
Ensaio

A relevância dos sistemas de informação geográfica no desenvolvimento das energias renováveis

The relevance of the geographical information systems in the development of the renewable energy

Sandro César Silveira Jucá^a, Paulo Cesar Marques de Carvalho^b e José Sérgio de Aguiar Júnior^b

^aCentro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE), Fortaleza, Ceará, Brasil;

^bUniversidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará, Brasil

Resumo

O uso de energias renováveis em comunidades isoladas, em detrimento da expansão da rede convencional de energia, é considerado viável, por critérios econômicos, somente em alguns casos. Nestes casos, diversas variáveis são analisadas como, por exemplo, potencial de expansão da demanda, distância da rede e tecnologia de geração elétrica apropriada. Para cada tecnologia são feitas análises específicas que necessitam da manipulação de bancos de dados e projeções. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas com as quais se podem agrupar dados sobre demandas e recursos energéticos dos locais a serem estudados aliados a uma plataforma de conhecimento geográfico, permitindo a visualização dos resultados em forma de imagens e possibilitando maior segurança e agilidade nas tomadas de decisão. Dessa forma, podem contribuir com os programas de universalização do uso da energia elétrica no Brasil. © Ciências & Cognição 2006; Vol. 09: 131-136.

Palavras-Chave: SIG; informação; geográfica; energias; renováveis.

Abstract

The use of renewable energy in isolated households, despite the grid expansion, is considered viable due to economic criteria in some cases. In these cases, many aspects are considered as, for instance, demand expands potential, distance of grid and appropriated electric generation technology. Each technology needs specifics analysis and demands handling databanks and projections. Geographical Information Systems (GIS) are tools that aim to join resource and energetic demands data about the places that will be analysed with a framework of geographical information and provides the results disposed in a image, this way allowing, safety and agility in take decisions. In that way, they can contribute with the universality electric energy programs in Brazil. © Ciências & Cognição 2006; Vol. 09: 131-136.

Keywords: GIS; geographical; information; renewable; energy.

✍ - S. Jucá é Professor do CEFET-CE na Área da Indústria, graduado em Tecnologia Mecatrônica (CEFET-CE), Licenciado em Física, Especialista em Automação Industrial (UECE) e Mestre em Engenharia Elétrica (UFC). Endereço para correspondência: Rua Carvalho Mota, 150. CEP: 60450-630. Bairro: Parque Araxá. Fortaleza, CE, Brasil. E-mail para correspondência: sandrojuca@cefetce.br.

Introdução

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram que 2,5 milhões de domicílios brasileiros (5,2%) – cerca de 12 milhões de habitantes (6,52%) - não têm acesso à energia elétrica. O mapa da exclusão elétrica no país revela que as famílias sem acesso à energia estão majoritariamente nas localidades de menor Índice de Desenvolvimento Humano e nas famílias de baixa renda. Cerca de 90% destas famílias têm renda inferior a três salários mínimos e 80% estão no meio rural (MME, 2004).

Bermann (2001) destaca a energia como uma mercadoria de importante valor político-econômico na medida em que a oferta e preços funcionam como mecanismo de regulação da atividade produtiva. Em outra análise a mercadoria energia define e assegura um determinado padrão de qualidade de vida para as populações, ou seja, afeta o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de uma região.

Durante o planejamento energético, diversas variáveis são analisadas como: potencial de expansão da demanda, distância da rede, tecnologia de geração elétrica apropriada. Para cada um destes parâmetros são feitas análises específicas que demandam a manipulação de bancos de dados e projeções que não podem restringir-se a esfera puramente econômica. No entanto, a introdução de novas variáveis muitas vezes complexas de mensurar se como impactos ambientais e recursos naturais tornam a tarefa mais difícil e susceptível a falhas.

Dentro do contexto dos projetos de eletrificação rural, o geoprocessamento pode ser útil de várias maneiras, destacando-se:

- Localizar e identificar domicílios a serem eletrificados;
- Monitorar e administrar melhor os sistemas instalados;
- Definir soluções para a eletrificação economicamente mais viável.

Em problemas deste tipo, os SIG proporcionam grande ajuda para a escolha da solução mais adequada para o atendimento energético das áreas rurais de países em desenvolvimento (Medeiros *et al.*, 2005).

Sistemas de informação geográfica

Os primeiros Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Estes sistemas, no entanto, eram muito difíceis de usar: não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros, e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima. Não existiam soluções comerciais prontas para uso, e cada interessado precisava desenvolver seus próprios programas, o que demandava muito tempo e, naturalmente, muito dinheiro. Além disto, a capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento eram muito baixas. Ao longo dos anos 70 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de *hardware*, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Também nos anos 70 foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, incluindo questões de geometria computacional. No entanto, devido aos custos e ao fato destes sistemas ainda utilizarem exclusivamente computadores de grande porte, apenas grandes organizações tinham acesso à tecnologia.

A introdução do Geoprocessamento no Brasil se deu na década de 80, período em que a tecnologia de sistemas de informação geográfica inicia um período de acelerado devido, principalmente, à massificação causada pelos avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto (Assad e Sano, 1998).

Atualmente, são disponibilizados comercialmente SIGs em diversas áreas, que não a cartografia, como, por exemplo, disposição da rede elétrica, telefonia, aspectos climáticos e até como *software* educativo (Jucá, 2006) nos centros de pesquisa e

universidades, dando-lhe um aspecto multidisciplinar. Houve uma expansão tão grande nas possibilidades destes recursos que uma definição exata do que seja um SIG chega a ser um desafio proporcional ao seu potencial de utilização.

As principais características dos SIGs são:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados geo-referenciados.

Para utilizar um SIG, é preciso que cada especialista transforme conceitos de sua disciplina em representações computacionais. Após esta tradução, torna-se viável compartilhar os dados de estudo com outros especialistas (eventualmente de disciplinas diferentes). Quando se fala que o espaço é uma linguagem comum no uso de SIG, está se referindo ao espaço computacionalmente representado e não aos conceitos abstratos de espaço geográfico.

No Brasil, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) desenvolveu uma solução de *software* que pode ser adquirido diretamente desde 1997 no endereço eletrônico do instituto. O programa foi desenvolvido utilizando a filosofia de *software* livre. O SPRING unifica o tratamento de imagens de Sensoriamento Remoto (ópticas e microondas), mapas temáticos, mapas cadastrais, redes e modelos numéricos de terreno. Mas ainda não há registros deste sistema sendo para o tema de energias renováveis (INPE, 2006).

A obtenção de parâmetros econômicos e meteorológicos coerentes como radiação solar, a velocidade do vento e o potencial de biomassa são essenciais para a seleção dos

melhores métodos de geração de energia em uma região através de um SIG (Sorensen e Meibom 1999).

Uma das aplicações de SIG mais bem sucedidas no mundo para eletrificação rural foi o SOLARGIS. Neste SIG, foram considerados sistemas de geração para residências isoladas (fotovoltaico, eólico, gerador a gasolina e gerador a diesel) e sistemas centralizados para conjuntos residenciais (central diesel, central eólica-diesel ou conexão com a rede elétrica). As áreas de elevado potencial energético foram escolhidas através da análise e comparação do parâmetro Nível de Custo Elétrico (*Leveling Electric Cost*). Este parâmetro foi obtido através de variáveis econômicas como o custo por kWh de cada fonte de energia e variáveis técnicas como a densidade da população rural (habitantes/km²), a radiação anual global (kWh/m².ano), a média anual de velocidade de vento (m/s) e a distância de conexão para a rede elétrica de média tensão (km).

A aplicação do SOLARGIS procurou mostrar o melhor cenário para geração descentralizada de energia na região analisada. Um estudo de caso feito no município de Lorca na Espanha apresentou, através do menor Nível de Custo Elétrico, os melhores sistemas de geração de energia para cada km² da região (Amador e Dominguez, 2005).

Outras aplicações do SOLARGIS foram desenvolvidas nos municípios de Kairouan, Mahdia e Monastir na Tunísia. A análise se estabeleceu em duas etapas. Na primeira etapa, o uso de mapas para descobrir as áreas de elevado potencial de energias renováveis na região. Na segunda etapa, o estudo confirmou o elevado potencial das áreas selecionadas, através de mapas de maior resolução.

Os resultados para eletrificação rural no Norte de Marrocos e na Ilha de Santiago em Cabo Verde mostraram que para áreas com grande densidade demográfica localizadas perto da rede elétrica, seria mais apropriado uma extensão da rede elétrica existente. Além disso, a análise mostrou que em lugares com alto potencial eólico e grande

densidade demográfica, os sistemas híbridos eólico-diesel também seriam viáveis. Os sistemas isolados seriam lucrativos somente em regiões isoladas e com uma baixa densidade demográfica.

Além do SOLARGIS, outros métodos de SIG foram aplicados em projetos de eletrificação rural como o PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*). O PVGIS é uma pesquisa, demonstração e instrumento de suporte político para a avaliação geográfica do recurso de energia solar no contexto da gerência integrada da geração dis-tribuída da energia e sua base de dados possui informações da Europa, África e sudeste asiático (PVGIS, 2006).

Algumas das principais aplicações de SIG para avaliação de energias renováveis no Brasil são:

- Metodologia para o levantamento de potencial energético (ENERGIS)

O Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) desenvolve desde 2001 o sistema ENERGIS para o Departamento de Sistemas Isolados das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás). A primeira versão do sistema foi operacionalizada em junho de 2004 e constitui-se em um SIG especificamente voltado para auxiliar a tomada de decisão no âmbito do planejamento do atendimento de energia elétrica nos sistemas isolados da região norte do Brasil (Medeiros et al., 2005). O estado do Amazonas foi selecionado como área de estudo piloto para a aplicação do sistema ENERGIS. A principal forma de aquisição de informações espaciais foi a partir de bases cartográficas digitais já desenvolvidas por órgãos governamentais brasileiros. As principais fontes de dados foram:

- Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (HIDROGEO), desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA);

- Sistema de Bases Cartográficas do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA);
- Bases Cartográficas do Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM) e Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), fornecidas pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do governo do estado do Amazonas.

Foram utilizadas também as Cartas Internacionais ao Milionésimo (CIM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para aquisição de informações complementares à base cartográfica.

Várias informações de localização indeterminada foram trabalhadas e analisadas para que estivessem em condições de serem incorporadas ao banco de dados. Dentre as principais fontes destacam-se: Companhia Energética do Amazonas (CEAM), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Secretarias Estaduais e Municipais.

Os trabalhos de campo realizados na área de estudo serviram para a validação de vários dados obtidos a partir de fontes secundárias e para a incorporação de novas informações obtidas com o auxílio de aparelhos de GPS (*Global Position System*) que foram adicionados ao banco de dados (CEPEL, 2004).

O sistema ENERGIS 1.0 pode ser usado para avaliar o grau de isolamento de núcleos populacionais, tais como: vilas, povoados, comunidades e aldeias. Através de um clique em cada localidade é possível ter acesso a algumas informações, tais como: o nome, a população residente e a quantidade de domicílios que existe no local.

Com estes dados foi possível realizar uma análise geo-estatística e produzir uma interpolação para se mapear o comportamento espacial destes valores, a cor mais escura representa os maiores valores (Medeiros et al., 2005).

- Metodologias integradas para o mapeamento de energias alternativas no estado do Pará (MEAPA)

Na seqüência da aplicação do SIG SOLARGIS em várias regiões do mundo, surgiu o interesse de implementação no estado do Pará por apresentar várias comunidades isoladas sem acesso à energia elétrica. O projeto surgiu com a parceria entre a Universidade Federal do Pará (UFPA) e o Instituto de Energia de Portugal (INESC) propondo a transferência da metodologia considerando com região piloto a Ilha de Marajó. No âmbito do projeto MEAPA foram complementadas algumas das metodologias como Biomassa e outras foram melhoradas como o sistema fotovoltaico, eólico e híbrido (Monteiro *et al.*, 1998).

Os objetivos do projeto MEAPA foram:

- Construir uma base informação geográfica para apoiar o planejamento energético da região;
- Desenvolver metodologias integradas para dimensionamento e avaliação de soluções de eletrificação;
- Implementar a metodologia em um SIG;
- Mapear os recursos energéticos na ilha do Marajó (Solar, Eólicos, Biomassa).

Segundo Monteiro e colaboradores (1998), um conjunto de informações detalhadas possibilitou às entidades responsáveis tomar as medidas corretas em termos de políticas de integração e promoção das soluções energéticas. Para que seja possível fazer estudos e planejamento destes planos de integração são necessárias ferramentas poderosas como SIGs com o intuito de fazer uma análise geográfica global e obter resultados sob uma forma amigável e facilmente compreensível. A implementação dos planos de integração e a própria utilização e gestão da informação e ferramentas disponíveis leva a que sejam elaborados métodos para a obtenção e gestão dos resultados e sua utilização.

Outras aplicações gerais de SIG no Brasil foram desenvolvidas por:

- Schneider e colaboradores (2001), que avaliou o potencial da utilização da biomassa para a região Nordeste do Brasil, levando em consideração além dos aspectos edafoclimáticos e ocupação do solo, a densidade populacional e suas médias de crescimento.
- Sordi e colaboradores (2004), através da análise do potencial técnico de produção de energia a partir dos resíduos produzidos pela avicultura de corte no Oeste do Paraná.
- Ávila e colaboradores (2002), que identificou áreas propícias para instalação de pequenas centrais hidrelétricas (PCH) na Bacia São Francisco, no município de São Desidério no extremo oeste do estado da Bahia.
- Zanbon e colaboradores (2003), que utilizou a tecnologia SIG para avaliar a viabilidade de instalações de novas termelétricas no estado de São Paulo.

Considerações finais

O SIG é uma importante ferramenta para o desenvolvimento das energias renováveis no Brasil, haja vista as dimensões territoriais do país, aspectos culturais e diversidade de recursos naturais. O SIG permite que a informação seja tratada o mais próximo da realidade, oferecendo diversas alternativas e cenários do ponto de vista econômico, político, social e ambiental.

Os recursos do SIG, combinados com as energias renováveis, têm sido utilizados de forma modesta no Brasil em face ao potencial existente. As principais barreiras são: a difusão das tecnologias do uso de SIG, o acesso aos bancos de dados gerais no Brasil e a utilização de um padrão de metodologia que possa ser adotado por todos os setores envolvidos.

Sugere-se um projeto em escala nacional para formação de uma rede de intercâmbio e colaboração, que envolva todas as instituições e pesquisadores interessados

em energias renováveis, a fazer uso de soluções em software-livre como o SPRING desenvolvido pelo INPE.

Identificar as características físicas e o potencial das diferentes fontes de geração descentralizada de energia significa, antes de tudo, apontar as possibilidades de crescimento equilibrado de uma região. Para tal, é necessário conceber, construir e manter um sistema integrado de informações geográficas, que tenha por meta principal informar as características específicas das microrregiões com o intuito de incentivar investimentos, contribuir para o desenvolvimento sustentável e para os programas nacionais de geração de energia elétrica.

Referências bibliográficas

- Assad, E.D. e Sano, E.E. (1998). *Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura*. Brasília, EMBRAPA.
- Amador, J. e Domínguez, J. (2005). Application of geographical information systems to rural electrification with renewable energy sources. *Renewable Energy*, 30, 1897–1912.
- Ávila, C.J.C.P.; Carvalho Júnior, O.A.; Guimarães, R.F. e Bentancurt, J.J.V. (2002). Uso de ferramentas SIG para inventário preliminar de potenciais remanescentes. *4º Encontro de Energia no Meio Rural. AGRENER-2002*. Campinas-SP.
- Bermann, C. (2001). *Energia no Brasil: para quê? Para quem? Crise e alternativas para um país sustentável*, Livraria da Física.
- Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL). (2004). Potencialidades de Utilização de Fontes Alternativas para o Atendimento de Energia Elétrica no Interior do Estado do Amazonas. *Relatório Técnico CEPEL DP/DEA – 32695/04*, 49p., Rio de Janeiro.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2006) Disponível no endereço eletrônico <http://www.dpi.inpe.br>.
- Jucá, S.C.S. (2006). A relevância dos softwares educativos na educação profissional. *Cien. Cogn.*, 8, 22-28. Disponível no endereço eletrônico <http://www.cienciasecognicao.org>.
- Medeiros, A.M.; Menezes, P.C.P.; Mattos, G.; Bonatto, F.; Damázio, J.M.; Soares, D.F.; Vieira, E.R. e Dart, R. (2005). Sistema de informação geográfica para o planejamento energético e ambiental dos sistemas isolados da região norte do Brasil. *18º Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica- XVIII SNPTEE*. Curitiba – PR.
- MME – Ministério de Minas e Energia. (2004) *Programa Luz para Todos*. Disponível no endereço eletrônico <http://www.mme.gov.br/luzparatodos>.
- Monteiro, C.; Lopes, J. e Rocha, B. (1998). Estudos de Integração de Energias Renováveis para a Produção Descentralizada de Eletricidade no Marajó, *Fórum Permanente de Energias Renováveis*, Recife.
- PVGIS. (2006). Disponível no endereço eletrônico <http://sunbird.jrc.it/pvgis/pv/index.htm>.
- Schneider, L.C.; Kinzig, A.P.; Larson, E.D. e Solórzano L.A. (2001). Method for spatially explicit calculations of potential biomass yields and assessment of land availability for biomass energy. *Agriculture. Ecosystems Environ.*, 84, 207-226.
- Sordi, A.; Souza, S.N.M. e Magalhães, E.A. (2004). Estimativa do potencial de geração de energia elétrica proveniente do uso de resíduos da avicultura de corte na mesoregião do oeste do Paraná. *Energia na Agricultura.*, 12, 316-321.
- Sorensen, B. e Meibom, P. (1999). GIS tools for renewable energy modeling. *Renewable Energy*, 16, 1262-1267.
- Zambon, K.L.; Carneiro, A.F.M.; Silva, A.N.R. e Negri, J.C. (2003). Ferramenta de apoio de decisão na localização de usinas termoeletricas utilizando SIG. *17º Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica XVII SNPTEE*. Uberlândia – MG.