

## LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DA ILHA DO MARAJÓ

**Mailson Borges Teles** – mailsonteles@yahoo.com.br

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Abaetetuba-PA.

**Heitor Alves Barata** – heitor117@hotmail.com

Universidade Federal do Pará, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Amazônia – INCT-EREEA, Belém-PA

**Hallan Max Silva Souaa** – hallanmx@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Abaetetuba-PA.

**João Tavares Pinho** – jtpinho@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Amazônia – INCT-EREEA, Belém-PA

**Resumo.** Este trabalho apresenta um estudo que está sendo realizado na Ilha do Marajó, localizada no estado do Pará, que tem como principal objetivo a elaboração de mapas temáticos que apresentem o potencial de geração de energia elétrica das localidades da ilha, através das fontes renováveis como solar, eólica, hídrica e biomassa. Para tanto, são abordados conceitos sobre Sistemas de Informações Geográficas (SIG), bem como estudo de banco de dados geográficos e também sobre o software necessário para a integração de tais bancos de dados. Em seguida são apresentados os resultados preliminares dos mapas temáticos sobre energia solar e eólica. Vale ressaltar que o projeto que deu origem a este trabalho apresenta-se em execução, com várias etapas ainda a serem realizadas, tais como as visitas às prefeituras dos Municípios para levantamento da demanda energética e a instalação de estações meteorológicas com o objetivo de obter dados mais precisos da região.

**Palavras-chave:** Ilha do Marajó, Sistemas de Informações Geográficas, Energias Renováveis.

### 1. INTRODUÇÃO

Por ser o Brasil um país de grande extensão territorial, ainda não consegue atender toda a sua demanda energética, principalmente aquelas que se encontram em áreas isoladas e de difícil acesso. Para sanar essa dificuldade e garantir o desenvolvimento do País, o Governo Federal implantou em novembro de 2003 o Programa Luz para Todos, que tinha como meta inicial levar energia elétrica para mais de 10 milhões de pessoas no meio rural até o ano de 2008. Contudo, devido à grande demanda, o programa foi prorrogado para finalizar no ano de 2011 (Ministério de Minas e Energia).

Com esse programa, várias localidades da Região Amazônica puderam contar com o serviço de eletricidade através da extensão da rede convencional (Barbosa e Pinho, 2007). Entretanto, mesmo com a implantação de tal programa pelo governo, ainda existem várias áreas da Região Amazônica onde a população ainda não conta com os serviços de eletricidade de forma plena, sendo a Ilha do Marajó uma dessas áreas.

Por essa razão, este trabalho visa caracterizar as demandas e potencialidades energéticas da Ilha do Marajó, situada no estado do Pará, em particular aquelas provenientes das fontes solar, eólica, hídrica e biomassa. De posse dessas informações, pretende-se viabilizar informações para futuros estudos que venham reduzir o problema da falta de energia em diversas localidades isoladas, utilizando-se para isso um ou vários tipos de fonte de geração de energia.

O projeto divide-se em outros quatro subprojetos (Fontes Renováveis Intermitentes e Interligação à Rede, Biomassa, Recursos Hídricos e Demanda Energética), que estão sendo trabalhados em articulação mútua, para criar bancos de dados a serem utilizados em um Sistema de Informações Geográficas - SIG (inglês GIS - *Geographic Information System*). Os resultados parciais do trabalho desenvolvido até o momento fornecem informações que contribuem para a construção dos mapas temáticos, os quais ainda precisam ser aprimorados. Para a obtenção de dados mais precisos, serão instaladas estações meteorológicas em locais estratégicos da ilha, assim como será feito um levantamento da demanda energética junto aos órgãos municipais.

#### 1.1 Sistema de Informações Geográficas (SIG)

A coleta de dados a respeito de recursos energéticos, minerais, plantas, animais, etc. sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Contudo, até recentemente esse levantamento de dados era feito apenas em documentos e mapas em papel, o que dificultava, ou até mesmo impedia, uma combinação de vários mapas e dados para uma análise mais apurada do que se queria estudar. Na segunda metade do século passado, com o

desenvolvimento da tecnologia de informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento de Sistemas de Informações Geográficas (Câmara *et al.* 2001).

Os SIGs são uma tecnologia que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para integrar e transformar dados espaciais. Portanto, oferecem suporte para o estudo e entendimento do espaço geográfico, e trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo, etc. (Fitz, 2008). Em particular para este projeto, um SIG está sendo utilizado para realizar o mapeamento energético da Ilha do Marajó.

Em um país de dimensões continentais como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente (Câmara *et al.* 2011).

## 1.2 Banco de Dados Georreferenciados

Segundo Fitz (2008), para que se possam utilizar técnicas de geoprocessamento, faz-se necessária a existência de um banco de dados georreferenciado, ou seja, de informações que possam ser referenciadas a um sistema de coordenadas conhecido. Esses dados são divididos em duas classes: espacial e alfanumérica.

Os dados espaciais são considerados aqueles que podem ser representados espacialmente, ou seja, de forma gráfica. Eles se constituem em mapas temáticos, imagens de satélites, ou planos de informação, e tais dados estruturam-se de forma vetorial ou matricial. Para a representação vetorial, a unidade fundamental é um par de coordenadas  $x$  e  $y$ ; já para a representação matricial ou *raster*, a unidade fundamental é um polígono regular, geralmente um quadrado regular, denominado de pixel. Os vetores são formas de descrever um local usando um conjunto de coordenadas, cada coordenada referindo-se a uma localização geográfica utilizando um sistema de valores  $X$  (longitude) e  $Y$  (latitude); já os matriciais são imagens digitais de satélites, fotografias aéreas, ou algum tipo de imagem suportada pelo programa.

Os dados alfanuméricos são constituídos por caracteres (letras, números ou sinais gráficos), que podem ser armazenados em tabelas, que, por sua vez, formam um banco de dados. Esses dados dispostos em uma tabela devem conter atributos que posam vinculá-los à estrutura dos dados vetoriais, e essa ligação é feita através de suas coordenadas. Tais tipos de dados podem estar vinculados a ambas as estruturas espaciais. Contudo, é preferível o uso da estrutura vetorial para a conexão desses dados. Para que um banco de dados possa ser manipulado pelo usuário, faz-se necessário o uso de programas específicos. Neste caso foi utilizado o Quantum GIS, ou simplesmente QGIS.

## 1.3 Quantum GIS

O Quantum GIS (QGIS) é um programa livre, licenciado sob a “GNU - General Public License”. O QGIS é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Ele roda em Linux, Unix, Mac OSX e Windows, e suporta vários formatos vetoriais, *raster*, de banco de dados, e outras funcionalidades. O Quantum GIS fornece um número crescente de capacidades através de suas principais funções e complementos.

O QGIS oferece muitas funcionalidades SIG comuns fornecidas por feições nativas e complementos, como por exemplo, sobrepor dados vetoriais e *raster* em diferentes formatos e projeções sem conversão para um formato interno comum, compor mapas e explorar interativamente dados espaciais com uma interface gráfica amigável, criar, editar gerenciar e exportar mapas vetoriais em diversos formatos. O QGIS pode ser adaptado para suas necessidades com uma arquitetura expansível através de complementos.

## 2. METODOLOGIA

Os dados para o projeto “Levantamento e Caracterização das Necessidades e Potencialidades Energéticas da Ilha do Marajó, Estado do Pará” foram obtidos através do Grupo de Energia, Biomassa e Meio Ambiente (EBMA), por meio de uma pesquisa de campo realizada com os moradores da ilha, da qual resultaram 1.411 formulários socioeconômicos, que além das informações acerca de cada morador (responsável familiar) e as atividades econômicas realizadas pela família, fornecem a demanda energética da região. Outras fontes de dados foram do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o qual forneceu mapas da região do Marajó, como o contorno da ilha, municípios, cidades, etc. A dissertação de mestrado “Estudo de Energia Eólica para a Ilha de Marajó” do aluno Eliude Introvini da Cruz Segundo do curso de pós-graduação em Meteorologia e do Atlas Solarimétrico da Ilha do Marajó elaborado pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Amazônia (INCT EREEA) em parceria com o INPE e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (Viana, 2010). Vale destacar a importância das informações obtidas através do INPE, INCT EREEA e da dissertação de mestrado do aluno Eliude Introvini da Cruz Segundo. O primeiro e o segundo foram fundamentais na coleção e elaboração tanto dos dados estruturais (arquivos shp. utilizados no SIG), quanto dos dados referentes à estimativa energética solar, extraídas do Atlas Solarimétrico da Ilha do Marajó. Já a dissertação serviu de base para uma estimativa do potencial de geração de energia eólica da ilha.

Com o intuito de criar um banco de dados com acesso rápido e fácil, os formulários foram digitalizados e trabalhados no *software Access 2010* da Microsoft. As informações foram padronizadas, com destaque para as coordenadas geográficas das residências dos moradores da ilha, que foram organizadas no sistema grau, minutos e segundos.

O banco de dados (formulários digitalizados) não pôde ser exportado diretamente do programa *Access* para o QGIS, uma vez que o arquivo não está em um formato adequado e há um conflito no tipo de sistema de coordenadas geográficas. O Quantum GIS trabalha no sistema de referência de coordenadas WGS 84 (padrão) e o sistema de coordenadas geográficas é o grau decimal, enquanto que as coordenadas dos formulários estão no formato grau, minuto e segundo. Portanto, foi necessário fazer uma conversão de sistemas de coordenadas geográficas utilizando o programa *Excel*. Primeiramente, foi preciso exportar o banco de dados do *Access* para o *Excel*, através da ferramenta “exportar para planilha do Excel” então separar grau, minuto, segundo em colunas diferentes, com a ferramenta “colunas para texto” do *Excel*, e apagar as orientações (S=Sul; W=Oeste), esse processo foi feito separadamente para a longitude e latitude. Em uma coluna seguinte foi inserida a Eq.1 na primeira célula.

$$\text{Graus Decimais} = - \left( \text{Graus} + \frac{\text{Minutos}}{60} + \frac{\text{Segundos}}{3600} \right) \quad (1)$$

O sistema de coordenadas grau decimal utiliza o sinal negativo para representar localizações que estão ao sul da linha do equador e a oeste do meridiano de Greenwich, sendo este o motivo do sinal negativo na Eq.1. Depois de inserida a equação, fez-se necessário dar um duplo *click* no canto inferior direito da célula para executar a fórmula para toda a coluna.

Já com as coordenadas convertidas, utilizou-se a opção “copie e cole especial (somente valores)” e os valores foram inseridos no lugar das coordenadas geográficas (no sistema grau, minuto e segundo). O próximo passo foi salvar o arquivo em formato .CSV (separado por vírgulas). Esse formato de arquivo é apropriado para importação do banco de dados pelo QGIS. No Quantum GIS o banco de dados foi importado através do *plug-in* “Adicionar uma camada a partir de um texto delimitado”, e a apresentação é feita como uma camada de pontos. A camada de pontos (formulários) é inserida no mapa do contorno da Ilha do Marajó por superposição, como mostra a Fig. 1.

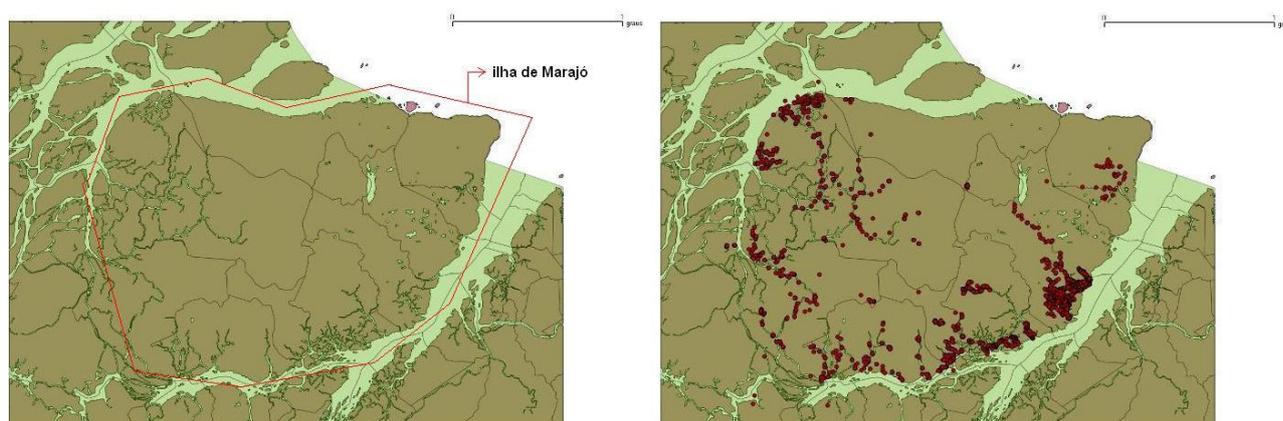


Figura 1- Inserção da camada de pontos por superposição.

As imagens extraídas de Segundo (2009) (informações sobre o potencial eólico) e do Atlas Solarimétrico (Viana, 2010) foram adicionados ao QGIS no formato *raster*, precisando, entretanto, serem georeferenciadas sobre o contorno da ilha através do *plug-in* “georreferenciador”. Os mapas retirados do Atlas Solarimétrico dizem respeito a dois tipos de irradiação solar: a irradiação global horizontal e a irradiação no plano inclinado. As medições foram realizadas no intervalo de um ano e para cada tipo de irradiação há a incidência solar para cada mês, a média anual e o total anual, todas em kWh/m<sup>2</sup>/dia. Já os mapas eólicos são trimestrais e informam as médias sazonais da velocidade do vento, em m/s, a 50 m de altura.

### 3. RESULTADOS

O projeto ainda está em execução, mas já se consegue apresentar resultados parciais em relação às estimativas de energia solar e eólica. Como já citado, o estudo da irradiação solar se divide em dois tipos: a irradiação global horizontal e irradiação no plano inclinado, além de futuramente vir a ser inserida a irradiação direta normal. As medições foram realizadas no intervalo de um ano e a Fig. 2 e Fig. 3 a seguir mostram as variações de irradiação global horizontal, bem como as variações de irradiação no plano inclinado.

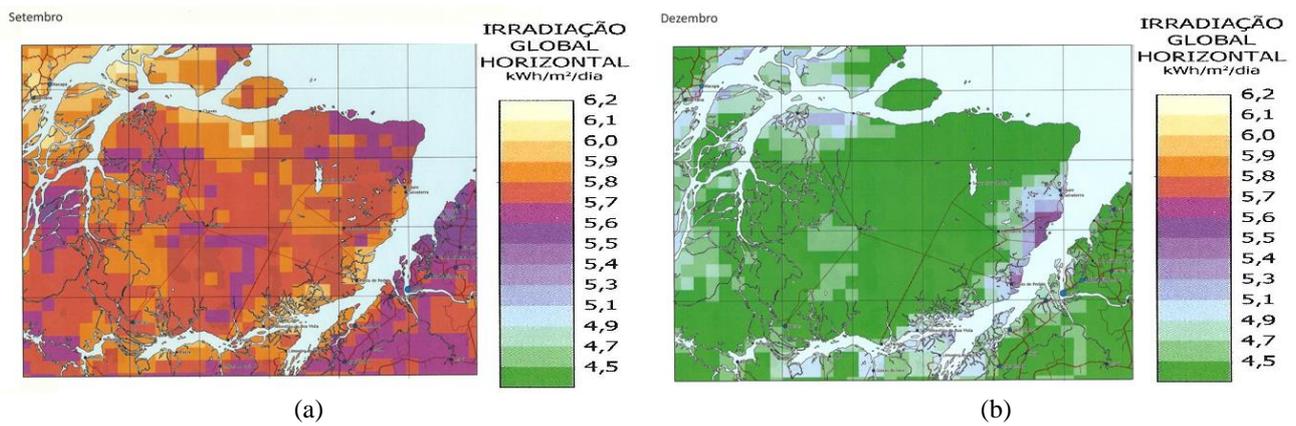


Figura 2 – (a) Mês com maior incidência solar global horizontal na ilha do Marajó. (b) Mês com pior incidência solar global horizontal na ilha de Marajó.

Analisando os mapas para o melhor e o pior mês da irradiação global horizontal, nota-se a variação da incidência solar sobre a ilha durante o ano. No mês de setembro a média de irradiação solar em toda a ilha supera 5,8 kWh/m<sup>2</sup>/dia, com destaque para a porção norte da ilha com média de 6 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Já no mês de dezembro as médias não superam 4,7 kWh/m<sup>2</sup>/dia.

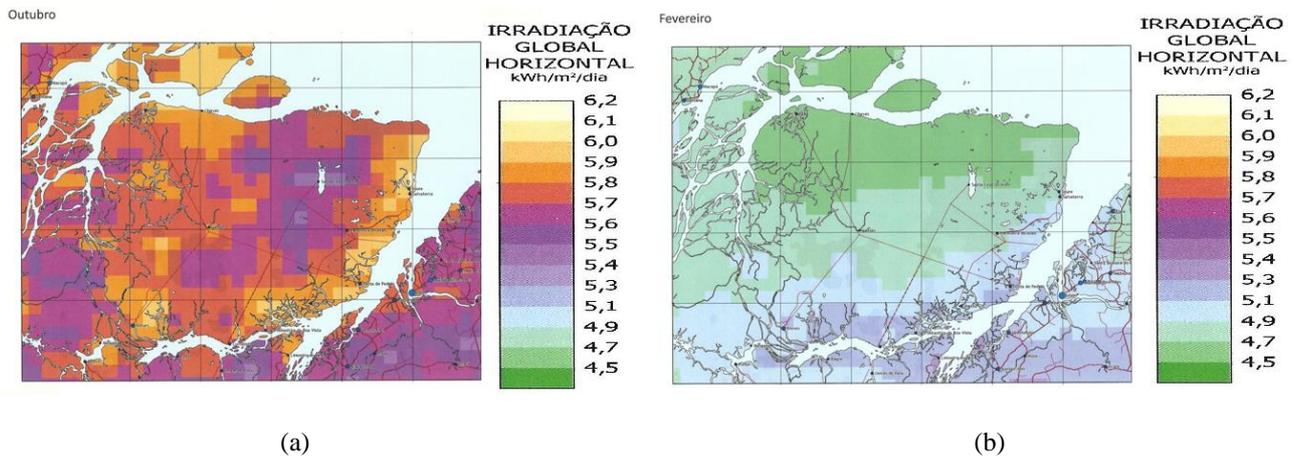


Figura 3 – (a) Mês com maior incidência solar plano inclinado na ilha de Marajó. (b) Mês com pior incidência solar plano inclinado na ilha de Marajó.

A partir da análise dos mapas para o melhor e o pior mês da irradiação no plano inclinado, observa-se que no mês de outubro a média de irradiação solar em toda a ilha supera 5,7 kWh/m<sup>2</sup>/dia, apesar de uma porção no interior da ilha ter média inferior quando comparada com o restante da ilha. Já no mês de fevereiro, pior mês da irradiação no plano inclinado, as médias não superam 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/dia.

A Fig. 4 apresenta os resultados parciais para o potencial de energia eólica na ilha. Os mapas são baseados em dados trimestrais, onde a Fig. 4 (a) apresenta o maior e a Fig. 4 (b) apresenta o menor potencial eólico para uma altura de 50 m do solo.

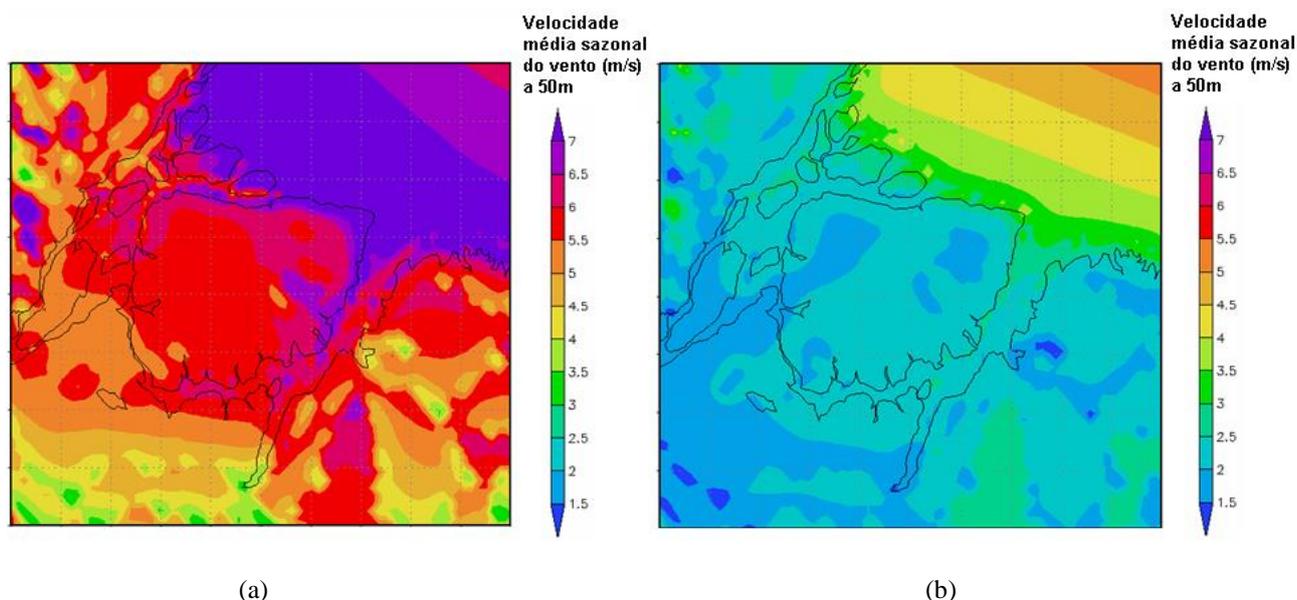


Figura 4 – (a) Meses de setembro, outubro e novembro apresentam o maior potencial eólico da Ilha do Marajó. (b) Meses de março, abril e maio apresentam o menor potencial eólico da Ilha de Marajó.

Fica evidente que a região costeira apresenta maior potencial eólico em todas as épocas do ano, o que condiz com o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro para a região Norte (AMARANTE et al., 2001). No período de setembro a novembro os ventos se intensificam tanto no interior quanto no litoral, as médias de velocidade do vento superam 5,5 m/s em toda a região, com destaque para médias superiores a 7 m/s na costa. Já no trimestre de março a maio, há uma predominância de ventos fracos tanto no interior da ilha quanto no litoral, quando a média não passa de 3 m/s.

#### 4. CONCLUSÕES

Através da pesquisa bibliográfica junto à teoria pertinente a aplicação de técnicas de geoprocessamento constatou-se que a mesma é uma importante ferramenta a ser utilizada para tomada de decisão, pois através de mapas temáticos e banco de dados verificou-se que a Ilha do Marajó apresenta fontes de geração de energia elétrica favoráveis para uma futura implantação de sistemas de geração de energia elétrica, sejam eles com apenas um tipo de fonte geradora de energia ou utilizando de forma conjunta dois ou mais tipos de fontes renováveis existentes na Ilha.

As condições de isolamento e o precário abastecimento de energia elétrica para a maioria das comunidades da região Marajoara tornam atrativo o estudo para a utilização de fontes energéticas renováveis para atender a demanda dessas comunidades. Neste trabalho, utilizaram-se dados obtidos através dos outros subprojetos citados anteriormente, para estimar o potencial solar e eólico da Ilha do Marajó. Para gerenciar as informações inseridas em um banco de dados, foi usado um programa SIG, em particular o Quantum GIS, de modo a facilitar a manipulação e gerenciamento dos dados. Os resultados apresentados correspondem as áreas e períodos do ano de melhor e pior incidência de sol e vento para a estimativa de possíveis locais para a implantação de centrais de geração de energia elétrica.

#### Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq pelo apoio financeiro através de bolsas de iniciação científica, ao INCT-EREEA pela infraestrutura disponibilizada através do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas - GEDAE e aos parceiros do projeto pelo empenho e disponibilização das informações.

#### REFERÊNCIAS

- Amarante, O. A. C., Brower, M., Zack, J., de Sá, A. L. 2001. Atlas do potencial eólico brasileiro. Brasília: Ministério de Minas e Energia / Eletrobrás / CEPEL / CRESESB.
- Barbosa, C. F. O., Pinho, J. T., 2007. Experiências com a geração de energia elétrica utilizando sistemas híbridos em vilas isoladas da Amazônia. SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Rio de Janeiro.

- Câmara, G. et al. 2001. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE, (on-line, 2a. edição, revista e ampliada).
- Equipe de desenvolvimento do Quantum GIS. Guia do usuário: Quantum GIS versão 1.6.0 ‘Copiaó’. Traduzido por Arthur Nanni, Paulo Henrique Machado, Yuri Calazans, Grasiela Willrich e Rodrigo Sperb.
- Fitz, P. R., 2008. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo, Oficina de textos, pp. 11-70.
- Ministério de Minas e Energia. Seção Programas; programa luz para todos. Disponível em <<http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/asp/>> acessado em 10 de Abril de 2012.
- Segundo, E. I. C., 2009. Estudo de energia eólica para a ilha de Marajó. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)– Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Viana, T. S., 2010. Potencial de Geração de Energia Elétrica com Sistemas Fotovoltaicos com Concentrador no Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## **SURVEY AND DESCRIPTION OF POTENTIAL ENERGY ISLAND MARAJÓ**

**Abstract.** This work presents a study being conducted in the Marajó Island, located in the State of Pará, with the main objective of elaborating thematic maps showing the potential for generating electric power of the localities of the island, through the use of renewable sources such as: hydro, solar, wind and biomass. For this purpose, concepts of Geographic Information Systems (GIS) are presented, as well as a study about geographic database, and also on the software required for the integration of such databases. Afterwards, maps of solar and wind energy, obtained as partial results are shown. It's worth noting that the project that gave rise to this paper is in execution, with several steps still to being performed, such as visits to the administration of local government of municipal district for the survey of energy demand and the installation of weather stations with the objective of obtaining more precise data of the region.

**Key words:** Marajó Island, Geographic Information Systems, Renewable Energy.