



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG

**ANÁLISE DE SUSCEPTIBILIDADE A ALAGAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIACHO FUNDO – DISTRITO FEDERAL POR MEIO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
GEOGRÁFICA - SIG**

Stefano Babinski Neto

Prof. MSc. Gervásio Barbosa Soares Neto

Orientador

Brasília

Janeiro, 2015

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG**

**ANÁLISE DE SUSCEPTIBILIDADE A ALAGAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIACHO FUNDO – DISTRITO FEDERAL POR MEIO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
GEOGRÁFICA - SIG**

**Artigo apresentado ao curso de Pós-graduação de
Especialização em Geoprocessamento Ambiental da
Universidade de Brasília, como requisito parcial para
obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento
Ambiental**

Orientador: Prof. MSc. Gervásio Barbosa Soares Neto

**BRASÍLIA
Janeiro, 2015**

AGRADECIMENTO

Expresso meus sinceros agradecimentos aos meus pais, Vilmar Vicente Babinski e Margarete Bertine Babinski, pelo incentivo e apoio dado para que a realização deste curso se tornasse possível.

A minha companheira Adriana de Alencar Oliveira e meu filho Guilherme Babinski, pela paciência, suporte e motivação a mim dados.

Ao meu orientador, Gervásio Barbosa Soares Neto, pelo incentivo, apoio e conhecimento transmitido ao longo do trabalho.

Por fim, aos professores e técnicos do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília pelo apoio e suporte acadêmico e computacional dados para a realização deste artigo, bem como às instituições que disponibilizaram seus dados.

**ANÁLISE DE SUSCEPTIBILIDADE A ALAGAMENTO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIACHO FUNDO – DISTRITO FEDERAL POR MEIO DE
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SIG**

**ANALYSIS OF SUSCEPTIBILITY OF FLOODING IN RIVER BASIN OF RIACHO
FUNDO – DISTRITO FEDERAL BY GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS -
SIG**

Stefano Babinski Neto - Universidade de Brasília – Distrito Federal - Brasil

St.babinski@gmail.com

Gervásio Barbosa Soares Neto

RESUMO

Tem-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) como uma vasta e poderosa ferramenta de suporte ao planejamento urbano. Nesse sentido, a análise de susceptibilidade a alagamentos de regiões através do SIG, apenas uma das várias aplicações possíveis deste, representa um dado de alta importância para o poder público como suporte ao processo de zoneamento urbano, delimitação de áreas de risco e alocação de recursos com finalidade corretiva e preventiva. O estudo em pauta objetiva a determinação de áreas susceptíveis a alagamentos na Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo e se baseou na geração de mapas temáticos e a integração deles, através do algoritmo de média ponderada, das variáveis Solo, Uso e Ocupação, Declividade e Fluxo Acumulado de Água, aqui considerados como essenciais ao processo de alagamento de áreas. Como resultado foi obtido as delimitações gráficas das áreas em três níveis de susceptibilidade, apontando quais regiões demandam maior atenção nesse quesito.

Palavras Chaves: Alagamento, Susceptibilidade, SIG, Riacho Fundo

ABSTRACT

It has been the Geographic Information System (GIS) as a vast and powerful support tool for urban planning. In that way, the analysis of susceptibility to flooding areas using GIS, one of many possible applications of it, represents highly important information for the government

to support the zoning process, demarcation of risk areas and allocation of resources with corrective and preventive purposes. The study in question aims to determinate the flooding areas in the River Basin of Riacho Fundo, Brasília - Distrito Federal, and it was based in the creation of thematic maps and their integration, using the weighted mean algorithm, of the variables Soil, Use and Occupancy, Slope and Water Accumulated Flow, consider here as essentials to flooding process. As result, it was obtain the graphic definition in three levels of susceptibility, showing which regions needs more attention in this regard.

Key Words: Flood, Susceptibility, GIS, Riacho Fundo

Introdução

Dentre os fenômenos hidrológicos potencialmente destrutivos ao meio urbano, tais como enchentes e inundações, é abordado neste estudo aqueles resultantes de alagamentos.

Ao contrário dos dois primeiros citados que estão diretamente relacionados ao aumento do nível da água no leito do corpo hídrico decorrente de fortes pluviosidades, os alagamentos, segundo definição de Carvalho et al. (2007), são acumulações de água na superfície de um terreno qualquer, devido a características do meio físico, mau funcionamento de obras de drenagem e escoamento e/ou precipitações pluviométricas de alta intensidade em regiões não associadas à hidrografia da região.

Conforme descrito por Menezes et al. (2012), a bacia hidrográfica do Lago Paranoá, local onde se insere a área de estudo, passou por intenso processo de expansão urbana. Tal processo, em consonância com a lentidão do poder público, resultou na ocupação territorial desordenada, sem que tenha havido a análise prévia adequada de riscos ambientais e a delimitação de zonas de risco, tornando tal espaço susceptível aos fenômenos anteriormente citados e, principalmente, ao de alagamento.

Justificativa e Objetivos

O presente estudo se justifica pela necessidade da análise de risco e pelos potenciais prejuízos sociais e econômicos que este tipo de catástrofe pode ocasionar, bem como na escassez de estudos relativos à temática exposta para a área. Ainda, ele poderá servir de base

ao poder público para proposição de ações que visem à redução de riscos, previsão de danos e prevenção de acidentes.

Seu objetivo é identificar as áreas susceptíveis a alagamentos ao longo de toda a bacia hidrográfica do Riacho Fundo, Brasília - Distrito Federal, através do uso de ferramentas de SIG, com a definição de variáveis envolvidas no fenômeno, integração delas e a geração de mapa de susceptibilidade.

Caracterização da Área

Localização

A área escolhida para o estudo de susceptibilidade é toda a unidade hidrográfica do Riacho Fundo, localizada na bacia hidrográfica do Lago Paranoá, na região centro-oeste do DF.

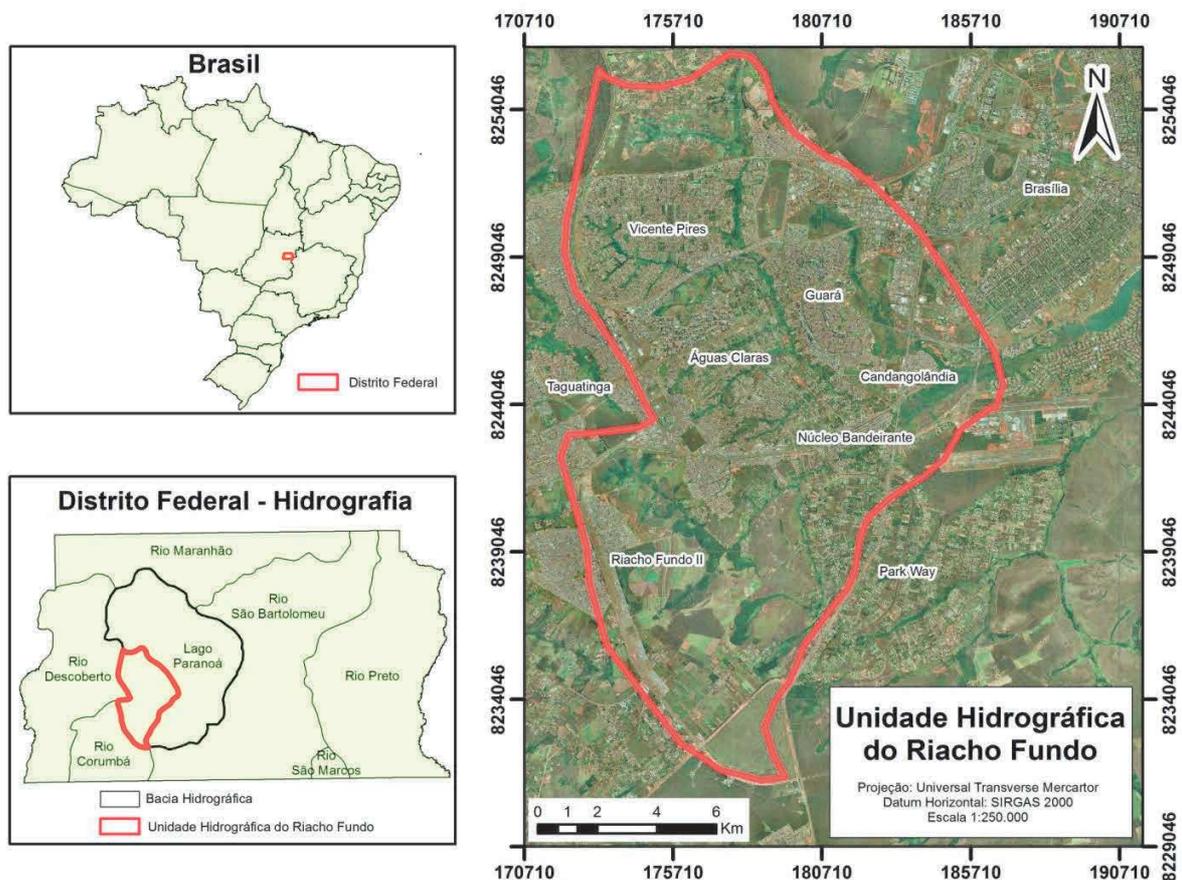


Figura 1 - Localização da Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo

A área localiza-se na porção central do Distrito Federal e tem extensão total de 217,88 km², abrangendo diversos aglomerados urbanos, como as regiões administrativas de Vicente Pires, Águas Claras, Guará, Candangolândia e Núcleo Bandeirante, que, quando somadas, englobam uma população de 663.234 habitantes, cerca de 26% do contingente populacional do Distrito Federal (CODEPLAN, 20130.)

Clima

Segundo classificação climática de Koppen, a área de estudo abrange o tipo climático Tropical de Altitude, sendo dividida em duas classes climáticas: Clima subtropical úmido com inverno seco e verão quente (Cwa) e Clima subtropical de altitude com inverno seco e verão ameno (Cwb).

Relativo à pluviosidade, Nimer (1979 apud Ramalho, 2003) menciona regimes pluviométricos entre 1500 e 1750 mm anuais para o Distrito Federal, com mais de 70% das chuvas anuais acumuladas precipitando entre os meses de novembro a março, comportamento ratificado pelo INMET (1992).

Solo

Conforme Embrapa (1978), a área de estudo apresenta 6 classes de solo e outras duas classes; uma definida como área urbana, ocupada previamente à realização do levantamento, e a outra como corpos hídricos.

As 6 classes de solo encontradas na área de estudo, juntamente com suas principais características, são apresentadas no quadro abaixo.

Quadro 1 – Classe de solos existentes na área em estudo e suas principais características.

Classe	Característica
Argissolo (vermelho e vermelho amarelo)	Aumento substancial no teor de argila com profundidade e/ou evidências de movimentação de argila do horizonte A para o horizonte B na forma de cerosidade. Compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural de cores avermelhadas (Embrapa 2004). Apresentam baixa a média permeabilidade (Salomão & Antunes, 1998 apud Batista, 2014), com textura e profundidades variáveis e ocorrem em relevo ondulado ou fortemente ondulado (Embrapa 2004).

Classe	Característica
Latossolos (vermelho e vermelho amarelo)	Solos altamente intemperizados, resultantes da remoção de sílica e de bases trocáveis do perfil. São solos minerais, não hidromórficos, profundos, apresentando horizonte B latossólico (Embrapa 2004). Podem ser excessivamente drenados, fortemente drenados e acentuadamente drenados, com alta permeabilidade de água. Ocorrem em topografia plana a suavemente ondulada (Embrapa 2004).
Cambissolo	Solos com horizonte subsuperficial submetido a pouca alteração física e química, indicando baixo grau de intemperização. Seu horizonte subsuperficial é denominado B incipiente. Variam desde rasos a profundos, com estrutura e textura bastante variáveis. Estão associados a relevos mais movimentados ondulados e forte ondulados (Embrapa 2004).
Plintossolos*	Solos minerais com séria restrição à percolação de água, encontrados em situações de alagamento temporário e, portanto, escoamento lento. (Motta et al., 2003a apud Embrapa, 2004). Apresentam horizonte de subsuperfície (horizonte plântico) com manchas avermelhadas distribuídas no perfil de aspecto variegado. São rasos e ocorrem em relevo plano e suave ondulado, em áreas deprimidas (Embrapa 2004).
Hidromórficos Indiscriminados**	Solos agrupados pelas características de má drenagem e comumente acúmulo de matéria orgânica má decomposta sobre uma camada acinzentada (gleizada) (Embrapa 2004). Apresentam textura bastante variável ao longo do perfil e têm drenagem dos tipos: mal drenado ou muito mal drenado. Ocupam geralmente as depressões da paisagem, sujeitas a inundações (Embrapa 2004).

* "Inclui solos conhecidos como Laterita Hidromórfica (Adálmoli et al., 1986) e/ou Concrecionários Lateríticos (Resente et al., 1988)" (Embrapa 2004, p.13)

** Classe definida pela Embrapa (2004) como agrupamento de Gleissolos Háplicos, Gleissolos Melânicos e Espodossolos.

Geomorfologia

Novaes Pinto (1986, 1987, 1994) caracterizou a paisagem do DF em 13 unidades geomorfológicas, que por suas similaridades morfológicas se agrupam em três grandes macrounidades típicas da região de Cerrado, sendo elas: Região de Chapada, Área de Dissecação Intermediária e Região Dissecada de Vale.

Hidrografia

Acerca da hidrografia, o DF é subdividida em três grandes regiões hidrográficas, sendo elas a Bacia do Rio São Francisco, a Bacia do Rio Tocantins Araguaia e a Bacia do Rio Paraná. O local de estudo se insere na última e integra a bacia hidrográfica do Lago Paranoá, localizada na porção central do Distrito Federal e que ocupa uma área de 288,69 km², segundo

SEMARH (1999), atingindo um contingente populacional expressivo por situar, quase que inteiramente, diversas Regiões Administrativas - RA.

A unidade hidrográfica do Riacho Fundo, alvo deste estudo, localiza-se na região sudoeste da bacia do Lago Paranoá e tem ao total 217,88 km². Tem como principais cursos d'água os córregos Vicente Pires e Guará, que são afluentes do córrego Riacho Fundo e que abastece o Lago Paranoá, corpo hídrico de grande importância social e ecológica na região de Brasília.

Metodologia de Trabalho

O procedimento metodológico para a confecção do estudo de áreas susceptíveis a alagamentos baseou-se nas seguintes etapas de trabalho:

- Definição da metodologia apropriada para a identificação de áreas passíveis de alagamentos;
- Aquisição materiais a serem utilizados: dados e bases cartográficas;
- Definição de variáveis participantes no processo e atribuição de relevância (peso) a elas;
- Confecção de mapas temáticos;
- Integração dos dados;
- Análise e discussão dos resultados obtidos.

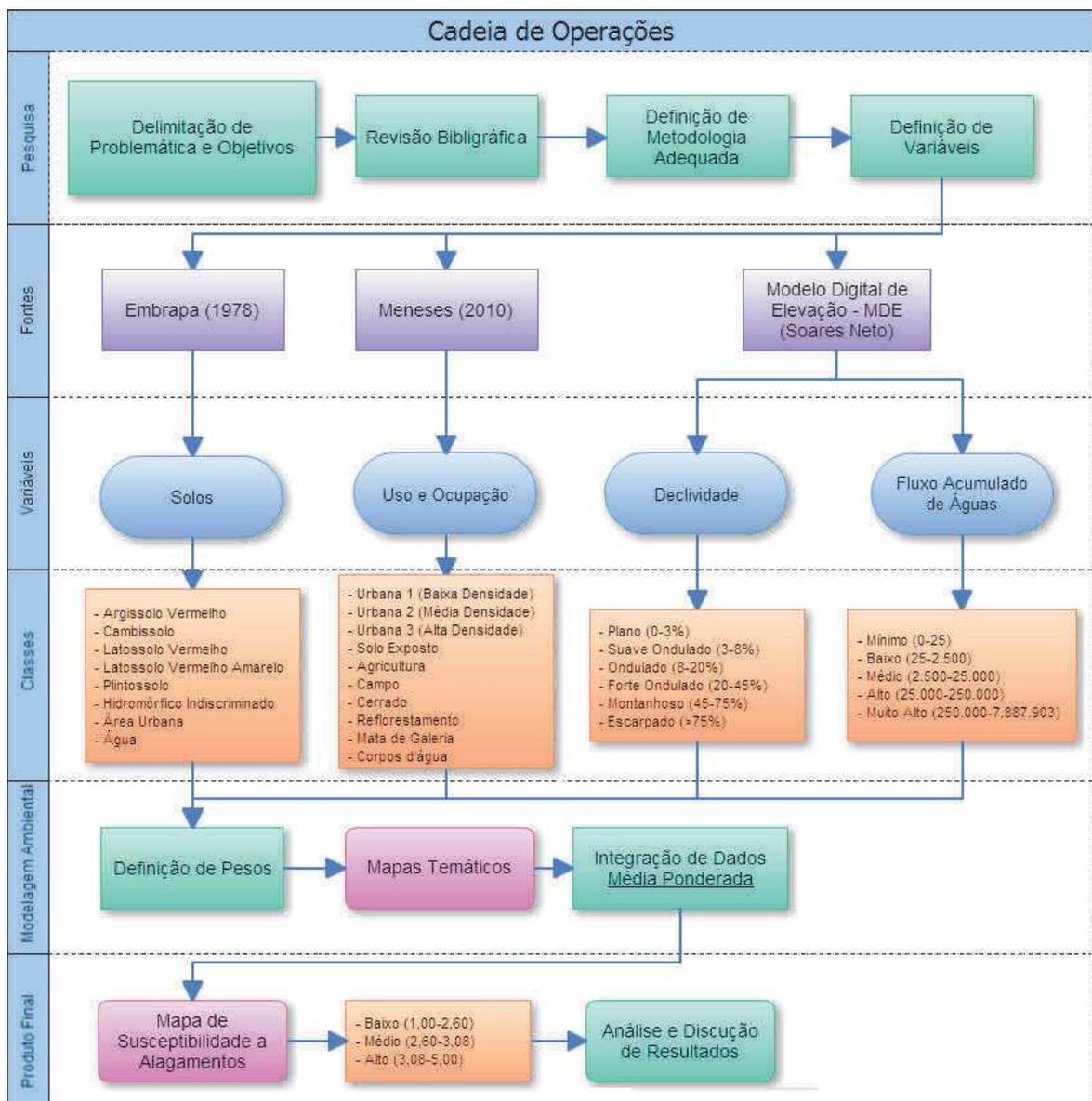


Figura 2 - Fluxograma de atividades do estudo.

A definição da metodologia para a identificação de áreas susceptíveis a alagamentos se deu através da pesquisa e análise de trabalhos anteriormente elaborados com essa finalidade, em especial, monografias e teses de mestrado e doutorado, bem como em livros e artigos relacionados.

Método Utilizado

Tem-se como objetivo do presente estudo a definição de áreas susceptíveis a alagamentos, com a definição deste conceito, segundo Julião et al (2009), como a propensão de uma área ser afetada por determinado perigo sem um espaço de tempo estabelecido, com a avaliação através dos fatores de predisposição.

A metodologia utilizada para a obtenção dos resultados propostos, considerando a conceituação acima, se deu através da classificação espacial pelo algoritmo média ponderada, com a definição de variáveis pertinentes e a valoração de suas importâncias para a ocorrência do fenômeno estudado, elaboração de mapas temáticos segundo os critérios definidos e integração entre os dados gerados através do algoritmo, permitindo assim, a análise e discussão dos resultados obtidos.

A integração dos dados através do método de classificação espacial por média ponderada é, segundo Eastman et al. (1995 apud Muller, 2012) a técnica mais utilizada em projetos que envolvam análise espacial.

Muller (2012), descreve o método como a inferência de pesos aos dados de entrada em função da importância destes para a hipótese sobre consideração, com a definição empírica de pesos e a soma ponderada dos planos de informação segundo sua importância relativa. Segundo Dias et al, (2005), o algoritmo classificador (média ponderada) é aplicado a uma estrutura de matrizes, no qual cada célula corresponde a uma unidade territorial, com a análise individual de pixel.

Conforme Xavier da Silva (2001 apud Muller, 2012) o somatório dos pesos dos planos de informações (variáveis) ao ser normalizado passa a ser expresso no intervalo de 0 a 1, com a soma dos pesos significando a unidade. Para o presente trabalho, foram consideradas na avaliação as classes existentes em cada variável, com a atribuição empírica de valores conforme sua influência no evento estimado, com valores variando entre 1 a 5, de acordo com o menor ou maior grau contribuição da classe ao processo de alagamento de áreas, respectivamente.

Tanto a integração dos dados quanto os processamentos anteriores foram realizados utilizando o pacote de ferramentas do ArcGis® e extensões associadas.

Variáveis Estudadas

Relativo à definição de variáveis, foram considerados os componentes ambientais intrínsecos aos processos de alagamento de áreas, independentemente da precipitação incidente na área. A descrição e justificativa de cada variável e a definição de pesos às mesmas e as suas classes, são abordados nos subtítulos seguintes

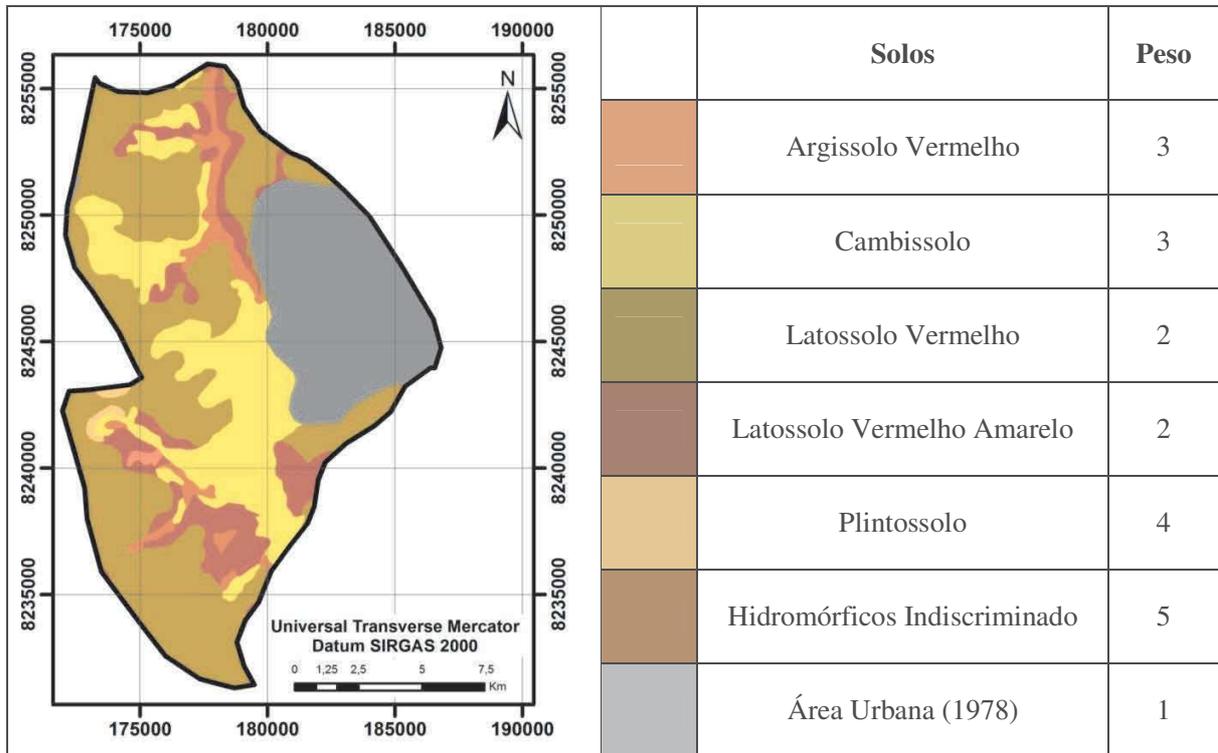
Pedologia

Dentre as diversas características e comportamentos que um solo pode apresentar, destacam-se para o presente estudo a capacidade de infiltração (permeabilidade), profundidade, textura e granulometria. Dependendo da combinação desses fatores, as águas pluviais apresentarão maior tendência a infiltração ou ao escoamento quanto entrar em contato com determinada classe.

A base de dados referente ao tema pedologia foi extraída de Embrapa (1978).

Considerando as características físicas genéricas de cada classe de solo encontrada na bibliografia consultada, especialmente aquelas já citadas, considerados os fatores de maior importância para a velocidade de infiltração de águas, foram atribuídos os seguintes valores para cada classe:

Quadro 2 – Classe de solos que ocorrem na área e seus respectivos pesos.



Dentre as classes de solo encontradas na região por Embrapa (1978), destacam a Área Urbana e a Água que, para a metodologia proposta, foram atribuídos valores mínimos de interferência, uma vez que os mesmos já são considerados e valorados na variável Uso e Cobertura do Solo, descrita a seguir.

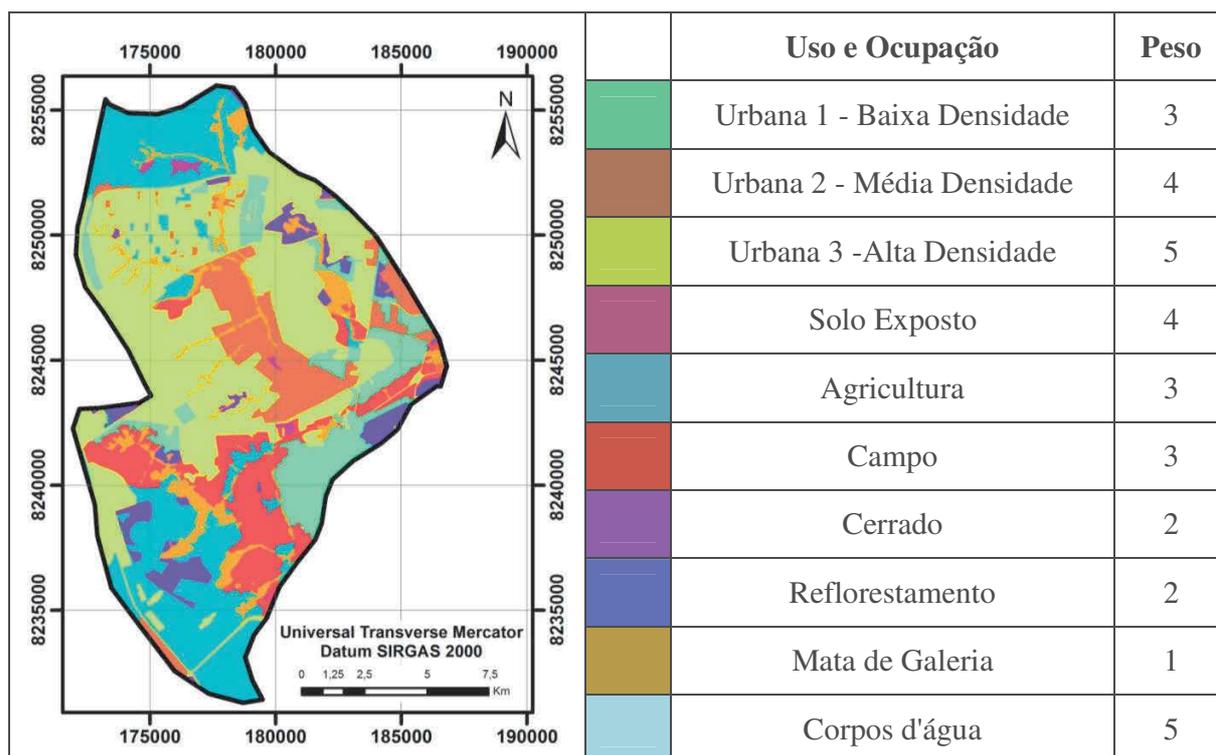
Uso e Ocupação do Solo

O uso e cobertura do solo está diretamente associada a permeabilidade da região, de acordo com a destinação da mesma. Neste caso, espera-se maior tendência a retenção e infiltração de águas pluviais em áreas de mata nativa e reflorestamento e ao escoamento em áreas com maior grau de pavimentação, como áreas urbanas por exemplo.

A base de dados do uso e ocupação do solo foi extraída de Menezes (2010), que data do ano de 2009 e foi feita com base na análise da imagem do sensor AVNIR-2, do satélite japonês ALOS, a qual foi georreferenciada utilizando a base cartográfica da CODEPLAM em escala 1:10.000 em sistema de projeção SICAD.

Segundo classificação adotada pelo mesmo, a área em estudo foi dividida em 10 classes, abrangendo as principais categorias de uso e ocupação que ocorrem no local. O peso dado a cada uma delas se deu em base no nível de impermeabilização e na propensão ao escoamento das águas pluviais.

Quadro 3 – Classe de uso e ocupação do solo e seus respectivos pesos.

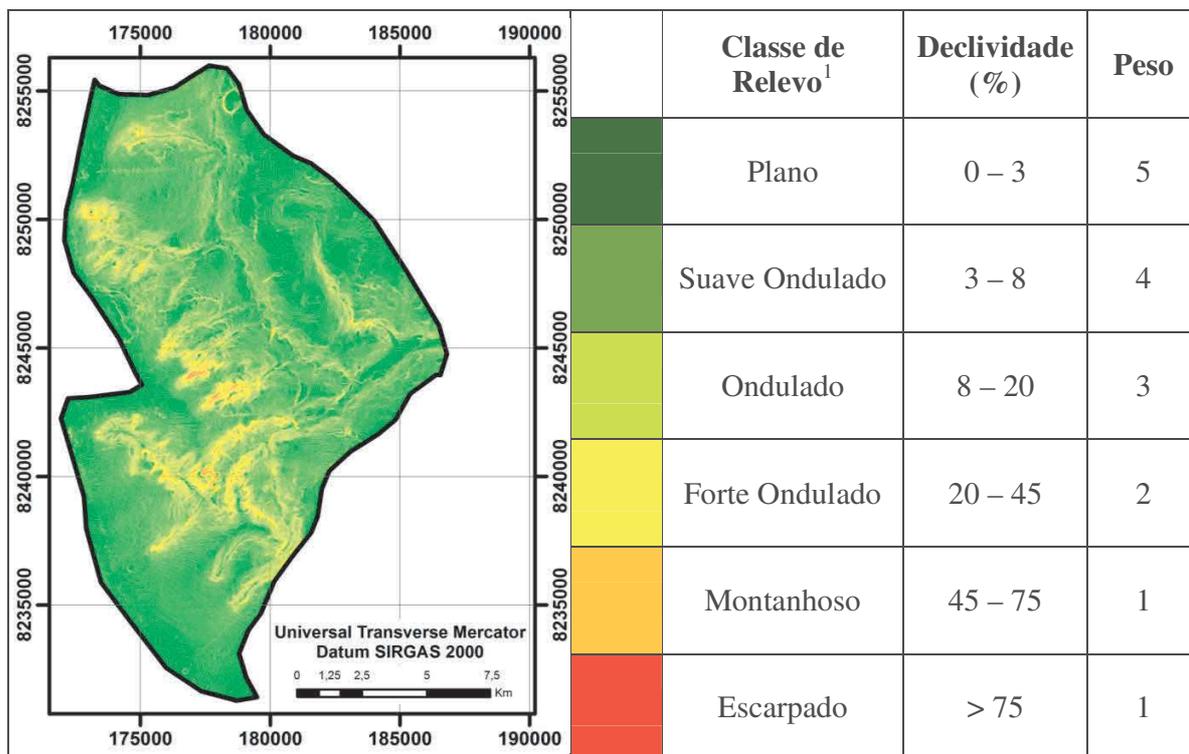


Declividade

O critério de declividade está diretamente associado à propensão ao escoamento ou acúmulo de água de uma determinada região. Tem-se que áreas planas apresentam maior probabilidade de alagamentos pela menor velocidade de escoamento que áreas montanhosas e escarpadas, que resultam maior velocidade.

Tal dado foi gerado através do Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno, gerado pelo GDF (2010) em escala 1:10.000, com a separação de classes de declividade conforme importância para o tema escolhido.

Quadro 4 – Classes de declividade do terreno e seus respectivos pesos.



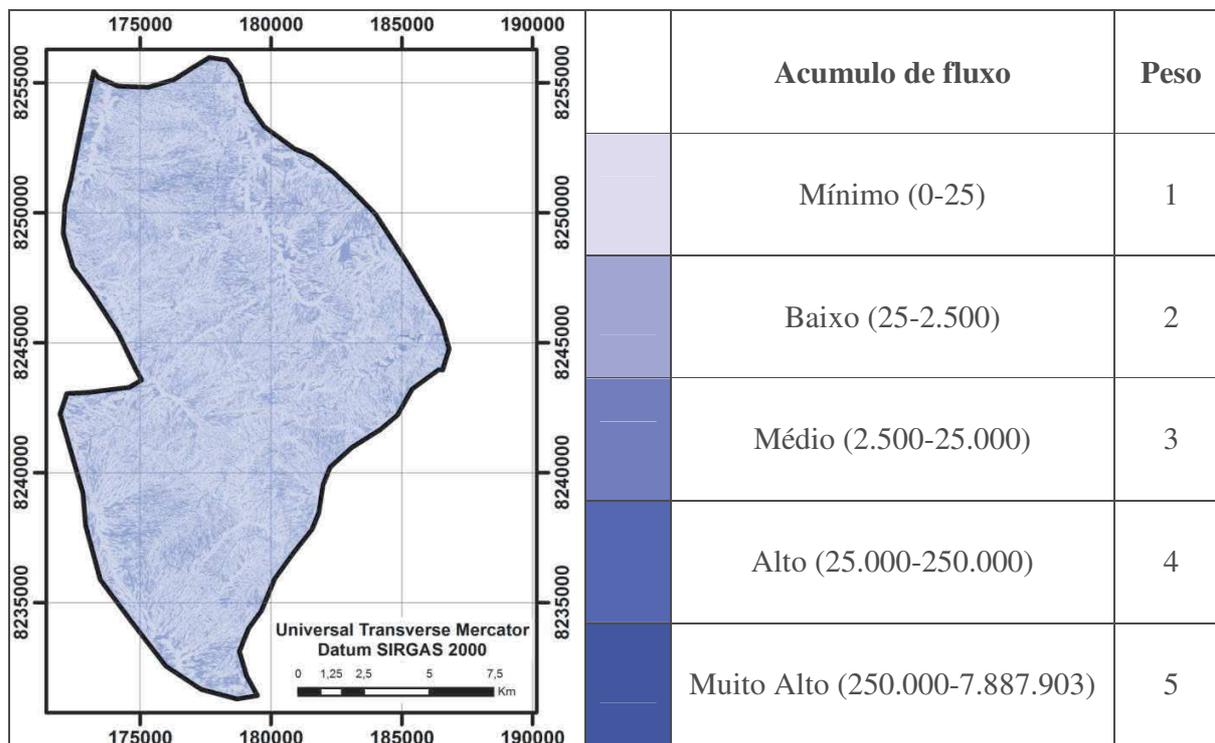
Acúmulo de Fluxo de Água

Esta variável está associada à declividade e conformação do terreno e é definida pela propensão da água a tomar determinado caminho ao longo do terreno, formando canais preferenciais de drenagem. Regiões identificadas como canais preferenciais de drenagem acumulam as águas pluviais locais e tendem a formar enxurradas.

Tal dado foi derivado dos dados de MDE e modelo de direção de fluxo de água. De acordo com o grau de acúmulo de fluxo, foram definidas 4 classes, as quais obtiveram pesos abaixo:

¹ EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

Quadro 5 – Classes de acúmulo de fluxo de água e seus respectivos pesos.



Integração de Dados

A integração dos dados se deu com a sobreposição das variáveis citadas e a aplicação do algoritmo de média ponderada, com vistas à identificação das áreas passíveis a alagamento.

Além dos pesos atribuídos às classes de cada variável, considerou-se também que cada uma delas apresenta graus de contribuição distintos para o fenômeno estudado, resultando assim na definição de pesos para cada uma destas, de forma a hierarquizar sua contribuição ao processo de alagamento.

Foram definidos os seguintes pesos para cada variável: 20% para Solos, 25% para Uso e Ocupação, 30% para Declividade e 25% para Acúmulo de Fluxo de Água. No geral, considerou-se como semelhante a contribuição das classes Uso e Ocupação e Acúmulo de Fluxo de Água ao fenômeno, enquanto que a variável declividade apresentou peso maior por se considerar essencial ao processo de acúmulo de água e, de forma oposta, solos com menor peso, por se considerar que o mesmo recebe a influência das variáveis Declividade e Uso e Ocupação.

Por fim, a fórmula de suscetibilidade a alagamentos foi definida na Equação 1, abaixo:

Equação 1:
$$"(0,20 * Solos) + (0,25 * Uso e Ocupação) + (0,30 * Declividade) + (0,25 * Acúmulo de Fluxo)"$$

Identificação de Áreas Susceptíveis a Alagamentos

Através do cruzamento de dados e tomando como base o modelo proposto, foram identificadas as principais regiões susceptíveis ao processo de alagamento na unidade hidrográfica do Riacho Fundo, tomando como base o mosaico aerofotogramétrico fornecido pela TERRACAP - Companhia Imobiliária de Brasília, SICAD 1:5.000 de 2013.

Foram definidas três classes de níveis de suscetibilidade: baixa, média e alta, conforme a propensão do terreno em acumular água. O resultado obtido é apresentado no mapa abaixo:

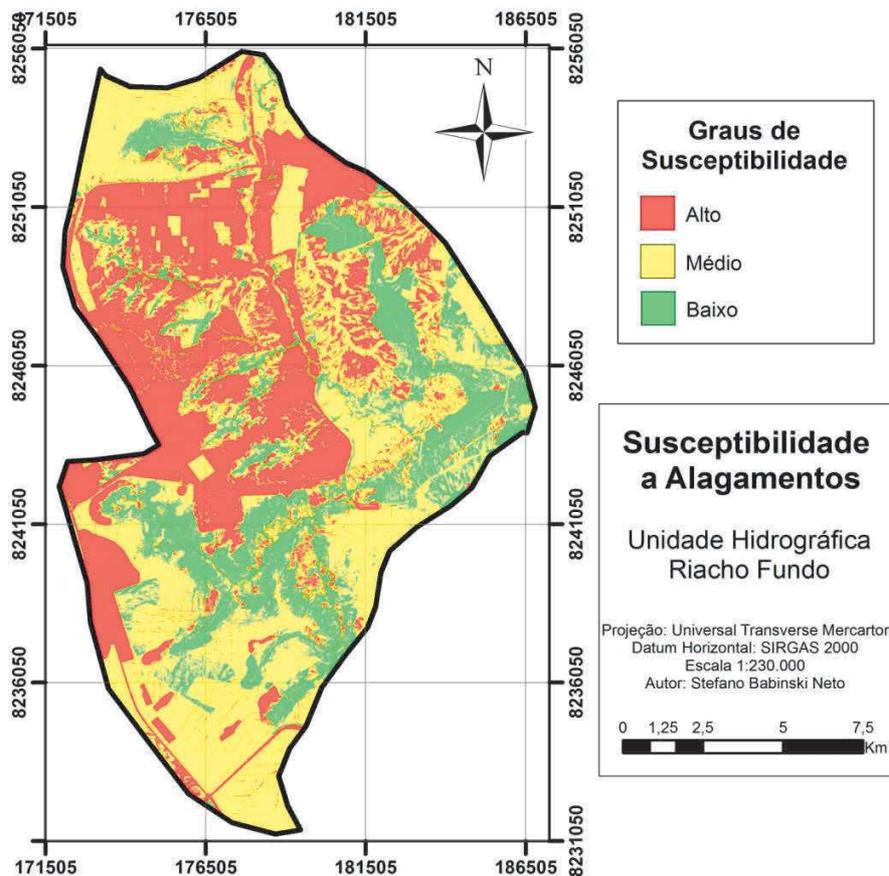


Figura 3 - Suscetibilidade a alagamentos na unidade hidrográfica do Riacho Fundo

Através do mapa gerado, criou-se o quadro abaixo, com os resultados obtidos conforme a área ocupada e a percentagem da mesma.

Quadro 6 – Resultados da análise de susceptibilidade a alagamentos

Graus de Susceptibilidade	Soma das Áreas	%
Alta	7.184,88	33,12
Baixa	4.705,09	21,69
Média	9.799,48	45,18

Conforme observado no quadro anterior, houve a predominância do grau de susceptibilidade da classe "Média" com 45,18% de toda a área analisada, seguido da classe "Alta" e classe "Baixa", com 33,12% e 21,69% de área, respectivamente.

O modelo proposto aponta as áreas mais susceptíveis a processos de alagamento nas áreas urbanas, em especial, aquelas definidas na variável uso e ocupação do solo como "Urbana 3 - Alta Densidade". Tais áreas coincidem com os centros urbanos já consolidados, abrangendo os núcleos urbanos do Guará, Vicente Pires, Estrutural, Taguatinga e Riacho Fundo, ainda que elas se apresentem com solos da classe "Latosolo", considerado pela literatura como solos bem drenados.

Ainda relativo às áreas apontadas como de alta susceptibilidade, destaca-se o trecho existente na porção central da área de estudo. Ainda que a mesma pertença à classe "Urbana 2 - Média Densidade", de impermeabilização mediana, com a presença de diversos trechos apontados pela variável uso e ocupação do solo como de "Mata de Galeria", de menor propensão ao acúmulo de águas, houve a ocorrência de solos da classe "Hidromórficos Indiscriminados" e baixo grau de declividade, ambos fatores de grande contribuição ao alagamento de áreas.

As áreas apontadas como de média susceptibilidade se apresentaram dispersas, com predominância de ocorrência na porção leste e sul da área estudada. Nestas regiões, houve a classificação quanto ao uso e cobertura como "Urbana 1 - Baixa Densidade", "Campo" e "Cerrado", geralmente associadas a de baixa declividade e/ou baixo acúmulo de fluxo.

Nas áreas de ocorrência dispersa, houve a incidência de características mistas, ora classificadas quanto ao uso e cobertura como "Campo" e "Cerrado" somadas a baixos graus de

declividade, ora classificados quanto ao uso e cobertura como "Urbano 3 - Alta Densidade" e "Urbano 2 - Média Densidade" somados ao baixo acúmulo de fluxo de água.

As áreas de baixa susceptibilidade a alagamentos estão associadas à existência de vegetação, conforme classes "Mata de galeria", "Cerrado" e "Reflorestamento" da variável uso e ocupação do solo. Ainda, diversos trechos dos principais corpos d'água da região estudada apresentaram a mesma classificação, visto a soma de dois fatores de baixa contribuição ao fenômeno: existência de mata de galeria e acentuada declividade apontada nas nascentes dos diversos corpos d'água existentes (vide **Quadro 4**).

As consequências decorrentes de alagamentos tendem a ser mais relevantes de acordo com a função do local afetado, logo, foram cruzadas os graus de susceptíveis com a variável uso e ocupação do solo, o que resultou no quadro abaixo:

Quadro 7 – Uso e ocupação do solo associado ao grau de susceptibilidade a alagamentos

Uso e Ocupação do Solo	Alta	Baixa	Media	Total geral
Mata Galeria	0,25%	6,40%	1,23%	7,87%
Cerrado / Reflorestamento	0,12%	3,09%	1,40%	4,61%
Área Urbana 1 - Baixa Densidade/ Agricultura / Campo	2,62%	10,35%	27,49%	40,45%
Área Urbana 2 - Média Densidade / Solo Exposto	3,99%	0,94%	5,32%	10,24%
Área Urbana 3 - Alta Densidade / Corpos d' Água	26,15%	0,92%	9,74%	36,82%
Total geral	33,13%	21,69%	45,18%	100,00%

Conforme observado no quadro supracitado, há uma relação direta entre as áreas susceptíveis a alagamentos e as áreas urbanizadas, em especial, aquela da "Urbana 3 - Alta Densidade", tendo sido classificada com de alta susceptibilidade em 26,15% de toda sua extensão. Essa relação é justificada através do índice de impermeabilização das áreas, que ocorre de maneira acentuada nas áreas com ocupação urbana do que em áreas ocupadas por vegetação, sejam elas de origem natural ou antrópica, acarretando no aumento do escoamento superficial e, por conseguinte, no acúmulo de águas no local.

Outro fenômeno observado no mapa de susceptibilidade é a transição abrupta entre níveis de susceptibilidade em um pequeno espaço territorial. Tal resultado é atribuído à variável uso e ocupação do solo, visto haver um mosaico de áreas com diferentes funções ao longo do trecho estudado, como, por exemplo, a presença da classe "Mata de Galeria"

imediatamente ao lado da classe "Urbana 3 - Alta Densidade", extremos opostos quanto à contribuição ao fenômeno estudado, por exemplo.

A respeito da variável declividade, com exceção de trechos da área central próximos às nascentes dos rios locais que se apresentaram mais declivosos, há uma tendência geral para que ocorram conformações mais planas ao longo da área de estudo, aumentando a susceptibilidade a alagamentos na maioria dos trechos. Quando se compara este com o mapa de declividade, nota-se uma relação direta entre as áreas de maior susceptibilidade com aquelas de conformação mais planas, especialmente quando associadas à áreas dos centros urbanos.

De forma oposta ao descrito anteriormente, nos extremos norte, sul e leste da unidade hidrográfica há a ocorrência de grandes planícies e que apresentam baixo grau de susceptibilidade. Tal fenômeno se justifica pelo uso e ocupação de tais regiões serem predominantemente associadas à formas de vegetação, nativas ou não.

Já no caso do cruzamento de dados de acúmulo de fluxo de água e de susceptibilidade a alagamento, não é possível notar relação direta entre os mesmos. Segundo o mapa gerado de acúmulo de fluxo de água, a grande maioria da área se encaixa nos graus mínimos de acúmulo de fluxo e decorre da topografia predominantemente plana, o que privilegia a formação de uma lâmina de água, oposta ao comportamento de enxurradas, encontrada em poucos locais da área de estudo.

Ainda relativo à variável acúmulo de fluxo, a mesma é responsável pela criação de pontos dispersos de graus distintos de susceptibilidade a alagamentos, geralmente se traduzindo em polígonos de tamanho pequeno e formando linhas ao longos das áreas. Tal fenômeno é visualizado no núcleo urbano do Guará, por exemplo.

Também, como de forma de validação dos resultados apresentados, foram selecionadas, a título exemplificativo, de regiões alagadas na área de estudo. O levantamento realizado por Batista (2014) aponta a predominância de focos de alagamentos e inundações na Asa Norte, região central de Brasília, entretanto, segundo o mesmo, são apontados diversos focos de alagamentos e inundações na área objeto desse estudo, conforme visualizado nas imagens a seguir.



Foto: Cleyton Souza Andrade/VC no G1 (2007)



Foto: Douglas Haunss/VC Repórter (2010)

Foto 1 - Da esquerda para a direita, ponto de alagamento em estacionamento no Vicente Pires e em trecho da Estrada Parque Taguatinga - EPTG



Foto: Viola Júnior/Jornal de Brasília (2014)



Foto: Natália Godoy/G1 (2014)

Foto 2 - Da esquerda para a direita, pontos de alagamento em via no Guará e via alagada na Estrutural.

Conclusão e Considerações Finais

A metodologia de definição de áreas susceptíveis a alagamentos por meio de SIG, associado ao uso da média ponderada apresentou resultados satisfatórios e coerentes com a realidade.

Também, o modelo de identificação de áreas susceptíveis a alagamento apresentado, ainda que com a definição arbitrária de variáveis ambientais contribuintes ao fenômeno e de pesos as suas diversas classes componentes, o que resulta na influência do pesquisador nos resultados, se faz um método útil e prático para a definição de áreas propensas ao fenômeno em pauta.

Por fim, dentre as principais variáveis analisadas, o modelo proposto privilegia o "Uso e Ocupação do Solo" e a "Declividade". Ainda que as demais variáveis sejam importantes ao

processo de alagamento, considera-se como essencial a combinação dessas duas variáveis para que haja a ocorrência efetiva do fenômeno estudado.

Referências Bibliográficas

ADÂMOLI, J. et al. Caracterização da região dos cerrados In: GOEDERT, W. J. ed. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. [Planaltina, DF]: EMBRAPA-CPAC / São Paulo: Nobel, 1986. p.33-74.

ALMEIDA, L. Q. de. **Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

BARROS, J. R. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo**. 2003. xii, 221 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003.

BATISTA, P. H. L. **Cartografia geotécnica aplicada aos riscos de alagamento e inundação na bacia do rio São Bartolomeu**. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-236/2014, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 223 p.

DIAS, J. E. et al. **Áreas críticas de erosão do solo no município de Volta Redonda - RJ**, Volta Redonda: Caminhos De Geografia - Revista on line, 2005.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA E PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa - Produção de Informação, 2006.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA E PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Rio de Janeiro, Embrapa-SNLCS, 1978.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Súmula 10**. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. 83p. Miscelânea, 1. Rio de Janeiro. Embrapa - SNLCS, 1979.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA E PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa Pedológico Digital - SIG Atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma Síntese do Texto Explicativo**. Documentos Embrapa Cerrados, 2004.

JULIÃO, R.P. et al. **Guia Metodológico para Produção de Cartografia Municipal de Risco e para Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base Municipal**. Porto/Portugal: Autoridade Nacional de Proteção Civil. 2009

MARTINS, E. S. et al. Evolução Geomorfológica do Distrito Federal. Documentos. **Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF. 2004b.

FONSECA, F. O. (org.). **Olhares sobre o lago Paranoá**. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal - SEMARH, 1999.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL (GDF). (2010). Mapa índice articulação SICAD 1:10.000 - SIRGAS. Secretaria de Habitação, Regularização e Desenvolvimento Urbano (SEDHAB/DF), Brasília, DF, Escala 1:10.000. Formato Digital.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL (GDF). (2013). **Anuário Estatístico 2013** - Distrito Federal. Companhia de Planejamento do Distrito Federal - CODEPLAN. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br/areas-tematicas/informacoes-estatisticas.htm>

Secretaria de Habitação, Regularização e Desenvolvimento Urbano (SEDHAB/DF), Brasília, DF, Escala 1:10.000. Formato Digital.

FREITAS-SILVA, F. H. & CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: CAMPOS, J. E. G. & FREITAS-SILVA, F. H., coords. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília, SEMATEC: IEMA: MMA-SRH, 1998. CD ROM.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília, INMET – Instituto Nacional de Meteorologia/Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992.

MENEZES, P. H. B. J., et al. **Análise da evolução do padrão de uso e ocupação do solo na bacia de contribuição do Lago Paranoá – DF**. UNESP - Campus de Rio Claro – IGCE, 2012.

MULLER, C. R. **Avaliação de susceptibilidade à inundações utilizando geotecnologias para a bacia hidrográfica do rio Cachoeira, Joinville/SC**. Dissertação (Mestrado Profissional em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental). Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

NOVAES PINTO, M. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: NOVAES PINTO, M., org. **Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília, Universidade de Brasília/SEMATEC, 1994. p.285-344.

OLIVEIRA, L. M. de. **Acidentes Geológicos Urbanos**. Curitiba: MINEROPAR – Serviço Geológico do Paraná, 2010.

RESENDE, M.; CURI, N. L.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação/Lavras: ESAL/Piracicaba: POTAFOS, 1988. 83p.

SALOMÃO, F. X. T. & ANTUNES F. S. Solos. In: OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, SP, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE). 1998.