

POTENCIAL DE ENERGIA SOLAR E DE GERAÇÃO COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE EM MOÇAMBIQUE

Marcos Hebert Smith dos Santos - mherbert@uol.com.br

Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Departamento de Engenharia Mecânica

Trajano de Souza Viana – trajano@cefet-rj.br

Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET/RJ), Departamento de Engenharia Elétrica

Mauro Carlos Lopes de Souza – mauroclsouza@hotmail.com

Universidade Estadual da Zona Oeste (UEZO)

Resumo. A energia solar fotovoltaica (FV) é uma fonte limpa e figura como uma importante opção para geração energia elétrica. Moçambique, localizado na costa sudeste da África, com uma população de 22 milhões de habitantes, é dotado de considerável potencial hidráulico e rico em outras fontes de energia renovável, adequadas para produção de eletricidade, tais como solar, eólica, geotérmica, oceânica e biomassa (florestal e agrícola). Entretanto, o país encontra-se pouco desenvolvido em relação à mobilização destes recursos para a produção de energia elétrica. Este trabalho apresenta o potencial de energia solar e de geração fotovoltaica para Moçambique na forma de mapas elaborados a partir de dados obtidos do National Renewable Energy Laboratory (NREL). O banco de dados do NREL fornece o valor da média diária mensal de irradiação, para células na superfície terrestre com aproximadamente 40 km por 40 km, obtidos por meio do Modelo Climatológico de Radiação Solar. Foram elaborados mapas mensais e do total anual de irradiação total inclinada, considerando a inclinação igual à latitude, que são adequados a aplicações com sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR). O mapa de potencial de geração fotovoltaica foi elaborado considerando um sistema de 1 kWp, com taxa de desempenho igual a 0,75. Os resultados mostraram que Moçambique apresenta elevados níveis anuais de irradiação total inclinada, na faixa de 5 a 6 kWh/dia, e pode proporcionar geração FV estimada na faixa de 1.450 a 1.750 kWh/kWp/ano.

Palavras chave: Energia Solar, Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, Moçambique, África.

1. INTRODUÇÃO

Moçambique está localizado na costa sudeste da África e conta com uma população de 22 milhões de habitantes. O país possui superfície de 799.380 km², dividida em dez províncias: Cabo Delgado, Niassa, Nampula, Zambézia, Tete, Manica, Sofala, Inhambane, Gaza, Maputo, cujas capitais são, respectivamente, Pemba, Lichinga, Nampula, Quelimane, Tete, Chimoio, Beira, Inhambane, Chokwe e Maputo, que é também a capital do país. (Moçambique, 2012). A Fig. 1 mostra o mapa da África, com a localização de Moçambique no continente, e o mapa do país com a divisão em províncias.

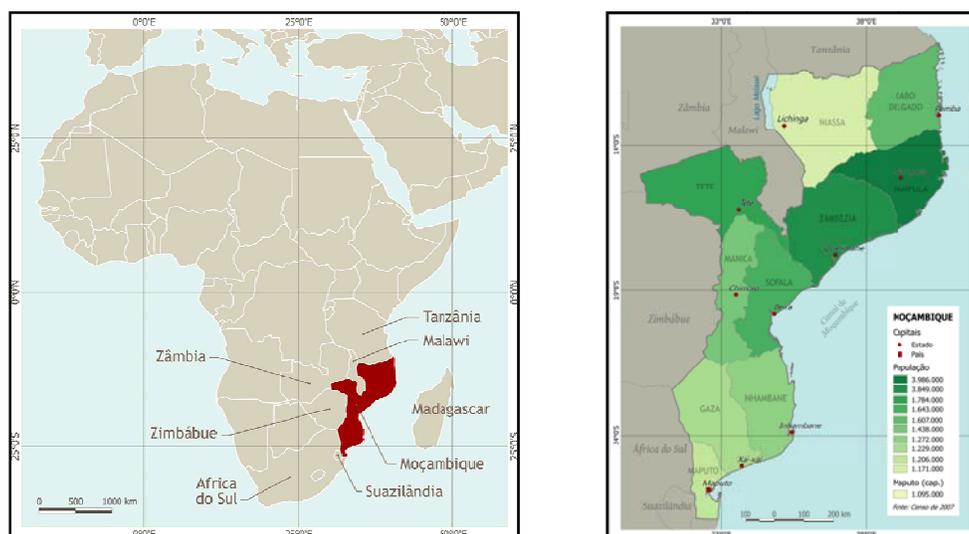


Figura 1 - Localização de Moçambique no continente africano e divisão do país em províncias.

Moçambique apresenta clima tropical quente, com duas estações principais: a estação quente e úmida, de outubro a março, e a estação fria e seca, de abril a setembro. A temperatura média anual é de 23 a 26°C nas zonas costeiras e a precipitação é de cerca de 1.200 mm por ano. O sul de Moçambique é a região mais seca, enquanto que outras regiões apresentam precipitação de pelo menos 800 mm por ano (Arthur *et al.*, 2011).

Em termos de energia elétrica, Moçambique é dotado de considerável potencial hidráulico e rico em outras fontes de energia renovável, adequadas para produção de eletricidade, como energia solar, eólica, geotérmica, oceânica e biomassa (florestal e agrícola). Entretanto, o país encontra-se pouco desenvolvido em relação à mobilização destes recursos para a produção de energia elétrica (Arthur *et al.*, 2011). Diversos fatores contribuem para esse cenário, tais como a pobreza, falta de financiamento, subsídios e conhecimento técnico, mas a falta de iniciativas políticas e investimento são os fatores preponderantes no contexto moçambicano (Hankins, 2009). O país é um dos muitos países africanos onde a geração de eletricidade tem como base as grandes centrais hidrelétricas e usinas térmicas alimentadas a carvão, sendo que apenas 23% da população tem acesso à energia elétrica (AIM, 2012).

Atualmente (2013) a principal fonte de energia elétrica é a usina hidrelétrica de Cahora Bassa (HCB), com capacidade para gerar 2.070 MW, construída no rio Zambeze com objetivo principal de fornecer energia à África do Sul e a indústria de Maputo. Desse total de 2.070 MW, 1.300 MW são vendidos à Eskom, produtora e distribuidora sul-africana; cerca de 400 MW são fornecidos à empresa pública, Eletricidade de Moçambique (EDM); 200 MW ao Zimbábue e cerca de 70 MW são fornecidos ao Botsuana. Além hidrelétrica de Cahora Bassa (HCB), possui ainda minicentrais hidrelétricas (MCH) localizadas em pequenas comunidades, cuja capacidade de geração vai até 15 MW. Estima-se que existam de 60 a 100 regiões com condições propícias para a produção de energia por meio de minicentrais hidrelétricas. Uma pequena parte da energia elétrica consumida em Moçambique é produzida por usinas térmicas a gás de forma não constante e estima-se que exista 1 MWp instalado de energia solar fotovoltaica, por meio de sistemas isolados, utilizados em escolas, hospitais e vilarejos remotos (Arthur *et al.*, 2011).

O Ministério da Energia de Moçambique concluiu a elaboração da política de desenvolvimento de energias renováveis para o país, instrumento que visa criar condições para o fornecimento de energia de qualidade e a preços acessíveis às populações de baixa renda. Essa política pretende promover o uso e aproveitamento das energias novas, renováveis e limpas para acelerar o acesso a formas modernas de energia e estimular o investimento no setor (Moçambique, 2012). No entanto, os responsáveis pela política energética e investidores ainda põem em dúvida os custos da energia solar e eólica, como se o custo fosse o único fator relevante na escolha de fontes de energia para o futuro. Se não houver investimentos e aquisição de experiência, no período atual, em fontes de energia solar, eólica ou biomassa, no futuro esse custo será ainda maior.

O Fundo Nacional de Energia (FUNAE), pertencente ao Ministério de Energia, desenvolve um projeto de eletrificação rural usando sistemas fotovoltaicos isolados, visando à eletrificação de escolas e unidades sanitárias e também é responsável por um projeto para construção de uma fábrica de módulos fotovoltaicos em parceria com a empresa indiana *Central Electronics Limited* (CEL). Essa unidade deverá ser erguida na província de Maputo e contará com o financiamento do Governo da Índia (Hankins, 2009).

Além desse aspecto tecnológico, Moçambique apresenta elevados níveis de irradiação solar, com média em torno de 5,8 kWh/m²/dia, constituindo um cenário bastante favorável para a geração de eletricidade com sistemas fotovoltaicos e, embora, a ênfase atual seja nos sistemas isolados, há a tendência mundial para geração distribuída utilizando sistemas fotovoltaicos conectados à rede. O emprego desse tipo de sistema também chegará a Moçambique e o conhecimento do potencial de recurso solar e das técnicas para a geração fotovoltaica será fundamental para o desenvolvimento da tecnologia no país.

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar o potencial solarimétrico e o potencial de geração estimado com sistemas fotovoltaicos conectados à rede, para todo o território moçambicano, de modo a possibilitar a identificação das regiões mais propícias ao aproveitamento da energia solar para geração direta de eletricidade.

2. METODOLOGIA

2.1 Obtenção de bancos de dados de irradiação

Os dados solarimétricos utilizados no presente trabalho são oriundos de duas fontes distintas: Instituto Nacional de Meteorologia de Moçambique (INAM) e *National Renewable Energy Laboratory* (NREL). Os dados do INAM são obtidos por medições em estações costeiras e do interior e são fornecidos a órgãos governamentais e de pesquisa. Os instrumentos de medição são calibrados periodicamente e os dados são considerados oficiais. A segunda fonte de dados solarimétricos, NREL, pertence ao Departamento de Energia (DOE) norte americano. O banco de dados do NREL fornece o valor da média diária, média mensal e do total anual de irradiação para áreas georreferenciadas na superfície terrestre (denominadas células), com aproximadamente 40 km por 40 km. Os dados para cada célula foram obtidos por meio do Modelo Climatológico de Radiação Solar, CSR (do inglês, *Climatological Solar Radiation Model*) desenvolvido pelo NREL. O valor do recurso solar de cada célula é apresentado em watt-hora por metro quadrado por dia (Wh/m²/dia) para cada mês.

O modelo CSR do NREL utiliza informações sobre a cobertura de nuvens, vapor de água, gases e teor de aerossóis da atmosfera, para calcular a média diária mensal de irradiação que incide sobre uma superfície horizontal. Os dados são validados por medições feitas por estações terrestres. Os valores de irradiação são modelados com uma precisão de cerca de 10% de um valor real medido no interior da célula, devido às incertezas associadas com os dados de entrada para o modelo meteorológico. A cobertura de nuvens locais pode variar bastante, mesmo dentro de uma única célula pelo efeito do terreno e outras influências microclimáticas.

O primeiro levantamento de dados de irradiação solar foi realizado a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia de Moçambique, que apresenta valores da média diária mensal e anual de irradiação, em kWh/m²/dia, para as capitais.

A Tabela 1 apresenta os valores de irradiação global horizontal, obtidos no referido banco de dados (INAM, 2012).

Tabela 1 - Valores da média diária mensal e anual de irradiação global horizontal, para as capitais de Moçambique, obtidos no banco de dados do INAM.

CAPITAL	COORD.		IRRADIAÇÃO GLOBAL (kWh/m ² /dia)												
	Lat.	Long.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Med. Ano
Maputo	25°58'	32°36'	7.7	7.3	6.4	5.3	4.4	3.9	4.1	4.9	5.8	6.7	7.1	7.7	5.9
Quilimane	24°44'	33°32'	7.6	7.3	6.5	5.5	4.6	4.0	4.3	5.1	6.0	6.7	7.2	7.6	6.0
Chokwe	24°33'	33°00'	7.5	7.1	6.4	5.5	4.6	4.2	4.3	5.1	5.9	6.6	7.1	7.6	5.9
Inhambane	23°52'	35°23'	6.6	6.6	5.7	4.8	4.0	3.6	3.8	4.4	5.2	6.0	6.4	6.7	5.3
Beira	19°48'	34°54'	6.5	6.2	5.7	5.1	4.4	3.9	4.1	4.7	5.5	6.1	6.4	5.5	5.4
Chimoio	19°07'	32°28'	5.9	5.9	5.4	5.2	4.7	4.2	4.0	4.9	5.4	5.8	5.8	5.3	5.2
Tete	16°11'	33°35'	7.0	7.1	6.8	6.2	5.5	5.0	5.2	6.0	6.7	7.3	7.7	7.2	6.4
Nampula	15°06'	39°17'	6.1	6.0	5.7	5.2	4.6	4.2	4.3	5.0	5.8	6.3	6.5	6.2	5.4
Pemba	12°59'	40°32'	6.1	5.9	5.8	5.4	5.0	4.6	5.3	5.3	5.9	6.5	6.7	6.4	5.7
Lichinga	13°18'	35°14'	4.1	4.6	4.2	4.5	5.8	4.6	5.4	5.4	6.2	6.2	6.0	4.7	5.1

O segundo levantamento de dados foi realizado no NREL, cujo banco de dados cobre todo o território africano, com resolução espacial de 40 km x 40 km, o que permite obter os valores de irradiação para todas as regiões de Moçambique e não apenas para as capitais. A entrada no banco é feita com as coordenadas do local desejado.

A Fig. 2, (a), (b) e (c), mostra o mapa de Moçambique dividido em três regiões, Norte, Centro, e Sul, evidenciando a localização das células.

Cada célula no mapa possui uma numero que a identifica, juntamente com as respectivas coordenadas. As células assinaladas em vermelho correspondem às capitais.

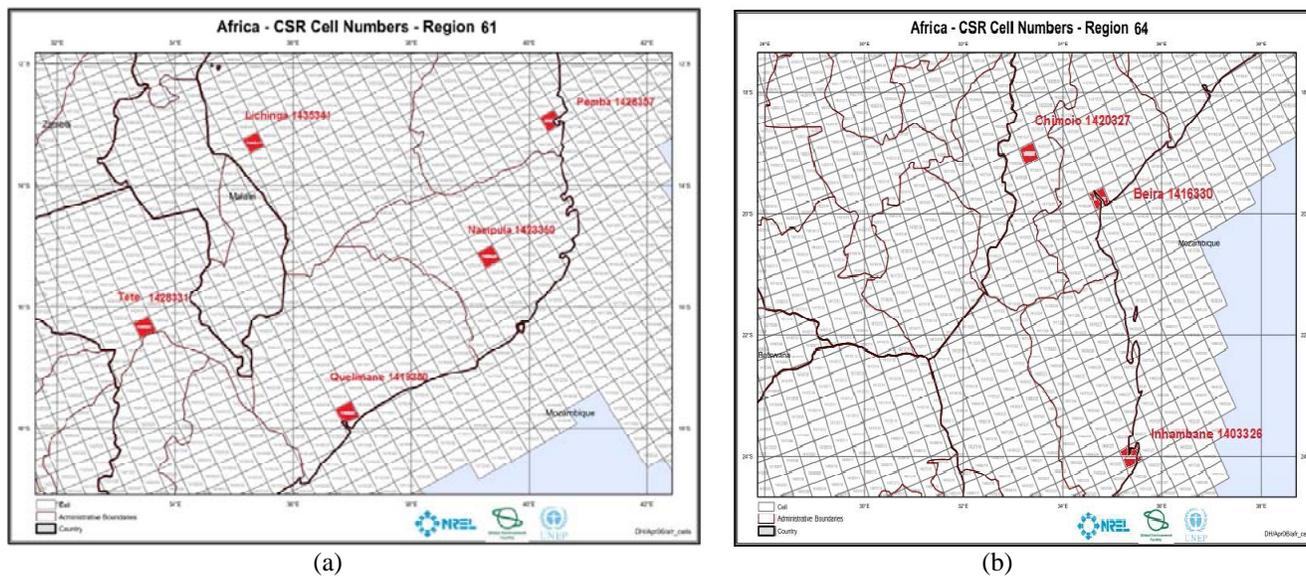
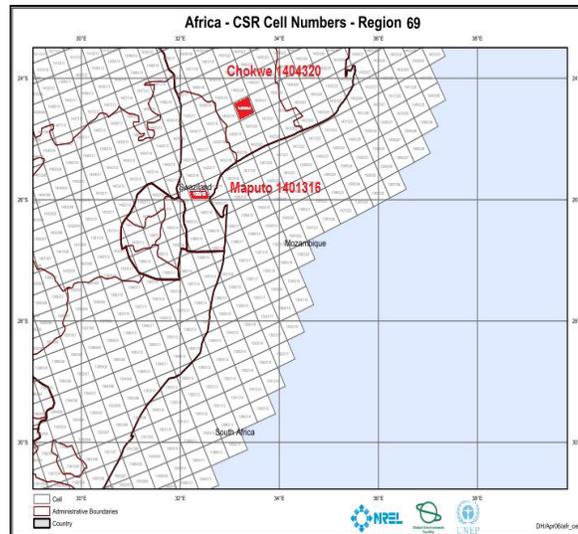


Figura 2 - Mapas das regiões Norte (a), e Central (b) de Moçambique, evidenciando a localização das células.



(c)

Figura 2 (cont.) - Mapa da região Sul de Moçambique (c), evidenciando a localização das células.

O banco de dados do NREL foi escolhido para este trabalho devido à disponibilidade de dados georreferenciados para toda África e, desse banco, foram extraídos os dados para o território moçambicano com os quais foram elaborados os mapas solarimétricos e de geração estimada com sistemas fotovoltaicos conectados à rede.

2.2 Geração de energia de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR)

Para estimar a energia gerada por sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR) foi empregada a Eq. (1) (Súri *et al.*, 2007), (Viana, 2012):

$$E_{EST} = \left[\frac{P_{FV} H_{TOT}}{G_{STC}} \right] TD \quad (1)$$

onde: E_{EST} - energia gerada estimada (Wh/ano)
 P_{FV} - potência fotovoltaica instalada (kWp)
 H_{TOT} - irradiação total inclinada, no plano dos módulos (Wh/m²/ano)
 G_{STC} - irradiância nas STC (1.000 W/m²)
 TD - taxa de desempenho

A taxa de desempenho (TD), constante da Eq. (1), é um valor que engloba os diversos fatores que afetam o desempenho de um sistema fotovoltaico conectado à rede, tais como (Viana, 2012):

- desvio de potência nominal dos módulos em relação ao valor nominal;
- efeitos da temperatura sobre os módulos e inversor;
- variações sazonais do espectro solar;
- perdas por descasamento entre módulos;
- eficiência do inversor menor que 100%;
- acúmulo de sujeira nos módulos e
- perdas ôhmicas em condutores e conexões.

O valor de TD igual a 1 indicaria que o SFVCR não apresenta perdas, isto é, que converteria a irradiação recebida integralmente em energia elétrica. A geração estimada seria calculada, então, apenas com os parâmetros de eficiência e rendimento dos seus componentes, o que não ocorre na realidade.

Verifica-se, experimentalmente, em vários SFVCR com bom desempenho, instalados em diferentes locais, que o valor da TD fica situado entre 0,75 e 0,85. Valores abaixo de 0,7 indicam sistemas com algum tipo de problema que compromete o desempenho (Súri *et al.*, 2007), (Viana, 2012).

A estimativa de geração fotovoltaica foi realizada de acordo com a Eq. (1) considerando a potência do SFVCR igual a 1 kWp e taxa de desempenho, TD , com valor conservador de 0,75. Os valores de geração estimada são fornecidos em kWh/kWp/mês ou ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Potencial solarimétrico em Moçambique

Inicialmente procurou-se verificar se as duas bases de dados a serem utilizadas seriam divergentes. A Tab. 2 apresenta os valores da média diária anual de irradiação total inclinada, em kWh/m²/dia, obtidas do NREL e do INAM, e as diferenças percentuais entre os valores referidos, tomando os valores do NREL como referência.

Tabela 2 - Comparação entre valores de irradiação média diária anual dos bancos de dados do NREL e do INAM.

CIDADES	NREL (Referência) (kWh/m ² /dia)	INAM (kWh/m ² /dia)	DIFERENÇA (%)
Lichinga	5,1	5,1	0,0
Beira	5,4	5,4	0,0
Pemba	5,4	5,7	+5,6
Chimoio	5,5	5,2	-5,5
Nampula	5,5	5,4	-1,8
Maputo	5,5	5,9	+7,3
Tete	5,7	5,4	-5,3
Quilimane	5,7	6,0	+5,3
Inhambane	5,8	5,3	-8,6
Chokwe	6,0	5,9	-1,7

Observa-se na Tab. 2 que as diferenças entre os valores do INAM oscilam na faixa de -8,6 a +7,3 % com relação aos valores do NREL. Apesar dos valores serem assemelhadas, optou-se em utilizar os dados NREL pelo fato de serem georreferenciados e cobrirem todo o território moçambicano.

Para avaliar o potencial de energia solar de Moçambique, inicialmente buscaram-se no banco de dados do NREL os valores da média diária mensal (em kWh/m²/dia) de irradiação solar direta normal, global horizontal, total inclinada e difusa, para todas as capitais. A partir dos valores foram elaborados gráficos que permitem visualizar e comparar os diferentes tipos de irradiação, embora o objetivo seja avaliar a irradiação total inclinada, obtida em uma superfície coletora plana, com inclinação igual ao valor da latitude do local. Os valores de irradiação total inclinada são particularmente adequados para os sistemas fotovoltaicos conectados à rede, uma vez que a inclinação dos módulos igual à latitude proporciona o melhor aproveitamento energético ao longo do ano.

As Fig. 3, 4 e 5 mostram gráficos resultantes do levantamento dos valores da média diária mensal (em kWh/m²/dia) de irradiação solar direta normal, global horizontal, total inclinada e difusa, para três capitais moçambicanas: Chokwe, Inhambane e Tete. Ao lado das legendas são apresentados os valores da média diária anual (em kWh/m²/dia).

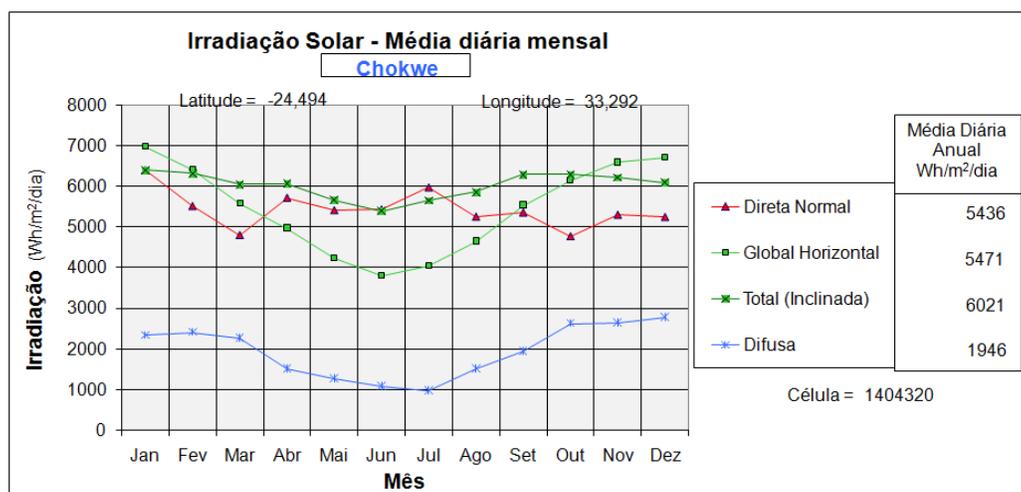


Figura 3 - Valores da média diária mensal e média diária anual de irradiação para a cidade de Chokwe.

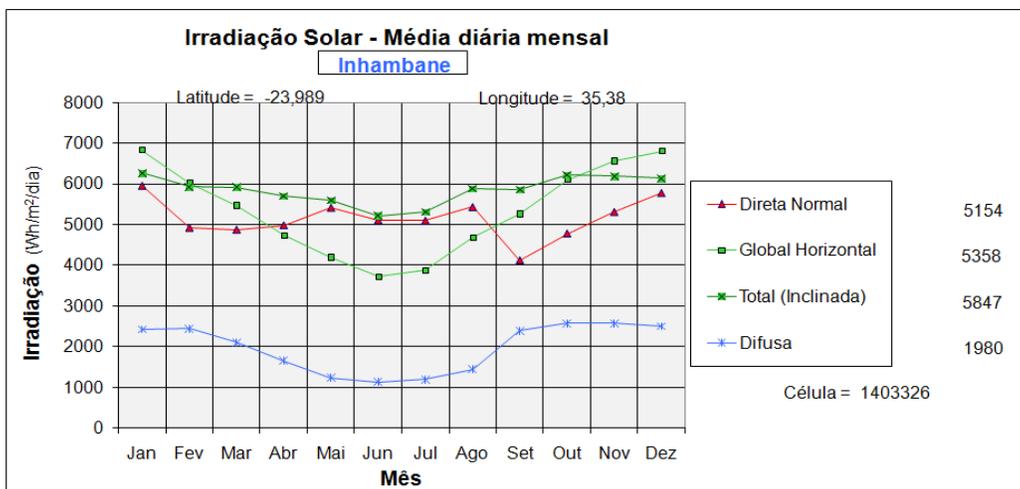


Figura 4 - Valores da média diária mensal e média diária anual de irradiação para a cidade de Inhambane.

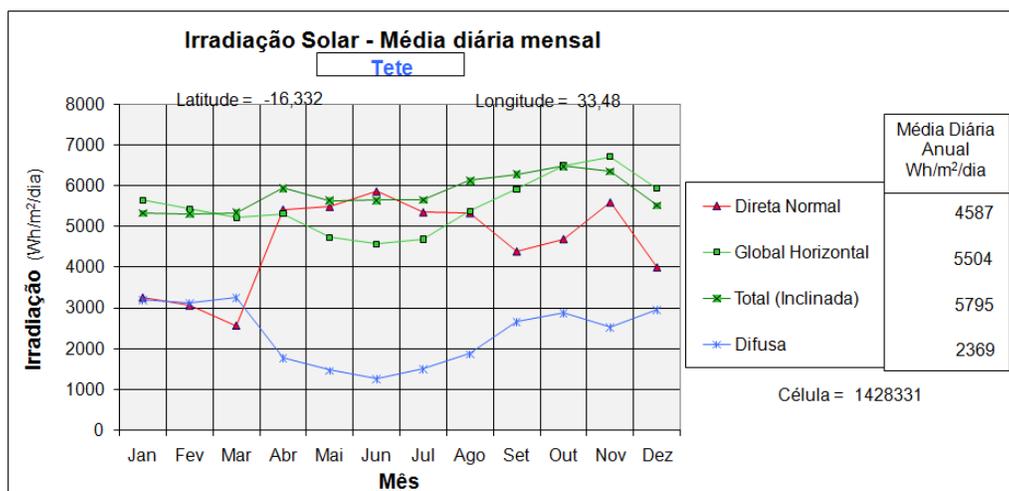


Figura 5 - Valores da média diária mensal e média diária anual de irradiação para a cidade de Tete.

Observa-se nas Fig. 3, 4 e 5, nas linhas verdes com marcadores “x”, correspondentes aos valores de irradiação total inclinada, que a variabilidade anual não é acentuada, o que poderia proporcionar geração fotovoltaica relativamente constante ao longo do ano.

Levantamento semelhante ao mostrado nas Fig. 3, 4 e 5 foi realizado para todas as capitais moçambicanas e a partir desses gráficos pode-se observar que: A cidade de Chokwe é a que apresenta maior média diária anual de irradiação total inclinada, 6.021 Wh/m²/dia, seguida pela cidade de Inhambane com 5.847 Wh/m²/dia. Em terceiro lugar tem-se a cidade de Tete, com 5.795 Wh/m²/dia; seguem-se Quilimane, com 5.748 Wh/m²/dia; Nampula, com 5.538 Wh/m²/dia; Chimoio, com 5.526 Wh/m²/dia; Beira, com 5.478 Wh/m²/dia; Pemba, com 5.449 Wh/m²/dia, Maputo, com 5.431 Wh/m²/dia e, por último, Lichinga, a menor irradiação, com 5.133 Wh/m²/dia. Os valores apontados são elevados, proporcionando totais anuais na faixa de 1.850 a 2.200 kWh/m²/ano.

3.1 Estimativas de geração fotovoltaica em Moçambique

As estimativas de geração também foram realizadas para todas as capitais moçambicanas. Nas Tab. 3, 4 e 5 é apresentado um resumo dos resultados de geração fotovoltaica estimada, para as cidades de Chokwe, Inhambane e Tete. A geração estimada é apresentada em kWh/kWp/mês, ou kWh/kWp/ano, tendo sido calculada para um SFVCR de 1 kWp com taxa de desempenho, TD, igual a 0,75.

Tabela 3 – Irradiação e geração estimada para a cidade de Chokwe.

GERAÇÃO FOTOVOLTAICA MENSAL ESTIMADA (kWh/kWp/mês)												ANUAL
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	(kWh/kWp/ano)
148,6	132,6	140,5	136,4	131,5	121,3	131,6	136,2	141,4	145,9	139,8	141,5	1.647

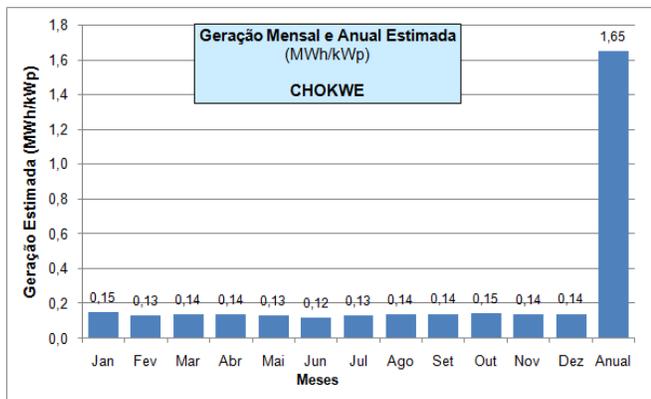
Tabela 4 – Irradiação e geração estimada para a cidade de Inhambane.

GERAÇÃO FOTOVOLTAICA MENSAL ESTIMADA (kWh/kWp/mês)												Total Anual
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	(kWh/kWp/ano)
145,6	124,4	137,4	128,2	130,0	117,1	123,3	136,7	131,7	144,5	138,9	142,6	1.600

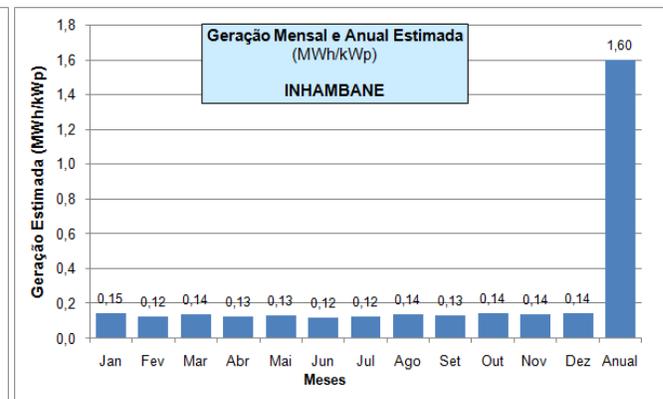
Tabela 5 – Irradiação e geração estimada para a cidade de Tete.

GERAÇÃO FOTOVOLTAICA MENSAL ESTIMADA (kWh/kWp/mês)												Total Anual
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	(kWh/kWp/ano)
123,5	111,3	124,0	133,5	130,9	126,8	131,2	142,3	141,2	150,6	142,8	128,1	1.586

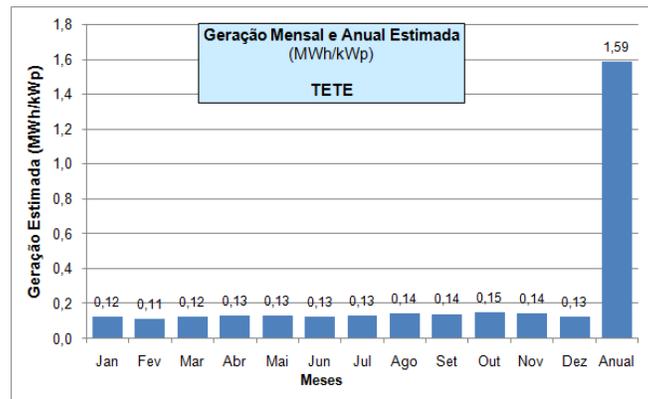
Na Fig. 6 (a), (b) e (c) são apresentados gráficos de colunas com os valores mensais e o total anual de geração fotovoltaica estimada, em MWh/kWp/ano, para as cidades de Chokwe, Inhambane e Tete.



(a)



(b)



(c)

Figura 6 - Valores mensais e do total anual de geração fotovoltaica estimada, em MWh/kWp/ano, para as cidades de Chokwe, Inhambane e Tete.

3.2 Mapa de irradiação total inclinada para Moçambique

Com os valores do banco de dados NREL foram elaborados os mapas mensais e de total anual de irradiação total inclinada para Moçambique. Os mapas possibilitam uma rápida visualização e comparação dos valores de irradiação para todo o território moçambicano que, como pode ser observado na Fig. 7, variam de 1.800 a 2.200 kWh/m²/ano.

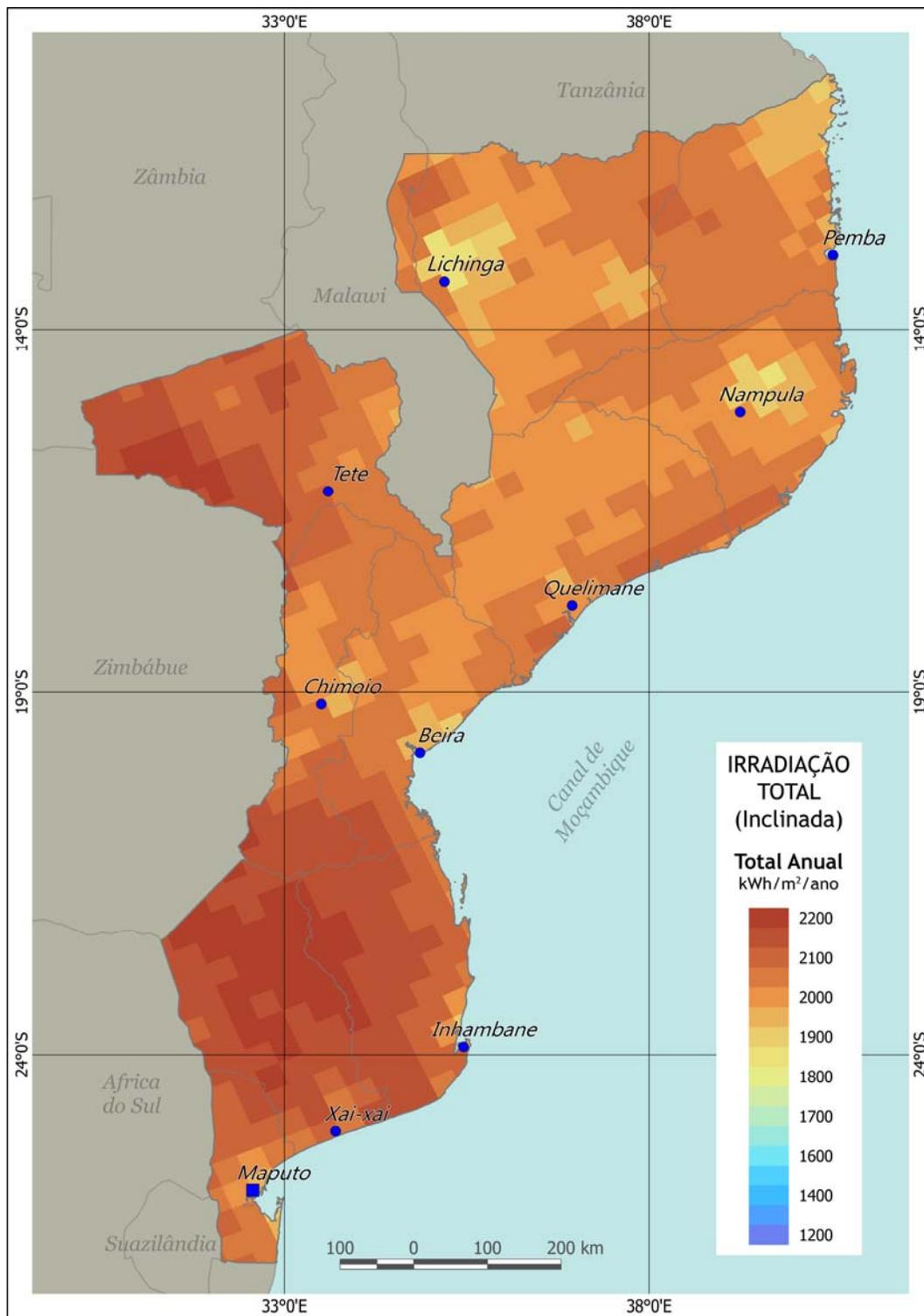


Figura 7 - Mapa do total anual, em kWh/m²/ano, de irradiação total inclinada para Moçambique.

3.3 Mapa do potencial de geração fotovoltaica para Moçambique

Os valores de irradiação do banco de dados NREL foram utilizados para estimar a geração fotovoltaica com um SFVCR de 1 kWp e taxa de desempenho de 0,75. Com os resultados dessa estimativa foi elaborado o mapa do total anual de geração fotovoltaica, mostrado na Fig. 8, o qual possibilita rápida visualização e comparação dos valores de geração estimada para todo o território moçambicano, que varia na faixa de 1.400 a 1.700 kWh/kWp/ano.

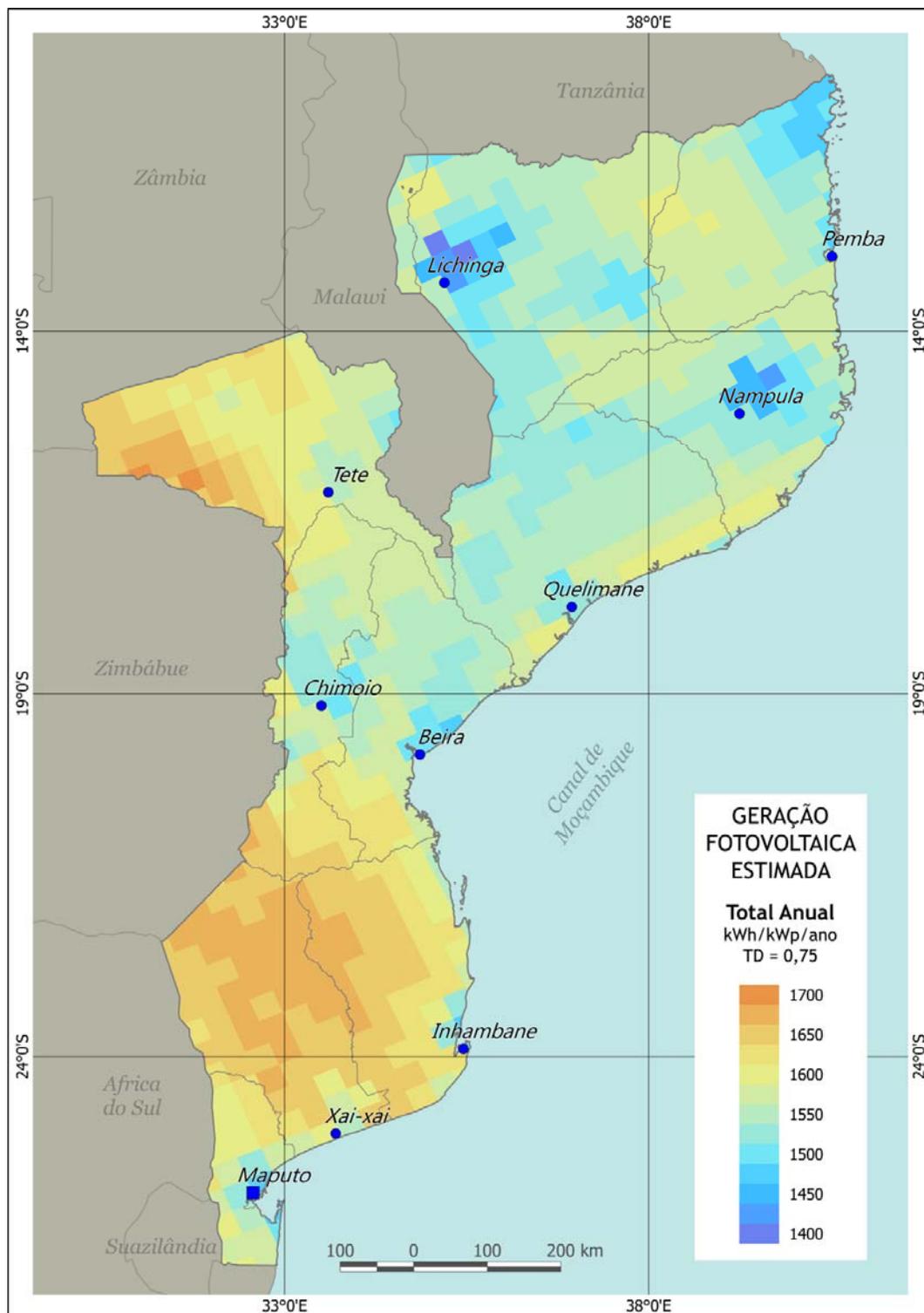


Figura 8 - Mapa de Moçambique mostrando o total anual de geração fotovoltaica estimada, em kWh/kWp.

4. CONCLUSÃO

O banco de dados solarimétrico do NREL se mostrou confiável e mais completo quando comparado ao banco de dados do INAM, uma vez que fornece valores de irradiação, com resolução espacial de 40 km x 40 km, para todo o território de Moçambique.

Todo o território de Moçambique apresenta média diária anual de irradiação total inclinada, particularmente adequada para SFVCR, na faixa de 5 a 6 kWh/m²/dia que corresponde ao total anual na faixa de 1.800 a 2.200 kWh/m²/ano, valores bastante bons para a geração fotovoltaica.

Esses valores de irradiação podem levar a geração estimada na faixa de 1.350 a 1.650 kWh/kWp, considerando taxa de desempenho igual a 0,75.

Os mapas de irradiação e de geração estimada apresentados permitem rápida visualização e comparação entre valores e regiões, proporcionando ao interessado uma informação preliminar sobre a utilização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em Moçambique.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Silvia Pereira, do Instituto Nacional de Pesquisas espaciais (INPE) a ajuda na elaboração dos mapas apresentados.

REFERÊNCIAS

- AIM, 2012. Relatório Energético da África Austral. Africa Inland Mission Internacional. Disponível em: www.aimint.org
- Arthur, F., Soliano, O., Mariezcorrena, V., 2011. Estudo de Energias Renováveis em Moçambique. Relatório de Consultoria. Organização Holandesa de Cooperação (SNV). Maputo, Moçambique.
- EDM, 2012. Overview of Mozambique Electricity Sector. Relatório da Companhia de Eletricidade de Moçambique (EDM). Moçambique.
- EPIA, 2013. Global Market Outlook for Photovoltaic. EPIA, European Photovoltaic Industry Association. Disponível em: www.epia.org/news/publications/.
- Hankins, M., 2009. Plano de Energias Renováveis para Moçambique. Publicação: Justiça Ambiental. Maputo, Moçambique.
- INAM, 2012. Dados solarimétricos. Instituto Nacional de Meteorologia de Moçambique.
- Moçambique, 2011. Estratégia de Desenvolvimento de Energias Novas e Renováveis (EDENIR) para 2011-2025. República de Moçambique. Ministério da Energia.
- NREL, 2013. Solar: monthly and annual average and GIS data at 40km resolution for Africa. NREL, National Renewable Energy Laboratory. DOE, Departamento de Energia dos EUA. Disponível em: <http://en.openei.org/datasets/node/494>
- Súri, M., Huld, T.A., Dunlop, E.D. e Ossenbrik, H.A., 2007. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. Solar Energy, vol. 81, PP. 1295–1305.
- Viana, T. S., 2012. Notas de Aula. Disciplina: Energias Renováveis. CEFET/RJ, Departamento de Engenharia Elétrica.

POTENTIAL OF SOLAR ENERGY AND GENERATION WITH GRID CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN MOZAMBIQUE

Abstract. Photovoltaic solar energy is a clean source and figure as an important option for electricity generation. Mozambique, located on the southeastern coast of Africa, with a population of 22 million inhabitants, is endowed with considerable hydraulic potential and a rich potential in other renewable energy sources, suitable for electricity generation, such as solar, wind, geothermal, waves and biomass. However, the country lies underdeveloped in using these resources for electricity production. This paper presents the potential of solar energy and photovoltaic generation in Mozambique in the form of maps produced from data obtained from NREL, the American National Renewable Energy Laboratory. NREL's database provides monthly daily average irradiation on areas of Earth's surface, called cells, with approximately 40 km by 40 km, obtained from the Climatological Solar Radiation Model. Monthly and annual tilted irradiation maps were prepared considering the slope equal to the latitude, which are suitable for applications with grid connected photovoltaic systems. The map of potential photovoltaic generation was developed considering a 1 kWp system with performance ratio equal to 0.75. Results show that Mozambique has high levels of tilted annual irradiation, in the range of 5 to 6 kWh/day, and can provide photovoltaic generation estimated in the range of 1450 to 1750 kWh/kWp/year.

Keywords: Solar Energy, Photovoltaic Grid Connected Systems, Mozambique, Africa.