



Encontro Internacional
de Produção Científica
24 a 26 de outubro de 2017

ISBN 978-85-459-0773-2

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A EROSÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA NO RIO URUTAGO, FRANCISCO BELTRÃO - PR

Juliana Biluca¹, Claudinei Rodrigues de Aguiar²

¹Professora, Departamento de Meio Ambiente, UEM-Umuarama. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UTFPR-Pato Branco. julibiluca@gmail.com

²Professor, Coordenação de Engenharia Civil, UTFPR-Apucarana. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UTFPR-Pato Branco. rodriguesaguiar@utfpr.edu.br

RESUMO

O crescimento desordenado e acelerado das manchas urbanas tem trazido grandes impactos ao meio ambiente, bem como consequentes riscos e danos à população. Dentre esses impactos destaca-se o assoreamento dos corpos hídricos causado pelos processos erosivos, intensificados em locais de solo exposto, de elevada declividade e em função do tipo de solo. Nesse contexto as geotecnologias têm se firmado como importante ferramenta para estudo, análise, identificação desses impactos, além de fornecerem subsídios para tomadas de decisão, permitindo analisar múltiplos critérios e subsidiando o planejamento e a gestão territorial. Dessa forma, esse trabalho apresenta um estudo da susceptibilidade erosiva do solo na bacia do rio Urutago em Francisco Beltrão, sudoeste do estado do Paraná, a partir de imagens orbitais e mapas existentes. Como resultado observou-se que 78% dessa bacia apresenta grau de susceptibilidade de moderada à muito alta.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologias; Impacto ambiental; Sensoriamento Remoto; SIG.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento acelerado e desordenado do ambiente urbano, a ocupação de áreas de risco tem se tornado frequente, acarretando em problemas à população, devido a fatores como enchentes e deslizamentos.

A degradação da qualidade dos recursos hídricos e as enchentes mais frequentes são consequência de inúmeros aspectos, entre eles o assoreamento dos corpos hídricos causado pelos processos erosivos que ocorrem devido a remoção e transporte de sedimentos da decomposição de rochas e solo.

Os processos erosivos naturais são intensificados pelas ações antrópicas, desta maneira, a identificação de áreas susceptíveis a erosão em áreas urbanas permite tomar medidas para seu controle e garantir a segurança da população do entorno (GOMES et al., 2013).

Pra controlar os processos erosivos faz-se necessário conhecer a região para adequar a ocupação as condições ambientais, de cobertura vegetal, tipos de solo, topografia e drenagem (ARAGÃO et al., 2011).

Portanto, o planejamento do uso do solo é essencial para conter os processos erosivos, segundo Corvalán e Garcia (2011) pesquisas voltadas ao planejamento e gestão ambiental visam a análise dos recursos naturais, conforme sua vulnerabilidade, sendo que esses componentes devem ser avaliados de maneira integrada.

O uso de geotecnologias trazem avanços no desenvolvimento de pesquisas no planejamento urbano, permitindo a análise integrada de múltiplos critérios. As aplicações no uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Sensoriamento Remoto são inúmeras, entre elas o zoneamento, a análise da expansão urbana, o monitoramento de áreas de riscos e o controle de ocupações irregulares (RAMIREZ; SOUZA, 2007; FITZ, 2008).

Essas ferramentas permitem realizar mapeamentos temáticos das características ambientais de um determinado local relacionando variáveis como dados de relevo, geomorfologia, vegetação e uso do solo, permitindo identificar áreas susceptíveis a erosão com a combinação dos múltiplos critérios.



O presente estudo tem por objetivo mapear áreas susceptíveis a erosão na bacia do rio Urutago, na cidade de Francisco Beltrão, sudoeste do estado do Paraná, visando nortear o uso e ocupação do solo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Urutago possui aproximadamente 7,19 km², pertencente à bacia do rio Marrecas, está localizada entre as latitudes de 26° 03' 40" S a 23° 06' 00" S e longitudes de 53° 00' 40" W a 53° 02' 50" W, no município de Francisco Beltrão, no sudoeste do estado do Paraná (Figura 1).

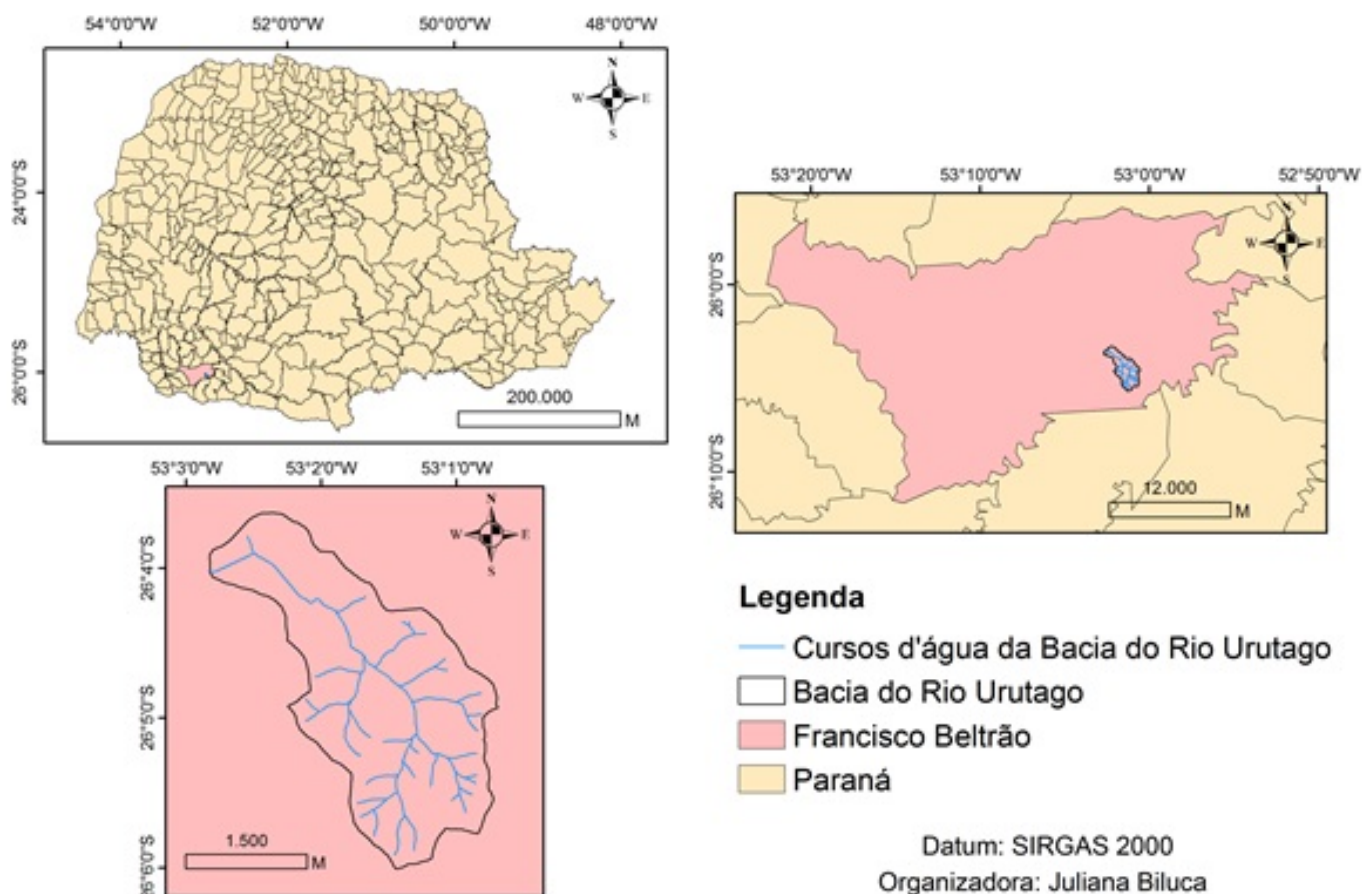


Figura 1: Localização do município de Francisco Beltrão

Fonte: Biluca et al. (2016).

A bacia é cortada pela rua Ernesto João Rathier, conhecida como contorno Leste, com fluxo constante de caminhões, pois interliga os municípios de Marmeleiro a Itapejara do Oeste sem atravessar a área central de Francisco Beltrão.

Para o estudo, utilizou-se como base cartográfica a carta geográfica do Ministério da Defesa – Exército Brasileiro Departamento de Ciência e Tecnologia Diretoria de Serviço Geográfico, região sul do Brasil, folha SG-11-Y-A-II-2-NE MI-2861-2-NE, na escala 1:25.000 (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2011).

O SIG utilizado foi o ArcGIS 10.0, onde primeiramente foi definida a projeção cartográfica em Universal Transversa de Mercator (UTM), *South América* 1969 Zona 22S. Então a carta foi



georreferenciada utilizando pontos de controle, e posteriormente foi realizada a conversão do *datum* para SIRGAS 2000.

Então, com o Modo de Edições de Feições (*Editor*), foi delimitada a área de drenagem e realizada a vetorização dos corpos d'água, dos pontos cortados e das curvas de níveis com equidistância de 10 metros.

Com os pontos cotados e as curvas de nível foi possível gerar o Modelo Digital do Terreno (MDT) com o uso da técnica de interpolação *Topo to Raster* do *Toolbox*, esse modelo foi ajustado com a ferramenta *Fill*, que eliminada inconsistências nos dados. Então o MDT foi utilizado para gerar o mapa de declividade com a ferramenta *Slope* do *Toolbox*.

O mapa de declividade foi elaborado com 5 classes, plano (0 a 3%), suavemente ondulado (3 a 8%), ondulado (8 a 20%), fortemente ondulado (20 a 45%) e montanhoso (45 a 75%) (EMBRAPA, 2006).

O mapa de solos da bacia foi elaborado a partir do mapa de solos do estado do Paraná, na escala 1:50.000, obtido com o Instituto de Terras, Cartografia, Geociências (ITCG, 2008).

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo bem como o mapa de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foram utilizadas as imagens no formato digital do satélite Landsat-8, órbita/ponto 223/078 e passagem de 13/03/2016, disponíveis no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Com a composição falsa cor, composta pelas bandas 5, 4 e 3 foi realizada a classificação supervisionada, coletando amostras de quatro classes diferentes, sendo elas área urbana, solo exposto, cultura e vegetação para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo.

Já o NDVI, que é um indicador da quantidade e da condição da vegetação verde (BEZERRA et al., 2011), é obtido pela diferença entre as bandas do infra vermelho próximo, banda 5 e do vermelho, banda 4, normalizada pela soma dessas bandas (Equação 1).

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (1)$$

Sendo:

NDVI – Valor do índice de vegetação da diferença normalizada

IVP – valor da reflectância na faixa do infravermelho próximo

V – valor da reflectância na faixa do vermelho

Os valores obtidos para o índice de vegetação por diferença normalizada estão contidos na escala de valores entre -1 e +1, quanto maior o índice maior é a densidade da cobertura vegetal (MELO et al., 2011).

Por fim todos os mapas foram reclassificados de 1 a 10, dependendo das características apresentadas e conforme a contribuição para a susceptibilidade erosiva.

Para a elaboração do mapa de susceptibilidade a erosão foi utilizada a álgebra de mapas para a combinação linear dos diferentes mapas gerados, adotando diferentes pesos, quanto maior o peso maior a contribuição para a susceptibilidade a erosão.

Os pesos foram obtidos utilizando a técnica AHP – *Analytic Hierarchy Process*. O método, desenvolvido por Thomas L. Saaty, consiste na realização de comparações pareadas entre múltiplos critérios, gerando um peso de importância para cada elemento analisado (TEKNOMO, 2006).

Para realizar as comparações utilizou-se a ferramenta gratuita no modelo Excel, desenvolvido por Klaus D. Goepel (GOEPEL, 2013). Após as comparações é possível analisar se existe



consistência nos resultados, por meio do índice de consistência, que deve ser menor que 10%, do contrário o julgamento dos critérios deve ser reavaliado (SAATY, 2008).

Com o mapa de susceptibilidade concluído o mesmo foi reclassificado em cinco classes utilizando a ferramenta *Reclass no Analyst Tool*, em muito baixa, baixa, moderada, forte e muito forte.

Este mesmo mapa foi convertido para polígono em *Conversion Tool – From Raster*, para que as áreas de cada classe de susceptibilidade erosiva pudessem ser calculadas com o *Calculate Geometry* na tabela de atributos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a análise da declividade na região de estudo, foi realizada a classificação da declividade de acordo com o seu peso para o impacto na erodibilidade do solo. Segundo Crepani et al. (2011) com o aumento da declividade aumenta também a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, aumentando o potencial a erosão. Em seu estudo os autores apresentam uma metodologia para elaborar mapas de vulnerabilidade natural à perda de solo, a reclassificação do mapa de declividade foi baseado no que eles adotaram (Tabela 1).

Tabela 1: Atribuição de pesos de importância para cada classe de declividade

Componente de Legenda	Peso
Plano	1
Suavemente Ondulado	3
Ondulado	5
Fortemente Ondulado	7
Montanhoso	9

Quanto aos solos, a bacia em estudo apresenta três tipos, o LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, o NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico e o NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico. Crepani et al. (2001) em seu estudo mencionam o grau de susceptibilidade a erosão dos diferentes tipos de solos, sendo adotado para a reclassificação do mapa de solos da bacia do rio Urutago (Tabela 2).

Tabela 2: Atribuição de pesos de importância para cada classe de solo

Componente de Legenda	Peso
NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos	8
NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos	6
LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos	5

Em relação ao uso e ocupação do solo que tem ocorrido, grande parte da bacia apresenta vegetação densa, com pontos de cultura e solo exposto, a área urbana do município tem expandido ocupando parte significativa da bacia do rio Urutago.

Para a atribuição de pesos na reclassificação do mapa de uso e ocupação foi considerado que o solo exposto apresenta o maior peso para a erosão devido ao impacto das gotas de chuva, e as áreas com vegetação densa permitem a infiltração da água no solo, desfavorecendo o processo erosivo, portanto foi atribuído o menor peso (Tabela 3).

Tabela 3: Atribuição de pesos de importância para cada classe de uso e ocupação do solo

Componente de Legenda	Peso
-----------------------	------



Solo Exposto	10
Área Urbana	8
Cultura	4
Vegetação	1

O índice de vegetação varia entre -1 e +1, mas a áreas da bacia apresenta uma variação entre -0,065 e 0,580, portando a reclassificação considerou de +0,065 a 0,200 (áreas edificadas), 0,200 a 0,322 (solo exposto), 0,322 a 0,428 (vegetação arbustiva) e 0,428 a 0,580 (vegetação arbórea).

A susceptibilidade a erosão diminui com o aumento da densidade de vegetação, desta maneira a atribuição de pesos considerou que a área edificada apresenta maior probabilidade de erosão, em segundo o solo exposto e por fim a vegetação arbustiva e arbórea (Tabela 4).

Tabela 4: Atribuição de pesos de importância para cada classe do mapa do índice de vegetação

Componente de Legenda	Peso
Área Edificada (-0,065 a 0,200)	8
Solo Exposto (0,200 a 0,322)	6
Vegetação Arbustiva (0,322 a 0,428)	4
Vegetação Arbórea (0,428 a 0,580)	2

A utilização da técnica AHP permitiu identificar pesos de importância de cada mapa a ser considerado na combinação linear ponderada (Tabela 5). A consistência dos dados foi aceitável, de 1,7%.

Tabela 5: Pesos de importância atribuídos aos mapas

Critério	Peso
Declividade	30,3%
Uso e ocupação do solo	28,9%
Tipos de solo	20,4%
Índice de vegetação	20,4%

A combinação linear dos mapas de declividade, solo, uso e ocupação do solo e do índice de vegetação resultaram no mapa de susceptibilidade a erosão (Figura 2).

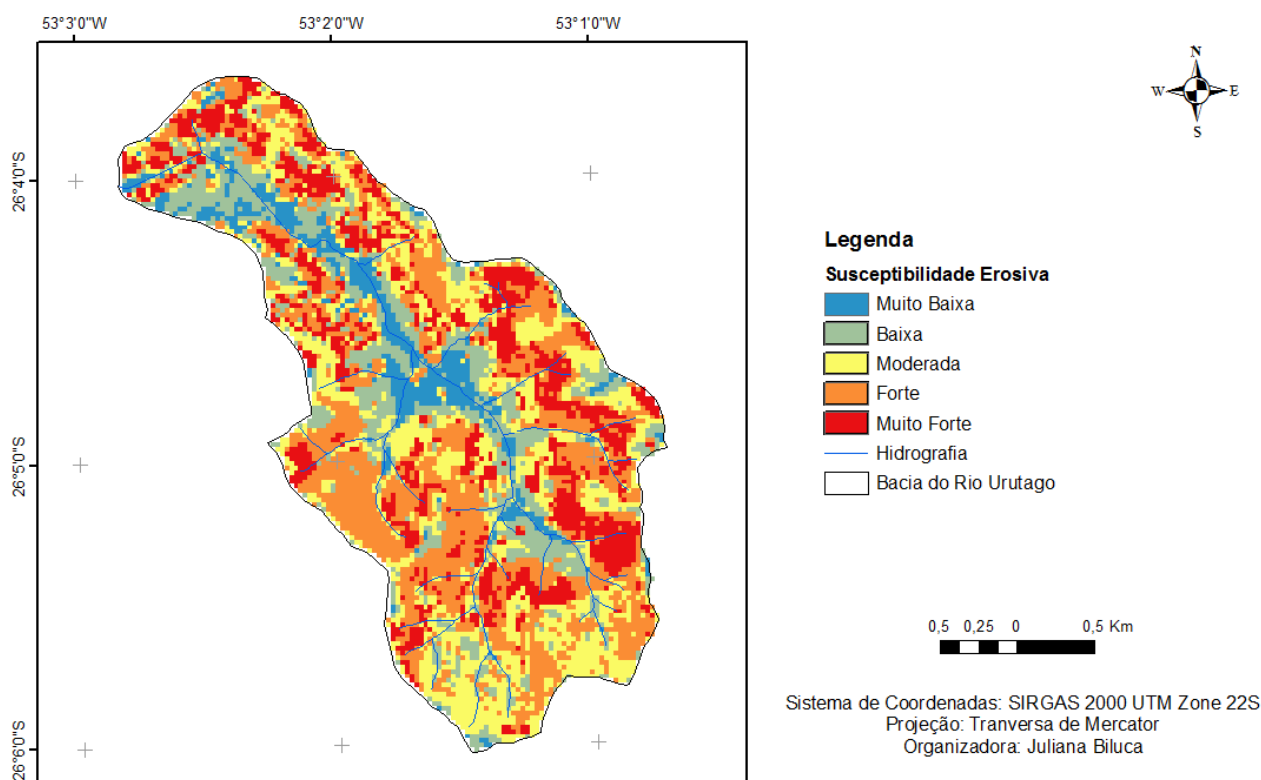


Figura 2: Mapa de susceptibilidade a erosão da bacia do rio Urutago

Com a conversão do mapa de susceptibilidade do formato raster para polígonos foi possível calcular a área de cada classe, sendo que 31% da bacia, a maior parte, apresenta forte susceptibilidade a erosão (Tabela 6).

Tabela 6: Tamanho das áreas susceptíveis a erosão

Susceptibilidade erosiva	m ²	% da bacia
Muito Baixa	424,75	6
Baixa	1.077,91	16
Moderada	1.934,84	28
Forte	2.184,14	31
Muito Forte	1.328,98	19

4 CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou um estudo do potencial de erosão do solo na bacia do Rio Urutago, utilizando técnicas de geoprocessamento e dados geoespaciais extraídos de imagens orbitais e de cartográficas existentes.

Ao analisar os resultados obtidos conclui-se que a maior parte da bacia, pertencente ao município de Francisco Beltrão, é classificada como susceptível à erosão com grau de moderado a muito forte, ou seja, 78% (setenta e oito por cento) da sua área está dentro desse intervalo de susceptibilidade erosiva.

Observa-se que a técnica apresentada mostra grande potencial nesse tipo de análise, bem como constitui-se em importante ferramenta que pode ser utilizada pelo poder público em atividade de planejamento e gestão territorial.



REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, R. de; ALMEIDA, J. A. P. de; FIGUEIREDO, E. E. de; SRINIVASAN, V. S.. Mapeamento do potencial de erosão laminar na Bacia do Rio Japarutuba, SE, via SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15 , n. 7, p. 731-740, 2011.
- BEZERRA, M. V. C.; SEILVA, B. B. da; BEZERRA, B. G. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, p. 709-717, 2011.
- BILUCA, J.; VANSAN, A. P.; AGUIAR, C. R.; TOMAZONI, J. C.. Uso do geoprocessamento no levantamento de áreas de preservação permanente (APP) das nascentes do rio Urutago em Francisco Beltrão – PR. **Anais...In: 10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, 2016.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2017
- CORVALÁN, S. B.; GARCIA, G. J.. Avaliação ambiental da APA Corumbataí segundo critérios de erodibilidade do solo e cobertura vegetal. **Geociências**. v. 30, n. 2, p. 269-283, UNESP – São Paulo, 2011.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006m 306 p. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>>. Acesso em 03 ago. 2017.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- GOEPEL, K. D. **DMPMSG modelo de AHP Excel com entradas múltiplas – versão XX**. Cingapura, 2013. Disponível em: <<http://bpmsg.com/new-ahp-excel-template-with-multiple-inputs/>>. Acesso em: 14 nov. 2016.
- GOMES, T. C.; TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E.; RUTHES, J. M.. Geoprocessamento aplicado à identificação de vulnerabilidade de solo urbano da cidade de Francisco Beltrão PR. **Anais... In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, 2013.
- ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. **Dados e informações geoespaciais temáticos**, 2008.
- MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. de. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise de degradação ambiental na microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Cratêus-CE. **Revista RA'EGGA – O espaço geográfico em análise**. v. 23, p. 520-533, 2011. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/raega/article/view/24919/16717>>. Acesso em: 04 out. 2016.



Encontro Internacional
de Produção Científica
24 a 26 de outubro de 2017

ISBN 978-85-459-0773-2

MINISTÉRIO DA DEFESA – EXÉRCITO BRASILEIRO. **Carta topográfica – Região Sul do Brasil**, folha SG-22-Y-A-II-2-NE MI-2861-2-NE. Brasília. Escala 1:25.000, 2011.

RAMIREZ, M. R.; SOUZA, J. M. de. Sistema Gerenciador de Banco de Dados em Sistemas de Informações Geográficas. In: MEIRELLES, Margareth Simões Penello et al (Eds.). **Geomática: Modelos e Aplicações Ambientais**. Brasília: EMBRAPA, 2007. p. 56-103.

SAATY, T. L. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process. **Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales**: Serie A. Matemáticas. v. 102, p. 251-318, 2008. Disponível em: <<http://www.rac.es/ficheros/doc/00576.PDF>>. Acesso em: 31 out. 2016.

TEKNOMO, K. **Analytic Hierarchy Process (AHP) Tutorial**, 2006. Disponível em: <<http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/AHP/index.html>>. Acesso em: 06 out. 2016.