



Atlas da Radiação Solar do Arquipélago da Madeira

Laboratório Regional de Engenharia Civil
Departamento de Hidráulica e Tecnologias Energéticas

Edição 2008
Ficha Técnica

Título:

Atlas da Radiação Solar do Arquipélago da Madeira

Autores:

Universidade de Vigo:
Manuel Vázquez Vázquez
Pablo Izquierdo Belmonte
José Manuel Santos Navarro
Maria Teresa Prado Cerqueira

Laboratório Regional de Engenharia Civil
José Carlos Magro Esteves

Fotos:

Capa: António Ferro
Interior: Carlos Magro

Edição:

LREC - Laboratório Regional de Engenharia Civil

Design: Colougene
Impressão: PrintColor

Tiragem:

1500 exemplares
1ª Edição - Novembro 2008

Depósito Legal:

ISBN: 978-989-96043-0-8

Para mais informações:

Telefone: (351) 291 724 060
Fax: (351) 291 724 061
info@lrec.pt

Edição participada por:



É expressamente proibido a reprodução, no todo ou em parte da presente obra sem autorização do LREC de harmonia com a lei em vigor.

Índice

Prefácio do SRES	Pag.4
Prefácio do LREC	Pag.5
Agradecimentos	Pag.6
Equipa de projecto	Pag.6
Apresentação	Pag.7
Introdução	Pag.7
Os recursos energéticos regionais	Pag.8
	Pag.9
Vantagens do aproveitamento da energia solar	Pag.10
Antecedentes	Pag.10
	Pag.11
Cronologia das actividades	Pag.11
	Pag.12
Imagens de satélite e dados de estações de superfície	Pag.12
Satélite Meteorológico utilizado	Pag.12
	Pag.13
Radiação solar médias diárias mensais e anual estações IM	Pag.14
	Pag.15
Mapas de radiação e sua utilização	Pag.16
Mapa Anual	Pag.17
Mapa da Radiação de Janeiro	Pag.18
Mapa da Radiação de Fevereiro	Pag.19
Mapa da Radiação de Março	Pag.20
Mapa de Radiação de Abril	Pag.21
Mapa de Radiação de Maio	Pag.22
Mapa de Radiação de Junho	Pag.23
Mapa de Radiação de Julho	Pag.24
Mapa de Radiação de Agosto	Pag.25
Mapa de Radiação de Setembro	Pag.26
Mapa de Radiação de Outubro	Pag.27
Mapa de Radiação de Novembro	Pag.28
Mapa de Radiação de Dezembro	Pag.29
Referências	Pag.30

Prefácio

É ponto assente que a energia está presente nas nossas mais elementares actividades diárias, contribuindo o seu consumo para a melhoria da qualidade de vida das pessoas. No entanto, os consumos energéticos desmesurados, que sustentam os actuais estilos de vida, têm profundo impacto sobre a economia e o ambiente.

Estamos a entrar numa nova era energética. Os bens estruturalmente escassos – como começa a ser o petróleo – impõem uma mudança de comportamentos.

Neste processo, somos todos chamados a intervir e a aplicar um modelo de desenvolvimento sustentável que, segundo a ONU, permita satisfazer as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades.

O desenvolvimento da nossa sociedade terá que ser pensado, efectivamente, em bases sustentáveis, que permitam reduzir cada vez mais a exploração e o consumo de fontes de energia não renováveis.

Desde cedo, o Governo Regional antecipou aquilo que são as preocupações e exigências de hoje e do futuro próximo.

A aposta na diversificação das fontes de energia tem definição clara na Política Energética Regional e materialização na instalação da primeira central fotovoltaica de Portugal, que este ano comemora já um quarto de século.

O Atlas da Radiação Solar do Arquipélago da Madeira, que agora se apresenta, insere-se também neste enquadramento e apresenta-se como uma ferramenta de trabalho importante para pensar estrategicamente o futuro.

A informação e o *know-how* relevantes para inverter as tendências passam a estar disponíveis para os principais actores económicos, mas são também uma importante fonte de dados para o ensino, a pesquisa, a engenharia ou qualquer outra área que tenha interesse num melhor aproveitamento da radiação solar.

A nova publicação traz a distribuição espacial e temporal da incidência do Sol na Região e abre caminho para a ampliação do uso da energia solar, identificando muito do que pode ser feito agora e durante os próximos anos, no desenho de políticas e medidas energéticas, por via da transformação e aproveitamento da radiação solar.

Ao LREC e, em particular, aos autores desta obra, uma palavra de reconhecimento pelo esforço em estimular e disseminar um conhecimento científico imprescindível à promoção de um desenvolvimento sustentável e a uma relação mais harmónica entre homem e natureza.

Secretário Regional do Equipamento Social

Luís Manuel Santos Costa

Prefácio

Ao comemorar os 25 anos de utilização de energia solar fotovoltaica, na Selvagem Grande, teve o Departamento de Hidráulica e Tecnologias Energéticas a meritória iniciativa de promover a edição desta publicação, importante ferramenta de trabalho para várias áreas, nomeadamente, Energia, Ecologia e Climatologia e em especial para engenheiros, arquitectos, professores, entre outros técnicos.

Esta publicação foi desenvolvida num trabalho conjunto realizado pelo LREC e o Laboratório de Energia Solar da Universidade de Vigo, no âmbito de um acordo de cooperação científica existente entre as duas instituições.

A publicação do Atlas da Radiação Solar surge numa altura em que a consciência da importância da protecção do ambiente para o desenvolvimento económico é um dado adquirido, e que a aposta nas energias renováveis é um factor determinante para o progresso regional.

Esta é também uma oportunidade para realçar que a SRES e, posteriormente, o LREC ao longo de meio século, tem contribuído para um acumular de conhecimentos a nível regional nos domínios das energias renováveis, hidrologia e climatologia, através do envolvimento em estudos e projectos, bem como na divulgação de informação técnica e prestação de formação especializada.

Director do Laboratório Regional de Engenharia Civil

Daniel Jorge Figueira da Silva

Agradecimentos

Ao Dr. César A. Gundersen Pestana, director regional do Instituto de Meteorologia, pelos dados meteorológicos disponibilizados e pelos esclarecimentos sobre o clima do arquipélago.

Ao técnico especialista João José do Instituto de Meteorologia, pelo total empenho no fornecimento e tratamento de alguns dados.

Equipa de projecto

O Atlas de Radiação foi elaborado na sequência da realização do Estudo da Radiação Solar do Arquipélago da Madeira levado a efeito pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade de Vigo, e pelo LREC através do Departamento de Hidráulica e Tecnologias Energéticas.

A equipa que elaborou o estudo e o Atlas da Radiação Solar do Arquipélago da Madeira, foi constituída pelos seguintes elementos:

- **Laboratório de Energia Solar da Universidade de Vigo**

Director : Professor Doutor Eng. Manuel Vázquez Vázquez

Eng. Pablo Izquierdo Belmonte

Prof. Eng. José Manuel Santos Navarro

Eng. María Teresa Prado Cerqueira

- **Laboratório Regional de Engenharia Civil**

Doutor José Carlos Magro Esteves

Mestre Sérgio da Silva Lopes

Apresentação

Introdução

Desde há várias décadas que o mundo está a viver uma profunda crise energética. Em Outubro de 1973 dá-se o primeiro choque petrolífero, com o rebentar da guerra no médio oriente. Em 2008, o petróleo provoca de novo uma profunda crise transformando-se numa poderosa arma geo-estratégica.

Actualmente o preço do petróleo está constantemente a subir e atingiu níveis imagináveis. Esta crise resulta de duas razões principais: por um lado o consumo exponencial de recursos energéticos convencionais não renováveis (petróleo, gás, carvão), que poderá conduzir ao seu eventual esgotamento, e por outro, o aquecimento global devido aos gases de efeito de estufa, gerados pela combustão desses mesmos combustíveis.

Esta crise deverá se agravar nos próximos anos, quiçá nos próximos dias, aumentando também a eventual proliferação de conflitos bélicos, causados pela exploração dos recursos com consequências para o aumento de desastres naturais.

A organização dos países exportadores de petróleo OPEP, através do seu presidente Charib Khelil, pediu recentemente à União Europeia para que continue a lutar contra as alterações climáticas e fomenta as energias renováveis. A própria OPEP reconhece que medidas como a introdução massiva de energias renováveis, a melhoria da eficiência energética e a redução de emissões de dióxido de carbono (CO₂) podem reduzir a procura de petróleo, aumentar a oferta e conseqüentemente baixar os preços.

Neste contexto, a única saída viável para esta crise é sem dúvida a massificação do uso de fontes de energia renovável, como a solar, eólica, hídrica, ondas, entre outras.

Como é sabido estas fontes são inesgotáveis, amigas do ambiente com a benesse de não contribuírem para o aumento do efeito de estufa.

• Os recursos energéticos regionais

O arquipélago da Madeira tem sabido aproveitar desde a sua descoberta os recursos energéticos endógenos, de acordo com as melhores tecnologias existentes em cada época.

O aproveitamento da energia hídrica tem uma longa tradição, a sua produção continua a ser um dos vectores importantes para a redução da dependência em relação aos derivados de petróleo.

A energia eólica desenvolvida a partir de 1984 vai dando o seu contributo, mas limitada a condicionamentos de espaço e de irregularidade de recurso eólico. Contudo, novos parques eólicos de entidades públicas e privadas estão em execução, prevendo-se que até 2009 possam contribuir com cerca de 7,5 % da produção total de electricidade.

Para a biomassa florestal não será previsível o seu desenvolvimento massivo, apesar de estar em fase de estudo a instalação de uma central de aproveitamento da biomassa florestal.

Resta a exploração da energia solar, que é uma fonte inesgotável e amiga do ambiente.

Alguns estudos e os trabalhos de investigação que conduziram à elaboração deste Atlas, indicam que a Região Autónoma da Madeira dispõe de todas as condições favoráveis para produzir energia eléctrica a partir de sistemas solares fotovoltaicos.

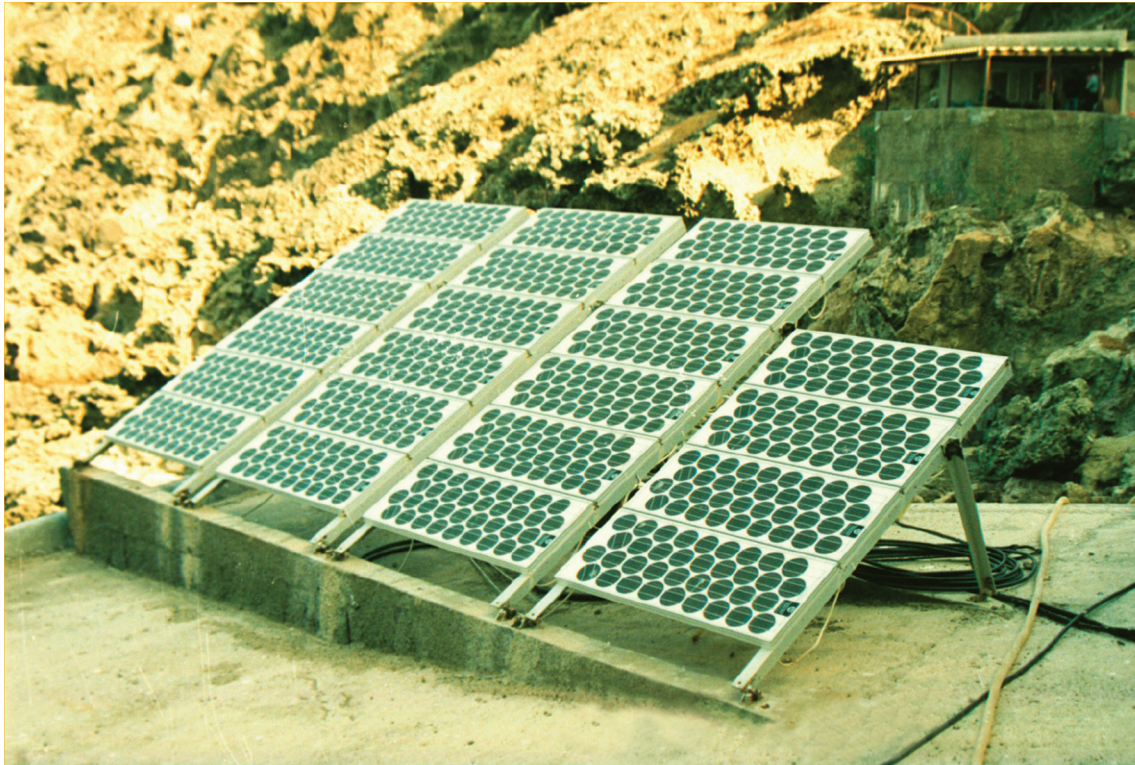
A Região tem todas as condições para que sejam instalados alguns parques solares fotovoltaicos de média dimensão, sem que seja necessário ocupar zonas de elevado valor ecológico, ambiental, paisagístico ou monumental.

Por outro lado, o incremento da micro produção, utilizando os telhados e algumas coberturas de grandes edifícios, nomeadamente pavilhões gimnodesportivos, estádios e pavilhões industriais, poderá ser um interessante contributo, para a redução da dependência em relação aos derivados do petróleo.

Acresce que no domínio da utilização de sistemas fotovoltaicos para produção de electricidade em locais isolados, a região foi pioneira em Portugal na instalação de micro centrais fotovoltaicas.

Com efeito, a Selvagem Grande foi dotada em 1983 com a primeira micro central fotovoltaica do país (foto 1), projecto elaborado pelo eng. Teixeira de Sousa, da Divisão de Energias Renováveis, da Secretaria Regional do Equipamento Social.

Deste modo, a SRES e, posteriormente, o LREC tem adquirido uma prática e experiência de mais de 25 anos na microprodução fotovoltaica, através do estudo, projecto e montagem de vários sistemas fotovoltaicos dispersos pelo Arquipélago e pertencentes à Direcção Regional de Florestas, Parque Natural da Madeira e outros.



1. Foto - Selvagem Grande - 1ª Instalação de Portugal - 1983



2. Foto - Sistemas Fotovoltaicos da Selvagem - 2008

• **Vantagens do aproveitamento da energia solar**

As tecnologias solares, tanto os colectores solares térmicos para aquecimento de águas sanitárias, como os módulos fotovoltaicos para produção de electricidade apresentam duas grandes vantagens em relação às fontes convencionais. A primeira é que a produção energética pode ser feita directamente no lugar de consumo, e no caso dos sistemas fotovoltaicos pode evitar-se a instalação de linhas de transporte e distribuição de energia, reduzindo os custos e o impacto ambiental que as mesmas provocam. A segunda é que, por unidade energética produzida, criam-se mais postos de trabalho para a instalação e manutenção dos sistemas solares que para as energias convencionais.

A massificação da utilização de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos vai dinamizar a micro economia regional, através da criação de postos de trabalho para o projecto, montagem e manutenção dos sistemas, como eventualmente a criação de uma unidade fabril para montagem de colectores solares, módulos fotovoltaicos e equipamentos de apoio.

Para que se crie tudo isto tem que se desenvolver um mercado interno que potencie a procura e, como consequência, favoreça a multiplicação da prestação de serviços de engenharia, instaladores, manutenção e agentes comerciais, sem esquecer a importância da formação profissional de qualidade e a certificação de equipamentos e de todos os agentes do sector.

A obrigatoriedade de se instalar colectores solares nos edifícios (Decreto-Lei 80/2006) já começa a ter reflexos na economia, com aparecimento de micro empresas.

Contudo, para se incentivar o maior uso da energia solar é necessário e indispensável conhecer e quantificar essa disponibilidade energética, avaliando a sua distribuição espacial e temporal. Deste modo, o conhecimento do valor da radiação solar é imprescindível para os projectistas, instaladores e agentes comerciais. Nesse sentido o LREC, no âmbito das suas atribuições tem desenvolvido, estudos nos domínios da radiação solar e optimização de sistemas híbridos fotovoltaicos - eólicos, com o apoio científico do Laboratório de Energia Solar da Universidade de Vigo.

• **Antecedentes**

Cooperação entre LREC e a Universidade de Vigo

Como foi anteriormente referido, este Atlas surge na sequência da elaboração de um estudo da radiação solar do arquipélago da Madeira, realizado pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade de Vigo, com a colaboração do Laboratório Regional de Engenharia Civil da Madeira e do Instituto de Meteorologia.

Este estudo foi desenvolvido através de um programa de intercâmbio científico estabelecido entre o LREC e a Universidade de Vigo, realizado no âmbito do Projecto PAUER, projecto de avaliação e utilização de energias renováveis, co-financiado pelo programa POPRAM-III-FEDER.

O PAUER iniciado em 2001, insere-se num conjunto de intervenções técnicas tendentes à promoção e utilização de energias renováveis, visando o aproveitamento de recursos energéticos endógenos e renováveis, redução da nossa dependência em relação aos derivados de petróleo e, como consequência, contribuindo para um desenvolvimento sustentado na Região Autónoma.

No âmbito do PAUER foram realizados vários estudos de potencial de recursos energéticos, constituição de uma base de dados climáticos para projectos multidisciplinares de engenharia, ecologia, entre outros.

Ainda no âmbito do PAUER foram instaladas redes meteorológicas, assim como micro sistemas energéticos fotovoltaicos e híbridos (fotovoltaicos - eólicos) em locais isolados do arquipélago.

• Cronologia das Actividades

Para a realização do estudo da radiação global da ilha da Madeira, estava previsto inicialmente a utilização dos dados das estações meteorológicas do LREC, uma vez que o laboratório regional já dispõe de uma rede de estações.

No entanto, para que um estudo desta natureza seja válido em termos estatísticos, é imprescindível dispor de um certo número de estações bem distribuídas pela área geográfica em estudo, com dados registados simultaneamente e durante um período significativo de anos completos ou com poucas lacunas.

Como os dados das novas estações do LREC eram relativos a um período curto, houve necessidade de se recorrer aos dados do Instituto de Meteorologia (IM), por forma a se realizar um estudo credível.

Assim, a Delegação Regional da Madeira do Instituto de Meteorologia (IM), forneceu os dados de 5 estações de superfície localizadas na Madeira e Porto Santo que cobriam o período de 2002 a 2005.

Entretanto, o Laboratório de Energia Solar da Universidade de Vigo estava a desenvolver um projecto similar para a obtenção de mapas de radiação solar de Galiza, região espanhola do noroeste da Península Ibérica.

Nesse projecto constatou-se que quando as estações de radiação solar não estavam relativamente próximas umas das outras na área geográfica em estudo, eram cometidos grandes erros ao extrapolar os dados medidos para outras regiões (sem dados de radiação).

Constatou-se também que se produziam erros apreciáveis na extrapolação de dados devido à orografia do terreno, que era complexa e com grandes e bruscas variações em altitude.

Por outro lado, com base em estudos anteriores, chegou-se à conclusão que se cometem menos erros se a radiação solar recebida na superfície terrestre for estimada a partir de informação extraída de imagens da terra obtida por satélites meteorológicos, mediante a utilização de métodos que calculam a radiação solar, tendo em consideração o albedo* terrestre e das nuvens.

O método que permite estimar o valor da radiação solar de um local a partir da combinação das imagens de satélite e dos dados de radiação solar registados nas estações de superfície, é conhecido por procedimento de normalização ou procedimento de calibração.

Esta nova metodologia deu resultados excelentes no estudo realizado na região da Galiza, tendo os resultados sido publicados no "Atlas de Radiación Solar de Galizia" em 2005. A mesma metodologia foi aplicada no estudo da radiação solar da Madeira, dado que se dispunha, tal como na Galiza, de poucas estações de superfície de radiação solar (cinco) e de um escasso período de anos de dados.

Por outro lado, na região, a radiação solar recebida é significativamente diferente no planalto central e zonas montanhosas do interior comparativamente com a zona costeira.

A influência das barreiras montanhosas na formação dos sistemas nebulosos faz com que a costa sul disfrute de maior radiação solar que a costa norte.

Estes efeitos combinados podem induzir em erro os valores estimados de radiação solar para toda a ilha quando se considera apenas, dados de radiação solar de um número reduzido de estações.

A estimativa da radiação solar mediante o uso de imagens de satélite não tem, pelo contrário, este inconveniente, e permite obter valores de radiação solar numa quadrícula de pontos geográficos separados entre si por escassos quilómetros.

• **Imagens de satélite e dados de estações de superfície**

A combinação das duas fontes de informação (dados observados em terra nas estações de superfície e dados obtidos por imagens de satélite) relativos ao mesmo período horário, proporciona uma grande fiabilidade, pelo que foi o procedimento utilizado para a produção dos mapas apresentados neste Atlas de Radiação Solar.

• **Satélite Meteorológico utilizado**

Os satélites meteorológicos que se podiam utilizar em 2005 para um estudo com estas características eram os americanos da série NOAA ou os europeus da série Meteosat.

O NOAA apresenta uma trajectória hélio síncrona (girando hélio sincronamente em redor da Terra), pelo que proporciona praticamente só o equivalente a uma imagem do Meteosat por dia, ao passo que com os satélites da série Meteosat por serem estacionários podemos dispor de imagens cada meia hora distribuídas ao longo do dia (uma imagem cada dez minutos no caso do Meteosat-6).

O satélite Meteosat-6 nos finais de 2004 era o satélite mais recente e, portanto, com maior precisão. Acresce que o satélite Meteosat-6 está a funcionar no chamado "Rapid-Scan Service" desde finais de 2001.

O Meteosat-6 tira uma imagem cada dez minutos abarcando o Norte de África até ao círculo polar Ártico e a parte do oceano Atlântico correspondente.

Os outros satélites Meteosat apenas tiram uma imagem cada meia hora de toda a área que vêm da terra, desde a sua posição fixa a 0° de longitude sobre o Equador (a imagem abarca praticamente desde o círculo polar Ártico até ao círculo polar Antártico incluindo África, Europa e o Atlântico oriental).

Para o nosso estudo decorrido em 2005 dispusemos de imagens de satélite referentes aos anos de 2002, 2003 e 2004. No começo de 2005 foi iniciado o processo de recepção de imagens do satélite Meteosat-6 através do organismo do Eumetsat. Simultaneamente com todo o processo de aquisição das imagens do Meteosat, em 2005, foram tratados os dados de radiação solar, das estações de radiação do Instituto de Meteorologia.

As estações de radiação do IM estão indicadas na Tabela 1, estando cinco localizadas na ilha da Madeira e a outra na ilha do Porto Santo.

Tabela 1. Estações do Instituto de Meteorologia no arquipélago da Madeira

Estação	Latitude (N)	Longitude (O)	Altitude(m)
Funchal	32° 38' 46"	16° 53' 27"	58
Porto Santo	33° 04' 23"	16° 20' 50"	82
Areiro	32° 43' 15"	16° 54' 49"	1510
Lugar de Baixo	32° 40' 47"	17° 05' 28"	48
São Jorge	32° 49' 54"	16° 54' 24"	271
Ponta do Pargo	32° 48' 44"	16° 53' 27"	312

Figura 1- Localização das estações do no arquipélago da Madeira
Radiação solar médias diárias mensais e anual

• Radiação solar médias diárias mensais e anual

Na Tabela 2 mostra-se o valor da radiação solar global diária média mensal e média anual em Wh/m².dia, para cada uma das estações com base no total dos dias com dados relativos ao período de 2002 a 2005. Estes mesmos valores aparecem representados na Figura 1.

Tabela 2. Radiação solar global diária média mensal e média anual
Estações do IM - período 2002-2005 [un: Wh/m².dia]

	Areiro	Funchal	Lugar de Baixo	Ponta do Pargo	São Jorge	Porto Santo
Janeiro	3146	2846	2775	2754	2392	2734
Fevereiro	3194	3419	3474	3469	2982	3632
Março	4495	4643	4628	4428	4041	5019
Abril	5130	4683	5044	5577	4893	6155
Mai	6637	5691	6144	6765	5553	7306
Junho	7470	5601	6136	7285	6175	7095
Julho	8023	5614	6024	7232	5770	7075
Agosto	6402	5496	5960	6496	6016	6545
Setembro	5232	5043	5217	5155	4891	5534
Outubro	3790	3691	3879	3862	3617	4056
Novembro	2517	2865	2922	2753	2339	3123
Dezembro	2305	2481	2568	2547	1972	2511
2002-2005	4873	4345	4570	4868	4226	5072

Fonte: C.Magro (2007)

Analisando os valores da Tabela 2 e do gráfico da Figura 2, conclui-se o seguinte:

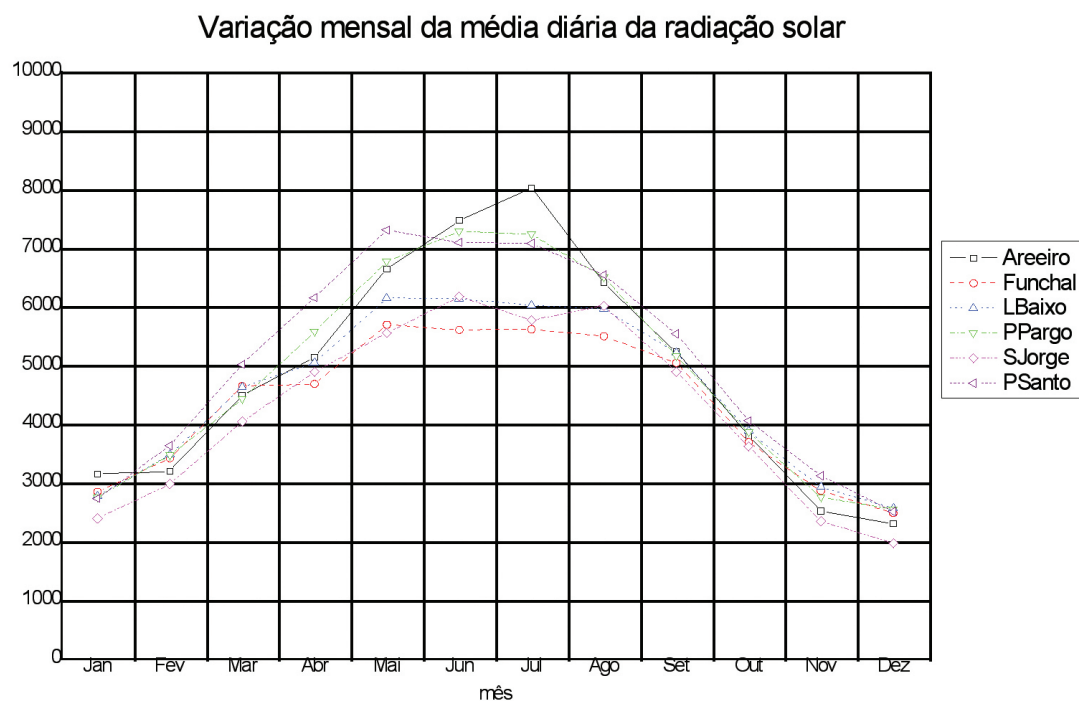
a) Os valores médios anuais mais altos registaram-se no Porto Santo (5000 Wh/m².dia). A Ponta do Pargo e o Areeiro, ambos com cerca de 4900 Wh/m².dia, a seguir o Lugar de Baixo com 4600 Wh/m².dia, depois o Funchal com cerca de 4400 Wh/m².dia e, por fim, S. Jorge com cerca de 4300 Wh/m².dia.

b) Os valores registados na estação do Porto Santo mostram que ocorre mais radiação solar ao longo do ano do que na ilha de Madeira, excepto nos meses de Junho e Julho, em que os quantitativos nas estações da Ponta do Pargo e Areeiro são superiores.

c) As maiores diferenças de radiação solar mensal entre as seis estações ocorrem de Maio a Agosto, quando mais se diferenciam Porto Santo, Ponta do Pargo e Areeiro das outras três estações.

d) Nos meses de Setembro e Outubro a radiação solar é muito semelhante em todas as estações.

e) O valor máximo de radiação solar acontece no Areeiro no mês de Julho.



Fonte: C. Magro (2007)

Figura 2.
Radiação solar global diária média mensal
Estações do IM - período 2002-2005
[un: Wh/m².dia]

Insolação

A insolação é o tempo durante o qual o sol está a descoberto e exprime-se em horas e décimos. Depende da nebulosidade e da insolação astronómica (insolação máxima possível no mesmo intervalo de tempo, dada pela tabela das horas do sol acima do horizonte). Pela acção conjunta destes dois factores a insolação é maior no verão do que no inverno. O valor da insolação para a Região está compreendido entre 1800 e 2600 horas anuais, apresentando o Funchal 2394,9 horas e o Porto Santo 2403,7 horas.

• Mapas de radiação e sua utilização

Na presente publicação apresentam-se treze mapas de radiação solar do arquipélago da Madeira.

O primeiro mostra os valores médios diários anuais de radiação solar global no plano horizontal, e os restantes doze apresentam os valores médios diários mensais de radiação solar global no plano horizontal, para cada um dos meses do ano.

Os valores indicados nos mapas são estimados a partir de imagens de satélite dos anos 2002, 2003 e 2004, as quais se comprovou que se ajustam aos valores medidos em terra, embora apresentem alguns erros aceitáveis.

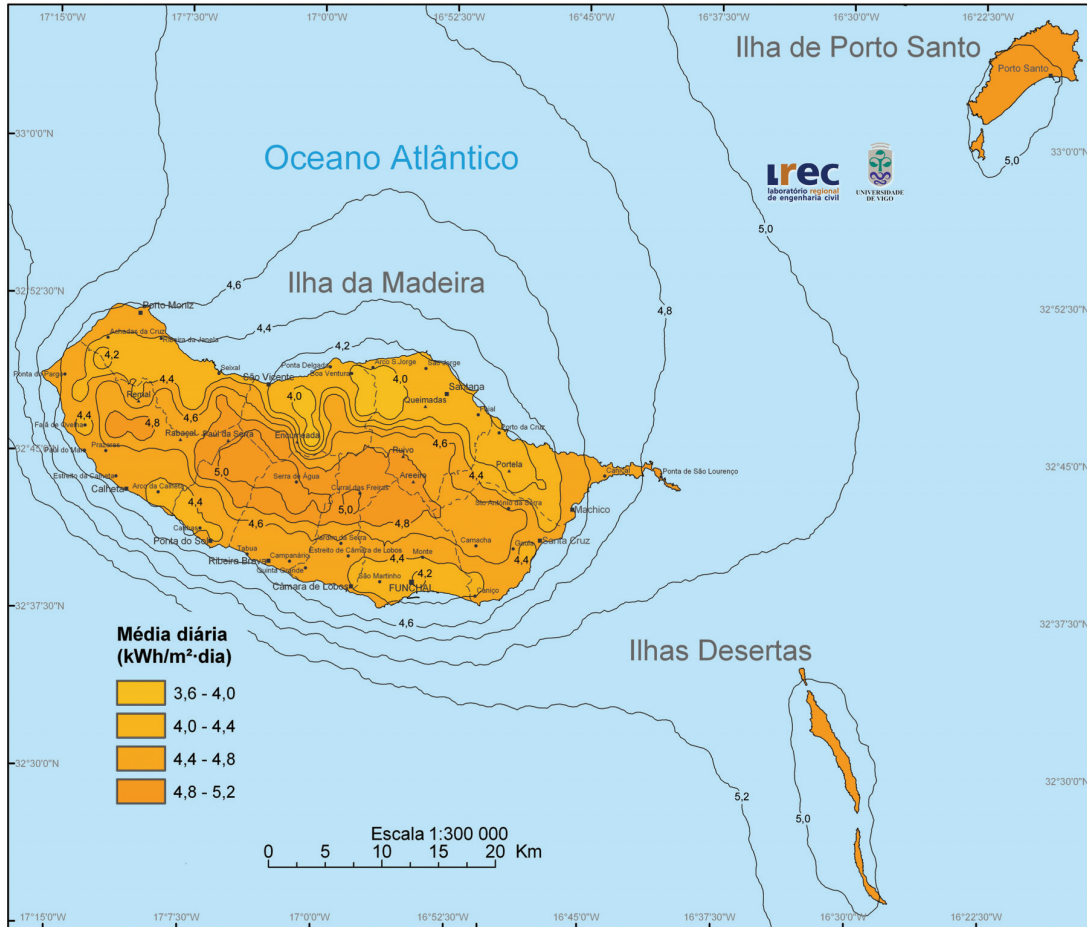
Deste modo, poderia alegar-se que o período de tempo de três anos é muito curto e que, portanto, os resultados obtidos não se aplicavam a períodos de tempo mais longos, como os que se utilizam habitualmente em caracterizações climatológicas.

Contudo, podemos afirmar pela experiência da Universidade de Vigo que os mapas de radiação obtidos são de aplicação precisa, dado que são valores médios estatísticos para qualquer ano.

Convém, em todo o caso esclarecer que estes mapas foram elaborados para ajudar os projectistas de instalações solares térmicas e fotovoltaicas, na elaboração dos seus estudos e projectos. Por outro lado, a elaboração de um projecto implica em si mesmo fazer-se uma estimativa das produções futuras de energia. Como obviamente, não se dispõe de dados futuros de radiação para se fazer estas estimativas, utilizam-se dados históricos que, neste caso, serão os dos mapas que foram elaborados.

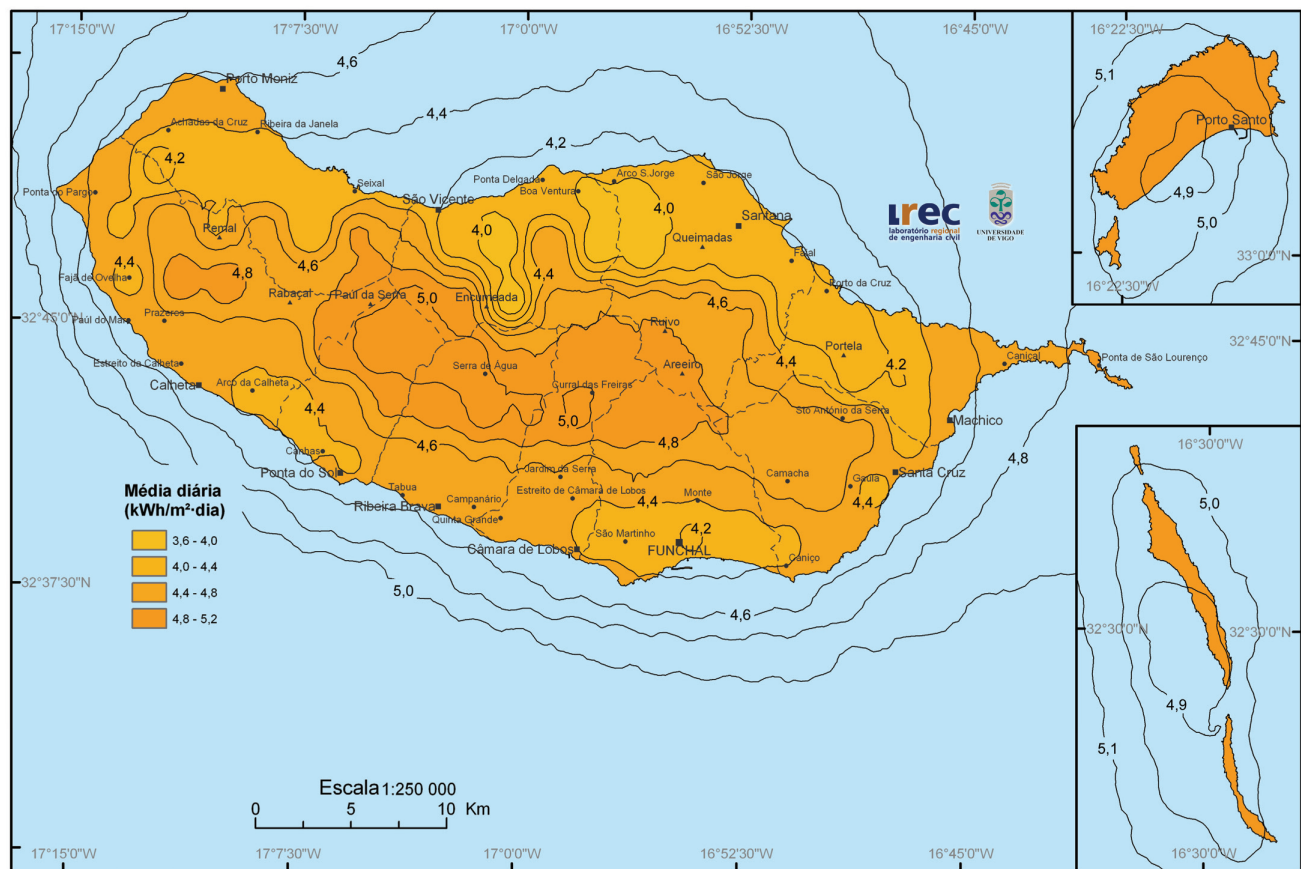
Por esta razão, a radiação solar real disponível num determinado ano no futuro, pode diferir significativamente da que se apresenta nos mapas, em função das condições climáticas havidas nesse ano.

Acresce ainda que os mapas elaborados com dados históricos, só se podem utilizar para estimar valores médios de radiação solar de períodos longos de tempo, com base no pressuposto de que os traços climáticos de um dado lugar não mudam significativamente ao longo do de tempo.



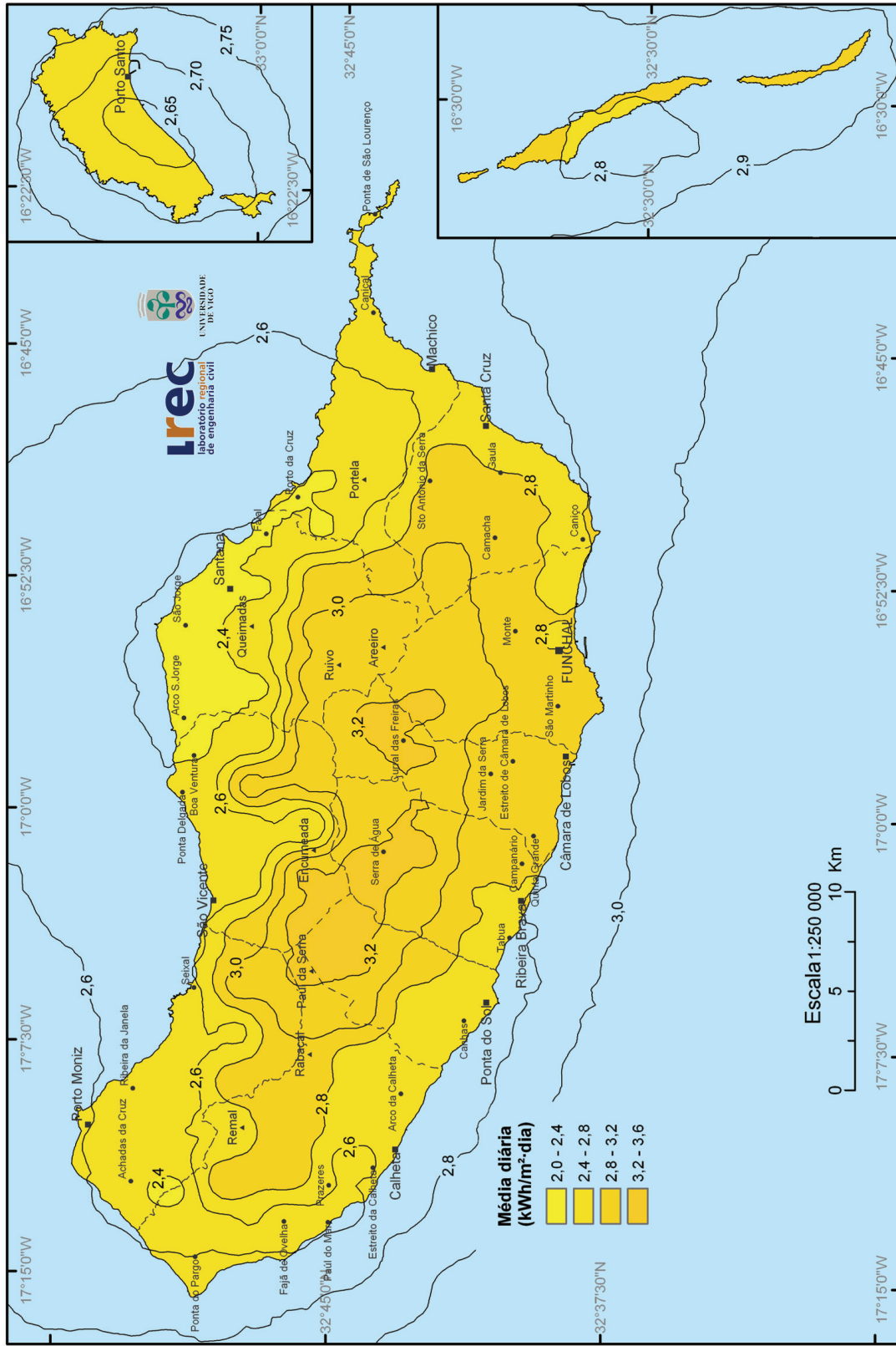
MADEIRA. Radiação Solar Total

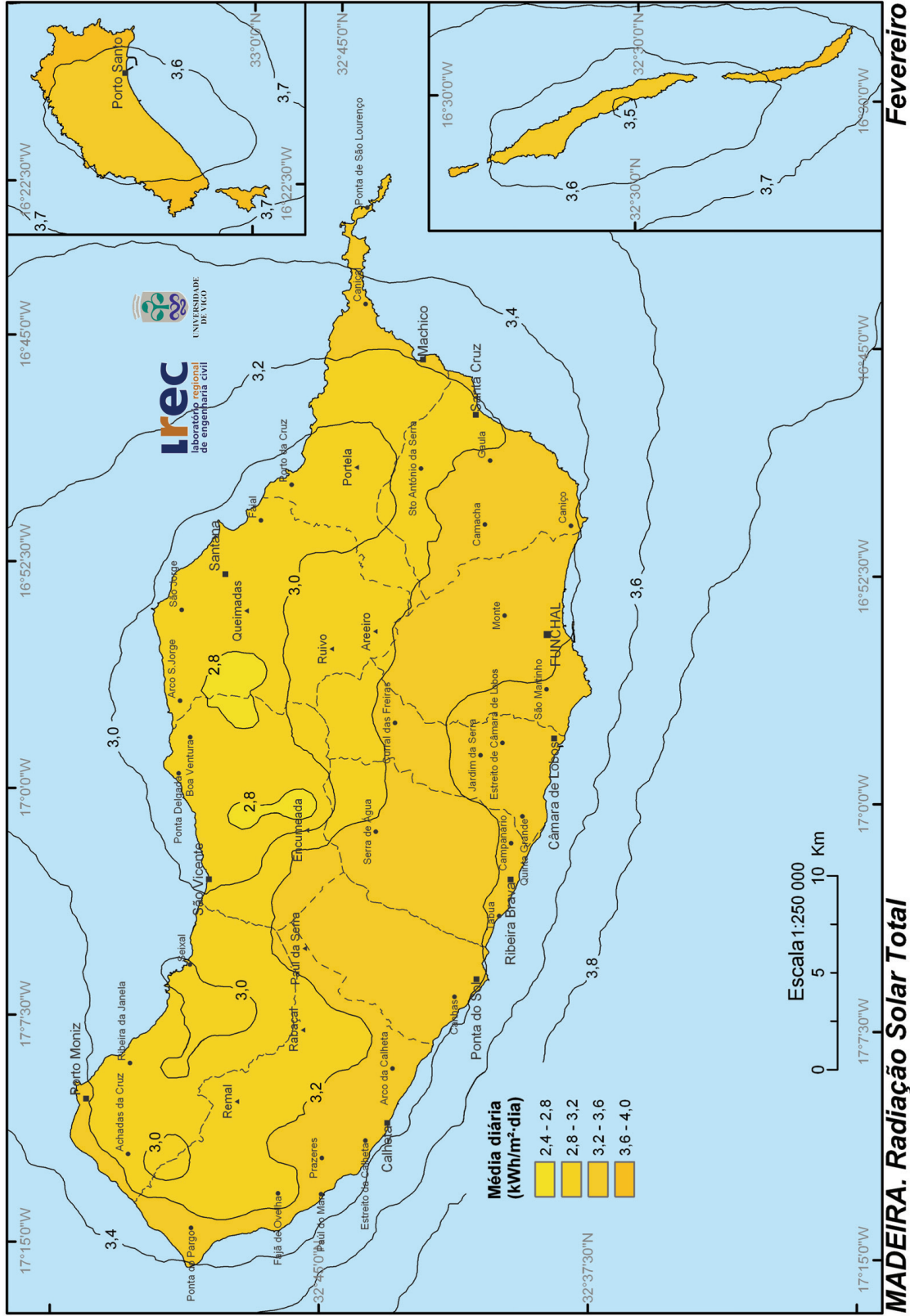
Média Anual

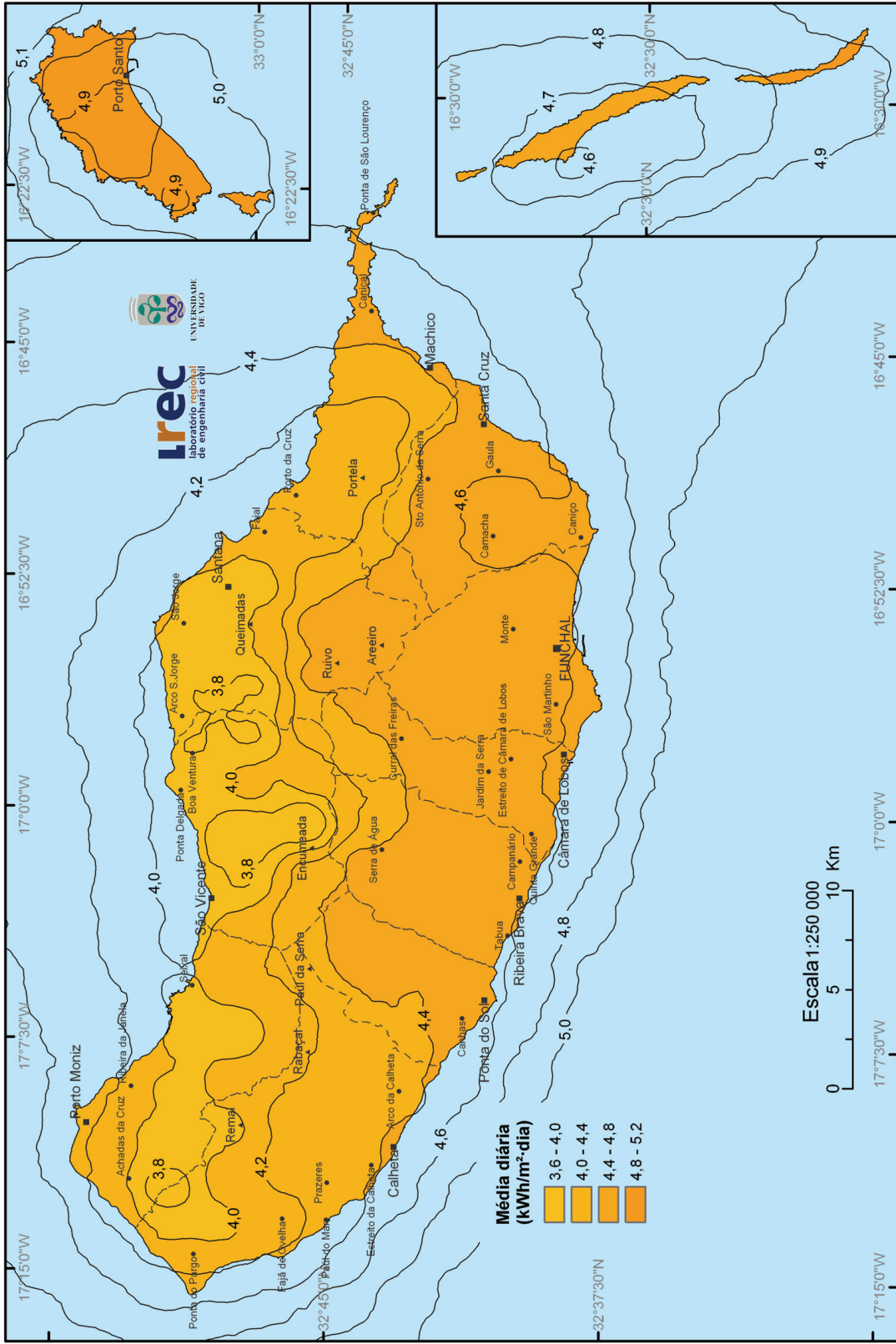


MADEIRA. Radiação Solar Total

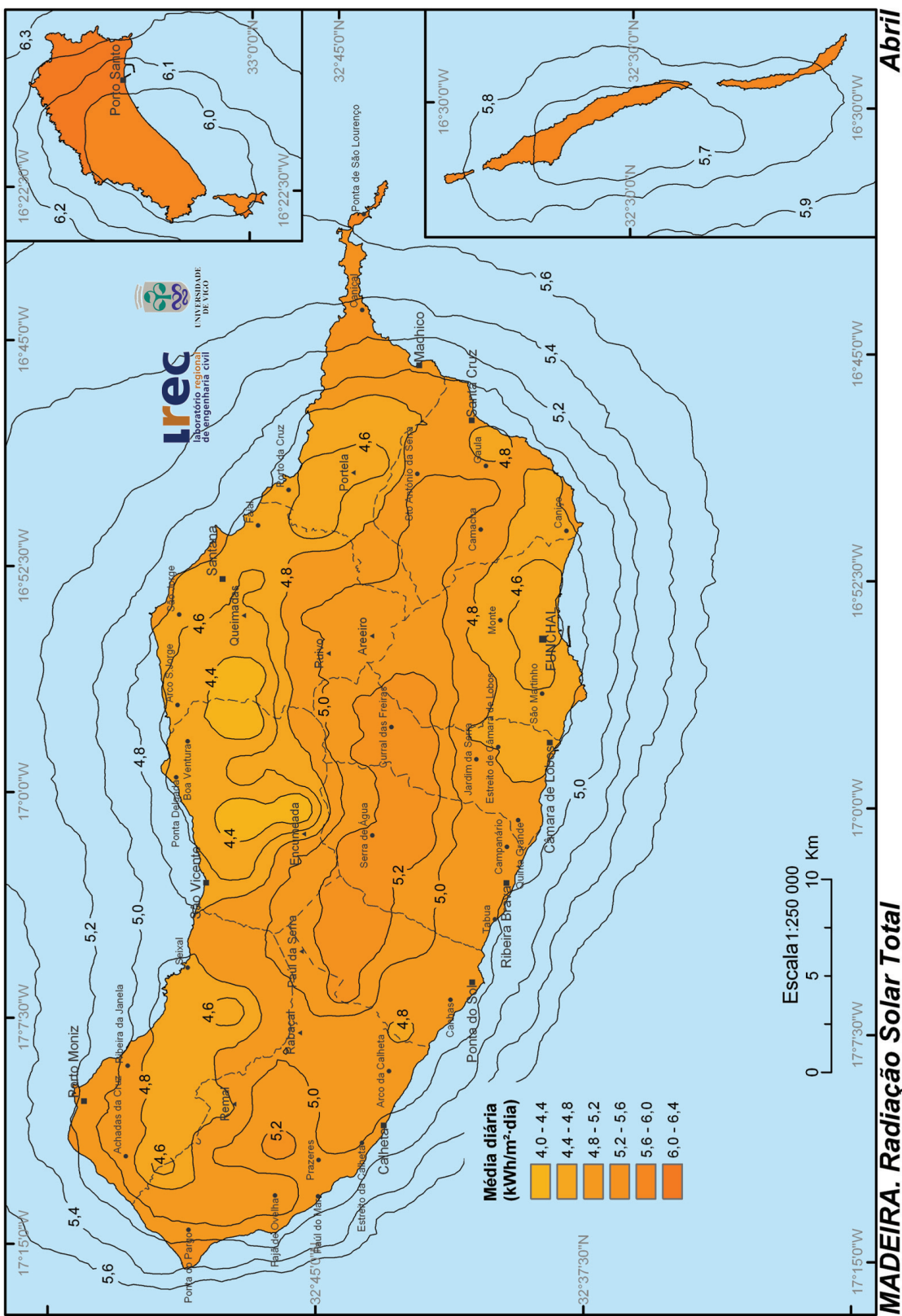
Média Anual

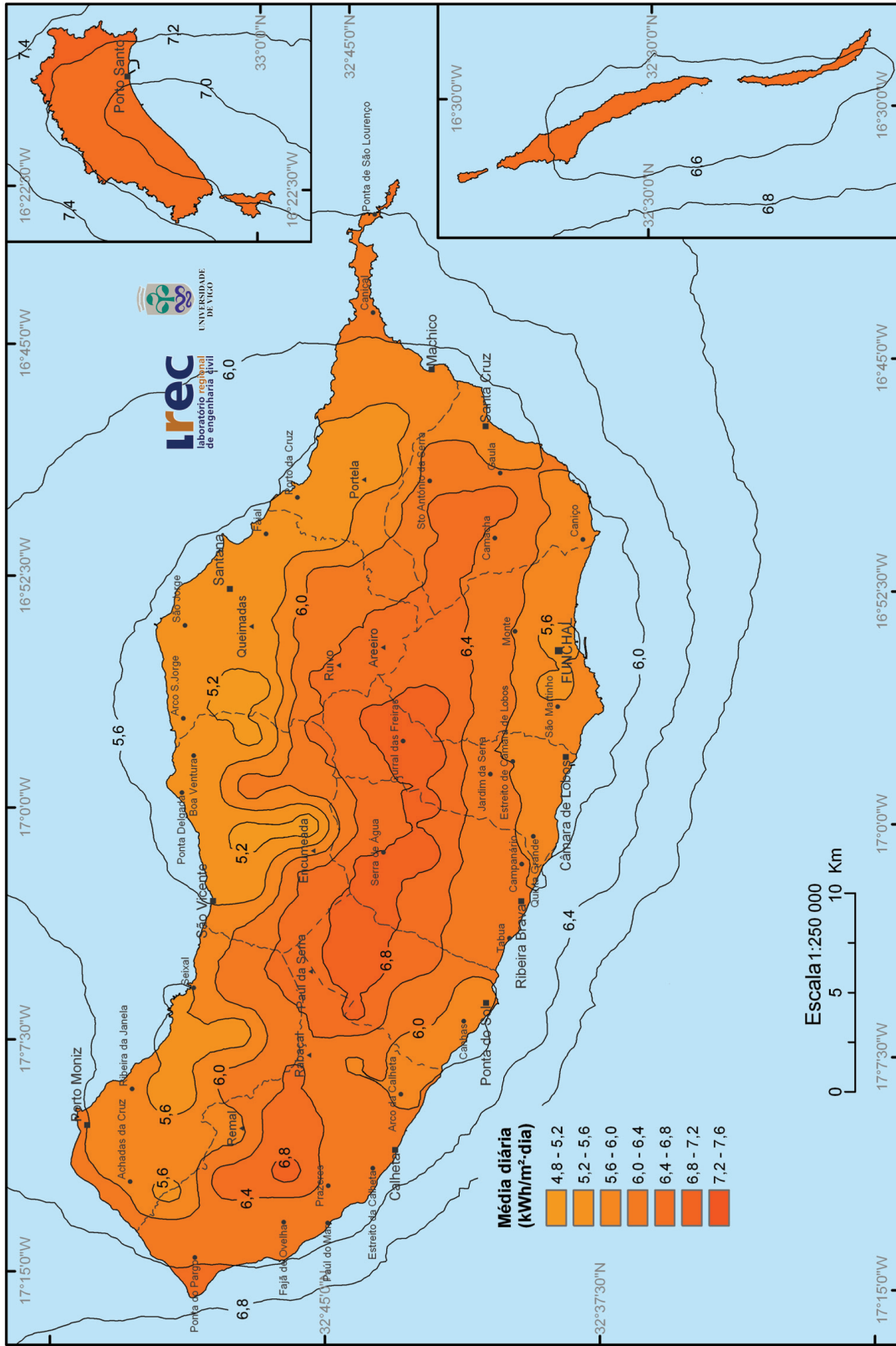




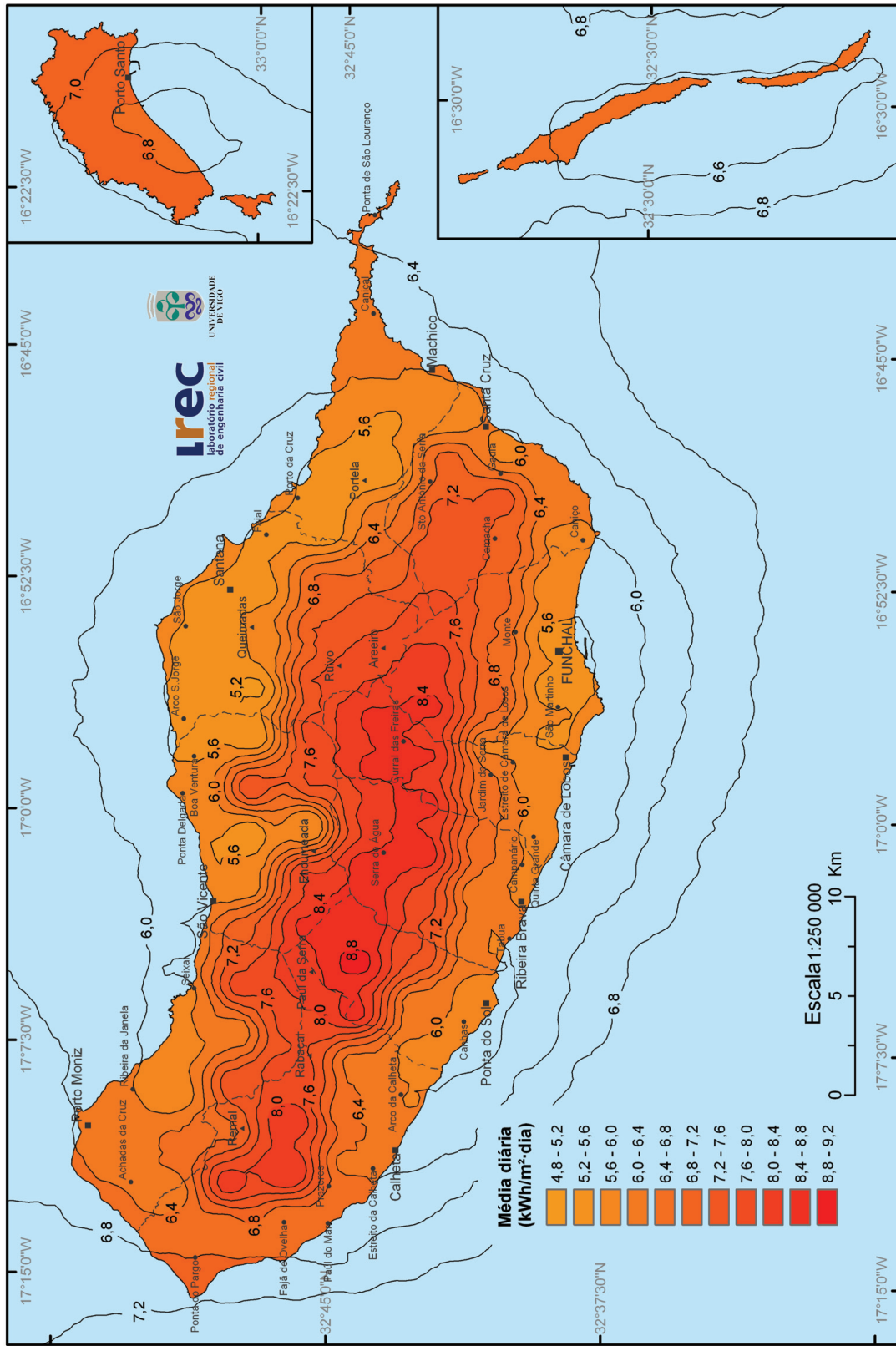


MADEIRA. Radiação Solar Total



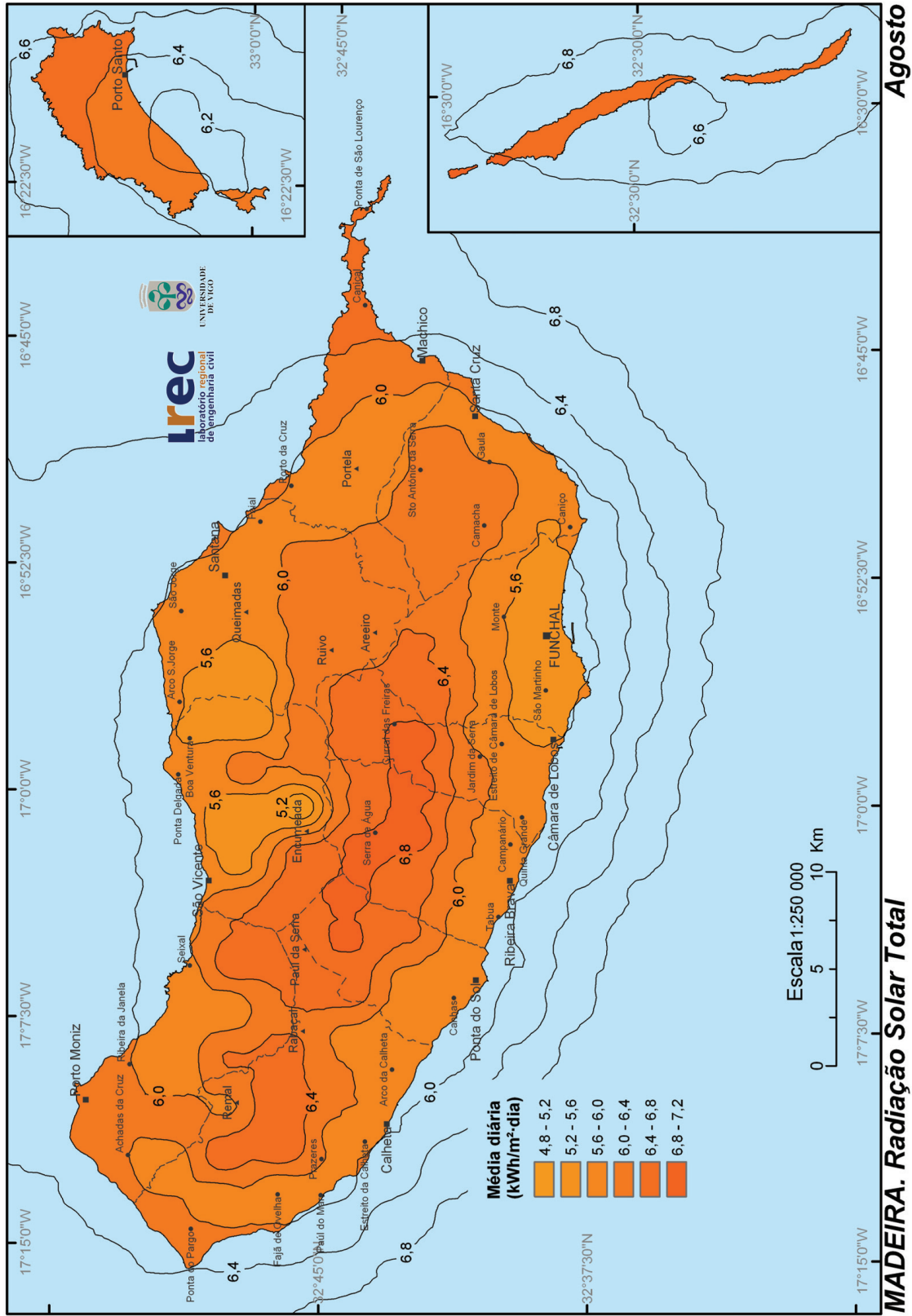


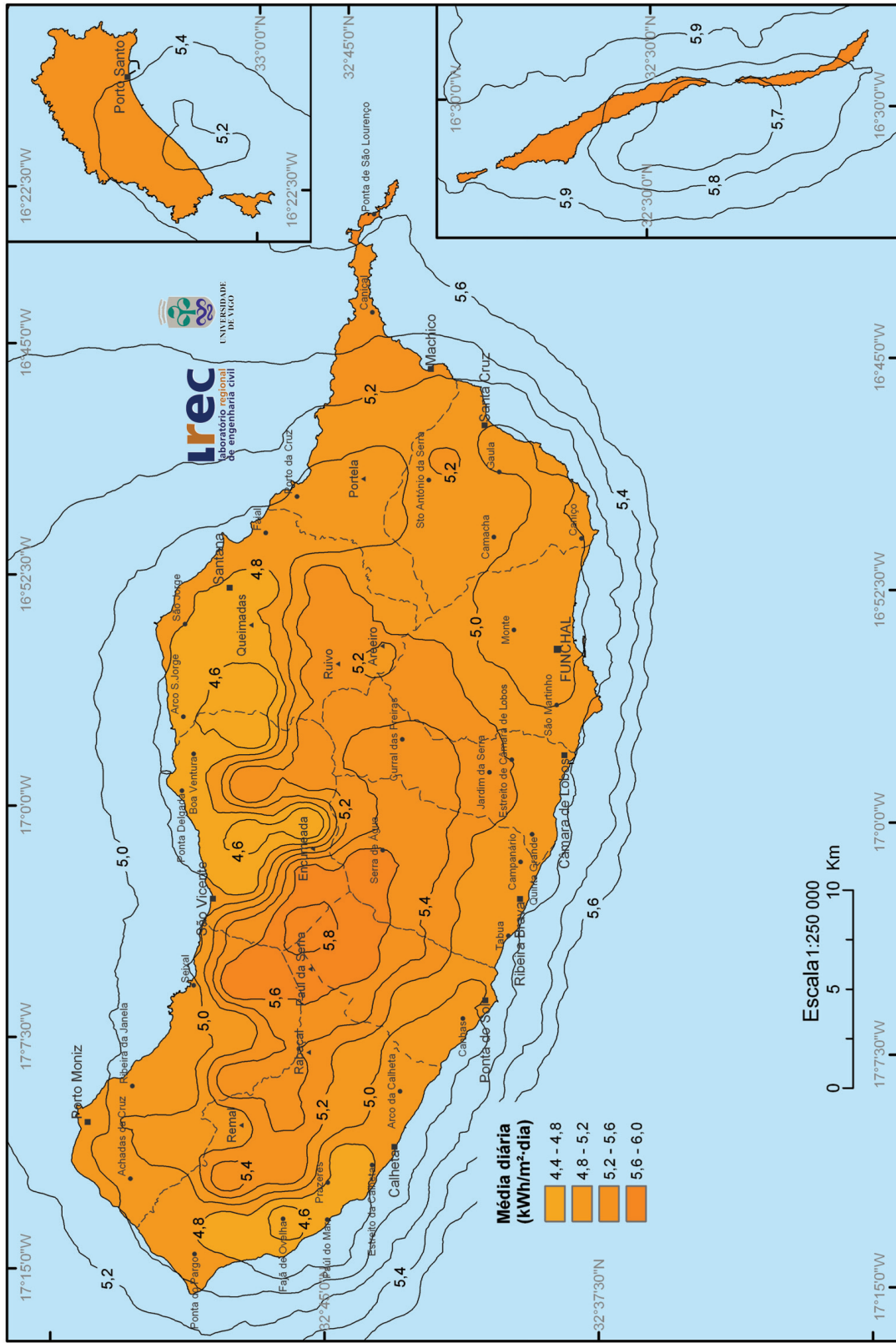
MADEIRA. Radiação Solar Total **Maio**



Julho

MADEIRA. Radiação Solar Total

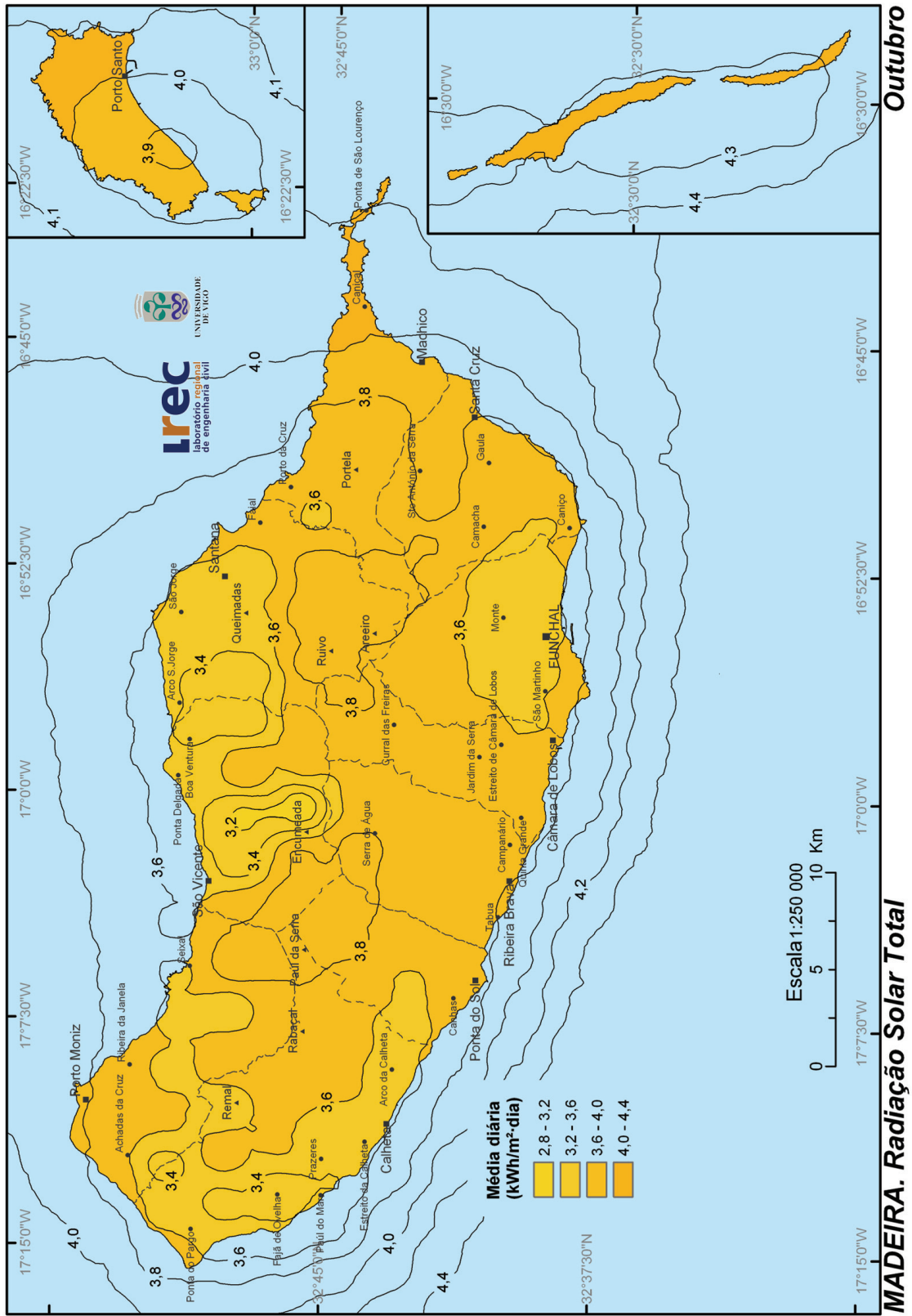


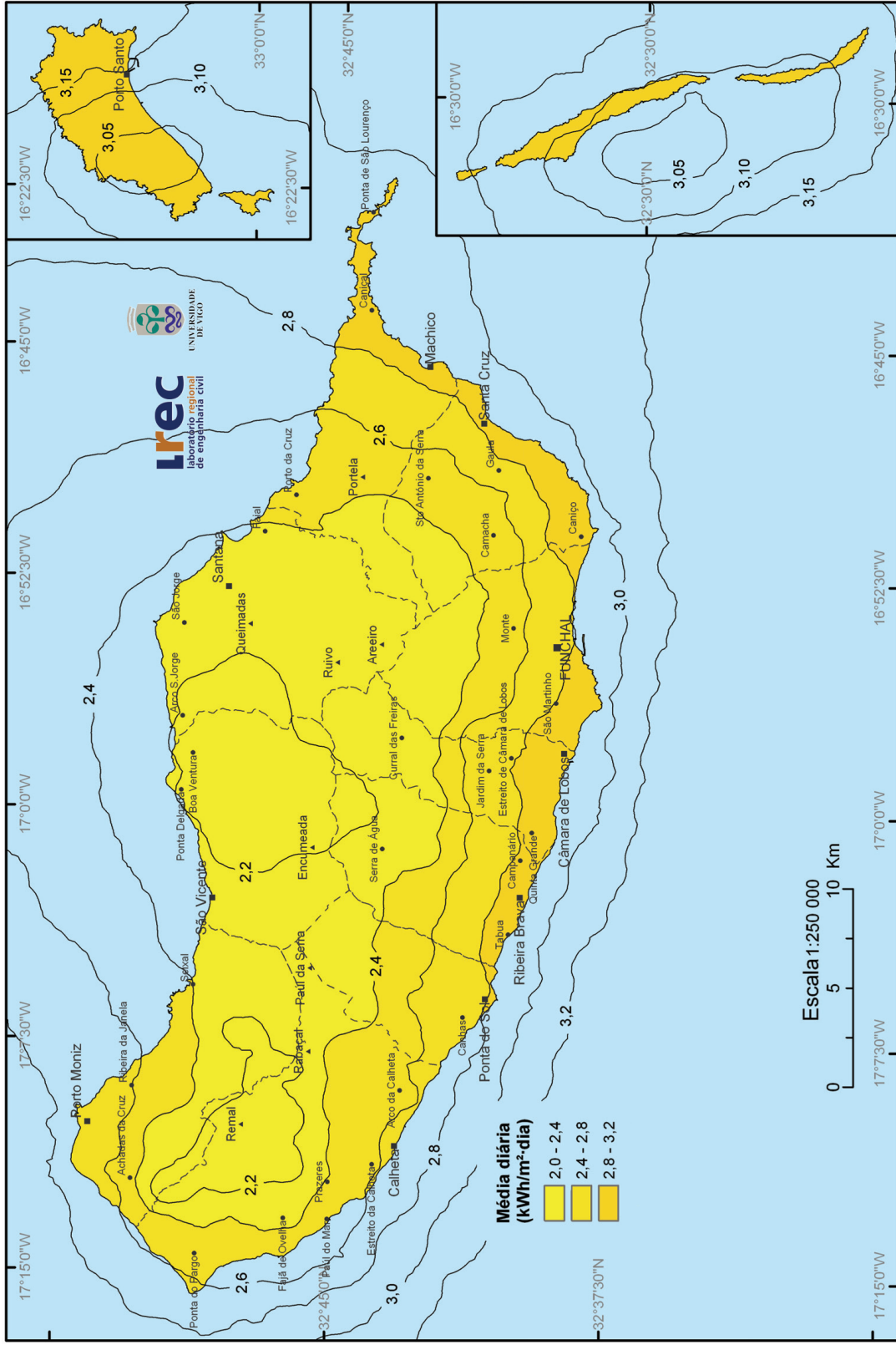


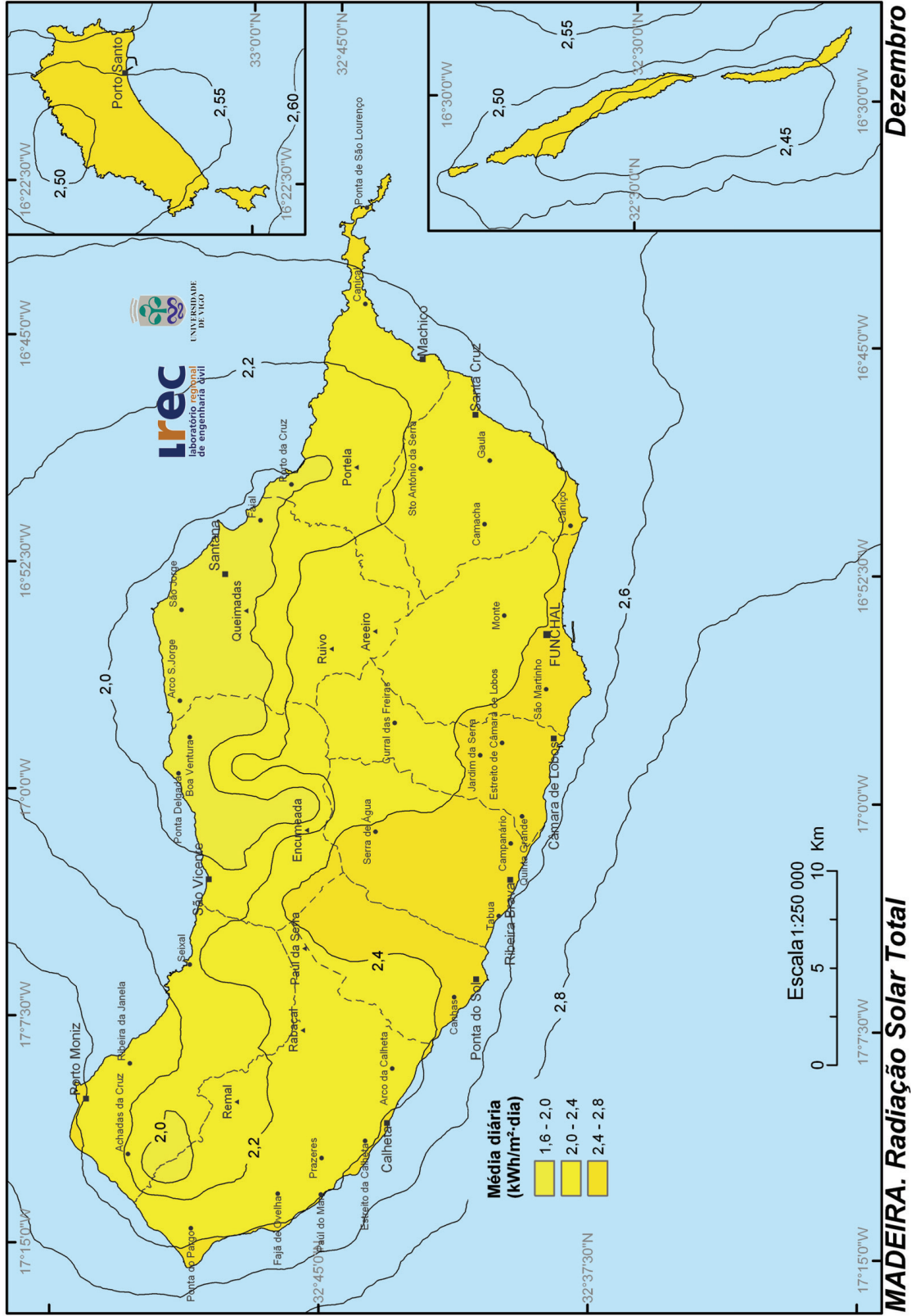
Setembro

MADEIRA. Radiação Solar Total









Referências:

- Base de dados de radiação solar das estações Instituto de Meteorologia - Região Autónoma da Madeira, período 2002-2005.
- Vázquez , M. Santos, J. M. Prado, Fernandes F. - 2005 ,*Atlas da Radiação Solar de Galicia*. ISBN. 84-609-7101-5.
- *The Meteosat Archive - User Handbook* – EUM TD 06- November 2001.
- *Estudo de la Radiación Solar da Madeira* – Laboratorio de Energia Solar da Universidade de Vigo-LREC- Projecto PAUER, co-financiado pelo programa POPRAM-III-FEDER, Prof. Dr. Eng. Manuel Vázquez Vázquez, Eng. Pablo Izquierdo Belmonte, Prof. Eng. José Manuel Santos Navarro, Eng. Maria Teresa Prado Cerqueira e Eng. Carlos Magro Esteves - Vigo, 28 de febrero de 2007.
- Magro C., M. Vazquez and P. Izquierdo- 2007- *Optimization of Hybrid PV-Wind Systems in Six Climatic Areas of the Madeira, Archipelago* - Solar World Congreso-SWC-2007- Beijing, China - Internacional Solar Energy Society.
- Izquierdo P., M. Vazquez, and C. Magro, 2007 - *Characterization of the Daily Evolution of Global Solar Radiation and Temperature in Six Climatic Areas of the Madeira Archipelago* - Solar World Congreso-SWC-2007-Beijing, China - Internacional Solar Energy Society.
- Vazquez M., P. Izquierdo, J. M. Santos, M. T. Prado, and C. Magro – 2007- *Monthly and Yearly Maps of Daily Average Global Solar Radiation of the Madeira Archipelago (Portugal)*, obtained from Meteosat Images and Six Meteorological Stations- Solar World Congreso-SWC-2007- Beijing, China - Internacional Solar Energy Society.
- Vazquez M., C. Magro, P.Izquierdo and Sousa A – 2007- *Evaluation of the Solar Photovoltaic Energy Potential in Six Climatic Areas of the Madeira Archipelago (Portugal)* -. Solar World Congreso – SWC - 2007- Beijing, China - Internacional Solar Energy Society.
- Magro, J. C. - 2007- *Optimização de sistemas híbridos fotovoltaicos - eólicos em zonas insulares de diversidade climática do Arquipélago da Madeira* - Tese de Doutoramento - Universidade da Madeira, Departamento de Física.
- <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global.html>
- <http://www.helioclim.org/heliosat>

* Albedo é uma medida da reflectividade de um corpo ou de uma superfície. É a razão entre a radiação electromagnética reflectida e a quantidade incidente.



