

Inserção do planejamento ambiental na avaliação de áreas para ocupação urbana no município de Formosa – GO

Hélio Guilherme de Almeida Lara ¹
Daiana Lira de Araujo ¹
Wagner Santos de Almeida ¹

¹ Universidade de Brasília - UnB
CEP 70910-900 - Brasília - DF, Brasil
helioguilherme@hotmail.com
daiana_lira@hotmail.com
wagnersa_98@yahoo.com.br

Abstract.

Historically, urban occupation process has occurred in a disorderly, neglected manner, separated from an urban planning that accounts for the environment's potentialities and fragilities. Furthermore, urban land speculation and social inequalities impair the access to dwellings in adequate locations. Consequently, there is a population concentration in risk areas, in general, without the minimum infrastructure; apart from the increasing environmental degradation. In this sense, it is beneficial the articulation between various federative entities, as occurs with RIDE/DF (Integrated Region for Development/Federal District), which focus on, amongst others, territorial ordaining and environmental protection in the areas of interest. Therefore, the present study aims to assess urban occupation in the Formosa municipality, Goiás, through generating a map of urban expansion aptitude, done with multi-criteria analysis tools. For that end, it was gathered potentialities and restrictions in the physical environment, as well as legal issues associated with the occupied areas and the predicted urban occupation. From the results it was concluded that Formosa presents a Strong restriction to urban expansion, considering the municipality is established in an area surrounded by various factors – natural and political – that prevents said expansion, making the inner city a preferential axis for growth. The non-compliance to the Master Plan's directives, as well as to the Zoning, were critical issues identified by this study. Therewithal, GIS tools demonstrated themselves to be an effective tool in the combination of occupation criteria.

Palavras-chave: Análise multicritério, geoprocessamento, mapa de aptidão, multicriteria analysis, geoprocessing, aptitude map.

1. Introdução

A partir das décadas de 1930 e 1940, iniciou-se o tardio processo de urbanização nos países em desenvolvimento. Em função disso, houve uma súbita evolução da população urbana no Brasil. Essa tendência, no entanto, vem sendo acompanhada por diversos problemas, devido, principalmente, ao fato de a expansão urbana não planejada ainda ser uma realidade comum ao longo do país. Havendo, com isso, frequente ocupação de áreas de proteção ambiental e também de áreas de risco (onde se incluem regiões sujeitas a inundações ou a processos erosivos).

Nesse contexto, a formulação de políticas públicas urbanas adequadas é fundamental, incluindo-se as relativas ao uso e ocupação do solo urbano, à habitação e à infraestrutura, visando contribuir para a construção de ambientes urbanos equilibrados, tanto do ponto de vista social quanto ambiental (Honda et al., 2015).

O planejamento ambiental é empregado em processos de decisão que levem em consideração fatores naturais e socioeconômicos, inclusive para a avaliação das possibilidades de uso do território. Sendo imprescindível na minimização dos problemas urbanos associados à desorganização em que se dá o crescimento das cidades. O que é realçado por Merenda (2011) e Nascimento (2008), que afirmam que o estudo das características ambientais, físicas, sociais e econômicas do território urbano gera conhecimento necessário à tomada de decisão

na orientação da expansão urbana, visando garantir uma ocupação racional dos espaços, a prevenção de impactos ambientais e a prevenção de conflitos entre os atores sociais.

O uso e ocupação do solo, bem como a proteção ao meio ambiente são algumas das áreas de interesse da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE-DF), que tem como efeito a articulação da ação administrativa da União, do Distrito Federal (DF) e dos Estados de Goiás (GO) e Minas Gerais. Dentre os municípios goianos abrangidos por ela está o Município de Formosa, o qual será objeto deste estudo de caso.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho é avaliar, baseado em um enfoque de sustentabilidade ambiental, o ordenamento urbano vigente na cidade de Formosa - GO. Para tanto, será gerado um mapa de aptidão à ocupação urbana através de uma análise multicritério, a partir do qual será analisada a adequação do zoneamento urbano e as áreas de possíveis ocupações futuras.

2. Metodologia de Trabalho

Para a realização da metodologia, a priori, foi necessário o levantamento de dados, em sua maioria, secundários. Além disso, como base legal, importante para se legitimar a aplicação da metodologia, foram utilizadas as seguintes leis municipais, estaduais e federais:

- Lei Federal nº 6.766/1979 – Parcelamento do solo para fins urbanos;
- Lei Federal nº 10.257/2001 – Estatuto da Cidade;
- Lei Municipal nº 251/2004 – Plano Diretor do Município de Formosa – GO;
- Lei Federal nº 12.651/2012 – Novo Código Florestal.
- Lei Estadual nº 18,104/2013 – Política Florestal do Estado de Goiás;

Os dados físicos levantados estão apresentados na Tabela 1, assim como seus níveis de detalhamento e suas respectivas fontes. Outras informações relativas à aptidão do meio físico foram obtidas através do levantamento bibliográfico de trabalhos com natureza semelhante (Nascimento, 2008 e Jhon et al., 2013).

Para o processamento dos dados e elaboração dos mapas, utilizaram-se os seguintes sistemas de informações geográficas (SIG): SPRING, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em sua versão 5.2.6.; e ArcGis, desenvolvido pela ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), em sua versão 10.2.2 *trial*.

Tabela 1 – Dados físicos

Dado	Nível de Detalhamento	Fonte
Mapa de Pedologia	Escala de 1:250.000	Secretaria de Planejamento e Coordenação de Goiás (SEPLAN), 1994
Mapa de Geologia	Escala de 1:250.000	SEPLAN, 1994
Imagens dos Satélites <i>RapidEye</i>	Resolução de 5 m	Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2011
Modelo Digital do Terreno (MDT)	Resolução de 30 m	National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2015
Mapa do Zoneamento Urbano	Resolução de	Plano Diretor Local (Formosa, 2004)

2.2. Mapa de aptidão à expansão urbana

O mapa de aptidão à expansão urbana tem por objetivo definir espacialmente as regiões mais favoráveis à ocupação urbana de acordo com as características físicas do meio. Durante sua formulação, buscou-se respeitar rigorosamente a legislação vigente, bem como às recomendações da literatura adotada.

2.2.1. Obtenção dos critérios

Para utilização da análise multicritério, foram selecionados seis critérios escolhidos com base na literatura. São eles: pedologia, geologia, declividade, distância da infraestrutura existente, uso e cobertura do solo, e áreas de restrições ambientais e legais.

O mapa temático de uso e ocupação do solo foi gerado através do SPRING, a partir do mosaico de imagens do Satélite *RapidEye*, aplicando-se a metodologia proposta por Almeida et al. (2012). Já o mapa de declividade foi gerado no ArcGis a partir do MDT, com o auxílio da ferramenta *Slope*, gerando uma imagem matricial com informações de declividade em porcentagem, conforme metodologia de Almeida et al. (2012).

O mapa de distância da infraestrutura foi feito também no ArcGis a partir das informações do perímetro urbano adensado (área do perímetro urbano municipal atualmente ocupada) e de rodovias. Para tanto, se estabeleceu uma faixa radial de atração à ocupação urbana de 3 km do perímetro adensado (Nascimento, 2008), discretizada de 50 em 50 m através da ferramenta *Multiple Ring Buffer*. Também foi definida uma faixa de 500 m de influência para as rodovias, com a ferramenta *Buffer*.

O mapa de restrições ambientais e legais, também gerado no ArcGis, foi feito respeitando-se a legislação apresentada no item 2.1. Nos casos das restrições de áreas de preservação permanente (APP), foi usada a ferramenta *Buffer*, e para as restrições de declividade fez-se uma classificação da simbologia do mapa de declividade. Foram também inseridas as zonas de restrição à ocupação determinadas pelo zoneamento instituído pelo Plano Diretor (PD).

Os dados utilizados foram organizados em mapas temáticos projetados no sistema SIRGAS 2000, zona UTM (*Universal Transversa de Mercator*), latitude padrão 23° Sul.

2.2.2. Aplicação da análise multicritério

Com a finalidade de elaborar o mapa de aptidão à ocupação urbana, foi escolhida a análise multicritério baseada nos métodos *fuzzy*, booleano e combinação linear ponderada, associados à técnica AHP (*Analytical Hierarchy Process*) para definição dos pesos de cada critério no mapa final.

Utilizou-se a lógica booleana na padronização no mapa de restrições ambientais e legais, único critério restritivo, onde foi associado 0 para as zonas restritas e 1 para as demais. Os outros critérios, classificados como fatores, receberam notas de aptidão variando na faixa de 1 a 5 (sendo 5 o valor de máxima aptidão), tendo sido estabelecidas com base na literatura.

A ponderação dos fatores foi instituída de acordo com a maior ou menor influência frente a sua importância de favorabilidade à expansão urbana (Nascimento, 2008). Utilizou-se para tanto, a técnica AHP, cujo procedimento foi detalhado por Araujo e Lara (2015). O resultado dessa etapa é uma equação linear, cujas variáveis são os critérios.

Para a aplicação da equação obtida, foi necessário, a priori, que alguns dos critérios fossem convertidos para o formato matricial, permitindo o cálculo através da ferramenta *Raster Calculator*, do ArcGis, obtendo-se, por fim o mapa de aptidão à ocupação.

3. Resultados e Discussão

3.1. Padronização dos critérios

Os resultados da padronização dos critérios estão refletidos nas Tabelas 2 a 6, juntamente com as observações determinantes no julgamento das aptidões.

Tabela 2 – Resultados das classes qualificadoras do mapa de distância de infraestruturas

Áreas	Distância (km)	Notas (1 - 5)	Aptidão	Observações
-------	----------------	---------------	---------	-------------

Adensadas	0	5	Ótima	Áreas dentro do perímetro adensado Custos para implantação de infraestruturas, como saneamento ambiental, e o relacionado à operação e circulação de transportes, aumentam com a distância (Nascimento, 2008)
Rodovias	0 → 0,5			
Infraestruturas Existentes	0 → 3	5 → 1*	De ótima a escassa	
Distâncias Maiores	> 3	1	Escassa	

*Lógica fuzzy discretizada.

Tabela 3 – Resultados do mapa de declividade reclassificado

Declividade (%)	Nota (1 - 5)	Área		Aptidão	Observações
		km ²	%		
0 < S ≤ 2	4	6,79	2,40	Boa	Risco de inundações e dificuldades de instalação de redes de esgoto e drenagem pluvial (Nascimento, 2008)
2 < S ≤ 5	5	33,05	11,69	Ótima	Favoráveis à ocupação
5 < S ≤ 10	4,5	77,27	27,34		
10 < S ≤ 15	3,5	63,15	22,34	Boa	A intensificação da declividade aumenta a suscetibilidade à erosão (Jhon <i>et al.</i> , 2013)
15 < S ≤ 20	3	41,10	14,54	Média	
20 < S ≤ 25	2	23,69	8,38	Baixa	
25 < S < 30	1,5	13,92	4,93	Escassa	
> 30	1	23,71	8,39		

Tabela 4 – Resultados do mapa de uso e cobertura do solo reclassificado

Classes	Nota (1 - 5)	Área		Aptidão	Observações
		km ²	%		
Área Urb. Densa	5	35,22	12,46	Ótima	Áreas já adensadas devem ser priorizadas para aumento da densidade demográfica
Área Urbana Menos Densa					Áreas já impactadas, favoráveis à ocupação (Jhon <i>et al.</i> , 2013)
Solo Exposto					Áreas já impactadas com boa aptidão à urbanização (Jhon <i>et al.</i> , 2013)
Pastagem	4	62,5	22,11	Boa	Vegetações nativas com prioridade à conservação (Formosa, 2003)
Cerrado	3	134,93	47,73	Média	Necessária para abastecimento alimentar
Cerradão					
Agricultura	2	26,61	9,42	Baixa	Conservação da hidrografia e refúgio da fauna silvestre (Jhon <i>et al.</i> , 2013)
Mata Ciliar	1	23,4	8,28	Escassa	Preservação da hidrografia
Água					

Tabela 5 – Resultados para o mapa de geologia reclassificado

Classes	Nota (1 - 5)	Área		Aptidão	Observações
		km ²	%		
Cob. Terciária/ Quaternária	5	143,28	50,69	Ótima	Propícia à ocupação (Nascimento, 2008)
Grupo Bambuú	4	129,83	45,93	Boa	Em alguns casos, a formação de cavidades subterrâneas pode causar risco à fundação das obras de maiores portes (SEDHAB, 2012)
Grupo Paranoá					
Cobertura Quaternária	1	9,56	3,38	Escassa	Quando Aluvião, localizam-se em áreas sujeitas a inundações (Nascimento, 2008)

Tabela 6 – Resultados do mapa de pedologia reclassificado

Classes	Nota (1 - 5)	Área		Aptidão	Observações
		km ²	%		
Latosolo vermelho- escuro	5	163	57,66	Ótima	Favoráveis à ocupação (SEDHAB, 2012)
Latosolo vermelho- amarelo					
Cambissolo	2	118,58	41,95	Baixa	Pouco desenvolvidos, mais suscetíveis à erosão (SEDHAB, 2012)
Solo Litólico					Apresenta limitação para ocupação urbana (SEDHAB, 2012)
Solo Aluvial	1	1,09	0,39	Escassa	Pouco desenvolvidos, risco de inundação e às fundações das obras de engenharia (SEDHAB, 2012 e Jhon <i>et al.</i> , 2013)

Quanto às áreas do mapa de restrição, consideram-se as seguintes informações: APP de 30 m para corpos d'água de até 10 m de largura; Declividade acima de 30%; Zoneamento: parques urbanos, ZI, ZSE e ZPA; Área exclusiva, destinada à base de treinamento do exército. A área total das restrições chegou a 99,8 km², cerca de 35,3% da área de estudo. O que demonstra a relevância desse critério como barreira à expansão urbana da região.

3.2. Método AHP e Modelo Matemático

O método AHP foi aplicado para obter os pesos, ou importâncias, dos fatores e elaborar o modelo matemático que gerou o mapa final de aptidão à expansão urbana. Inicialmente, gerou-se uma tabela de comparação pareada, onde os critérios foram criteriosamente comparados dois a dois a partir de uma escala proposta por Saaty (1977, apud Araujo e Lara, 2015), estabelecendo a relação de importância que o fator da linha tem sobre o da coluna. A Tabela 7 traz a matriz final do método, já com os seus respectivos pesos na última coluna.

Tabela 7 – Matriz normalizada de definição dos pesos pelo método AHP

Atributos	Geolog.	Pedolog.	Declivid.	Infraest.	Uso do Solo	PESOS
Geologia	0,043	0,027	0,027	0,038	0,066	0,040
Pedologia	0,130	0,081	0,044	0,088	0,092	0,087

Declividade	0,217	0,243	0,133	0,088	0,153	0,167
Infraest.	0,304	0,243	0,398	0,263	0,230	0,288
Uso do Solo	0,304	0,405	0,398	0,525	0,460	0,419

A razão de consistência foi de 0,043. Por estar abaixo de 0,1, indica que os podem ser implementados. Verifica-se que os fatores distância de infraestruturas existentes e uso e cobertura do solo ficaram com os maiores pesos, chegando a mais de 70% da importância. Essa discrepância se deve ao fato de os mapas com maiores escala e influência no planejamento ambiental terem sido favorecidos na comparação pareada.

O mapa de uso e cobertura do solo é primordial no reconhecimento de áreas com vegetação nativa, assim como de áreas já impactadas e/ou com infraestruturas, que mais se adequam à expansão urbana. Os mapas de declividade e pedologia possuem suma importância nos processos erosivos, deslizamentos, inundações e nas instabilidades das fundações. Entretanto, a baixa escala desses fatores os desfavoreceram na comparação com o uso do solo e distância de áreas com infraestruturas. Caso possuíssem maior precisão, teriam maior influência no modelo matemático final. Também, o mapa de geologia apresentou baixo peso, devido principalmente à sua baixa escala, este fator teve o menor peso dentre os cinco.

Finalmente, pôde-se chegar ao modelo matemático usado na geração do mapa de aptidão à expansão urbana, adicionando as restrições, que funcionaram como uma máscara, onde as áreas em que o valor das restrições era igual a zero ficaram inaptas (Equação 1).

$$[(Geo.*0,040)+(Ped.*0,087)+(Dec.*0,167)+(Infra.*0,288)+(Uso*0,419)]*Restrições \quad (1)$$

3.3. Mapa de aptidão à expansão urbana

A Figura 1 mostra o prosseguimento para a formulação do mapa de aptidão à expansão urbana, com os critérios, suas classes de aptidão e seus respectivos pesos no modelo matemático. O resultado final é mostrado na Figura 2, com as classes de aptidão: ótima (4 a 5), boa (3 a 4), média (2 a 3), baixa (1 a 2), escassa (0 a 1) e inapta (0). Grande parte da área de estudo ficou classificada como inapta ou com baixos níveis de aptidão. Destaque para a região ao norte, que possui relevo bastante acidentado e grande número de corpos hídricos e, portanto, de APPs.

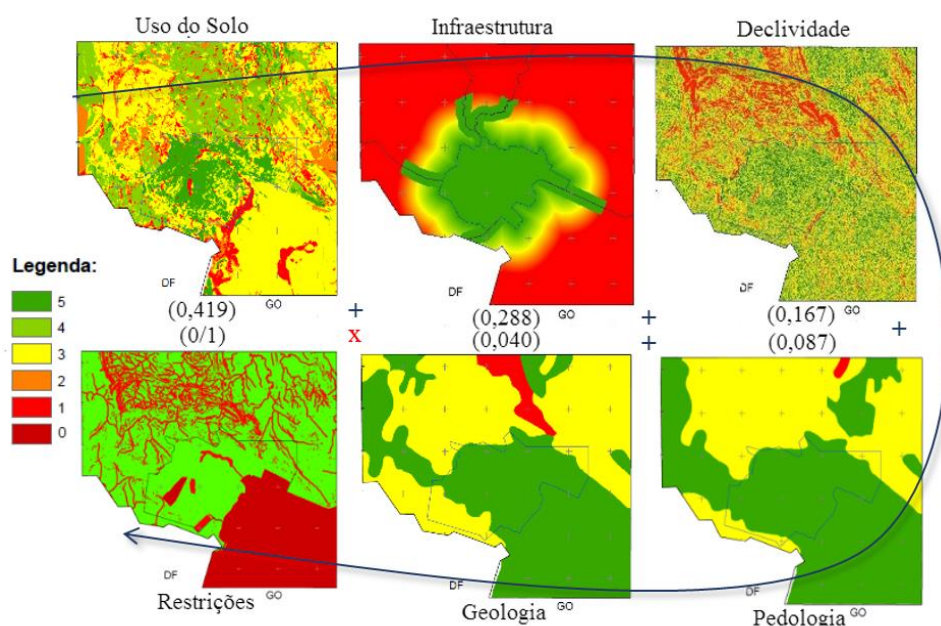


Figura 1 – Componentes do mapa de aptidão

As regiões periféricas do perímetro urbano também apresentaram baixas favorabilidades para expansão urbana, o que pode vir a ser um problema para o crescimento populacional, visto que a região não tem muitas possibilidades de expansão, contando a sudeste, com a restrição da área do Exército, e a sudoeste com a divisa com o Distrito Federal. Além do mais, nota-se que porções consideráveis dentro do perímetro urbano foram classificadas como de média, baixa ou escassa aptidão. O que sugere a baixa adequação ambiental do perímetro proposto pelo PD.

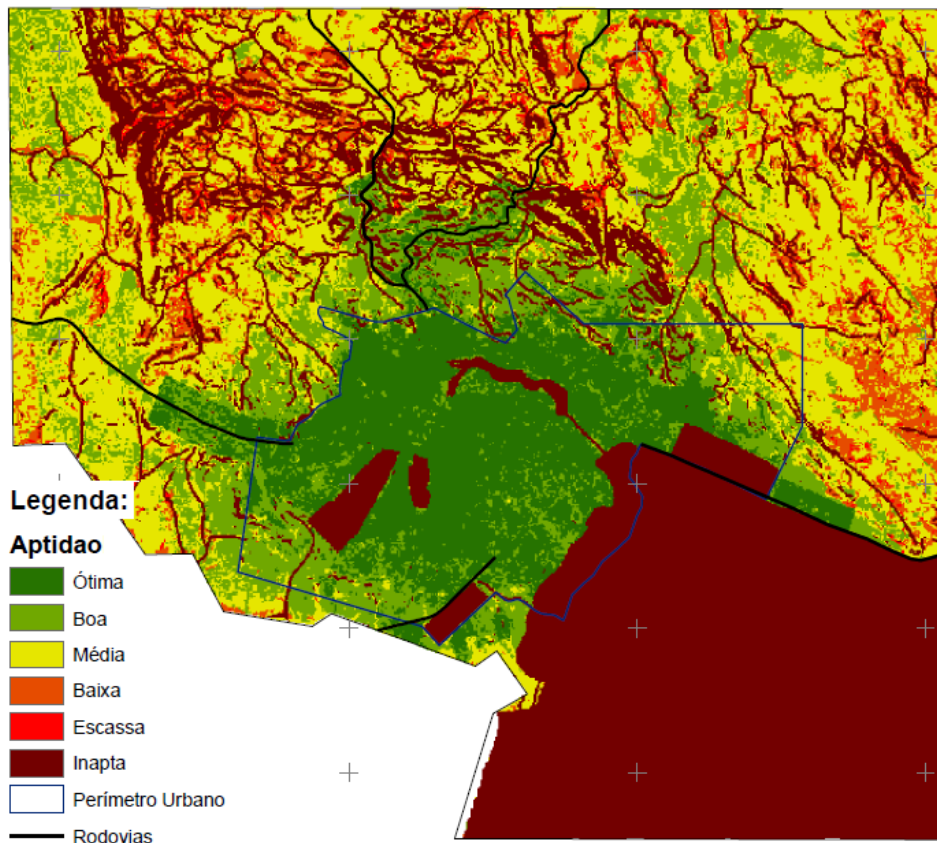


Figura 2 – Mapa de aptidão à Expansão Urbana

4. Conclusões

O mapa de aptidão à ocupação urbana ressaltou algumas incoerências verificadas no zoneamento proposto pelo PD. Sendo a principal delas, a incorporação de uma série de áreas inadequadas – seja pelo alto risco associado a elas ou ao caráter de proteção ambiental – à zona destinada à expansão urbana.

Com relação à expansão do perímetro urbano, o mapa de aptidão confirmou o diagnosticado pelo PD no que diz respeito às limitações impostas a ampliação da cidade, o que se dá devido a diversos aspectos físicos da região, em especial, no que diz respeito ao relevo e à presença de diversos córregos e áreas de vegetação nativa. Além dos aspectos políticos e legais, vinculados à área do Exército e a divisa com o Distrito Federal.

Dessa forma, para desenvolvimento do Município, se mostra necessário um aumento da densidade demográfica urbana. Entretanto, esse aumento deve ser dentro dos limites viáveis, porquanto que, a partir de certo ponto, a literatura aponta que a densidade pode trazer prejuízos ambientais e socioeconômicos que sobrepõem as vantagens.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, do Ministério das Cidades, que no contexto do Termo de Execução Descentralizada, firmado com a UnB, para desenvolvimento do Estudo “Diagnóstico de Saneamento Básico das Regiões Integradas de Desenvolvimento (RIDES) do Brasil” propiciou as idas a campo e respaldo institucional para desenvolvimento de etapas da presente pesquisa.

Referências Bibliográficas

Almeida, W. S.; Souza, N. M.; De Carvalho, J. C. Produção de carta geotécnica preliminar e capacidade de infiltração de água no solo em uma área do entorno do reservatório da usina hidrelétrica Corumbá IV (GO). In: DE CARVALHO, J. C (Org.). **Tópicos sobre infiltração: teoria e prática aplicadas a solos**. Brasília: Universidade de Brasília, 2012, v.4, p. 587-612.

Araujo, D. L.; Lara, H. G. A. **Planejamento ambiental na concepção de rede de distribuição de água: estudo de caso de Formosa – GO**. 2015. 132 p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de Brasília, Brasília. 2015.

Formosa. Lei Municipal nº 251, de 20 de dezembro de 2004. Dispõe sobre a instituição do Plano Diretor e dá outras providências.

Honda, S. C. A. L, Vieira, M. C., Albano, M. P., Maria, Y. R. Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP). **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.7, n.1, 62-73, 2015.

Jhon, M. H., Orlando, M., Jórdan, M. V. J., Andrés, A. H. C. Áreas de expansión urbana em Tovar, estado Mérida – Venezuela. **Revista Geográfica Venezolana**, v.54, n.2, 241-257, 2013.

Merenda, R. **Análise Temporal do Uso e Ocupação do Solo Mediante Classificação Digital, no Parque Estadual de Vila Velha**. Ponta Grossa, 13 p., 2011. Trabalho de Conclusão de Curso 1 (Geografia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Nascimento, V. M. L. C. **Cartografia das áreas favoráveis à ocupação urbana no município de João Pessoa/PB utilizando sistema de informações geográficas**. 2008. 128 p.. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2008.

SEDHAB. Secretaria de Desenvolvimento Urbano, Regularização e Habitação. “Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal”. Brasília, DF, 128p, 2012.

SEPLAN. Secretaria de Planejamento e Coordenação de Goiás. “Zoneamento Ecológico-Econômico da Área do Entorno do Distrito Federal”. Goiânia, GO, 192p, 1994.