

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA

KAÍQUE DE OLIVEIRA

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE RIO
GRANDE DA SERRA - SP**

MONTE CARMELO

2017

KAIQUE DE OLIVEIRA

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE RIO
GRANDE DA SERRA - SP**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado como
pré-requisito para obtenção do título de bacharel em
Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, da
Universidade Federal de Uberlândia.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Mirna Karla Amorim da
Silva

MONTE CARMELO

2017

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE RIO
GRANDE DA SERRA - SP**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, da
Universidade Federal de Uberlândia, e aprovado pela
banca examinadora formada por:

Monte Carmelo, 14 de dezembro de 2017.

Prof.^a Dr.^a Mirna Karla Amorim da Silva, IG/UFU

Prof.^a Dr.^a Luziane Santos Ribeiro, IG/UFU

Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis, IG/UFU

RESUMO

Os desastres naturais são ocasionados por processos físicos que fazem parte da dinâmica natural do planeta, os quais podem ser: movimentos de massa, erupções vulcânicas, vendavais, alagamentos e inundações. Sendo as inundações o desastre mais recorrente nos municípios brasileiros e o que acarreta em grandes danos sociais, ambientais e econômicos, desse modo consiste o objetivo desta pesquisa, mensurar e identificar as variáveis relevantes para elaboração do Mapa de risco a inundação no Município de Rio Grande Serra – SP (MRGS). Existem diversas variáveis que influenciam a ocorrência de inundações, das quais pode-se destacar: precipitação, declividade, hipsometria, relevo, pedologia e solos. Com o geoprocessamento tornou-se possível a realização dos mapeamentos das variáveis mencionadas, bem como a elaboração do mapa final das áreas suscetíveis a inundação. Já as ferramentas do sistema de informação geográfico são extremamente relevantes para estudos desta temática, pois possibilitam a manipulação de uma grande quantidade de informações de maneira rápida e eficaz. Como produto final, foi gerado o mapa de risco a inundação do MRGS, onde foram zoneadas as áreas suscetíveis a ocorrência de tal evento, evidenciando seu grau de risco em níveis: baixo, médio e elevado. Os resultados alcançados mostram que o município possui um risco baixo a ocorrência de inundações, seguindo os critérios adotados, cobrindo 35,78% de toda sua extensão, 32,65% da área com risco médio e 31,57% corresponde ao elevado risco a inundação. Através das informações alcançadas os mapas de risco à inundação são documentos essenciais ao planejamento urbano\territorial e ao poder público pois, através deles, medidas mitigadoras podem ser planejadas e desenvolvidas para que tais eventos não tragam ônus à população, à economia e ao meio ambiente.

Palavras-chave: Desastres naturais. Inundação. Mapa de risco.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Danos Humanos e principais ocorrências de desastres naturais por continente de 1974 a 2003	13
Figura 2 - Prejuízos Econômicos por desastre/continente, em milhões de dólares	13
Figura 3 - Classificação de desastres naturais Segundo a COBRADE	14
Figura 4 - Desastres naturais mais frequentes no Brasil entre 1990 a 2010	15
Figura 5 - Prejuízos econômicos por tipo de desastre	15
Figura 6 - Consequências de desastres no Estado de São Paulo, nos meses de verão (dezembro a março), no período de 2000 a 2011	16
Figura 7 - Consequências de desastres no Estado de São Paulo, nos meses de verão (dezembro a março), no período de 2000 a 2011	16
Figura 8 - Perfil esquemático do processo de inundação	17
Figura 9 -Etapas para elaboração do mapeamento de risco à inundação	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Declividade do Terreno no MRGS	31
Tabela 2 - Risco à Inundação para declividade do terreno no MRGS.....	32
Tabela 3 - Hipsometria do terreno no MRGS.....	33
Tabela 4 - Risco à Inundação para a hipsometria do terreno no MRGS	33
Tabela 5 - Pluviosidade no MRGS	34
Tabela 6 - Risco à Inundação para pluviosidade do terreno no MRGS.....	35
Tabela 7- Pluviosidade no MRGS	36
Tabela 8 - Risco à Inundação para pedologia do terreno no MRGS	37
Tabela 9 - Relevo do MRGS.....	38
Tabela 10 - Risco à Inundação ao relevo do terreno no MRGS	39
Tabela 11 - Uso e Ocupação da terra no MRGS.....	40
Tabela 12 - Risco à Inundação para o uso e ocupação da terra no MRGS	41
Tabela 13 - Risco à Inundação no MRGS	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estações Pluviométricas DAEE	25
Quadro 2 - Classes Uso e ocupação da terra	26
Quadro 3 - Classes, níveis de risco e coeficientes para declividade para área de Arecê – ES ..	27
Quadro 4 - Classes de declividade do terreno, nível e coeficientes associados ao risco à inundação em Rio Grande da Serra.....	27
Quadro 5 - Classes de altimetria do terreno, nível e coeficientes associados ao risco à inundação em Rio Grande da Serra.....	27
Quadro 6 - Classes pluviométricas, nível e coeficientes associados ao risco à inundação em Rio Grande da Serra	28
Quadro 7 - Classes de pedologia, nível e coeficientes associados ao risco à inundação em Rio Grande da Serra	28
Quadro 8 - Classes de padrões de relevo, nível e coeficientes associados ao risco à inundação em Rio Grande da Serra.....	29
Quadro 9 - Classes de uso e ocupação da terra, nível e coeficientes associados ao risco à inundação em Rio Grande da Serra	29

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização e caracterização da área de estudo	23
Mapa 2 - Declividade do terreno no MRGS	30
Mapa 3 - Risco à Inundação para declividade do terreno no MRGS	31
Mapa 4 - Hipsometria do terreno no MRGS	32
Mapa 5 - Risco à Inundação para hipsometria do terreno no MRGS Fonte: O autor.....	33
Mapa 6 - Pluviosidade no MRGS.....	34
Mapa 7 - Risco à Inundação para pluviosidade no MRGS.....	35
Mapa 8 - Pedologia no MRGS	36
Mapa 9 - Risco à Inundação para pedologia no MRGS	37
Mapa 10 - Relevo do MRGS	38
Mapa 11 - Risco à Inundação ao relevo no MRGS	39
Mapa 12 - Uso e ocupação da terra do MRGS	40
Mapa 13 - Risco à Inundação para o uso e ocupação da terra no MRGS	41
Mapa 14 - Risco à Inundação no MRGS Fonte: O autor.....	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
	2.1 Desastres Naturais	10
	2.2 Classificação dos Desastres Naturais	11
	2.3 Desastres Naturais no Mundo	12
	2.4 Desastres Naturais no Brasil.....	14
	2.5 Desastres naturais no estado de São Paulo.....	16
	2.6 Inundação e Enchentes.....	17
	2.7 Geoprocessamento	18
	2.8 Sensoriamento Remoto.....	20
	2.9 Cartografia temática	21
3	METODOLOGIA	22
	3.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo	22
	3.2 Material.....	24
	3.3 Métodos.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Os desastres naturais são ocasionados por processos físicos que fazem parte da dinâmica natural do planeta, como inundações, alagamentos, estiagens, enchentes, escorregamentos de solos e/ou rochas e tempestades, associados a eventos de chuva intensos e prolongados. Esses processos acontecem independente da ação do homem, porém, quando interagem com a população e acarretam em prejuízos à sociedade, ambiente e economia, são denominados de desastres naturais.

Deste modo, de acordo com Vestena (2008) a inundações é o desastre mais recorrente nas últimas décadas no Brasil, sendo as cidades as áreas mais suscetíveis a tais eventos, devido ao crescimento desordenado, motivado pela ocupação das áreas próximas aos canais fluviais.

Um dos fatores condicionantes à uma inundações consiste principalmente quando ocorre forte e/ou intensa precipitação, cujo o volume de água que é direcionado ao rio é superior à sua capacidade de suporte, com isso resultando no extravasamento do corpo hídrico (TUCCI, 2005). Outros fatores relevantes para ocorrência das inundações são: declividade do terreno, hipsometria, relevo, cobertura vegetal, capacidade de drenagem do solo, bem como uso e manejo inadequado da terra e o grau de impermeabilização do solo.

O mapeamento e zoneamento das áreas de risco à inundações é extremamente importante na tomada de decisão dos gestores públicos, principalmente os envolvidos com planejamento ambiental, de modo que o risco a desastres naturais deve ser considerado na elaboração e aprovação do Plano Diretor dos municípios e levado em consideração quando o poder público deseja ampliar o perímetro urbano, o qual é determinado pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC, 2012).

Nesse sentido, o geoprocessamento colabora para execução de mapeamentos de risco à inundações de maneira rápida e eficiente através das técnicas de Sensoriamento Remoto e a integração dos dados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), possibilitando a determinação do risco, através da integração, compilação e ponderação de diferentes informações geográficas (PEREIRA; LOMBARDI NETO, 2004).

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa consiste no mapeamento das áreas de risco à inundações no Município de Rio Grande da Serra (MRGS), estado de São Paulo, a partir dos objetivos específicos a seguir:

- Caracterizar e mapear os aspectos físico-ambientais da área em estudo, tendo em vista o reconhecimento dos principais condicionantes do meio físico, de uso e ocupação da terra, relevo, pluviosidade, solos, declividade e hipsometria do relevo;

- Definir as áreas de risco à inundação da área estudada enfatizando a classificação do grau de risco das áreas inundáveis;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Desastres Naturais

Fenômenos naturais como inundações, escorregamentos, secas, furacões, entre outros, têm grande relação com as características físicas regionais como rocha, solo, topografia, geomorfologia, vegetação e condições climáticas. Quando tais fenômenos ocorrem, em regiões habitadas pelo homem, e acarretam em perda material, humana ou em prejuízos à sociedade, economia e ambiente, são caracterizados como desastres naturais (KOBİYAMA et al. 2006).

Segundo a Política Nacional de Defesa Civil (2007, p.8) desastre é definido como “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais”.

Para Butzke e Mattedi (2001, p. 10) desastres podem ser compreendidos como:

Um acontecimento ou série de acontecimentos que altera o modo de funcionamento rotineiro de uma sociedade. Esses acontecimentos são provocados por grande variedade de agentes naturais ou criados pelo homem.

Por se tratarem de fenômenos inesperados e de grande magnitude, os desastres naturais acarretam diversos danos e prejuízos, resultando muitas vezes em altíssimos números de desabrigados, mortos e feridos. Com isso, Kobiyama et al. (2006), entenderam que, para recuperar tais danos, deve-se realizar ações preventivas e restituidoras que envolvam diversos setores da sociedade para promover a recuperação do ambiente degradado.

Frequentemente utilizados como sinônimos, os termos perigo (*hazard*) e risco (*risk*) apresentam distinção, sendo perigo um fenômeno que ocorre em tempos e regiões conhecidas, que podem gerar grandes impactos onde ocorrem. Assim, os perigos naturais, para Almeida (2010), são oriundos de processos naturais ocorridos na biosfera. Já o risco, segundo o mesmo autor, é definido como a probabilidade de perda numa área, em um determinado tempo, decorrendo da presença de um perigo.

Utilizando um exemplo exposto por Kobiyama et al. (2006), para melhor compreensão entre risco e perigo, tem-se o seguinte caso: um fenômeno atmosférico recorrente numa região (susceptibilidade) e época conhecida, é caracterizado como perigo. Porém, se este fenômeno se

movimentar em direção a uma área populosa, com situação eminente de danos e prejuízos, é então caracterizado o risco.

Com a finalidade de realizar pesquisas sobre desastres naturais, Burton et al. (1978) apud Kobiyama et al. (2006), sugeriram sete parâmetros que estão relacionados ao estudo dos desastres que são: quanto a magnitude (alta – baixa); frequência (frequente – rara); duração (longa – curta); extensão areal (ampla – limitada); velocidade de ataque (rápida – lenta); dispersão espacial (difusa – concentrada); espaço temporal (regular – irregular).

2.2 Classificação dos Desastres Naturais

Para facilitar a tomada de decisão, quanto ao gerenciamento dos desastres naturais, é necessário o conhecimento e a classificação dos desastres. Assim, para compreender quais incidentes afetam uma população, com a finalidade de se propor ações mitigadoras que minimizem os danos materiais, humanos e ambientais. Através de análises do histórico de ocorrência, é possível desenvolver estudos que são capazes de determinar os períodos preferenciais, tempos de retorno e entre outros (SAITO; SORIANO; LONDE, 2015).

Responsável por organizar os dados referentes aos desastres naturais e tecnológicos de todos os continentes, destaca-se o *Center for Reserch on the Epidemiology of Desasters* (Centro de Pesquisas de Epidemiologia em Desastres - CRED), da Universidade de *Louvian*, conhecido como *Emergency Events Database* (EM-DAT). Um desastre é incluído no banco de dados do EM-DAT, quando, ao menos, um dos seguintes critérios é atendido: dez ou mais pessoas mortas, cem ou mais pessoas afetadas, declaração de estado de emergência ou pedido de assistência internacional (SAITO; SORIANO; LONDE, 2015).

Segundo o CRED, os desastres são classificados em duas categorias: naturais e tecnológicos, sendo os naturais subdivididos em geofísicos, climatológicos, hidrológicos, meteorológicos e biológicos.

No Brasil, a responsabilidade de organizar os dados referentes aos desastres naturais é da Secretaria Nacional e Defesa Civil (SEDEC), onde, na organização de seu banco de dados, a secretaria utiliza documentos relacionados a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública.

Uma grande discussão entre diversos autores se dá quanto a mensuração da magnitude do evento, sendo facilmente dimensionável o número de mortes e pessoas atingidas, mas pouco é discutido sobre a forma como deve-se trabalhar o dimensionamento que o desastre gerou à economia local, emprego, moradia, violência e entre outras consequências sociais. Outro fator

pouco discutido é quando tais impactos gerados pelos desastres naturais ultrapassam a capacidade da sociedade se recuperar, assim observando a perpetuação do desastre com o tempo (SAITO; SORIANO; LONDE, 2015).

2.3 Desastres Naturais no Mundo

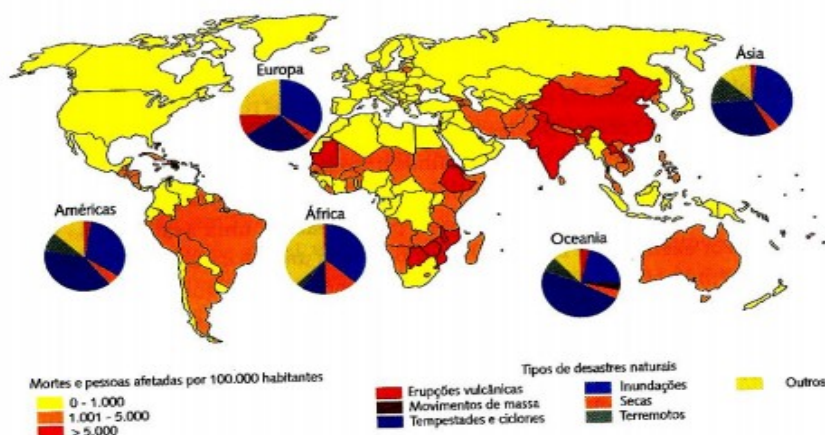
Com o êxodo rural, o mundo tem se tornado cada vez mais urbano. No ano de 2010, mais da metade da população mundial (51%) vivia nas cidades. Segundo projeções das Nações Unidas, tal número tende a aumentar, em 2045, serão 65% da população vivendo no meio urbano (UNDESA, 2016).

Outro número que está em ascensão é o das megacidades, cuja população ultrapassou 10 milhões de pessoas em 2010, no mesmo ano existiam nove megacidades, todas classificadas como em desenvolvimento. São Paulo é uma delas, segundo a ONU-Habitat (2012). Em 2020, aproximadamente 90% da população da América Latina viverá nas cidades. Assim, as cidades representam, para Saito, Soriano e Londe (2015), um grande potencial de riscos ambientais e sociais, por apresentarem alta densidade demográfica, elas são vulneráveis a risco de desastres naturais.

Analisando os registros históricos, os desastres naturais já ocasionaram grandes perdas à humanidade. Dentre alguns exemplos, destacam-se a inundação na China, em 1332, o ciclone *Bhola*, em 1970, a erupção no vulcão Tambora, em 1885, o tsunami que atingiu a costa dos países banhadas pelo oceano Índico, o terremoto no Haiti, em 2010, e mais recentemente, em 2016, o furacão Matthew, que atingiu o Caribe.

Saito, Soriano e Londe (2015), realizaram uma análise global onde constataram que as inundações e enchentes são os fenômenos mais recorrentes e que causaram o maior número de desastres mundiais, principalmente na América e na Ásia, seguido pelos terremotos e secas que atingiram o continente africano. Os países que concentram o maior índice de vítimas por desastres naturais, segundo o EM-SAT, entre 1974 e 2003, são a China e a Índia, no continente asiático, e Mauritânia e Moçambique, no continente africano (Figura 1).

Figura 1 - Danos Humanos e principais ocorrências de desastres naturais por continente de 1974 a 2003

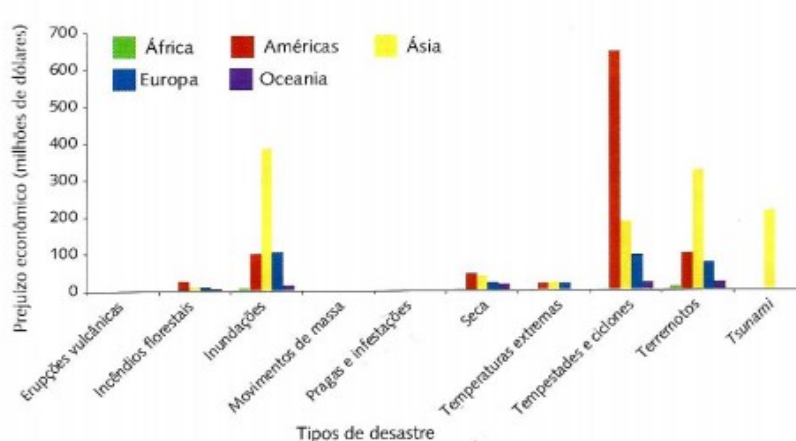


Fonte: SAUSEN; LACRUZ (2015).

Além dos danos sociais os desastres naturais afetam as economias globais. Dentre os desastres mais recentes, que geraram os maiores danos econômicos destacam-se o furacão Katrina, nos Estados Unidos da América, em 2005 (US\$ 176 bilhões), e o tsunami, no Japão, em 2011 (US\$ 210 bilhões). Para analisar tais dados deve-se utilizar outros parâmetros sociais, como o PIB (Produto Interno Bruto), IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), entre outros indicadores. Assim, quando se compara as perdas geradas pelo furacão Katrina e o tsunami no Japão, os países apresentaram danos econômicos de 1,1% e 3,5% em relação ao seu PIB de US\$ 15,68 trilhões e US\$ 5,96 trilhões, respectivamente. Comparando aos danos sofridos pelo Haiti, em 2010, este gerou prejuízo de US\$ 7,7 bilhões, frente a um PIB de 7,8 bilhões.

A Figura 2 apresenta o prejuízo econômico sofrido pelos continentes por diversos desastres naturais.

Figura 2 - Prejuízos Econômicos por desastre/continente, em milhões de dólares



Fonte: SAUSEN; LACRUZ (2015).

2.4 Desastres Naturais no Brasil

As ações de combate e socorro de desastres naturais, no Brasil, por muito tempo, foram de responsabilidade da Defesa Civil. Com isso, a instituição desenvolveu grande quantidade de material técnico e normatização. Até 2012, a SEDEC (Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil) utilizava a Codificação de Desastre, Ameaças e Riscos (CODAR) e, a partir desta data, a CODAR foi substituída pela Codificação Brasileira de Desastre (COBRADE), cujo objetivo foi aproximar-se dos parâmetros de classificação adotados intencionalmente como mostra a Figura 3 (SAITO; SORIANO; LONDE, 2015).

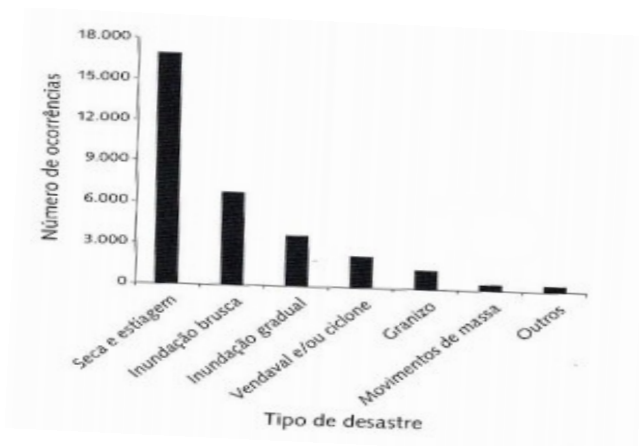
Figura 3 - Classificação de desastres naturais Segundo a COBRADE

Grupo	Subgrupo
1. Geológico	Terremoto
	Emanação Vulcânica
	Movimento de Massa
	Erosão
2. Hidrológico	Inundação
	Enxurrada
	Alagamentos
3. Meteorológico	Tempestade
	Tempestade Extremas
	Ciclones e Frentes Frias
4. Climatológico	Seca
5. Biológico	Epidemia
	Infestações/pragas

Adaptado de: SAUSEN; LACRUZ (2015).

Com a publicação do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, em 2012, pela Secretaria Nacional de Defesa Civil (CEPED, 2012), que organizou os dados referentes aos desastres entre 1991 a 2010, o levantamento mostrou, que no Brasil foram registrados 31.909 desastres naturais no período, referentes a secas, inundações, vendavais, granizo, movimento de massa, incêndios florestais, geadas e erosão (Figura 4). Somente são computados os fenômenos, quando os municípios decretam estado de emergência ou calamidade pública, assim eventos menores ou que não foram decretados, não são contabilizados pela secretaria.

Figura 4 - Desastres naturais mais frequentes no Brasil entre 1990 a 2010



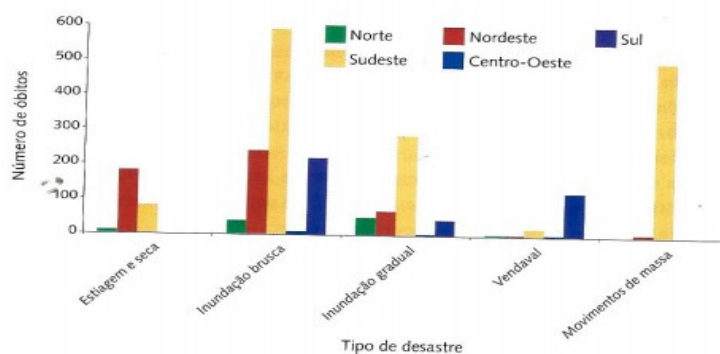
Fonte: SAUSEN; LACRUZ (2015).

No país, o evento mais ocorrente, segundo a CEPED (2012), são as secas com 53% dos registros, e as regiões Nordeste e Sul, as mais afetadas. Tratando-se de dados humanos, as secas e a estiagem mataram 173 pessoas, no Nordeste, e não houveram dados de morte na região sul, o que mostra a vulnerabilidade da população nordestina.

O segundo desastre natural mais recorrente no país são as inundações bruscas e os alagamentos, representando 21% do total de desastres. A região Sul é a mais afetada e, no total nacional, 1.106 vítimas das quais 580 só na região sudeste (CEPED, 2012). As inundações graduais somam 12% dos desastres no país e a região Sudeste é a mais atingida, acarretando em 274 vítimas.

O número de mortos, que é um dos fatores para que um desastre seja classificado como desastre natural é ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Prejuízos econômicos por tipo de desastre



Fonte: SAUSEN; LACRUZ (2015).

Com isso, observa-se que as inundações bruscas e os movimentos de massa são os desastres que comprometem o maior número de vidas no período de 1991 a 2012, especialmente

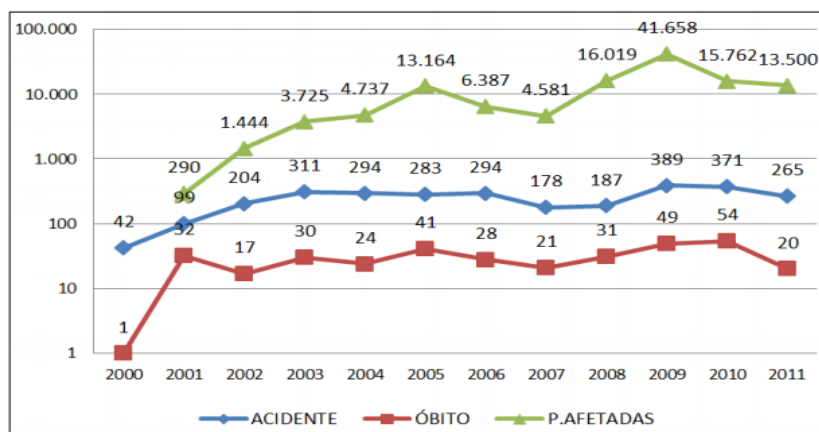
na região Sudeste (DOURADO; ARANTES; SILVA, 2012).

2.5 Desastres naturais no estado de São Paulo

Os desastres naturais mais ocorrentes no estado de São Paulo são escorregamentos de encostas, inundações e erosão. A região central e oeste do estado são mais propícias à erosão. Nesta região, há o predomínio dos escorregamentos e inundações, já as enchentes são recorrentes em todo o estado. O vale do Ribeira e o litoral sul, são os mais atingidos por deslizamentos pelo fato de receberem mais chuvas do tipo frontal, as quais são muito intensas e produzem grande volume de escoamento superficial devido a morfologia da região, há propensão de grandes cheias, sendo que diversos municípios já declararam estado de emergência ou calamidade pública (BROLLO; TOMINAGA, 2012).

A região metropolitana de São Paulo, apresenta o maior número de óbitos em consequência de enchentes e inundações, devido ao adensamento populacional, dentre outros fatores (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009). No período de 2000 a 2011, Brollo e Tominaga (2012), mostraram que, nos meses de verão, compreendidos entre dezembro a março, os desastres naturais no Estado, causaram 2.917 acidentes, 348 óbitos e 121.267 mil pessoas afetadas (desabrigadas ou desalojadas), em centenas de eventos de escorregamentos, inundações, tempestades, raios, erosão e subsidência do solo (Figura 6).

Figura 6 - Consequências de desastres no Estado de São Paulo, nos meses de verão (dezembro a março), no período de 2000 a 2011



Fonte: BROLLO; TOMINAGA (2012).

Destes acidentes, 590 são relacionados a escorregamentos/erosões, 1.463 são relacionados a inundações, 87 a raios, 777 são de outros tipos (ventanias, queda de muros,

desabamentos, ruptura de vias, etc.).

2.6 Inundação e Enchentes

Os rios apresentam comportamentos distintos conforme a variação dos níveis de água. Em relação a vazão, sendo nos períodos de seca ou estiagem, os canais fluviais possuem características de se limitarem ao leito vazante. No entanto, o leito maior recebe temporariamente águas fluviais oriundas do transbordamento, período quando ocorre as inundações. Sendo que, tais áreas, muitas vezes são ocupadas pela população, o que pode acarretar em danos sociais e econômicos, nos períodos chuvosos, devido a inundação parcial ou completa do leito maior.

As inundações são oriundas de fenômenos hidrometeorológicos, ocasionadas por longos períodos de precipitação. O Ministério das Cidades e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (BRASIL, 2007) entenderam que as inundações são formadas através do extravasamento da água, que anteriormente, estavam no corpo hídrico e com isso, passando para as áreas marginais (planícies de inundação), conforme mostra a Figura 7.

Figura 8 - Perfil esquemático do processo de inundação



Fonte: Ministério das Cidades/IPT (2007).

Por se tratarem de um fenômeno natural as inundações apresentam, segundo Amaral e Ribeiro (2009), magnitude, frequência, saturação, intensidade e dependem das características de infiltração da água no solo. Porém, atividades antrópicas desenvolvidas pelo homem, podem alterar todas essas características.

Tais atividades são facilmente compreendidas nas áreas urbanas, onde, através da construção de estradas, edificações e impermeabilização do solo, acarretam na redução da infiltração da água no aumento do escoamento superficial e na velocidade de escoamento (CAJAZEIRO, 2012).

Para Cajazeiro (2012) a impermeabilização solo ocasiona o desequilíbrio entre infiltração e escoamento, com isso aumentando o fluxo de água que é transportado aos rios, o que gera no aumento da vazão fluvial nos dias de maior precipitação, assim formando as inundações.

Para a mesma autora, outros fatores contribuem para formação das inundações, como os sistemas de drenagem das cidades, uma vez que são deteriorados e afetados com o despejo de resíduos sólidos e o asfaltamento que direciona um grande fluxo de água, com grande velocidade aos rios. Outro problema consiste no despejo de esgoto no sistema de águas pluviais e a alteração da calha fluvial.

Além do fenômeno das inundações, as cidades sofrem com os problemas ocasionados pelos alagamentos, cuja definição consiste no acúmulo momentâneo de água em uma determinada área por problemas de drenagem pluvial (BRASIL, 2007). Assim, os alagamentos são ocasionados pela má gestão do sistema de saneamento urbano, pelo descarte de lixo em locais indevidos e também pelo processo de impermeabilização do solo (SILVEIRA, 2007).

2.7 Geoprocessamento

Dentro do contexto apresentado, o geoprocessamento auxilia na gestão dos ambientes naturais, especialmente devido à ocupação antrópica que interfere e altera estes ambientes, causando, muitas vezes desastres de grande magnitude e prejuízos para a sociedade e meio ambiente.

Neste sentido, formado por soluções em *hardware* e *software*, o geoprocessamento é uma ferramenta eficaz para tomada de decisão, pois é composto pelo sistema de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e topografia, com isso possibilitando análise de informação com referência geográfica (ROSA, 2005).

Silva (2009), argumentou que o uso do geoprocessamento para estudos de recursos naturais tem se difundido cada vez mais e é uma fonte facilitadora para estudos ambientais, pois, a ferramenta permite agilizar levantamentos, mapeamentos e análise dos recursos naturais existentes. Rosa e Brito (1996) colocaram que existem pelo menos quatro técnicas para o tratamento de informações espaciais, que são: coleta de informação espacial, armazenamento, tratamento e por último a utilização do sistema de informação geográfica para o uso integrado dos dados.

Na tomada de decisão, quanto aos desastres naturais, o geoprocessamento é um agente

fundamental, pois em tais eventos há a necessidade de se produzir informações em pouco tempo e baixo custo. Assim, a ferramenta possibilita a coleta de informações em áreas inacessíveis através do sensoriamento remoto, possibilitando a geração de mapas emergenciais que podem auxiliar no resgate de vítimas, na definição da logística e no planejamento de rotas.

Alguns autores possuem diferentes conceitos para o termo em questão. Antunes (2007) colocou que o geoprocessamento consiste no processamento de dados referenciados geograficamente, com a finalidade de gerar mapas, relatórios, arquivos e outros.

Câmara e Medeiros (1998) apud Silva (2007), afirmaram que o geoprocessamento é uma disciplina que utiliza técnicas matemáticas e computacionais destinadas ao tratamento de informações geográficas. Ou ainda, no conceito de Rosa e Brito (1996), que trataram o geoprocessamento como a união de diferentes tecnologias com a finalidade de coletar e tratar informações espaciais, para o desenvolvimento de sistemas e aplicações.

Por fim, todos os conceitos de geoprocessamento apontados mostram que a técnica pode ser utilizada por profissionais dedicados a trabalhos em processamento de imagens digitais (PDI), cartografia digital, e sistema de informação geográfica (SIG).

Um procedimento muito utilizado no geoprocessamento é a análise multicritério. Almeida e Costa (2003) apud Silva et al. (2009), compreenderam que a análise consiste no conjunto de técnicas e métodos que colaboram na tomada de decisão, onde através diversos critérios é possível o estabelecimento de uma relação entre as variáveis estudadas. Assim, segundo Moura (2007), é possível a realização de análises espaciais através de diferentes variáveis, onde as mesmas devem obedecer ao critério de tempo e espaço específicos.

Por metodologia, a análise multicritério consiste no cruzamento de variáveis espaciais, conhecida também como Árvore de Decisões ou Análise Hierárquica de Pesos, o procedimento é baseado no mapeamento de variáveis e na definição do grau de aderência das mesmas, onde objetivo é a construção de um resultado baseado em todas as variáveis envolvidas, a média ponderada é empregada no método, mas há pesquisadores que utilizam lógica *Fuzzy* na atribuição de pesos e notas (MOURA, 2007).

Parte integrante do Geoprocessamento, destaca-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG), cuja origem se deu com o avanço computacional a partir da década de 1950, sendo desenvolvido na Universidade de Harvard, em 1970, o primeiro projeto em SIG, com a produção de mapas de declividade. Mas, foi em 1980, que diversas instituições começam a trabalhar e desenvolver projetos em várias áreas do conhecimento. O SIG teve sua origem no CAD (Cartografia Assistida por Computador), porém, são tecnologias distintas, onde a primeira utiliza informações geográficas e a segunda permite a elaboração de desenhos (DIAS, 2008).

Antunes (2007) conceituou SIG como um sistema operacional, ao qual é permitido a associação de dados geográficos a um banco de dados, assim, constituindo um ambiente propício para integração de dados que são utilizados para o suporte na tomada de decisão. Para Rocha (2000), o sistema permite a aquisição, armazenamento, processamento e análise dos dados digitais de maneira georreferenciada e estruturada.

2.8 Sensoriamento Remoto

Ainda, de grande relevância dentro do Geoprocessamento, o sensoriamento remoto surgiu pela necessidade de se obter informações sobre a superfície terrestre sem que haja o contato físico, sendo tal processo possível por meio da radiação eletromagnética.

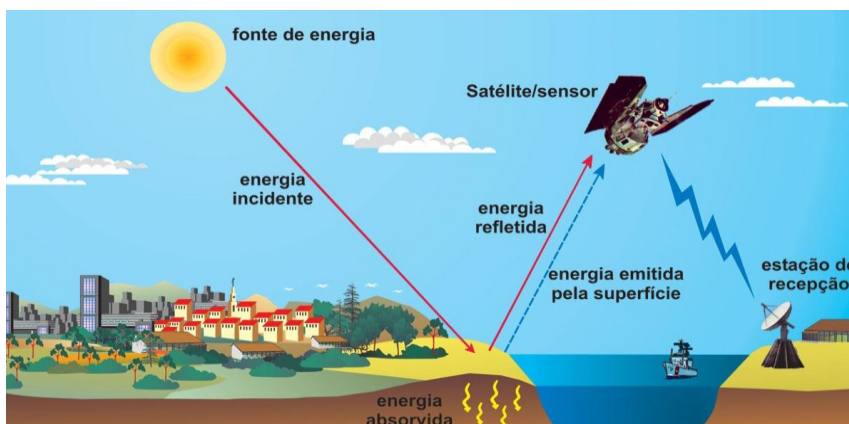
Utilizado a partir da segunda metade do século XIX, o sensoriamento remoto se desenvolveu a partir de fotografias tiradas por câmeras acopladas a balões ou em pombos correios, para suporte a atividades bélicas. Em aviões, a primeira fotografia aérea foi tomada em 1908 e, o primeiro satélite com o objetivo de registrar os recursos naturais, foi lançado pelos Estados Unidos da América, com o nome de *EARTH-1* (*Earth Resources Technology Satellite*), que depois foi substituído pelo nome *LANDSAT*. O programa foi bem sucedido e continua em operação até os dias atuais (SILVA, 2009).

Em suma, sensoriamento remoto é definido por Meneses (2012, p.3) como:

Ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres.

O processo que explica o funcionamento básico do sensoriamento remoto pode ser visto na Figura 8, a seguir.

Figura 8 - Funcionamento básico do Sensoriamento Remoto

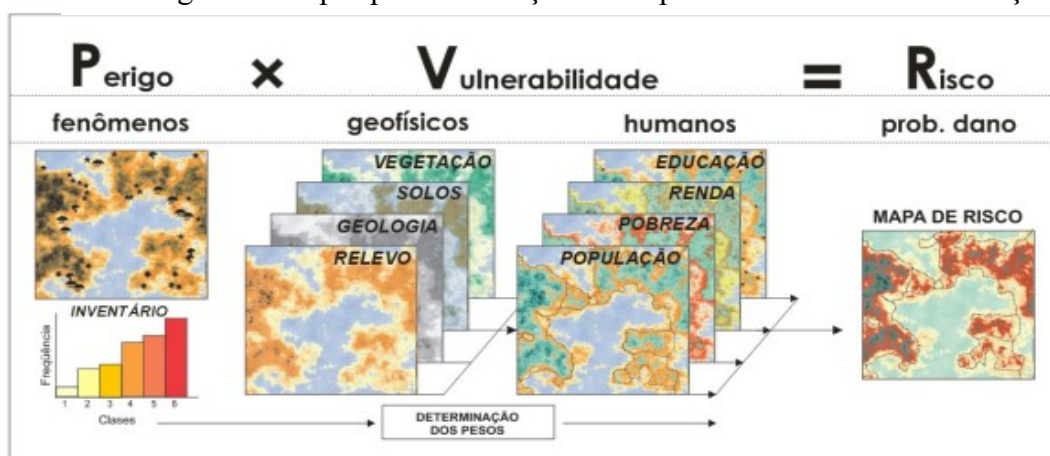


Fonte: MAIA (2015)

De acordo com Marcelino (2008), os dados do sensoriamento remoto têm grande utilização para a gestão de risco nos eventos relacionados a desastres naturais, pois a partir dele, é possível a coleta, armazenamento e análise de uma grande quantidade de dados. Como o sensoriamento possibilita a produção de informações em pouco tempo e custo relativamente baixo, é possível analisar o evento existente e elaborar mapeamentos preventivos que colaboram na tomada de decisão.

O mesmo autor destaca que é possível desenvolver medidas utilizando sensoriamento remoto para prevenção de desastres, uma vez que, os dados quando obtidos, são analisados e transmitidos para *softwares* de processamento. Dependendo da metodologia utilizada pode-se cruzar as informações e gerar mapas temáticos de perigo, vulnerabilidade ou risco, como exemplifica a Figura 9.

Figura 9 -Etapas para elaboração do mapeamento de risco à inundação



Fonte: Marcelino (2008)

2.9 Cartografia temática

Os mapas temáticos para Araújo (2017) são responsáveis por representar qualquer tema além da representação do terreno, onde no mapeamento de inundação é possível evidenciar as áreas de risco e identificar as áreas mais propensas a tais eventos bem como elas atingem a população, sendo assim um mecanismo essencial para difundir informações referentes a dinâmica da superfície terrestre.

Mapas de inundação podem ser classificados como de planejamento e alerta, onde Tucci (2005) ressalva que os mapas de planejamento mostram as áreas atingidas por cheia de tempo de retorno escolhido, já os de alerta são desenvolvidos a partir dos valores das cotas coletados em cada esquina das áreas de risco, assim permitindo a população o acompanhamento da

enchente através de observações do nível de água em relação às réguas. Segundo o mesmo autor os mapas de inundação permitem o zoneamento de áreas de risco à inundação através do grau de risco de cada área.

3 METODOLOGIA

3.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

As informações da localização geográfica, bem como uma breve caracterização da área da área de estudo, são importantes para compreensão do objeto de estudo.

O estado de São Paulo é umas das 27 unidades da República Federativa do Brasil. Localizado na região Sudeste do país, com uma área de 248.221,996 km², densidade populacional de 166,23 habitantes por km², possui 645 municípios e uma população estimada para 2016, de 44.749.699 habitantes (IBGE, 2016).

São Paulo tem sua área limítrofe, a norte e nordeste, por Minas Gerais, a noroeste, pelo Rio de Janeiro, a leste, pelo oceano Atlântico, ao sul, pelo Paraná e, a oeste, por Mato Grosso do Sul. Sendo sua área coberta pelos biomas da Mata Atlântica e Cerrado.

O Estado possui 15 mesorregiões que são: São José do Rio Preto, Ribeirão Preto, Araçatuba, Bauru, Araraquara, Piracicaba, Campinas, Presidente Prudente, Marília, Assis, Itapetininga, Macro Metropolitana Paulista, Vale do Paraíba Paulista, Litoral Sul Paulista e a Região Metropolitana de São Paulo, onde está localizado o município de Rio Grande da Serra, objeto de estudo desta pesquisa.

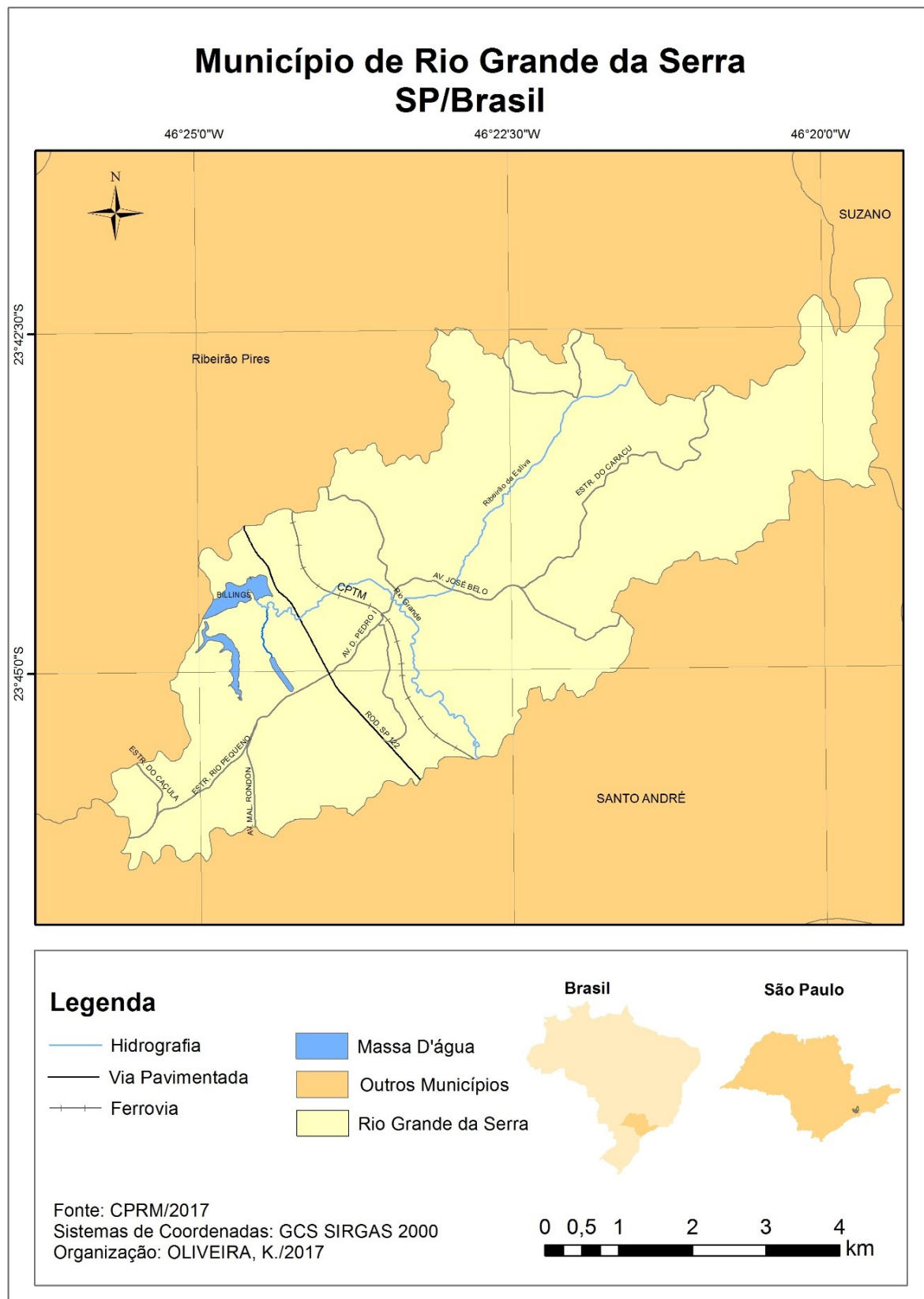
Rio Grande da Serra localiza-se no Estado de São Paulo fazendo fronteira com os municípios de Ribeirão Pires, Suzano e Santo André (Mapa 1).

Com uma população estimada, em 2016, de 48,861 habitantes, área de 36,341 km², densidade populacional de 1210,04 habitantes por km², IDH de 0,749, considerado como alto pelo Atlas Brasil de Desenvolvimento, o município possui 100% de sua população residente em área urbana, das quais 22,170 são mulheres e 21,804 homens, com renda per capita, em 2010 de R\$ 563,57.

Apresentado uma população economicamente ativa (PEA) de 70,27%, dos quais estão distribuídos 0,81% trabalhando no setor agropecuário, 0,25% na indústria extrativa, 24,25% na indústria de transformação, 10,13% no setor de construção, 1,36% em serviço de utilidade pública 13,86% no comércio e 42,43% no setor de serviços, o município apresenta índice habitacional da população com água encanada de 99,58%, com 99,64% energia elétrica e 98,85%

da população com coleta de lixo.

Mapa 1 - Localização e caracterização da área de estudo



Fonte: O autor.

3.2 Material

Para realização desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

- *Software ArcGIS Desktop* 10, licenciado para a UFU, no Laboratório de SIG e Geoprocessamento (SIGEO), *Quantum GIS* 2.18.14;
- Dados hidrológicos referentes à precipitação da área em estudo, disponibilizados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE);
- Modelo Digital de Elevação do sensor SRTM, do município de Rio Grande da Serra, disponibilizado pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), com resolução de 10 m;
- Arquivos vetoriais *shapefile* (hidrografia, malha viária, limites municipais, estaduais, federais, relevo e pedologia) disponibilizados pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM);
- Ortofoto do município de Rio Grande da Serra elaborada pelo Programa de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, incluído no Plano Plurianual 2012-2015, do Ministério do Planejamento, disponibilizada pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), com resolução de 4 m;
- Atlas de Uso e Ocupação do Solo, do município de Rio Grande da Serra, disponibilizado pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA);
- Trabalhos acadêmicos, livros, artigos e páginas eletrônicas pertinentes ao tema de pesquisa.

3.3 Métodos

A partir da definição do tema/área de estudo foi possível a elaboração desta pesquisa que seguiu uma série de etapas sequenciais, onde os procedimentos para obtenção dos mapas relacionados a cada variável foram utilizados para compor o mapeamento de risco à inundação da área de estudo.

A metodologia adotada foi baseada na apresentada por Santos, Louzada e Eugênio (2010), sendo a mesma adaptada aos fatores ambientais que constituem o município de Rio Grande da Serra - SP.

Inicialmente foram organizados os mapas temáticos referentes ao relevo, uso e ocupação da terra, pedologia, pluviosidade, hipsometria e declividade da área de estudo, para isso foi criado um banco de dados geográficos contendo todos os arquivos vetoriais e matriciais necessários para confeccionar os mapeamentos citados.

Para compor o mapeamento de pluviosidade do município de Rio Grande da Serra – SP para o ano de 2015 foi necessário, descarregar os dados das estações pluviométricas do DAEE no entorno da área de estudo, para isso foi utilizado o software Excel para tabular e organizar as informações que continham as coordenadas geográficas das estações, prefixo, ano de coleta e a pluviosidade média das mesmas (Quadro 1).

Quadro 1 - Estações Pluviométricas DAEE

Prefixo	Latitude	Longitude	Média (mm)	Ano
E3156	-23,6675	-46,4681	1202,52	2015
E3157	-23,6501	-46,4406	1231,81	2015
E3159	-23,6481	-46,5464	1329,15	2015
E3160	-23,6258	-46,5183	1274,98	2015
E3150	-23,6667	-46,5667	1362,22	2015
E3161	-23,6875	-46,5603	1293,21	2015
E3162	-23,7217	-46,5364	1255,36	2015
E3260	-23,6	-46,2337	1446,59	2015
E3239	-23,7	-46,45	1517,61	2015
E3155	-23,708	-46,4181	1051,95	2015
E3-041	-23,8833	-46,2167	3097,98	2015
E3-040	-23,7667	-46,1167	2933,67	2015
E3-042	-23,75	-46,1333	3864,18	2015
E3-244	-23,8333	-46,5833	1848,64	2015
E3-142	-23,75	-46,5333	1497,79	2015
E3-037	-23,7833	-46,3	2289,11	2015
E3-245	-23,65	-46,3333	1446,08	2015

Fonte: DAEE (2017)

Posteriormente, foi adicionada a tabela referida no software *ArcMap*, utilizando a ferramenta *Add XY Data*. Deste modo, foi criado o arquivo *shape* das estações pluviométricas o qual foi interpolado utilizando o Inverso da Distância Ponderada (*IDW - Inverse Distance Weighting*), assim gerando o mapa de precipitação.

A elaboração dos mapeamentos referentes ao relevo e pedologia se desenvolveram através dos dados adquiridos com a CPRM, desse modo foram inseridos os vetores dos mesmos no

software *ArcMap* e confeccionados seus *layouts*, bem como o mesmo processo foi realizado para obtenção dos mapas de hipsometria e declividade, onde os arquivos matriciais foram inseridos e processados no mesmo software.

Para elaboração do mapeamento de uso e ocupação da terra foram utilizadas ortofotos do município de Rio Grande da Serra no ano de 2012, desse modo as feições de interesse (mata, solo exposto, massa d'água e área edificada) foram separadas em classes e, posteriormente, vetorizadas no software *ArcMap*. Porém, a data das ortofotos não correspondia ao ano de estudo (2015), desse modo os vetores foram atualizados no software *Quantum Gis*, através da ferramenta *Open Layer Plugin*, que possibilitou a utilização de imagens do satélite *Astrium*, para o ano de estudo.

As classes adotadas no mapa de uso e ocupação da terra foram adaptadas do Atlas de Uso e Ocupação do Solo do Município de Rio Grande da Serra (EMPLASA, 2006). Deste modo, classes semelhantes que estavam separadas no Atlas, nesta pesquisa, foram agrupadas, como: mata, campo, capoeira, vegetação de várzea, hortifrutigranjeiro e reflorestamento foram agrupadas na classe 'Mata'; já a área urbanizada, equipamentos urbanos e indústrias constituem a classe 'Área edificada'; solo exposto e loteamentos desocupado foram agrupadas na classe 'Solo exposto'; e por fim, as classes lagos, represas, corpos d'água e massa d'água foram agrupadas na classe 'Massa d' água', como pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 - Classes Uso e ocupação da terra

Uso	Classe
Mata	Mata Campo Capoeira Vegetação de várzea Reflorestamento Hortifrutigranjeiro
Solo exposto	Loteamento vago Solo exposto
Área edificada	Área urbanizada Equipamentos Urbanos Indústria Chácara
Massa d'água	Massa d'água Lago Represa Espelho d'água

Fonte: O autor.

Para os mapas intermediários de risco, a metodologia adotada se baseou em reclassificar os mapeamentos temáticos, deste modo foram definidos pesos quanto ao risco à inundação (baixo, médio e elevado). A reclassificação dos mapas utilizou a ferramenta *Reclassify* do *software ArcMap*, onde foram atribuídos coeficientes que identificavam cada risco, assim risco baixo a inundação recebeu prefixo 1, médio 2 e elevado 3. Tal metodologia foi apresentada por Santos, Louzada e Eugênio (2010) e demonstrada no Quadro 3, onde a amplitude da declividade variou de valores menores 12% e valores superiores a 40 % para o município de Arecê – ES.

Já na área de estudo foi utilizada a mesma metodologia apresentada pelos autores onde os valores da declividade variaram entre menores que 14% e superiores a 62% (Quadro 4).

Quadro 3 - Classes, níveis de risco e coeficientes para declividade para área de Arecê – ES

Classes originais	Nível de Risco à Inundação	Coeficientes
< 12%	Baixo	1
14 – 40 %	Médio	2
> 40 %	Elevado	3

Fonte: Santos, Louzada e Eugênio (2010)

Quadro 4 - Classes de declividade do terreno, nível e coeficientes associados ao risco à inundação em Rio Grande da Serra

Classes originais	Nível de Risco à Inundação	Coeficientes
0 – 14%	Baixo	1
14 – 30%	Médio	2
30 – 62%	Elevado	3

Fonte: Adaptado de Santos, Louzada e Eugênio (2010)

A reclassificação do mapa hipsométrico seguiu a mesma metodologia, citada anteriormente, atribuindo coeficientes aos níveis de risco à inundação (Quadro 5), onde as variações de altimetrias do terreno variaram de menores que 794,68 m a superiores a 823,91 m.

Quadro 5 - Classes de altimetria do terreno, nível e coeficientes associados ao risco à inundação em Rio Grande da Serra

Classes originais	Nível de Risco à Inundação	Coeficientes
> 823,91 m	Baixo	1
794,68 - 823,91 m	Médio	2
< 794,68 m	Elevado	3

Fonte: Adaptado de Santos, Louzada e Eugênio (2010).

O mapa de reclassificação da pluviosidade seguiu os critérios apresentados no Quadro 6, onde as classes variaram entre 859, 83 mm a 1912,56 mm para o ano de 2015.

Quadro 6 - Classes pluviométricas, nível e coeficientes associados ao risco à inundação em Rio Grande da Serra

Classes originais	Nível de Risco à Inundação	Coeficientes
859,83 - 1.170,68 mm	Baixo	1
1.170,68 - 1.444,22 mm	Médio	2
1.444,22 - 1.912,56 mm	Elevado	3

Fonte: Adaptado de Santos, Louzada e Eugênio (2010)

Outra variável importante para determinar o risco à inundação de uma área é a pedologia, variável essa, que foi reclassificada utilizando a metodologia de Crepani (2001), no qual classifica os solos em estáveis, intermediários e vulneráveis. Onde o autor utilizou a escala de 1 a 3 para atribuir pesos aos tipos de solos.

Desse modo, foi adotado coeficiente 1 e nível de risco baixo a inundação para Latossolos, por serem solos bem desenvolvidos e por apresentarem boa permeabilidade à água e ao ar. Aos solos do tipo Cambissolos, foi atribuído coeficiente 2 e nível de risco à inundação médio, pelo fato do solo apresentar baixa profundidade e permeabilidade à água. Já Massa d'água e Áreas edificadas receberam coeficiente 3 e nível de risco à inundação elevado, pois são áreas mais vulneráveis e mais suscetíveis a inundações, como mostra o Quadro 7.

Quadro 7 - Classes de pedologia, nível e coeficientes associados ao risco à inundação em Rio Grande da Serra

Classes originais	Nível de Risco à Inundação	Coeficientes
Latossolos	Baixo	1
Cambissolos	Médio	2
Massa d'água	Elevado	3
Área Edificada	Elevado	3

Fonte: Adaptado de Crepani (2001)

O relevo do município de Rio Grande da Serra é constituído por Morros Altos, Morros baixos, Morrotes, Morrotes Baixos, Planícies e Massa d'água. Tais variáveis também foram reclassificadas utilizando a metodologia de Crepani (2001) e a essas classes foram atribuídos coeficientes referentes ao nível de risco à inundação.

Morros altos caracterizam-se como relevo formado por solos pouco profundos em terreno declivoso, em geral com moderada suscetibilidade a inundação e erosão. Desse modo, a ele foi classificado risco baixo à inundação e atribuído coeficiente 1. Por apresentar moderada a alta suscetibilidade a erosão e inundação o relevo de morros baixos foi classificado como nível de risco médio e coeficiente 2. Para Massa d'água, Planícies e Morrotes, por se tratarem de relevos com alta suscetibilidade a eles foram atribuídos nível de risco elevado e coeficiente 3 (DANTAS, 20--), como mostra o Quadro 8.

Quadro 8 - Classes de padrões de relevo, nível e coeficientes associados ao risco à inundação em Rio Grande da Serra

Classes originais	Nível de Risco à Inundação	Coeficientes
Morros Altos	Baixo	1
Morros Baixos	Médio	2
Morrotes Baixos	Médio	2
Massa d'Água	Elevado	3
Planícies	Elevado	3
Morrotes	Elevado	3

Fonte: Adaptado de Crepani (2001).

A última variável a ser reclassificada foi o Uso e ocupação da terra, de modo que ela possui as classes: Mata, Solo exposto, Massa d'água e Área edificada. Desta maneira, foi adotado para a classe 'Mata' o coeficiente 1 e nível de risco à inundação baixo, pelo fato da alta cobertura vegetal. Para a classe de 'Solo exposto' foi atribuído o coeficiente 2 e risco médio a inundação. Já as classes 'Massa d'água' e 'Área edificada' foram as que receberam o atributo 3 e nível de risco à inundação elevado, de modo que as áreas edificadas são as mais suscetíveis aos eventos de inundação por apresentarem alta impermeabilização do solo o que impede a infiltração da água (Quadro 9).

Quadro 9 - Classes de uso e ocupação da terra, nível e coeficientes associados ao risco à inundação em Rio Grande da Serra

Classes originais	Nível de Risco à Inundação	Coeficientes
Mata	Baixo	1
Solo Exposto	Médio	2
Massa d'água	Elevado	3
Área Edificada	Elevado	3

Fonte: O autor.

Após a reclassificação das variáveis Pedologia, Relevo, Uso e ocupação da terra, Hipometria, Declividade e Pluviosidade, foi utilizada a ferramenta *Raster Calculator* do software *ArcGis* para construir o mapa de risco à inundação, no município de Rio Grande da Serra – SP. Para isso, foi desenvolvido o modelo matemático baseado na metodologia adotada por Santos, Louzada e Eugenio (2010), onde aos mapeamentos reclassificados foram atribuindo pesos às classes, desse modo os pesos atribuído correspondem o grau de importância atribuído para cada um dos fatores analisados, assim o risco pode ser calculado pela equação a seguir (Equação 1).

$$\text{RISCO} = ((\text{pluviosidade} * 0,14) + (\text{relevo} * 0,08) + (\text{pedologia} * 0,06) + (\text{hipsometria} * 0,20) + (\text{declividade} * 0,24) + (\text{uso e ocupação da terra} * 0,28)) \quad (1)$$

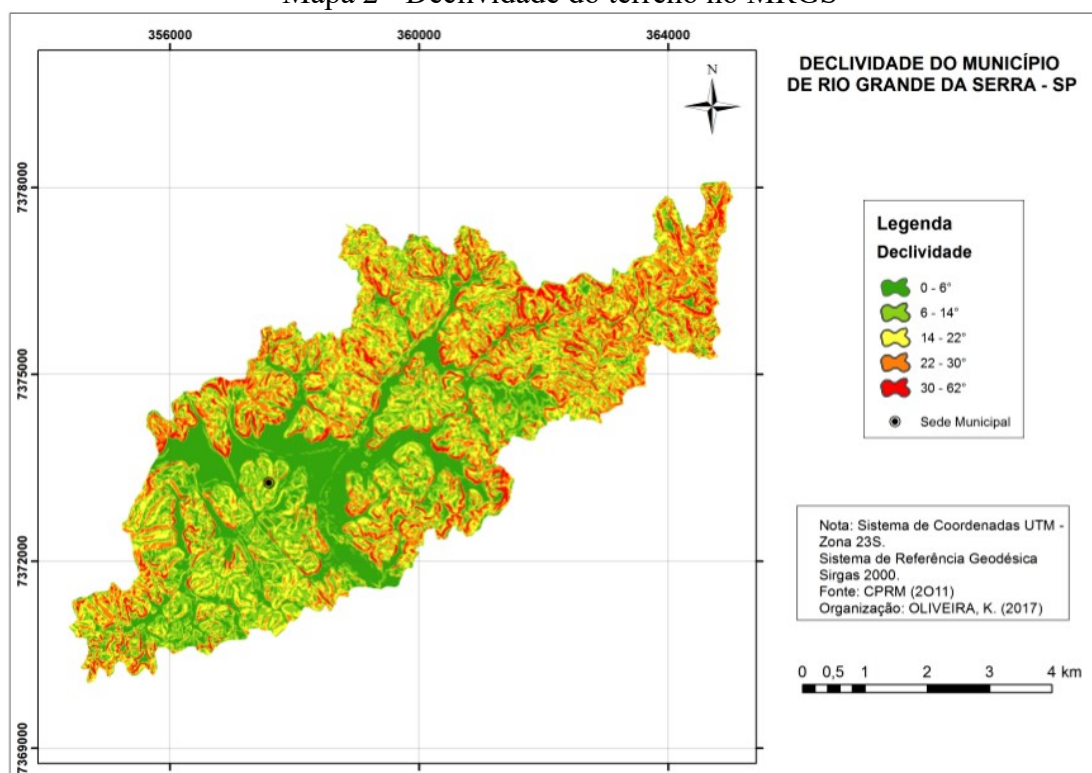
Para Tucci (2004) os principais condicionantes naturais para ocorrência de inundações são o uso e ocupação da terra, declividade, hipsometria, e pluviosidade, deste modo nesta pesquisa foram atribuídos os maiores pesos a tais variáveis que constituem o modelo matemático desenvolvido para calcular o risco à inundação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas iniciais obtidos são os relacionados a cada variável e, posteriormente, os mapas de risco à inundação, após a reclassificação.

A declividade do terreno do município de Rio Grande da Serra está apresentada no Mapa 2 e, a reclassificação das classes temáticas quanto ao risco de inundação, é mostrada no Mapa 3.

Mapa 2 - Declividade do terreno no MRGS



Fonte: O autor.

O Mapa 2, apresenta a variação da declividade do terreno no município, de 6% até 62%. Desse modo, áreas com menor declive representam elevado risco à inundação e, áreas com

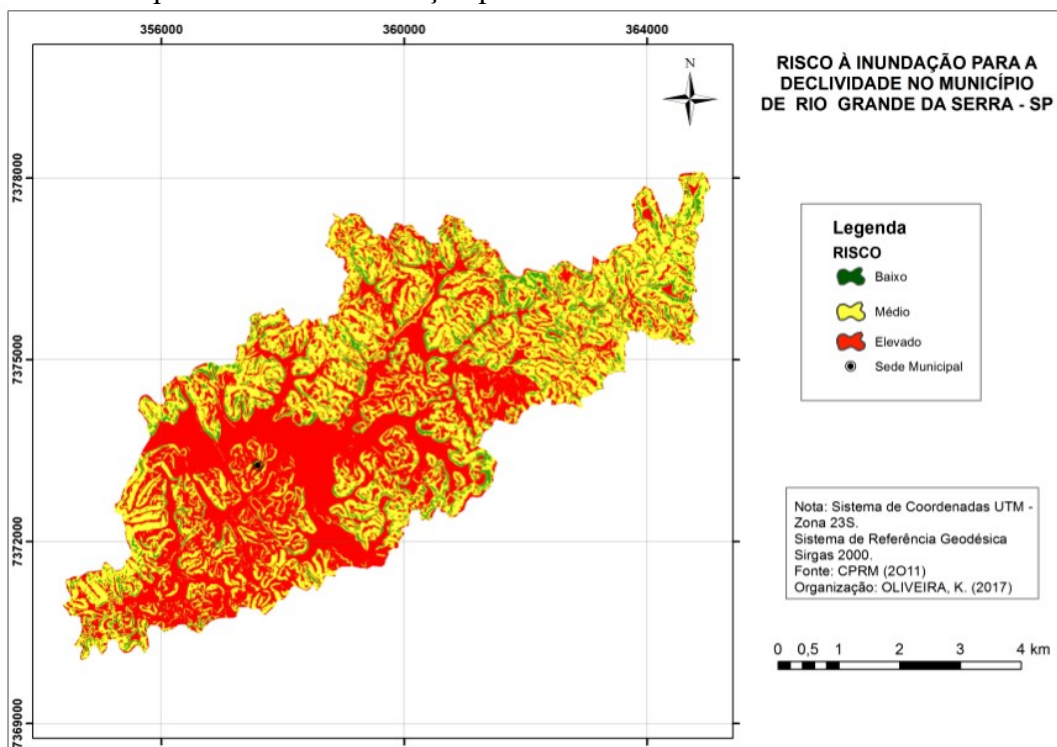
maior declive, menor risco. O município possui área de 8,496 km² (23,38%) com declividade igual ou inferior a 6%, 8.947 km² (24,48%) entre 6 a 14%, 8,947 km² (24,62%) entre 14 a 22 %, assim 72,47% do município é constituído de áreas de baixo declive e os outros 27,53%, que variam com declividade entre 22 a 30% e representa uma área de 7,183 km² (19,76 %) e de 30 a 62% uma área correspondente a 2,819 km² (7,76%), como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Declividade do Terreno no MRGS

Descrição	Área (km ²)	Área (%)
0 - 6%	8,495	23,38
6 – 14%	8,897	24,48
14 – 22%	8,947	24,62
22 – 30%	7,183	19,76
30 – 62%	2,819	7,76
Total	36,341	100

Fonte: O autor.

Mapa 3 - Risco à Inundação para declividade do terreno no MRGS



Fonte: O autor.

O Mapa 3 apresenta a classificação do risco à inundação que o município está sujeito quanto à declividade do terreno. Desse modo, a variável foi classificada como baixo, médio e elevado risco à inundação. Percebe-se que a área de estudo apresenta 2,608 km² (7,16%) correspondente a um baixo risco à inundação, 16,444 km² (45,14%) considerado médio risco e

17,380 km² classificado como elevado risco à inundação (47,71%), por estar situado em áreas de baixo declive como mostra a Tabela 2.

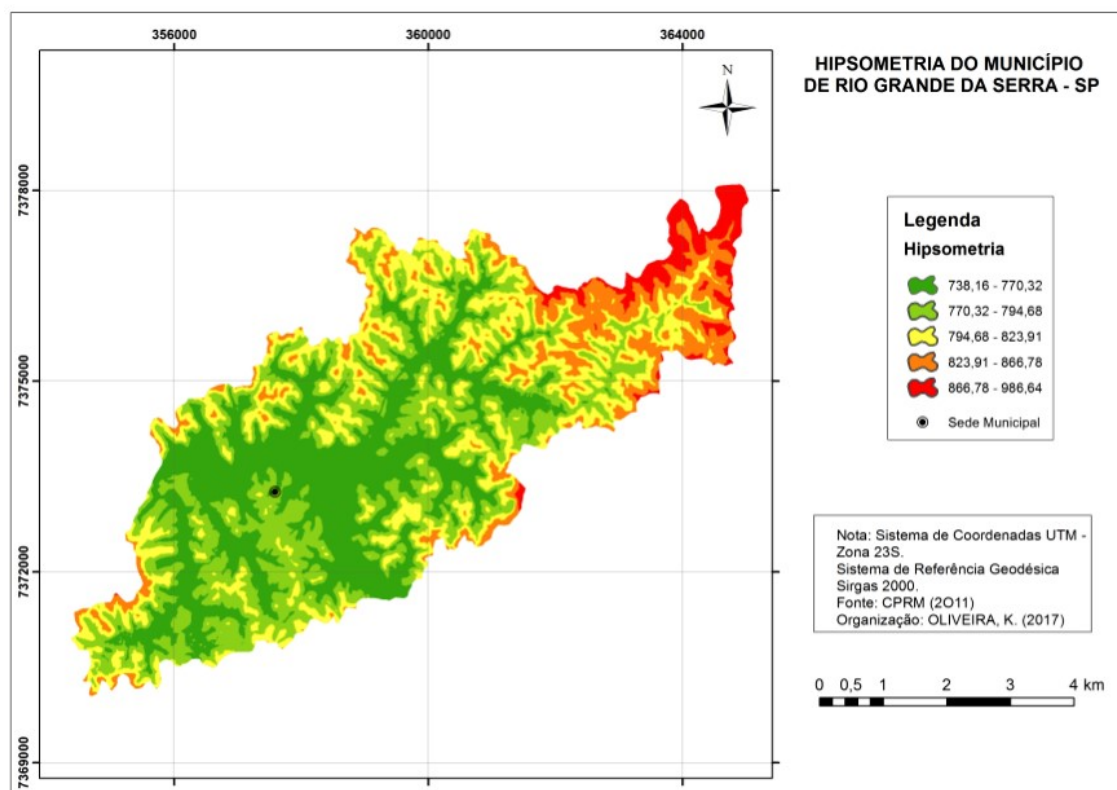
Tabela 2 - Risco à Inundação para declividade do terreno no MRGS

Risco	Área (km ²)	Área (%)
Baixo	2,608	7,159
Médio	16,444	45,137
Elevado	17,38	47,707
Total	36,431	100

Fonte: O autor.

A altitude do município do está evidenciada no Mapa 4, e após sua reclassificação está apresentado no Mapa 5.

Mapa 4 - Hipsometria do terreno no MRGS



Fonte: O autor.

O Mapa 4 mostra a hipsometria do município de Rio Grande da Serra que varia entre 738,16 m a 986,64 m, onde uma área de 11,101 km² possui altitude entre 738,16 a 770,32 m o que corresponde a 30,55% da área do município, 11,385 km² possui altitude entre 738,16 a 794,68 m (31,33%), 8,399 km² possui altitude entre 794,68 m a 823,91 m (23,11%), 3,989 km² possui altitude 823,91 m a 866,78 m (10,98%) e as altitudes mais elevadas do município estão entre 866,78 m a 966,64 m e corresponde a uma área de 1,467 km² (4,04%), como mostra a

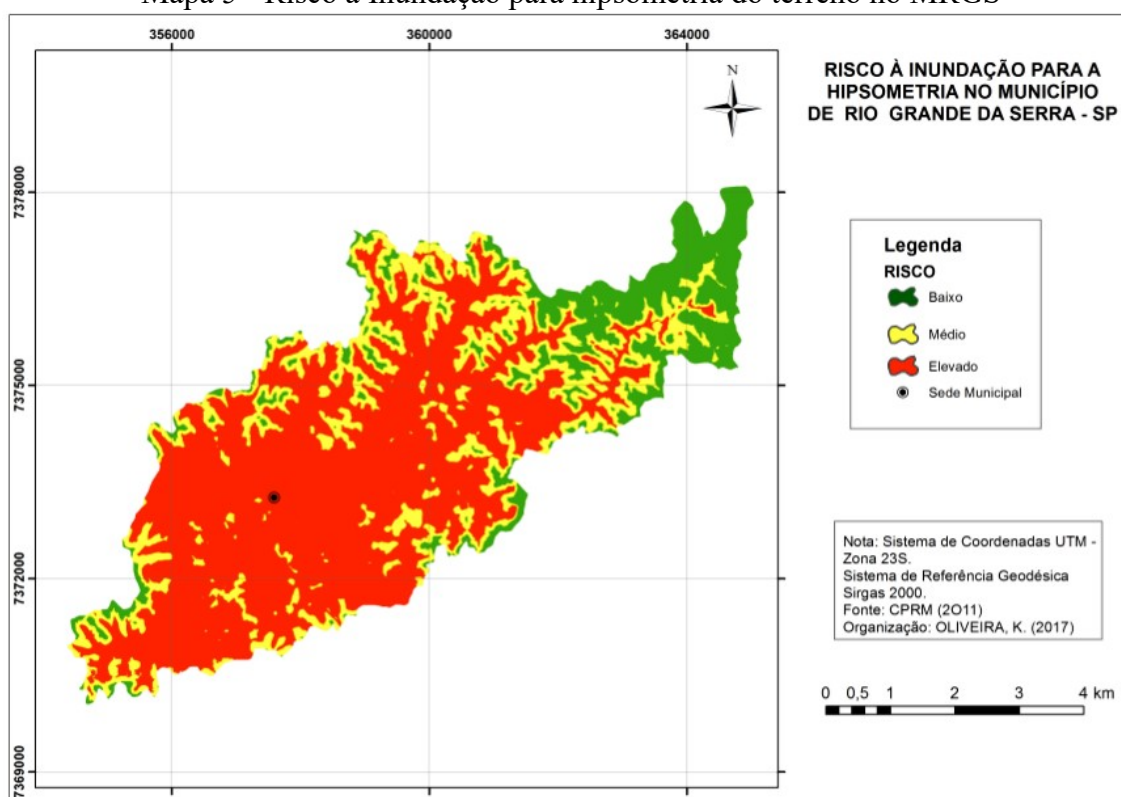
Tabela 3.

Tabela 3 - Hipsometria do terreno no MRGS

Descrição	Área (km ²)	Área (%)
738,16 - 770,32	11,101	30,55
770,16 - 794,68	11,385	31,32
794,68 - 823,91	8,399	23,11
823,91 - 866,78	3,989	10,98
866,78 - 966,64	1,467	4,04
Total	36,341	100

Fonte: O autor.

Mapa 5 - Risco à Inundação para hipsometria do terreno no MRGS



Fonte: O autor.

Após a reclassificação, constatou-se que uma área de 5,445 km² (14,98%) do município possui baixo risco à inundação, por apresentar altitudes mais elevadas. Cerca de 8,422 km² (23,17%) foi classificado como médio risco e 22,474 km² apresentaram elevado risco à inundação, o que corresponde a 61,85% da área da área de estudo (Tabela 4).

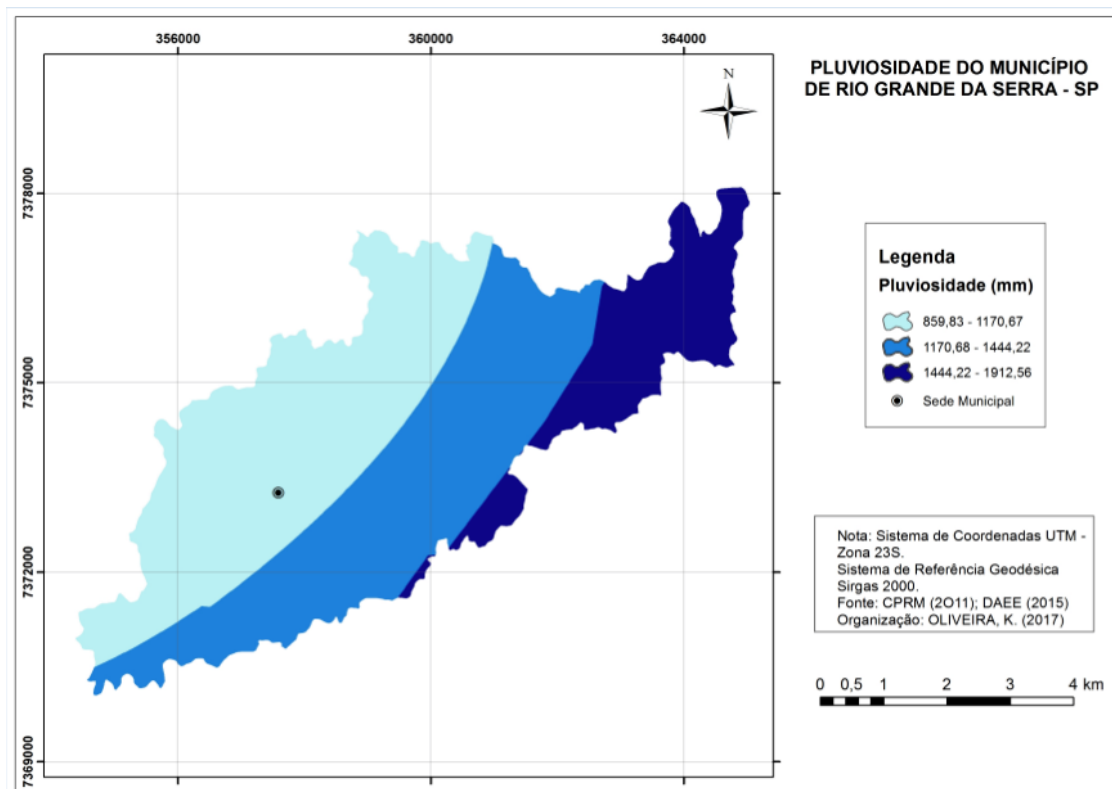
Tabela 4 - Risco à Inundação para a hipsometria do terreno no MRGS

Risco	Área (km ²)	Área (%)
Baixo	5,445	14,98
Médio	8,422	23,17
Elevado	22,474	61,85
Total	36,341	100

Fonte: O Autor.

A pluviosidade, para o ano de 2015, no município, é mostrada no Mapa 6 e, após a reclassificação quanto ao risco, está demonstrada no Mapa 7.

Mapa 6 - Pluviosidade no MRGS



Fonte: O autor.

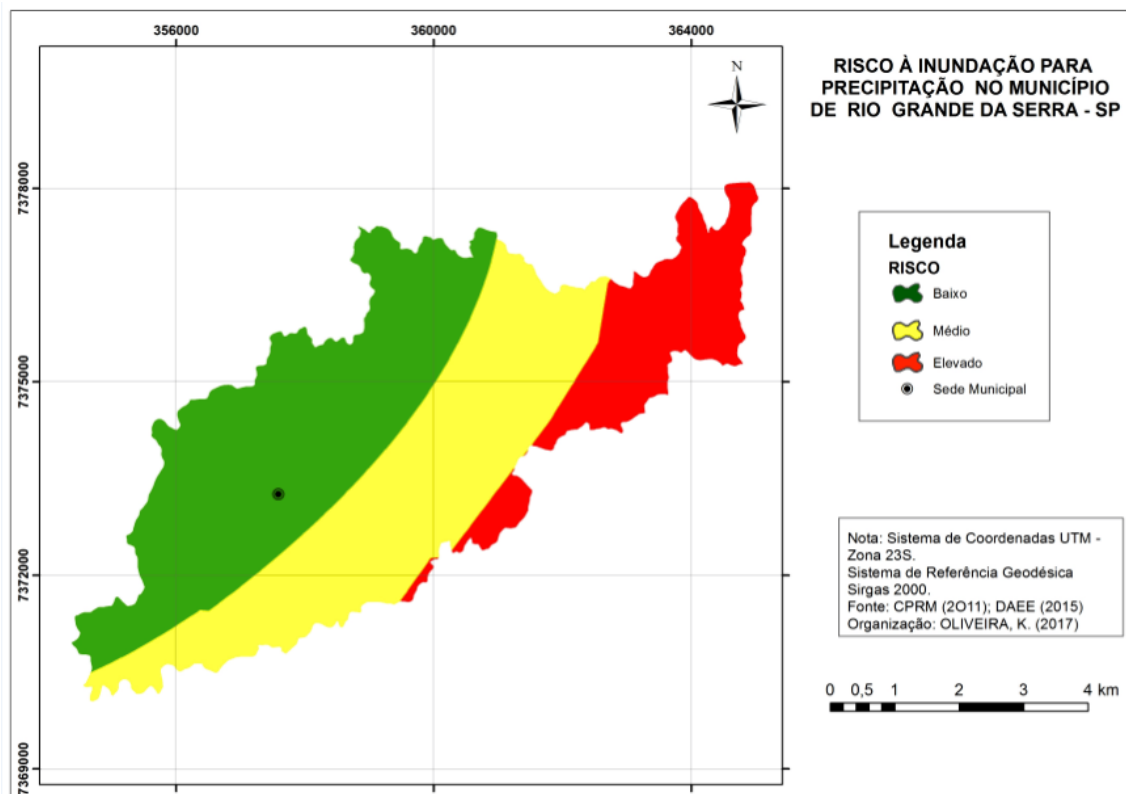
A pluviosidade anual da área de estudo, em 2015, variou entre 859,83 mm a 1912,56 mm. Uma área de 15,809 km² possui pluviosidade entre 859,83 a 1170,68 mm, o que corresponde a 43,5 % da área do município. Cerca de 14,171 km² compreendem uma precipitação que varia entre 1170,68 a 1.444,22 mm (38,99%). E, uma área de 6,361 km² possui uma pluviosidade entre 1444,22 a 1912,56 mm (17,51%), como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Pluviosidade no MRGS

Descrição	Área (km ²)	Área (%)
859,83 - 1170,68	15,809	43,50
1170,68 - 1.444,22	14,171	38,99
1444,22 - 1912,56	6,361	17,51
Total	36,341	100

Fonte: O autor.

Mapa 7 - Risco à Inundação para pluviosidade no MRGS



Fonte: O autor.

Analisando o Mapa 7 percebe-se que áreas com risco baixo à inundação, são aquelas que possuem os menores índices pluviométricos e corresponde a uma área de 15,809 km² e 43,5%, risco médio representam 14,171 km² (38,99%) e elevado risco à inundação correspondem às áreas com maior índice pluviométrico e corresponde a uma área de 6,361 km² (17,51%), como mostra Tabela 6.

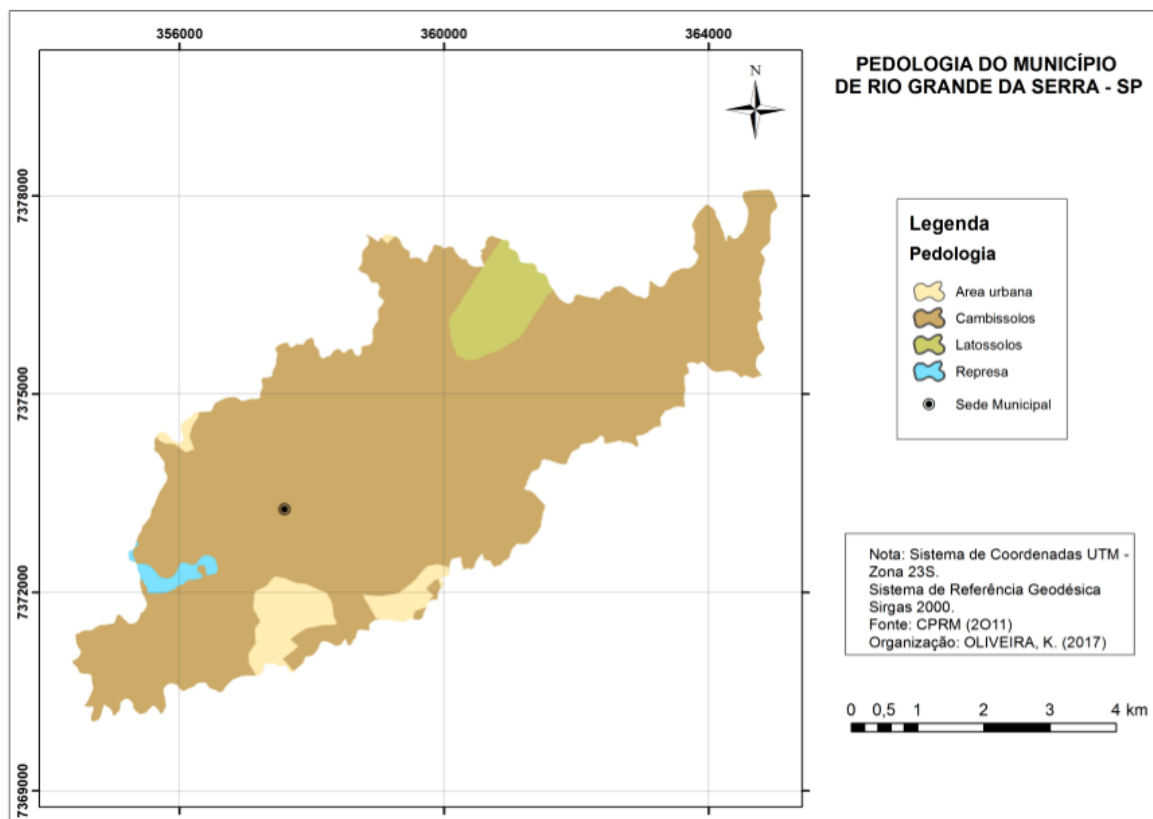
Tabela 6 - Risco à Inundação para pluviosidade do terreno no MRGS

Risco	Área (km ²)	Área (%)
Baixo	15,809	43,50
Médio	14,171	38,99
Elevado	6,361	17,51
Total	36,341	100

Fonte: O Autor.

O mapa da pedologia do município é apresentado no Mapa 8, e após sua reclassificação quanto ao risco, está mostrado no Mapa 9.

Mapa 8 - Pedologia no MRGS



Fonte: O autor.

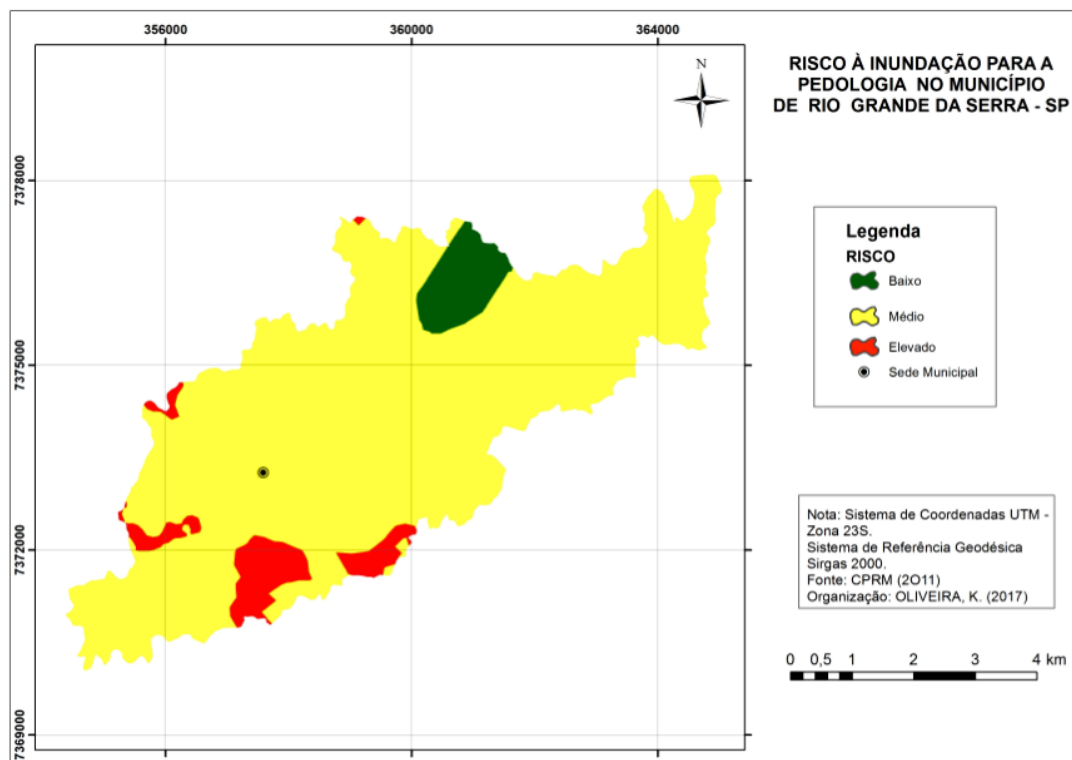
Analisando o Mapa 8, pode-se perceber que o solo predominante no município, com 32,648 km², é o solo do tipo Cambissolos, que corresponde a 89,85% da área total, seguido por Latossolos, com área de 1,637 km² (4,50%), a Massa d'água com área de 0,325 km² (0,89%) e a Área urbana correspondente a 1,731 km² (4,76%) da área do município (Tabela 7).

Tabela 7- Pluviosidade no MRGS

Descrição	Área (km ²)	Área (%)
Área urbana	1,731	4,76
Cambissolos	32,648	89,85
Latossolos	1,637	4,50
Massa d'água	0,325	0,89
Total	36,341	100

Fonte: O autor.

Mapa 9 - Risco à Inundação para pedologia no MRGS



Fonte: O autor.

O Mapa 9 apresenta o risco à inundação quanto a pedologia. Analisando-o, percebe-se que o risco médio a inundação é predominante no município e corresponde a uma área de 32,721 km² (89,83%), devido aos Cambissolos possuírem baixa profundidade e permeabilidade. O risco elevado, quanto a variável estudada, corresponde a uma área de 2,051 km² (5,65%) e o baixo risco à inundação corresponde a 1,642 km² (4,52%) (Tabela 8).

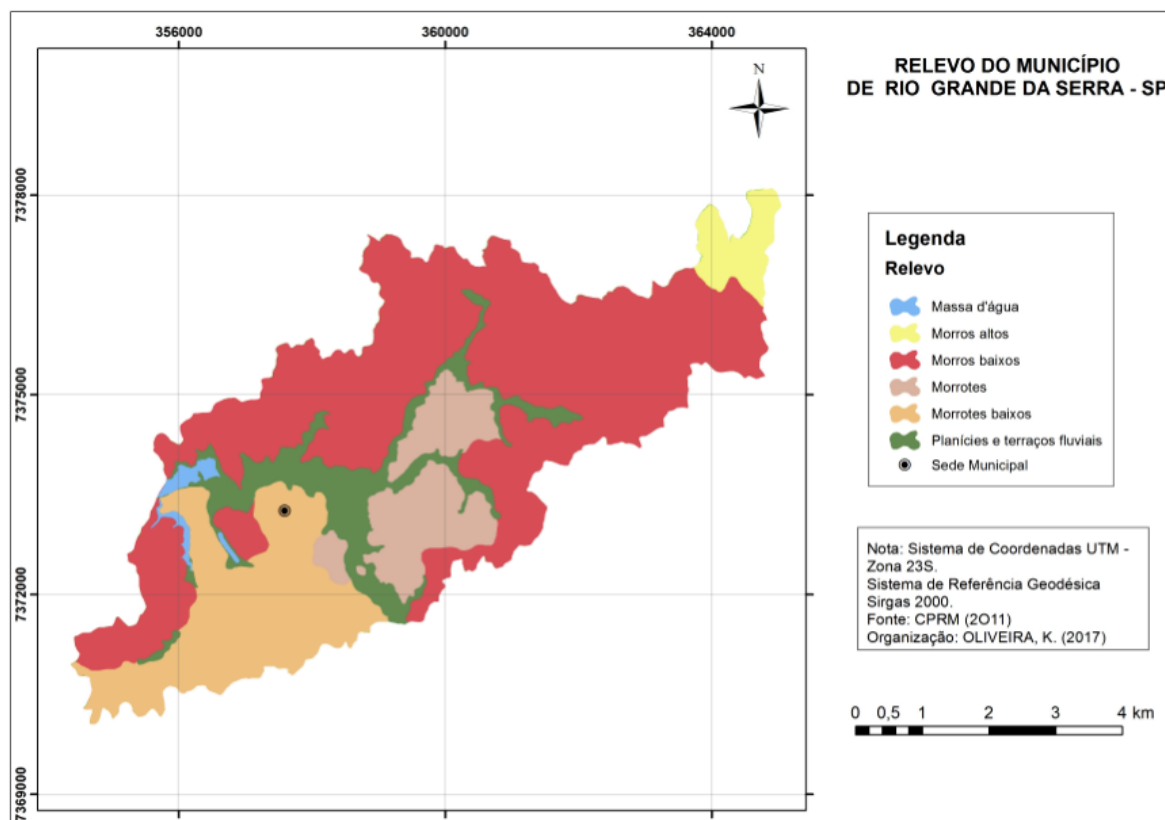
Tabela 8 - Risco à Inundação para pedologia do terreno no MRGS

Risco	Área (km ²)	Área (%)
Baixo	1,642	4,52
Médio	32,721	89,83
Elevado	2,051	5,65
Total	36,431	100

Fonte: O autor.

O Mapa 10 apresenta o relevo constituinte do município e, após sua reclassificação quanto ao risco, está evidenciado no Mapa 11.

Mapa 10 - Relevo do MRGS



Fonte: O autor.

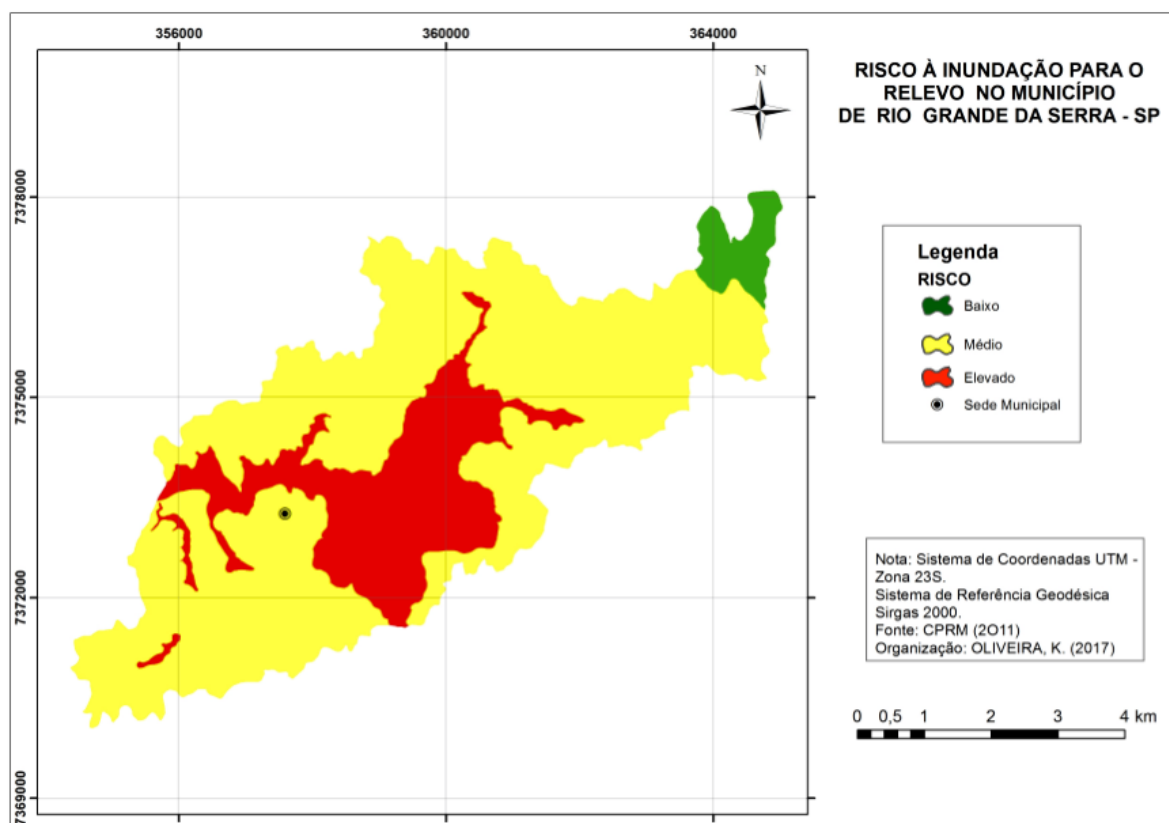
O relevo o predominante no município é de Morros baixos, com área de 20,260 km² (55,75%), seguido por Morrotes baixos, com área de 6,733 km² (18,64%), Morrotes com área de 3,983 km² (10,71%), Planícies com área de 3,780 (10,40%), Morros altos cuja área é de 1,260 km² e Massa d'água, com área de 0,375 km² (1,03) (Tabela 9).

Tabela 9 - Relevo do MRGS

Descrição	Área (km ²)	Área (%)
Massa d'água	0,375	1,03
Morros altos	1,260	3,47
Morros baixos	20,260	55,75
Morrotes	3,893	10,71
Morrotes baixos	6,773	18,64
Planícies	3,780	10,40
Total	36,341	100

Fonte: O autor.

Mapa 11 - Risco à Inundação ao relevo no MRGS



Fonte: O autor.

O risco predominante quanto ao relevo, conforme Mapa 11, é de nível médio, sendo esse correspondente a uma área de 27,04% (74,23%) e formado pelos relevos Morros baixos e Morrotes baixo. A área considerada como risco baixo corresponde a 1,261 km² (3,46%), já as áreas de risco elevado, correspondem a 8,131 km³ (22,32%), como pode ser verificado na Tabela 10.

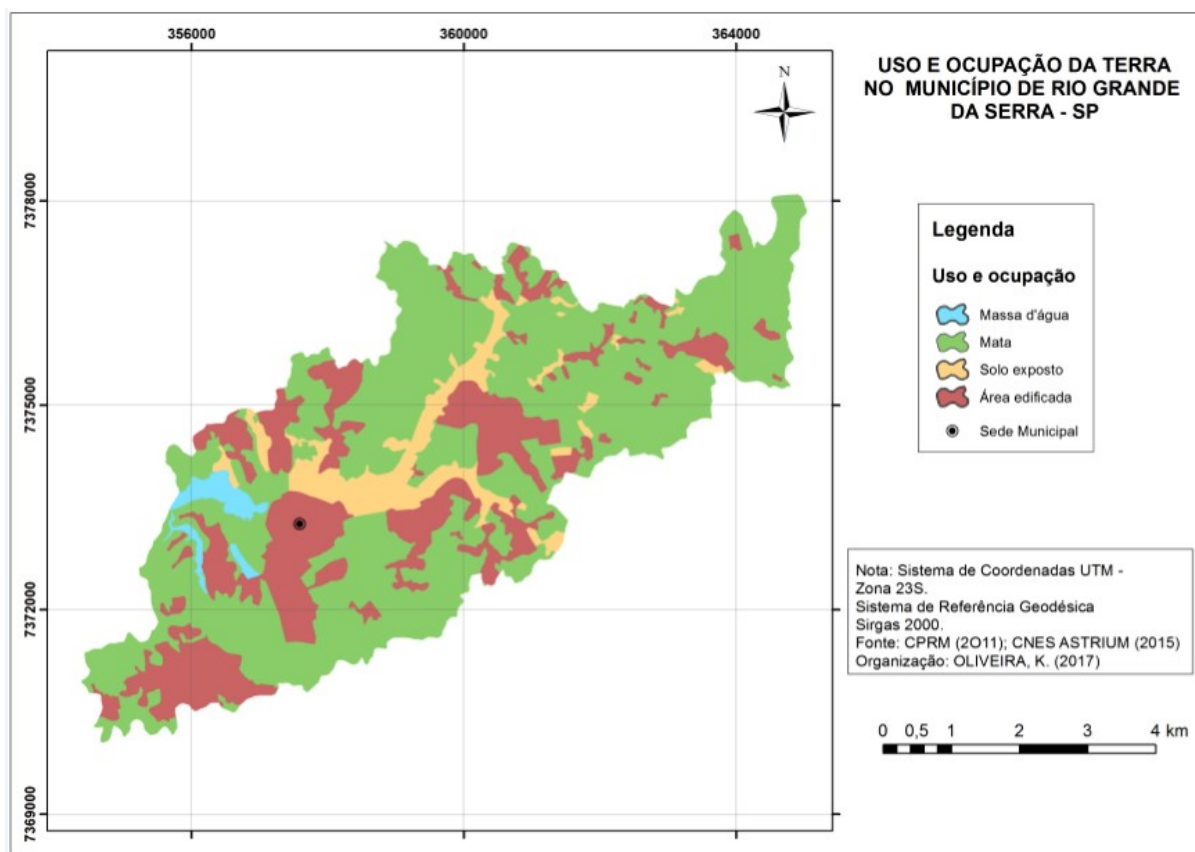
Tabela 10 - Risco à Inundação ao relevo do terreno no MRGS

Risco	Área (km ²)	Área (%)
Baixo	1,261	3,46
Médio	27,04	74,22
Elevado	8,131	22,32
Total	36,431	100

Fonte: O autor.

O uso e ocupação da terra do município de Rio Grande da Serra é demonstrado no Mapa 12 e, após sua reclassificação quanto ao risco, está evidenciado no Mapa 13.

Mapa 12 - Uso e ocupação da terra do MRGS



Fonte: O autor.

Analisando o Mapa 12 pode-se perceber que a classe predominante ao uso e ocupação da terra é Mata, apresentando uma área correspondente à 23,883 km² (65,54%), seguida pela Área edificada, com área de 9,062 km² (24,87%), Solo exposto com área de 2,841 km² (7,8%) e Massa d'água, correspondendo a uma área de 0,652 km² (1,79%), como mostra a Tabela 11.

Tabela 11 - Uso e Ocupação da terra no MRGS

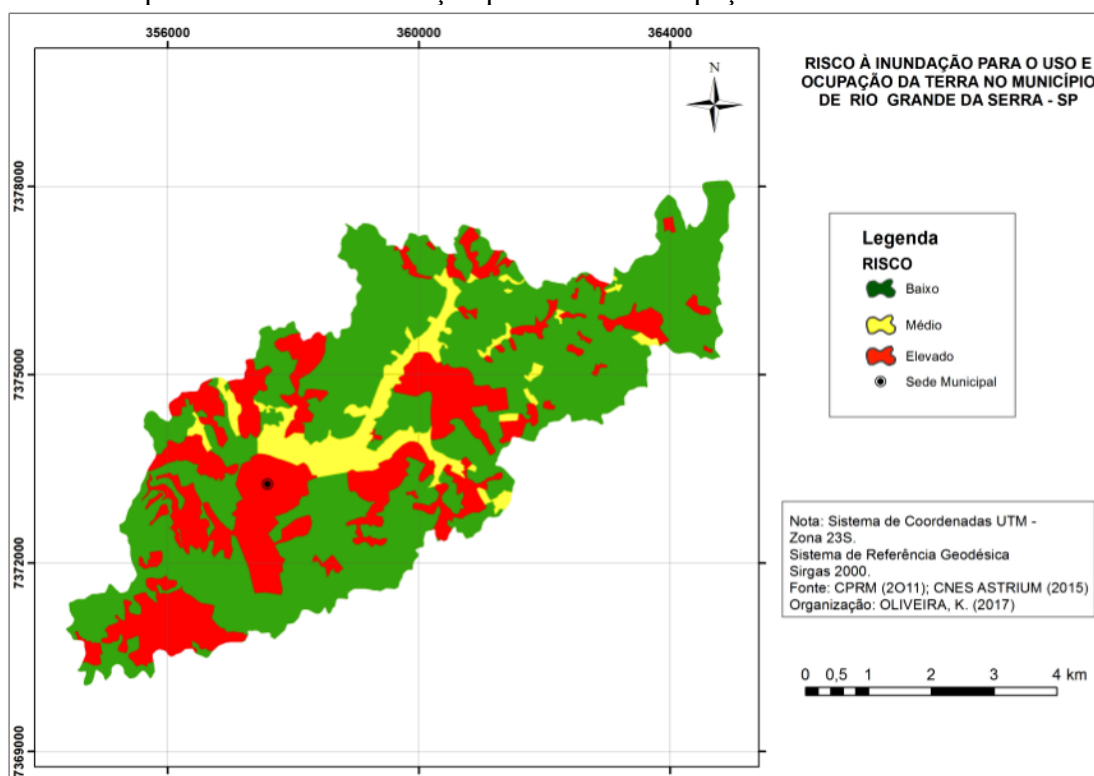
Descrição	Área (km ²)	Área (%)
Mata	23,883	65,54
Solo exposto	2,841	7,80
Área Edificada	9,062	24,87
Massa d'água	0,652	1,79
Total	36,441	100

Fonte: O autor.

O risco à inundação quanto ao uso e ocupação da terra, verificado no Mapa 13, permitiu constatar que há o predomínio da classe de baixo risco à inundação, com uma área correspondente a 23,134 km² (63,50%), devido esta classe ser constituída do uso e ocupação da terra classificado como 'Mata', o qual permite a infiltração da água no solo desse modo

caracterizando um menor risco.

Mapa 13 - Risco à Inundação para o uso e ocupação da terra no MRGS



Fonte: O autor.

Áreas consideradas como risco médio apresentam 2,968 km² (8,15%), já o risco elevado corresponde a 10,329 km² (28,35%), sendo tal classe predominante no uso e ocupação de 'Áreas edificadas', que apresentam maior impermeabilização do solo e escoamento superficial sendo, desse modo, as mais suscetíveis aos eventos das inundações (Tabela 12).

Tabela 12 - Risco à Inundação para o uso e ocupação da terra no MRGS

Risco	Área (km ²)	Área (%)
Baixo	23,134	63,50
Médio	2,968	8,15
Elevado	10,329	28,35
Total	36,431	100

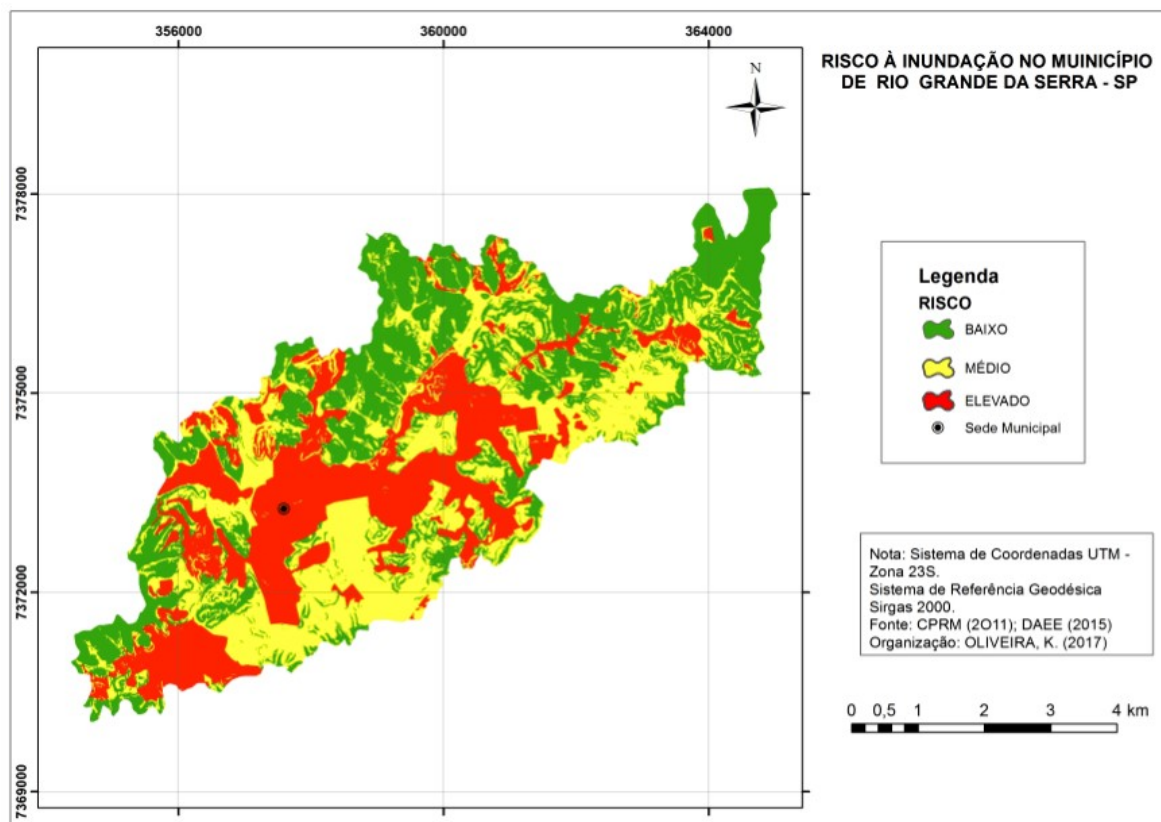
Fonte: O autor.

E, por fim, após o cruzamento de todos os mapas apresentados, foi obtido o Mapa 14, o qual representa o risco à inundação ao município de Rio Grande da Serra – SP, a partir do conjunto de variáveis selecionadas, interferindo na área de estudo.

O município de Rio Grande da Serra, possui área de 13,033 km² de risco baixo à inundação, 11,865 km² de área localizada na classe de risco médio e 11,473 km² pertencente a

classe de elevado risco à inundação, como mostra a Tabela 13.

Mapa 14 - Risco à Inundação no MRGS



Fonte: O autor.

Tabela 13 - Risco à Inundação no MRGS

Risco	Área (km ²)	Área (%)
Baixo	13,003	35,78
Médio	11,865	32,65
Elevado	11,473	31,57
Total	36,341	100

Fonte: O autor.

Nota-se que a classe correspondente ao risco elevado à inundação (31,57%), possui área predominante do uso e ocupação da terra 'Área edificada', o que é um fator determinante para ocorrência de inundação, por ser uma área altamente impermeabilizada e com pouca cobertura vegetal, o que impede a infiltração da água no solo. Outro fator importante é a declividade do terreno, sendo que, na classe estudada, varia entre 0 a 14%, ou seja, são áreas mais planas e próximas aos canais fluviais.

Já o relevo predominante na área de risco elevado é constituído por planícies fluviais, morrotes, morros baixo e massa d'água, onde tais relevos são altamente suscetíveis a inundações e onde a pluviosidade encontra-se entre a 859 e 1444 mm. Apesar desta área não apresentar o maior volume de precipitação da área de estudo, quando se soma as outras variáveis expostas, esta torna-se um fator relevante a ocorrência de inundação.

A classe correspondente ao risco médio a inundação corresponde a 32,65% do território, onde o uso e ocupação da terra predominante é mata, a pluviosidade variando entre 1.170,68 a 1.444,22 mm. Tal classe se encontra ainda, em áreas de relevo que varia entre morrotes e morros baixo, sendo a unidade pedológica prevalecente o 'Cambissolo', a declividade está entre 6 e 30% e pôr fim a altitude que varia entre 738,16 - 770,32.

O restante da área (35,78%) possui baixo risco de ocorrência de inundação, por se tratar de uma área onde o uso e ocupação da terra dominante é a classe 'Mata', na pedologia a classe de maior domínio Cambissolo, com uma pequena área de Latossolo e pluviosidade ao longo do município variando entre o menor índice de 859 mm ao maior de 1922 mm. Assim, a partir dessas três variáveis, é perceptível a classificação como baixo índice devido à alta cobertura vegetal da área e pelo solo apresentar característica de alta infiltração. Além disso, por essa área apresentar alta declividade, o que impede o acumulo de água e por se tratar de uma região onde o relevo é formado por 'Morros baixo e altos', colaboram para determinação do baixo risco à inundação da área.

5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo identificar e mensurar as variáveis primordiais para elaboração do mapa de risco à inundação no município de Rio Grande da Serra. Desse modo, foram identificadas e analisadas as variáveis uso e ocupação da terra, pedologia, relevo, pluviosidade, hipsometria e declividade. Para cada variável, foram desenvolvidos mapas temáticos e, posteriormente, reclassificados em virtude do risco que exerciam sobre estas, assim gerando os mapas intermediários de risco à inundação. Estes mapas intermediários colaboraram na análise multicritério para elaboração do mapa de risco final.

No mapa final, de risco à inundação, é apresentado que o município de Rio Grande da Serra possui área de risco baixo a inundação em 35,78% de sua área, 32,65% da área possui risco médio e 31,57% da área do município com risco elevado. A partir dos dados elaborados e analisados foram considerados as áreas com elevado risco à inundação as que apresentaram as seguintes características: uso e ocupação da terra, cujo predomínio se dá por áreas edificadas,

declividades inferiores a 14%, altitudes até 794 m, pedologia constituída por Cambissolos e Latossolos, relevo formado por morrotes, morros baixo e massa d'água e pluviosidade entre 859 e 1444 mm.

A concepção dos mapeamentos (temáticos, intermediários e mapa final) através das técnicas do geoprocessamento e produtos do sensoriamento remoto se mostraram eficientes e satisfatórias à análise do risco à inundação e no zoneamento das áreas suscetibilidade a tais eventos no município, uma vez que possibilitou a manipulação das variáveis individualmente, bem como a união de todas as informações necessárias em um único mapa, o qual é um agente facilitador para compressão das inundações em Rio Grande da Serra, por apresentar uma legenda simples e que possa ser compreendida por qualquer usuário.

A metodologia desenvolvida alcançou todos os objetivos determinados e se mostrou muito efetiva para o estudo de inundação, podendo ser aplicada não somente a estudos de cunho municipal, mas podendo ser estendida a diversas áreas como bacias hidrográficas.

Desse modo, os mapas de risco à inundação são documentos essenciais ao planejamento urbano/ambiental e ao poder público pois, através deles, medidas mitigadoras podem ser planejadas e desenvolvidas para que tais eventos não tragam ônus à população, à economia e ao meio ambiente.

Algumas ações mitigadoras que podem ser desenvolvidas no município de Rio Grande da Serra nas áreas de elevado risco a inundação, consistem na modificação do uso e ocupação da terra de tais áreas, onde o atualmente é predominante o uso de área edificada, o qual impede a infiltração da água no solo, desse modo se alterado e com o aumento da cobertura vegetal colaboraria para minimizar os impactos das inundações. Obras de engenharia de caráter estrutural como construção de reservatórios de retenção e detenção para o controle dos picos de enchente e a utilização de pavimentos permeáveis bem como ações não estruturais como realocações e desapropriações da população que habita as áreas próximas aos corpos hídricos.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, R.; GUTJAHR, M. R. **Desastres Naturais**. São Paulo: Instituto Geológico, 2011. 102 p. (Cadernos de Educação Ambiental).
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. **Enchentes e Inundações. Desastres Naturais, conhecer para prevenir**. Tominaga, L. K; Santoro, J; Amaral, R. (Organizadores). Instituto Geológico, São Paulo, p. 40-53, 2009.
- ANTUNES, A. F. B. **Elementos de geoprocessamento: nível básico**. Disponível em:<<http://www.geomatica.ufpr.br/docentes/felippe/pessoal/geosr.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2016.
- ARAÚJO, J. N. A. **Avaliação do risco de inundação no município de Monte Carmelo - MG**. 2017. 38 f. Monografia - Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- BRANDALIZE, M. C. B.; **Geoprocessamento apontamentos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. 61p. Apostila.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Carvalho, C.S., Macedo, E. S., Ogura, A.T. (Organizadores). Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.
- BROLLO, M. J.; TOMINAGA, L. K. (Org.). **Desastres Naturais e Riscos Geológicos no Estado de São Paulo: Cenário de Referência - 2012**. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. 97 p.
- BROLLO, M. J.; FERREIRA, C. J. 2009. Indicadores de Desastres Naturais no Estado de São Paulo. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 11º. **Anais do XI Simpósio de Geologia do Sudeste**, São Pedro, SP. 2009. p.125
- BUTZKE, I; MATTEDI, A. A relação entre o social e o natural nas abordagens de hazards e de desastres. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, n.9, p. 93-114, 2001.
- CAJAZEIRO, J. M. D. **Análise da suscetibilidade à formação de inundações nas bacias e áreas de contribuição do Ribeirão Arrudas e Córrego da Onça em termos de índices morfométricos e impermeabilização**. 2012. 104 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- CEPED/UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: volume Brasil**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: Ceped/UFSC, 2012.
- CREPANI, E. MEDEIROS, S. J; HERNANDEZ F. P.; FLORENZANO, G.T.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.F.C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001 (INPE-8454-RPQ/72). 124 p.

DANTAS, M. E. **Biblioteca de padrões de relevo carta de suscetibilidade a movimento gravitacionais de massa e inundação**: CPRM, 20--. 68 p.

DIAS, C. **Mapeamento do Município de Pires do Rio - GO**: Usando técnicas de geoprocessamento. 2008. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

EM-DAT – EMERGENCY EVENTS DATABASE. **The OFDA/CRED International Disaster** Database. On-line. Disponível em: <<http://www.em-dat.net/>>. Acesso em: 30 set. 2016.

IBGE. **Rio Grande da Serra**: São Paulo - sp. 2016. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/saopaulo/riograndedaserra.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2016.

IKEDA, N. A.; BERTAGNOLI, R. R. **A modernização do sistema de alerta no vale do Ribeira através da telemetria via satélite**. 10 fev. 2000. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/relatorios/revista/raee0002/riguape.htm>>. Acesso em: 18 out. 2016

KOBIYAMA, M; MENDONÇA, M; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, F. E.; BRAZETTI, LÇ. L. P.; GOERL, F. B.; MOLLERI, G. S. F. RUDORFF, F. M. **Prevenção de desastres naturais**: Conceitos básicos. Curitiba: *Organic Trading*, 2006. 109 p.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias**: Conceitos básicos. 2007. Disponível em: <<http://www.unimedblumenau.com.br/downloads/Site Unimed Vida/DESASTRES NATURAIS E GEOTECONOLOGIAS.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

MENESES, P. R. Princípios do Sensoriamento Remoto. In: MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati (Org.). **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Brasília: UNB, 2012. p. 1-31.

MOURA, A. C. M.; Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análises Multicritérios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2009, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 2889-2906. Disponível em < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2007> >. Acesso em: 02 nov. 2016

ONU-HABITAT, **Estado de las ciudades de América Latina e el Caribe 2012: rumbo a una nueva transición urbana**. Nairobi, 2012. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.

PEREIRA, L.C.; LOMBARDI NETO, F. **Avaliação da aptidão agrícola das terras**: proposta metodológica. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36 p.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento**: tecnologia transdisciplinar/ Cezar Henrique Barra Rocha. – Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000. 220p.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, 16 (2005) 81-90

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográfica**. Uberlândia: EDUFU, 1996. 104 p.

SAITO, S. M.; SORIANO, E.; LONDE, L. R. Desastres Naturais. In: SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. (Org.). **Sensoriamento Remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 23-42

SILVA, M. K. A. **Análise geoambiental das bacias hidrográficas Federais do Cerrado Mineiro**. 2007. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

SILVA, C. H. C. POLETO, L. J. C.; VILELA, T. A.; VIEIRA, C. A.O. Determinação de áreas de risco e simulação de intervenções através do uso de SIG na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5443-5449. Disponível em < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2009/> >. Acesso em: 19 nov. 2016.

SILVEIRA, R. D. **Relação entre tipos de tempo, eventos de precipitação extrema e inundações no espaço urbano de São Sepé, RS**. 2007.154 f. Dissertação (Mestrado), Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007

SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F. C. Elaborando um mapeamento de riscos a inundação. In: SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F. C. **ArcGis 9.3 Total: Aplicações para dados espaciais**. Alegre: Cca-ufes, 2010. p. 135-160.

SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. (Org.). **Sensoriamento Remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 285 p.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, S. J. (Org.). **Desastres naturais conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2008. 197 p.

TUCCI, C. E. M. **Gestão das inundações urbanas**. *Global Water Partnership*. Edição em arquivo digital. Brasília, 2005. Disponível em: <www.semrah.se.gov.br/modules/wfdwnloads/visit.php?cid=1&lid=175> Acesso em: maio 2016

UNDESA – UNITED NATIONAL DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. **World population prospects: the 2010 revision and Word urbanization prospects: 2011 revision**. Disponível em: < <http://esa.un.org/unpd/wpp/index.html> > acesso em 9 set. 2016.

VESTENA, L. R. **A importância da hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais**. *Ambiência*, v. 4, n. 1, p. 151-162, 2008.