

## Geotecnologias aplicadas à delimitação de corredores ecológicos entre unidades de conservação de proteção integral no estado de Rondônia

Aricson Garcia Lopes<sup>1</sup>  
Nicoly Dal Santo Svierzoski<sup>1</sup>  
Josiane de Brito Gomes<sup>2</sup>  
Marcos Leandro Nunes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Rondônia - UNIR  
Ji-Paraná - RO, Brasil  
aricson.garcia@gmail.com  
nicolydalsanto@hotmail.com  
marcosbatarelli@hotmail.com

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT  
Juína - MT, Brasil  
josiane.brito@jna.ifmt.edu.br

**Abstract.** With the intense occupation that occurred in the state of Rondônia in the twentieth century, there was considerable devastation of its natural resources. Since then, its forests have been altered and even eliminated, initially due to the commercial value of its faunistic and floristic biodiversity and more recently to give place to the various economic activities, with emphasis on livestock and grain agriculture. These actions result in forest fragmentation, which in turn causes the interruption of the flow of genes of several species, consequently decreasing or even extinguishing the number of species. Thus, the implementation of ecological corridors among forest remnants, such as conservation units, represent a promising strategy for the conservation of faunal and floristic biodiversity. In this context, the present work proposes the delimitation of ecological corridors between the conservation units Guaporé Biological Reserve and Corumbiara State Park, located in the southeast of the state of Rondônia, using geographic modeling by geotechnologies, using the Analytic Hierarchy Process (AHP). The results revealed seven proposals for ecological corridors, with an average length of 32.155 meters, an average width of 3.215,5 meters and an average area of 10.095,5 hectares. All the proposals are inserted in the limits of the municipality of Alta Floresta D'Oeste. Among the seven proposals, corridor "E" was the one that presented better environmental conditions, presenting 91,4% of its total area covered by forests.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, processamento digital de imagens, fragmentação florestal, modelagem geográfica.

**Keywords:** remote sensing, digital image processing, forest fragmentation, geographic modeling.

### 1. Introdução

Com a intensa ocupação ocorrida na Amazônia no século XX, houve uma significativa devastação de seus recursos naturais. Desde então, suas florestas vêm sendo alteradas e até mesmo eliminadas, inicialmente devido o valor comercial de sua biodiversidade faunística e florística e mais recentemente para dar lugar às diversas atividades econômicas.

De acordo com Garcia et al. (2013) especialmente no estado de Rondônia, as áreas de florestas naturais são removidas principalmente para a formação de pastagem e criação de gado bovino, que é a principal atividade econômica do estado. Tais processos resultam em uma crescente fragmentação dos ecossistemas naturais (CASTRO, 2004).

Nesse contexto, Neste contexto, torna-se importante o desenvolvimento de medidas que visem a mitigação dos impactos causados pela fragmentação florestal. Dessa forma, a implementação de corredores ecológicos (CEs) tornam-se uma importante ferramenta.

Conforme a Resolução nº 9 de 1996 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), o CE é definido como uma faixa de cobertura vegetal existente entre remanescente de vegetação primária, em estágio médio e avançado de regeneração, capaz de propiciar habitat ou servir de área de trânsito para a fauna residente nos remanescentes. Os CE

entre remanescentes constituem-se de faixas de cobertura vegetal existentes, nas quais seja possível sua interligação, em especial às UCs e áreas de preservação permanentes (APPs).

A fim de que estudos relacionados à delimitação de CEs sejam realizados, visto que são, geralmente, extensas áreas geográficas, faz-se o uso de geotecnologias para auxiliar na delimitação e identificação dos melhores locais para estabelecê-los, sendo fundamentais e proporcionando um resultado satisfatório (OLIVEIRA, 2012). As geotecnologias são importantes para a análise integrada da paisagem através de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Georreferenciadas - SIG (ROCHA et al, 2007).

Sendo assim, o presente trabalho propõe a delimitação de corredores ecológicos por método indireto, a partir do uso de modelagem de eventos terrestres por geotecnologias que serão descritos na metodologia.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde às unidades de conservação de proteção integral Reserva Biológica do Guaporé, o Parque Estadual (PE) de Corumbiara e a zona de entorno (buffer) de 10 quilômetros para ambas as unidades. A área está localizada na porção sudeste do estado de Rondônia, Amazônia Ocidental, abrangendo parte de oito municípios, sendo eles: São Francisco do Guaporé, Seringueiras, São Miguel do Guaporé, Alta Floresta D'Oeste, Alto Alegre do Parecis, Pimenteiras do Oeste, Cerejeiras e Corumbiara, conforme Figura 1.

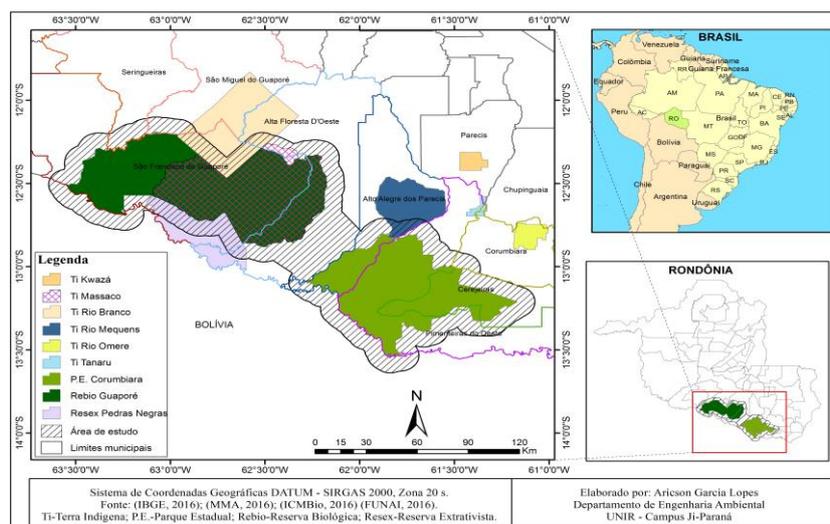


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

### 2.2. Procedimento Metodológico

Para a realização da modelagem do corredor ecológico utilizou-se a metodologia proposta por Louzada et al. (2010), que por sua vez faz uso do método Analytic Hierarchy Processes (AHP), desenvolvido por Thomas L. Satty na década de 70, método amplamente utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisões (MARINS et al., 2009).

A modelagem foi realizada no SIG ArcGis versão 10.3 (versão para estudantes). Para dar início à modelagem foram definidas as variáveis de entrada, sendo elas:

1. Uso e cobertura da terra;
2. Declividade;
3. Áreas de Preservação Permanente (Hidrografia e nascentes).

Vale ressaltar que para as áreas de preservação permanente foram considerados apenas as linhas de drenagem e as nascentes, sendo que, devido à impossibilidade de verificar a largura de cada linha de drenagem, foi considerada largura máxima de 10 metros. Desta forma, de

acordo com a Lei 12.651/2012 (Novo Código Florestal), a APP para corpos hídricos de até 10 metros de largura é de 30 metros em cada faixa marginal. Já para as nascentes, a APP foi delimitada com um raio de 50 metros.

Assim, a partir dos dados processados, foram atribuídos os custos de característica identificada nas variáveis de entrada. A Tabela 1 apresenta os custos de cada classe do uso e cobertura da terra.

Tabela 1. Custos de cada classe de uso da terra.

<b>Classes</b>	<b>Custos</b>	<b>Justificativas</b>
Floresta	1	Área com cobertura florestal conservada, consideradas propicia para a passagem de corredores ecológicos.
Cerrado	1	Área com vegetação característica do bioma cerrado, recomendada para passagem de corredores ecológicos por apresentar rica biodiversidade.
Área úmida	1	Área com características de pantanal, recomendada para passagem de corredores ecológicos por servir de abrigo para diversas espécies de fauna.
Água	1	Área adequada para integração dos corredores ecológicos, por ser lugar de dessedentação de animais e constituir em seu entorno área de preservação permanente.
Antropizado	100	Áreas consideradas barreiras para a implementação dos corredores ecológicos por se encontrarem em atividade agropecuária.
Nuvens	1	Classe nos entornos de florestas, logo se supõe que se não tivessem nuvens na imagem, seriam classificadas como floresta.
Afloramento rochoso	100	Área que não indicada para ser passagem de corredores ecológicos por ter características parecidas com áreas antropizadas.

Fonte: Adaptado de Louzada et al., (2010).

A Tabela 2 apresenta os custos para a declividade.

Tabela 2. Custos de cada classe da declividade.

<b>Declividade (graus)</b>	<b>Custos</b>	<b>Justificativas</b>
< 20	100	Áreas consideradas como agricultáveis, se enquadrando como barreiras para a passagem de corredores ecológicos.
20 a 45	50	Características de relevo fortemente ondulado, são áreas restritas para integrar os corredores ecológicos.
> 45	1	Área de preservação permanente, consideradas áreas propicias para passagem de corredores ecológicos.

Fonte: Adaptado de Louzada et al., (2010).

Para a variável APP, foi atribuído o custo máximo (100), por estas serem consideradas áreas ideais para passagem de corredores ecológicos.

Após a atribuição dos custos de cada variável, foi aplicado o método AHP, gerando os pesos de importância de cada variável para identificar a menor distância entre os fragmentos, considerando o menor custo, ou seja, os menores valores atribuídos a cada variável. A Tabela 3 apresenta a matriz de custos gerada pelo método AHP.

Tabela 3. Matriz de custos e pesos de cada variável.

Fatores	Declividade	APPs	Uso da terra	Pesos
Declividade	1	1/3	1/5	0,1061
APPs	3	1	1/3	0,2605
Uso da terra	5	3	1	0,6334

Fonte: Adaptado de Louzada et al., (2010).

Após a aplicação do método AHP, foram gerados os caminhos que apresentaram os menores custos para implementação dos corredores ecológicos. Após a delimitação das linhas de passagem dos corredores, delimitou-se a largura de sua faixa marginal, com base nos parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA nº 9 de 1996, o qual define que a largura do corredor ecológico deverá ser 10% do seu comprimento, não podendo ser inferior a 100 metros. Após a delimitação dos corredores e suas respectivas larguras, foram elaborados mapas temáticos de uso da terra e de localização de cada corredor.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Verificação da Acurácia de Classificação

A verificação da acurácia foi realizada através da análise da matriz de confusão gerada pelo SIG SPRING. Com base na matriz de confusão o SIG aplica o cálculo do desempenho geral e do índice KAPPA. Dessa forma, o índice KAPPA, a confusão média e o desempenho geral, que são descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Resultado da análise estatística descritiva da classificação.

Descrição	Resultado
Índice KAPPA	91.16%
Confusão média	4.77%
Desempenho geral	95.23%

Como pode ser observado, o índice KAPPA foi de 91,16%, de acordo com Fonseca (2000) esse valor é classificado como Excelente, evidenciando que amostras coletadas são condizentes com as imagens classificadas. O desempenho geral da classificação foi de 95,23% e a confusão média entre as classes, foi de 4,77%. Tais valores, assim como o índice KAPPA indicam que os resultados da classificação são satisfatórios, exprimindo bem a realidade da área estudada.

#### 3.2. Modelagem dos Corredores Ecológicos

Após a aplicação do método AHP, foi verificada a análise de consistência dos custos, que apresentou valor de 0,041. Segundo Louzada et al. (2010) o valor da análise de consistência deve ser menor que 0,1, sendo assim, o valor encontrado para este trabalho foi aceitável. O método supracitado resultou em uma proposta de sete corredores ecológicos (Figura 2). Sales (2015) utilizando da mesma metodologia obteve, a proposta de 14 corredores ecológicos entre terras indígenas na porção sudeste do estado de Rondônia.

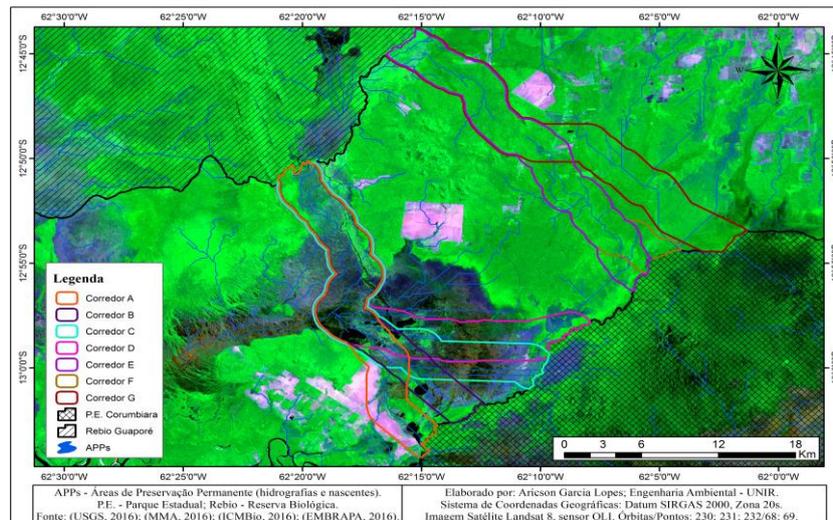


Figura 2. Mapa dos corredores ecológicos resultantes do método AHP.

É possível constatar que grande parte da área está conservada, ou seja, o mapeamento dos corredores foi tarefa mais de tomada de consciência da conservação. Não obstante, um fator de risco observado é a presença de uma estrada que perpassa a área, e que em algumas áreas está camuflada pela floresta.

Na porção central da área de análise observou-se áreas claras, certamente devido a presença de uma estrada. Como efeito, espera-se para os próximos anos um avanço da retirada da vegetação, que sempre ocorreu e ocorre em Rondônia a partir da abertura de uma estrada.

Como referido, a modelagem resultou em sete corredores ecológicos que conectam a REBIO Guaporé e o PE de Corumbiara, nomeados de corredores A, B, C, D, E, F e G. O comprimento médio destes foi de 32.155 metros, com largura média de 3.215,5 metros e área média de 10.095,5 hectares. Louzada et al. (2010) em estudo semelhante realizado no estado do Espírito Santo, obteve a proposta de seis corredores com médias de comprimento, largura e área de 15.010,5 metros, 1.501,05 metros e 2.044,4 hectares, respectivamente, que conectam os Parques estaduais de Forno Grande e Pedra Azul. Assim, as informações referentes aos corredores foram organizadas e apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Corredores ecológicos propostos pelo método AHP (em ordem crescente de tamanho).

Corredor	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (ha)
Corredor A	30.512	3051,2	9.174,36
Corredor B	29.755	2975,5	8.684,34
Corredor C	34.000	3400	11.220,62
Corredor D	34.878	3487,8	11.807,90
Corredor E	31.430	3143	9.492,86
Corredor F	31.178	3117,8	9.363,20
Corredor G	33.333	3333,3	10.925,64

Como pode ser observado, o corredor que apresentou maior comprimento e maior área foi o D, com 34,84 km de comprimento e 11.807,9 hectares de área e o corredor B apresentou as menores medidas, com 29,75 km de comprimento e área de 8.684,34 hectares. Como referido, para obtenção da largura do corredor foi seguida a Resolução CONAMA nº 09 de 1996, que especifica um comprimento de 10% da área. Outros estudos encontrados na literatura definiram larguras distintas. Nunes et al. (2005) utilizaram 90 metros e Altoé et al. (2005)

utilizaram 200 metros. Louzada et al. (2010), Saito et al. (2016) e Sales (2015) seguiram também a Resolução CONAMA nº 09.

Para a escolha da melhor proposta de corredor, foi relevante o mapeamento do uso e ocupação da terra em cada corredor (Figura 3); os dados do mapeamento foram organizados nas Tabelas 6 e 7.

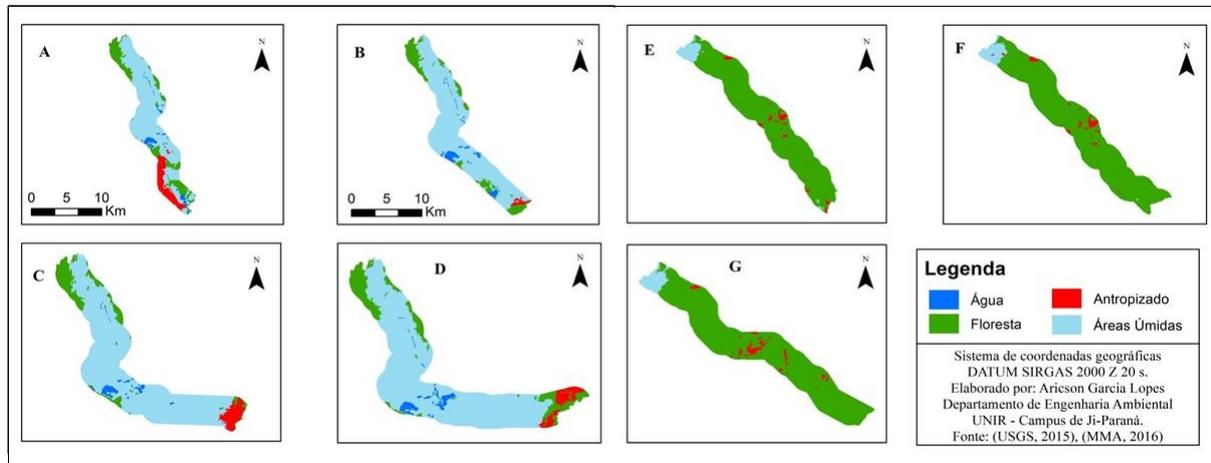


Figura 3. Mapa do uso e ocupação da terra nos corredores ecológicos.

Tabela 6. Uso e ocupação da terra em cada corredor ecológico.

Classes	Corredores Ecológicos - área de cada classe (ha)						
	A	B	C	D	E	F	G
Floresta	1.647	1.257,12	1.308,33	1.697,13	8.696,54	8.590,95	9.966,42
Área úmida	6.331,50	6.994,53	9.151,20	9.332,82	591,67	563,04	618,93
Antropizado	888,21	116,73	521,46	449,37	237,75	243,09	372,69
Água	349,29	347,4	265,5	353,43	0	0	0

Tabela 7. Percentual do uso e ocupação da terra em cada corredor ecológico.

Classes	Corredores Ecológicos - Percentual de cada classe						
	A	B	C	D	E	F	G
Floresta	17,9%	14,4%	11,6%	14,3%	91,4%	91,3%	91,0%
Área úmida	68,7%	80,3%	81,4%	78,9%	6,2%	6,0%	5,6%
Antropizado	9,6%	1,3%	4,6%	3,8%	2,5%	2,6%	3,4%
Água	3,8%	4,0%	2,4%	3,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Analisando as Tabelas 6 e 7 foi possível constatar que o corredor A apresentou maior área antropizada enquanto que o corredor B apresentou a menor. Porém, como já referido, o corredor B, assim como os corredores A, C e D possuem em sua maior parte, áreas úmidas, que no período de seca podem vir a ser utilizadas como pastagem para o gado bovino. Porém, segundo Santos (2008), as áreas úmidas apresentam grande diversidade de espécies faunísticas. Pode-se destacar o Cervo do pantanal - *Blastocerus dichotomus*, espécie ameaçada de extinção encontrada na REBIO Guaporé e que tem como seu habitat as áreas alagadas (ICMBio, 2016).

Os corredores E, F e G destacaram-se por apresentar as maiores áreas de floresta, correspondendo a 91,4 %, 91,3% e 91% respectivamente. Estas áreas podem ser consideradas corredores já implantados caso não ocorra alteração significativa na vegetação. Porém em campo foi possível observar áreas de ocupação na parte sobreposta dos respectivos

corredores, aparentemente grileiros. Como as imagens analisadas foram referentes ao ano de 2015, sugere-se que as ocupações ocorreram no ano 2016.

Após a análise dos dados, constatou-se que a melhor opção para efetiva implementação é o corredor “E”, pois apresenta uma contígua área de floresta preservada, apresenta também a maior área de APPs e menor área antropizada dentre os corredores mais ao norte. Considerou-se relevante o avanço da agropecuária no município de Alta Floresta D’Oeste, onde estão inseridos os corredores, tendo em vista que estão mais próximos às áreas antropizadas, o que sugere que em breve possa haver a conversão florestal em pastagens para criação de gado bovino. Assim, torna-se importante à implementação de tal corredor que servirá de rota para diversas espécies e para promover o uso sustentável dos recursos.

#### 4. Conclusões

A partir dos resultados foi possível constatar que a expansão das atividades agropecuárias, na porção central da área de estudo tem se tornado uma grande ameaça à conservação dos recursos naturais, sendo que os pecuaristas realizam o desmate das áreas de floresta para o desenvolvimento de pastagens, fazendo com que ocorra a compactação do solo, devido ao pisoteio do gado bovino, assim, acelerando os processos erosivos e o assoreamento dos corpos hídricos, bem como a perda de nutrientes do solo e a alteração da qualidade da água superficial.

Em relação aos corredores ecológicos, a metodologia utilizada se mostrou satisfatória, na qual originou a proposta de sete corredores, denominados corredores A, B, C, D, E, F e G. Destes, o corredor que apresentou as melhores condições ambientais para sua efetiva implementação foi o corredor E, sendo que apresentou 91,4% de sua área coberta por florestas e 2,6% de área antropizada, e ainda que está próxima às áreas antropizadas, identificadas em campo como sendo áreas de pastagem para criação de gado bovino.

Nesse contexto, a implementação do corredor aqui proposto, além de garantir a manutenção das populações biológicas e a conectividade entre as áreas protegidas, ainda servirá como unidade de planejamento, possibilitando o uso sustentável dos recursos naturais ali presentes.

Adicionalmente, sugere-se em uma posterior pesquisa, realizar o levantamento faunístico e florístico da área, identificando as espécies ali presentes para ampliar o entendimento da dinâmica ecossistêmica de cada espécie e realizar a gestão ambiental do corredor de acordo com as características de cada espécie da fauna e flora presentes.

#### Referências Bibliográficas

ALTOÉ, R. T.; OLIVEIRA, J. C.; RIBEIRO, C. A. Sistema de Informações Geográficas na Definição de Corredores Ecológicos para o Município de Conceição da Barra. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. *Anais...* Goiânia. INPE, p. 1322-1328, 2005.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 maio 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm)>. Acesso em: 09 de abril de 2016.

CASTRO, G. C.; **Análise da estrutura, diversidade florística e variações espaciais do componente arbóreo de corredores de vegetação na região do Alto Rio Grande, MG**. UFLA: 2004, p. 83. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, MG, 2004. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/lcb/lerf/divulgacao/recomendados/dissertacoes/castro2004.pdf>> Acesso em 10 de maio de 2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 009, de 24 de outubro de 1996**. Define “corredor de vegetação entre remanescentes” como área de trânsito para a fauna.. Brasília, DF.

Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=208>> Acesso em: 14 de fevereiro de 2016.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens.** (Tutorial) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), p. 105, 2000.

GARCIA, L. S.; SANTOS, A. M.; FOTOPOULOS, I. G.; FURTADO, R. S. Fragmentação florestal e sua influência sobre a fauna: Estudo de Caso na Província Ocidental da Amazônia, Município de Urupá, Estado de Rondônia. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR. INPE, 2013, p. 3163 – 3170. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0904.pdf>>. Acesso em: 08 de março de 2016.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. **Mapas Temáticos e Dados Geostatísticos das Unidades de Conservação Federais.** 2016. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/portal/geoprocessamentos/51-menu-servicos/4004-downloads-mapa-tematico-e-dados-geostatisticos-das-uc-s>> Acesso em 12 de março de 2016.

LOUZADA, F. L. R. O; SANTOS, A. R; SILVA, A. G. **Delimitação de Corredores Ecológicos no ArcGIS 9.3.** Alegre - ES: CAUFES, 2010. p. 50. ISBN 978-85-61890-11-7. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/DelimitacaoCorredoresEcologicosArcGIS93.htm>>. Acesso em 16 de março de 2016.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, MAGNO. S.; O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso. In: XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisas Operacionais – SBPO. **Anais...** Porto Seguro, BA. 2009, p. 1778 – 1788. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2009/artigos/55993.pdf>> Acesso em: 26 de julho de 2016.

NUNES, G. M.; SOUZA FILHO, C. R.; VICENTE, L. E.; MADRUGA, P. R.; WATZLAWICK, L. F. Sistema de Informações Geográficas aplicados na Implantação de Corredores Ecológicos na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Vacacal-Mirim - RS. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Goiânia. INPE, p. 3183-3189, 2005.

OLIVEIRA, A. P. G.; **Uso de Geotecnologias na Identificação de Corredores de Biodiversidade.** UFMS: 2012, p. 71. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato grosso do Sul. Campo Grande, MS, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.cbc.ufms.br:8080/jspui/bitstream/123456789/2183/1/Ana%20Paula%20Garcia%20Oliveira.pdf>> Acesso em 10 de maio de 2016.

ROCHA, C. C.; SILVA, A. B.; NOLASCO, M. C.; ROCHA, W. F.; Modelagem de Corredores Ecológicos em ecossistemas fragmentados utilizando Processamento Digital de Imagens e Sistemas de Informações Georreferenciadas. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Florianópolis, SC. INPE, 2007, p. 3065 – 3072. Disponível em: <<http://mart.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.10.51/doc/3065-3072.pdf>>. Acesso em: 08 de março de 2016.

SAATY. T. H. A scaling method form priorities in hierarquical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v.15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SAITO, N. S.; MOREIRA, M. A.; SANTOS, A. R.; EUGENIO, F. C.; FIGUEIREDO, A. C. Geotecnologia e Ecologia da Paisagem no Monitoramento da Fragmentação Florestal. **Revista Floresta e Ambiente.** v. 3, n. 9, p. 1 – 10, 2016.

SALES, M.S. **Proposta de delimitação de corredores ecológicos entre terras indígenas na área de transição Amazônia/cerrado em Rondônia.** UNIR, 2015. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Ji-Paraná – RO; Universidade Federal de Rondônia, 2015.

SANTOS, A. M. O uso da terra e as implicações sócio-ambientais na zona úmida do rio Araguaia, estado de Goiás, Brasil. **Finisterra, XLIII**, p. 91-106, 2008.