

O uso do geoprocessamento na avaliação de custos de manutenção de redes de distribuição de energia elétrica

Adriana Lannes Oliver¹
Rogério Alves Barbosa da Silva¹

¹ Poliedro – Informática Consultoria e Serviços Ltda.
CRS 506 Bl B s/n lj 21/23 - Brasília - DF, Brasil
lannes.poliedro@aneel.gov.br
rogeriosilva.poliedro@aneel.gov.br

Abstract. Electric energy is an indispensable factor for development and social inclusion and to provide access to electricity for the society there is a whole structure of generation, transmission, distribution and commercialization aimed and to guarantee securing energy supply with continuity and quality. To guarantee the supply, electricity's costs are charged through fees and these are composed of values that represent each part of the investments and technical operations performed by the Concessionaires. In the case of energy distribution to final customer, one of the parcels that compose the fare is the cost of maintenance of distribution's networks. To properly evaluate the maintaining costs the use of GIS tools can be considered of great importance. The GIS allows the combination of multi-source spatial data for analysis modeling and interactions, allowing the Regulator (National Agency of Electric Energy – ANEEL) to have an instrument that can provide information that will reduce the interpretation's ambiguity that occur when the data is analyzed individually.

Palavras-chave: electric energy, remote sensing, GIS, energia elétrica, sensoriamento remoto, SIG

1. Introdução

A energia, nas suas mais diversas formas, constitui-se fator indispensável à sobrevivência da espécie humana. E mais do que sobreviver, o homem procurou evoluir sempre, descobrindo fontes e maneiras alternativas de adaptação ao seu habitat e de atendimento às suas necessidades. Dessa forma, tende-se a compensar a exaustão, a escassez ou a inconveniência de um dado recurso pelo surgimento de outro(s). Em termos de suprimento energético, a eletricidade passou a representar uma das formas mais versáteis e convenientes de energia, recurso indispensável e estratégico para o desenvolvimento socioeconômico de muitos países e regiões (ANEEL, 2005).

Para possibilitar o acesso à energia para a sociedade existe toda uma estrutura de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica que visam garantir o fornecimento de energia com continuidade e principalmente qualidade.

A garantia do abastecimento, os custos para a geração e transporte de energia elétrica são cobrados por meio de tarifas. Os consumidores pagam as tarifas às distribuidoras para a prestação do serviço de fornecimento de energia. Os contratos de concessão, assinados pelas distribuidoras com a União – representada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) – estabelecem a composição das tarifas e as fórmulas dos reajustes anuais e exigem revisões tarifárias periódicas (ANEEL, 2007).

A tarifa de energia elétrica é composta de valores que representam cada parcela dos investimentos e operações técnicas realizadas pelos agentes da cadeia de produção e da estrutura para que a energia possa ser utilizada pelo consumidor acrescidos dos encargos e impostos.

São realizados dois tipos de cálculos para a revisão tarifária, o primeiro consiste em apurar o valor do reposicionamento tarifário, com o objetivo de determinar um nível de tarifa que permita à concessionária cobrir os custos não gerenciáveis - os serviços de geração e transmissão contratados pela distribuidora e ao pagamento de obrigações setoriais - e os custos operacionais ou custos gerenciáveis - distribuição de energia, manutenção da rede, cobrança de contas, centrais de atendimento e remuneração dos investimentos.

A parcela de custos gerenciáveis nos contratos de concessão correspondem a cerca de 25% da receita da distribuidora e uma avaliação precisa e adequada dessa parcela de custo pode trazer ao consumidor um tarifa mais justa com uma prestação de um serviço de qualidade pelo concessionário.

É responsabilidade da ANEEL fixar as tarifas de energia elétrica de forma a promover a modicidade tarifária na defesa do interesse público e o equilíbrio econômico-financeiro dos agentes que prestam os serviços de energia. E a revisão tarifária periódica é fundamental para alcançar esses compromissos (ANEEL, 2007).

A utilização de ferramentas de SIG – Sistemas de Informações Geográficas podem ser consideradas de grande relevância, principalmente na avaliação dos custos operacionais da distribuição de energia, como a manutenção das redes, permitindo que o regulador tenha um instrumentos capaz de realizar a análise mais próxima da realidade.

“Na maioria dos projetos desenvolvidos em SIG a principal proposta é a combinação de dados espaciais, com o objetivo de descrever e analisar interações, para fazer previsões através de modelos, e fornecer apoio nas decisões tomadas por especialistas. A combinação desses dados multi-fonte permitirá uma redução na ambigüidade das interpretações que normalmente são obtidas através da análise individual dos dados (Pendock e Nedeljkovic, 1996).”¹

É nesse enfoque que este trabalho mostra uma gama de possibilidades que podem ser construídas através dos dados do setor elétrico quando são analisados integradamente a fim de elucidar os problemas de custos envolvidos na manutenção das redes levando em consideração os dados geográficos disponíveis, em especial, os de infraestrutura como postes e linhas de transmissão georreferenciados.

As análises neste trabalho são baseados no conhecimento das informações que compõe o estudo e na técnica fuzzy. A técnica Fuzzy deve ser utilizada quando se tem “que lidar com a ambigüidade, abstração, ambivalência em modelos matemáticos ou conceituais de fenômenos empíricos (Burrough & MacDonnell, 1998)”². Ainda, segundo CAMARA, para uma moderna gestão territorial é necessário que “toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana e seu inter-relacionamento”. Ainda diz que “O problema essencial é capturar no GIS, com o menor grau de reducionismo possível, a natureza dos padrões e processos do espaço.”

No caso do setor elétrico a oferta de dados é muito favorável em função da grande precisão e quantidade dos dados patrimoniais das concessionárias, que, em geral, apresentam ótima qualidade. O que se faz desafio para a regulação, em especial no setor elétrico, é converter/captalizar uma considerável quantidade de dados geográficos brutos em informações que joguem luz em questões como custos de manutenção das redes, perdas e aproveitamento energético, risco ambiental, oferta e universalização de energia elétrica, dentre outros problemas que o GIS pode ajudar a elucidar. O que ocorre no setor elétrico, no âmbito da gestão governamental, é que há um bom grau de satisfação e abrangência territorial no quesito disponibilidade de dados, porém há um grande abismo entre essa farta disponibilidade de dados e a sua utilização como informação.

Este trabalho tem como objetivo mostrar algumas possibilidades de integração de dados geográficos pertinentes ao setor elétrico, por hora analisados isoladamente, com a finalidade de se obter uma análise mais próxima do real referente aos custos de operação e manutenção das redes de distribuição de energia elétrica em função da distribuição geográfica da infraestrutura e variáveis físicas no território em estudo para o apoio na tomada de decisão quando da realização das revisões tarifárias.

1 Técnicas de Inferencia Geográfica. CAMARA, MOREIRA Att All.

2 Ídem

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Localização da Área de Estudo.

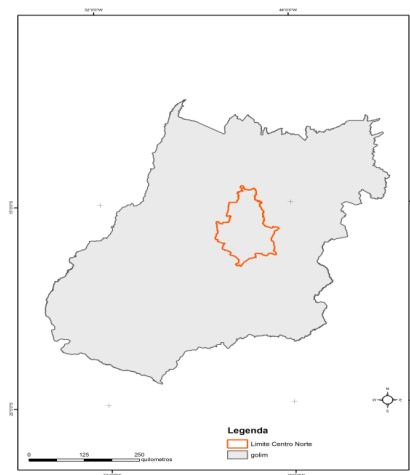


Figura 1. Localização da área de estudo.

A área de estudo é delimitada pela divisão geográfica da Concessionária de energia elétrica CELG, localizada no estado de Goiás, em uma subregião denominada Centro Norte, como se pode ver na figura 1. Esta área foi escolhida sobremaneira pelo conhecimento de campo da localidade por parte dos técnicos e pela existência da informação “uso do solo”, que é preponderante para os resultados de estimativa de custos, principalmente quando associado às variáveis “forma de terreno” e “declividade”, variáveis que por si só não expressam muita informação, mas quando associadas ao uso do solo tomam sentido real e ponderável.

2.2 Materiais e Métodos

A metodologia utilizada para a criação do mapa de probabilidade dos custos geográficos na manutenção das redes elétricas foi baseada na análise integrada de dados físicos, com a técnica de pesos e evidências, onde toda a homogeneidade que ocorre na análise de áreas, polígonos, é deixada de lado já que se analisa o fenômeno *in situ*, fato que aproxima bastante o modelo da realidade e garante maior fidedignidade com o mundo real.

A ferramenta utilizada foi a de *weight overlay*, do programa Arcgis. Tal ferramenta possibilita a entrada de múltiplas variáveis geográficas em um ambiente onde elas podem ser ponderadas de acordo com o conhecimento do fenômeno estudado. Neste trabalho foram utilizados planos de informação de: (a) declividade, (b) uso do solo, (c) forma do terreno³, (d) distância euclidiana até as principais rodovias, (e) densidade populacional (única unidade de área), (f) densidade dos transformadores (n/m²). O plano de informação “densidade das linhas de transmissão (m/m²)” não foi utilizado em função de ser bastante semelhante ao de transformadores; a fim de se evitar redundância tal plano não foi utilizado, e (h) pluviosidade anual acumulada. O pressuposto básico para se estimar custos para manutenção de redes de energia neste trabalho está calgado em que áreas que possuem maior densidade de infraestrutura tenham custo menor de manutenção em função da maior escalabilidade econômica, por possuírem maior facilidade para as equipes que atuam em campo. Mas as variáveis serão descritas a seguir.

3 Banco de dados morfométricos do INPE.

a) Declividade: este plano de informação é oriundo do banco de dados TOPODATA, disponibilizados pelo INPE, resolução espacial de 30 metros.

Declividade	
Classes	Coeficientes
0 - 12	1
12 - 20	2
20 - 30	3
30 - 40	4
>40	5

Tabela 1. Classes de Declividade

b) Distância Euclidiana até as principais rodovias: De posse da base de rodovias, principais, foi feita uma bufferização das áreas classificando de 5 em 5 quilômetros. Resolução espacial de 30 metros.

Rodovias (distância/km)	
Classes	Coeficientes
1	5
2	4
3	3
4	2
5	1

Tabela 2. Distância euclidiana até as rodovias

c) Uso do Solo: plano de informação disponibilizado pelo PROBIO, Ministério do Meio Ambiente, resolução espacial de 30 metros.

Uso do solo	
Classes	Coeficientes
agricultura	4
água	2
floresta estacional decidual submontana	3
floresta estacional semidecidual aluvial	1
pastagem	4
savana arborizada com floresta galeria	3
savana arborizada sem floresta galeria	0
savana florestada	3
savana gramíneo lenhosa com floresta galeria	3
savana gramíneo lenhosa sem floresta galeria	4
savana parque com floresta galeria	3
savana parque sem floresta galeria	3
urbano	1

Tabela 3. Uso e ocupação do solo

d) Forma de Terreno: plano de informação disponibilizado pelo INPE, banco de dados

TOPODATA. Resolução espacial de 30 metros.

Forma de terreno	
Classes	Coeficientes
1 - 3	1
4 - 6	2
7 - 9	3

Tabela 4. Classes de forma de terreno

e) Densidade de Transformadores: plano de informação oriundo da interpolação dos transformadores de energia. A unidade é dada por número de transformadores por metro quadrado, a resolução espacial é de 30 metros.

Transformadores (n/m ²)	
Classes	Coeficientes
0 - 500	5
500 - 700	4
700 - 900	3
900 - 1100	2
1100 - 1300	1

Tabela 5. Classes de densidade de transformadores

f) Pluviosidade Anual Acumulada: plano de informação oriundo do sítio do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, resolução espacial de 500 metros.

Precipitação (mm/ano)	
Classes	Coeficientes
1235 - 1325	1
1325 - 1425	2
1425 - 1525	3
1525 - 1625	4
1625 - 1700	5

Tabela 6. Precipitação acumulada em doze meses

O fluxo de trabalho se consistiu em: preparação da base cartográfica, interpolação das variáveis espaciais, inserção das grades na ferramenta de Weight Overlay, ponderação, criação do mapa final. As ponderações das classes foram enumeradas entre zero e cinco e expressa o gradiente de custo: zero, muito baixo e, 5 muito alto.

3. Resultados e Discussões

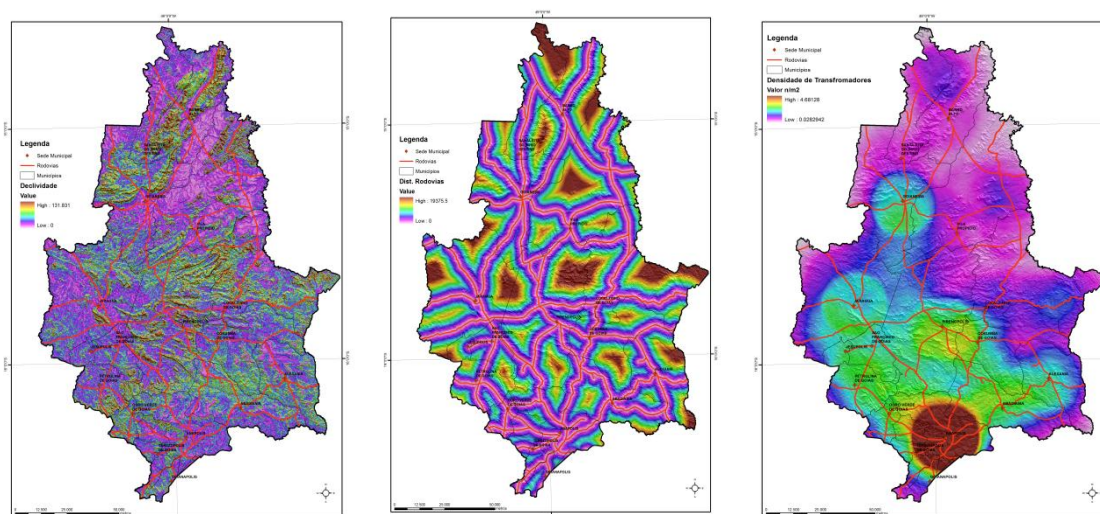


Figura 2, 3 e 4. Declividade, distância até as rodovias e densidade de transformadores (n/m^2)

O trabalho se mostrou potencialmente aplicável à realidade do setor elétrico brasileiro visto que a análise integrada de dados geográficos nesta área é uma aplicação pouco explorada sob a perspectiva da técnica de “pesos e evidências” ou lógica fuzzy. A integração dos dados mostrou que é fundamental considerar a estrutura física para vislumbre das condições reais de campo nas quais os técnicos de manutenção das redes podem se deparar. Desta forma, será possível estimar, através de um refinamento do modelo e melhor entendimento dos dados, os custos envolvidos para a manutenção das redes, também com a inserção de dados sócio-econômicos. A estimativa de custos com o uso dos dados geográficos pode implicar diretamente na questão da regulação, em especial pela precificação das tarifas, pela Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, já que atualmente as variáveis geográficas não são consideradas ou analisadas integradamente para nenhum tipo de ajuste ou indexação de valores e custos, o que de certa forma, pode prejudicar o usuário final consumidor de energia elétrica.

4. Conclusões

O uso das técnicas de geoprocessamento tem muito à contribuir para a regulação do setor elétrico brasileiro, principalmente para o benefício do consumidor, visto que ao se utilizar os dados geográficos se ve *in situ* as condições de uso e a cobertura do atendimento na área das operadoras. É necessário, por tanto, superar o vazio de informações com a valoração dos dados geográficos, sua organização em banco de dados corporativos para facilitar as análises e consultas mais ordinárias, e a transmutação dos dados para informações úteis e integradas com diversas outras variáveis. O setor elétrico é privilegiado no tocante à quantidade de dados, confiáveis em sua maioria, já que todas as concessionárias e operadoras devem ter controle rígido de seu patrimônio. Os dados do setor elétrico devem ser revertidos para pesquisas de cobertura de atendimento no território, custos de implementação e manutenção de redes, riscos ambientais, eficiência energética, alternativas de energias limpas, etc. Este trabalho superou as expectativas em seus resultados visto o elevado potencial de utilização da informação geográfica. Contudo, é necessário melhor ajuste dos modelos e ponderação dos pesos para que se chegue ao máximo perto da realidade e com isso a regulação se torne mais transparente e objetiva do que é atualmente.

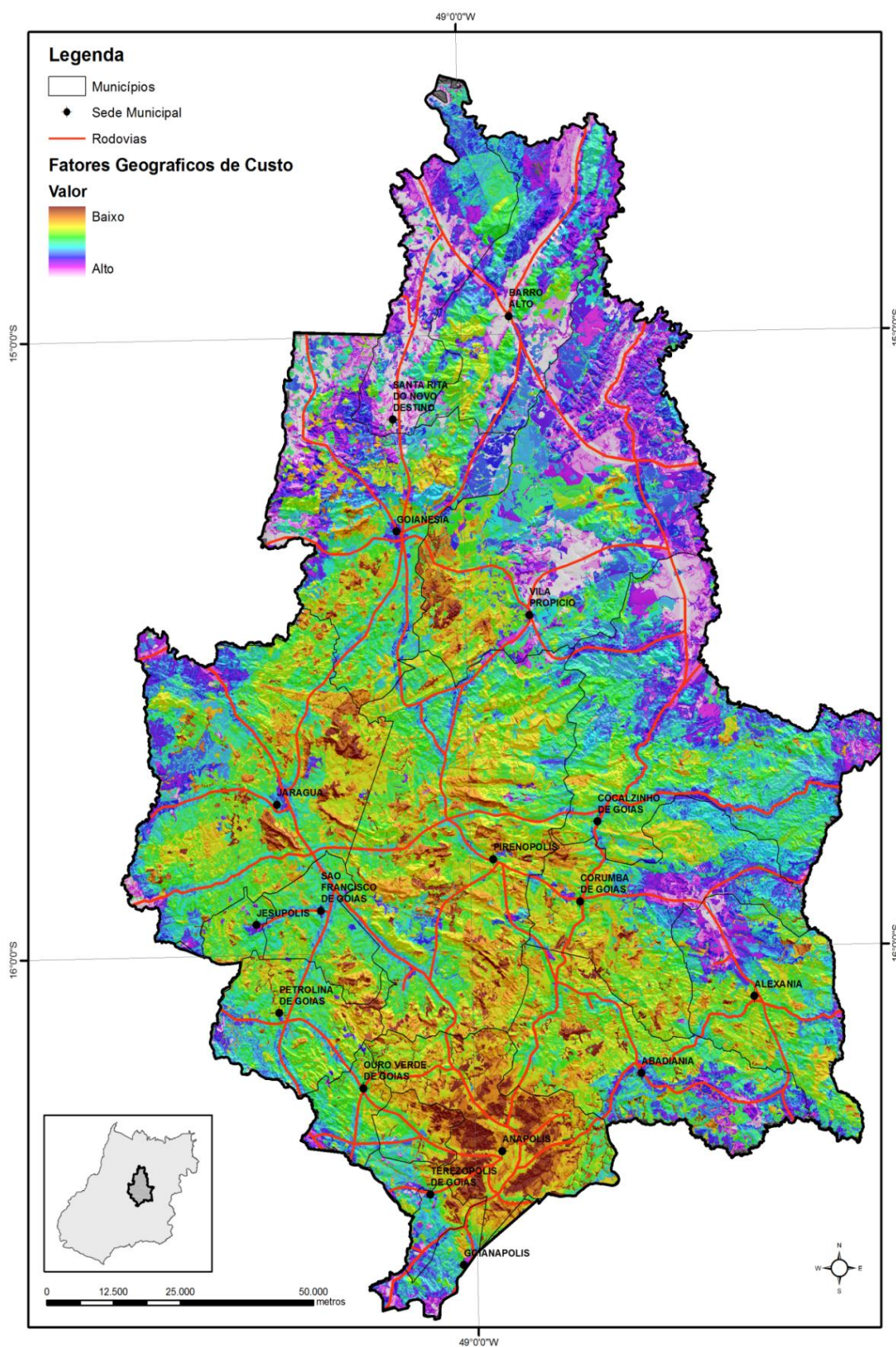


Figura 5. Mapa de probabilidade de custos de manutenção em redes de energia elétrica em Goiás.

5. Citações e Referências

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica no Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, ANEEL, 2005, 2ª Ed, 243p.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Perguntas e respostas sobre tarifas das distribuidoras de energia elétrica** – Brasília: ANEEL, 2007.

BOHAM - CARTER, G. F - **Geographic Information Systems For Geoscientists**. New York: Pergamon. 1994. 398 p.

BONHAM-CARTER, G. F.; AGTERBERG, F. P.; WRIGHT, D. F. Weights of evidence modelling: A new approach to mapping mineral potential. In: Agterberg, F. P.; Bonham-Carter, G. F. (Ed.). **Statistical Applications in the Earth Sciences**. Ottawa: Geological Survey of Canada, p. 171-183. 1989.

BOLENEUS, D. E.; RAINES, G. L.; CAUSEY, J. D.; BOOKSTROM, A. A.; FROST, T. P.; HYNDMAN, P. C. **Assessment method for epithermal gold deposits in northeast Washington State using weights-of-evidence GIS modeling**. Washington, D. C.: United States Geological Survey,. p. 501, 502. 2001.

DRUCK, S. CARVALHO, M. S. CÂMARA, G. MONTEIRO, A. M. V. **Análise Espacial e Geoprocessamento**. INPE, 2002.

VALERIANO, MARCIO DE MORISSON. **TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais**. São José dos Campos: INPE 2008.