

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO**

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS ÁREAS**  
**SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES DO MUNICÍPIO DE**  
**LAGES-SC**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**MÁBILA CORREA MAKRAKIS**

**PORTO ALEGRE-RS**

**2017**

**MÁBILA MAKRAKIS**

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES NO  
MUNICÍPIO DE LAGES-SC**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, área de concentração em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicado

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Dejanira Luderitz Saldanha

PORTO ALEGRE-RS

2017

**MÁBILA MAKRAKIS**

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES NO  
MUNICÍPIO DE LAGES-SC**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, área de concentração em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicado

Prof(a). Dr(a). Andréa Lopes Iescheck (UFRGS)

Prof(a). Dr(a). Flávia Farina (UFRGS)

Prof Dr Sérgio Florêncio de Souza (PPGSR – UFRGS)

PORTO ALEGRE-RS

2017

À minha filha Zara Makrakis,  
a quem dedico todos os meus esforços para  
proporcionar felicidade e ser um bom exemplo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pelos valores que me foram transmitidos de honestidade, integridade e dedicação. Por todas as oportunidades que me deram, permitindo que eu pudesse concentrar todas as minhas preocupações nos estudos. E aos ãos que me disseram que me ensinou que todas as conquistas necessitam de esforço para serem alcançadas me preparando para a vida de forma madura e realista.

À minha orientadora professora Dra Dejanira Saldanha, por ser essa pessoa maravilhosa não só no âmbito profissional, mas no pessoal também. Por ter me ajudado imensamente, viajado comigo para o meu trabalho de campo, ter sido conselheira e me acolhido tão bem.

Aos colegas que conheci durante o mestrado, Andrea Lemos, Manoela Sacchi, Daniel Fernandez Gomes e Luiz Fernando Schwartzmann, pela ajuda no desenvolvimento do meu projeto e durante as disciplinas do mestrado.

À minha chefe, Andrea Loguercio, por ter sido complacente comigo, compreendendo as minhas dificuldades e me apoiando, permitindo assim que eu pudesse exercer minhas atividades do mestrado e trabalhar. E aos demais colegas do antigo DMALIC por todo companheirismo.

À equipe da Defesa Civil e à Secretaria de Planejamento do Município de Lages, pelo apoio técnico e material cedido, sem os quais seria impossível a elaboração deste projeto. Com este trabalho desejo retribuir um pouco do que me foi dado de apoio pela população e instituições da cidade.

# MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETIVEIS A INUNDAÇÕES DO MUNICÍPIO DE LAGES-SC

Autor: Mábila Makrakis

Orientadora: Dra. Dejanira Luderitz Saldanha

## RESUMO

Devido às facilidades que a proximidade de leitos de rios oferece à população, muitas cidades concentram-se em torno de encostas. Por vezes, essa ocupação ocorre de forma irresponsável, alterando a cobertura original do solo, se estabelecendo em áreas cada vez mais próximas de margens de rios e sem realizar os devidos estudos sobre possíveis mudanças no volume da bacia hidrográfica devido ao aumento da precipitação média. Como consequência, ocasionalmente a profundidade da água supera as margens e atinge áreas ocupadas pelas construções e vias de acesso, causando prejuízos financeiros e riscos para o bem-estar da população. Para mitigar os danos, criando soluções imediatas, como a evacuação das áreas de risco, ou em longo prazo, como a reestruturação do sistema de drenagem de águas pluviais da cidade, é essencial uma análise das áreas suscetíveis a inundações. Este estudo tem como objetivo demonstrar o comportamento deste tipo de evento na cidade de Lages, Santa Catarina. Para tal, é utilizado um modelo digital de elevação, imagens obtidas a partir de um levantamento aerofotogramétrico, dados coletados no limite das linhas de ocorrências de cheias anteriores no seu volume máximo, usando tecnologia GNSS e utilizando *softwares* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Isto permite determinar quais são as áreas de risco de inundação na cidade, com base em informações coletadas no local e conhecimento em SIG.

*Palavra-chave: Inundações, Sistemas de Informação Geográfica, Análise de susceptibilidade*

# MAPPING AND ANALYSIS OF FLOODING RISK AREAS IN THE MUNICIPALITY OF LAGES-SC

Author: Mábila Makrakis

Advisor: PhD Dejanira Luderitz Saldanha

## ABSTRACT

Due the facilities that the proximity to riverbeds offers, many cities settle around those slopes. Sometimes it is done irresponsibly, changing the natural soil, occupying areas increasingly close to the banks and without conduct studies about possible changes that may happen on the basin's volume due increase of the average rainfall. The consequence of this is that sometimes water depth goes beyond the margins and reaches areas occupied by building and access roads, causing financial losses and risks to the welfare of the population. To be able to collect damages, whether creating immediate solutions, as evacuating the risk areas, or in long term, as city's rainwater drainage system being restructured, is essential an analysis study of areas susceptible to flooding. This study aims to demonstrate the behavior of this type of event in the city of Lages, Santa Catarina. For this, is used a digital elevation model, images captured by an aerophotogrammetric survey, collecting points on the limit of the previous occurrences flood lines at its maximum volume using GPS technology, and using software's of Geographic Information Systems Studies (GIS). This is was possible to determine which are the flooding risk areas in the city, based on information collected on the local and knowledge in GIS.

*Key-word: Flooding, Geographic Information Systems, Susceptibility analysis*

# SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Resumo</b> .....   | vi        |
| <b>Abstract</b> .....   | vii       |
| <br>  |           |
| <b>1. Introdução</b> .....  | <b>13</b> |
| 1.1. Objetivos Gerais.....  | 17        |
| 1.2. Objetivos Específicos.....                                       | 17        |
| 1.3. Justificativa.....   | 17        |
| 1.4. Estrutura da Dissertação.....                                    | 19        |
| <br>  |           |
| <b>2. Referencial Teórico</b> .....                                   | <b>20</b> |
| 2.1. Desastres Naturais .....   | 20        |
| 2.2. Gestão de Desastres: Risco, Perigo e Vulnerabilidade.....        | 23        |
| 2.3. Inundações.....  | 26        |
| 2.4. Posicionamento por GNSS.....                                     | 28        |
| 2.4.1. Sistema de Referencial Geodésico.....                          | 31        |
| 2.4.2. Sistemas Altimétricos.....                                     | 32        |
| 2.5. Modelo Digital de Terreno.....                                   | 33        |
| 2.5.1. Declividade de Terreno.....                                    | 36        |
| 2.6. Geoprocessamento em recursos hídricos.....                       | 37        |
| 2.7. Sensoriamento Remoto para desastres naturais.....                | 38        |
| 2.7.1 Levantamento Aerofotogramétrico.....                            | 41        |
| 2.8. Mapeamento das Áreas Suscetíveis a Inundações.....               | 41        |
| <br>  |           |
| <b>3. Materiais e Métodos</b> .....                                   | <b>43</b> |
| 3.1. Área de Estudo .....   | 43        |
| 3.2. Material Experimental.....                                       | 45        |
| 3.2.1. Dados Cartográficos .....                                      | 45        |
| 3.2.2. Dados de Sensoriamento Remoto .....                            | 45        |
| 3.2.3. Equipamentos Geodésicos.....                                   | 46        |
| 3.2.4. Softwares.....   | 47        |
| 3.3. Procedimentos Metodológicos.....                                 | 48        |
| 3.3.1. Histórico de Inundações.....                                   | 48        |
| 3.3.2. Coleta de dados altimétricos das linhas de inundação.....      | 51        |
| 3.3.3. Processamento dos dados coletados em campo.....                | 54        |
| 3.3.4. Mapeamento das Áreas Suscetíveis a Inundações.....             | 58        |
| <br>  |           |
| <b>4. Resultados e Discussão</b> .....                                | <b>60</b> |
| 4.1. Determinação das cotas de inundação por posicionamento GNSS..... | 60        |
| 4.2. Mapa das áreas suscetíveis a inundações.....                     | 62        |
| 4.3. Análise dos dados pluviométricos.....                            | 69        |
| 4.4. Probabilidade de ocorrência de retorno .....                     | 71        |
| 4.5. Monitoramento do Nível da Água .....                             | 72        |
| 4.6. InundaçãoDeclividade.....  | 74        |
| 4.7. Análise da ocupação das áreas suscetíveis a inundações .....     | 75        |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>5. Conclusões .....</b>                 | <b>80</b> |
| 5.1. Considerações Finais.....             | 81        |
| <br>                                       |           |
| <b>6. Referências Bibliográficas .....</b> | <b>83</b> |
| <br>                                       |           |
| <b>Anexos .....</b>                        | <b>88</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Ocorrência de Inundação no ano de 2014 no Município de Lages-SC.....                                  | 16 |
| Figura 2: Classificação dos desastres quanto sua intensidade, evolução e origem. (CEPED/RS, 2014).....          | 21 |
| Figura 3: Panorama dos desastres naturais no Brasil entre 2000 e 2007.....                                      | 23 |
| Figura 4: Fluxograma extraído da Apostila sobre Gestão de Riscos do PPGSR .....                                 | 25 |
| Figura 5: Perfil esquemático do processo de enchente e inundação. Fonte: Ministério das Cidades/IPT, 2007. .... | 27 |
| Figura 6: Caracterização dos leitos de escoamento (TUCCI, 1995) .....   | 28 |
| Figura 7: Ilustração constelação GNSS. Crédito: NASA, 2015 .....  | 29 |
| Figura 8: Ilustração Posicionamento Relativo.....   | 30 |
| Figura 9: Imagem da determinação da Ondulação Geoidal – MAPGEO2015 .....  | 32 |
| Figura 10: Layout do software Mapgeo2015 .....  | 33 |
| Figura 11: Modelo de grade regular representado como uma imagem (FELGUEIRAS & CÂMARA, 2004). ....               | 35 |
| Figura 12: Visualização do modelo em projeção planar com textura de uma (FELGUEIRAS & CÂMARA, 2004). ....       | 36 |
| Figura 13: Superfície de Eleveção e Sobreposição do Mapa de Declividade (BASIS website, 2016).....              | 37 |
| Figura 14: Mapa de Localização do Município de Lages .....  | 44 |
| Figura 15: Equipamento GNSS utilizado .....   | 47 |
| Figura 16: Imagem da Inundação de 2014 fornecida pela Defesa Civil .....  | 50 |
| Figura 17: Imagem da Inundação de 2011 fornecida pela Defesa Civil .....  | 50 |
| Figura 18: Imagem de um dos abrigos da Inundação de 2011 fornecida pela Defesa Civil ....                       | 51 |
| Figura 19: Vista do município de Lages sobre o Morro da Cruz. ....  | 52 |
| Figura 20: Local que é frequentemente atingido nas Inundações. ....   | 52 |
| Figura 21: Base Instalada no Corpo de Bombeiros do Município de Lages-SC.....                                   | 53 |
| Figura 22: Trabalho de Campo e Levantamento dos Pontos GNSS .....   | 54 |
| Figura 23: Processamento dos pontos do dia 29 de junho de 2016.....   | 57 |
| Figura 24: Processamento dos pontos do dia 30 de junho de 20.....   | 57 |
| Figura 25: Distribuição dos Pontos GNSS na Área de estudo .....   | 61 |
| Figura 26: Sobreposição das Áreas Suscetíveis a Inundações .....  | 61 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 27: Mapa das áreas inundáveis na cota 877m .....                             | 62 |
| Figura 28: Mapa das áreas inundáveis na cota 878m .....                             | 63 |
| Figura 29: Mapa das áreas inundáveis na cota 879m .....                             | 63 |
| Figura 30: Mapa das áreas inundáveis na cota 880 .....                              | 64 |
| Figura 31: Mapa das áreas inundáveis na cota 881m .....                             | 64 |
| Figura 32: Mapa das áreas inundáveis na cota 882m .....                             | 65 |
| Figura 33: Mapa das áreas inundáveis na cota 883m .....                             | 65 |
| Figura 34: Mapa das áreas inundáveis na cota 884m .....                             | 66 |
| Figura 35: Mapa das áreas inundáveis na cota 885m .....                             | 66 |
| Figura 36: Mapa das áreas inundáveis na cota 886m .....                             | 67 |
| Figura 37: Mapa das áreas inundáveis na cota 887m .....                             | 67 |
| Figura 38: Ortofotocarta com o limite da área urbana do município de Lajes-SC.....  | 68 |
| Figura 39: Aproximação das áreas alagadas pela cota 878 m .....                     | 69 |
| Figura 40: PCD instalada em Lages-SC. Fonte: Prefeitura de Lages.....               | 74 |
| Figura 41: PCD instalada em Lages-SC pelo CEMADEN. Fonte: Prefeitura de Lages. .... | 74 |
| Figura 42: Mapa de declividade e Área de Inundação da cota 879m.....                | 76 |
| Figura 43: Área de Vulnerabilidade .....  | 77 |
| Figura 44: Área de Vulnerabilidade .....  | 78 |
| Figura 45: Área de Vulnerabilidade .....  | 78 |
| Figura 46: Área de Vulnerabilidade (ocorrência do dia 26,27,28/06/2016).....        | 79 |
| Figura 47: Área de Vulnerabilidade (ocorrência do dia 26,27,28/06/2016).....        | 79 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1: Sensoriamento Remoto para gestão de Desastres.....  | 40 |
| Tabela 2: Especificações do Topcon Hiper Lite.....  | 47 |
| Tabela 3: Softwares utilizados e suas aplicações .....  | 48 |
| Tabela 4:Tabela dos Pontos Processados em coordenadas planas (UTM).....   | 55 |
| Tabela 5: Incidência de cotas nos levantamentos .....   | 59 |
| Tabela 6: Áreas Urbanas Inundadas .....   | 69 |
| Tabela 7: Média mensal, desvio padrão, máximo, mínimo, assimetria e Média mensal, desvio padrão, máximo, mínimo, assimetria e curtose da precipitação mensal para o município de Lages, SC, no período de 1925 a 2005. .... | 71 |
| Tabela 8: Precipitação mensal $P(X > x)$ em mm provável para o município de Lages, SC, para os diferentes níveis de probabilidade, estimados pela função gama completa (SOCCOL et al, 2010).....                            | 71 |
| Tabela 9: Maior total mensal e volume de chuva no período de 1966 e 2014 .....  | 72 |
| Tabela 10: Probabilidade de Precipitação Média Igual ou Superior a 70 mm .....  | 72 |

## **LISTA DE ANEXOS**

|   |    |
|---|----|
| Anexo 1: Relatório da RBMC de Lages .....           | 89 |
| Anexo 2: Dados de Junho de 2014 do INMET .....      | 91 |
| Anexo 3: Mapa das cotas de Inundação de Lages ..... | 92 |

## 1. INTRODUÇÃO

Problema enfrentado por muitos municípios no Brasil, as inundações de áreas urbanas se tornaram assunto de grande relevância e frequentemente tem sido o tema central em discussões nos meios científicos, políticos e de comunicação. O prejuízo financeiro, os danos materiais e os riscos ao bem estar da população atingida pelos desastres naturais do tipo inundações, faz necessária uma análise de perspectiva mais técnica para este tipo de problema, buscando entender a origem e quais as possíveis atitudes que devem ser tomadas para evitar ou minimizar os danos reais nestas áreas.

Estudos sobre a prevenção de desastres ambientais são, atualmente, mais recorrentes e significativos do que no passado. O crescimento urbano e populacional aumenta a incidência de desastres naturais, acarretando na necessidade do desenvolvimento de pesquisas sobre o assunto. Os prejuízos devido a estes acontecimentos são resultado da interação entre a sociedade e a natureza.

Os fenômenos naturais são, em grande parte, incontroláveis e inerentes à presença humana, mas esta presença pode influenciar no resultado que estes desastres causam ao ambiente. O crescimento da população e o surgimento das novas tecnologias resultaram na expansão da urbanização e da industrialização, conseqüentemente, no aumento significativo dos danos causados pela interação do homem com a natureza. As preocupações em relação a estes incidentes também cresceram e, com isto, os investimentos em pesquisas sobre o meio ambiente e a ação do homem.

Para ROBAINA (2013), a relação da sociedade com os recursos fornecidos pela natureza, consiste em apropriação e transformação destes recursos, sendo mediada pelo trabalho e sofrendo alterações conforme as tecnologias avançam. A edificação de cidades é uma forma de o homem se proteger das dinâmicas da natureza, sendo essencial no desenvolvimento industrial e alterando fortemente a relação do ser humano com o meio natural. Segundo TOMINAGA et al (2009), ao longo da história a relação do homem com a natureza evoluiu de uma total aceitação dos fenômenos da natureza a uma visão equivocada de que os avanços tecnológicos poderiam conter tais ocorrências.

As inundações, também denominadas como enchentes, são resultados do aumento do nível das bacias hidrográficas, além da sua vazão normal, ocasionando o transbordamento da água sobre as áreas próximas. Geralmente são ocasionadas pela combinação de fatores como grandes volumes pluviométricos, o tipo e o uso do solo,

declividade do terreno e demais fatores físicos, e tem se tornado mais frequente nos últimos anos. Segundo dados do IBGE (2016), as enchentes são os desastres naturais que provocam maior número de perdas humanas no Brasil.

A falta de planejamento na ocupação urbana e do uso do solo, muito comum durante grande parte da história da humanidade, acarreta em uma distribuição inadequada destas áreas. Uma grande concentração populacional se estabelece próximo às encostas dos rios, causando um grande impacto sobre a região. O processo de impermeabilização do solo de áreas urbanizadas, a povoação de regiões constituintes de antigos leitos hídricos, o desmatamento de encostas, o assoreamento de rios, entre outras muitas características da ação humana, intensificou a existência de inundações em cidades brasileiras. Em alguns municípios tal problema é rotineiro. Estes são na sua maioria locais as margens de grandes corpos d'água que apresentam topografia propícia para o represamento de grandes volumes hídricos.

A forma com que se dá a apropriação do espaço físico tem intensificado o número de problemas ocasionados por enchentes. Devido às facilidades que a proximidade de leitos de rios oferece, como transporte, alimentação e abastecimento de água, é cultural a ocupação próximo a estas encostas. A ocupação indevida de áreas suscetíveis à inundação é um problema resultante de um crescimento desordenado e acelerado de grandes núcleos urbanos, tem gerado grandes custos aos cofres públicos e prejuízo à população a cada desastre enfrentado.

Para OLIVEIRA (2010) o estabelecimento junto às margens dos rios resulta em sérios problemas para a população devido ao regime natural dos recursos hídricos, pois nos períodos de cheias dos rios é comum a ocorrência de eventos como: enchentes, enxurradas e inundações. Sendo as inundações caracterizadas pelo extravasamento da água do leito menor para a planície de inundação.

Segundo TUCCI (2003), as enchentes urbanas constituem-se num dos importantes impactos sobre a sociedade. Esses impactos podem ocorrer devido à urbanização ou à inundação natural da várzea ribeirinha. Entretanto, muitas das cidades afetadas por desastres do tipo inundação não desenvolvem estudos para detecção de áreas de risco eminente, cuja evacuação imediata, em caso de previsões de grandes volumes, seria necessária. Neste contexto, não há uma política nacional que aponte uma metodologia a ser empregada para o mapeamento de áreas de risco à inundação.

No entanto, é possível desenvolver trabalhos de previsão de áreas de inundação, se baseando em modelos digitais do terreno para especificação das áreas suscetíveis a inundação. O Sensoriamento Remoto permite a determinação de uma área suscetível à inundação sem a presença do evento, a partir de conhecimentos sobre a topografia do terreno, dados pluviométricos e informações sobre acontecimentos anteriores. Nesse quesito, surge também como importante ferramenta os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que serve de suporte para simulações, acompanhamento e tomada de decisão acerca de acontecimentos em áreas de risco.

Desastres ambientais como inundações são frequentes em diversos municípios do estado de Santa Catarina, trazendo danos para as áreas rurais e urbanas. O município de Lages, localizado no Planalto Catarinense, sofre anualmente com este tipo de ocorrências, o que acarreta em grande prejuízo econômico e social para a cidade. Para que se possa desenvolver uma logística de prevenção ou diminuição das perdas causadas por este tipo de evento (que não pode ser evitado) é necessário que se estude os riscos que o município encontra diante do acontecimento. Para isso é necessário conhecimento sobre ocorrências anteriores, a modelagem digital do terreno, técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento.

Segundo SAUSEN e LACRUZ (2015), o sensoriamento remoto tem se revelado uma ferramenta importantíssima para a gestão de riscos de desastres naturais, devido à grandeza dos conhecimentos para a identificação e o monitoramento de ameaças, caracterização das áreas e populações vulneráveis e das ações em resposta ao acontecimento, que diminuem os prejuízos socioeconômicos. Para CASTRO (1999) as atividades da Defesa Civil podem ser agrupadas em quatro macroprocessos: prevenção, preparação, resposta e reconstrução. A partir do sensoriamento remoto é possível aplicar diversas metodologias para o gerenciamento destes acontecimentos, desde a modelagem do risco e análise da vulnerabilidade, até o alerta à população e avaliação dos danos.





*Figura 1: Ocorrência de Inundação no ano de 2014 no Município de Lages-SC*

## **1.1 OBJETIVOS GERAIS**

Este trabalho tem como objetivo principal determinar a área urbana inundável no município de Lages em Santa Catarina, permitindo a simulação de previsão das áreas atingidas pelas enchentes do Rio Caveiras, que corta a cidade.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obter o mapa de áreas suscetíveis à inundação da cidade de Lages ocorrido nos dias 26, 27 e 28 junho de 2014;
- Elaborar um diagnóstico do padrão de ocupação do solo das áreas sujeitas às inundações;
- Determinar quais são as áreas de riscos e de vulnerabilidade da área urbana do município de Lages;

- Determinar o tempo de retorno (TR), baseado em dados pluviométricos.
- Aprimorar o banco de dados do Município para a prevenção e contenção de danos devido aos desastres referentes às enchentes.
- Analisar quantitativa e qualitativamente os dados obtidos.

### **1.3 JUSTIFICATIVA**

A distribuição da ocupação urbana do município de Lages se dá em torno do rio Caveiras, que assim como muitas ocupações desde os primórdios da humanidade, se estabeleceu próximo a fontes de água, devido às facilidades que esta proximidade acrescenta ao bem estar da população, como o fornecimento de água para consumo e pesca.

O estabelecimento permanente das civilizações, a criação de cidades e o desenvolvimento urbano em meio à natureza alteram o espaço físico. O fato dos seres humanos se fixarem em um local no espaço terrestre e transformar aquela região em um habitat permanente foi de suma relevância na sobrevivência da espécie humana, pois o abrigo, o saneamento básico e o até mesmo conhecimento do território que se habita e suas características físicas, deram segurança e proteção para que estes pudessem sobreviver aos riscos e intempéries da natureza.

Ao passo que o estabelecimento de sociedades urbanizadas impacta no meio ambiente, a natureza também traz as suas particularidades para o cotidiano destes ocupantes. Sendo os fenômenos da natureza em sua maioria incontroláveis, os desastres naturais se dão de forma independente da ocupação ou não do espaço. Alguns fenômenos atingem de forma branda e benevolente, outros de forma intensa e causando impactos negativos à população.

Segundo a Política Nacional de Defesa Civil (2007) alguns fatores econômicos desencadearam pontos negativos no processo de desenvolvimento social e sobre a segurança das comunidades contra desastres no Brasil, como:

- deteriorar as condições de vida e o bem-estar social de importantes segmentos populacionais;
- intensificar as desigualdades e desequilíbrios inter e intra-regionais;
- intensificar os movimentos migratórios internos, o êxodo rural e o crescimento

desordenado das cidades;

- intensificar o desenvolvimento de bolsões e cinturões de extrema pobreza, no entorno das cidades de médio e grande porte.

Segundo ALCANTARA-AYALA (2002), os eventos naturais que desencadeiam fenômenos que ameaçam o bem estar da população trazem impactos além dos sucedidos no exato momento de sua ocorrência. Sendo possível que os danos causados se estendam além do momento da ocorrência, refletindo consequências em longo prazo no meio ambiente.

O município de Lages-SC sofre frequentemente os danos causados por desastres naturais do tipo inundações. Devido a estas constantes ocorrências na área urbana do Município, atingindo diversos bairros residenciais e trazendo além do prejuízo financeiro, riscos ao bem estar da população, faz-se necessário um estudo sobre os impactos dessas inundações, áreas atingidas e possíveis atitudes mitigadoras dos males causados.

A Defesa Civil do município age em todas as ocorrências, prestando apoio à população e coletando informações sobre as ocorrências de desastres naturais. Não existe um mapeamento preciso das áreas suscetíveis a inundações, o que é primordial para a análise das áreas de risco, outro assunto que deve ser estudado para a classificação das áreas mais vulneráveis. Portanto, este estudo poderá contribuir com a necessidade da cidade de possuir um mapeamento preciso e uma análise das áreas afetadas, para que sirva de apoio às organizações que atuam reparando os danos causados nas ocorrências.

#### **1.4 ESTRUTURA DE DISSERTAÇÃO**

Neste capítulo serão descritos os tópicos apresentados neste trabalho, dividido em cinco segmentos, descrevendo que abordagem em cada um. O capítulo I é dividido em Introdução, Objetivo, Justificativa e Estrutura da Dissertação. Desta forma será descrito o problema, informado o assunto de que se trata o projeto, a motivação e a justificativa para execução do mesmo.

O capítulo II apresenta a fundamentação teórica da dissertação, que consiste na revisão de literatura do estado da arte do tema tratado. Neste espaço é apresentada a referência científica que fundamentou este estudo, demonstrando o embasamento para construção da lógica utilizada em cada etapa realizada.

No capítulo III são demonstrados todos os procedimentos metodológicos e materiais utilizados. Cada técnica executada é descrita apresentando os dados coletados, assim como os equipamentos, *softwares* e demais dados utilizados na construção dos produtos resultantes nesta dissertação.

O capítulo IV retrata os resultados obtidos a partir dos procedimentos metodológicos desenvolvidos no capítulo anterior, apresentando os mapas, tabelas e considerações resultantes dos dados e técnicas utilizados.

O Capítulo V é onde são apontadas as conclusões realizadas a partir de todas as informações consideradas e apresenta algumas considerações a respeito do tema e de como foi realizado o estudo. Segue ao final da dissertação relacionadas as referências bibliográficas e os anexos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Desastres naturais

Os desastres naturais são o resultado de eventos dinâmicos internos e/ou externos da superfície da terra com o agravante das ações antrópicas inadequadas, nas quais a interferência do homem intensifica o desastre. Os eventos internos são aqueles causados pelo movimento das placas tectônicas, como terremotos, maremotos, vulcanismo e tsunamis. Os eventos externos são gerados pelo comportamento na atmosfera, como tempestades, tornados, secas, inundações, ressacas e vendavais (TOMINAGA, 2009).

Este tipo de acontecimento faz parte da dinâmica planetária, do comportamento normal da natureza em conflito com as ações do homem sobre a terra. A ocupação do espaço territorial pelo homem, seja para agricultura, urbanização, indústria ou qualquer tipo de extração de recursos, modifica as características naturais dos ecossistemas. Estas mudanças geram impactos no meio ambiente, como mudanças nas características dos solos, na vegetação natural, mudanças climáticas e na fauna.

Segundo WHITE (1974), os estudos relativos a desastres naturais podem ser divididos em cinco etapas:

- estimar a área ocupada pelo ser humano nas áreas de perigo;
- determinar a faixa de ajuste possível contra eventos extremos;
- examinar como a população percebe os desastres naturais;
- examinar os processos de seleção de medidas adequadas;
- estimar os efeitos da política sobre essas medidas.

KOBIYAMA (2006) classifica desastres severos como: inundações, escorregamentos, secas, furacões, entre outros, associados pelas características regionais como solo, topografia, vegetação e condições meteorológicas. O autor considera que a ocorrência destes fenômenos intensos em áreas habitadas por seres humanos, que resultam em danos materiais e à população, e prejuízos socioeconômicos, são denominados 'desastres naturais'. Por outro lado, Defesa Civil do Brasil classifica os desastres como: naturais, humanos ou mistos, conforme CASTRO (2003).

Para KOBAYAMA (2006) e o CEPED (2014) os desastres naturais podem ser classificados pela sua intensidade, sua evolução, sua origem e sua duração (Figura 2). A intensidade é a característica da dimensão do porte do acontecimento, que divide o desastre em pequeno, médio, grande ou muito grande. Esta dimensão está relacionada com os impactos e prejuízos causados na sociedade. A evolução caracteriza a velocidade da progressão do acontecimento. Pode se caracterizar como um desastre súbito, de rápida velocidade de evolução. Já o gradual, evolui em etapa de agravamento progressivo. E a soma de efeitos parciais, dado pela ocorrência de diversos acidentes semelhantes que, quando tem somados seus impactos, resultam em um desastre de grande proporção.

|             |  |
|-------------|--|
| Intensidade | <b>Nível I – média intensidade:</b> os danos e prejuízos são suportáveis e superáveis pelos governos locais e a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local ou complementados com recursos estaduais e federais  |
|             | <b>Nível II – grande intensidade:</b> os danos e prejuízos não são superáveis e suportáveis pelos governos locais, e o restabelecimento da situação de normalidade depende da mobilização e da ação coordenada das três esferas de atuação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e, em alguns casos, de ajuda internacional |
| Evolução    | <b>Súbitos ou de evolução aguda:</b> se caracterizam pela velocidade com que o processo evolui e pela violência dos eventos adversos, podendo ocorrer de forma inesperada e surpreendente ou ter características cíclicas e sazonais   |
|             | <b>Graduais ou de evolução crônica:</b> se caracterizam por evoluírem em etapas de agravamento progressivo   |
| Origem      | <b>Naturais:</b> causados por processos ou fenômenos naturais  |
|             | <b>Tecnológicos:</b> originados de condições tecnológicas ou industriais, incluindo acidentes, procedimentos perigosos, falhas na infraestrutura ou atividades humanas específicas   |

Figura 2: Classificação dos desastres quanto sua intensidade, evolução e origem. (CEPED/RS, 2014)

A origem do desastre pode ser de causas naturais, provocado por eventos naturais extremos, independentes da ação humana; humanas, causadas pela ação ou omissão humana, como a poluição de rios e desmatamentos; mistas: associadas aos atos humanos que agravam os acidentes naturais. A duração é dividida em dois tipos: episódicos e crônicos. Os episódicos têm menor duração de tempo e grande magnitude, como terremotos, tsunamis e inundações. Os crônicos geralmente geram prejuízos em longo prazo, como erosão do solo.

Os desastres naturais ocorrem em qualquer lugar do mundo, independente da condição econômica, mas o impacto de sua decorrência é bem maior em países em desenvolvimento, onde sua frequência é maior devido à falta de planejamento urbano (ALCANTARA-AYALA, 2002). Outros aspectos como a vulnerabilidade social e

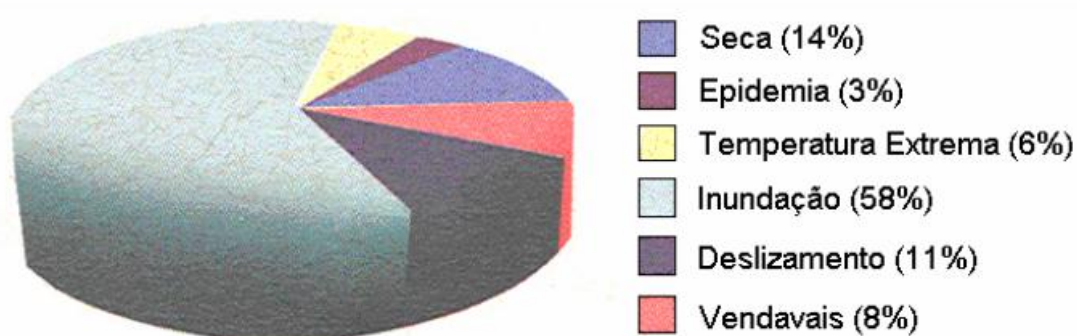
econômica são fatores que agravam a circunstância de que a ocorrência de desastres provoque impactos negativos.

Geralmente os desastres naturais são associados aos fenômenos geológicos, geofísicos e processos hidrometeorológicos, no entanto, assim como os principais elementos da dinâmica da superfície da terra, eles deveriam ser analisados de um ponto de vista geomorfológico (ALCANTARA-AYALA, 2002). A ação de forças exógenas sobre a superfície terrestre pode ser compreendida conhecendo-se as formas do relevo e do comportamento dos elementos relacionados a estes processos.

Segundo BERTONI & TUCCI (2001) a principal entrada de água em um sistema como uma bacia hidrográfica é a precipitação, e a partir dela decorrem os demais processos hidrológicos, pois o volume da chuva influencia diversos aspectos da bacia. A altura da chuva (dada em mm), sua intensidade ( $\text{mm h}^{-1}$ ), duração (min ou h) e período de retorno (em anos) são os parâmetros que determinam a dimensão desta influência. Existem diferentes formas de precipitação, de acordo com o estado da água: neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve.

Os desastres antropogênicos estão cada vez mais intensos, devido ao desenvolvimento econômico e tecnológico pouco atento aos padrões de segurança da sociedade, tendo no último século causado estragos superiores aos de guerras (BRASIL, 2012). De acordo com a Política Nacional para Defesa Civil os recursos para as ações de Defesa Civil, não devem provir apenas no Orçamento Geral da União, mas também nos dos Estados e dos Municípios. Estes recursos constam no Fundo Especial para Calamidades Públicas – FUNCAP, que é um instrumento financeiro previsto para o atendimento emergencial, em ações de Resposta aos Desastres (BRASIL, 2014).

SANTOS (2007) utiliza os dados obtidos pela Universidade Católica de Louvain, Bélgica, para seu estudo e constatou que 58% dos desastres naturais no Brasil, entre os anos 2000 e 2007, são do tipo inundação (Figura 3). Neste estudo a autora afirma que mais de 1,5 mil de pessoas foram afetadas por algum tipo de desastre natural no Brasil neste período, havendo pelo menos 36 grandes episódios de enchentes, secas, deslizamentos de terra e o prejuízo econômico gerado por esses eventos é estimado em mais de US\$ 2,5 bilhões.



*Figura 3: Panorama dos desastres naturais no Brasil entre 2000 e 2007*

Segundo estudo realizado pelo IBGE (2013), 40,9% dos municípios Brasileiros sofreu algum tipo de desastre natural entre os anos 2008 e 2013. Neste estudo, foram listados 12 instrumentos de prevenção, e se constatou que dos 5.570 municípios do Brasil, menos da metade possuía algum deles para prevenir, enfrentar e gerenciar a ocorrência. Segundo a MUNIC (2013), 66,9% dos municípios não possuíam nenhuma medida para gerenciamento de riscos para desastres do tipo enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas.

## **2.2. Gestão de Desastres: Risco, Perigo e Vulnerabilidade.**

Segundo o Glossário da Estratégia Internacional para Redução de Desastres (EIRD/ONU 2009), o desastre consiste na interrupção das atividades normais de uma sociedade ou comunidade, devido às perdas humanas e materiais aquém da capacidade desta sociedade lidar com tal situação. Sendo a combinação da ameaça, vulnerabilidade e incapacidade de mitigar os danos e riscos de tal evento.

“A gestão de riscos de desastres consiste no conjunto de decisões administrativas, de organização e de conhecimentos operacionais desenvolvidos por sociedades e comunidades para implementar políticas, estratégias e fortalecer suas capacidades a fim de reduzir os impactos de ameaças naturais e de desastres ambientais e tecnológicos consequentes. Isto envolve todo tipo de atividades, incluindo medidas estruturais e não estruturais para evitar (prevenção) ou limitar (mitigação e preparação) os efeitos adversos dos desastres” (EIRD/ONU 2009)

Muitas vezes os termos Risco, Perigo e Vulnerabilidade são confundidos, pois não há uma nomenclatura consolidada e amplamente divulgada para estes acontecimentos. Para que haja precisão na troca de informações sobre os acontecimentos é necessário que exista uma



homogeneidade no que diz respeito aos termos utilizados para cada situação. De acordo com o EIRD, podemos classificar cada termo da seguinte forma:

**RISCO:** Probabilidade de consequências danosas ou perdas esperadas, como mortes, lesões, propriedades, meios de subsistência, interrupção de atividade econômica ou ameaças naturais ou antropogênicas e condições de vulnerabilidade. O risco pode ser expresso, ocasionalmente pela equação ‘Risco = Perigo x Vulnerabilidade’. Pode-se considerar também neste tipo de estudo o conceito de exposição, que se refere principalmente aos aspectos físicos da vulnerabilidade. ‘É importante considerar os contextos sociais nos quais os riscos ocorrem, pois a população não necessariamente compartilha as mesmas percepções sobre o risco e suas causas subjacentes’.

**PERIGO:** Consiste no próprio evento físico, potencialmente prejudicial, que pode ser um fenômeno natural e/ou atividade humana que pode resultar em prejuízo à sociedade, como danos materiais, interrupção de atividade social e econômica ou degradação ambiental. Estes acontecimentos podem gerar outras ameaças de eventos futuros, que podem ser provenientes de origens: naturais (geológico, hidrometeorológico, biológico) ou antrópicas (degradação ambiental e ameaças tecnológicas). Estes eventos podem ser combinados ou sequenciais em sua origem e efeitos e cada uma deles se caracteriza por sua localização, magnitude ou intensidade, frequência e probabilidade.

**VULNERABILIDADE:** São condições determinadas por fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentam a susceptibilidade de uma comunidade ao impacto de ameaças.

O gerenciamento de riscos, para que ocorra de forma eficaz, necessita do conhecimento sobre os aspectos de cada situação, como agir e quais as melhores práticas que devem ser adotadas.

De acordo com o fluxograma apresentado (Figura 4), podemos relacionar as situações com as ações referentes à gestão de risco. Na coluna da direita é representado como cada termo se aplica de acordo com a gestão de risco e, seguindo a ordem cronológica à medida que vai descendo na direção da seta, é representada cada conduta que deve ser tomada para a gestão de risco.

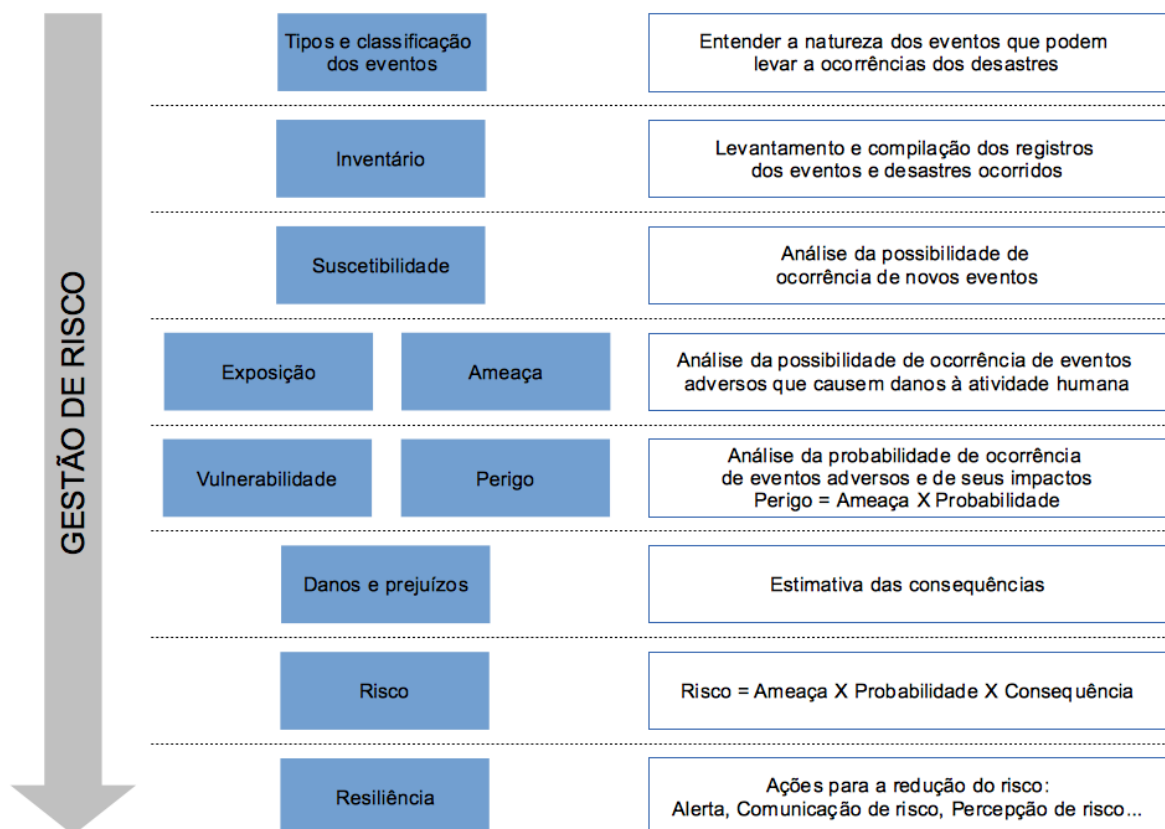


Figura 4: Fluxograma extraído da Apostila sobre Gestão de Riscos do PPGSR

Para TUCCI (1995), as medidas de controle de desastres podem ser divididas em medidas estruturais e não estruturais. As medidas estruturais consistem em obras de engenharia implementadas a fim de diminuir os danos causados pelos desastres. As medidas não estruturais são as que contemplam as ações que defendem a melhor convivência da população com os acontecimentos naturais, como uso da terra, construções a prova de enchentes e sistemas de alerta e previsão de inundação.

### 2.3. As Inundações

Durante séculos no Brasil as cidades foram construídas ao redor das encostas de rios e de áreas com declive acentuado, este tipo de ocupação foi trazido pelos portugueses no período colonial, herança da idade média, quando as cidades eram construídas em sítios elevados por questões militares (TOMINAGA, 2009). A facilidade da proximidade dos leitos é outro fator que contribui para que estas áreas recebam um grande número de construções no

seu perímetro. A exclusão social, no caso da população mais pobre, faz com que muitas famílias migrem para áreas periféricas da cidade, como as áreas alagadiças ou morros, áreas suscetíveis a riscos como desmoronamentos e inundações.

O perigo e o risco, apesar de muitas vezes serem tratados como sinônimos, conforme já mencionado, não são equivalentes. O perigo é um fenômeno natural que ocorre em épocas e regiões conhecidas, e que pode causar sérios danos em tais áreas atingidas. O risco é a probabilidade de perda prevista para uma área habitada em determinado período, devido à presença iminente de um perigo (KOBAYAMA, 2006).

Para a análise de áreas suscetíveis a desastres naturais, deve-se considerar o perigo e também a vulnerabilidade do local. Vulnerabilidade se refere às características físicas e sociais da região de estudo, como a distribuição da ocupação urbana, infraestrutura, entre outros. Estes dois fatores estão correlacionados, sendo que o peso de cada um influencia no resultado que o evento irá causar, demonstrando que não há linearidade entre a grandeza do risco e do perigo.

A concentração da população dos centros urbanos nos últimos 100 anos, que apresentou um crescimento de mais de cem por cento devido ao crescimento industrial e a busca por novas oportunidades, fez com que áreas urbanas não propícias para moradia fossem ocupadas. Este fato acarretou em uma desordem na infraestrutura urbana, com uma grande concentração da população em pequenos espaços, afetando o sistema de drenagem urbana e aumentando o número de resíduos sólidos nas cidades.

Na América Latina, segundo TUCCI (2005), a população urbana consiste em 77% do total, consequência do crescimento dos núcleos urbanos, das altas taxas de natalidade e da transferência da população rural para as cidades. Por se tratar de países em desenvolvimento, o crescimento populacional difere dos países já desenvolvidos, mas tende a se estabilizar em médio prazo.

A migração da zona rural para os centros urbanos gera um aumento descontrolado das zonas periféricas, que não possuem infraestrutura adequada para moradia, devido à falta de potencial financeiro da população para investir em qualidade habitacional, muitas vezes acabam invadindo áreas públicas ou ocupando áreas precárias para construir suas casas. Geralmente estas periferias são assentadas em áreas perigosas, um espaço territorial que outrora não fora ocupado justamente por não ser viável sua ocupação, como morros e leitos de rios. Em países em desenvolvimento, o planejamento urbano ainda é uma exclusividade das áreas ocupadas pelas classes médias e altas.

As ocupações das regiões ribeirinhas são áreas sujeitas a inundações, pois se localizam no leito maior dos rios, no qual o volume da água depende de fatores como variabilidade

temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica. Outros fatores que podem causar este tipo de desastre, ou concomitantemente destes causar danos, são a impermeabilização do solo, a canalização ou a obstrução do escoamento.

Para CASTRO (2003), inundação é o transbordamento de água da calha de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas, provocando danos (Figura 5). Conforme TUCCI (1995), o crescimento urbano aumenta os sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias entre outras causas.



*Figura 5: Perfil esquemático do processo de enchente e inundação. Fonte: Ministério das Cidades/IPT, 2007.*

Segundo TUCCI (1995) as enchentes urbanas podem ocorrer a partir de dois tipos de processos, que se dão de forma isolada ou integrada: enchentes devido à urbanização ou em áreas ribeirinhas.

- enchentes devido à urbanização se dão em consequência da ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. Adicionalmente, o desenvolvimento urbano pode produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento;

- enchentes em áreas ribeirinhas são as enchentes naturais que atingem a população que ocupa o leito maior dos rios. Essas enchentes ocorrem, principalmente pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos extremos, em média com tempo de retorno da ordem de 2 anos (figura 6).

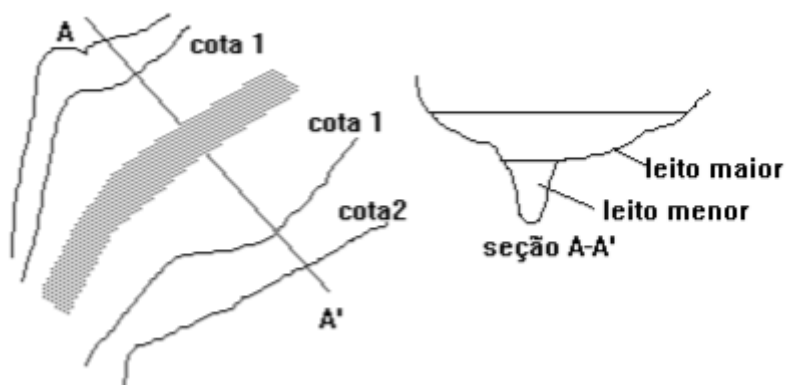
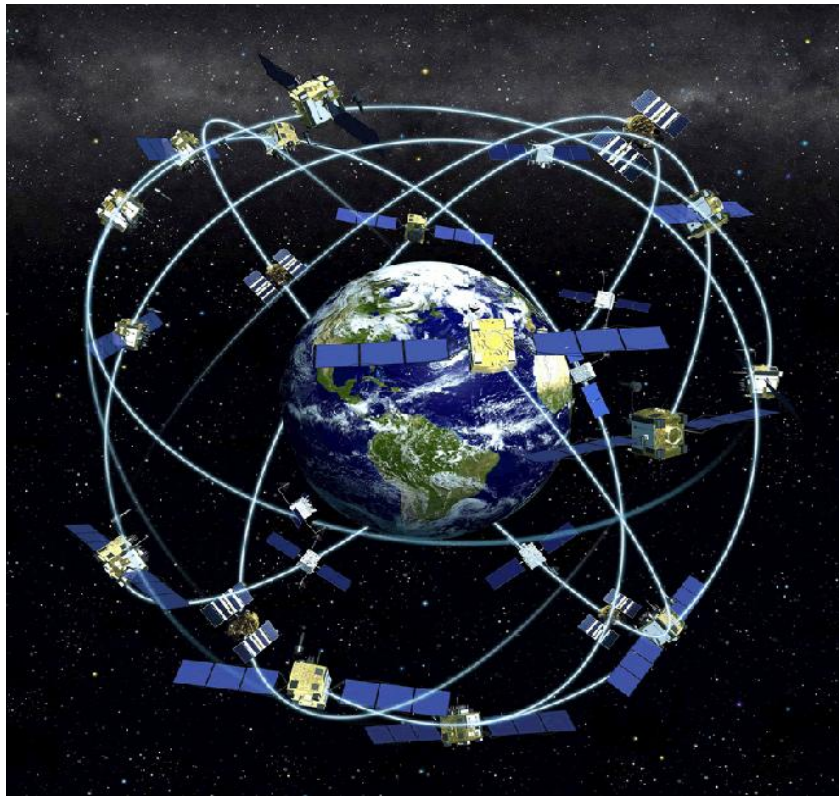


Figura 6: Caracterização dos leitos de escoamento (TUCCI, 1995)

#### 2.4. Posicionamento por GNSS

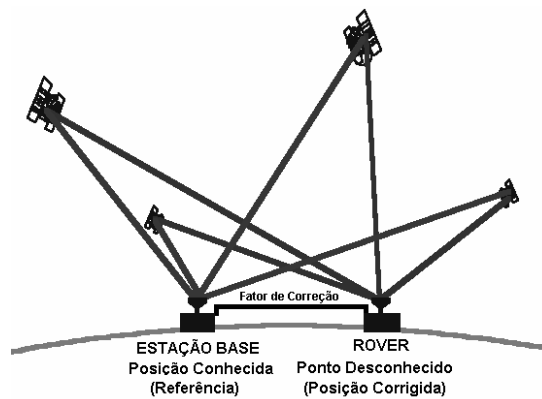
O posicionamento GNSS, Global Navigation Satellite System, consiste em técnicas de posicionamento global por meio de satélites. O GPS, Global Positioning System, é um sistema americano de posicionamento do tipo GNSS que tem como princípio básico a medida de distâncias entre o receptor e quatro satélites. Conhecendo as coordenadas dos satélites em um sistema de referencia apropriado, é possível calcular as coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de referencia dos satélites (MONICO, 2008). A partir do ajustamento de quatro parâmetros, três referentes à posição e um ao erro de não-sincronismo entre os relógios do receptor e dos satélites é possível determinar a posição desta antena. Por isso a necessidade de no mínimo quatro satélites disponíveis para realização das medidas simultâneas pelos receptores, com posições conhecidas.



*Figura 7: Ilustração constelação GNSS. Crédito: NASA, 2015*

Atualmente, cada satélite GPS transmite duas ondas portadoras simultaneamente: L1 e L2. Essas duas frequências permitem aos usuários corrigir grande parte dos efeitos provocados pela ionosfera. Existem diferentes receptores GPS categorizados, principalmente em função da precisão alcançada, em geodésicos, topográficos e de navegação. Os receptores geodésicos são capazes de captar as duas frequências emitidas pelos satélites (L1 e L2) e, dessa forma, minimizar os erros de posicionamento.

O posicionamento com GPS pode ser classificado em absoluto e relativo. O posicionamento absoluto consiste em as coordenadas estarem associadas diretamente ao geocentro. O posicionamento relativo ocorre quando as coordenadas são determinadas com relação a um referencial materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas. No posicionamento relativo, a posição de um ponto é determinada com relação à de outros, cujas coordenadas são conhecidas. As coordenadas dos pontos conhecidos devem estar referenciadas ao WGS84, ou em um sistema compatível com esse. Neste caso, os elementos que compõem a linha base (linha que liga a estação de referência à estação de interesse), ou seja,  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  e  $\Delta Z$ , são estimados e, ao serem acrescentados às coordenadas da estação-base ou de referência, proporcionam as coordenadas da estação desejada.



*Figura 8: Ilustração Posicionamento Relativo*

Nesse tipo de posicionamento, dois ou mais receptores rastreiam, simultaneamente, os satélites visíveis por um período de tempo que pode variar de dezenas de minutos (20 minutos no mínimo) até algumas horas. Os casos envolvendo períodos curtos de ocupação, até 20 minutos, são considerados como posicionamento estático rápido. O posicionamento relativo estático permite obter precisão da ordem de 1,0 a 0,1 ppm, ou mesmo melhor do que isso. No entanto, nas redes geodésicas em que as linhas-base envolvidas forem longas (maiores que 15 km) e a precisão requerida for melhor que 1 ppm, é imprescindível o uso de receptores de dupla frequência (L1 e L2). (MONICO, 2008). Os receptores de frequência única são adequados para linhas-bases muito curtas (15 km).

No posicionamento relativo cinemático é possível obter as coordenadas de um ponto com precisão de centímetros, com apenas alguns segundos de coleta de dados. O posicionamento relativo cinemático pode ser pós-processado (PPK-Post Processed Kinematic) ou em tempo real (RTK-Real Time Kinematic). O pós-processado necessita de programas para se determinar as coordenadas dos pontos após a coleta e fornece a possibilidade de um levantamento denso e em curto tempo. O RTK fornece as coordenadas na hora da coleta, sendo recomendável que as medições com esta técnica possuam linhas de base entre 5 e 10km, devido às limitações na transmissão dos dados.

O Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) é uma técnica GNSS que consiste na coleta dos dados utilizando apenas um equipamento, não necessitando o uso de outros aparelhos GPS do usuário como estações de referência. As informações coletadas são posteriormente processadas, tendo a desvantagem de necessitar de um longo período de observação para uma alta acurácia, pois utiliza como referência as estações GNSS espalhadas pelo globo, como as da RBMC. O IBGE fornece um programa online que permite o pós-processamento destes dados gratuitamente, a partir dos arquivos RINEX e se conhecendo a altura da antena e o modelo do equipamento utilizado.

### **2.4.1. Sistema de Referencial Geodésico**

O Sistema Geodésico de Referência adotado recentemente no Brasil é o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, o SIRGAS2000. Este é compatível com o sistema de referência utilizado pelo GNSS, o WGS84, pois utiliza o mesmo elipsoide de referência (GRS80). Os sistemas de referência utilizados nos posicionamentos por satélite são, geralmente, globais e geocêntricos, visto que o movimento dos satélites é em torno do centro de massa da terra (MONICO, 2008). Para garantir compatibilidade nos resultados dos levantamentos geodésicos, tanto os receptores quanto os satélites devem estar no mesmo referencial.

Até a década de 1970, o Brasil adotava o elipsoide Internacional de Hayford, de 1924, com origem nas coordenadas planimétricas estabelecidas no Datum Planimétrico de Córrego Alegre, CA. Posteriormente, o sistema geodésico Brasileiro foi modificado, para o South American Datum, o SAD69, que adota o elipsóide de referência UGGI67 (União Geodésica e Geofísica Internacional de 1967) e o Datum de referência do Chuá. (IBGE, 2013)

Muitos materiais cartográficos no Brasil estão referenciados em outros sistemas, que não o oficial, como no SAD-69 ou no CA. Estes são sistemas topocêntricos, e necessitam de parâmetros de conversão para poder transformar as coordenadas destes referenciais para o que é adotado no território nacional. Desta forma, haver compatibilidade entre as informações dos trabalhos que utilizam estes ou qualquer outro referencial, e as informações obtidas por posicionamento GNSS. E assim poder utilizar esta técnica para projetos que utilizem produtos cartográficos construídos em sistemas diferentes.

Dentro da Cartografia é muito comum a utilização de produtos provenientes de diferentes fontes, com referenciais diferentes e técnicas de obtenção de informações distintas. Por isso é comum o uso de transformação entre os referenciais geodésicos oficiais em uso no Brasil, o SIRGAS2000, o SAD-69 e o CA.



## 2.4.2. Sistemas Altimétricos

O sistema de navegação GNSS coleta as informações altimétricas referentes à superfície elipsoidal. Segundo o ARANA (2000) as altitudes que devem ser consideradas para fins práticos são as referentes ao geóide, no caso as altitudes ortométricas (H). A altitude elipsoidal (h) consiste na distância do ponto até a superfície do elipsóide de referência, já altitude ortométrica é distância contada desde a superfície do geóide até o ponto na superfície física da Terra ao longo da linha de campo do ponto (FREITAS e BLITZKOW, 1999).

A forma do geóide está diretamente relacionada ao campo da gravidade da Terra, já o elipsóide é uma superfície matemática que possui dimensões que se aproximam ao geóide e é utilizado nos levantamentos geodésicos como superfície de referência no posicionamento horizontal (ARANA, 2000). Normalmente estas superfícies não são coincidentes e nem paralelas e para conversão de altitude elipsoidal para altitude ortométrica é necessário a utilização de um modelo de ondulação geoidal (N). A ondulação geoidal se trata da distância entre o ponto das distintas altitudes, sendo esta contada pela reta perpendicular ao elipsóide, deste ponto até o geóide (SEVERO, 2013).

A determinação da altitude ortométrica (H) requer o conhecimento do valor da gravidade média sobre a vertical do ponto onde se deseja determinar a altitude. A altitude geoidal, ou ondulação geoidal, pode ser determinada através de RRNN (Referência de Nível) e de observações GNSS. A equação de transformação é dada por:

$$H = h - N$$

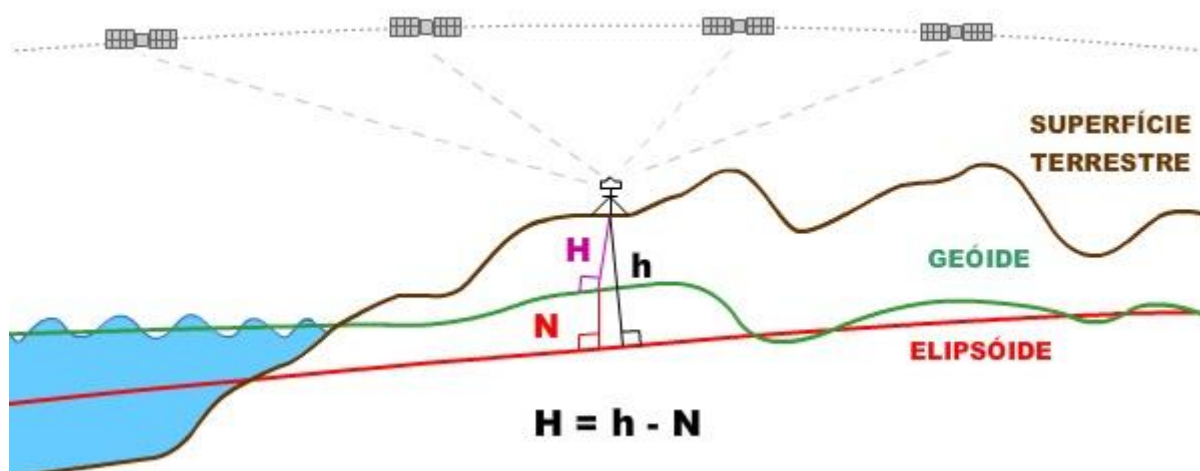


Figura 9: Imagem da determinação da Ondulação Geoidal – MAPGEO2015

O IBGE disponibiliza um programa gratuito que determina a ondulação de cada ponto na superfície a partir de suas coordenadas. O programa MAPGEO (Figura 10), que pode ser

baixado no site da instituição e utiliza o modelo de ondulação geoidal do Brasil foi concebido e produzido em uma parceria entre o IBGE, através da Coordenação de Geodésia (CGED) e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Este novo modelo foi calculado com uma resolução de 5 minutos de arco e o Sistema de Interpolação de Ondulações Geoidais foi atualizado. Em paralelo, a rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) foi desenvolvida para o monitoramento da componente vertical do SGB. As altitudes referidas ao marégrafo de Imbituba, isto é, ao nível médio do mar no Porto de Imbituba (SC), servem de suporte para outras redes geodésicas.

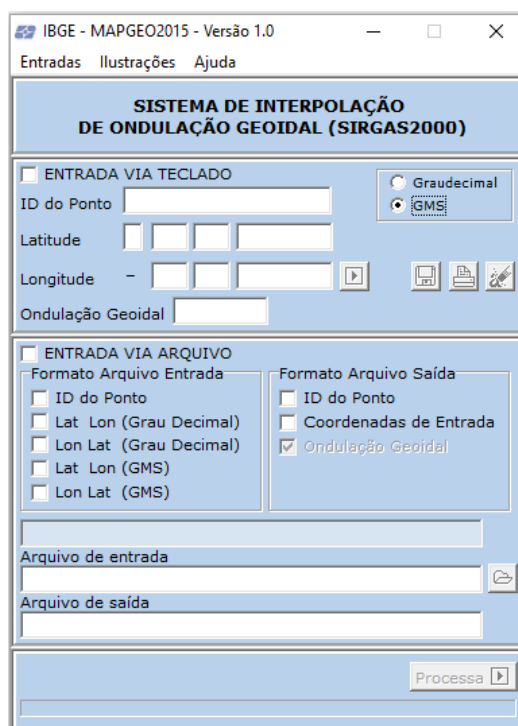


Figura 10: Layout do software Mapgeo2015

## 2.5. Modelo Digital de Terreno

A superfície terrestre pode ser descrita como uma superfície contínua, irregular e não uniforme. Devido às suas feições irregulares, para compreensão da dinâmica dos fenômenos que ocorrem em áreas naturais é necessário que se conheça o espaço como um todo, visto que possui estruturas complexas que não podem ser descritas matematicamente, assim como a interação dos elementos da natureza nestas superfícies, conhecendo-se apenas amostras pontuais.

A representação da forma tridimensional do terreno é importante para a compreensão de diversos processos físicos da natureza de forma mais próxima possível da realidade. Fenômenos naturais como desastres podem ser representados a fim de que se possa compreender o impacto dos seus danos em determinada região. Permite, além disso, a execução de um planejamento urbano preciso, estudos geológicos, acompanhamento temporal das mudanças ambientais e determinação de áreas de preservação permanente.

Segundo MENDES (2013), os Modelos Numéricos de Terreno ou modelos de elevação, podem ser amplamente utilizados nas geociências para a representação das características de variáveis regionalizadas. E em conjunto com dados SIG e técnicas de Sensoriamento Remoto permitem a compreensão dos processos físicos de bacias, podendo ser aplicado em diversos estudos de distintas áreas.

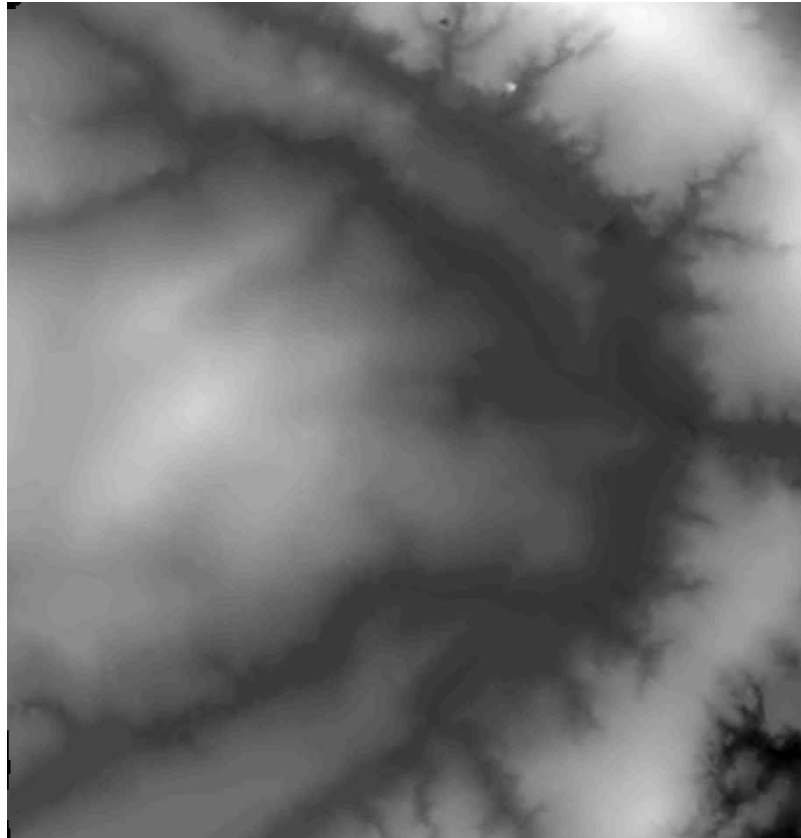
Para SIMÕES (1993) consiste em uma ferramenta computacional que gera uma superfície representativa da distribuição espacial de uma determinada característica, que pode ser qualquer grandeza que possua variação espacial contínua, possibilitando sua análise, manipulação e avaliação. Os dados utilizados nestes modeladores podem ser pontos amostrais relativos ao fenômeno a ser modelado, que são valores de coordenadas coletados da superfície real ou de outras fontes, ou parâmetros extraídos da análise de um modelo digital de terreno já existente.

O advento da tecnologia trouxe um aperfeiçoamento significativo na construção de modelos que representem a superfície topográfica do espaço terrestre. Equipamentos de Posicionamento geodésico, laser Scanner, computadores, mesas digitalizadoras e softwares de geoprocessamento, permitem a construção de Modelos Digitais de Terreno com resolução espacial melhor do que 1 (um) metro.

Os Modelos Digitais de Terreno, também conhecidos como Modelos Numéricos de Terreno, consistem em matrizes (raster) de números que correspondem à distribuição das elevações de um terreno, obtido através de mapas topográficos (MOORE et al, 1991). Para a elaboração de um MDT pode-se utilizar curvas de nível, técnicas de fotogrametria e scanner a laser. No caso das curvas de nível, são utilizadas mesas digitalizadoras ou vetorização manual de mapas topográficos e posteriormente é utilizado um método de interpolação matemática destinada a obter o MDT.

Os métodos de interpolação consistem em modelos matemáticos que permitem a modelagem de superfícies a partir de dados esparsos sobre o espaço, como coordenadas geográficas e informações sobre a altitude em pontos distribuídos sobre o terreno. Assim, amostras são coletadas pontualmente e através de uma análise estatística é feita a distribuição destes pontos no terreno, representando o espaço real.

A partir do MDT é possível gerar imagens em níveis de cinza e imagens sombreadas, onde os valores das cotas são utilizadas para gerar este modelo, atribuindo valores no intervalo amostral da altimetria do terreno de acordo com a resolução radiométrica desta (dado em bits). Os valores de cota do terreno são representados dentro valores dentro deste intervalo de níveis de cinza. Numa imagem de 8 bits é possível atribuir valores de 0 a 255 para cada pixel (FELGUEIRAS & CÂMARA, 2004). Esse tipo de imagem resultante permite uma percepção qualitativa global da variação do fenômeno representado pelo modelo digital de terreno.



*Figura 11: Modelo de grade regular representado como uma imagem (FELGUEIRAS & CÂMARA, 2004).*

Um Modelo Digital de Terreno armazena em cada pixel da sua estrutura matricial informações sobre as coordenadas X, Y e Z, que correspondem às coordenadas planimétricas e à altitude em relação ao nível médio do mar (ortométrica). Para a elaboração do MDT é necessário primeiramente adquirir amostras de pontos do terreno, interpolar estes dados obtidos e então gerar o modelo. As amostras devem ser selecionadas de acordo com o fenômeno a ser modelado, sendo os métodos de aquisição dados por pontos isolados ou mapas de isolinhas.

A interpolação dos dados significa estimar os valores dos pontos não amostrados dentro do espaço que se deseja a partir dos valores amostrais de entrada. É utilizada uma

função polinomial para representar as variações espaciais do terreno. Estes dados geram uma grade retangular regular ou uma malha triangular, esta grade é ajustada e são determinados os valores dos demais pontos em toda a superfície (FELGUEIRAS & CÂMARA, 2004).

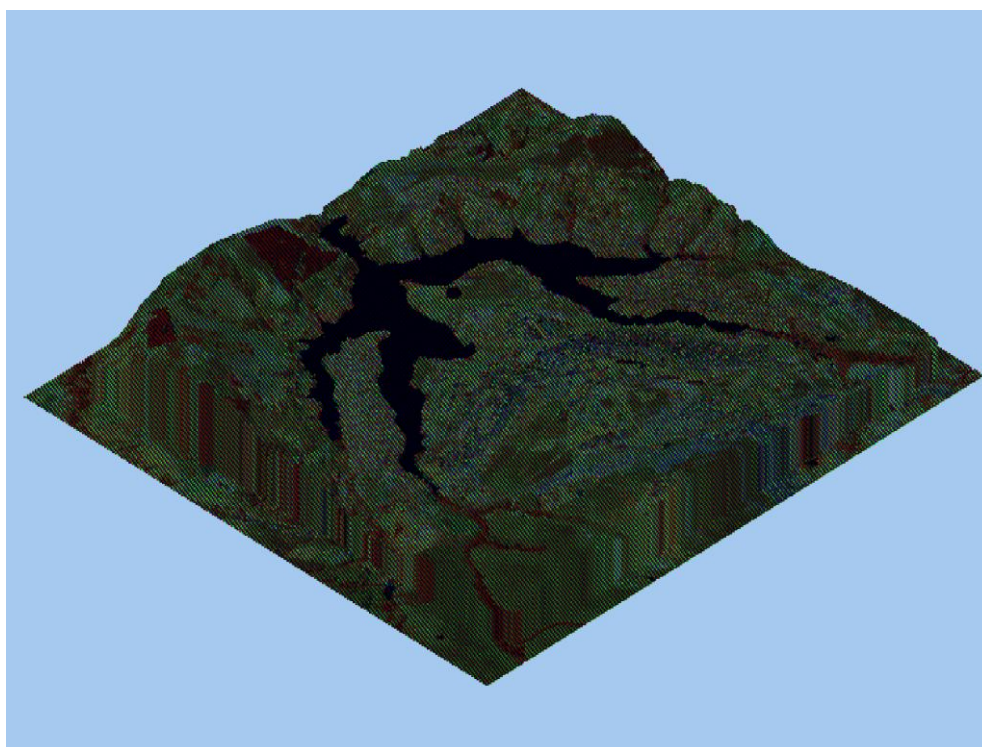


Figura 12: Visualização do modelo em projeção planar com textura de uma (FELGUEIRAS & CÂMARA, 2004).

### 2.5.1. Declividade do Terreno

A declividade da superfície de um terreno consiste na sua inclinação máxima em determinado ponto, podendo ser definida como um plano tangente àquela posição da modelagem do MDT. Matematicamente, consiste no ângulo entre o plano horizontal e a tangente à superfície. Conceitualmente é composta por dois elementos: o *gradiente*, também denominado algumas vezes por declividade, que é a máxima razão de variação de cota  $z$  e; a *exposição*, que é a direção dessa máxima razão de variação de cota (FELGUEIRAS & CÂMARA, 2004). A formulação geral para o cálculo da declividade é dada a seguir, onde ‘ $d$ ’ é a distância, ‘ $e$ ’ é a elevação e  $S$  a resolução espacial (ZEVENBERGEN, 1987):

$$\text{declividade}(Z) = \arctan(\sqrt{d^2 + e^2})$$

$$d = (Z_3 + Z_6 + Z_9 - Z_1 - Z_4 - Z_7) / 6S$$

$$e = (Z_1 + Z_2 + Z_3 - Z_7 - Z_8 - Z_9) / 6S$$

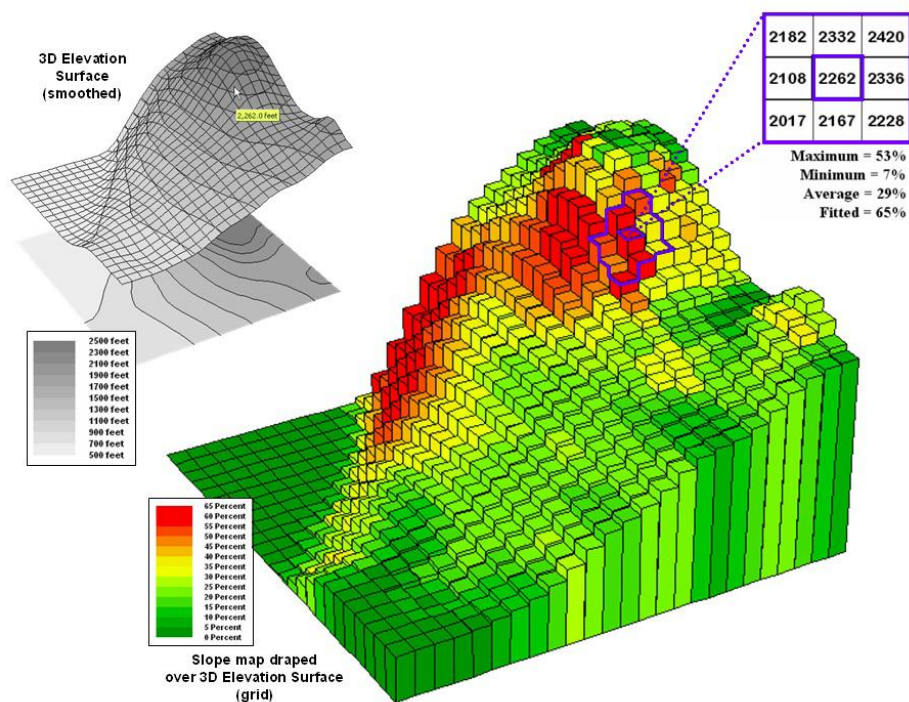


Figura 13: Superfície de Eleveção e Sobreposição do Mapa de Declividade (BASIS website, 2016)

Os valores podem ser dados em porcentagem ou em grau decimal. Os gradientes de declividade em percentual são dados pela tangente do ângulo multiplicado por 100, onde um ângulo de 45 graus corresponde a 100% de declividade.

## 2.6. Geoprocessamento em recursos hídricos

O geoprocessamento consiste em uma técnica que utiliza dados espaciais, referenciados através de coordenadas geográficas, para integrar e analisar informações sobre feições no espaço terrestre (MENDES, 2001). Permite que sejam criados bancos de dados com informações sobre diferentes propriedades de uma determinada região, e a partir da integração destas determinar aspectos sobre a morfometria da região.

As informações geográficas são representadas de duas formas: a vetorial e a *raster*. A vetorial é bidimensional e considera o espaço contínuo, com comprimentos e dimensões pré-definidos, composto pelos elementos ponto, linha e área. O formato *raster*, mais complexo e mais indicado para estudos relacionados a manipulação de dados em sensoriamento remoto,

representa o espaço de forma matricial, através de linha e colunas que dividem a imagem em células, onde cada célula é denominada pixel.

Cada pixel em uma imagem *raster* representa uma coordenada (associada ao centroide desta), que está associada à medida quadrática do terreno, a resolução e escala dos dados *raster* são a relação entre o tamanho do pixel na imagem e o tamanho do pixel no terreno. Cada célula em uma matriz bidimensional só pode conter um valor, então para que se representem os atributos de cada uma, usa-se a sobreposição de camadas, conhecidos como *overlayers*, A combinação de várias camadas com informações diferentes gera um mapa com informações sobre diversas feições, logo, um arquivo *raster* armazena os atributos e a representação gráfica de um espaço físico.

O geoprocessamento de recursos hídricos tem como objetivo desenvolver de um banco de dados que contenha informações sobre diversos aspectos, como dados físicos, topografia, socioeconômicos, infraestrutura, imagens espaciais, dados hidrológicos, entre outros. O conjunto destas informações possibilita que se compreenda como funcionam os mecanismos físicos, sociais e econômicos dentro da área de estudo, para que a partir da síntese de todos estes dados, seja possível analisar quais são as regiões de risco, o que faz esta região se caracterizar como área de risco, quais as medidas preventivas devem ser tomadas para que se contenham os danos provenientes de um desastre natural como uma inundação e, desta forma, gerenciar de forma eficaz, visando o bem estar da população e da economia local.

## **2.7. Sensoriamento Remoto para desastres naturais**

O Sensoriamento Remoto é a ciência que permite o estudo e análise do espaço territorial através da coleta de informações sobre as feições terrestres e observação dos dados adquiridos sem a necessidade de estar em contato com a superfície estudada. Segundo NOVO (2010), implica na obtenção de informação a partir da detecção e mensuração das mudanças que um determinado objeto impõe aos campos de força que o circundam, sejam estes campos eletromagnéticos, acústicos ou potenciais.

A qualidade da gestão dos riscos de desastres naturais consiste em primeiramente em bem conhecê-los e as suas causas e consequências. De forma que se possam estudar as formas de reduzir os riscos, as perdas financeiras relacionadas a eles e elaborar a planos de ação em resposta a emergências e recuperação de desastres. Para CASTRO et al (1999) as

atividades da defesa civil devem ser agrupadas em quatro grandes processos: prevenção, preparação, resposta e construção.

O sensoriamento remoto tem se mostrado nos últimos anos uma ferramenta essencial para a gestão de risco de desastres naturais. O conhecimento sobre as características físicas e geométricas do terreno, a facilidade na identificação e monitoramento de ameaças que suas ferramentas proporcionam e a possibilidade de construção de cenários prováveis, que permitem identificar os dados sem que eles aconteçam, são apenas algumas das vantagens desta linha de estudo.

Conforme SAUSEN e LACRUZ (2015), as etapas para uma gestão eficiente através do uso do sensoriamento remoto seriam:

- Prevenção e mitigação;
- Estudo de ameaças e vulnerabilidades;
- Construção de cenários de riscos prováveis;
- Preparação, monitoramento e alerta;
- Resposta a desastres;
- Recuperação.

Para a prevenção e mitigação dos danos causados por desastres naturais, como as inundações, deve-se primeiramente ter o conhecimento de algumas características do terreno como declividade, elevação e orientação de vertentes. Estas informações podem ser obtidas a partir de um Modelo Digital de Terreno (MDT), que pode ser construído através de imagens de satélites ou de fotografias aéreas e mapas planialtimétricos e combinados com outros atributos através de uma plataforma de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), para determinar demais características do terreno.

Estes dados permitem que se faça a análise estatística e se determine a suscetibilidade de risco, determinando assim possíveis ocorrências anteriores. Ou pelo contrário, determine possíveis eventos futuros, conhecendo as características do terreno e a frequência e período de eventos anteriores. Além de ser possível, a partir de um cadastramento da ocupação das áreas de risco, determinadas a partir do conhecimento de eventos passados e da identificação destas nas imagens orbitais, determinar as populações vulneráveis.



O estudo de ameaças e vulnerabilidades e a construção de cenários de risco prováveis são etapas em que se tornam importantíssimos os conhecimentos sobre a morfometria do terreno e sobre ocorrências passadas. A partir do MDT, dados de acontecimentos anteriores, atributos relevantes da área de estudo no momento da crise, como informações sobre índices pluviométricos, e de saberes que permitam relacionar estas informações utilizando uma plataforma SIG adequada, para que se gere um cenário provável do momento do desastre.

Para a preparação, monitoramento e alerta são relacionadas às ações de diversos setores da sociedade, como órgãos governamentais, institutos de pesquisa e organizações de ajuda direta à população. Nestas etapas se utilizam produtos derivados de sensoriamento remoto que permitem o acompanhamento das mudanças, em tempo próximo do real, dos indicadores de uma ameaça de risco. Estes indicadores podem ser, por exemplo, oriundos da observação da atmosfera, para compreensão da dinâmica meteorológica.

A recuperação dos danos causados pelo desastre inicia-se fazendo um levantamento de tais danos, identificação dos locais atingidos, recuperação das áreas afetadas e monitoramento dos trabalhos de recuperação. É interessante que se gere um mapa do processo de recuperação, para que sirva de material de apoio em eventos futuros.

Para o caso de desastres naturais do tipo inundações, pode-se usar os seguintes passos (Tabela 1), de acordo com SAUSEN e LACRUZ (2015), na aplicação do sensoriamento remoto para gestão do desastre.

*Tabela 1: Sensoriamento Remoto para gestão de Desastres.*

---

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
|                                    | - Zoneamento da Planície de Inundação;   |
| Preparação, prevenção e mitigação. | -Monitoramento e avaliação de risco e/ou ocorrências de transbordamento de cursos d'água;  |
|                                    | -Caracterização e mapeamento de áreas com potencial de inundação, como planícies fluviais. |

---

|             |  |
|-------------|--|
| Reposta     | - Monitoramento da evolução do evento (data da ocorrência do evento, período estimado do pico de inundação, extensão e localização do evento).   |
| Recuperação | - Mapeamento da extensão da inundação para ter uma rápida avaliação dos danos causados (áreas agrícolas e cidades afetadas, rodovias e estruturas viárias afetadas) e iniciar as ações de recuperação. |
|             | - Recuperação das áreas afetadas (residências, comerciais e instalações críticas, como hidroelétricas, termoeletricas, usinas nucleares, pontes, estradas, barragens, gasodutos e oleodutos)           |

---

Fonte: SAUSEN e LACRUZ (2015)

### **2.7.1. Levantamento Aerofotogramétrico**

É uma consiste basicamente na coleta de dados utilizando câmeras fotográficas, que podem ser acopladas em transportes aéreos, no processamento destes dados e na análise e interpretação dos objetos. A fotogrametria é dividida em fotogrametria terrestre e fotogrametria aérea, esta ultima chamada de aerofotogrametria.

A aerofotogrametria é muito utilizada no recobrimento de grandes áreas, devido à alta qualidade e facilidade de obtenção de imagens de alta resolução. Uma câmera acoplada em um avião ou em um veículo aéreo transportado (VANT) recobre uma superfície capturando fotografias consecutivas com sobreposição lateral e longitudinal entre elas, permitindo a restituição do terreno.

A integração da fotogrametria com outras áreas de conhecimento, como Processamento Digital de Imagens, Posicionamento por Satélites e processamentos computacionais permite a geração de Ortofotos Digitais, Modelos Digitais de Terreno e demais produtos cartográficos.

## **2.8. Mapeamento das áreas suscetíveis a inundações**

O trabalho de mapeamento das áreas suscetíveis a inundações consiste na determinação de áreas possivelmente inundáveis, a partir de ocorrências anteriores. Uma das metodologias deste tipo de estudo consiste em, primeiramente, coletar informações sobre estes antecedentes na área de estudo e analisar os impactos e recorrência destes acontecimentos. É essencial para a determinação destas áreas o conhecimento das características do relevo e o histórico dos desastres ocorridos na região

Segundo ENOMOTO (2004) a utilização de uma base cartográfica confiável para o mapeamento de áreas suscetíveis a inundações, conhecendo a localização precisa das feições de cada elemento da área de estudo e as características hidráulicas da superfície da bacia, são elementos essenciais para se obter precisão adequada no estudo em questão, dado que a utilização de mapas pode representar um grande avanço nas ações relacionadas à logística e planejamento no controle das cheias e seus danos causados.

Para SILVA e AFONSO (2007) “a identificação prévia das áreas suscetíveis a inundações, através de simulações digitais, possibilita a elaboração de instrumento básico de apoio às decisões tomadas em relação ao uso e ocupação do solo, nas esferas pública e privada, evitando futuros problemas de calamidade devido às cheias, prevenindo desta forma e não apenas remediando os danos sociais, econômicos e ambientais que esses eventos causam”.

O mapeamento de áreas suscetíveis a deslizamento e enchentes pode ser utilizado como um instrumento para a mitigação dos prejuízos materiais e humanos causados devido aos desastres naturais, mesmo que não se apresente risco momentâneo de perda material ou vidas humanas (CRISTO, 2002). O conhecimento e a representação gráfica das áreas propensas a serem afetadas no caso de algum desastre natural permite com que organize e planeje a ocupação do espaço urbano de forma inteligente e que, no caso de uma área já ocupada e sem possibilidade de realocação da população local, estar preparado para agir com eficiência no momento do acontecimento de um evento.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudo

O município de Lages está localizado na região Serrana de Santa Catarina, a 225 km quilômetros de distância da capital Florianópolis. Possui uma área de aproximadamente 2.644 Km<sup>2</sup>. É drenado pela bacia hidrográfica (BH) do Rio Caveiras, que é a segunda maior sub-bacia da bacia hidrográfica do Rio Canoas e o maior abastecedor de águas da cidade. Os rios que cruzam a área urbana são os rios Carahá e Ponte Grande.

A Bacia Hidrográfica do Rio Caveiras possui uma área aproxima de 2400 km<sup>2</sup> e 130 km de extensão (RAFAELI NETO, 1994). O rio abastece também as Pequena Centrais Hidrelétricas (PCH) Salto Caveiras, que fica a 20 km do centro da cidade de Lages, a PCH São Borges, a PCH Itararé, a PCH Pinheiro e a PCH Portão. Devido ao tipo de topografia local e a proximidade com o Rio Caveiras, eventos como inundações se tornaram rotineiros na área urbana. A planície de inundações da bacia do rio Caveiras próximo a Lages apresenta cotas em torno de 870 a 880m.

De acordo com OLIVEIRA et al (1992), o relevo da região do Planalto Oriental do Estado de Santa Catarina varia de suavemente ondulado a ondulado, solos fracos, muito ácidos, pouco profundos e pedregosos, geralmente utilizado para reflorestamento, pastagens ou reserva natural.

O clima da região varia de -3°C a 18°C no mês mais frio e se mantém abaixo dos 22°C no mês mais quente, conforme dados do INMET. Dentro da classificação de KOEPPEN é do tipo Cfb e caracterizado como mesotérmico úmido com verão brando. Sendo constantemente úmido, não há uma estação seca, isto é, chuva em todas as estações do ano, em que a precipitação média do mês mais seco é superior a 60 mm.

A vegetação da região de Lages de acordo com o IBGE (2004) pode ser representada pela formação florestal Floresta Ombrófila Mista, interrompida pelos remanescentes de Estepes, conhecidos como Campos, pertencentes ao domínio da Mata Atlântica. De acordo com GOULART FILHO (2007) a ocupação do município de Lages se iniciou a partir do uso da região como pouso de tropeiros, que resultou na pecuária extensiva na região.

A cidade sofre frequentemente os danos recorrentes das inundações da bacia do Rio Carahá, da bacia do Rio Ponte Grande e da bacia do Rio Caveiras. Acontecimentos como estes são frequentes em diversas regiões de Santa Catarina, devido a fatores naturais como a

hidrografia, a quantidade de rios perenes, o relevo e a fatores antrópicos como o mau uso do espaço urbano.

A frequência destes acontecimentos traz diversos prejuízos financeiros para a cidade, que depende recursos com realocamento da população e reconstrução das infraestruturas destruídas pelos desastres. Há uma mobilização de diversos órgãos públicos para o suporte e reparo de danos nas ocorrências, como a Defesa Civil do Município, a Prefeitura e a Secretaria de Planejamento, que apoiam com a logística e gestão de recursos materiais e humanos.

O fato de o município ter se desenvolvido em torno de grandes Bacias Hidrográficas potencializa a suscetibilidade ao desastre, além disso, pode se observar no Mapa de Declividade da região, que foi gerado através do MDT fornecido pela SEPLAN, que o município possui um relevo em sua maior totalidade plano. Esta característica física da topografia local faz com que a lamina da água do Rio no momento da enchente se espalhe mais facilmente, ao invés de ficar retida pelo relevo.

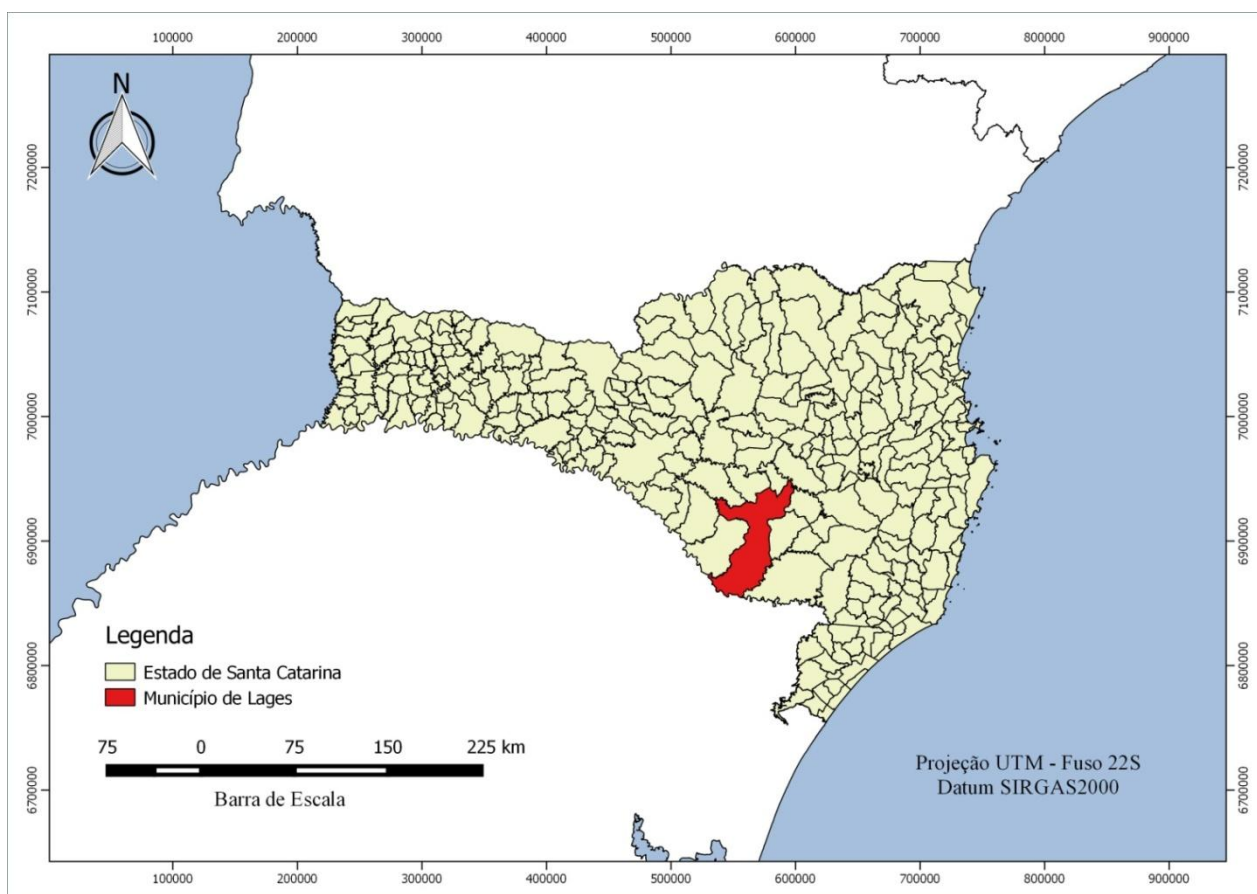


Figura 14: Mapa de Localização do Município de Lages

### **3.2. Material experimental**

A metodologia adotada neste trabalho consiste em 3 (três) etapas: trabalho de campo, processamento dos dados coletados e análise dos resultados. No trabalho de campo foram adquiridos os materiais utilizados e coletados os pontos das linhas de inundação. Primeiramente foram consultados os órgãos como a Prefeitura Municipal de Lages, a Secretaria de Planejamento e a Defesa Civil, onde foi adquirido o material para o desenvolvimento desta pesquisa, além de informações sobre inundações de anos anteriores, e então realizado o levantamento dos pontos das linhas de inundação por técnicas GNSS.

. Na etapa do processamento dos dados foi feito o processamento das coordenadas coletadas por levantamento GNSS e a simulação da área inundada a partir das cotas levantadas. Posteriormente foi feita a análise dos resultados e a criação dos Mapas de Inundações. Foi utilizado um Modelo Digital de Terreno e um conjunto de Ortofotos da área de estudo em questão, o município de Lages, com o qual foi elaborado o mapeamento das áreas alagadas. A cidade é estabelecida ao redor do Rio Caveiras e tem sua vazão extravasada em momentos de altos índices pluviométricos.

Os pontos foram coletados a partir do conhecimento de ocorrências de inundações anteriores, lembrando que é comum um evento desta natureza na cidade e, com estes valores, coletadas as informações sobre os índices pluviométricos referentes à data e ao período de duração das precipitações, para que se possa correlacionar estes dois valores. O monitoramento pluviométrico foi baseado nos dados de precipitação obtidos através das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e informações fornecidas pela Defesa Civil do Município de Lages.

#### **3.2.1. Dados Cartográficos**

Para determinação das áreas suscetíveis a inundações foram utilizados dados altimétricos provenientes de um Modelo Digital de Terreno (MDT) do Município de Lages, elaborado pela empresa Agritec e cedido pela Secretaria de Planejamento. O MDT utilizado, fornecido pela SEPLAN, possui resolução espacial de 1 metro e foi gerado a partir de uma base cartográfica na 1/2.000 e levantamentos de campo.

### **3.2.2. Dados de Sensoriamento Remoto**

Para a elaboração dos mapas de análise de suscetibilidade a inundações foram utilizadas ortofotos do Município de Lages, com resolução espacial de 0,39 metros, obtidas a partir de um levantamento aerofotogramétrico, executado pela empresa Agritec em Maio de 2003, cedido pela SEPLAN. Estas ortofotos foram utilizadas como base do mapa, sendo gerado um mosaico a partir delas. O material fornecido pela SEPLAN possui 147 ortofotos de cores reais que cobriam grande parte do estado de Santa Catarina. Para este mapeamento foram utilizadas apenas seis, que cobriam o município de Lages, com as seguintes denominações:

- SG-22-Z-C-V-3-NE-A
- SG-22-Z-C-V-3-NE-B
- SG-22-Z-C-V-3-NE-C
- SG-22-Z-C-V-3-NE-D
- SG-22-Z-C-V-3-NE-E
- SG-22-Z-C-V-3-NE-F

### **3.2.3. Equipamentos Geodésicos**

Os seguintes equipamentos, utilizados para determinação das coordenadas tridimensionais das linhas de inundações, foram emprestados pelo Departamento de Geodésia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul:

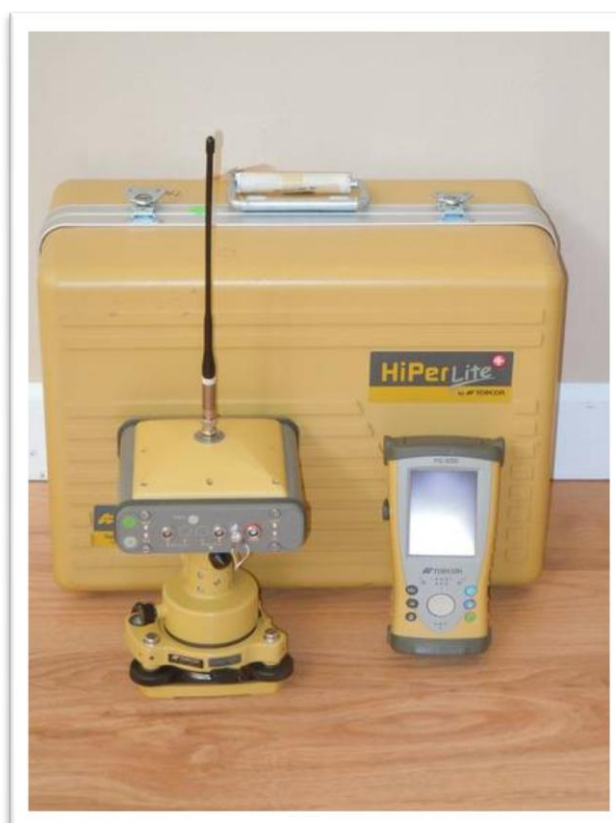
- Um par de equipamentos GNSS/RTK modelo Topcon Hiper Lite (Figura 15);
- Uma controladora da marca Topcon;
- Um tripé e um bastão.

A especificação técnica do equipamento GNSS é apresentada na tabela 2:

*Tabela 2: Especificações do Topcon Hiper Lite.*

- 
- Sistema GPS para Levantamentos Cinemáticos em Tempo Real (RTK) estáticos e cinemáticos pós-processados.
- 
- Receptores de dupla frequência Hiper L1/L2 (receptor, antena, rádio, carregador e bateria), com 40 canais universais.
- 
- Capaz de rastrear sinais de satélites GPS, WAAS (opcional).
- 
- Taxa de atualização de 1 Hz.
- 
- 8 Mb de memória interna para armazenar mais de 40 horas de dados CA+L1+L2 com intervalo de 15".
- 
- CoOp Tracking System (melhor recepção dos sinais em condições desfavoráveis).
- 
- Rádio com alcance de até 2,5 km em RTK.
- 
- Bateria interna com autonomia de 10 h.
- 
- Tecnologia Bluetooth integrada (comunicação sem cabo com o coletor).
- 
- Precisão horizontal de 5 mm + 5ppm e vertical de 5mm + 1ppm para levantamentos estáticos e rápido-estáticos e horizontal de 10 mm + 1ppm e vertical de 20mm + 1ppm para levantamentos cinemáticos e RTK.
- 
- 2 portas seriais para dados 1 porta USB e 1 porta para alimentação.
- 

Fonte: Manual do equipamento



*Figura 15: Equipamento GNSS utilizado*



### 3.2.4. Softwares

Para a execução dos procedimentos metodológicos foram utilizados os seguintes *softwares* (Tabela 3):

*Tabela 3: Softwares utilizados e suas aplicações*

| <b>Software</b> | <b>Versão</b> | <b>Aplicação</b>                 |
|-----------------|---------------|----------------------------------|
| Topcon Tools    | v.8.2.3       | Processamento dos dados GNSS     |
| Topcon Link     | v.8.2.3       | Exportação dos dados GNSS        |
| Saga GIS        | 2.1.2         | Determinação das áreas inundadas |
| Quantum GIS     | 2.14.3        | Elaboração dos Mapas             |

Fonte: elaboração da autora

### 3.3. Procedimentos Metodológicos

No desenvolvimento deste trabalho foram realizadas duas vistorias na área de estudo. Primeiramente foi feito um reconhecimento ao local, teve a duração de 4 (quatro) dias, onde foi possível conhecer melhor o problema enfrentado pela população, entender a ação da Defesa Civil e da Secretaria de Planejamento e, além de tudo, obter parte do material utilizado no projeto. A segunda visita objetivou realizar o levantamento dos pontos estratégicos, em áreas atingidas pelas inundações, nas linhas limítrofes dos espelhos d'água. Teve a duração de 3 (três) dias, onde se utilizou os equipamentos GNSS.

#### 3.3.1 Histórico de Inundações

Os dados utilizados neste projeto se basearam em informações fornecidas pela Defesa Civil e pela Secretaria de Planejamento, como os limites das áreas inundadas, datas de ocorrências, índices pluviométricos e população afetada. As maiores inundações registradas recentemente correspondem aos anos de 2008, 2011 e 2014. Segundo o Relatório da Defesa Civil do Município de Lages (2014) a inundação do ano de 2014, registrada nos dias 26, 27 e 28 de junho, ocorreu com índices superiores a 70 mm nas primeiras 24 horas e acumulados 209 mm após as 72 horas seguintes, computados no dia 28 de junho (Figuras 16 e 17). Nos registros da Defesa Civil (2014) constam os seguintes danos na zona urbana decorrente deste

evento:

**- Alagamento:**

Bairros: Várzea, Habitação, Universitário, Caça e Tiro Caravágio, Ferrovia, Vila Nova, Dom Daniel, Popular, São Vicente, São Sebastião e Cruz de Malta.

**- Deslizamento:**

Bairros Bom Jesus, Ipiranga, Morro do Posto e Morro Grande.

**- Outros Eventos:**

Bairro Penha: corte de eucalipto em situação de risco iminente.

Bairro São Miguel e Santa Helena: duas residências em situação de risco, devido à saturação (encharcamento) do solo.

Neste evento 850 pessoas foram afetadas de alguma forma pelos desastres, sendo que 117 ficaram desabrigadas (Figura 18). Os abrigos que receberam a população designada pelos funcionários da Defesa Civil foram:

- CAIC – Nossa Senhora dos Prazeres – Bairro Santa Catarina (abrigou 29 pessoas);
- CAIC – Irmã Dulce – Bairro Guarujá (abrigou 12 pessoas);
- Associação de Moradores Bairro Habitação (estão abrigados 70 pessoas) ;
- Associação de Moradores Bairro Universitário( estão abrigados 16 pessoas).

Segundo ECKHARDT (2008), a maior parte dos estudos relacionados à hidrologia se refere às séries históricas dos eventos, da observação sistemática de certos acontecimentos no decorrer do tempo. Dados como precipitação e níveis atingidos por inundações são dados de séries históricas, que diferente de dados experimentais que podem ser repetido em laboratório sob o controle de um experimentador, não podem ser confirmados por repetição em um laboratório.



*Figura 16: Imagem da Inundação de 2014 fornecida pela Defesa Civil*



*Figura 17: Imagem da Inundação de 2011 fornecida pela Defesa Civil*



*Figura 18: Imagem de um dos abrigos da Inundação de 2011 fornecida pela Defesa Civil*

### **3.3.2 Coleta de dados altimétricos das linhas de Inundação**

A primeira visita à área de estudo ocorreu nos dias 22, 23 e 24 de setembro de 2015. Neste momento foram realizadas visitas aos órgãos públicos que se considerava ser possível obter ajuda e informações sobre as ocorrências dos desastres no município, a Secretaria de Planejamento, Secretaria de Meio Ambiente, Prefeitura Municipal e Defesa Civil.

Na Secretaria de Planejamento, foi cedido para este projeto todo o material proveniente do levantamento aerofotogramétrico realizado em 2003. Este material inclui os Modelos Digitais de Terreno, as ortofotos e informações sobre as ocorrências anteriores.

A Defesa Civil forneceu parte da sua equipe e uma viatura para o levantamento dos pontos atingidos pelas inundações, onde foram coletados dados altimétricos com um GPS de navegação para um pré-conhecimento das áreas inundadas (Figura 20).



*Figura 19: Vista do município de Lages sobre o Morro da Cruz.*



*Figura 20: Local que é frequentemente atingido nas Inundações.*

A segunda visita foi realizada nos dias 28, 29 e 30 de junho de 2016, novamente com acompanhamento e auxílio da equipe da Defesa Civil, quando foram coletados 50 pontos de limites das áreas inundadas, a partir de informações fornecidas pela população e pela própria Defesa Civil. Foram utilizados equipamentos emprestados pelo Departamento de Geodésia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como o par de aparelhos GNSS Topcon e

acessórios para o levantamento.

Em um primeiro momento, foi instalada a base em um local seguro, que no caso foi escolhido para tal atividade o quartel do Corpo de Bombeiros do Município, dada a permissão do responsável (Figura 21). A base foi instalada com a altura de 1,31 metros e permaneceu coletando pontos durante todo o dia nos dois dias de trabalho. É importante lembrar que o município de Lages possui uma estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RMBC), denominada Lages.

Para a coleta dos pontos das linhas de inundação utilizou-se o equipamento Rover, acompanhada de membros da equipe da Defesa Civil e realizada a visita até as áreas atingidas, quando foram coletados os pontos registrados pela Defesa Civil e pela população utilizando a técnica de posicionamento Real Time Kinematic (RTK), conforme MONICO (2008), coletadas informações e tomadas fotografias do local. O método utilizado para o levantamento foi o que permite o pós-processamento e ao mesmo tempo coleta as informações em tempo real (Figura 22).



*Figura 21: Base Instalada no Corpo de Bombeiros do Município de Lages-SC*



*Figura 22: Trabalho de Campo e Levantamento dos Pontos GNSS*

Foram visitados neste levantamento de campo os bairros Várzea, Habitação, Universitário, Popular, São Sebastião, Passo Fundo e Centro. A altura do bastão do Rover permaneceu constante com dois metros, o equipamento foi programado para uma precisão horizontal de 0,15 metros e precisão vertical de 0,30 metros e a média de tempo coletando cada ponto foi de 2-3 minutos. Nesta técnica, o equipamento para automaticamente de coletar quando a precisão desejada é alcançada para o método RTK, sendo ainda possível o pós-processamento. Devido à resolução espacial da imagem (0,39 metros) e do MDT (1 metro), concluiu-se que estes valores de precisão seriam satisfatórios.

### **3.3.3 Processamento dos Dados coletados em campo**

O trabalho de campo resultou em 50 pontos distribuídos pela cidade em torno dos rios Cahará e Ponte Grande. Para realizar o processamento dos dados utilizou-se arquivos da RBMC (Anexo I) no dia da coleta obtidos através do site do IBGE, como o RINEX e o relatório da estação. Foram utilizados dois arquivos, um referente a cada dia de trabalho, e então processados os dados correspondentes a cada dia com os dados extraídos utilizando o

software Topcon Tools.

Primeiramente foram processadas as bases, que permaneceram estacionadas no quartel do Corpo de Bombeiros, utilizando as estações RBMC como referência. Após obter as coordenadas das bases fixadas e ajustadas, processados os pontos do Rover, utilizando as bases processadas como coordenadas de referência, novamente utilizando o software Topcon tools.

O sistema de referência utilizado é o sistema oficial do Brasil, o SIRGAS2000 (IBGE), e a projeção escolhida foi a UTM, de coordenadas planas. Os dados coletados com o GPS são dados em relação ao elipsoide, logo a altitude é a elipsoidal (ou geométrica). Para fazer a conversão das cotas de elipsoidal para geoidal (ortométrica), que é relacionada com o espaço físico real, utilizou-se o software Mapgeo do IBGE (Tabela 4). Foi utilizado o valor da ondulação geoidal do ponto da base, por se tratar de uma área pequena e por facilidade adotou-se o mesmo valor, de 5,68 metros. O modelo de ondulação geoidal do Mapgeo2015 possui um erro médio padrão de 17 centímetros, segundo IBGE, o que pode ser desconsiderado neste caso de estudo, pois o mapeamento realizado foi intercalado no espaçamento de um metro, englobando toda a abrangência da possibilidade de eventos.

*Tabela 4: Pontos Processados em coordenadas planas (UTM)*

| Ponto | Este (E)   | Norte (N)   | Alt Elipsoidal | Alt Ortométrica |
|-------|------------|-------------|----------------|-----------------|
| 1     | 566897,471 | 6920805,017 | 883,641        | 877,961         |
| 2     | 566993,816 | 6920903,394 | 883,928        | 878,248         |
| 3     | 566993,815 | 6920903,393 | 883,930        | 878,250         |
| 4     | 566993,358 | 6921147,922 | 882,705        | 877,025         |
| 5     | 566993,799 | 6920903,382 | 883,869        | 878,189         |
| 6     | 566889,348 | 6920804,424 | 883,023        | 877,343         |
| 7     | 567034,447 | 6921268,199 | 884,789        | 879,109         |
| 8     | 568128,423 | 6920695,269 | 883,998        | 878,318         |
| 9     | 568165,725 | 6920718,305 | 885,011        | 879,331         |
| 10    | 568258,938 | 6920915,507 | 885,843        | 880,163         |
| 11    | 568335,494 | 6921041,603 | 883,699        | 878,019         |
| 12    | 568328,166 | 6921267,730 | 884,645        | 878,965         |
| 13    | 568350,341 | 6921347,600 | 884,816        | 879,136         |
| 14    | 568383,158 | 6921491,551 | 884,525        | 878,845         |
| 15    | 568659,223 | 6921662,461 | 884,100        | 878,420         |
| 16    | 568754,664 | 6921666,581 | 883,736        | 878,056         |
| 17    | 569313,981 | 6925822,014 | 889,290        | 883,610         |
| 18    | 569367,136 | 6925853,247 | 890,046        | 884,366         |
| 19    | 569349,262 | 6925701,600 | 889,531        | 883,851         |

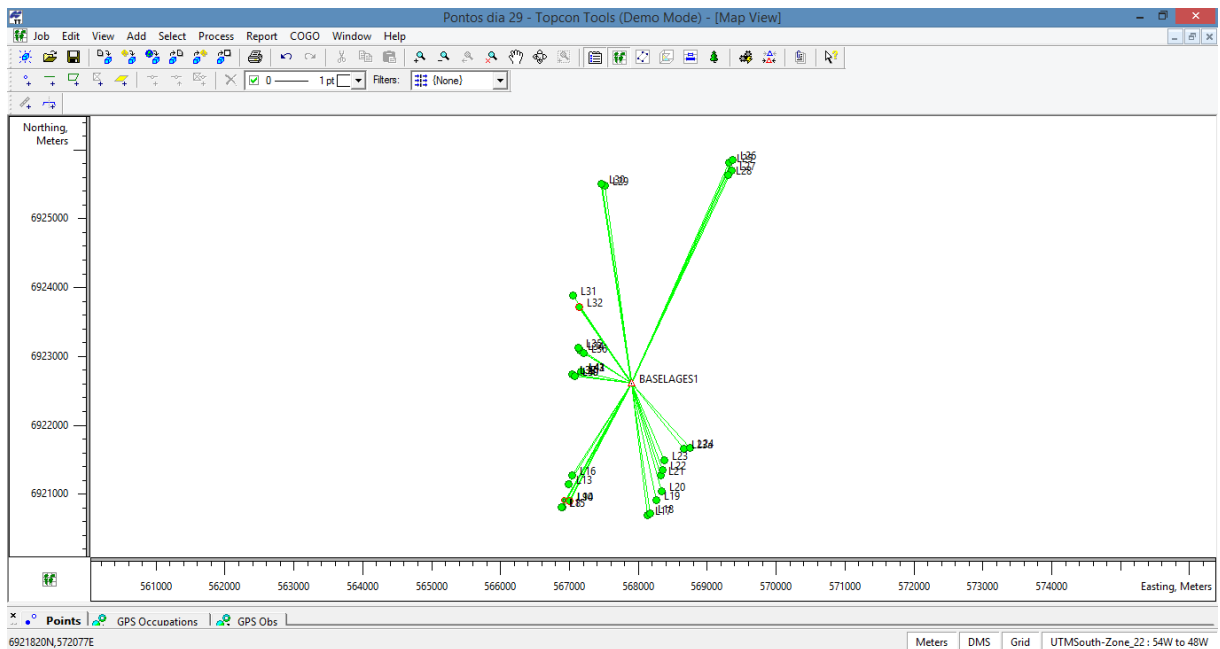


|    |            |             |         |         |
|----|------------|-------------|---------|---------|
| 20 | 569308,532 | 6925636,962 | 890,577 | 884,897 |
| 21 | 567520,998 | 6925481,369 | 892,539 | 886,859 |
| 22 | 567467,802 | 6925512,872 | 892,632 | 886,952 |
| 23 | 567051,705 | 6923885,213 | 888,177 | 882,497 |
| 24 | 567135,427 | 6923715,734 | 885,916 | 880,236 |
| 25 | 567174,554 | 6923885,605 | 886,777 | 881,097 |
| 26 | 567155,270 | 6923089,198 | 885,713 | 880,033 |
| 27 | 567126,182 | 6923123,749 | 885,664 | 879,984 |
| 28 | 567201,600 | 6923053,598 | 885,721 | 880,041 |
| 29 | 567037,256 | 6922746,399 | 885,188 | 879,508 |
| 30 | 567037,268 | 6922746,382 | 885,194 | 879,514 |
| 31 | 567073,264 | 6922720,024 | 885,385 | 879,705 |
| 32 | 567073,255 | 6922720,003 | 885,390 | 879,710 |
| 33 | 567167,642 | 6922774,528 | 885,268 | 879,588 |
| 34 | 567167,647 | 6922774,526 | 885,265 | 879,585 |
| 35 | 567172,972 | 6922782,797 | 885,220 | 879,540 |
| 36 | 567064,959 | 6921857,243 | 883,709 | 878,029 |
| 37 | 567046,598 | 6921922,547 | 885,468 | 879,788 |
| 38 | 567002,294 | 6921941,740 | 883,555 | 877,875 |
| 39 | 566801,095 | 6921951,512 | 883,721 | 878,041 |
| 40 | 566766,060 | 6921935,708 | 883,112 | 877,432 |
| 41 | 566775,608 | 6921839,436 | 883,800 | 878,120 |
| 42 | 566692,876 | 6921707,078 | 882,870 | 877,190 |
| 43 | 566692,293 | 6921660,417 | 882,812 | 877,132 |
| 44 | 566720,808 | 6921753,915 | 883,375 | 877,695 |
| 45 | 566807,223 | 6921017,234 | 884,123 | 878,443 |
| 46 | 566721,771 | 6920884,594 | 884,930 | 879,250 |
| 47 | 566698,983 | 6920499,355 | 883,755 | 878,075 |
| 48 | 566924,118 | 6920513,175 | 883,925 | 878,245 |
| 49 | 567268,187 | 6920513,449 | 884,720 | 879,040 |
| 50 | 567385,167 | 6920480,109 | 883,864 | 878,184 |

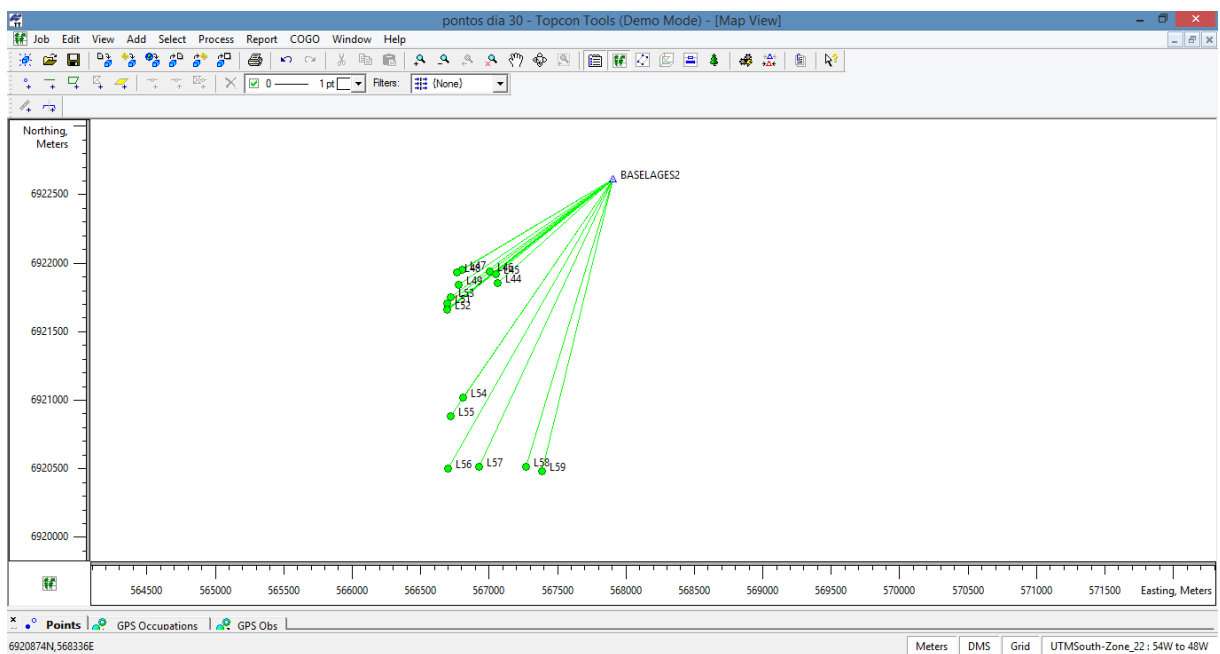
---

Fonte: elaboração da autora

A base foi instalada em um ponto localizado em uma posição com uma distância da linha de base de qualquer ponto coletado pelo *rover* inferior a 10 km, dentro do recomendado para este tipo de técnica (MONICO, 2008). As figuras 23 e 24 mostram a distribuição dos pontos em relação à base utilizando o Topcon Tools, onde foi feito o processamento.



*Figura 23: Processamento dos pontos do dia 29 de junho de 2016*



*Figura 24: Processamento dos pontos do dia 30 de junho de 2016*

Observou-se que os valores coletados não são exatamente iguais, como era de se esperar, visto as características dos demais atributos que influenciam na suscetibilidade de uma área ser inundada e por se tratar de um evento dinâmico, não constante, tendo cada enchente um comportamento diferente, mas próximo da média dentre os valores coletados. O fato das informações sobre as linhas das inundações serem fornecidas pela população e pela equipe da Defesa Civil é outro fator que influencia na discrepância dos valores, por depender

do ponto de vista do espectador na hora da ocorrência, sendo que cada observador pode ter registrado o limite da inundação em um momento diferente. A população que habita as áreas atingidas tem contato com o evento no momento em que este acontece, já a Defesa Civil em muitos ocasiões só chega até ao local do registro após a sua ocorrência ou depois do intervalo de tempo percorrido entre o informativo da mesma e o deslocamento até esta.

Considera-se o espaço amostral o conjunto de todos os pontos coletados dentro do evento inundação, que são as cotas obtidas através das informações dadas pelos habitantes das áreas atingidas. A probabilidade de cada cota dentro do levantamento realizado é calculada separando em grupos os eventos possíveis, resumindo cada valor à precisão de metros. O objetivo deste cálculo é demonstrar a discrepância dos valores obtidos no levantamento, assim como a incidência de um mesmo valor, comprovando a veracidade das informações fornecidas.

### **3.3.4 Mapeamento das Áreas Suscetíveis a Inundações**

Para determinação das áreas suscetíveis a inundações foram utilizados o MDT fornecido pela SEPLAN, as cotas obtidas no processamento dos dados e a plataforma SAGA GIS. Como visto na tabela 5, coletou-se cotas de valores distintos e geraram-se mapas de todos os valores inteiros dentro deste intervalo, a cada metro. TUCCI (2003) considera como fatores essenciais para a construção de mapas de áreas inundadas o conhecimento da topografia do local e dos valores dos níveis (cotas) das enchentes

A cota com maior probabilidade de incidência dentro do levantamento é a de unidade de 878 metros, conforme mostra a tabela 5. Os valores foram abreviados para a precisão em metros, pois o MDT que usamos para a simulação das áreas suscetíveis a inundações foi gerado a partir de um mapa planialtimétrico na escala 1/2000 e com a equidistância das curvas de 1 metro, logo uma precisão centimétrica não caberia no caso de estudo.

Este MDT, por ter sido elaborado através da digitalização de uma base planialtimétrica, tem sua precisão dependente da qualidade da elaboração do produto. Em um mapa na escala 1/2000 é aceitável um erro de um metro, e ainda há de se considerar o erro no momento de digitalizar as cartas. Pode-se acrescentar que a diferença de poucos centímetros não é de grande relevância nos danos causados dentro de sua magnitude total e pode ser desconsiderado o valor de centímetros neste caso por se tratar de um evento dinâmico e de difícil precisismo na determinação de sua posição exata.

Tabela 5: Incidência de cotas nos levantamentos

| Cotas (m) | Incidência | Probabilidade (%) |
|-----------|------------|-------------------|
| 877       | 8          | 0,16              |
| 878       | 16         | 0,32              |
| 879       | 14         | 0,28              |
| 880       | 4          | 0,08              |
| 881       | 1          | 0,02              |
| 882       | 1          | 0,02              |
| 883       | 2          | 0,04              |
| 884       | 2          | 0,04              |
| 885       | 0          | 0,00              |
| 886       | 2          | 0,04              |
| 887       | 0          | 0,00              |

Fonte: elaboração da autora

O mapeamento das áreas suscetíveis a inundações foi elaborado utilizando os softwares ArcGIS e SagaGIS. Para determinar as áreas suscetíveis a inundações foi utilizada a ferramenta ‘Grid Calculator’ no software Saga GIS. Este cálculo, a partir do MDT, gera um mapa booleano para cada cota de inundação levantada com o GPS, usando-se uma fórmula matemática que divide a área em inundável ou não-inundável, atribuindo valor 1 (um) para valores iguais ou menores que a cota da linha limítrofe de inundação e valor 0 (zero) para cotas de valores maiores. Conhecendo se o valor da cota da linha de inundação, foram divididas as áreas entre ‘inundável’ e ‘não inundável’.

Os resultados obtidos se referem aos arquivos *raster* de cada área, com a delimitação das áreas suscetíveis à inundação, comparadas com as áreas inundadas nas ocorrências passadas e de acordo com os bairros atingidos. A partir destes arquivos se geraram camadas no formato *GeoTiff*, que posteriormente foram vetorizadas e editadas, a fim de criar os arquivos *shapefile* apenas com as áreas de inundação, que possuíam atributo 1, e ignorando as demais. Estes arquivos são camadas utilizadas para a confecção dos mapas, utilizando como base as ortofotos em cores reais com resolução espacial de 0,39 metros.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Determinação das cotas de inundação por posicionamento GNSS

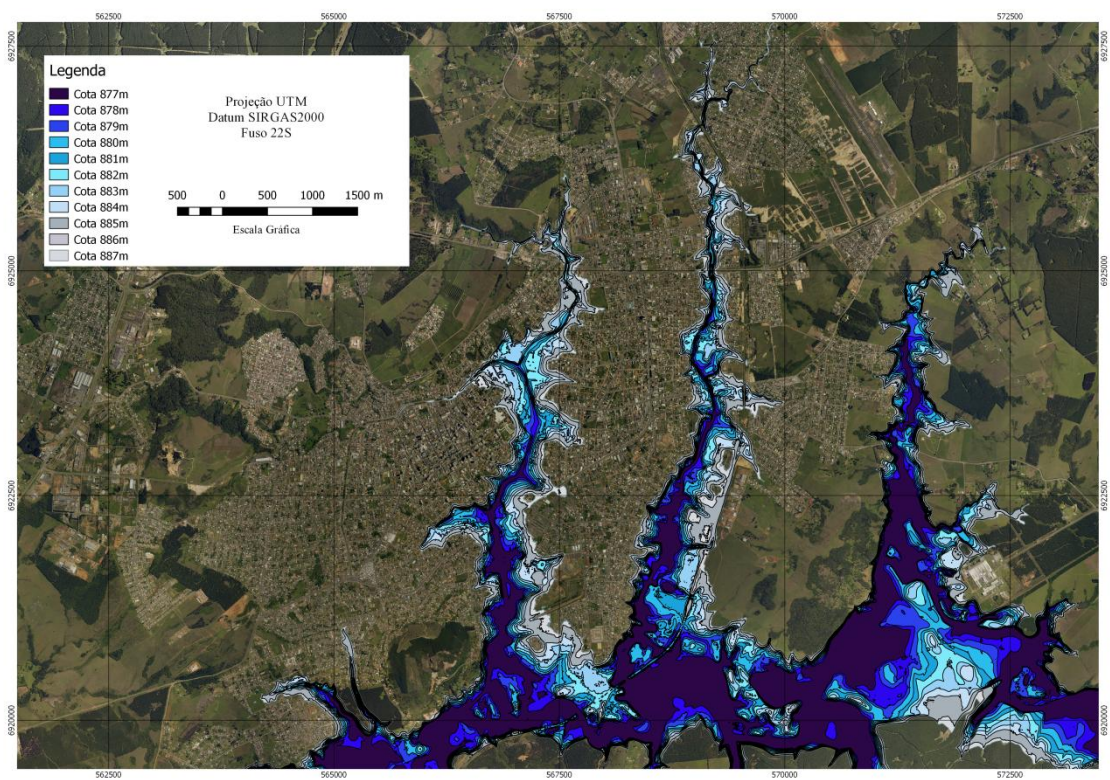
O levantamento dos pontos das linhas de inundações, conforme demonstrado no capítulo anterior resultou em 50 pontos distribuídos pela área do município. A precisão dos dados no pós-processamento pode ser considerada satisfatória, variando a precisão horizontal de 0,1 cm a 4,3 cm e a vertical 0,3 cm a 6,2 cm nas leituras do primeiro dia e, no segundo dia, na horizontal entre 0,1 cm e 1,5 cm e vertical de 0,2 cm e 2,3 cm. Para estudos relacionados a fenômenos naturais, que não se comportam de forma linear e precisa e que mesmo durante o processo não mantêm uma constância, estes valores são muito bons.

As altitudes ortométricas obtidas variaram no intervalo entre 877 e 887 metros, com a maior incidência nas cotas 877, 878 e 879 metros (76% dos pontos coletados). Sendo o valor 887 metros não atingido e considerado como valor máximo. Estes valores variam mesmo na hora do evento, pois a água se comporta de forma dinâmica, mudando seu nível durante a enchente constantemente. Os pontos com maior discrepância podem ser resultados de uma informação equivocada sobre o limite atingido na inundação do ano de 2014 nos locais destes pontos ou, apenas possuir um registro menor por se tratar de uma cota atingida por uma menor duração, como o ápice do evento, que em um curto espaço de tempo se atenua pelo escoamento da água.

Os pontos foram alocados de forma bem distribuída dentro dos limites do município, conforme a Figura 25, abrangendo todos os bairros historicamente atingidos. A Figura 26 corresponde ao mapa com as sobreposições das áreas suscetíveis a inundações de cada cota do intervalo observado.



*Figura 25: Distribuição dos Pontos GNSS na Área de estudo*



*Figura 26: Sobreposição das Áreas Suscetíveis a Inundações*

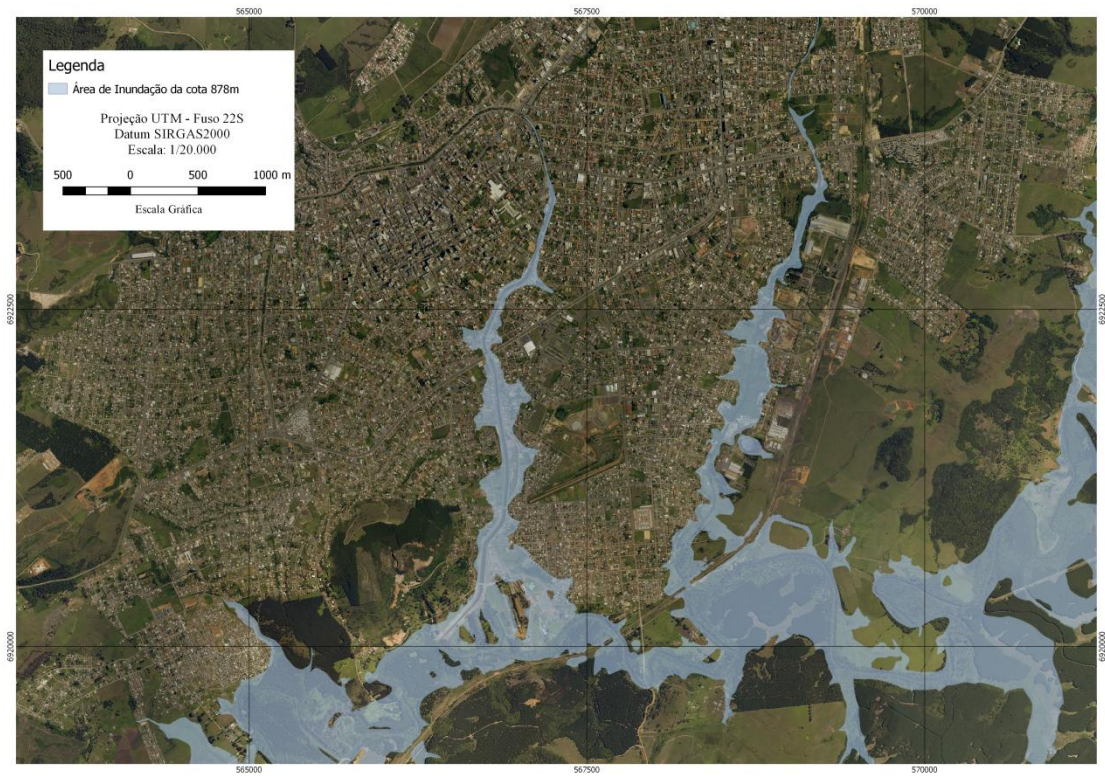
## 4.2. Mapeamento das Áreas Suscetíveis a Inundações

Como visto anteriormente, a cota de maior incidência no levantamento corresponde ao valor de 878 metros, sendo que os dados coletados resultaram em coordenadas que variaram de 877 metros a 887 metros. Foram gerados os mapas referentes a cada cota no intervalo entre o menor e o maior valor, respectivamente 877 metros e 887 metros, no formato de folha A3 (Anexo III) e analisadas as áreas alagadas, as porcentagens das áreas urbanizadas alagadas em relação à área urbana vetorizadas e as cotas de inundação.

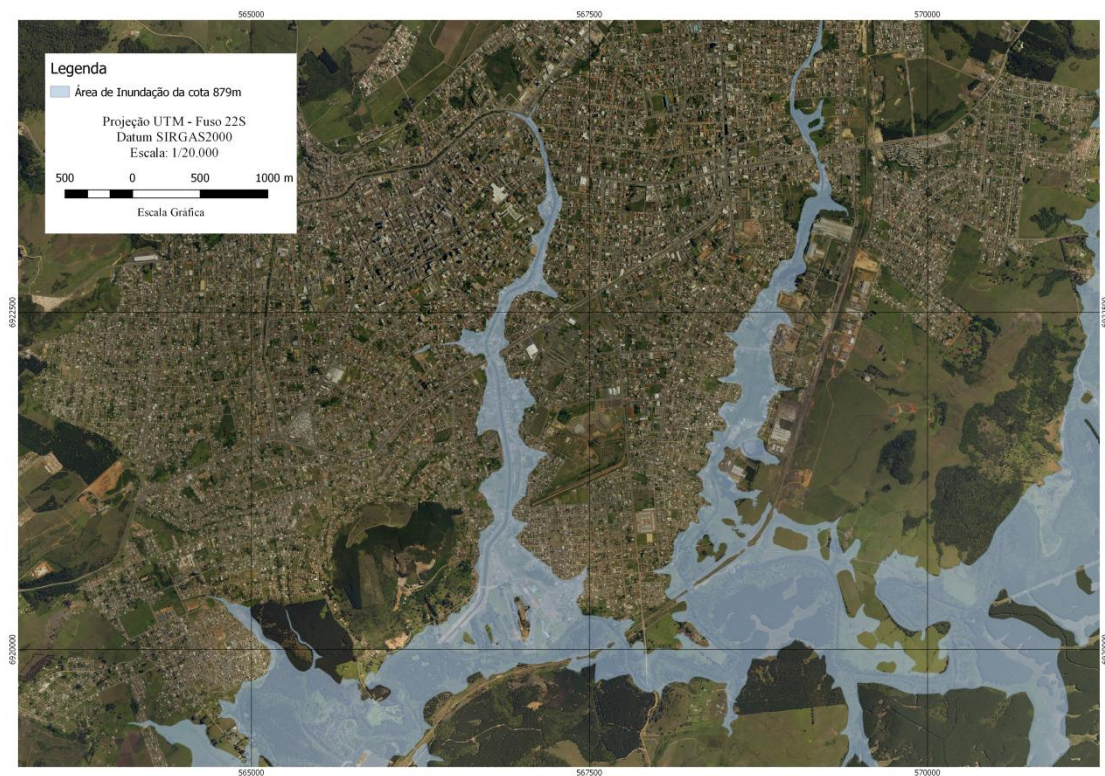
TUCCI (2003) divide os mapas de áreas suscetíveis a inundações em dois tipos: o mapa de planejamento, baseado em áreas atingidas anteriormente utilizando dados históricos; o mapa de alerta: informando aos pontos de controle o nível da água para o qual inicia a inundação. Neste último caso, é possível acompanhar a evolução da enchente através da observação da elevação das cotas. No caso deste trabalho, foram utilizados dados históricos e realizado o mapeamento de todas as cotas possíveis dentro do pior cenário (a maior ocorrência nos últimos anos), podendo ser considerado também um mapa de alerta, informando todas as áreas atingidas dentro de cada cota.



Figura 27: Mapa das áreas inundáveis na cota 877m



*Figura 28: Mapa das áreas inundáveis na cota 878m*

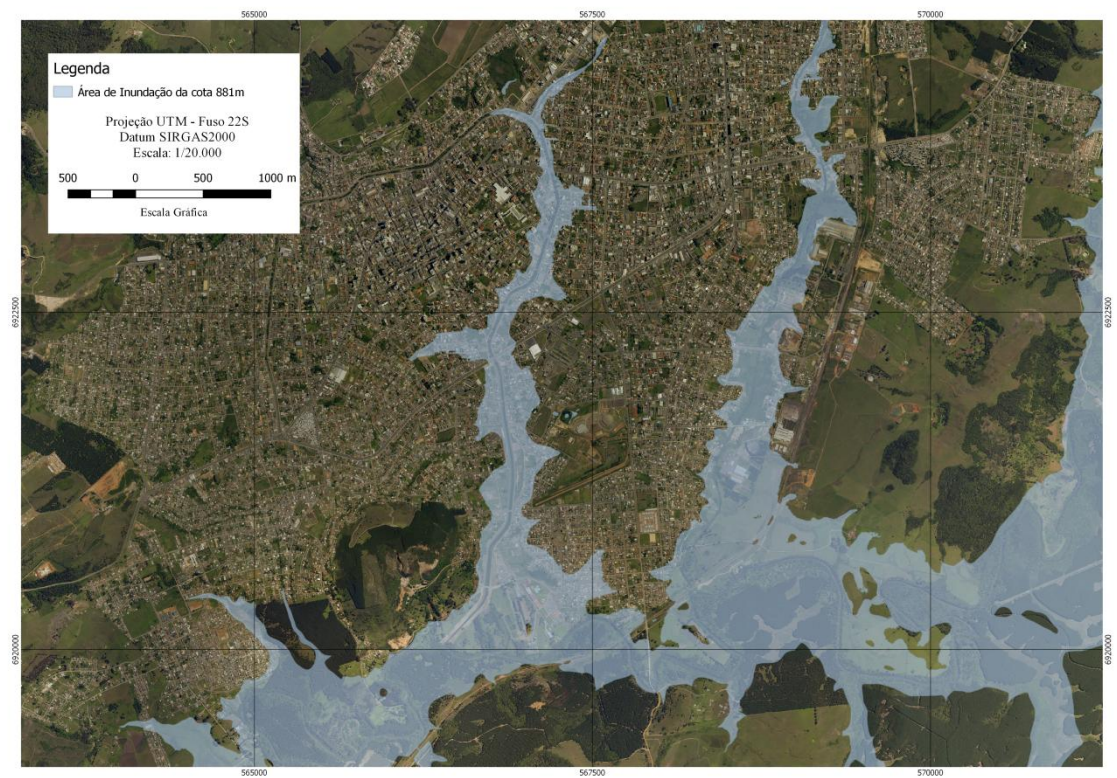


*Figura 29: Mapa das áreas inundáveis na cota 879m*

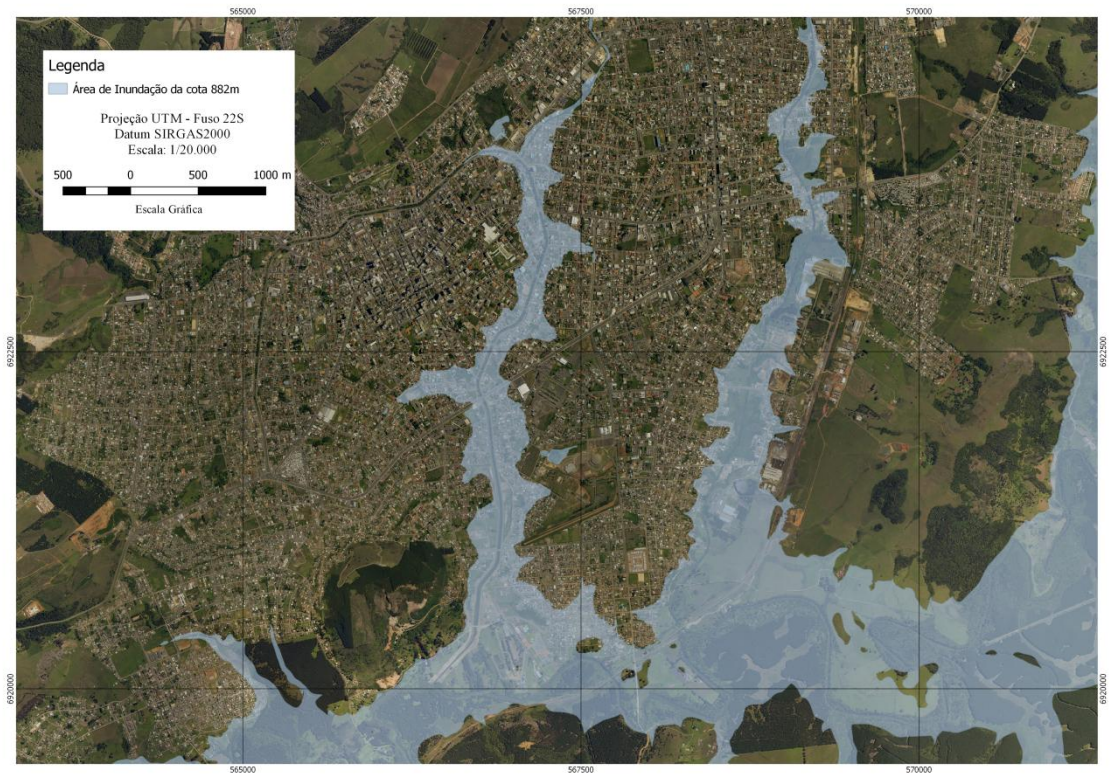




*Figura 30: Mapa das áreas inundáveis na cota 880*



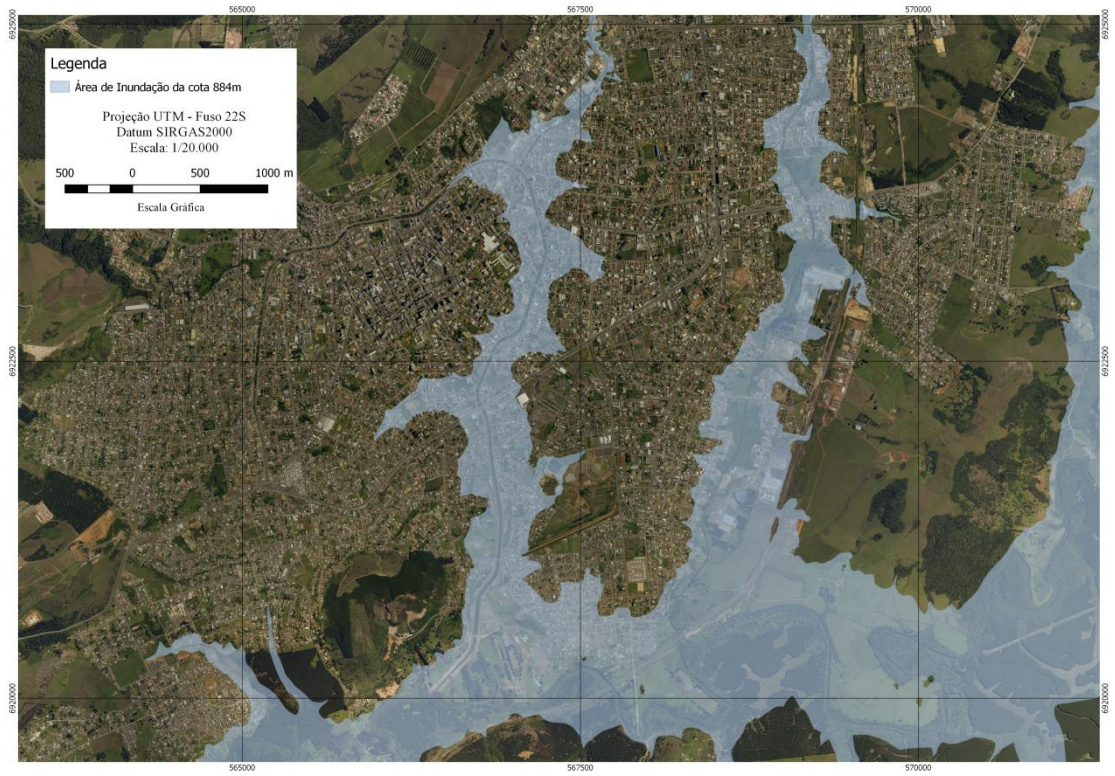
*Figura 31: Mapa das áreas inundáveis na cota 881m*



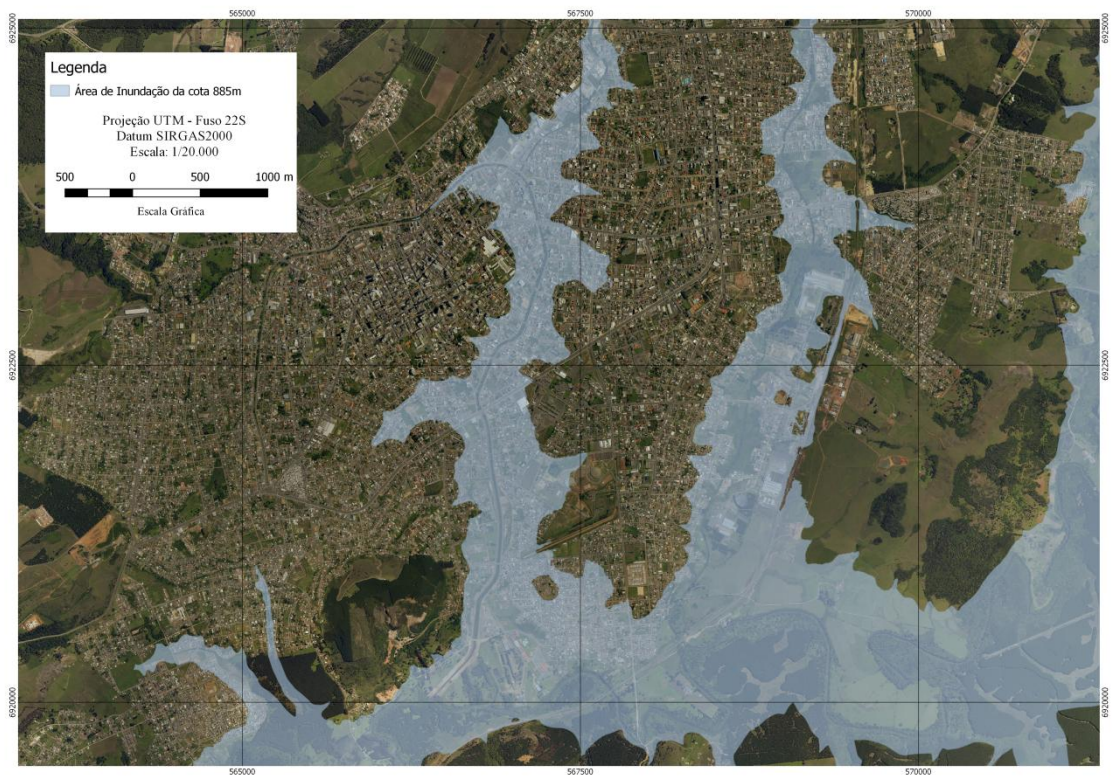
*Figura 32: Mapa das áreas inundáveis na cota 882m*



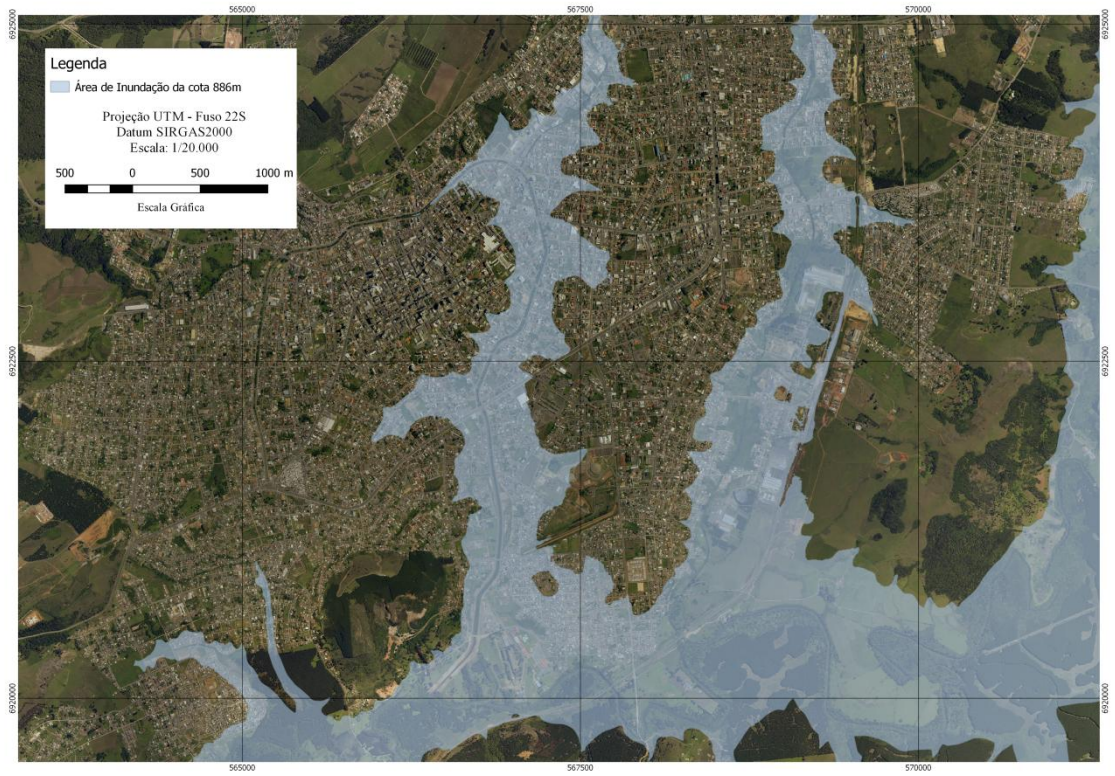
*Figura 33: Mapa das áreas inundáveis na cota 883m*



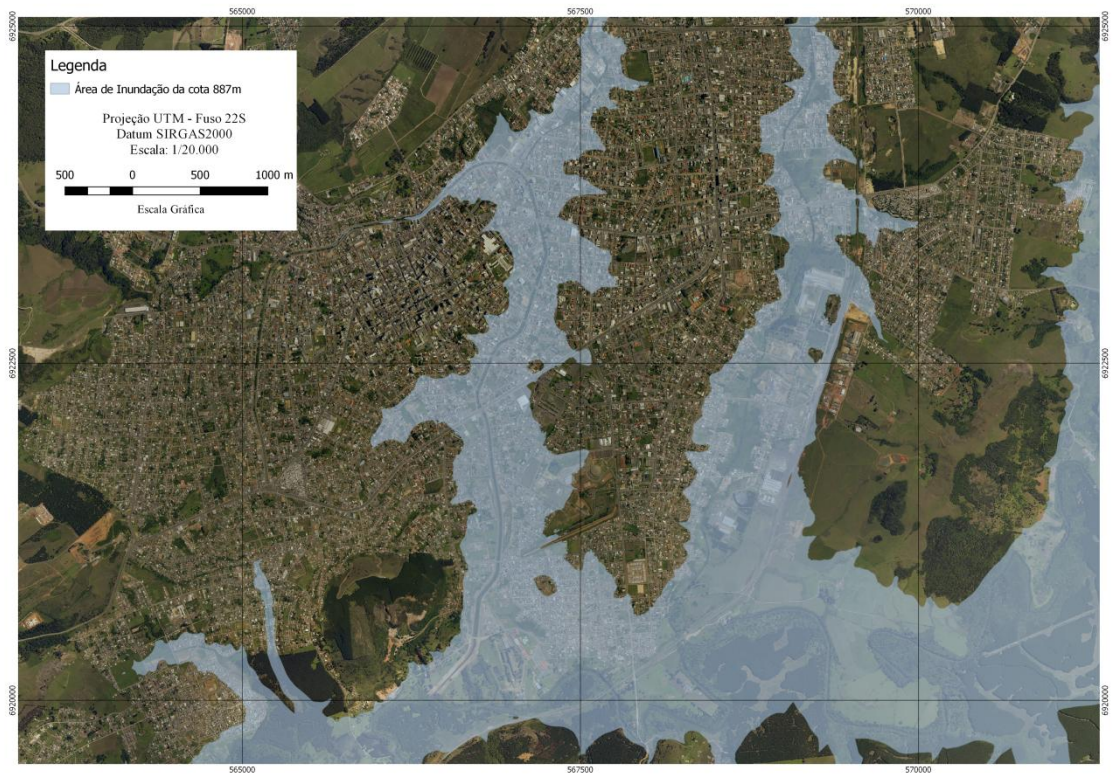
*Figura 34: Mapa das áreas inundáveis na cota 884m*



*Figura 35: Mapa das áreas inundáveis na cota 885m*



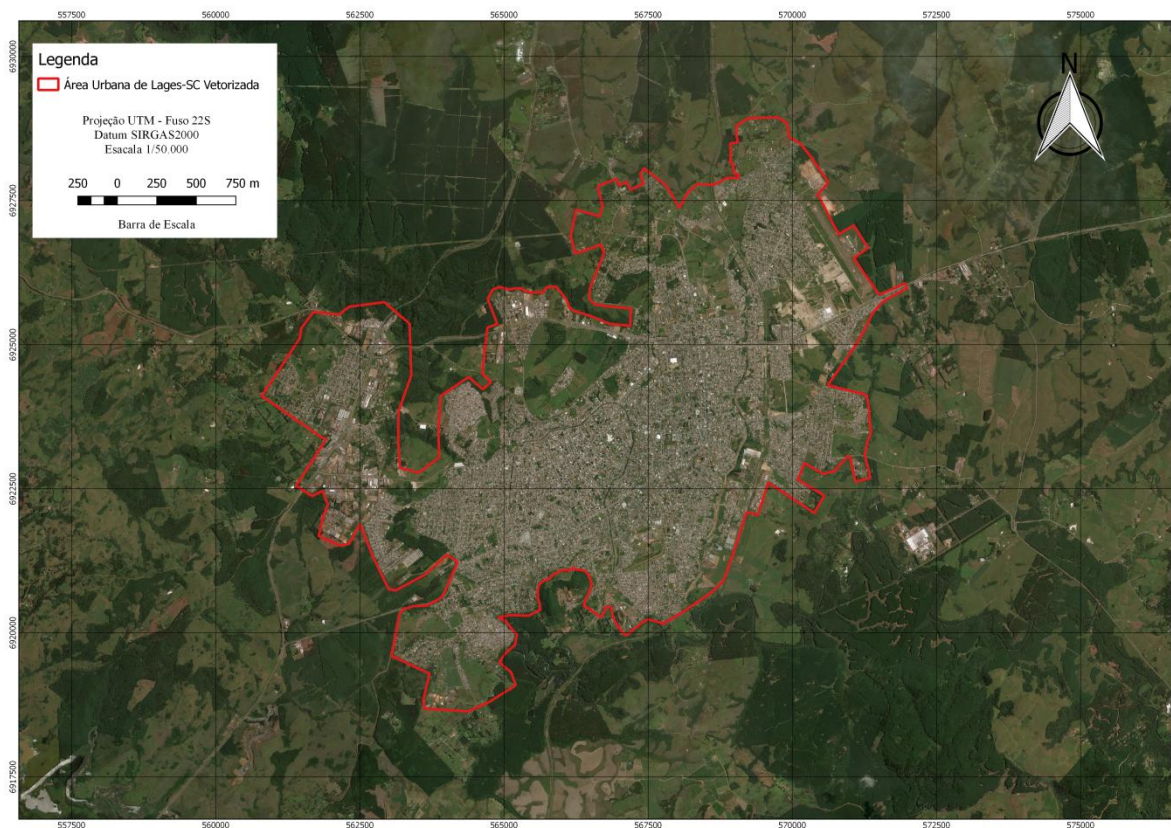
*Figura 36: Mapa das áreas inundáveis na cota 886m*



*Figura 37: Mapa das áreas inundáveis na cota 887m*

A partir dos mapas pode-se perceber que as áreas atingidas são, em sua grande maioria, ocupadas por edificações, comércios, moradias e área ocupadas de forma geral, por se tratar da área urbana do Município. As imagens da Figura 39 mostram uma aproximação de alguns pontos do mapa da cota de inundação de 878 metros, para melhor percepção das áreas atingidas, onde se é possível ter uma melhor dimensão da realidade das áreas atingidas.

O perímetro urbano foi vetorizado manualmente, através do software Quantum GIS e da Imagem de alta resolução fornecida pela SEPLAN. A área urbana considerada foi a área com densidade de edificações, como é demonstrado na Figura 38. A partir desta área, foi feita a subtração de cada área suscetível à inundação, excluindo a região fora deste perímetro e considerando apenas as áreas que atingem a população diretamente. A tabela 6 apresenta a área de cada cota de inundação dentro do perímetro urbano e a porcentagem da área construída atingida.

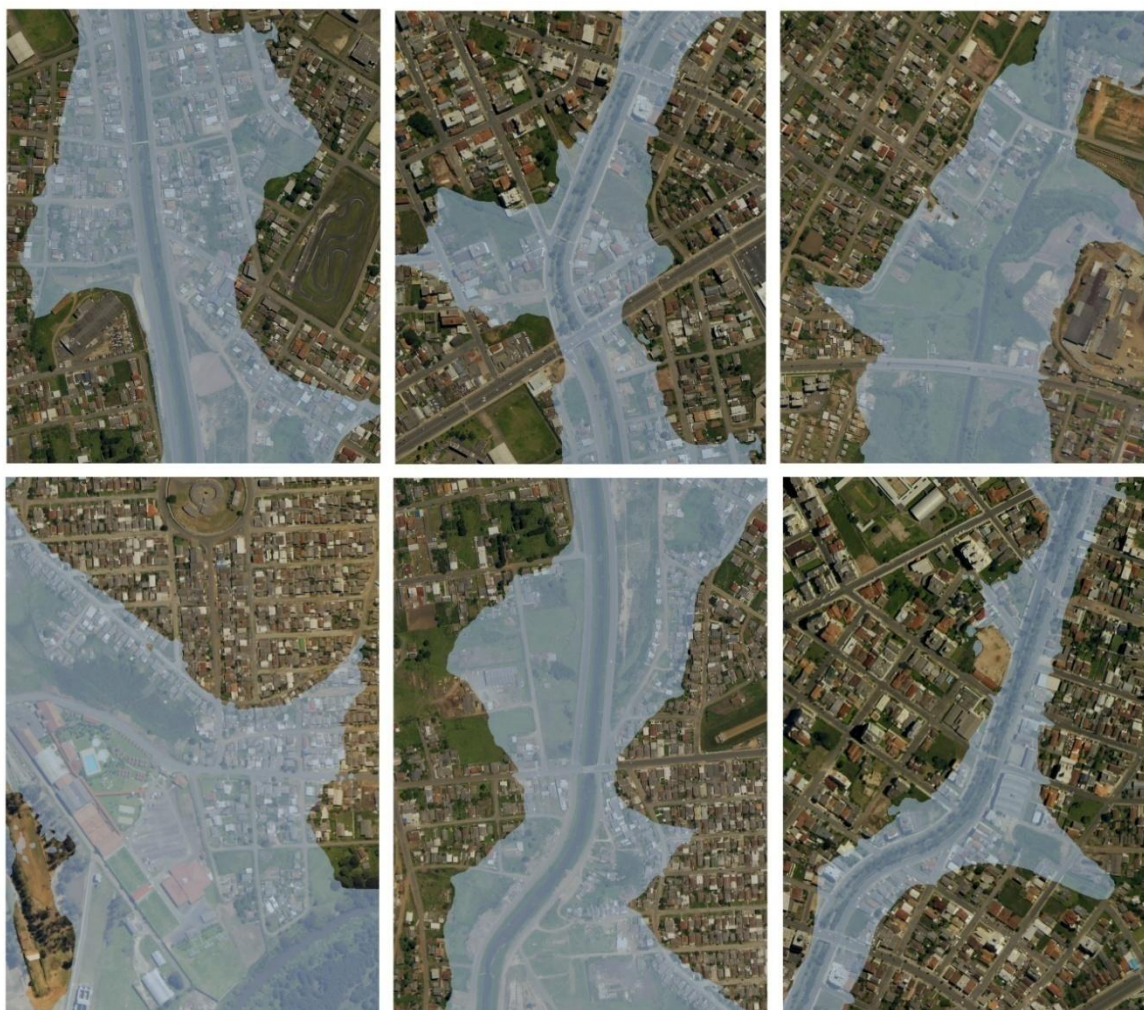


*Figura 38: Ortofotocarta com o limite da área urbana do município de Lajes-SC*

*Tabela 6: Áreas Urbanas Inundadas*

| Cotas<br>(m) | Área Inundada<br>(km <sup>2</sup> ) | Área Inundada<br>(%) | Perímetro<br>(km) |
|--------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------|
| 877,000      | 1,220142                            | 2,219                | 43,927            |
| 878,000      | 1,763094                            | 3,206                | 51,411            |
| 879,000      | 2,331521                            | 4,240                | 57,291            |
| 880,000      | 2,948578                            | 5,362                | 59,095            |
| 881,000      | 3,564737                            | 6,482                | 66,299            |
| 882,000      | 4,283267                            | 7,789                | 76,238            |
| 883,000      | 5,175504                            | 9,411                | 81,259            |
| 884,000      | 6,025368                            | 10,957               | 84,401            |
| 885,000      | 6,829559                            | 12,419               | 84,295            |
| 886,000      | 7,622932                            | 13,862               | 92,436            |
| 887,000      | 8,473421                            | 15,408               | 92,541            |

Fonte: elaboração da autora



*Figura 39: Aproximação das áreas alagadas pela cota 878 m*

### 4.3. Análise dos dados Pluviométricos

Para análise dos índices pluviométricos das datas das enchentes fornecidas pela Defesa Civil no ano de 2014 foram utilizados dados do Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM). O nível acumulado das datas das enchentes são utilizados como parâmetro para avaliar qual a probabilidade de retorno do acontecimento.

SOCCOL et al (2010) determinou a probabilidade de chuvas em cada mês utilizando dados da CIRAM do ano de 1925 até 2005. Estes dados foram analisados pelo Setor de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, onde foi determinada a frequência observada com que certa magnitude é assumida utilizando-se a equação de Kimbal:

$$F = \frac{m}{n+1}$$

Onde **F** é a frequência do evento, **m** o número de ordem da precipitação total mensal e **n** o número de anos da série analisada. A equação de Kimbal consiste em organizar as observações em ordem decrescente, ordenar estes valores e dividir cada um pelo total de dados amostrais, determinando assim qual a probabilidade de um valor ser igualado ou superado. E o tempo de retorno (T) de um evento é dado em anos e consiste no inverso da frequência ( $T = 1/F$ ).

Um dos resultados deste estudo consistiu na precipitação média durante os meses do ano, conforme a tabela 7, e valida que é praticamente uniforme e não há definição de período com ou sem chuva, o que é uma característica da região em que se realizou o estudo. A existência de altos valores de desvio padrão indica grande variação nos valores da precipitação durante um mesmo mês do ano, como os máximos valores de precipitação que foram verificados nos meses de janeiro e julho, com valores de 446,1 e 396,6 mm, respectivamente (SOCCOL et al, 2010). Lembrando que o registro utilizado para o mapeamento deste estudo é relativo aos dias 28, 29 e 30 de junho do ano de 2014.

*Tabela 7: Média mensal, desvio padrão, máximo, mínimo, assimetria e Média mensal, desvio padrão, máximo, mínimo, assimetria e curtose da precipitação mensal para o município de Lages, SC, no período de 1925 a 2005.*

| Mês       | Média (mm) | Desvio Padrão (mm) | Máximo (mm) | Mínimo (mm) | Assimetria | Curtose |
|-----------|------------|--------------------|-------------|-------------|------------|---------|
| Janeiro   | 154,8      | 74,084             | 446,1       | 7,6         | 1,101      | 2,118   |
| Fevereiro | 141,4      | 70,703             | 361,9       | 0,1         | 0,873      | 0,899   |
| Março     | 112,9      | 51,831             | 236,3       | 25,4        | 0,525      | -0,163  |
| Abril     | 103,5      | 59,483             | 285,6       | 5,9         | 0,525      | -0,035  |
| Mai       | 106,7      | 72,533             | 356,2       | 9,1         | 1,307      | 2,198   |
| Junho     | 108,3      | 58,029             | 232,4       | 2,4         | 0,292      | -0,905  |
| Julho     | 109,5      | 61,301             | 396,6       | 23,4        | 1,519      | 4,341   |
| Agosto    | 122,5      | 73,212             | 330,1       | 1,1         | 0,756      | 0,029   |
| Setembro  | 142,9      | 74,560             | 314,9       | 9,8         | 0,500      | -0,450  |
| Outubro   | 162,7      | 81,739             | 376,1       | 0,1         | 0,596      | -0,365  |
| Novembro  | 115,2      | 68,099             | 320,2       | 0,1         | 1,060      | 0,729   |
| Dezembro  | 128,8      | 68,202             | 340,5       | 0,1         | 0,638      | 0,478   |

Fonte: SOCCOL et al (2010)

Este resultado verificou que há discrepância nos valores das precipitações médias mensais, não sendo indicado para pesquisas que requeiram uma precisão significativa na dimensão das variações para seus resultados. Por conseguinte foi estimada a probabilidade dos valores de precipitação mensal, para os níveis de 5, 10, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 e 95%; quais representam a ocorrência da precipitação mínima provável  $P(X > x)$  conforme a tabela 8.

*Tabela 8: Precipitação mensal  $P(X > x)$  em mm provável para o município de Lages, SC, para os diferentes níveis de probabilidade, estimados pela função gama completa (SOCCOL et al, 2010)*

| %  | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez   |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 95 | 53,0  | 35,1  | 41,4  | 22,8  | 19,4  | 26,5  | 34,3  | 24,6  | 40,4  | 39,6  | 23,3  | 19,2  |
| 90 | 67,7  | 48,4  | 51,9  | 32,4  | 28,8  | 36,6  | 44,7  | 35,7  | 53,9  | 54,8  | 33,7  | 30,0  |
| 80 | 79,0  | 59,2  | 60,1  | 40,6  | 36,9  | 44,9  | 52,9  | 45,0  | 64,8  | 67,3  | 42,5  | 39,6  |
| 75 | 88,9  | 68,9  | 67,2  | 47,6  | 44,4  | 52,4  | 60,1  | 53,6  | 74,5  | 78,5  | 50,6  | 48,6  |
| 70 | 98,2  | 78,2  | 73,7  | 54,5  | 51,7  | 59,5  | 66,9  | 61,9  | 83,6  | 89,2  | 58,4  | 57,5  |
| 60 | 107,0 | 87,3  | 79,9  | 61,3  | 58,9  | 66,5  | 73,4  | 70,1  | 92,3  | 99,7  | 66,1  | 66,4  |
| 50 | 124,3 | 105,4 | 92,1  | 74,9  | 73,8  | 80,4  | 86,2  | 86,7  | 109,8 | 120,6 | 81,7  | 84,9  |
| 40 | 142,1 | 124,4 | 104,6 | 89,6  | 89,8  | 95,1  | 99,4  | 104,6 | 127,9 | 142,7 | 98,4  | 105,3 |
| 30 | 161,5 | 145,7 | 118,1 | 105,9 | 107,9 | 111,5 | 114,0 | 124,7 | 148,1 | 167,5 | 117,3 | 128,6 |
| 25 | 184,1 | 171,1 | 133,8 | 125,6 | 130,0 | 131,0 | 131,1 | 148,9 | 171,8 | 196,9 | 140,1 | 157,2 |
| 20 | 197,6 | 186,3 | 143,0 | 137,5 | 143,4 | 142,8 | 141,3 | 163,7 | 185,9 | 214,6 | 153,8 | 174,7 |
| 15 | 213,2 | 204,2 | 153,8 | 151,5 | 159,3 | 156,6 | 153,2 | 181,1 | 202,6 | 235,4 | 170,2 | 195,7 |
| 10 | 258,2 | 256,6 | 184,7 | 192,7 | 206,6 | 197,1 | 187,5 | 232,6 | 250,9 | 296,5 | 218,3 | 258,2 |
| 5  | 299,5 | 305,7 | 213,0 | 231,6 | 251,6 | 235,2 | 219,3 | 281,4 | 295,9 | 353,8 | 264,0 | 318,4 |

Fonte: SOCCOL et al (2010)



No presente estudo verificamos que a precipitação diária foi de 70 mm no dia 28 e 209 após o terceiro dia, resultando em uma média de aproximadamente 70 mm. Segundo o resultado dos estudos de SOCCOL et al (2010), a probabilidade de um resultado igual ou superior a este é de até 80% no mês de janeiro

De acordo com o Boletim Agroclimático Mensal (Anexo II), o município de Lages teve nesta ocorrência o maior total mensal de chuva na região e maior volume de chuva no desde 1961 (Tabela 9).

*Tabela 9: Maior total mensal e volume de chuva no período de 1966 e 2014*

| Estação    | Total Mensal (mm) no mês de Junho | Total Mensal (mm) Janeiro a Dezembro |
|------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Lages (SC) | 397,8 mm em 2014                  | 397,8 mm em junho de 2014            |
|            | 215,1 mm em 1966                  | 671,4 mm em julho de 1983            |

Fonte: INMET (2014)

#### 4.4. Probabilidade de Ocorrência e Retorno

Para determinação da probabilidade de retorno foram considerados como parâmetros os dados obtidos por SOCCOL et al (2010), e classificados como períodos de risco aqueles em que a média mensal é superior ou igual ao valor da data do evento utilizado como parâmetro neste estudo. No caso, o valor que foi obtido pelo CIRAM e de acordo com as informações da Defesa Civil, que consiste em um valor médio aproximado de 70 mm.

De acordo com a Tabela 8, separamos todos os períodos do ano com perspectiva média de precipitação maior ou igual a 70 mm, e quais as probabilidades (%) dessa ocorrência. O resultado demonstrou que a possibilidade de um evento como o ocorrido no ano de 2014 se repita é alta, no mínimo com 50% de chance de retorno, conforme a tabela 10.

*Tabela 10: Probabilidade de Precipitação Média Igual ou Superior a 70 mm*

| mês | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| %   | 80  | 70  | 70  | 50  | 50  | 50  | 60  | 60  | 75  | 75  | 50  | 50  |

Fonte: elaboração da autora

#### **4.5. Monitoramento do Nível da Água**

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) doou à Defesa Civil do Município de Lages uma Plataforma de Coleta de Dados (PCD) Hidrológica Automática (Figura 40) no ano de 2016. A estação foi instalada no bairro Habitação, na lateral superior da ponte da Rua Cirilo Vieira Ramos, local de fluxo do rio Carahá onde já foram registradas inúmeras ocorrências de inundações, cheias e enchentes.

O município conta também com seis estações de monitoramento pluviométrico fornecidos pela CEMADEN, denominadas: São Sebastião, Centro, Morro do Pandolfo, Santa Catarina, Carahá, Coral e São Miguel. A nova PCD monitora o nível das águas do rio, precipitação de chuva e incluem uma câmera integrada que permite registros fotográficos em tempo real da situação do rio, enviado fotos e informações a cada quinze minutos e servindo como um meio de comunicação entre a central do CEMADEN e a população, podendo seus dados serem acessados no site do CEMADEN (Figura 41) por qualquer cidadão.

A plataforma consiste de uma unidade central de processamento (CPU) com memórias alimentadas por duas baterias carregadas por energia solar. O equipamento contém um radar apontado para a lâmina da água do rio, que com o lançamento de um feixe de luz calcula a altura da água através do tempo que o feixe leva para bater na lâmina de água e voltar. O aparelho também é acoplado por uma antena GSM (Global System for Mobile Communications, ou Sistema Global para Comunicações Móveis).

Estas estações permitirão o monitoramento do nível da água no Rio, onde foi instalada, auxiliando o trabalho da Defesa Civil, que poderá antecipar o isolamento e evacuação das áreas de risco, emitir alerta e efetuar resgate frente a uma possível ameaça de inundação, a partir da informação do aumento do nível da água.



*Figura 40: PCD instalada em Lages-SC. Fonte: Prefeitura de Lages.*

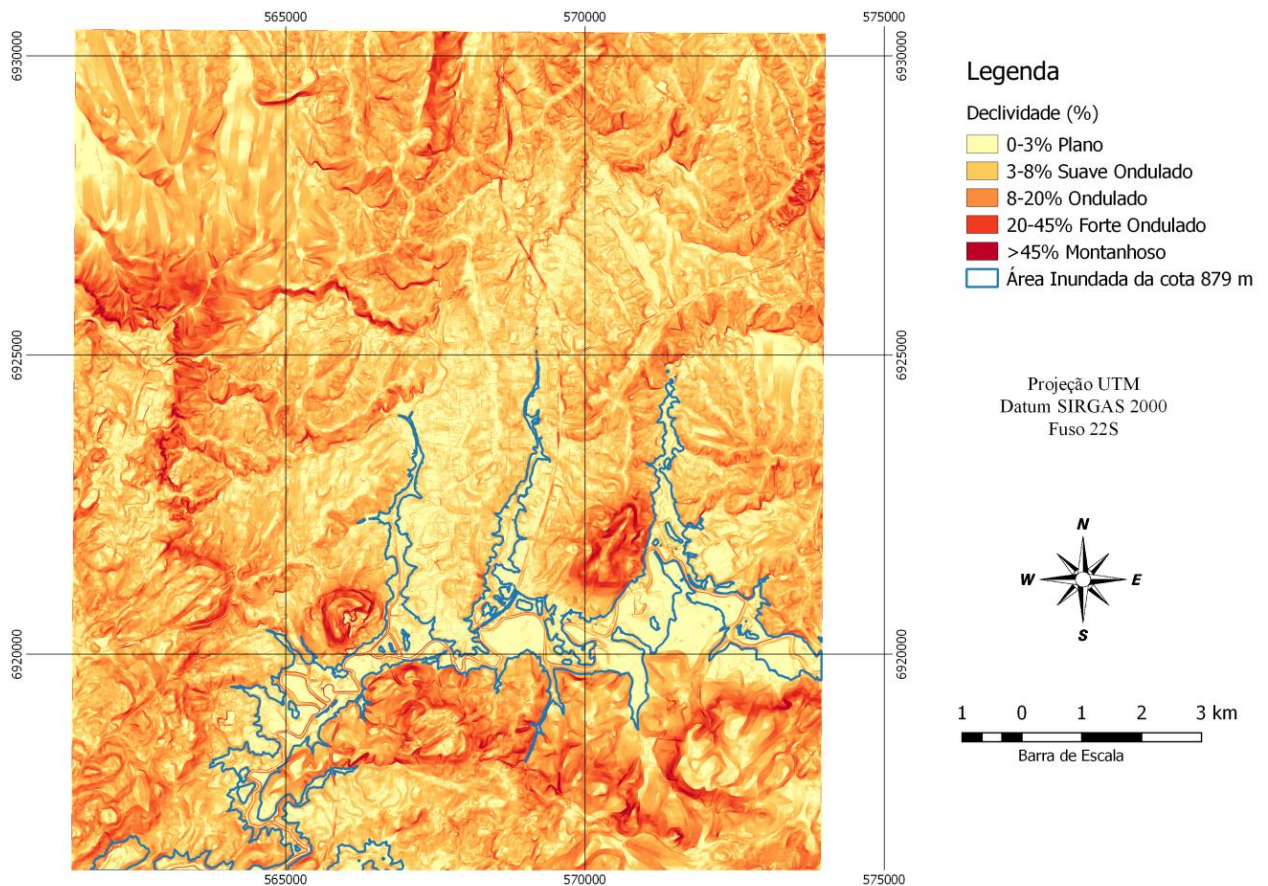


*Figura 41: PCD instalada em Lages-SC pelo CEMADEN. Fonte: Prefeitura de Lages.*

#### 4.6. Inundação e declividade

A partir do modelo digital de terreno foi gerado o mapa de declividade desta área de estudo, que nos permite verificar algumas características morfológicas do relevo. Este mapa elaborado a partir do software ArcGis, utilizando a declividade em porcentagem, que representa a tangente do ângulo multiplicada por 100, logo 45 graus corresponde a 100%. E foi seccionada de acordo com a classificação da EMBRAPA (2006) de classificação dos solos, que classifica os relevos de acordo com o percentual de declividade. A EMBRAPA reconhece as seguintes classes de relevo:

- Plano – superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.
- Suave ondulado – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50 a 100m, respectivamente), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 a 8%.
- Ondulado – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20%.
- Forte ondulado – superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.
- Montanhoso – superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75%.
- Escarpado – áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuevas, falésias, vertentes de declives muito fortes, usualmente ultrapassando 75%.



*Figura 42: Mapa de declividade e Área de Inundação da cota 879m*

Regiões com relevos com menores declividades, geralmente tem maiores probabilidades de que sofram algum tipo de acidente como inundação, pois a baixa inclinação do terreno facilita com que a lâmina de água se espalhe mais facilmente. Que é o caso das áreas alagadas em Lages que, segundo a classificação do site da EMBRAPA possui nestas regiões um relevo considerado plano e suave ondulado, circundado por um relevo ondulado e forte ondulado, que represa a água dentro do perímetro urbano. A zona urbana é estabelecida ao norte do Rio Caveiras, que é dividido por uma região de relevo ondulado e forte ondulado ao sul deste, represando a água para a direção da área urbana nos momentos de enchentes.

#### **4.7. Análise da Ocupação das Áreas Suscetíveis a Inundações**

Durante o trabalho de campo foi constatado que grande parte das ocupações das áreas atingidas pelas enchentes são moradias que se estabeleceram de forma ilegal, constituindo bairros periféricos onde a população em geral é de baixa renda. Estas ocupações se deram nesta região devido ao fato dos habitantes necessitarem estar próximos às áreas urbanas pela

necessidade de trabalho, mas não possuem condições de habitar bairros mais nobres e nem mesmo adquirir terrenos e imóveis de forma legal.

Devido à debilidade econômica da população, esta se torna vulnerável a este tipo de evento, pois as inundações atingem as moradias destruindo os bens materiais das famílias ocupadoras das áreas suscetíveis a inundações. Sendo que estas não possuem condições imediatas de reaver seus pertences, padecendo das dificuldades de não possuir nem mesmo o básico para sobrevivência.



*Figura 43: Área de Vulnerabilidade*



*Figura 44: Área de Vulnerabilidade*



*Figura 45: Área de Vulnerabilidade*



*Figura 46: Área de Vulnerabilidade (ocorrência do dia 26,27,28/06/2016)*



*Figura 47: Área de Vulnerabilidade (ocorrência do dia 26,27,28/06/2016)*



Na área observada é possível notar que a quase totalidade das ocupações atingidas pelas cotas 877, 878 e 879 se dão por comunidades mais desfavorecidas socialmente, o que aumenta a vulnerabilidade destas populações em relação aos desastres naturais. A região é habitada por moradias e pequenos comércios locais, grande parte das ruas não é asfaltada e muitas das casas são construídas de madeira e materiais de baixo valor econômico. Pode-se considerar toda a população destas áreas determinadas como vulnerável e, logo, suscetível aos riscos.

Nas áreas de cotas mais elevadas, a partir da cota 880 metros, já se percebe uma mudança nos padrões de moradia, com algumas residências de alvenaria, mais afastadas dos leitos dos rios e com algumas ruas asfaltadas e em melhores condições. Os habitantes destas regiões, apesar de possuírem uma situação financeira um pouco melhor, também são classificados como vulneráveis, pois os impactos destas ocorrências também trazem danos significativos para a vida dessa população.

Nestes acontecimentos a Defesa Civil do Município de Lages age assentando a população nos abrigos existentes na cidade. Segundo o EIRD, a vulnerabilidade é determinada por ‘fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto de ameaças.’

O Risco consiste na probabilidade de consequências prejudiciais ou perdas esperadas, expresso pela ameaça de algum evento *versus* a vulnerabilidade da população. No caso das áreas vistoriadas, no momento de uma ocorrência iminente, as áreas devido a sua fragilidade social estão em risco. A impossibilidade de se proteger ou de se realocar em outra região caracteriza esta população como vulnerável.

Alguns locais da cidade onde foram coletados parte dos 50 pontos referentes às áreas sujeitas a inundações, pertencem a região central da cidade. Nestas áreas os prejuízos são, segundo informações da Defesa Civil, na sua maior parte materiais, devido à baixa densidade de moradores na região.

## 5. CONCLUSÕES

Os danos causados por desastres naturais em áreas urbanas atingem indiretamente quase toda a população, porém os maiores afetados são as populações menos favorecidas economicamente, atingidas diretamente pelos eventos. Devido à sua condição financeira, findam por ocupar áreas inapropriadas para moradia e devido a isso acabam sendo prejudicadas por isso com maior frequência.

O mapeamento das áreas suscetíveis a inundações permite a determinação das zonas atingidas pela ocorrência sem que a mesma se suceda. Este fato viabiliza o manejo e o uso do espaço de forma preventiva e organizada, mitigando danos e prejuízos financeiros ao se conhecer os possíveis acontecimentos físico-ambientais. Nas áreas ocupadas, este tipo de logística pode poupar vidas e o desgaste devido aos males causados pelas perdas oriundas dos desastres.

Este estudo avaliou as áreas com suscetibilidade a inundações dentro do perímetro urbano do município de Lages, com a intenção de detectar quais as regiões que sofrem com tal evento, nos diferentes níveis das cotas de inundações registradas a partir de informações fornecidas por órgãos de gestão do município de Lages-SC, destacando as regiões e edificações possivelmente atingidas nestes eventos. A partir desta análise foi possível identificar as áreas atingidas, fazer uma comparação com uma ocorrência conhecida, simular os diferentes impactos que cada ocorrência em determinada cota de inundações causa.

As áreas atingidas e as linhas limites das áreas inundadas foram identificadas pela equipe da Defesa Civil (que atua em todas as ocorrências do tipo no município) e confirmadas com a população local na saída de campo. Por se tratar de uma informação de pouca exatidão, dada posteriormente ao ocorrido, pode haver imprecisão no que diz respeito a sua precisão, pois se tratam de relatos fornecidos por pessoas, suscetíveis a erros de interpretação.

Dado o fato da possibilidade de erro de informação, foram coletados diversos pontos em todas as regiões da cidade onde os eventos atingem, resultando em cinquenta pontos que abrangeram as cotas entre 877 a 887 metros. Dentro deste intervalo foi gerado o mapa das áreas de todas as cotas obtidas, a cada metro de distância.

O material utilizado fornecido para SEPLAN tem limitações a respeito da precisão dos seus dados. O MDT possuiu resolução espacial de um metro, o que significa que cada pixel da amostra tem a dimensão de um metro no terreno. Considerando que dentro dos pontos coletados no levantamento a área é considerada plana, em um metro de distância na horizontal do terreno a distância vertical não varia muito.

A dimensão dos impactos entre as diferenças de cotas é significativa, pois um metro

na vertical pode representar em um terreno plano (0-3%), como o da área de estudo, até aproximadamente 33 metros na horizontal, pois a declividade é dada pela razão da distância vertical pela distância horizontal. Devendo ser considerado o fato de que o MDT gerado a partir de curvas de nível na escala 1:2.000 e curvas com equidistância de 1 metro apresentam limitações para o mapeamento das áreas urbanas, pois em áreas de relevo plano, a precisão de 1 metro ou inferior pode implicar em erros horizontais na ordem de dezenas de metros.

O uso do posicionamento GNSS para este tipo de estudo caracteriza qualidade e praticidade de resultados. Os valores de precisão obtidos, todos inferiores a cinco centímetros, não representam perda de exatidão significativa ao resultado final, pois por se tratar de um evento dinâmico este valor pode ser ignorado. A rapidez e facilidade de utilização dos equipamentos permite que uma boa quantidade de amostras seja coletada, resultando em dados de alta precisão de fácil obtenção.

### **5.1. Considerações Finais**

O uso de tecnologias GNSS, dados de Sistemas de Informações Geográficas e conhecimento sobre técnicas de Sensoriamento Remoto permite que se compreenda a dinâmica dos fenômenos da natureza e as características do espaço terrestre, permitindo a simulação de eventos de possível ocorrência e seus impactos.

A qualidade dos dados utilizados e permitiu a geração de um produto com boa acurácia, reproduzindo a abrangência dos acontecimentos com uma exatidão que permite compreender o impacto do fenômeno próximo da realidade. Equipamentos GPS de alta precisão podem determinar a coordenada de um ponto específico com precisão de milímetros. Os Modelos Digitais de Terreno permitem que se visualize a dimensão de acontecimentos sem o evento existir. Neste caso o MDT com resolução espacial de um metro é satisfatório para este tipo de pesquisa.

Os dados permitem que se análise não somente as áreas suscetíveis a inundações, mas diversos outros eventos, como suscetibilidade a desmoronamento, erosão, entre outros. No caso do município de Lages as informações obtidas a partir dos trabalhos técnicos poderá servir de suporte ao Sistema de Prevenção de Desastres Naturais e da secretaria de planejamento urbano da cidade.

As informações resultantes permitem que se deduza antecipadamente às áreas que serão possivelmente atingidas de acordo com a quantidade de chuva prevista. Conhecendo a probabilidade da precipitação em determinado período e as áreas que foram sabidamente atingidas num mesmo registro de precipitação, conclui-se que há grandes probabilidades de

que as mesmas áreas sejam atingidas novamente.

Estes dados podem ser utilizados em conjunto com as estações da Plataforma de Coleta de Dados (PCD) Hidrológica Automática implantadas pelo CEMADEN, que monitoram o nível da água e os índices pluviométricos. A partir do conhecimento das cotas atingidas e respectivas áreas afetadas, é possível prever com antecedência a ocorrência utilizando os equipamentos de monitoramento e evacuar as áreas de risco antes de serem alcançadas.

Para uma validação pode-se considerar o uso de imagens orbitais do local no momento do evento, de modo a comparar com os resultados obtidos e o impacto real. Ainda é interessante complementar este estudo com o acompanhamento temporal do nível da água antes, durante e depois do evento, utilizando técnicas que permitam identificar a cota que a água atinge em cada momento, dentro de uma mesma ocorrência.

Tendo em vista os resultados obtidos, sugere-se a implantação de um sistema integrado de previsão e alerta de inundações para o Rio Caveiras, reunindo os dados apresentados nesta dissertação e os equipamentos de monitoramento do CEMADEN, contando com a participação dos diversos agentes envolvidos (órgãos de Defesa Civil, instituições de pesquisa e ensino, as comunidades afetadas, etc.). Uma vez implantada, essa medida deverá reduzir significativamente os prejuízos decorrentes das inundações e beneficiará os milhares de moradores afetados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, 2002.

ANTUNES, T. A. **Modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do Alto Canoas através do modelo SWAT**. 2015. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

ARANA, J. M. O uso do GPS na elaboração de carta geoidal. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

BASIS WEBSITE. Berry & Associates - Spatial Information Systems. Disponível em: [http://www.innovativegis.com/basis/present/gita\\_denver05/default.htm](http://www.innovativegis.com/basis/present/gita_denver05/default.htm) Acessado em 15 de novembro de 2016.

BRASIL. **Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; e dá outras providências. Brasília, 2012.

BRASIL. **Lei Nº 12.983, de 02 de junho de 2014**. Altera a Lei no 12.340, de 1o de dezembro de 2010, para dispor sobre as transferências de recursos da União aos órgãos e entidades dos Estados, Distrito Federal e Municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco e de resposta e recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o Fundo Nacional para Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil, e as Leis nos 10.257, de 10 de julho de 2001, e 12.409, de 25 de maio de 2011, e revoga dispositivos da Lei no 12.340, de 1o de dezembro de 2010.. Brasília, 2014.

BLITZKOW, D. CAMPOS, I. O.; FREITAS, S. R. C. **Altitude: O que interessa e como equacionar**. Anais do I Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, Recife, 2004.

CASTRO, L. A. **Manual de Planejamento da Defesa Civil**. Brasília: Imprensa Nacional, 1999.

CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. (2016)

Disponível em:

<[http://150.163.255.234/salvar/graficos/grafico\\_CEMADEN.php?ordem=decrecente&ordercampo=acc24hr&idpcd=6266&busca=&uf=SC&idCidade=4209300](http://150.163.255.234/salvar/graficos/grafico_CEMADEN.php?ordem=decrecente&ordercampo=acc24hr&idpcd=6266&busca=&uf=SC&idCidade=4209300)>

CEPED/RS - Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres -UFRGS. **Curso Sobre Gestão de Riscos**. Porto Alegre, 2014.

CRISTO, Sandro Sidnei Vargas. **Análise de suscetibilidade a riscos naturais relacionados às enchentes e deslizamentos do setor leste da bacia hidrográfica do rio Itacorubi, Florianópolis-SC**. 2002. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, Florianópolis. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/82704/188467.pdf?sequence=1>>

DEBASTINI, A.B., RAFAELI NETO, S L; PEDROLL, O. C.; SCHIMALSKI, M. B. **Desempenho de redes neurais artificiais e arvores de regressão na modelagem do processo chuva-vazão da bacia do Alto Canoas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado de Santa Catarina.

DEFESA CIVIL DO MUNICÍPIO DE LAGES. **Relatório de Inundação de 2014**. 2014. Lages/SC

ECKHARDT, R. R. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado/RS**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

EIRD/ONU, Estratégia Internacional para Redução de desastres da Organização das Nações Unidas. **Terminologia sobre reducción del riesgo de desastres**. Suíça: ONU: 2009. Disponível em: <[http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)>. Acesso em 10 out. 2016.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 242 p.

ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação: estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná**. 2004. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

FELGUEIRAS, C. A.; CÂMARA, G. Modelagem Numérica de Terreno. In: **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, SP: INPE, 2004. Cap. 7, 36p. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf>>.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (org) **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 2 ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 416p.

GOULARTI FILHO, A. **Formação econômica de Santa Catarina**. Florianópolis, 2007. Ed. da Ufsc, 2 ed. 473 p.

IBGE – **Perfil dos Municípios Brasileiros** (2013). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2013/>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Modelo de Ondulação Geoidal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm)>.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Ministério das Cidades. **Mapeamento de áreas de risco em encostas e margem de rios**. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176p.

INMET – Instituto Nacional de Pesquisas Meteorológicas. **Boletim Agroclimático Mensal**. Número 08, Volume 48, Junho de 2014. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/portar/arq/upload/BOLETIM-AGRO\\_MENSAL\\_201406.pdf](http://www.inmet.gov.br/portar/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_201406.pdf)>

KOBIYAMA, M. (org.). **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006. 109p

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, Integração e Aplicação**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. 536p. (Coleção Geoprocessamento; v. 1).

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Ed. UNESP, 2008. 473p.

OLIVEIRA, J. B. O.; JACOMINE, P. K. T. & NUNES, M. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. 2 ed. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201 p.

OLIVEIRA, G. G. **Modelos para previsão, espacialização e análise das áreas inundáveis na bacia hidrográfica do Rio Caí, RS**. 2010. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

RAFAELI NETO, S. L. **Análises Morfométricas em bacias hidrográficas integradas a um Sistema de Informações Geográficas**. Dissertação (Mestrado Ciências Geodésicas) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

RAFAELI NETO, S. L. ; RICARDO, G. S. ; MENDES, C. F. ; CUNHA, M. B. . **Modelagem hidráulica dos eventos de inundação em Lages (SC)**. In: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2015, Porto Alegre. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2015.

ROBAINA, L. E. de S. ; TRENTIN, R. (Org.). **Desastres naturais no Rio Grande do Sul**. Editora UFSM, Santa Maria, 2013. 496 p.

SANTOS, R. F. (ORG.). **Vulnerabilidade Ambiental - Desastres Naturais ou Fenômenos Induzidos?** Brasília: MMA, 2007. 192p.



SAUSEN, T.M.; LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento Remoto para Desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SEVERO, T. C. **Estudo das altitudes Físicas aplicado à rede altimétrica fundamental do Brasil no Estado do Rio Grande do Sul**. 2013. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SILVA, C. S; AFONSO, S. **Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas inundáveis em zonas urbanas: estudo de caso da zona urbana de Pelotas/RS**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SIMÕES, Margareth Gonçalves. **Modeladores digitais de terreno em sistemas de informação geográfica**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1993, 167 pag.

SOCCOL, O. J.; CARDOSO, C. O.; MIQUELLUTI, D. J. **Análise da precipitação mensal provável para o município de Lages, SC**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n.6, p. 569-574, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000600001>>. 05 Nov. 2012.

TOMINAGA, L. K. ; SANTORO, J. ; AMARAL, R. (org.). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco, 2005.

TUCCI, C. E. M., PORTO, R., BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**, Editora da Universidade/UFRGS-ABRH, Porto Alegre, 1995, 428p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3 ed. Porto Alegre: ABRHUFRGS, 2001. 943p.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. da M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 558p.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (ORG.) **Inundações Urbanas da América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 471p.

VEYRET, Y. **Os Riscos: O homem como agressor e vítima do Meio Ambiente**. Tradução: Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007.

WHITE, G. F. **Natural hazard: Local, National, Global**. Oxford University Press, New York, 1974.

ZEVENBERGEN, L.W.; Thorne, C.R. **Quantitative analysis of land surfacetopography**, Earth Surface Processes and Landforms, v. 12, p. 47-56, 1987.

# ANEXO I



## RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS Relatório de Informação de Estação SCLA - Lages

### 0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC  
Data: 03/04/2008  
Atualização: 20/10/2009 - Atualização de Firmware

### 1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: LAGES  
Ident. da Estação: SCLA  
Inscrição no Monumento: SAT- 94025  
Código Internacional: [94025](#)  
Informações Adicionais: -

### 2. Informação sobre a localização

Cidade: Lages  
Estado: Santa Catarina  
Informações Adicionais: Pilar de concreto de formato cilíndrico com 0,30 m de diâmetro tendo 3,0 m de altura e aflorando cerca de 1,6 m do telhado do prédio da Agronomia, com base quadrada de 1,0 m de lado e 0,20 m de altura. Possui no topo um pino de centragem forçada. Na face oeste do marco foi fixada uma chapa padrão IBGE estampada SAT- 94025. Na laje frontal do prédio da Agronomia do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/CAV). Av. Luiz de Camões.

### 3. Coordenadas oficiais

#### 3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

| Coordenadas Geodésicas   |                    |        |         |
|--------------------------|--------------------|--------|---------|
| Latitude:                | - 27° 47' 34,2084" | Sigma: | 0,001 m |
| Longitude:               | - 50° 18' 15,3407" | Sigma: | 0,001 m |
| Alt. Elip.:              | 940,722 m          | Sigma: | 0,005 m |
| Coordenadas Cartesianas  |                    |        |         |
| X:                       | 3.606.986,063 m    | Sigma: | 0,003 m |
| Y:                       | -4.345.293,245 m   | Sigma: | 0,003 m |
| Z:                       | -2.956.654,210 m   | Sigma: | 0,002 m |
| Coordenadas Planas (UTM) |                    |        |         |
| UTM (N):                 | 6.925.551,902 m    |        |         |
| UTM (E):                 | 568.538,121 m      |        |         |
| MC:                      | -51                |        |         |

### 4. Informações do equipamento GNSS

#### 4.1. Receptor

4.1.1 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR5  
Número de Série - 4651K03605  
Versão do Firmware - 3.84 (Principal)  
Atualização do Firmware - 20/10/2009 às 00:00 UTC

4.1.2 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR5  
Número de Série - 4651K03605  
Versão do Firmware - 3.50 (Principal)  
Data de Instalação - 17/08/2007 às 00:00 UTC

#### 4.2. Antena

|                      |   |
|----------------------|---|
| 4.2.1 Tipo de Antena | - ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2 (TRM55971.00)  |
| URL imagem           | - <a href="http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM55971.00%2BNONE.gif">http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM55971.00%2BNONE.gif</a> |
| Número de Série      | - 30336651  |
| Altura da Antena (m) | - 0,0000 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)  |
| Data de Instalação   | - 17/08/2007 às 00:00 UTC   |

---

### 5. Informações Complementares

#### 5.1. Para informações técnicas contatar:

Nome: IBGE/DGC/Coordenação de Geodésia  
Endereço: Av. Brasil, 15.671, CEP 21.241-051, Rio de Janeiro, RJ  
Telefone: (21) 2142-4935  
FAX: (21) 2142-4859  
Home Page: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)  
Contato: [rbmc@ibge.gov.br](mailto:rbmc@ibge.gov.br)

#### 5.2. Para informações sobre comercialização e aquisição de dados contatar:

Nome: Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI/IBGE  
Endereço: Rua General Canabarro, 706, CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ  
Telefone: 0800-721-8181  
Contato: [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br)

#### 5.3. Instituições participantes

A RBMC conta com o apoio das seguintes instituições:

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/parcerias.shtm>

---

## ANEXO II



**Instituto Nacional de Meteorologia - INMET**

**SEDE / SEPEA**

**Balço Hídrico  
Mensal de Junho/2014**

Data: 29/07/2014

Hora: 10:34:26

Pág.: 10/12

|                               | Lati     | Long      | Temp Medias do Ar<br>(Graus Celsius) |      |      | Total<br>mm | % da<br>Normal | Precipitação |                 | Dia da<br>máx.em<br>24hs | Insolação | Evaptr<br>Potenc<br>mm | Armaze<br>namento<br>mm | Evaptr<br>Real<br>mm | Deficit<br>mm | Excesso<br>mm |
|-------------------------------|----------|-----------|--------------------------------------|------|------|-------------|----------------|--------------|-----------------|--------------------------|-----------|------------------------|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|
|                               |          |           | Comp                                 | Máx  | Mín  |             |                | No<br>Dias   | Máx.<br>em 24hs |                          |           |                        |                         |                      |               |               |
| <b>PARANÁ</b>                 |          |           |                                      |      |      |             |                |              |                 |                          |           |                        |                         |                      |               |               |
| 83844-PARANAGUA               | 25°32' S | 048°31' W | 19,2                                 | 23,1 | 16,7 | 110,8       | 109            | 13           | 51,0            | 7                        | 129,9     | 54,6                   | 100,0                   | 54,6                 | 0,0           | 56,2          |
| <b>R. GRANDE DO SUL</b>       |          |           |                                      |      |      |             |                |              |                 |                          |           |                        |                         |                      |               |               |
| 83980-BAGE                    | 31°20' S | 054°06' W | 12,4                                 | 17,0 | 9,3  | 113,4       | 118            | 15           | 27,0            | 30                       | 132,0     | 27,2                   | 100,0                   | 27,2                 | 0,0           | 86,2          |
| 83919-BOM JESUS               | 28°40' S | 050°26' W | 11,5                                 | 16,5 | 8,1  | 346,9       | 256            | 22           | 51,0            | 6                        | 116,0     | 33,3                   | 100,0                   | 33,3                 | 0,0           | 313,6         |
| 83946-CAMBARA DO SUL          | 29°03' S | 050°08' W | 11,4                                 | 16,4 | 7,4  | 330,3       |                | 21           | 54,0            | 5                        |           | 94,2                   | 100,0                   | 94,2                 | 0,0           | 236,1         |
| 83942-CAXIAS DO SUL           | 29°11' S | 051°11' W | 12,9                                 | 16,8 | 10,2 | 287,4       | 205            | 19           | 49,0            | 14                       | 120,0     | 34,8                   | 100,0                   | 34,8                 | 0,0           | 252,6         |
| 83912-CRUZ ALTA               | 28°38' S | 053°36' W | 13,9                                 | 18,7 | 10,7 | 396,0       | 340            | 20           | 77,0            | 14                       | 107,0     | 32,7                   | 100,0                   | 32,7                 | 0,0           | 363,3         |
| 83964-ENCRUZILHADA DO SUL     | 30°32' S | 052°31' W | 13,0                                 | 17,2 | 10,3 | 218,3       | 137            | 15           | 59,0            | 29                       | 117,0     | 32,6                   | 100,0                   | 32,6                 | 0,0           | 185,7         |
| 83881-IRAI                    | 27°11' S | 053°14' W | 16,6                                 | 21,5 | 13,4 | 555,2       | 348            | 17           | 130,0           | 27                       | 92,9      | 43,3                   | 100,0                   | 43,3                 | 0,0           | 511,9         |
| 83916-LAGOA VERMELHA          | 28°13' S | 051°30' W | 12,9                                 | 17,6 | 9,7  | 361,2       | 300            | 20           | 73,0            | 25                       | 97,0      | 33,4                   | 100,0                   | 33,4                 | 0,0           | 327,8         |
| 83914-PASSO FUNDO             | 28°13' S | 052°24' W | 13,2                                 | 17,3 | 10,4 | 284,4       | 212            | 19           | 57,0            | 25                       | 103,0     | 32,3                   | 100,0                   | 32,3                 | 0,0           | 252,1         |
| 83985-PELOTAS                 | 31°47' S | 052°25' W | 13,3                                 | 18,2 | 9,6  | 141,3       | 107            | 13           | 48,0            | 29                       | 129,0     | 31,3                   | 100,0                   | 31,3                 | 0,0           | 110,0         |
| 83967-PORTO ALEGRE            | 30°03' S | 051°10' W | 15,3                                 | 19,9 | 12,1 | 228,6       | 165            | 19           | 68,0            | 4                        | 102,0     | 36,1                   | 100,0                   | 36,1                 | 0,0           | 180,6         |
| 83995-RIO GRANDE              | 32°02' S | 052°07' W | 13,8                                 | 18,0 | 10,9 | 149,0       | 135            | 17           | 68,0            | 29                       | 126,6     | 32,1                   | 100,0                   | 32,1                 | 0,0           | 104,0         |
| 83936-SANTA MARIA             | 29°42' S | 053°42' W | 13,8                                 | 18,2 | 10,8 | 278,7       | 200            | 16           | 120,0           | 29                       | 96,0      | 31,0                   | 100,0                   | 31,0                 | 0,0           | 247,7         |
| 83997-SANTA VITORIA DO PALMAR | 33°31' S | 053°21' W | 12,5                                 | 16,9 | 9,3  | 126,3       | 109            | 10           | 36,0            | 30                       | 130,0     | 30,8                   | 100,0                   | 30,8                 | 0,0           | 95,5          |
| 83907-SAO LUIZ GONZAGA        | 28°24' S | 055°01' W | 15,1                                 | 19,8 | 11,9 | 241,2       | 133            | 14           | 56,0            | 23                       | 97,0      | 34,6                   | 100,0                   | 34,6                 | 0,0           | 206,6         |
| 83948-TORRES                  | 29°21' S | 049°43' W | 15,7                                 | 20,0 | 12,4 | 196,5       | 247            | 17           | 46,0            | 29                       | 129,0     | 40,0                   | 100,0                   | 40,0                 | 0,0           | 156,5         |
| 83927-URUGUAIANA              | 29°45' S | 057°05' W | 13,5                                 | 18,7 | 8,8  | 83,2        | 118            | 10           | 32,0            | 23                       | 125,0     | 26,8                   | 100,0                   | 26,8                 | 0,0           | 56,4          |
| <b>SANTA CATARINA</b>         |          |           |                                      |      |      |             |                |              |                 |                          |           |                        |                         |                      |               |               |
| 83887-CAMPOS NOVOS            | 27°23' S | 051°13' W | 12,7                                 | 17,3 | 9,7  | 438,9       | 263            | 21           | 101,0           | 27                       | 117,0     | 33,4                   | 100,0                   | 33,4                 | 0,0           | 405,5         |
| 83883-CHAPECO                 | 27°05' S | 052°38' W | 14,9                                 | 18,9 | 12,0 | 538,8       | 458            | 17           | 136,0           | 27                       | 117,0     | 37,3                   | 100,0                   | 37,3                 | 0,0           | 501,5         |
| 83897-FLORIANOPOLIS           | 27°36' S | 048°37' W | 17,9                                 | 21,9 | 14,8 | 244,7       | 273            | 17           | 52,0            | 29                       | 113,0     | 48,4                   | 100,0                   | 48,4                 | 0,0           | 196,3         |
| 83872-INDAIAL                 | 26°54' S | 049°13' W | 17,5                                 | 21,9 | 14,9 | 384,4       | 405            | 17           | 88,0            | 8                        | 88,0      | 103,5                  | 100,0                   | 103,5                | 0,0           | 245,0         |
| 83891-LAGES                   | 27°48' S | 050°20' W | 12,0                                 | 16,5 | 8,1  | 397,8       | 392            | 23           | 71,0            | 28                       | 86,0      | 33,0                   | 100,0                   | 33,0                 | 0,0           | 364,8         |
| 83920-SAO JOAQUIM             | 28°16' S | 049°56' W | 10,4                                 | 14,6 | 6,8  | 445,1       | 400            | 19           | 82,0            | 25                       | 103,0     | 33,0                   | 100,0                   | 33,0                 | 0,0           | 412,1         |

## **ANEXO III**

565000

567500

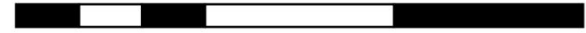
570000

### Legenda

Área de Inundação da cota 877m

Projeção UTM - Fuso 22S  
Datum SIRGAS2000  
Escala: 1/20.000

500 0 500 1000 m



Escala Gráfica

6922500

6922500

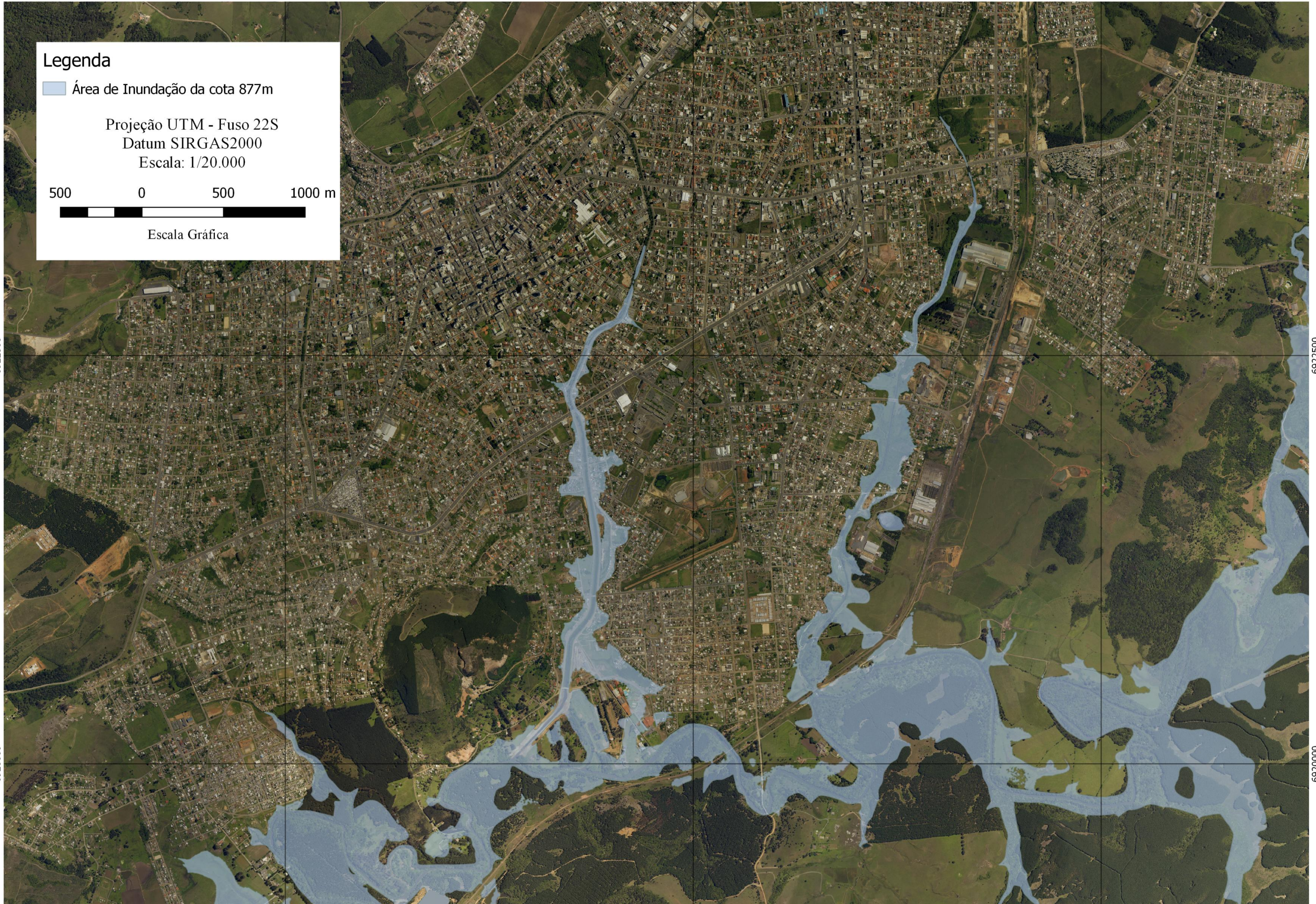
6920000

6920000

565000

567500

570000



565000

567500

570000

### Legenda

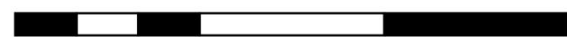
Área de Inundação da cota 878m

Projeção UTM - Fuso 22S

Datum SIRGAS2000

Escala: 1/20.000

500 0 500 1000 m



Escala Gráfica

6922500

6922500

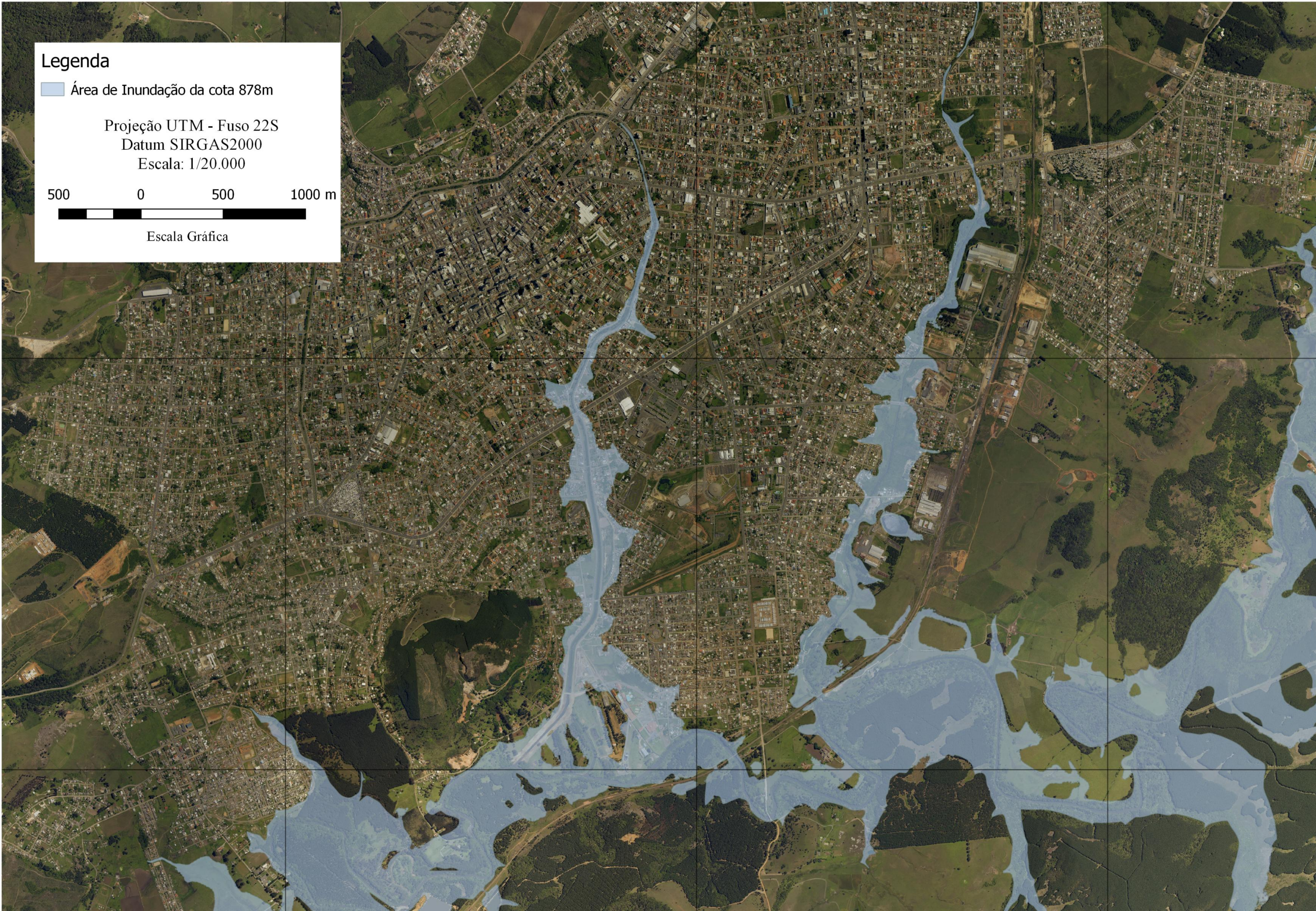
6920000

6920000

565000

567500

570000





565000

567500

570000

### Legenda

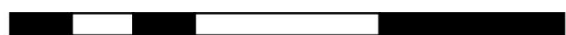
Área de Inundação da cota 879m

Projeção UTM - Fuso 22S

Datum SIRGAS2000

Escala: 1/20.000

500 0 500 1000 m



Escala Gráfica

6922500

6922500

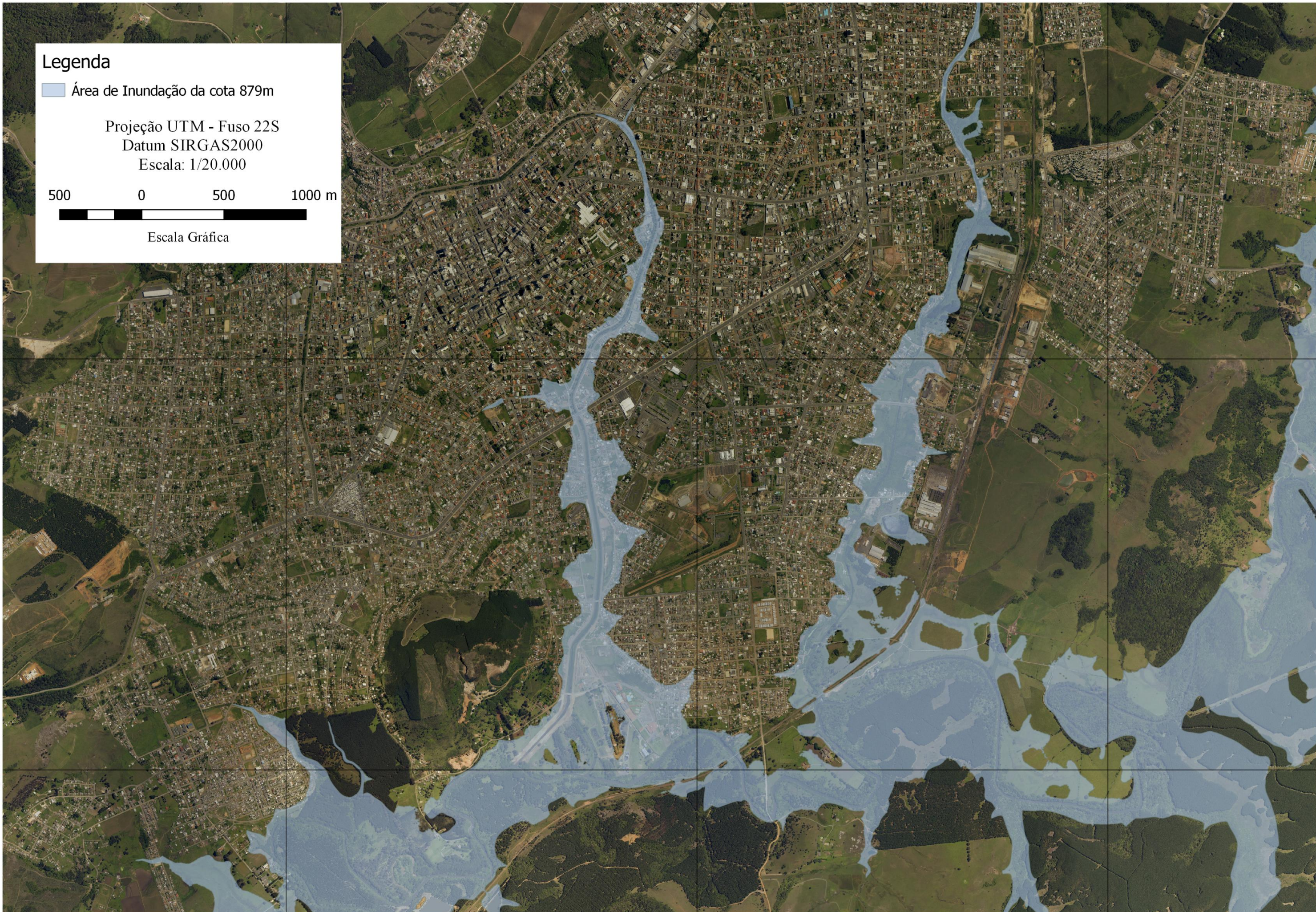
6920000

6920000

565000

567500

570000



565000

567500

570000

### Legenda

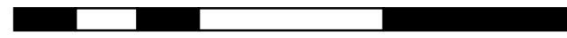
Área de Inundação da cota 880m

Projeção UTM - Fuso 22S

Datum SIRGAS2000

Escala: 1/20.000

500 0 500 1000 m



Escala Gráfica

6922500

6922500

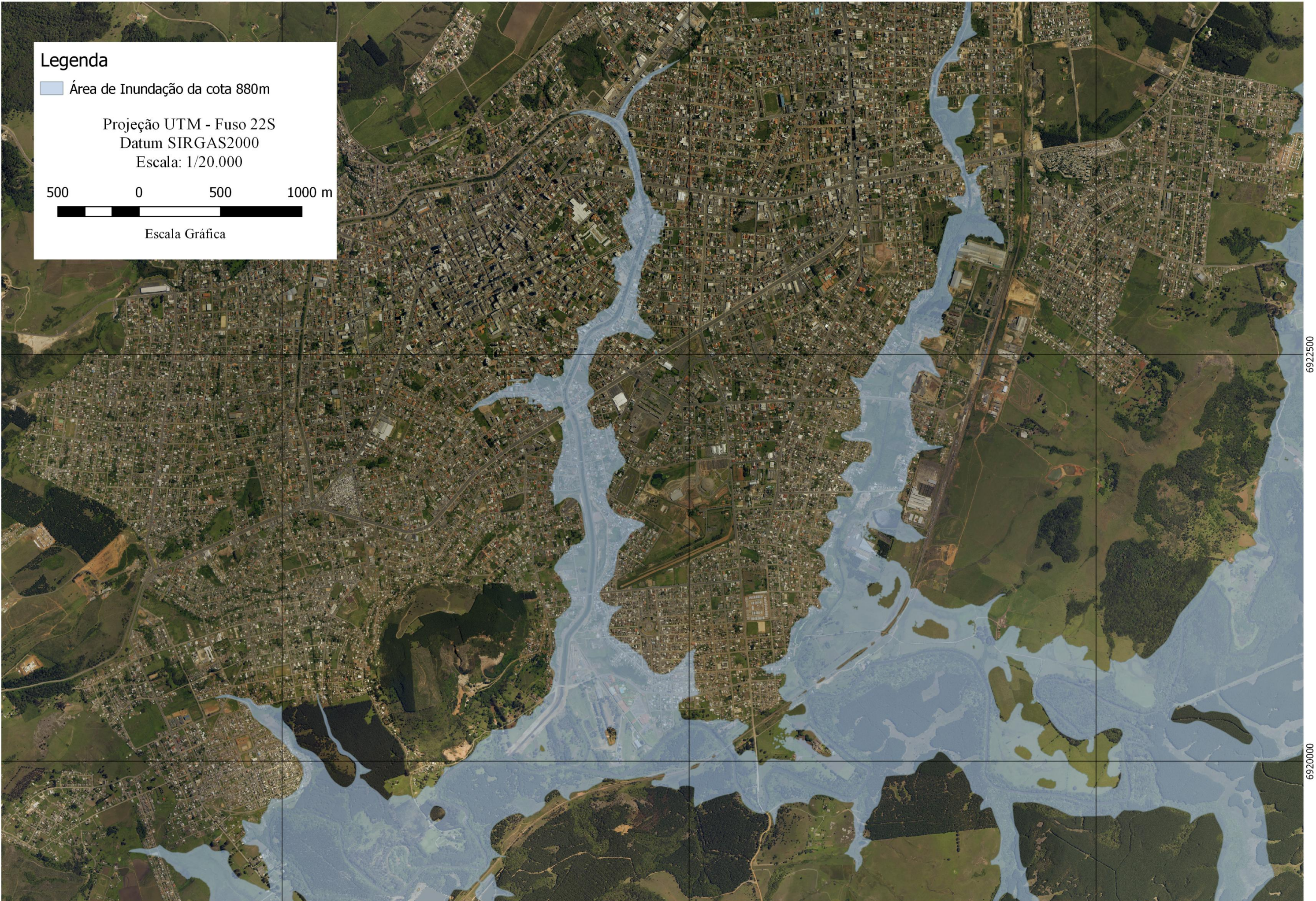
6920000

6920000

565000

567500

570000



565000

567500

570000

### Legenda

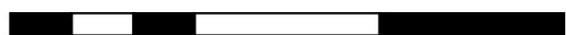
Área de Inundação da cota 881m

Projeção UTM - Fuso 22S

Datum SIRGAS2000

Escala: 1/20.000

500 0 500 1000 m



Escala Gráfica

6922500

6922500

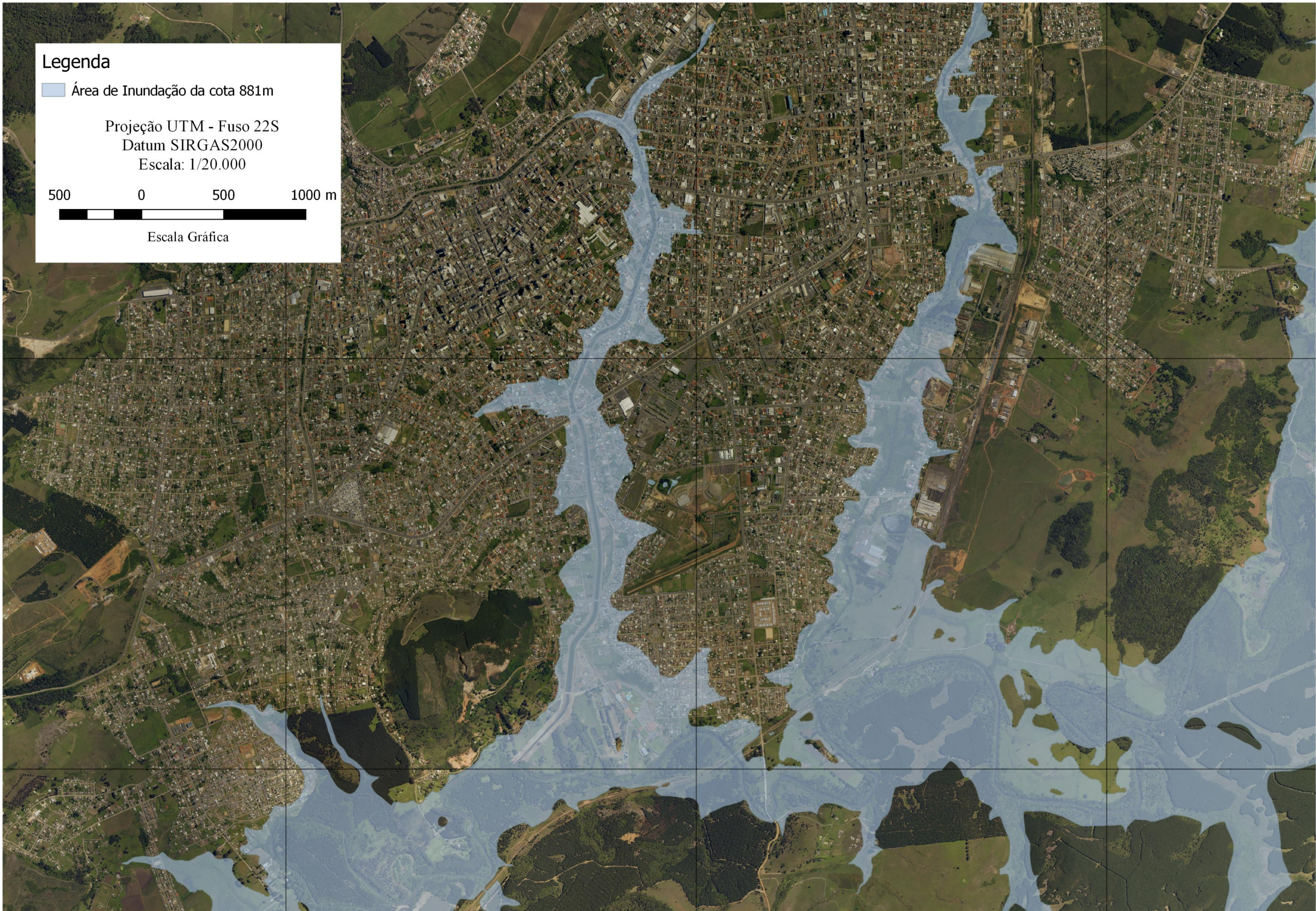
6920000

6920000

565000

567500

570000



565000

567500

570000

### Legenda

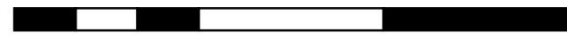
Área de Inundação da cota 882m

Projeção UTM - Fuso 22S

Datum SIRGAS2000

Escala: 1/20.000

500 0 500 1000 m



Escala Gráfica

6922500

6922500

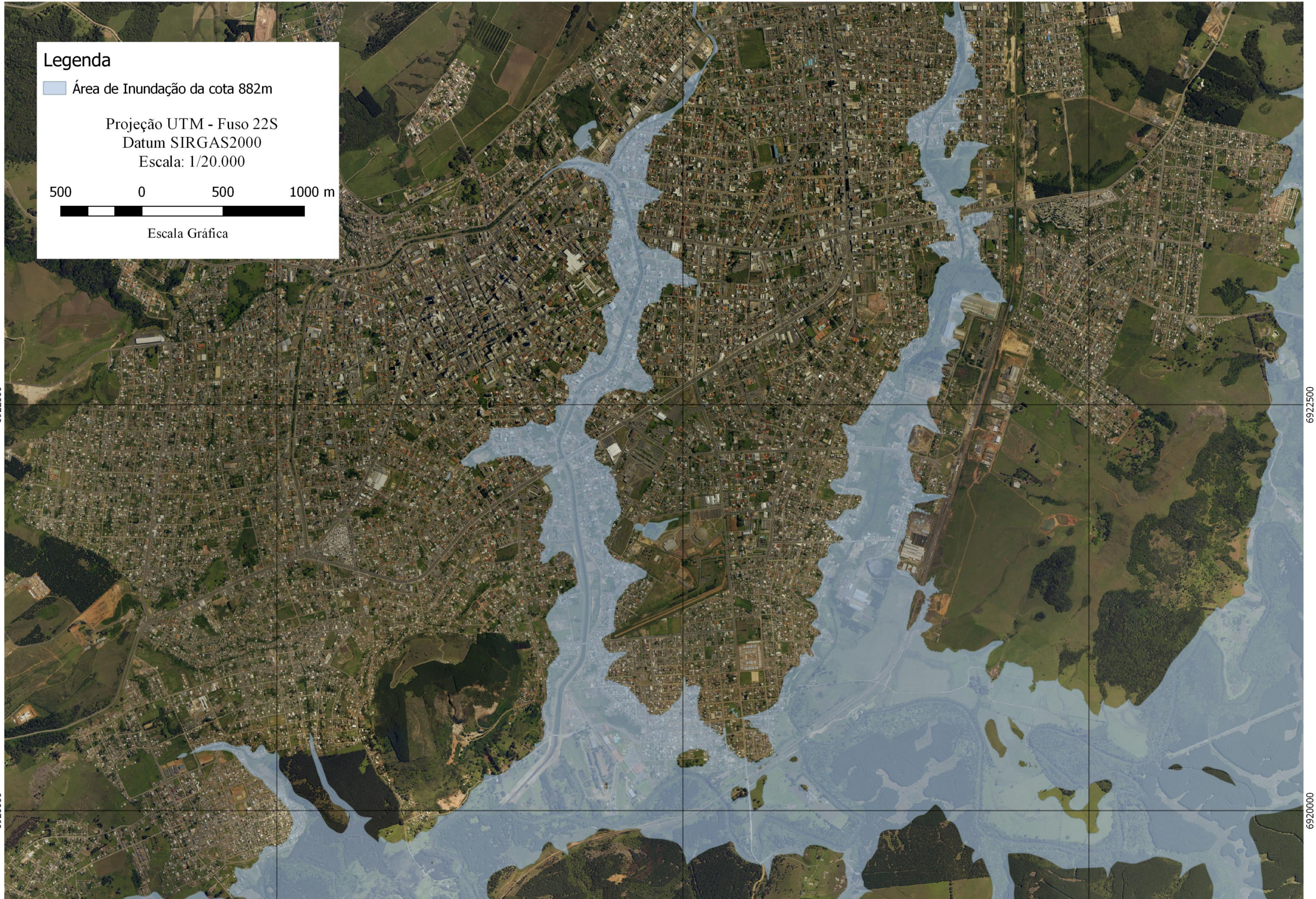
6920000

6920000

565000

567500

570000



565000

567500

570000

### Legenda

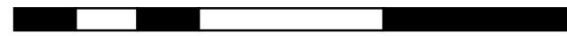
Área de Inundação da cota 883m

Projeção UTM - Fuso 22S

Datum SIRGAS2000

Escala: 1/20.000

500 0 500 1000 m



Escala Gráfica

6922500

6922500

6920000

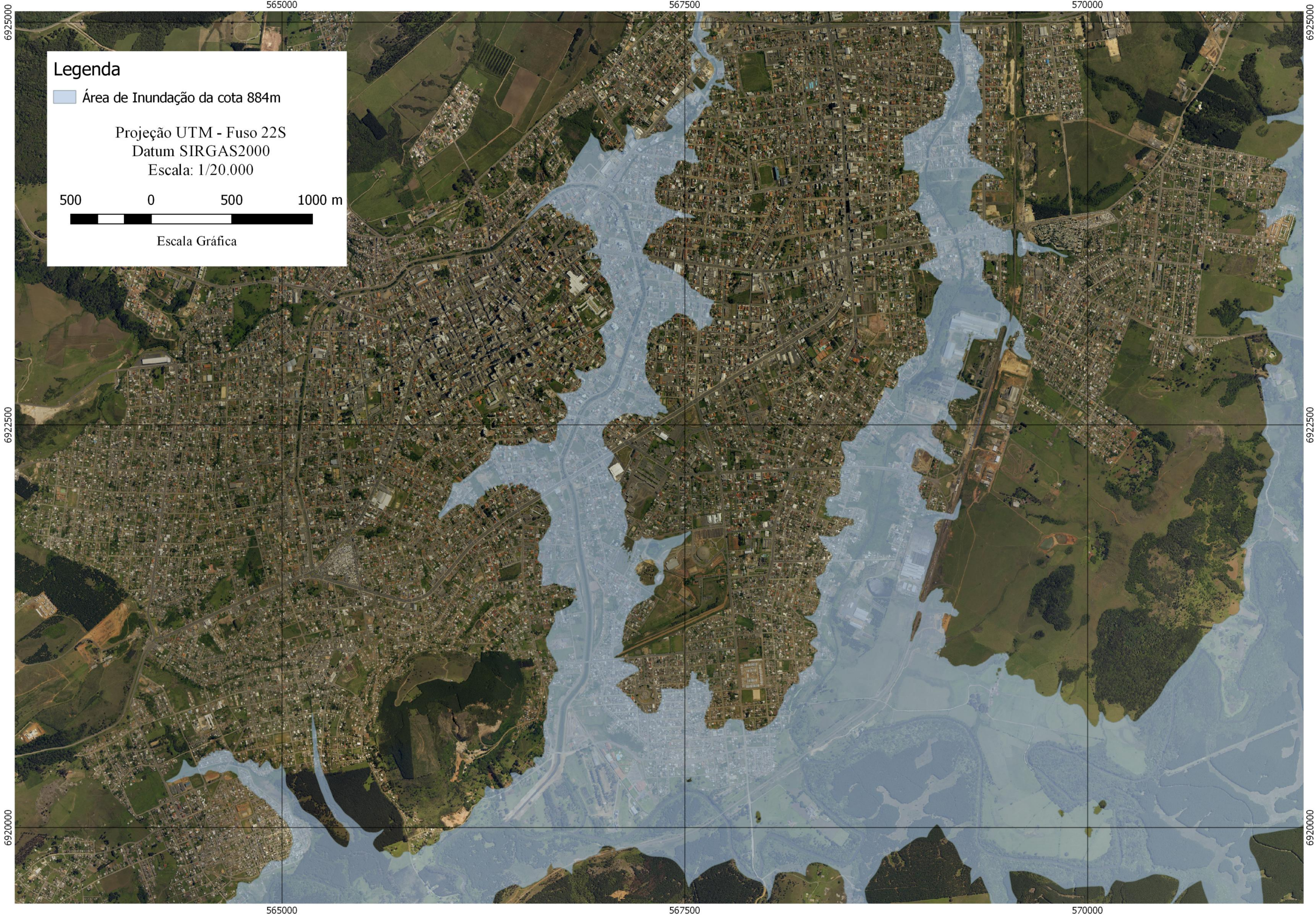
6920000

565000

567500

570000





**Legenda**

Área de Inundação da cota 884m

Projeção UTM - Fuso 22S  
Datum SIRGAS2000  
Escala: 1/20.000

500    0    500    1000 m

Escala Gráfica

6925000

565000

567500

570000

6925000

### Legenda

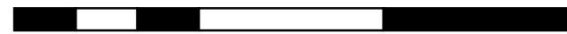
Área de Inundação da cota 885m

Projeção UTM - Fuso 22S

Datum SIRGAS2000

Escala: 1/20.000

500 0 500 1000 m



Escala Gráfica

6922500

6922500

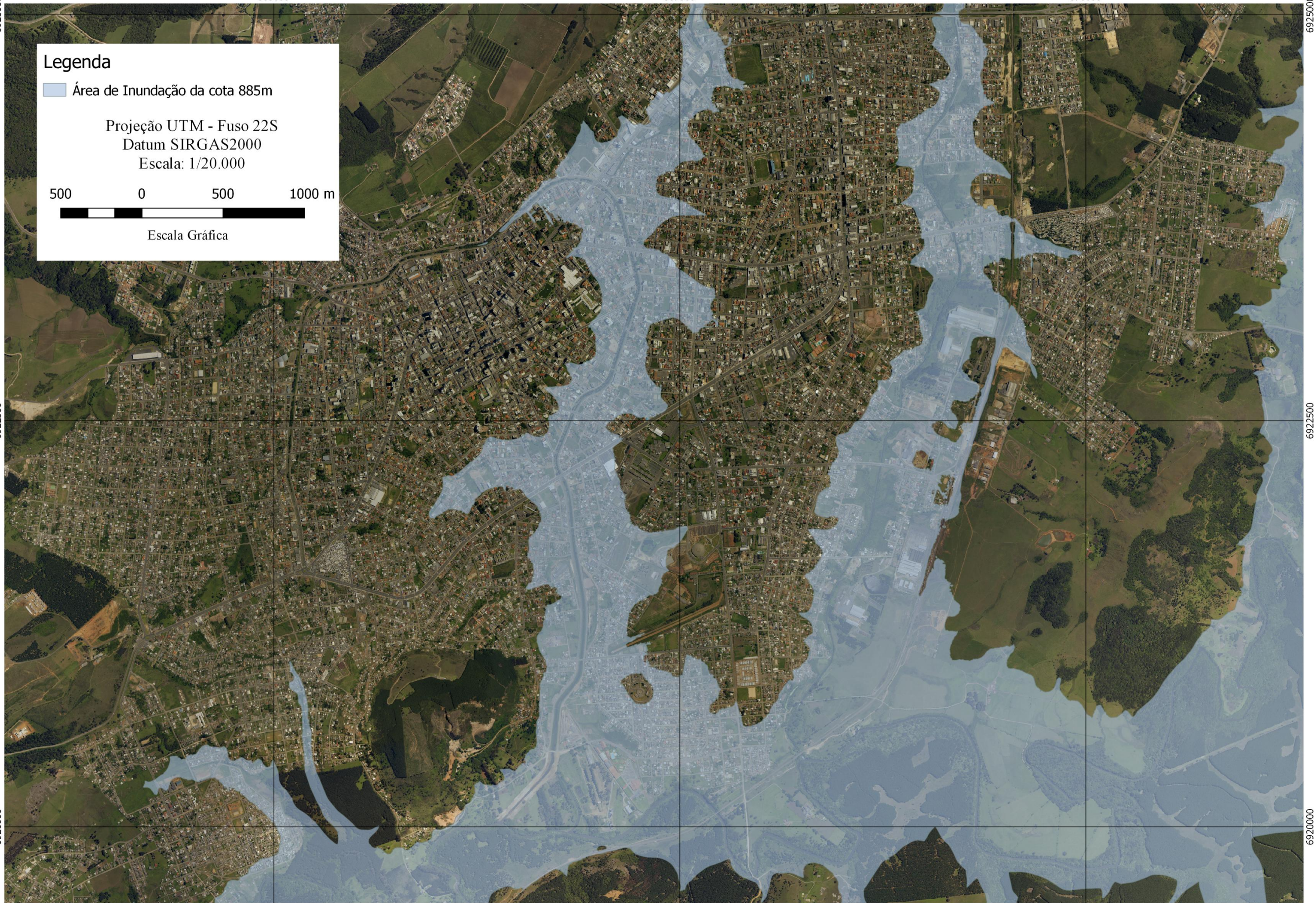
6920000

6920000

565000

567500

570000



6925000

565000

567500

570000

6925000

**Legenda**

Área de Inundação da cota 886m

Projeção UTM - Fuso 22S  
Datum SIRGAS2000  
Escala: 1/20.000

500 0 500 1000 m

Escala Gráfica

6922500

6922500

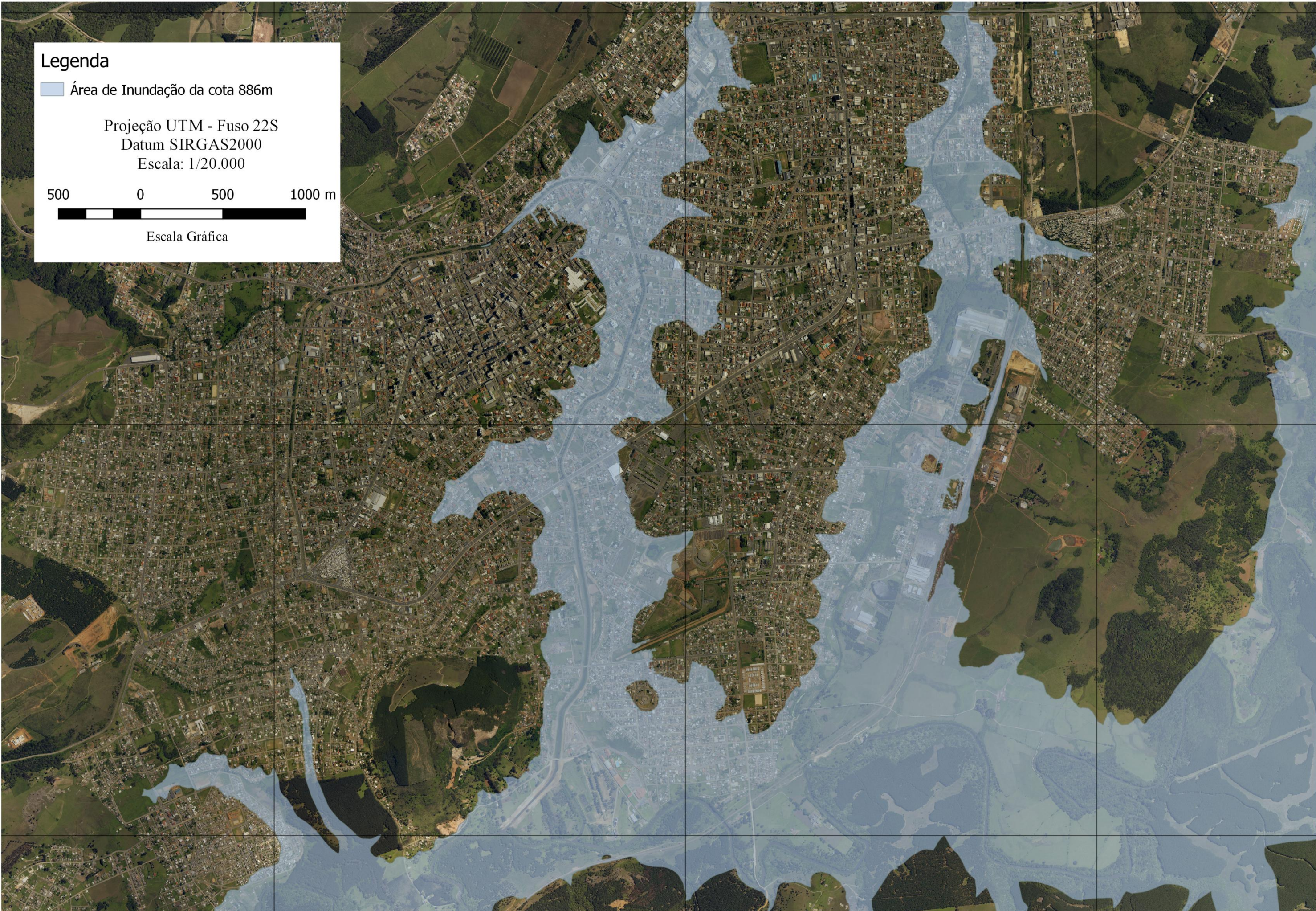
6920000

6920000

565000

567500

570000





6925000

565000

567500

570000

6925000

**Legenda**

Área de Inundação da cota 887m

Projeção UTM - Fuso 22S  
Datum SIRGAS2000  
Escala: 1/20.000

500 0 500 1000 m

Escala Gráfica

6922500

6922500

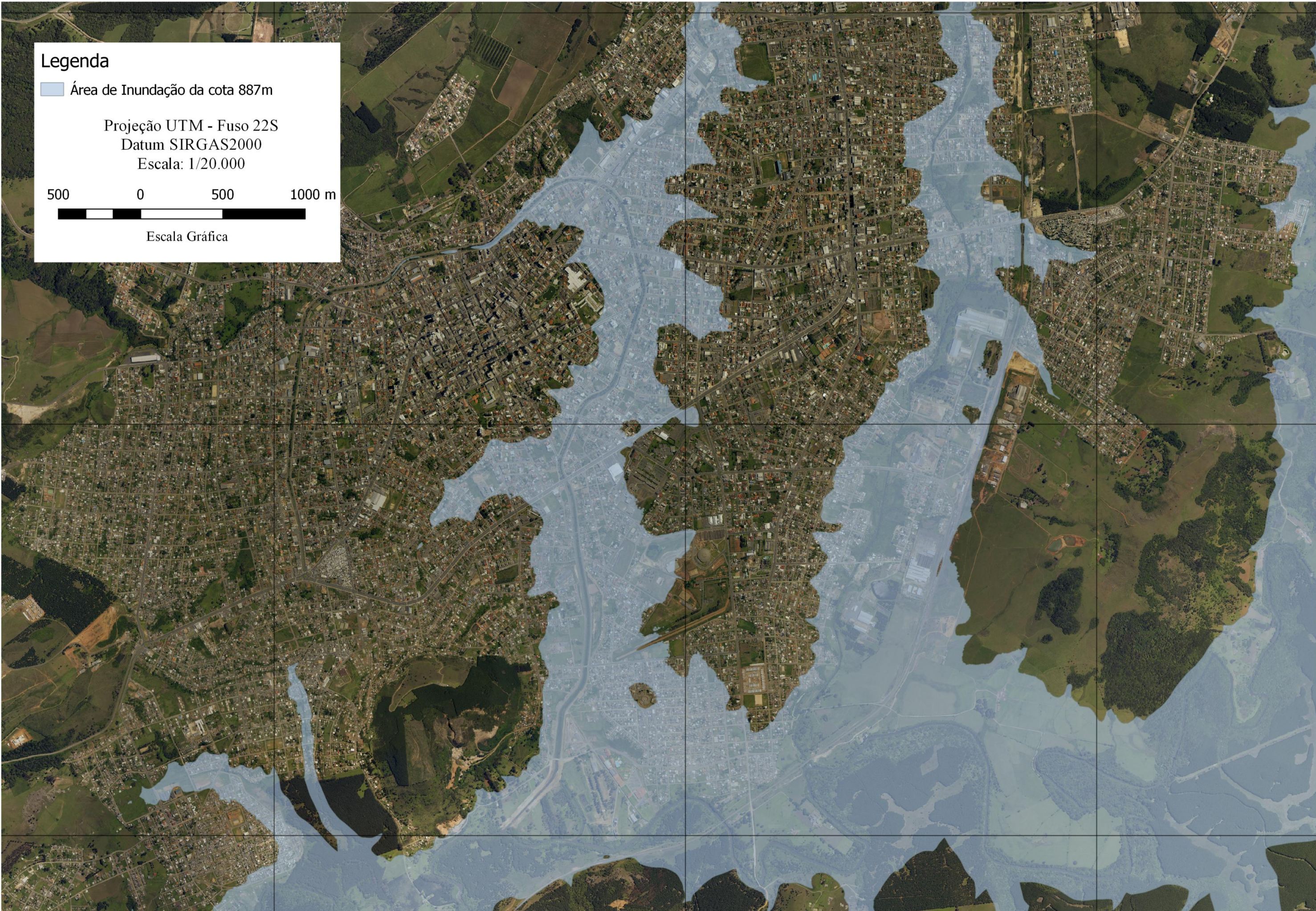
6920000

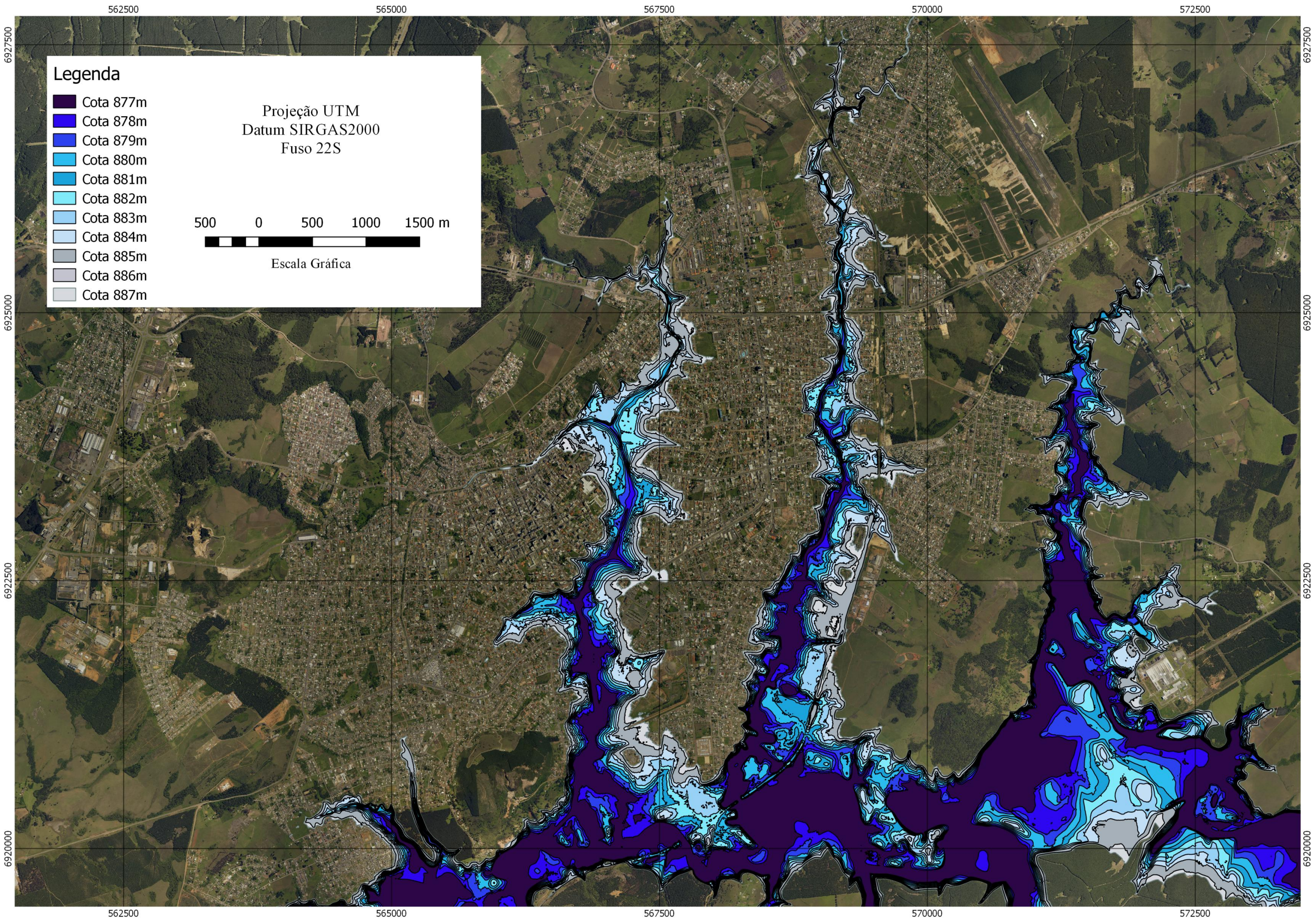
6920000

565000

567500

570000





**Legenda**

- Cota 877m
- Cota 878m
- Cota 879m
- Cota 880m
- Cota 881m
- Cota 882m
- Cota 883m
- Cota 884m
- Cota 885m
- Cota 886m
- Cota 887m

Projeção UTM  
Datum SIRGAS2000  
Fuso 22S

500 0 500 1000 1500 m

Escala Gráfica