas de desenho e dimensionamento de sistemas, e a própria regulamentação energética, tais como a variabilidade interanual, a turbidez atmosférica, e as características estatísticas descritivas e sequenciais das séries diárias.

Embora se considerem alcançados os fins estabelecidos para este estudo, como objectivamente demonstrado com este Relatório e o conjunto de ficheiros de dados que o acompanha, ressalta também que, uma vez que o período de monitorização efectivo foi pouco superior a um ano, significativas reduções da incerteza destas estimativas poderiam ser alcançadas paulatinamente, via continuação da monitorização nos locais estudados e noutros locais. Outro aspecto em que isso seria desejável relaciona-se com o aumento da resolução espacial: por um lado, convinha investigar melhor as condições na zona de serra a Oeste; e por outro, a resolução ao nível de Concelho poderá ser insuficiente em alguns casos, por exemplo em Concelhos que se estendem do litoral até à serra, onde pode haver lugar a gradientes microclimáticos.

12. REFERÊNCIAS

- Aguiar, R. CLIMED - Climatic Synthetic Meteorological Series for the Mediterranean Area. Final Project Reports. EU - DG XII JOULE III Project No. JOR3CT960042, Ed. INETI / ITE - DER, Lisbon (1998)
- Ångström A., Solar and terrestrial radiation. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 150:121-126(1924).
- ASTM, Standard tables for terrestrial direct normal solar spectral irradiance for air mass 1.5. Standard No. E891-87, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA. (1987)
- Beyer H. G., Costanzo C., Hammer A., Heinemann D., and Reise C., Satellite-derived surface irradiance data for the analysis of solar energy systems. Proc. 10th METEOSAT Scientific Users' Conference, Cascais, Portugal. EUMETSAT EUM P 15, Darmstadt, pp. 483-488, (1994).
- Bird R. E. and Riordan C., Simple solar spectral model for direct and diffuse irradiance on horizontal and tilted planes at the Earth's surface for cloudless atmospheres. J. Clim. Appl. Meteor. 25, 87-97 (1986)
- Erbs D.G., Klein S.A. and Duffie J.A., Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly average global radiation. Solar Energy, 28, 293-302. (1982)
- EUMETSAT's web site <http://www.eumetsat.de>, (1999)
- Gueymard, C., Radiation on tilted planes - a physical model adaptable to any computational time step. Proc. ISES World Congress, Montreal, CA, (1985)
- Hay, J. E., and D.C. McKay, Calculation of solar irradiances for inclined surfaces: verification of models which use hourly and daily data. IEA-SHCP Task 9-B report. International Energy Agency, Paris, France (1988)
- INMG (1991). O Clima de Portugal. Normais Climatológicas correspondentes a 1951-1980. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa, Portugal. ISBN 0870-4767.
- Ineichen P., O. Guisan, R. Perez, Ground-reflected Radiation and Albedo. Solar Energy, Vol 44, N 4, pp 207-214 (1990)
- ISO/CIE # 10527 -- CIE 18.2, standard photopic response --, International Illumination Commission (CIE), Vienna, Austria, (1975)
- ISO, Solar energy—Reference solar spectral irradiance at the ground at different receiving conditions, pt. 1. Int'l Standard 9845-1, International Organization for Standardization, Geneva, (1992)
- Justus C. G. and Paris M. V., A model for solar spectral irradiance and radiance at the bottom and top of a cloudless atmosphere. J. Clim. Appl. Meteor. 24, 193-205 (1985)
- Leckner B., The spectral distribution of solar radiation at the Earth's surface—Elements of a model. Solar Energy 20, 143-150, (1978)

- Linke F., Transmissions/Koeffizient und Trübungsfactor. Beitr. Phys. Atmos., 10, 91-103, 1922 or Linke F. and Boda K.: Vorschläge zur Berechnung des Trübungsgrades der Atmosphäre aus den Messungen der Intensität der Sonnenstrahlung. Meteorol. Zeitschr., 39, 161-166, (1922).
- Littlefair P J The luminous efficacy of daylight: a review. Ltg Res & Technol 17 (4) 162-182. (1985).
- Louche, A., G. Peri and M. Iqbal, An analysis of Linke turbidity factor. Solar Energy, 37, 393-396, (1986)
- Meteonorm, Global Meteorological databases for solar energy and applied climatology. Meteotest, CH-3012 Bern (www.meteotest.ch), (1997)
- Min, Q. and L. C. Harrison, Synthetic Spectra for the Terrestrial Ultraviolet from Discrete Measurements, J. Geophys. Res., 103, 17,033-17,039 (1998).
- Muneer T., Gul M. S., and Kambezidis H., Solar radiation models based on meteorological data, In Proc. 1997 Solar World Conf.—International Solar Energy Society, Taejon, Korea, August 24-30 (1997)
- NASA, National Aeronautics and Space Administration's Langley Research Center's web site, <http://eosweb.larc.nasa.gov>, (1999a)
- NASA, National Aeronautics and Space Administration's Goddard Research Center's web site, <http://daac.gsfc.nasa.gov>, (1999b)
- NASA, National Aeronautics and Space Administration's Langley Research Center's web site, http://eosweb.larc.nasa.gov/DATDOCS/Surface_Solar_Energy.html, (1999c)
- NASA, National Aeronautics and Space Administration's earth science data directory's web site <http://gcmd.nasa.gov>, (1999d)
- NCDC, National Climatic Data Center's web site <http://www.ncdc.noaa.gov>, (1999)
- NESDIS, National Environmental Satellite, Data and Information Service's web site http://ns.noaa.gov/NESDIS/NESDIS_Home.html, (1999)
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration's main web site: <http://www.noaa.gov>, (1999a)
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration's satellite archive's web site: <http://www.saa.noaa.gov/data-available.html>, (1999b)
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration's geostationary satellite server's web site: <http://goeshp.wwb.noaa.gov>, (1999c)
- Orgill J.F. and Hollands K.G.T., Correlation equation for hourly diffuse radiation on a horizontal surface. Solar Energy, 19, 357-359, (1977)
- Perez, R., R. Seals, P. Ineichen, R. Stewart, D. Menicucci, A New Simplified Version of the Perez Diffuse Irradiance Model for Tilted Surfaces. Description Performance Validation. Solar Energy, 39, pp. 221-232, (1987)
- Perez R, Ineichen P, Seals R, Michalsky J and Stewart R, Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance. Solar Energy 44 271-289, (1990-b).

- Perez R., Seals R., Zelenka A. and Ineichen P., Climatic evaluation of models that predict hourly direct irradiance from hourly global irradiance: Prospects for performance improvements. *Solar Energy*, 44, 99-108, (1990-c)
- Perez R., Ineichen P., Maxwell E., Seals R. and Zelenka A., Dynamic global to direct irradiance conversion models. *ASHRAE Transactions Research Series Vol. 98, Part 1*, 354-369, (1992)
- Riordan, C. J., D. R. Myers, and R. L. Hulstrom, *Spectral Solar Radiation Data Base Documentation*, SERI/TR-215-3513A/B, (Vol I/II), Solar Energy Research Institute, Golden, Colorado, (1990)
- Skartveit A., Olseth J.A and Tuft M.E., An hourly diffuse fraction model with correction for variability and surface albedo, *Solar Energy*, 63, 173-183. (1998)
- Solar Energy - The State of The Art (2001)*. Gordon, J., Ed. ISBN 1-902916-23-9, 706 pp. James and James, London. Chapter 10: Solar Resource Assessment: A Review. R. Perez, R. Aguiar, M. Collares-Pereira, D. Dumortier, V. Estrada-Cajigal, C. Gueymard, P. Ineichen, P. Littlefair, H. Lund, J. Michalsky, J. A. Olseth, D. Renné, M. Rymes, A. Skartveit, F. Vignola and A. Zelenka.
- Suehrcke H. And McCormick P.G., The diffuse fraction of instantaneous solar radiation. *Solar Energy*, 40, 423-430, (1988)
- Tiba, C., N. Fraidenraich e R. Aguiar (2002). Valor Acrescentado do Modelo de Suerhcke para a Radiação Global Mensal Avaliado com Dados Brasileiros. *Actas do XI Congresso Ibérico e VI Ibero-Americano de Energia Solar*, 29 Setembro-2 de Outubro, Vilamoura. SPES, Lisboa.
- Utrillas M. P., Bosca J. V., Martinez-Lozano J. A., Cañada J., Tena F. and Pinazo J. M., A comparative study of SPCTRAL2 and SMARTS2 parameterized models based on spectral irradiance measurements at Valencia (Spain). *Solar Energy* (in press) (1998)
- Vignola F. and D. K. McDaniels, Value of Long-term Solar Radiation Data, *Proceedings of the American Section of the International Solar Energy Society*, Washington, D. C., (1993)
- Wald, L., M. Albuissou, G. Czeplak, B. Bourges, R. Aguiar, H. Lund, A. Joukoff, U. Terzenbach, H. G. Beyer, E. P. Borisenko, *European Solar Radiation Atlas*. Fourth edition, includ. CD-ROM. Edited by J. Greif, J., K. Scharmer. Scientific advisors: R. Dogniaux, J. K. Page. Published for the Commission of the European Communities by Presses de l'Ecole, Ecole des Mines de Paris, Paris, France, (1999)

ANEXO I

ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA VERTENTE SOLAR

A0. Localização das estações

A Figura A1 e Tabela A1 mostram a localização das estações da vertente solar do Projecto, com dados recolhidos e reportados. Além destas foi instalada uma estação em Praia da Luz, mas até à data de execução do presente Relatório não foram acumulados suficientes dados para recolher e receber tratamento com significado estatístico.

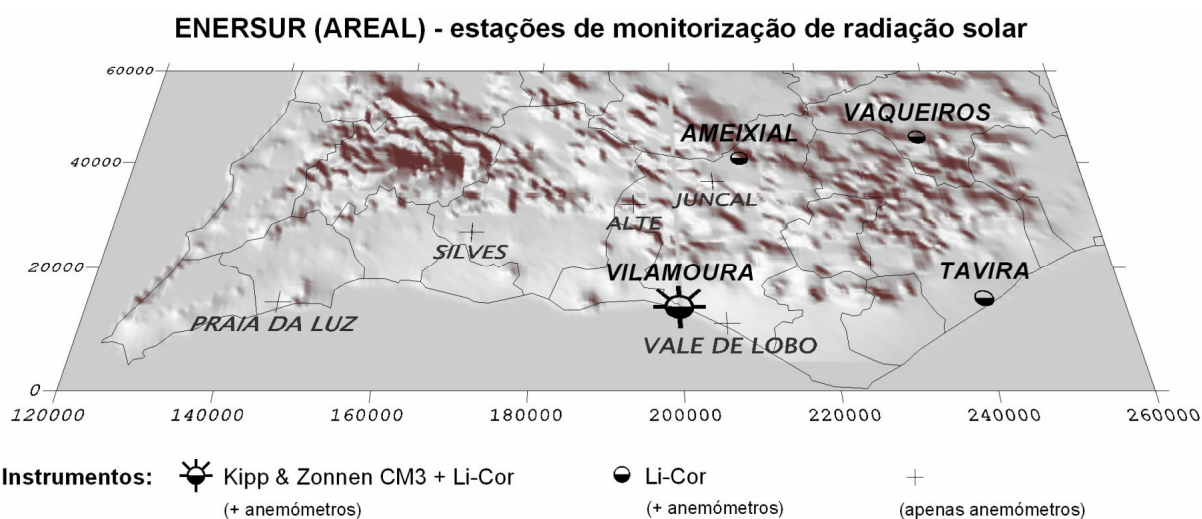


Fig. A1 - Situação das estações piranométricas com dados à presente data.

Além destas foi instalada uma estação em Praia da Luz.

Tabela A1 - Características e oordenadas das estações piranométricas.

Nome	Longitude	Latitude	Altura (m)	Sensores	Data de início de monitorização
Ameixial	8° 01' 18.9"	37° 20' 01.9"	494	Li-Cor	18 Fevereiro 2005
Vaqueiros	7° 42' 52.3"	37° 22' 22.8"	324	Li-Cor	17 Fevereiro 2005
Tavira	7° 40' 12.2"	37° 05' 49.6"	4	Li-Cor	17 Fevereiro 2005
Praia da Luz	08° 44' 35.2"	37° 05' 26.0"	98	Li-Cor	1 Março 2006
Vilamoura	08° 08' 04.2"	37° 05' 05.6"		CM3, Li-Cor, BF3	11 Março 2005 *

(*) teve avarias e substituição de equipamentos

AI.1 - Estação VILAMOURA

Na sede da AREAL, em Vilamoura, localizou-se a estação de medição simultânea de radiação global e difusa, uma vez que se tratava do equipamento mais caro, delicado e do qual não havia experiência de trabalho. Concretamente foi identificado um terraço onde existem colectores solares, parapeitos adequados para montagem dos suportes dos sensores, e vias de acesso para cabos desde o terraço até um certo compartimento adequado para o datalogger - ver Fig. A2. O horizonte neste local apresenta-se razoavelmente livre de obstáculos, excepto para E e SE, ver Fig. A3, onde há alguns eucaliptos bastante altos. Considerou-se que a segurança do equipamento era prioritária neste caso e que o eventual efeito desta obstrução deveria ser modesto e poderia *a posteriori* ser mitigado por análise atenta dos dados.



Fig. A2 - Identificação de locais para instalação de sensores, cabos e datalogger para monitorização na sede da AREAL (Vilamoura).



Fig. A3 - Vista a 360° do horizonte conforme apreciado do terraço da sede da AREAL (Vilamoura).

Após recepção do equipamento entregue no INETI pela VÓRTICE, no dia 3 de Novembro de 2004 foi então instalada esta estação meteorológica na sede da AREAL em Vilamoura. O piranómetro BF3 foi instalado na posição antes indicada, na ponta poente do parapeito, ver Fig. A4. A orientação do piranómetro foi conseguida com a ajuda de um GPS GARMIN. O termohigrómetro foi instalado no mesmo parapeito mas na ponta nascente, ver Fig. A5.

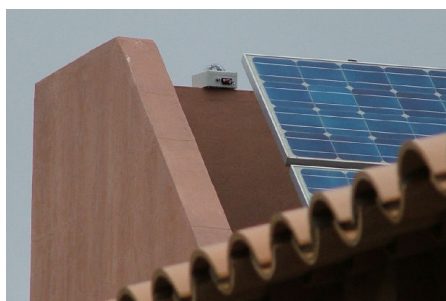


Fig. A4 - Piranómetro BF3, na sede da AREAL (Vilamoura).



Fig. A5 - Vista do escudo de radiação das sondas de temperatura e humidade, na sede da AREAL (Vilamoura).

No dia seguinte, 4 de Novembro, foi solicitada pela AREAL a mudança de posição do piranómetro, com o objectivo de tentar minimizar o sombreamento nas primeiras horas da manhã. Foi entretanto detectado um problema na ligação do piranómetro, provavelmente devido a ter sido montado sob condições de chuva intensa no dia anterior.

Assim no dia 12 de Novembro realizou-se a operação de mudança de posição do piranómetro, para a fachada Sul do edifício da AREAL, ver Figs. A6 e A7, sendo montado um novo cabo de ligação ao piranómetro.

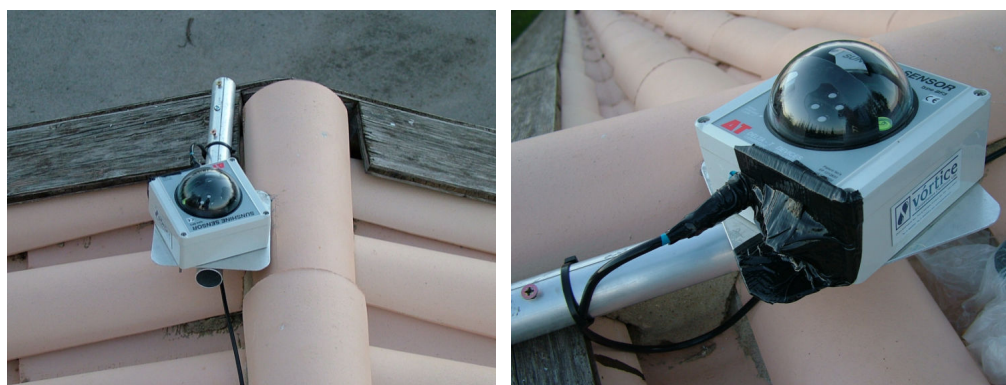


Fig. A6 - Piranómetro BF3 na nova posição (fachada Sul da sede da AREAL, Vilamoura).

No dia 3 de Março de 2005 iniciou-se a instalação em Vilamoura de um novo sistema de aquisição de dados da marca Agilent associado a um controlador especialmente construído para o efeito, acoplado a dois piranómetros, CM3 e Li-Cor, ver Fig. A7.



Fig. A7 - Conjunto de piranómetros instalados na sede da AREAL (Vilamoura).

AI.2 - Estação AMEIXIAL

Apresentam-se nas Figs. A8 a A10 detalhes da localização e envolvente da estação AMEIXIAL, equipada com o sensor Li-Cor para radiação global Ref^a PY 49382.

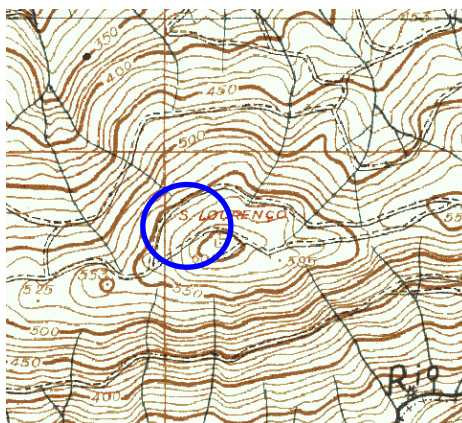


Fig. A8 - Localização da estação AMEIXIAL, detalhe da carta 580.



Fig. A9 - Fotografias da estação AMEIXIAL, mostrando com o braço com o piranómetro.



Fig. A10 - Vista da envolvente da estação AMEIXIAL: o centro da foto corresponde ao Sul geográfico.

Apresenta-se na Fig. A11 uma foto do equipamento depois de instalado e nivelado, que serve também de exemplo para as outras estações.



Fig. A11 - Vista superior de um sensor Li-Cor instalado nos respectivos suporte de nivelamento e braço de ligação ao mastro.

AI.3 - Estação VAQUEIROS

Apresentam-se nas Figs. A12 a A14 detalhes da localização e envolvente da estação VAQUEIROS, equipada com o sensor Li-Cor para radiação global Ref^a PY 49385.

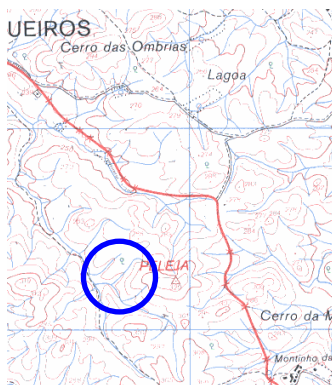


Fig. A12 - Localização da estação VAQUEIROS, detalhe da carta 582.



Fig. A13 - Fotografias da estação VAQUEIROS, mostrando com o braço com o piranómetro.



Fig. A14 - Vista da envolvente da estação VAQUEIROS: o centro da foto corresponde ao Sul geográfico.

AI.4 - Estação TAVIRA

Apresentam-se nas Figs. A15 a A17 detalhes da localização e envolvente da estação TAVIRA, equipada com o sensor Li-Cor para radiação global Ref^a PY 49384.

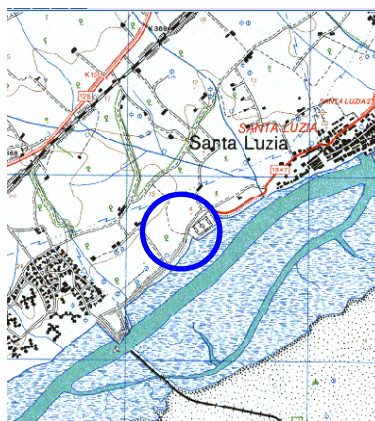


Fig. A15 - Localização da estação TAVIRA, detalhe da carta 602.



Fig. A16 - Fotografias da estação TAVIRA, mostrando com o braço com o piranómetro.



Fig. A17 - Vista da envolvente da estação TAVIRA: o centro da foto corresponde ao Sul geográfico.

AI.5 - Estação PRAIA DA LUZ

Apresentam-se nas Figs. A18 a A19 detalhes da localização e envolvente da estação PRAIA DA LUZ, equipada com um sensor Li-Cor (movido da estação VILAMOURA por já não ser necessário aos testes de qualidade).



Fig. A18 - Fotografias termohigrómetro e do braço com piranómetro na estação PRAIA DA LUZ.



Fig. A19 - Vista da envolvente da estação PRAIA DA LUZ: o centro da foto corresponde ao Sul geográfico.

ANEXO II SÉRIES DIÁRIAS

Tabela A1 - Séries diárias registadas (apenas valores que passaram no controlo de qualidade) (kWh/m²).

dia				Ameixial	Tavira	
juliano	Ano	Mês	Dia	Vaqueiros	Vilamoura	
49	2005	2	18		4.61	4.78
50	2005	2	19	4.95	4.69	4.87
51	2005	2	20	4.90	4.61	4.82
52	2005	2	21	3.80	4.08	4.03
53	2005	2	22	4.06	4.06	4.73
54	2005	2	23	2.87	2.83	3.92
55	2005	2	24	2.95	2.72	3.72
56	2005	2	25	5.22	4.92	5.10
57	2005	2	26	5.14	5.00	4.98
58	2005	2	27	0.35	0.31	0.48
59	2005	2	28	0.47	0.47	0.41
60	2005	3	1	1.70	0.97	0.86
61	2005	3	2	1.51	1.61	2.91
62	2005	3	3	1.25	1.17	1.07
63	2005	3	4	5.57	5.33	5.53
64	2005	3	5	5.69	5.44	5.71
65	2005	3	6	5.61	5.36	5.65
66	2005	3	7	5.79	5.56	5.77
67	2005	3	8	4.37	4.39	3.96
68	2005	3	9	4.32	4.42	4.58
69	2005	3	10	2.53	2.64	2.40
70	2005	3	11	4.51	4.14	4.11
71	2005	3	12	2.05	2.36	2.81
72	2005	3	13	4.17	2.94	4.66
73	2005	3	14	4.28	3.97	4.51
74	2005	3	15	5.42	5.33	5.61
75	2005	3	16	4.69	4.67	4.89
76	2005	3	17	5.73	5.44	5.59
77	2005	3	18	4.75	4.42	4.44
78	2005	3	19	3.20	2.75	3.24
79	2005	3	20	3.96	3.42	3.58
80	2005	3	21	0.67	3.11	3.03
81	2005	3	22	5.45	5.06	5.78
82	2005	3	23	1.76	2.14	3.91
83	2005	3	24	4.94	4.00	4.56
84	2005	3	25	4.77	5.11	4.83
85	2005	3	26	5.84	5.64	6.18
86	2005	3	27	3.30	4.39	4.77
87	2005	3	28	4.02	4.03	2.82
88	2005	3	29	4.44	4.53	4.94
89	2005	3	30	6.10	5.81	6.07
90	2005	3	31	6.04	5.83	6.00
91	2005	4	1	4.48	2.89	4.31
92	2005	4	2	4.29	4.50	5.53
93	2005	4	3	3.66	2.61	4.18
94	2005	4	4	4.08	3.58	6.05
95	2005	4	5	6.55	6.22	6.41
96	2005	4	6	5.51	5.22	5.49
97	2005	4	7	6.32	6.08	5.67
98	2005	4	8	5.65	5.14	6.40
99	2005	4	9	7.37	7.03	7.25
100	2005	4	10	7.42	7.11	7.33
101	2005	4	11	7.41	7.03	7.23

dia juliano	Ano	Mês	Dia	Ameixial Vaqueiros	Tavira Vilamoura
102	2005	4	12	7.23	6.94
103	2005	4	13	6.47	6.58
104	2005	4	14	6.06	6.58
105	2005	4	15	6.71	6.67
106	2005	4	16	7.20	6.94
107	2005	4	17	4.82	5.00
108	2005	4	18	4.04	4.03
109	2005	4	19	5.57	5.89
110	2005	4	20	6.98	6.42
111	2005	4	21	6.70	6.75
112	2005	4	22	7.55	7.08
113	2005	4	23	5.55	5.19
114	2005	4	24	6.73	5.75
115	2005	4	25	7.79	7.53
116	2005	4	26	7.66	7.33
117	2005	4	27	7.64	7.22
118	2005	4	28	7.57	7.28
119	2005	4	29	7.02	6.67
120	2005	4	30	7.30	6.94
121	2005	5	1	4.33	5.53
122	2005	5	2	7.91	7.64
123	2005	5	3	7.74	7.61
124	2005	5	4	7.02	6.97
125	2005	5	5	7.93	7.50
126	2005	5	6	7.79	7.44
127	2005	5	7	7.64	7.31
128	2005	5	8	7.52	7.36
129	2005	5	9	7.13	6.72
130	2005	5	10	6.44	6.75
131	2005	5	11	4.16	5.25
132	2005	5	12	6.92	6.22
133	2005	5	13	5.05	4.56
134	2005	5	14	8.09	8.00
135	2005	5	15	7.64	7.31
136	2005	5	16	5.83	6.14
137	2005	5	17	7.83	8.03
138	2005	5	18	8.45	8.08
139	2005	5	19	8.38	8.03
140	2005	5	20	8.38	8.03
141	2005	5	21	6.86	7.00
142	2005	5	22	8.43	8.14
143	2005	5	23	8.63	8.25
144	2005	5	24	8.26	7.86
145	2005	5	25	7.89	7.44
146	2005	5	26	8.13	7.75
147	2005	5	27	7.86	6.89
148	2005	5	28	6.60	6.44
149	2005	5	29	2.36	1.60
150	2005	5	30	3.12	3.05
151	2005	5	31	6.19	6.07
152	2005	6	1	5.80	6.91
153	2005	6	2	7.96	7.38
154	2005	6	3	8.33	7.95
155	2005	6	4	8.60	7.29
156	2005	6	5	8.37	8.04

dia juliano	Ano	Mês	Dia	Ameixial Vaqueiros	Tavira Vilamoura
157	2005	6	6	8.22	7.87
158	2005	6	7	8.11	7.73
159	2005	6	8	6.95	6.64
160	2005	6	9	8.42	7.99
161	2005	6	10	7.76	7.47
162	2005	6	11	7.50	7.32
163	2005	6	12	7.80	7.92
164	2005	6	13	6.50	5.26
165	2005	6	14	6.93	7.34
166	2005	6	15	8.52	8.19
167	2005	6	16	8.41	8.05
168	2005	6	17	8.20	7.64
169	2005	6	18	7.66	7.55
170	2005	6	19	7.10	6.94
171	2005	6	20	7.14	6.26
172	2005	6	21	6.89	6.02
173	2005	6	22	5.65	5.42
174	2005	6	23	7.95	7.86
175	2005	6	24	7.92	7.63
176	2005	6	25	7.38	6.12
177	2005	6	26	8.29	7.84
178	2005	6	27	6.53	7.26
179	2005	6	28	8.48	8.12
180	2005	6	29	7.92	7.82
181	2005	6	30	8.25	8.00
182	2005	7	1	8.55	8.25
183	2005	7	2	8.39	8.05
184	2005	7	3	8.18	7.76
185	2005	7	4	8.30	8.04
186	2005	7	5	8.27	7.93
187	2005	7	6	8.08	7.77
188	2005	7	7	8.36	7.94
189	2005	7	8	8.24	7.83
190	2005	7	9	7.08	7.62
191	2005	7	10	7.97	7.61
192	2005	7	11	7.19	7.32
193	2005	7	12	8.02	7.68
194	2005	7	13	8.06	7.52
195	2005	7	14	7.87	7.44
196	2005	7	15	8.25	7.74
197	2005	7	16	8.10	7.67
198	2005	7	17	7.82	6.98
199	2005	7	18	8.32	7.95
200	2005	7	19	8.11	7.87
201	2005	7	20	7.92	7.57
202	2005	7	21	8.26	7.87
203	2005	7	22	8.11	7.74
204	2005	7	23	8.05	7.62
205	2005	7	24	7.11	7.33
206	2005	7	25	6.84	6.28
207	2005	7	26	7.03	7.27
208	2005	7	27	2.93	3.71
209	2005	7	28	4.50	3.92
210	2005	7	29	7.51	7.73

dia juliano	Ano	Mês	Dia	Ameixial Vaqueiros	Tavira Vilamoura
211	2005	7	30	8.19	8.06
212	2005	7	31	7.98	7.90
213	2005	8	1	7.95	7.71
214	2005	8	2	7.88	7.69
215	2005	8	3	7.68	7.50
216	2005	8	4	7.50	7.31
217	2005	8	5	5.54	4.79
218	2005	8	6	6.79	5.37
219	2005	8	7	6.44	6.49
220	2005	8	8	6.97	6.56
221	2005	8	9	3.81	5.92
222	2005	8	10	4.98	6.92
223	2005	8	11	6.47	7.10
224	2005	8	12	7.06	7.14
225	2005	8	13	7.54	7.31
226	2005	8	14	7.48	7.25
227	2005	8	15	7.46	7.17
228	2005	8	16	5.87	5.75
229	2005	8	17	7.47	7.26
230	2005	8	18	7.40	6.96
231	2005	8	19	3.09	2.35
232	2005	8	20	7.06	6.88
233	2005	8	21	6.67	6.27
234	2005	8	22	7.20	6.88
235	2005	8	23	7.13	7.06
236	2005	8	24	6.34	6.38
237	2005	8	25	7.31	7.04
238	2005	8	26	6.77	6.87
239	2005	8	27	7.23	6.98
240	2005	8	28	6.84	6.76
241	2005	8	29	6.89	6.64
242	2005	8	30	6.36	6.16
243	2005	8	31	6.64	6.30
244	2005	9	1	6.73	6.61
245	2005	9	2	6.69	6.44
246	2005	9	3	6.38	6.12
247	2005	9	4	6.32	6.05
248	2005	9	5	5.18	4.41
249	2005	9	6	3.29	4.40
250	2005	9	7	3.52	3.02
251	2005	9	8	5.98	6.23
252	2005	9	9	5.71	6.24
253	2005	9	10	6.02	6.13
254	2005	9	11	6.08	6.24
255	2005	9	12	6.01	6.18
256	2005	9	13	4.86	6.04
257	2005	9	14	5.75	5.59
258	2005	9	15	3.72	3.69
259	2005	9	16	4.09	5.20
260	2005	9	17	3.18	2.87
261	2005	9	18	6.28	6.02
262	2005	9	19	6.14	6.00
263	2005	9	20	6.03	5.91
264	2005	9	21	5.88	5.75

dia juliano	Ano	Mês	Dia	Ameixial Vaqueiros	Tavira Vilamoura
265	2005	9	22	4.55	3.67
266	2005	9	23	5.71	5.47
267	2005	9	24	5.52	5.21
268	2005	9	25	5.52	5.49
269	2005	9	26	5.61	5.34
270	2005	9	27	5.31	5.17
271	2005	9	28	5.40	5.23
272	2005	9	29	5.37	5.14
273	2005	9	30	5.31	5.09
274	2005	10	1	5.26	5.06
275	2005	10	2	5.24	5.02
276	2005	10	3	4.79	4.57
277	2005	10	4	5.42	5.18
278	2005	10	5	5.39	5.18
279	2005	10	6	5.18	4.98
280	2005	10	7	4.38	4.31
281	2005	10	8	4.02	4.16
282	2005	10	9	0.78	0.75
283	2005	10	10	1.10	1.05
284	2005	10	11	1.94	1.90
285	2005	10	12	1.98	1.98
286	2005	10	13	4.35	4.69
287	2005	10	14	3.81	4.29
288	2005	10	15	3.23	3.47
289	2005	10	16	2.33	2.68
290	2005	10	17	1.46	2.12
291	2005	10	18	2.08	2.11
292	2005	10	19	3.95	4.09
293	2005	10	20	2.19	2.43
294	2005	10	21	2.63	3.39
295	2005	10	22	2.53	2.89
296	2005	10	23	4.16	4.03
297	2005	10	24	4.48	4.23
298	2005	10	25	4.48	4.28
299	2005	10	26	3.32	3.37
300	2005	10	27	0.64	1.10
301	2005	10	28	2.31	2.11
302	2005	10	29	2.78	3.04
303	2005	10	30	0.50	0.46
304	2005	10	31	3.56	3.63
305	2005	11	1	2.91	2.75
306	2005	11	2	3.88	3.64
307	2005	11	3	1.53	2.10
308	2005	11	4	3.86	3.75
309	2005	11	5	3.63	3.39
310	2005	11	6	3.95	3.76
311	2005	11	7	3.89	3.70
312	2005	11	8	3.52	3.27
313	2005	11	9	3.76	3.57
314	2005	11	10	3.76	3.60
315	2005	11	11	3.65	3.47
316	2005	11	12	2.66	2.88
317	2005	11	13	3.17	3.24
318	2005	11	14	1.04	0.81

PARCERIA AREAL - INETI

dia juliano	Ano	Mês	Dia	Ameixial Vaqueiros	Tavira Vilamoura	
319	2005	11	15	2.26	1.80	2.08
320	2005	11	16	3.15	2.96	3.35
321	2005	11	17	2.15	2.76	2.16
322	2005	11	18	1.43	1.46	1.87
323	2005	11	19	0.62	0.69	0.84
324	2005	11	20	0.26	0.33	0.44
325	2005	11	21	1.28	1.13	1.79
326	2005	11	22	1.27	0.70	0.83
327	2005	11	23	1.79	2.66	2.16
328	2005	11	24	3.49	3.26	3.35
329	2005	11	25	2.98	2.62	3.32
330	2005	11	26	2.66	2.67	2.57
331	2005	11	27	2.35	2.33	3.04
332	2005	11	28	1.92	1.83	2.28
333	2005	11	29	3.13	2.96	3.11
334	2005	11	30	3.23	3.06	3.18
335	2005	12	1	2.52	2.75	2.55 2.32
336	2005	12	2	0.90	2.13	2.01 2.55
337	2005	12	3	1.83	1.75	2.09 2.61
338	2005	12	4	1.36	1.42	1.74 1.87
339	2005	12	5	0.86	0.81	1.13 1.61
340	2005	12	6	3.10	3.10	3.10 2.93
341	2005	12	7	3.06	2.99	2.99 2.97
342	2005	12	8	2.94	2.87	2.87 2.97
343	2005	12	9	3.00	2.94	2.96 2.93
344	2005	12	10	3.10	3.02	2.98 2.87
345	2005	12	11	3.14	3.07	3.06 2.70
346	2005	12	12	3.06	2.98	3.00 2.80
347	2005	12	13	3.00	2.91	2.91 2.81
348	2005	12	14	2.90	2.83	2.69 2.80
349	2005	12	15	2.88	2.80	2.79 2.68
350	2005	12	16	2.24	2.71	2.82 2.77
351	2005	12	17	3.01	2.94	2.94 2.81
352	2005	12	18	2.72	2.65	2.80 2.77
353	2005	12	19	1.29	1.22	1.16 1.32
354	2005	12	20	2.73	2.79	2.68 2.53
355	2005	12	21	2.83	2.74	2.56 2.77
356	2005	12	22	1.24	1.58	1.35 1.55
357	2005	12	23	0.96	1.05	0.68 0.87
358	2005	12	24	1.58	0.78	1.10 1.24
359	2005	12	25	0.38	0.19	0.40 0.54
360	2005	12	26	1.45	2.30	2.66 1.45
361	2005	12	27	2.09	2.35	1.93 0.56
362	2005	12	28	2.26	2.46	1.88 0.74
363	2005	12	29	2.52	2.54	2.94 0.87
364	2005	12	30	0.98	1.85	1.71 1.17
365	2005	12	31	1.42	1.46	1.72 1.61

dia juliano	Ano	Mês	Dia	Ameixial Vaqueiros	Tavira Vilamoura
1	2006	1	1	2.14	2.78
2	2006	1	2	3.07	3.07
3	2006	1	3	3.12	3.06
4	2006	1	4	3.13	3.09
5	2006	1	5	2.95	3.01
6	2006	1	6	1.96	1.92
7	2006	1	7	3.01	2.80
8	2006	1	8	3.29	2.96
9	2006	1	9	3.11	3.14
10	2006	1	10	2.88	2.89
11	2006	1	11	3.20	3.13
12	2006	1	12	2.25	2.01
13	2006	1	13	1.78	2.51
14	2006	1	14	3.04	2.90
15	2006	1	15	0.67	0.89
16	2006	1	16	2.50	2.78
17	2006	1	17	2.88	3.05
18	2006	1	18	1.90	2.27
19	2006	1	19	3.38	3.26
20	2006	1	20	3.43	3.36
21	2006	1	21	3.06	3.24
22	2006	1	22	1.90	2.48
23	2006	1	23	3.25	3.32
24	2006	1	24	1.15	1.21
25	2006	1	25	0.64	0.96
26	2006	1	26	2.19	1.10
27	2006	1	27	0.36	0.44
28	2006	1	28	3.83	3.85
29	2006	1	29	1.47	1.58
30	2006	1	30	3.89	3.83
31	2006	1	31	3.94	3.90
32	2006	2	1	3.88	3.81
33	2006	2	2	2.47	2.40
34	2006	2	3	2.22	2.25
35	2006	2	4	3.21	3.71
36	2006	2	5	4.04	3.94
37	2006	2	6	3.56	3.93
38	2006	2	7	3.87	3.79
39	2006	2	8	3.44	3.68
40	2006	2	9	1.61	1.24
41	2006	2	10	3.12	3.40
42	2006	2	11	3.66	4.00
43	2006	2	12	3.41	3.84
44	2006	2	13	3.35	3.95
45	2006	2	14	4.17	4.13
46	2006	2	15	3.78	3.93
47	2006	2	16	2.08	1.97
48	2006	2	17	2.38	2.20
49	2006	2	18	3.29	3.71
50	2006	2	19	3.16	4.03
51	2006	2	20	3.03	3.19
52	2006	2	21	3.83	4.31
53	2006	2	22	4.95	4.83

dia juliano	Ano	Mês	Dia	Ameixial Vaqueiros	Tavira Vilamoura
54	2006	2	23	1.19	0.91
55	2006	2	24	3.40	3.70
56	2006	2	25	0.81	0.73
57	2006	2	26	3.99	4.82
58	2006	2	27	3.98	4.98
59	2006	2	28	2.19	2.19
60	2006	3	1	4.84	4.69
61	2006	3	2	4.98	5.03
62	2006	3	3	2.34	2.15
63	2006	3	4	1.51	1.48
64	2006	3	5	5.10	5.13
65	2006	3	6	5.41	5.38
66	2006	3	7	3.34	4.81
67	2006	3	8	2.85	5.49
68	2006	3	9	3.36	4.14
69	2006	3	10	5.33	5.30
70	2006	3	11	5.47	5.68
71	2006	3	12	5.76	5.35
72	2006	3	13	5.77	5.75
73	2006	3	14	5.84	5.76
74	2006	3	15	1.86	1.39
75	2006	3	16	2.41	3.27
76	2006	3	17	0.58	0.83
77	2006	3	18	2.31	3.31
78	2006	3	19	3.58	3.96
79	2006	3	20	1.51	5.09
80	2006	3	21	3.47	2.28
81	2006	3	22	3.28	4.14
82	2006	3	23	1.77	3.26
83	2006	3	24	4.50	4.69
84	2006	3	25	5.22	5.64
85	2006	3	26	5.89	5.67
86	2006	3	27	3.76	3.96
87	2006	3	28	6.26	6.41
88	2006	3	29	6.00	5.97
89	2006	3	30	5.21	4.93
90	2006	3	31	6.31	5.71

ANEXO III

PERFIS MÉDIOS DIÁRIOS

Tabela A2 - Perfis diários médios mensais da irradiação solar global horizontal (hora solar, Wh/m²).

Ameixial

Hora	2005											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5				1	4	7	4	0				
6			2	19	50	68	53	22	6	1	0	
7		12	34	105	173	214	188	120	67	29	12	1
8		83	135	265	347	395	366	293	212	114	76	34
9		229	286	443	526	561	541	474	383	235	193	126
10		372	433	599	674	700	694	629	532	349	307	236
11		441	523	707	778	805	820	746	634	434	389	323
12		520	560	775	831	866	889	817	703	480	428	371
13		532	558	816	841	889	896	830	725	470	411	367
14		486	525	803	795	834	857	784	681	420	344	317
15		389	447	692	702	744	773	700	586	337	267	226
16		283	336	518	558	633	644	570	447	231	154	128
17		157	210	346	382	478	478	411	288	111	54	42
18		47	83	179	225	304	301	229	122	24	3	2
19		2	10	45	87	130	134	76	19	1		
20				1	10	26	26	5	0			
Diário		3.6	4.1	6.3	7.0	7.7	7.7	6.7	5.4	3.2	2.6	2.2
(kWh/m ²)												

Hora	2006		
	Jan	Fev	Mar
5			
6			2
7	1	6	28
8	31	60	121
9	129	186	260
10	254	328	392
11	356	437	497
12	423	480	558
13	426	472	564
14	372	432	523
15	295	352	448
16	187	232	348
17	75	125	215
18	11	35	92
19		2	13
20			
Diário	2.6	3.1	4.1
(kWh/m ²)			

Tabela A2 (cont.) - Perfis diários médios mensais da irradiação solar global horizontal (hora solar, Wh/m²).

Vaqueiros

Hora	2005											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5				1	3	7	3	0				
6			2	20	49	64	51	23	8	1	0	
7		10	31	104	171	204	182	116	71	34	142	
8		76	129	257	344	378	361	276	215	125	80	39
9		215	276	428	522	545	540	453	375	237	200	137
10		357	419	569	667	689	680	611	509	353	307	256
11		444	518	675	760	783	774	724	606	454	380	344
12		491	551	753	797	829	848	793	672	491	415	378
13		508	542	782	815	835	874	813	697	471	398	373
14		473	512	743	789	799	831	775	670	423	342	329
15		405	448	641	682	709	743	674	581	348	253	236
16		291	339	490	528	594	616	542	423	239	138	126
17		162	207	331	372	458	466	384	256	110	44	37
18		48	80	169	215	281	286	218	108	21	3	2
19		2	10	44	80	127	125	72	17	1		
20				1	10	25	24	6	0			
Diário (kWh/m ²)		3.5	4.1	6.0	6.8	7.3	7.4	6.5	5.2	3.3	2.6	2.3

Hora	2006		
	Jan	Fev	Mar
5			
6			2
7	1	7	35
8	33	62	135
9	129	189	267
10	255	329	399
11	353	427	501
12	395	476	558
13	394	490	577
14	362	445	524
15	283	351	450
16	172	240	343
17	68	124	208
18	9	30	84
19		1	10
20			
Diário (kWh/m ²)	2.5	3.2	4.1

Tabela A2 (cont.) - Perfis diários médios mensais da irradiação solar global horizontal (hora solar, Wh/m²).

Tavira

2005												
Hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5				1	5	9	4	1				
6			2	25	55	77	59	26	10	1	0	
7		12	39	125	186	226	198	132	83	33	10	2
8		89	151	294	368	407	370	308	233	126	76	39
9		238	300	465	551	585	541	485	391	252	199	136
10		389	445	614	700	725	687	638	528	384	316	258
11		502	556	712	802	809	791	744	627	477	406	358
12		546	595	779	853	869	860	812	698	512	442	385
13		549	592	833	860	885	880	831	730	508	429	361
14		518	552	798	809	835	850	777	693	457	383	318
15		424	472	683	706	750	765	671	590	371	293	237
16		313	352	519	561	617	631	535	431	253	168	133
17		161	206	344	388	461	464	378	254	118	56	39
18		52	77	170	213	278	284	204	99	25	4	1
19		2	9	41	75	114	117	63	14	1		
20				1	8	19	19	4	0			
Diário		3.8	4.3	6.4	7.1	7.7	7.5	6.6	5.4	3.5	2.8	2.3
(kWh/m²)												

2006			
Hora	Jan	Fev	Mar
5			
6			2
7	1	8	38
8	36	70	143
9	138	205	298
10	268	358	449
11	376	471	545
12	431	505	605
13	426	487	618
14	376	453	564
15	292	376	485
16	184	252	360
17	70	127	211
18	8	31	80
19		1	11
20			
Diário	2.6	3.3	4.4
(kWh/m ²)			

ANEXO IV RADIÇÃO DIFUSA

Faro (kWh/m²)

Faro - valores médios mensais

Modelos ESRA

Ghm - radiação global horizontal (kWh/m²)

Hora solar	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Diário
Jan	0	0	0,04	0,17	0,29	0,39	0,45	0,45	0,39	0,29	0,17	0,04	0	0	2,69
Fev	0	0,01	0,09	0,21	0,33	0,42	0,48	0,48	0,42	0,33	0,21	0,09	0,01	0	3,06
Mar	0	0,05	0,18	0,34	0,49	0,61	0,67	0,67	0,61	0,49	0,34	0,18	0,05	0	4,67
Abr	0,01	0,12	0,27	0,43	0,58	0,70	0,76	0,76	0,70	0,58	0,43	0,27	0,12	0,01	5,77
Mai	0,06	0,20	0,37	0,54	0,70	0,82	0,89	0,89	0,82	0,70	0,54	0,37	0,20	0,06	7,16
Jun	0,09	0,23	0,39	0,55	0,70	0,81	0,87	0,87	0,81	0,70	0,55	0,39	0,23	0,09	7,26
Jul	0,08	0,24	0,41	0,60	0,76	0,89	0,95	0,95	0,89	0,76	0,60	0,41	0,24	0,08	7,86
Ago	0,03	0,17	0,34	0,53	0,70	0,82	0,89	0,89	0,82	0,70	0,53	0,34	0,17	0,03	6,97
Set	0,00	0,08	0,24	0,41	0,57	0,70	0,77	0,77	0,70	0,57	0,41	0,24	0,08	0	5,55
Out	0	0,02	0,14	0,30	0,45	0,57	0,64	0,64	0,57	0,45	0,30	0,14	0,02	0	4,24
Nov	0	0	0,05	0,17	0,29	0,39	0,44	0,44	0,39	0,29	0,17	0,05	0	0	2,67
Dez	0	0	0,03	0,13	0,24	0,33	0,38	0,38	0,33	0,24	0,13	0,03	0	0	2,20

Dhm - radiação difusa horizontal (kWh/m²)

Hora solar	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Diário
Jan	0	0	0,02	0,07	0,11	0,13	0,15	0,15	0,13	0,11	0,07	0,02	0	0	0,95
Fev	0	0	0,05	0,10	0,15	0,18	0,19	0,19	0,18	0,15	0,10	0,05	0	0	1,35
Mar	0	0,02	0,08	0,14	0,18	0,21	0,23	0,23	0,21	0,18	0,14	0,08	0,02	0	1,71
Abr	0,01	0,06	0,11	0,17	0,21	0,24	0,25	0,25	0,24	0,21	0,17	0,11	0,06	0,01	2,08
Mai	0,02	0,08	0,13	0,17	0,21	0,24	0,25	0,25	0,24	0,21	0,17	0,13	0,08	0,02	2,19
Jun	0,04	0,09	0,14	0,19	0,22	0,25	0,26	0,26	0,25	0,22	0,19	0,14	0,09	0,04	2,40
Jul	0,03	0,07	0,12	0,16	0,19	0,21	0,22	0,22	0,21	0,19	0,16	0,12	0,07	0,03	1,99
Ago	0,01	0,06	0,11	0,15	0,19	0,21	0,22	0,22	0,21	0,19	0,15	0,11	0,06	0,01	1,90
Set	0	0,03	0,09	0,13	0,17	0,20	0,21	0,21	0,20	0,17	0,13	0,09	0,03	0	1,65
Out	0	0,01	0,05	0,10	0,14	0,17	0,18	0,18	0,17	0,14	0,10	0,05	0,01	0	1,32
Nov	0	0	0,03	0,08	0,12	0,15	0,17	0,17	0,15	0,12	0,08	0,03	0	0	1,08
Dez	0	0	0,02	0,06	0,11	0,14	0,15	0,15	0,14	0,11	0,06	0,02	0	0	0,94

Dhm/Ghm - fracção difusa

Hora solar	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Diário
Jan			47%	41%	36%	34%	33%	33%	34%	36%	41%	47%			35%
Fev		60%	56%	50%	45%	42%	41%	41%	42%	45%	50%	56%	60%		44%
Mar		50%	45%	40%	36%	34%	34%	34%	34%	36%	40%	45%	50%		37%
Abr	50%	48%	42%	38%	35%	34%	33%	33%	34%	35%	38%	42%	48%	50%	36%
Mai	42%	38%	34%	32%	30%	29%	28%	28%	29%	30%	32%	34%	38%	42%	31%
Jun	44%	40%	36%	34%	32%	31%	30%	30%	31%	32%	34%	36%	40%	44%	33%
Jul	35%	31%	28%	26%	25%	24%	23%	23%	24%	25%	26%	28%	31%	35%	25%
Ago	40%	35%	31%	28%	27%	25%	25%	25%	25%	27%	28%	31%	35%	40%	27%
Set		40%	36%	32%	29%	28%	27%	27%	28%	29%	32%	36%	40%		30%
Out		41%	39%	34%	31%	29%	29%	29%	29%	31%	34%	39%	41%		31%
Nov			54%	46%	42%	39%	38%	38%	39%	42%	46%	54%			41%
Dez			56%	50%	45%	41%	40%	40%	41%	45%	50%	56%			43%

ANEXO V

INFORMAÇÕES OPERACIONAIS

Equipa (Vertente Solar)

- Coordenador do Projecto: António Joyce
- Responsável pela vertente solar: Ricardo Aguiar (Novembro 2003 a Julho 2004; e Maio 2005 em diante)
- Instrumentação: António Rocha e Silva (Vilamoura), José João Teixeira (outras estações)
- Recolha de dados: AREAL (Vilamoura), José João Teixeira (outras estações)
- Controlo de Qualidade de Dados: Ricardo Aguiar
- Processamento e Análise de Dados: Ricardo Aguiar
- Teste e Selecção de Algoritmos: Ricardo Aguiar

Fornecedores de equipamento (Vertente Solar)

- VÓRTICE - piranómetros “BF3” e “CM3”, estação “EMA” em Vilamoura
- COSIM - piranómetros “Li-Cor”, dataloggers “Symphonie”